

# Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Buskerud og Vestfold

Fakultet for teknologi og maritime fag



Prosjektnummer: **2015-01**

For studieåret: **2014/2015**

Emnekode: **SFHO3201**

## Prosjektnavn

Sensor Deployment System (SDS)

**Utført i samarbeid med:** Kongsberg Defence & Aerospace

**Ekstern veileder:** Stian Skancke Solberg

**Sammendrag:** SDS har i samarbeid med Kongsberg Defence & Aerospace designet og produsert et system som ivaretar integritet til sensorer i formfaktor 100x100x100mm. Systemet kan deployeres fra en meter uten å utsette sensor for skade i tillegg til å aktivt nivellere sensor med horisontalplanet.

## Stikkord:

- Utplassere sensor
- Falldemping
- Nivellering

Tilgjengelig: JA

## Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Espen Johansen Tangstad	
Lars Erik Solberg Moen	
Lars Fredrik Ostun	
Henrik Solberg	
Håvard Omholt	
Håvard Larsen	

Dato: 19. mai 2015

---

Frank Helgestad  
Intern Veileder

---

Karoline Moholth  
Intern Sensor

---

Hans I. Østensen  
Ekstern Sensor



1. **FORORD**
2. **VISJONSDOKUMENT**
3. **PLANLEGGINGSDOKUMENTER**  
Dokumentstruktur med dokumentliste
4.   
Prosessbeskrivelse
5.   
Prosjektmodell
6.   
Aktivitetsplan
7.   
Prosjektplan
8. **SPESIFIKASJONER**  
Grovspesifikasjoner
9.   
Kravspesifikasjoner
10.   
Testspesifikasjoner
11. **PRODUKTUTVIKLINGSDOKUMENT**  
Konseptutforskning
12.   
Rapport systemløsning
13.   
Iterasjonsdokument
14. **SLUTTPRODUKT**  
Felthåndbok
15.   
Brukermanual
16.   
Montasjeanvisninger
17. **TEST**  
Testplan med resultater
18.   
Testverktøy
19. **EVALUERING**  
Prosjektets måloppnåelse og prosess
20.   
Egenrefleksjon
21. **VEDLEGG A: Produksjonsunderlag**  
Tegning og underlag maskin
22.   
Tegning og underlag elektro
23.   
Tegning og underlag testverktøy
24. **VEDLEGG B: SAT protokoller**
25. **VEDLEGG C: Testprotokoller (alfa, beta, charlie)**
26. **VEDLEGG D: Sammendrag timelister**
27. **VEDLEGG E: Mappestruktur og dokumentliste**
28. **VEDLEGG F: Kontrakter og avtaler**
29. **VEDLEGG G: Korrelasjonslister**
30. **VEDLEGG H: Budsjett**





KONGSBERG

---



1

## Omfang

Denne utskrevne versjonen av hovedoppgaven for prosjektgruppe SDS inneholder en redigert utgave, av de etter prosjektgruppens syn, mest relevante og beskrivende dokumenter. Sammensetningen av dokumenter i permen er valgt for å gi et fullstendig og helhetlig inntrykk av prosjektgruppens arbeid i prosjektperioden 01.01.2015 – 19.05.2015. Den etterfølgende versjonen av gruppens arbeid er grunnet lengde og relevans, ikke valgt å omfatte dokumenter som møtereferater, produktdatablader og de redigerte dokumentenes revisjonshistorikk. Det er også med bakgrunn i lengde og omfang ikke valgt å ta med produksjonsunderlaget (tekniske tegninger) for prototypene alfa, beta og charlie. Samtlige av disse dokumenter og deres tidligere versjoner/revisjoner kan avleses elektronisk på vedlagt DVD. I inndelingen for dokumentstruktur er det vedlagt en liste over samtlige av prosjektets registrerte dokumenter pr 14.05.2015. I vedlegg E er det et veikart for navigering i prosjektets fullstendige dokumentasjon på medfølgende DVD.

## Oppgavens struktur

Det er i den utskrevne hovedoppgaven tilstrebet å fremvise oppgavens underbyggende dokumenter i en lesbar og i så høy grad som mulig, kronologisk rekkefølge. Overskrifter med understrek markerer start på et tidligere selvstendig dokument.

De innledende kapitlene omtaler rammer knyttet til strukturering, nummerering og standarder brukt til formatering av de etterfølgende dokumenter. Videre ligger dokumenter som er knyttet til brukerkrav og kravspesifikasjoner samt testspesifikasjonene fremstilt med bakgrunn i kravspesifikasjonen. Dokumentene relatert til prosjektstyring og overordnet planlegging følger, før en redegjørelse av prosjektets designfase, inndelt etter iterasjoner.

Hoveddokumentasjonen for det ferdige produktet er delt inn i tre hoveddeler: en felthåndbok beregnet som enkel referanse for personell i forkant av bruk, en bruker og vedlikeholds manual hvor produktet dokumenteres i detalj, samt en montasjeanvisning hvor det fremgår oppbygning for montering av produktet fra ferdige komponenter. Sluttdokumentasjonen for produktet er derav delt inn i tre deler:

- a. Dokumentasjon beregnet på sluttbruker i felt
- b. Dokumentasjon beregnet på service og vedlikehold
- c. Dokumentasjon beregnet på fabrikkmontasje av produktet

En stor del av komponentene i produktet er spesialproduserte deler, og samtlige av disse er dokumentert med produksjonstegninger i vedlegg A.

Test av sluttproduktet er dokumentert i kategorien test. I denne kategorien er også dokumentasjonen for prosjektets egenproduserte testverktøy. Grunnet oppgavens beskaffenhet, har det blitt ansett som nødvendig å kunne fremstille et instrument hvor nyttelastens påførte akselerasjonsvirkninger kan vises grafisk. Utvikling av egnet verktøy og metode for test av akselerasjon har derfor vært en betydelig del av hovedoppgaven.

Oppgaven avslutter med en oppsummering og evaluering av forskjellige aspekter i prosjektet samt en mer subjektiv etteranalyse i henhold til prosjekthåndboken.



KONGSBERG

---



2

# Visjonsdokument



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	12.05.2015	Espen J. Tangstad	Henrik Solberg

For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD

**Sammendrag:**

Gruppen har fått tildelt hovedoppgave av Kongsberg Defence & Aerospace som gir grunnlag for ingeniørbachelor hos Høgskolen i Buskerud. Det er seks deltagere som danner gruppen, hvor tre går retning maskiningeniør og tre innen elektroingeniør. Interessenter i oppgaven er HBV med intern sensor/veileder og KDA med ekstern sensor/veileder. Oppgaven gruppen skal løse består i å utvikle et system egnet for å utplassere en sensor i terrenget, hvor sensor ikke skal utsettes for mer en 5g ved slipp fra 1 meters høyde. Den skal deretter nivellere og holde sensor i vater i henhold til horisontalplanet. Systemet skal droppes manuelt av personell til fots eller fra kjøretøy. Ved dropp skal ikke systemet utsette personell eller kjøretøy for eventuell skade. Her beskrives prosjektgruppens visjon for hvordan dette problemet skal løses.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
1.1	Prosjektets deltakere .....	2
2	Problembeskrivelse.....	4
3	Interessenter og brukere .....	4
3.1	Interessenter .....	5
3.2	Brukere .....	5
4	Produktet.....	6
5	Rammer .....	7
6	Målsetning.....	7
7	Referanser .....	8



# 1 Innledning

Sensor Deployment System, heretter SDS, er et system utviklet for Kongsberg Defence & Aerospace, Integrated Defence Systems. SDS er et hovedprosjekt som avslutning for bachelorgrad ved Høgskolen i Buskerud & Vestfold.





Dokumentets hensikt er å gi en grunnleggende beskrivelse av hvilket problem SDS skal løse, hvordan det skal løses og på hvilket grunnlag. Dokumentet skal også fortelle litt om hvilke forutsetninger og rammer prosjektet må forholde seg til, og hvilken målsetning prosjektgruppen har.

## 1.1 Prosjektets deltakere

SDS's forskning og utviklingsgruppe består av 6 deltakere med ulike bakgrunn, felles for alle er en genuin interesse for å løse tekniske problemer, både praktisk og analytisk. Gruppen er sammensatt fra maskin – og reguleringsteknisk fagretning.

Deltaker	Om
<b>Espen Johansen Tangstad</b> <i>Studieretning elektro</i> 	<b>Rolle:</b> Prosjektleder. <b>Bakgrunn:</b> Elektriker Siemens. Elektriker Vintervoll. <b>Kontaktinformasjon:</b> Epostadresse: espen89@hotmail.com Telefonnummer: 911 69 098
<b>Lars Erik Solberg Moen</b> <i>Studieretning elektro</i> 	<b>Rolle:</b> Ledende designingeniør, elektro. <b>Bakgrunn:</b> Elektriker, Siemens. Elektriker, Bravida AS. Sensor i prøvenemnda for elektrikerfaget i Oslo. <b>Kontaktinformasjon:</b> Epostadresse: lars_erik_moen@hotmail.com Telefonnummer: 416 45 666



<p><b>Henrik Solberg</b> <i>Studieretning maskin</i></p> 	<p><b>Rolle:</b> Ledende designingeniør, maskin.</p> <p><b>Bakgrunn:</b> Biloppretter Mekaniker, Motor og generator service AS. Sommerjobb, Kongsberg Automotive.</p> <p><b>Kontaktinformasjon:</b> Epostadresse: henrik.solberg11@gmail.com Telefonnummer: 934 54 357</p>
<p><b>Håvard Larsen</b> <i>Studieretning maskin</i></p> 	<p><b>Rolle:</b> Testansvarlig, maskin. Designingeniør, maskin.</p> <p><b>Bakgrunn:</b> Elektriker, hjelpemontør. Snekker. Sommerjobb FMC Technologies.</p> <p><b>Kontaktinformasjon:</b> Epostadresse: larsenhavard90@gmail.com Telefonnummer: 936 21 294</p>
<p><b>Lars Fredrik Ostun</b> <i>Studieretning elektro</i></p> 	<p><b>Rolle:</b> Testansvarlig, elektro. Designingeniør, elektro.</p> <p><b>Bakgrunn:</b> Elektriker OneCo.</p> <p><b>Kontaktinformasjon:</b> Epostadresse: lafros84@gmail.com Telefonnummer: 957 33 286</p>
<p><b>Håvard Omholt</b> <i>Studieretning maskin</i></p> 	<p><b>Rolle:</b> Designingeniør, maskin.</p> <p><b>Bakgrunn:</b> Sommerjobb og ekstrahjelp i Kongsberg Defence &amp; Aerospace.</p> <p><b>Kontaktinformasjon:</b> Epostadresse: haavard.omholt@hotmail.no Telefonnummer: 476 12 357</p>



## 2 Problembeskrivelse

Oppdragsgiver Kongsberg Defence & Aerospace har behov for et system som kan utplassere, beskytte og eventuelt flytte en sensor. Sensoren skal utplasseres i terrenget, dette stiller krav til hvor robust systemet må være både fysisk og teknisk, ettersom dette innebærer helning samt ujevnt – og varierende underlag (betong, stein, grus, gress, asfalt osv.). Sensoren har målene 100x100x100mm og vekt 400g. Ønsket transportstørrelse på systemet er 200x200x200mm og 2kg. Størrelsen kan økes ved valg av opsjon til 300x300x300mm og 4kg. Opsjonen for SDS fordrer at systemet har mulighet for forflytning (inntil 50m) via radiosignaler. Utplassering vil skje fra 1 meters høyde. De 30 øverste mm av sensoren må etter utplassering ha fri sikt 360°.

Systemet må nivellere seg selv mot horisontalplanet, med en toleranse på  $\pm 2^\circ$ .

Sensoren som skal utplasseres er sjokksensitiv, og det er ønskelig at den ikke utsettes for mer enn 5g sjokk under utplassering (#208).

## Overordnet produktbeskrivelse

Produktet som skal fremstilles må møte KDAs behov i henhold til problemstilling, og overholde krav gitt av kravspesifikasjon. (#207)

SDS skal være et brukervennlig utplasseringssystem, med de funksjoner som kreves for å tilfredsstille kravspesifikasjonen, gitt de forutsetninger som er satt.

## 3 Interessenter og brukere

Vår hovedinteressent er Kongsberg Defence & Aerospace avd. Integrated Defence Systems, ettersom de har fremstilt problemstillingen for oss, med ønske om en teknisk løsning for problemet. KDA er også eneste økonomiske interessent, med et økonomisk budsjett gitt til SDS.

Høgskolen i Buskerud og Vestfold (HBV) er en annen viktig interessent, selv om de ikke har brukere av systemet. Systemet vil vurderes av HBV i samspill med KDA.





### 3.1 Interessenter

Navn	Rolle under utvikling av SDS	Representant	Kontakt
Kongsberg Defence & Aerospace	Oppdragsgiver og ekstern sensor for vurdering av sluttprodukt og produkt.	Hans Ivar Østensen	Tlf: 930 57 438 Epost:hans.ivar.oestensen@kongsberg.com
Kongsberg Defence & Aerospace	Ekstern veileder for SDS. Bistår med sin kunnskap, deltar på møter og følger opp SDS.	Stian S. Solberg	Tlf: 976 66 188 Epost: stianss@kongsberg.com
Høgskolen i Buskerud & Vestfold	Intern veileder. Deltar på møter med SDS og følger opp internt.	Frank Helgestad	Tlf: 310 08 902 Epost: frank.helgestad@hbv.no
Høgskolen i Buskerud & Vestfold	Intern sensor for vurdering av sluttprodukt og prosjekt.	Karoline Moholth	Tlf: 31008898 Epost: Karoline.Moholth@hbv.no

### 3.2 Brukere

Brukere av systemet vil bevege seg i potensielt ulendt terreng, og vil utplassere SDS enten fra bil (stasjonær), eller slippes manuelt fra stående stilling av personell. Ettersom systemet utplasseres utendørs, vil miljøet være dynamisk og vil inkludere varierende temperaturer og underlagsvariasjoner.

### Brukerbehov

KDA har ønske om et kostnadseffektivt system, ved utvikling må derfor produksjonskostnader holdes til lave nivåer.

Produktet skal være brukervennlig, på den måte at det skal kunne tas ut av forpakning, og deployeres innen kort tid med manuell aktivering av systemet før deployering.

Produktet skal ikke volde skade på bruker, enten personell eller kjøretøy.



## 4 Produktet

SDS er blitt inndelt i en rekke undersystemer, som blir utforsket separat for å finne frem til de beste tekniske løsningene. Dette blir så vurdert ut ifra de ulike undersystemers kompatibilitet med hverandre for å finne en overordnet løsning som ivaretar hverandres behov.

Inndelingen er som følger:

- Mekanisk kapsling
- Nivelleringsystem
- Falldemping
- Styresystem
- Batteri
- Opsjon

### Forutsetninger

#### Forutsetninger fra KDA:

- Utviklingskostnader under NOK 50000,-
- Levetid etter utplassering ca. 1 uke
- Bør lages kostnadseffektivt
- Det skal anvendes kommersielt tilgjengelige deler

#### Forutsetninger fra SDS:

- Produktet må slippes fra ett gitt kontaktpunkt, uten sideveis akselerasjon av betydning.
- Utviklingstid til ferdig produkt, ca. 5 mnd.
- Det kan benyttes prefabrikkerte komponenter (servoer, mottakere, hengsler osv.)
- Det kan benyttes eksterne tjenester (produksjon osv.)

### Produktets egenskaper

SDS skal ha følgende egenskaper:

- Falldemping av sensor
- Nivellering av sensor, med vedlikeholdsnivellering
- Gi sensor fri sikt etter utsetting
- Opsjon, fremdrift med styring



## 5 Rammer

Prosjektet har visse rammer som ikke er mulig å endre.

- Prosjektet må være ferdigstilt og levert HBV innen 19.05.2015, hvis prosjektet ikke er ferdigstilt innen denne fristen vil prosjektet avsluttes uferdig.
- Underveis i prosjektet skal det holdes tre presentasjoner på HBV.
- HBVs rammer for hovedoppgave [1]
- KDAs grovspesifikasjon for oppgave
- Kontrakt KDA-SDS
- Samarbeidskontrakt SDS

## 6 Målsetning

Målet til SDS er å designe, bygge og teste et produkt som tilfredsstiller Kongsberg Defence & Aerospace på best mulig måte.

Prosjektgruppen ønsker også å bruke tiden i SDS som en god læringsprosess for å være så godt rustet som mulig før inntredelse i industrien som ferdig utdannede ingeniører. SDS gir oss muligheten til å få inngående kjennskap til både den prosjekt – og prosessrelaterte delen av produktutvikling, samt den tekniske delen av et utviklingsprosjekt.

Prosjektet skal fremvise vår evne til samarbeid som gruppe, hvordan vi utfordrer oss selv og hverandre, samt hvordan vi klarer å tilegne oss ny kunnskap. For en eventuell fremtidig arbeidsgiver ønsker vi at prosjektet skal stå som et kvalitetsstempel for våre deltakere.



## 7 Referanser

[1] Olaf Hallan Graven, [\*Veiledning for prosjekt 2015\*](#), 30.01.2015



KONGSBERG

---



3

# Dokumentstruktur med dokumentliste



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	16.05.2015	Lars Fredrik Ostun	Espen J. Tangstad

For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD

## Sammendrag:

Alle dokumenter som er skrevet er gitt et dokumentversjon og et dokumentnummer. Dokumentrevisjonsnummer forteller om dokumentet er under arbeid eller anses som ferdig, ved f.eks. A.3 er det tredje versjon og dokumentet ansees ikke som ferdig før det er godkjent med revisjonsnummer A, B eller annen bokstav. Dokumentnummeret sier noe om hvilken undergruppe dokumentet ligger under som eks. #5xx forteller at tall dokumentet tilhører prototype alfa, de to siste nummerene er løpenummer i 5-serien. Dokumentet avsluttes med en komplett liste over alle dokumenter pr. 16.05.15.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Konvensjoner .....	2
2.1	Dokumentrevisjonsnummer .....	2
2.2	Nummerserier .....	2
2.3	Endringsdato for dokumenter .....	3
2.4	Formatering av filnavn .....	3
2.5	Referanse til produktiterasjon .....	4
3	Dokumenthierarki .....	4
4	Komplett dokumentliste .....	5

## Figuroversikt

<i>Figur 1: Dokumentstruktur</i> .....	4
--	---



# 1 Innledning

For og lettere se en sammenhengende helhet i prosjektet vil det i dette dokumentet vise prosjektets dokumentstruktur, samt vise den innledende vurdering gruppen har foretatt med hensyn til systemet under utvikling.

## 2 Konvensjoner

### 2.1 Dokumentrevisjonsnummer

Alle dokumenter som ansees å være under arbeid eller utsatt for senere endringer skal være markert med revisjonsnummer og dato for siste revisjon på første side og i bunnteksten på hver side (gjelder ikke første side). Revisjonsnummeret brukt i prosjektet skal være på formen X.X eller X. Eksempelvis rev A.0 eller rev A. Første tegn noterer en revisjonsserie, og andre tegn noterer et undernummer som symboliserer at dokumentet er et arbeidsdokument (utkast). Når et utkast ansees som ferdig vil undernummeret fjernes. Et ferdig dokument for bruk utenfor prosjektgruppen vil da være på formen Rev X. eksempelvis Rev A. Alle endringer i dokumentet noteres i dokumenthistorikken som skal være vedlagt dokumentet etter referanselisten. Endringer som noteres i dokumenthistorikken skal føres under en av følgende kategorier:

- Opprettet
- Endret
- Fjernet

### 2.2 Nummerserier

For å enkelt kunne identifisere de forskjellige nummerserier brukt i prosjektet er det bevist valg forskjellig formatering på de forskjellige nummerserier.

#### **Kravnummer**

Kravnummer er notert med fire siffer adskilt med punkt x.x.x.x eksempelvis 2.3.3.5. De første tre siffer refererer til kapitelnummeret i kravspesifikasjonene. Det siste sifferet er et løpenummer. Kravnummer er unike og krav som bortfaller beholder sitt nummer.

#### **Testnummer**

Testnummer er notert med tre siffer xxx eksempelvis 001

#### **Aktivitetsnummer**

Aktiviteter er delt opp i hovedkategorier. Aktivitetsnummeret består av fire tegn, en bokstav og tre siffer eksempelvis A001. Første tegn beskriver aktivitetens overordnede tilhørighet. Andre tegn og første siffer beskriver en underkategori der dette er naturlig. Tredje og fjerde tegn (andre og tredje siffer) er løpenummer på aktiviteter innenfor sin kategori.

#### **Dokumentnummer**





Alle dokumenter har et statisk nummer som ikke endres med revisjoner. Dette er for enkelt og kunne referere til interne dokumenter uavhengig av revisjon og tittel. Dokumentnummer er delt inn i kategorier etter type og distribusjon. For å skille dokumentnummer fra andre nummerserier, starter alltid dokumentnummeret med #.

*Følgende nummer er brukt*

- #1xx – Prosjektdokumenter
- #2xx – Styrende dokumenter
- #3xx – Møter
- #4xx – Dokumenter for ekstern evaluering
- #5xx – Prototype alfa
- #6xx – Prototype beta
- #7xx – Prototype charlie

Referanser til interne dokumentnummer skal listes i parentes etter det nevnte dokumentet i teksten. Eksempelvis: «*I henhold til prosjektplanen (#203)*»

### ***Testprotokoller***

Testprotokoller har eget dokumentnummer for hvert undersystem. Hver enkelt test noteres med relevant(e) test ID og undernummer på testen. Måleresultater vedlegges testprotokollen som vedlegg merket med testprotokollens dokumentnummer og undernummer.

Eksempelvis: «*Relevante test ID: 031, 032, Test nummer #517/1*»

## **2.3 Endringsdato for dokumenter**

Selvstendige dokumenter er merket med endringsdato på forside og i filnavn.

## **2.4 Formatering av filnavn**

Følgende formatering av filnavn er brukt:

*Doknavn\_revnr\_DDMMÅÅ\_#xxx*

Eksempelvis:

*Kravspesifikasjoner\_A7\_200115\_#207.pdf*



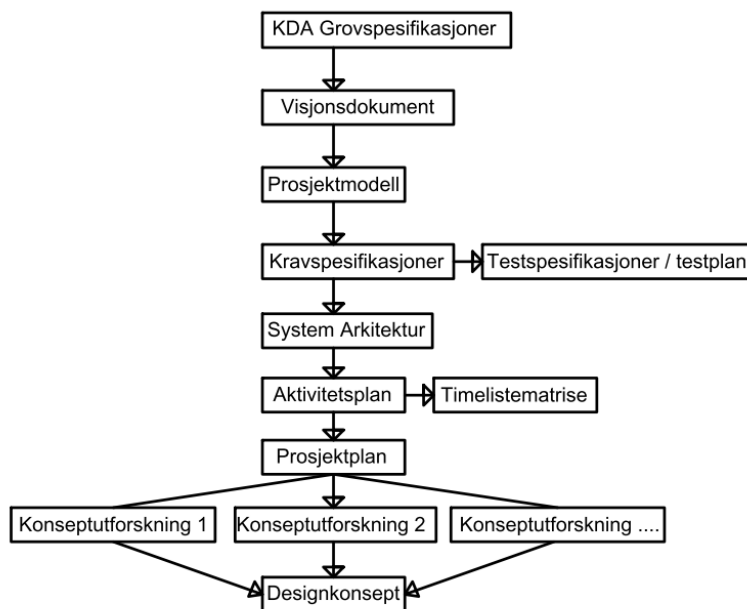
## 2.5 Referanse til produktiterasjon

Prosjektets iterasjoner i utviklingsfasen noteres etter det internasjonale bokstaveringsalfabetet.

Eksempelvis: «*Produktversjon alfa*»

## 3 Dokumenthierarki

Figur 1 viser sammenhengen mellom de forskjellige dokumenter bruk av prosjektgruppen og prosessen frem til et designkonsept. I praksis vil utviklingen av dette dokumentgrunnlaget skje delvis parallelt, men endringer i dokumenter høyere i hierarkiet vil medføre endringer i de etterfølgende dokumenter



Figur 1: Dokumentstruktur



## 4 Komplette dokumentliste

#1xx: Prosjektdokument
#101 Konseptutforskning Falldemping
#102 Konseptutforskning Kompatibilitet
#103 Konseptutforskning Nivellering
#104 Konseptutforskning Styresystem
#105 mal pugh-matrise
#106 Konseptutforskning Opsjon
#107 Konseptutforskning Mekanisk kapsling
#108 Konseptutforskning Batterisystem
#109 Visjonsdokument SDS
#110 Rapport systemløsning
#111 Vektbudsjett mal
#112 Prisbudsjett
#113 Vektbudsjett
#115 Pughmatrise Batterisystemer
#116 Pughmatrise Batterityper
#117 Pughmatrise Styresystem falldemping
#118 Pughmatrise Falldemping
#119 Pughmatrise Kapsling
#120 Pughmatrise Materiale
#121 Pughmatrise Nivellering
#122 Volumbudsjett
#124 Mal testprotokoll
#125 Mal kryssliste tester
#126
#127 Konseptutforskninger samlet
#128 Grafisk akselerometer_versjonA
#129 Grafisk fremstilling mathlab
#130 Konseptutforskning utløser
#131 ECN beta til produksjonsmodell
#132 Evaluering av opsjon
#133 Beskrivelse til HiT; SAT ver. Og opt. falldemping
#134 Tegning styresys pcb1
#135 Tegning styresys pcb2
#136 Tegning styresys prototypekort
#137 Mal SAT protokoll
#138 SAT 019020021078
#139 SAT 032
#140 SAT 033034035
#141 SAT 036037



#142 SAT 038
#143 SAT 039040041
#144
#145 SAT 042043044079
#146 SAT 045046047
#147 SAT 048049
#148 SAT 001002003
#149 SAT 004005006
#150 SAT 007
#151 SAT 008
#152 SAT 009
#153 SAT 010
#154 SAT 011
#155 SAT 012
#156 SAT 013
#157 SAT 014
#158 SAT 015
#159 SAT 016
#160 SAT 017
#161 SAT 018
#162 SAT 022023024
#163 SAT 025
#164 SAT 026
#165 SAT 027
#166 SAT 028
#167 SAT 029
#168 SAT 030
#169 Skjemategning Grafisk akselerometer _A
#170 Spesifikasjoner elektro
#171 Uderlag akselerometer
<b>#2xx: Styrende dokument</b>
#201 Prosjektmodell
#203 Prosjektplan
#204 Mal selvstendige dokument
#205 Retningslinjer
#206 Revisjons-syklus
#207 Kravspesifikasjon
#208 Grovspesifikasjon KDA
#209 Timelistemal
#210 Testspesifikasjon
#211 Testplan
#212 Aktivitetsplan
#213 Dokumentstruktur
#214 Korrelasjonstabell



#215	Korrelasjonstabell
#216	Korrelasjonstabell
#217	Timelistematrise
#218	Mal endringsmelding
#219	Timeliste sammendrag
#220	Dokumentliste
#221	Endringsmelding falldemping
#222	Endringsmelding utløsermekanisme
#223	Utrekning av prosjektplan
#224	Komplett timeliste ET
#225	Komplett timeliste HS
#226	Komplett timeliste HL
#227	Komplett timeliste HO
#228	Komplett timeliste LEM
#229	Komplett timeliste LFO
#3xx:	<b>Møter</b>
#300	Referat Eksternt 1
#301	Referat Eksternt 2
#302	Referat Internt 1
#303	Referat Internt 2
#304	Referat gruppe 1
#305	Referat gruppe 2
#306	Referat gruppe 3
#307	Referat gruppe 4
#308	Referat gruppe 5
#309	Referat gruppe 6
#310	Eksempel oppfølgingsdokument
#311	Mal oppfølgingsdokument
#312	Mal referat og møteinnkalling
#313	Eksternt møteinnkalling 1
#314	Eksternt møteinnkalling 2
#315	Internt møteinnkalling 1
#316	Internt møteinnkalling 2
#317	Møteinnkalling gruppe 6
#318	Internt møteinnkalling 3
#319	Oppfølgingsdokument 2
#321	Eksternt møteinnkalling 3
#322	Referat Internt 3
#323	Oppfølgingsdokument 3
#324	Internt møteinnkalling 4
#325	Møteinnkalling gruppe 7
#326	Referat gruppe 7
#327	Referat Eksternt 3
#328	Referat Internt 4



#329	Internt møteinnkalling 5
#330	Oppfølgingsdokument 4
#331	Oppfølgingsdokument 5
#332	Referat Internt 5
#333	Oppfølgingsdokument 6
#334	Møteinnkalling gruppe 8
#335	Referat gruppe 8
#336	Eksternt møteinnkalling 4
#337	Oppfølgingsdokument 7
#338	Internt møteinnkalling 6
#339	Referat Eksternt 4
#340	Referat Internt 6
#341	Møteinnkalling gruppe 9
#342	Referat gruppe 9
#343	Oppfølgingsdokument 8
#344	Internt møteinnkalling 7
#345	Referat Internt 7
#346	
#347	Oppfølgingsdokument 9
#348	Oppfølgingsdokument 10
#349	Oppfølgingsdokument 11
#350	Internt møteinnkalling 8
#351	Referat Internt 8
#352	Oppfølgingsdokument 12
#353	Eksternt møteinnkalling 5
#354	Internt møteinnkalling 9
#355	Referat Eksternt 5
#356	Referat gruppe 9
#357	Referat Internt 8
#358	Oppfølgingsdokument 14
#359	Oppfølgingsdokument 15
#360	Internt møteinnkalling 10
#4xx:	Dokument for ekstern evaluering
#401	Gruppeoversikt SDS
#402	Presentasjon 1 powerpoint
#403	Kravspesifikasjon
#404	Visjonsdokument
#405	Dokumentstruktur
#406	Testspesifikasjon
#407	Aktivitetsplan
#408	Prosjektplan
#409	Konseptutforskninger samlet
#410	Teknisk underlag samlet
#411	Prosjektmodell



#412	Testrapport alfa
#413	Dokumentstruktur
#414	Rapport systemløsning
#415	Rapport fremdrift og medgåtte timer alfa
#416	Dokumentliste
#5xx: Prototype alfa	
#501	Prototypeskisse
#502	Underlag styresystem
#503	Underlag kapsling og demping
#504	Underlag nivellering
#505	Skjemtegning akselerometer
#506	Akselerometer versjon A program
#507	Rapport testsensor
#508	Skjemategning styresystem
#511	Underlag falldemping
#512	Testprotokoll falldemping
#513	Testprotokoll kapsling
#514	Testprotokoll siktlinje
#515	Kryssliste tester alfa
#516	Testprotokoll nivellering
#517	Testprotokoll batterisystem
#518	Testrapport alfa
#519	Tegningsunderlag brakett
#520	Tegningsunderlag bunnplate
#521	Tegningsunderlag indre
#522	Tegningsunderlag midtre
#523	Tegningsunderlag nivellering
#524	Tegningsunderlag pinne
#525	Tegningsunderlag prototype
#526	Tegningsunderlag servo
#527	Tegningsunderlag sideflate
#528	Tegningsunderlag sidevegg
#529	Tegningsunderlag ytre
#530	Rapport fremdrift og medgåtte timer alfa
#531	Nivelleringsrutine
#532	Nivelleringsrutine
#533	RTC powersave
#6xx: Prototype beta	
#601	Nivelleringsrutine 2akser
#602	Integrasjon nivellerig 2akser rtc
#603	Skjemategning Styresystem
#604	Testprotokoll Falldemping
#605	Testprotokoll Batterisystem
#606	Testprotokoll Nivellering



#607	Testprotokoll Kapsling
#608	Testprotokoll siktlinje
#609	Kryssliste tester beta
#610	Testrapport beta
#611	Rapport fremdrift og medgåtte timer beta
#612	Tegning blokk
#613	Tegning bunnplate
#614	Tegning demperbrakett
#615	Tegning indre krybbe
#616	Tegning midtre krybbe
#617	Tegning nivellering
#618	Tegning pinne
#619	Tegning pinne2
#620	Tegning prototype
#621	Tegning sideflate
#622	Tegning sideflatebrakett
#623	Tegning sidestoppervinkel
#624	Tegning skumgummimtte
#625	Tegning spacer
#626	Tegning topplate
#627	Tegning ytrekrybbe
#7xx:	Prototype charlie
#700	Testprotokoll utløser
#701	Underlag for charlie utløser
#702	
#703	Rapport Charlie
#704	Kryssliste tester Charlie
#705	Tegning låsekjeft høyre
#706	Tegning låsekjeft venstre
#707	Tegning låsekrone
#708	Tegning låseskive
#709	Tegning pinne
#710	Tegning prototype charlie
#711	Tegning utløserhåndtak
#712	Tegning utløserpinne





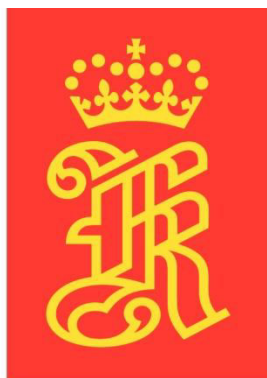
KONGSBERG

---



4

# Prosessbeskrivelse



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	13.05.2015	Espen J. Tangstad	Henrik Solberg

For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD

**Sammendrag:**

Dette dokumentet er en beskrivelse av hvordan prosjektplanen er konstruert, og hvordan den legger føringer for prosjektet. Prosjektplanen er direkte avhengig av prosjektmodellen og den følger den iterære strukturen med fire iterasjoner. De tre første iterasjonene er for prototyper, og den siste iterasjonen er for produksjonsmodell. Prosjektplanen gir gruppen mulighet til å sette datoer på milepæler, slik at det til enhver tid er klart om hva som er prioriterte arbeidsoppgaver. Den er i tillegg direkte avhengig av aktivitetsplanen med tidsforbruk på de enkelte arbeidsoppgaver og omfatter hvilket av gruppemedlemmene som har hvilke ansvarsområder. Gruppelederen har ansvar for å oppdatere prosjektplanen under prosjektets gang og informere de resterende gruppemedlemmene om endringer og faremomenter.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Prosjektmodell .....	3
3	Struktur .....	3
4	Aktiviteter.....	4
5	Milepæler .....	4
6	Anvendelse av prosjektplan.....	5

## Figuroversikt

<i>Figur 1: Prosjektmodell SDS.....</i>	<i>3</i>
<i>Figur 2: Utdrag, prosjektplan .....</i>	<i>4</i>

## Tabelloversikt

<i>Tabell 1: Milepæler.....</i>	<i>4</i>
---------------------------------	----------

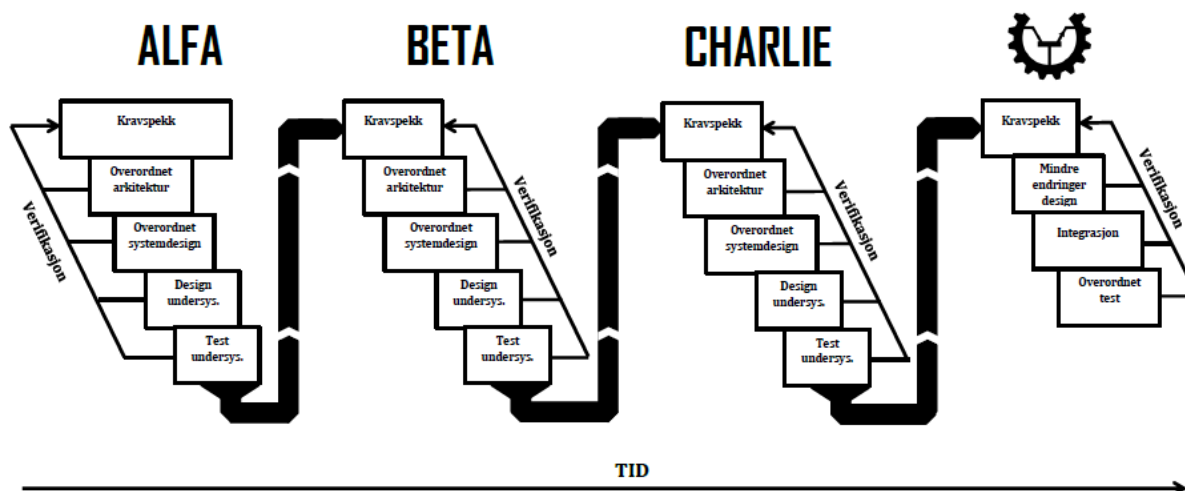


# 1 Innledning

Her beskrives valg som ble gjort ved utarbeiding av prosjektplan (#203). Prosjektplanen ligger til grunn for å oppnå alle milepæler og mål gruppa har satt. Planen skal ivareta fremdriften under prosjektperioden og dokumentere kompensasjon for avvik som oppstår under prosjektperioden grunnet feilestimering.



## 2 Prosjektmodell



Figur 1: Prosjektmodell SDS

Prosjektmodellen som anvendes er en iterær modell. Denne modellen skal sikre fremdriften med 4 iterasjoner. De tre første iterasjonene betegnet med *Alfa*, *Beta* og *Charlie* vil ivareta kundens behov med milepæler som verifiserer systemløsningen mot kravspesifikasjon. I disse fasene vil det foreligge prototyper som brukes til å teste designløsninger for den endelige versjonen. Den siste iterasjonen er betegnet med *SDS* logoen. Dette er den endelige produktversjonen, klar for lansering. Denne skal stå som en produksjonsklar fysisk modell som overrekkes kunden ved avslutningen av prosjektperioden. Produksjonsmodellen vil brukes til å gjennomføre FAT og SAT for verifisering og validering av det endelige produktet som presenteres for oppdragsgiver.

Det er viktig å bemerke at modellen ikke fungerer som en vannfallsmodell hvor alle poster må være ferdigstilt før neste påbegynnes. I denne modellen overlapper postene og de vil i stor grad gå parallelt slik at det jobbes på flere av gangen. Dette er reflektert i prosjektplanen.

## 3 Struktur

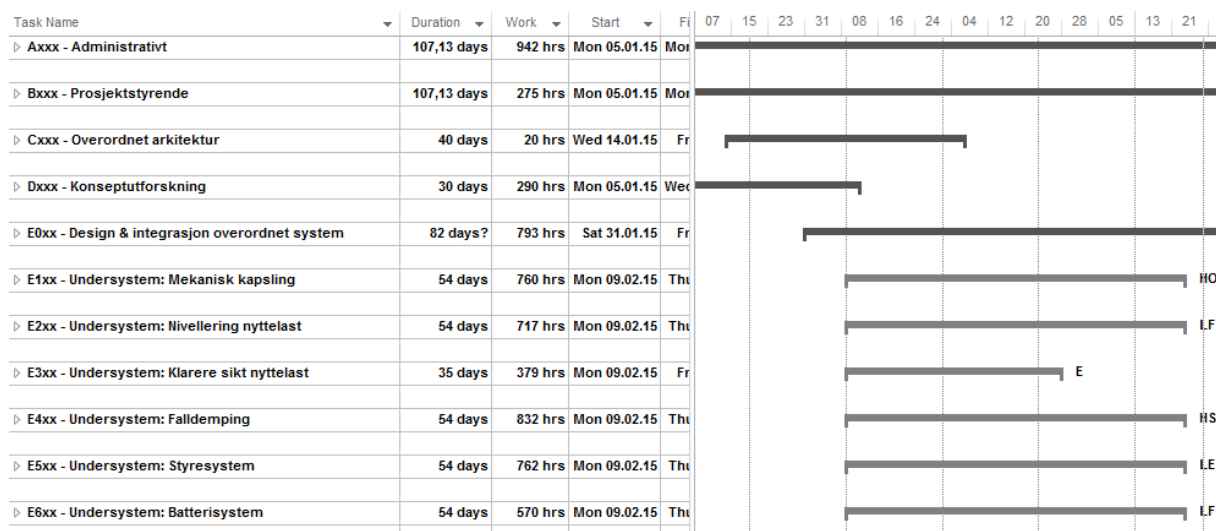
Prosjektplanen er en del av SDS's dokumenthierarki. Den har direkte korrelasjon til aktivitetsplan og prosjektmodell. Endringer i prosjektmodellen vil føre til en overordnet endring av prosjektplanens struktur over hele prosjektperioden. Endringer og nye aktiviteter som oppstår i aktivitetsplanen vil endre prosjektplanen på et detaljnivå.

Revideringer er planlagt i aktivitetsplanen etter hvert som prosjektperioden er bedre kartlagt, mens revideringer i prosjektmodellen bare vil forekomme hvis den blir underkjent, eller det viser seg at planlagt prosjektmodell ikke fungerer godt for prosjektet som skal gjennomføres.



## 4 Aktiviteter

Prosjektplanen fungerer som aktivitetsplanen over tid. Alle oppgavene satt i prosjektplanen er enten aktiviteter eller milepæler. Dette gir personen som administrerer aktivitet og prosjektplanen en oversiktlig og detaljert forståelse over fremdriften. På denne måten vil risikomomenter kunne gjøres rede for før de påvirker fremdrift og produktutviklingen.



Figur 2: Utdrag, prosjektplan

## 5 Milepæler

Tabell 1: Milepæler

Milepæl	Dato	Type
Alfaversjon ferdig prototype	26.02.15	Produkt
Evaluering test alfaversjon	03.03.15	Produkt
Betaversjon ferdig prototype	24.03.15	Produkt
Evaluering test betaversjon	27.03.15	Produkt
Charlieversjon ferdig prototype	17.04.15	Produkt
Evaluering test charlieversjon	20.04.15	Produkt
Produksjonsmodell ferdig konstruert	08.05.15	Produkt
Evaluering FAT/SAT	15.05.15	Produkt
Presentasjon 1	11.02.15	Prosess
Presentasjon 2	23.03.15	Prosess
Presentasjon 3 - Hovedpresentasjon	28.05.15	Prosess

Milepælene er kategorisert etter produktrelaterte og prosessrelaterte milepæler. Disse milepælene fungerer som statiske arbeidsmål som gruppa jobber etter under prosjektperioden. Ved statisk betyr det i at det ikke er rom for å endre milepælene med mindre de er utsatt for



endringer av eksterne parter som f.eks. flytting av presentasjonsdato, eller at det foreligger en begrunnelse om hvorfor det ikke er hensiktsmessig å anta at datoene er oppnåelige.

## 6 Anvendelse av prosjektplan

Prosjektplanen anvendes av prosjektleder og lager føringer for fremdriften. Endringer i planen skal dokumenteres i endringslogg og det er prosjektleders ansvar til enhver tid å holde prosjektgruppa oppdatert på endringer og faremomenter under prosessen. Endringer i aktivitetsplanen kan påføre store endringer i prosjektplanen. Dette skal derfor gjøres parallelt for å unngå konflikt.

Status på aktiviteter skal ikke dokumenteres i prosjektplanen, men er listet i timelistematrixene. Ansvarlig for timerapportering har ansvar for å føre status på postene til enhver tid, og holde prosjektleder oppdatert når en post nærmer seg grenser, eller det viser seg at det er feil i estimeringen gjort på forhånd.



KONGSBERG

---



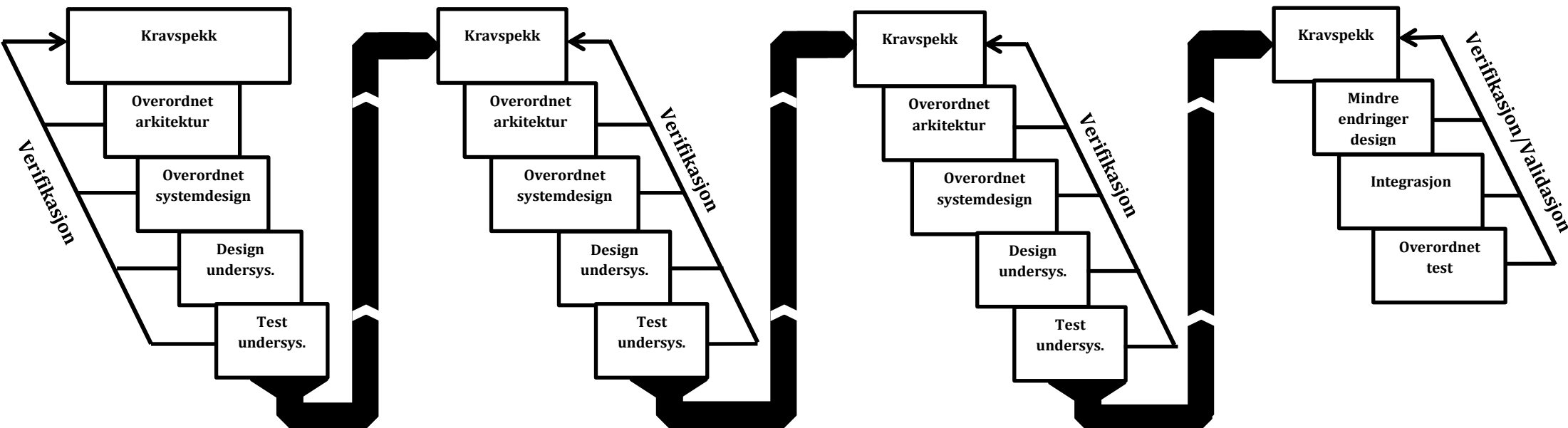
5



# ALFA

# BETA

# CHARLIE



TID

## Prosjektmodell



KONGSBERG

---



6

# Aktivitetsplan



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	13.05.2015	Espen J. Tangstad	Henrik Solberg

For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD

## Sammendrag:

Aktivitetsplanen bygger opp under prosjektplanen. Hver aktivitet er gitt et aktivitetsnummer som gjør det enkelt å få registrert timer. Aktivitetene er delt opp slik at gruppen kan skille mellom administrative aktiviteter og produktrelaterte aktiviteter. Det er informasjon om en aktivitet er avhengig av andre aktiviteter. Dette er gjort for å gi en oversikt over hvilken rekkefølge aktivitetene skal gjøres. Alle aktivitetene er gitt en bokstav som sier noe om hvor ofte aktiviteten skal gjennomføres. Som er alt fra enkeltforekomster, daglig, ukentlig, annen hver uke og fordelt utover uten fast tidsintervall. Alle produksjonsrelaterte aktiviteter er lagt under underkategorier, slik at det er mulig å skille timesforbruk på de enkelte systemer. Som vedlegg til dette dokumentet er det en korrelasjonstabell som sier noe om hvilke krav som henger sammen med hvilke aktivitet, dette gjør det enkelt for hvert gruppe medlem å se hvilke krav som må tas hensyn til ved hver aktivitet.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Formatering.....	3
3	Aktiviteter.....	4

## Figuroversikt

<i>Figur 1: Forklaring av aktivitetsnummer</i> .....	3
--	---

## Tabelloversikt

<i>Tabell 1: Følgebokstav for estimerte timer</i> .....	3
---	---



# 1 Innledning

Ut fra den valgte prosjektmodellen er det estimert et antall aktiviteter nødvendig for å utføre og følge opp prosjektarbeidet. Fra egenskapene beskrevet i dokumentet KDA grovspesifikasjoner (#208), har prosjektgruppen definert undersystemer for å splitte systemet i mer håndterbare enheter. Disse undersystemene danner grunnlag for hvert sitt konseptutforskningsdokument (teknisk dokument) som igjen danner grunnlaget for valg av et designkonsept. Etter en evaluering av de tekniske dokumentene kan enkelte av de definerte undersystemene bli integrert i et undersystem hvis dette faller naturlig i henhold til det valgte designkonseptet.

## De følgende undersystemer er definert:

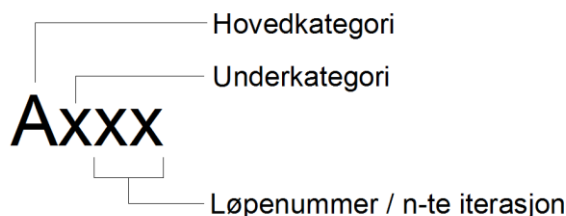
- Mekanisk kapsling
- Nivellering av sensor
- Klarering av siktlinje for sensor
- Falldemping
- Styresystem
- Batterisystem
- Utløsermekanisme
- Forflytting av sensor (opsjon)

De tekniske dokumentene tilhørende de ovenstående undersystemene skal presentere en undersøkelse av forskjellige løsninger, sammenligne disse og komme med en anbefaling. Dokumentene skal undergå en helhetlig vurdering da det kan tenkes at enkelte egenskaper/undersystemer har innvirkning på andre egenskaper, eller kan kombineres i et undersystem. Basert på dette kan enkelte aktivitetsgrupper bli revidert når et designkonsept foreligger.



## 2 Formatering

For og lettere skille de forskjellige aktiviteter er disse delt opp i hovedkategorier. Aktivitetsnummeret består av fire tegn, en bokstav og tre siffer. Første tegn beskriver aktivitetens overordnede tilhørighet. Andre tegn og første siffer beskriver en underkategori der dette er naturlig. Tredje og fjerde tegn (andre og tredje siffer) er løpenummer på aktiviteter innenfor sin kategori. I enkelte kategorier er andre siffer brukt for å notere n-te iterasjon, hvor dette er tilfellet er feltet markert med uthevingsfarge. Aktivitetene er notert med et timeestimat, og initialene til personen med hovedansvaret for aktiviteten. I tillegg er aktivitetene notert med avhengighet til andre aktiviteter. Aktiviteter kan ha flere avhengigheter, men er kun notert med nærmeste avhengighet. Hvis det ikke er notert avhengighet regnes aktiviteten som uavhengig, kontinuerlig løpende, eller delvis parallelt løpende med andre aktiviteter, eksempelvis møtevirksomhet eller forberedelser til presentasjoner.



Figur 1: Forklaring av aktivitetsnummer

Ved senere tilføyelser av aktiviteter eller endringer vil den gitte aktiviteten være markert med gult i gjeldende revisjon. Dette for å lettere kunne identifisere endringer og oppdatere prosjektplanen. Markering bortfaller ved neste revisjon slik at kun siste endringer er synlige.

Feltet for timeestimat kan inneholde følgebokstav. Tabell 1 viser betydningen av følgebokstav.

Tabell 1: Følgebokstav for estimerte timer

Følgebokstav	Betydning
E	Enkeltforekommende aktivitet
D	Daglig
U	Ukentlig
A	Annenhver uke
F	Fordelt utover prosjektet



### 3 Aktiviteter

Overordnede aktiviteter	
Aktivitetsnummer	Beskrivelse overordnet aktivitet
Axxx	Administrative aktiviteter
Bxxx	Aktiviteter knyttet opp mot prosjektstyrende dokumenter
Cxxx	Aktiviteter knyttet opp mot design av overordnet arkitektur
Dxxx	Aktiviteter knyttet opp mot konseptutforskning
E0xx	Design og integrasjon av overordnet system
E1xx	Undersystem mekanisk kapsling
E2xx	Undersystem nivellering av nyttelast
E3xx	Undersystem klarere siktlinje for nyttelast
E4xx	Undersystem falldemping
E5xx	Undersystem styresystem
E6xx	Undersystem batterisystem
E7xx	Undersystem opsjon fremdriftsmetode
E8xx	Undersystem utløsermekanisme
Fxxx	Aktiviteter knyttet opp mot test og verifikasjon (overordnet)
Gxxx	Aktiviteter knyttet opp mot presentasjoner

Administrative aktiviteter (Axxx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
A001	Utarbeide dokumentmaler	35	E	
A002	Utarbeide møteplaner og deltagelse i gruppemøter	7(U)	Alle	
A003	Utarbeide møteplaner og deltagelse i møter med intern veileder	7(U)	Alle	
A004	Utarbeide møteplaner og deltagelse i møter med ekstern veileder	7(U)	Alle	
A005	Føring av gruppens timer	1(U)	L.E	
A006	Utarbeide ukentlig oppfølgingsdokument	5(U)	E	
A007	Organisering og oppdatering av dokumenter	1(U)	E	
A008	Utarbeide «visjonsdokument»	5	L.F	
A009	Design nettside og oppdatering av nettside	60	H.O	
A010	Logodesign	3	E	
A011	Andre administrative aktiviteter. (Spesifiseres med utfyllende tekst på timelister)	100	E	



Aktiviteter knyttet opp mot prosjektstyrende dokumenter (Bxxx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
B001	Utarbeide prosjektmodell	20	E	
B002	Utarbeide og oppdatere aktivitetsplan	20(E) 10(F)	L.E	B001
B003	Utarbeide prosjektplan	35	E	B002
B004	Oppdatere prosjektplan	1(U)	Alle	B003
B005	Utarbeide kravspesifikasjoner	75	L.E	B002
B006	Utarbeide testspesifikasjoner	75	H.L	B005
B007	Revidere kravspesifikasjoner	60(F)	L.E	B005
B008	Revidere testspesifikasjoner	50(F)	H.L	B006

Aktiviteter knyttet opp mot overordnet arkitektur (Cxxx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
C001	Plenumsdiskusjon angående overordnet arkitektur med valg av konseptløsning	6	E	
C002	Utarbeidelse av grunnlag for arkitektonisk design	2	L.E	
C021	Revisjon av arkitektonisk design	12	L.E	

Aktiviteter knyttet opp mot konseptutforskning (Dxxx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
D001	Konseptutforskning mekanisk kapsling	40	H.O	B005, C002
D002	Konseptutforskning nivellering av nyttelast	40	H.S	B005, C002
D003	Konseptutforskning klarere siktlinje for nyttelast	40	H.S	B005, C002
D004	Konseptutforskning falldemping	40	H.L	B005, C002
D005	Konseptutforskning styresystem	40	L.F	B005, C002
D006	Konseptutforskning batterisystem	40	L.F	B005, C002
D007	Konseptutforskning opsjon fremdriftsmetode	40	H.L	B005, C002
D008	Konseptutforskning kompatibilitet	20	H.S	B005, C002





Design og integrasjon av overordnet system (E0xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E001	Individuell gjennomgåelse av teknisk grunnlag (konseptutforsknings dokumenter)	24 (4x6)	Alle	C001, C002, C003, C004, C005, C006, C007
E002	Plenumsdiskusjon angående overordnet systemløsning med valg av konseptløsning	30 (5x6)	E	E001
E003	Utarbeidelse av teknisk grunnlag for systemløsning	48 (8x6)	H.O	E002
E004	Oppfølging av grensesnitt mellom undersystemer	2(U)	E	E003
E005	Integrasjon av undersystemer	40	H.O	E004
E006	Konstruksjon av prototype	0	H.S	E005
E007	Konstruksjon av produksjonsmodell	100 Deles opp	H.L	E006
E022	Plenumsdiskusjon angående overordnet systemløsning med valg av konseptløsning (andre iterasjon)	30 (5x6)	H.S	E104, E204, E304, E404, E504, E604
E023	Utarbeidelse av teknisk grunnlag for systemløsning (andre iterasjon)	48 (8x6)	H.L	E022
E032	Plenumsdiskusjon angående overordnet systemløsning med valg av konseptløsning (3. iterasjon)	0	H.S	E124, E224, E324, E424, E524, E624
E033	Utarbeidelse av teknisk grunnlag for systemløsning (3. iterasjon)	0	H.L	E032
E024	Utarbeide brukermanual /vedlikeholds manual	45	L.E	
E025	Utarbeide prosjektrapport	75	E	
E041.1	Design mekanisk kapsling	10	H.S	E134
E041.2	Produksjon mekanisk kapsling	75	H.S	E041.1
E042.1	Design nivellering av nyttelast	10	H.L	E234
E042.2	Produksjon nivelleringssystem	40	H.L	E042.1
E044.1	Design falldempingssystem	10	H.O	E434
E044.2	Produksjon falldempingssystem	50	H.O	E044.1
E045.1	Design styresystem	50	L.E	E534
E045.2	Produksjon styresystem	30	L.E	E045.1
E048.1	Design utløser	10	H.L	E834
E048.2	Produksjon utløser	50	H.L	E048.1



Undersystem mekanisk kapsling (E1xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E101	Designspesifik undersøkelse	20	H.O	D002, E003
E102	Grunndesign	83	H.O	E101
E103	Utarbeide dokumentasjon	30	H.O	E102
E104	Utarbeide prototype	50	H.O	E103
E105	Teste prototype	20	H.O	E104
E121	Grunndesign (andre iterasjon)	25	H.O	E023
E122	Utarbeide dokumentasjon (andre iterasjon)	10	H.O	E122
E123	Utarbeide prototype (andre iterasjon)	25	H.O	E123
E124	Teste prototype (andre iterasjon)	10	H.O	E124
E131	Grunndesign (3. iterasjon)	10	H.O	E032
E132	Utarbeide dokumentasjon (3. iterasjon)	10	H.O	E131
E133	Utarbeide prototype (3.iterasjon)	25	H.O	E132
E134	Teste prototype (3. iterasjon)	10	H.O	E133

Undersystem nivellering av nyttelast (E2xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E201	Designspesifikk undersøkelse	15	L.F	D003, E003
E202	Grunndesign	50	L.F	E201
E203	Utarbeide dokumentasjon	20	L.F	E202
E204	Utarbeide prototype	50	L.F	E203
E205	Teste prototype	10	L.F	E204
E221	Grunndesign (andre iterasjon)	30	L.F	E023
E222	Utarbeide dokumentasjon (andre iterasjon)	20	L.F	E221
E223	Utarbeide prototype (andre iterasjon)	40	L.F	E222
E224	Teste prototype (andre iterasjon)	10	L.F	E223
E231	Grunndesign (3. iterasjon)	0	L.F	E032
E232	Utarbeide dokumentasjon (3. iterasjon)	10	L.F	E231
E233	Utarbeide prototype (3.iterasjon)	25	L.F	E232
E234	Teste prototype (3. iterasjon)	5	L.F	E233



Undersystem klarere siktlinje for nyttelest (E3xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E301	Designspesifikk undersøkelse	0	E	D004, E003
E302	Grunndesign	0	E	E301
E303	Utarbeide dokumentasjon	0	E	E302
E304	Utarbeide prototype	0	E	E303
E305	Teste prototype	0	E	E304
E321	Grunndesign (andre iterasjon)	25	E	E023
E322	Utarbeide dokumentasjon (andre iterasjon)	20	E	E321
E323	Utarbeide prototype (andre iterasjon)	30	E	E323
E324	Teste prototype (andre iterasjon)	10	E	E324
E331	Grunndesign (3. iterasjon)	0	E	E032
E332	Utarbeide dokumentasjon (3. iterasjon)	0	E	E331
E333	Utarbeide prototype (3.iterasjon)	0	E	E332
E334	Teste prototype (3. iterasjon)	0	E	E333

Undersystem falldemping (E4xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E401	Designspesifikk undersøkelse	35	H.S	D005, E003
E402	Grunndesign	75	H.S	E401
E403	Utarbeide dokumentasjon	20	H.S	E402
E404	Utarbeide prototype	75	H.S	E403
E405	Teste prototype	30	H.S	E404
E421	Grunndesign (andre iterasjon)	40	H.S	E023
E422	Utarbeide dokumentasjon (andre iterasjon)	20	H.S	E421
E423	Utarbeide prototype (andre iterasjon)	40	H.S	E422
E424	Teste prototype (andre iterasjon)	20	H.S	E423
E431	Grunndesign (3. iterasjon)	10	H.O	E032
E432	Utarbeide dokumentasjon (3. iterasjon)	10	H.O	E431
E433	Utarbeide prototype (3.iterasjon)	15	H.O	E432
E434	Teste prototype (3. iterasjon)	10	H.O	E433

Undersystem styresystem (E5xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E501	Design spesifikk undersøkelse	25	L.E	D006, E003
E502	Grunndesign	50	L.E	E501



E503	Utarbeide dokumentasjon	35	L.E	E502
E504	Utarbeide prototype	60	L.E	E503
E505	Teste prototype	10	L.E	E504
E521	Grunndesign (andre iterasjon)	30	L.E	E023
E522	Utarbeide dokumentasjon (andre iterasjon)	20	L.E	E521
E523	Utarbeide prototype (andre iterasjon)	30	L.E	E522
E524	Teste prototype (andre iterasjon)	10	L.E	E523
E531	Grunndesign (3. iterasjon)	15	L.E	E032
E532	Utarbeide dokumentasjon (3. iterasjon)	10	L.E	E531
E533	Utarbeide prototype (3.iterasjon)	25	L.E	E532
E534	Teste prototype (3. iterasjon)	10	L.E	E533

Undersystem batterisystem (E6xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E601	Design spesifikk undersøkelse	8	L.F	D007, E003
E602	Grunndesign	25	L.F	E601
E603	Utarbeide dokumentasjon	10	L.F	E602
E604	Utarbeide prototype	20	L.F	E603
E605	Teste prototype	10	L.F	E604
E621	Grunndesign (andre iterasjon)	5	L.F	E023
E622	Utarbeide dokumentasjon (andre iterasjon)	10	L.F	E621
E623	Utarbeide prototype (andre iterasjon)	20	L.F	E622
E624	Teste prototype (andre iterasjon)	10	L.F	E623
E631	Grunndesign (3. iterasjon)	0	H.O	E032
E632	Utarbeide dokumentasjon (3. iterasjon)	5	H.O	E631
E633	Utarbeide prototype (3.iterasjon)	10	H.O	E632
E634	Teste prototype (3. iterasjon)	5	H.O	E633

Undersystem opsjon fremdriftsmetode (E7xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E701	Design spesifikk undersøkelse	0	H.L	D008, E003
E702	Grunndesign	0	H.L	E701
E703	Utarbeide dokumentasjon	0	H.L	E702
E704	Utarbeide prototype	0	H.L	E703
E705	Teste prototype	0	H.L	E704
E721	Grunndesign (andre iterasjon)	50	H.L	E023
E722	Utarbeide dokumentasjon (andre	30	H.L	E721



	iterasjon)			
E723	Utarbeide prototype (andre iterasjon)	50	H.L	E722
E724	Teste prototype (andre iterasjon)	30	H.L	E723
E731	Grunndesign (3. iterasjon)	0	H.O	E032
E732	Utarbeide dokumentasjon (3. iterasjon)	0	H.O	E731
E733	Utarbeide prototype (3.iterasjon)	0	H.O	E732
E734	Teste prototype (3. iterasjon)	0	H.O	E733

Undersystem utløsermekanisme (E8xx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
E831	Grunndesign	20	H.L	
E832	Utarbeide dokumentasjon	20	H.L	
E833	Utarbeide prototype	30	H.L	
E834	Teste prototype	5	H.L	

Aktiviteter knyttet opp mot test og verifikasjon (overordnet) (Fxxx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
F001	Konstruere dummy sensor med akselerometer	60	L.E	B005
F002	Konstruere dropprigg	5	L.E	B005
F003	Konstruere kube for størrelses kontroll	5	H.L	B005
F004	Test av prototype	0	H.L	E006
F005	Test av produksjonsmodell	75	L.F	E007

Aktiviteter knyttet opp mot presentasjoner (Gxxx)				
Aktivitetsnummer	Beskrivelse av aktivitet	Estimat timer	Ansvar	Avhengighet
G001	Forberedelse 1 presentasjon	30	E	
G002	Forberedelse 2 presentasjon	35	H.S	
G003	Forberedelse 3 presentasjon	60	E	
G004	Design plakater	15	E	



KONGSBERG

---



7







KONGSBERG

---



8



**HBV- KONGSBERG**  
**AVDELING FOR TEKNOLOGI**

## **Spesifikasjon av Hovedoppgaven**

**OPPDRAAGSGIVER:**

Kongsberg Defence & Aerospace  
Integrated Defence System

**HOVEDOPPGAVE NR/NAVN:**

**BESKRIVELSE OG BAKGRUNN FOR OPPGAVEN:**

Det skal utplasseres en sensor i terrenget. Oppgaven består i å designe en metode for å utplassere sensoren under gitte forutsetninger, uten at sensoren skades.

**Oppgaven er derfor som følger:**

Design, bygge og teste en enhet som kan sikre sensoren under utplassering.

Gruppen skal designe en enhet som skal inneholde en sensor (størrelse 100x100x100mm, vekt 400gram), enheten skal kunne droppes fra 1 meters høyde mot ulike underlag (betong, stein, sand, grus, gress etc) uten at sensoren utsettes for mer enn 5 g sjokk i noen akser. Etter utplassering skal enheten nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor  $\pm 2^\circ$ . Maksimal vekt for enheten er 2kg (inkludert sensor), maksimal størrelse er 200x200x200mm (inkludert sensor). Etter utplassering skal det være fri sikt til omgivelsene på de øverste 30mm av sideflatene på sensoren 360° rundt.

Opsjon: Etter utplassering skal enheten kunne forflytte seg inntil 50 meter på instruksjoner sendt via radiosignaler. Dersom opsjonen brukes kan totalvekten være 4 kg (inkludert sensor) og størrelsen 300x300x300mm (inkludert sensor)

**MÅLSETTING:**

Design, bygge og teste en enhet som beskytter en sensor under utplassering.

Dersom tid, budsjett og tilgjengelige ressurser i prosjektgruppa tillater det inkluderes også opsjonen som beskrevet over.

**SPESIELLE KRAV TIL UTSTYR/ØKONOMI:**

Bør lages kosteffektivt med kommersielt tilgjengelige deler.  
IDS stiller med opptil 50 000kr til nødvendige deler og utstyr.

**FREMDRIFTSPLAN:**

**RETTLEDERE:**

Eksterne: Stian Skancke Solberg (IDS)

Interne:

**EIER AV OPPGAVE:**

Håvard Omholt

**PROSJEKTGRUPPE:**

Espen Johansen Tangstad

Lars Fredrik Ostun

Lars Erik Solberg Moen

Henrik Solberg

Håvard Larsen

Håvard Omholt



KONGSBERG

---



# Kravspesifikasjon



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	13.05.2015	Lars Erik Solberg Moen	Håvard Larsen
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

**Sammendrag:**

Kravspesifikasjonen er et dokument som beskriver kravene utarbeidet av gruppen. Kravene er utarbeidet ut i fra grovspesifikasjonen gitt av KDA. Hvert krav er beskrevet med et nummer, en beskrivelse, en klasse og et opphav. Dette er gjort for at alle de involverte i prosjektet enkelt skal kunne identifisere hvert enkelt krav og enkelt kunne spore hvor hvert enkelt krav har sitt opphav. Kravene skal være entydige slik at det ikke oppstår forskjellige tolkninger av det samme kravet. Kravene må også være målbare, for at tester skal kunne utføres for å verifisere produktet opp mot kravene.

Det er gitt en prioriteringsgrad og risikograd til hvert krav, for å klassifisere viktighetsgraden til kravet og gjennomførbarheten.

Dette dokumentet er godkjent av KDA.

Ved endringer, fjerning eller tilføyning av nye krav må dette godkjennes av oppdragsgiver.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Beskrivelse av systemet.....	3
3	Kravspesifikasjoner .....	3
3.1	Systemet som helhet.....	4
3.2	Undersystemer .....	5
4	Kravspesifikasjoner opsjon .....	7
4.1	Systemet som helhet.....	7
4.2	Undersystemer .....	7
5	Appendix A: Grovspesifikasjon.....	10
6	Appendix B: Referat møte 19.12.14.....	11
7	Appendix C: Referat møte 21.01.15 .....	12
8	Appendix D: Endringsmelding falldemping .....	15

## Tabelloversikt

<i>Tabell 1: Prioriteringsklasser .....</i>	<i>3</i>
<i>Tabell 2: Risikoklasser.....</i>	<i>4</i>



# 1 Innledning

Dette dokumentet inneholder krav utarbeidet av prosjektgruppen med bakgrunn i brukerkrav beskrevet i oppgavebeskrivelsen gitt av Kongsberg Defence & Aerospace. Disse kravene har en beskrivelse, en viktighetsgrad, et risikoanslag, en nummerering og et opphav. Kravene er satt i grupper for å skille mellom de forskjellige undersystemene og systemet som en helhet. KDA har ikke definert undersystemer for å oppnå kravene, disse er derfor definert av gruppen.

Kravspesifikasjonene til en eventuell opsjon foreligger også i dette dokumentet. Krav som er indeksert og senere bortfaller vil beholde sitt nummer for bruk ved eventuell senere tilbakekalling. Dette dokumentet danner grunnlag for testspesifikasjon, prosjektplan og design.



## 2 Beskrivelse av systemet

### Definisjoner

**Deployering:** Fra operatør slipper systemet til alle beskrevne funksjoner i 2.2 er utført.

**Risiko:** Risikoklasse angir en anslått risiko for gjennomførbarhet, eller ressursbehov knyttet opp mot et krav.

### Grunnbeskrivelse

Systemet skal beskytte en sensor ved utplassering. Utplasseringen skal utføres fra 1 meters høyde ved diverse underlag. Under deployering skal ikke sensoren utsettes for mer enn 5g sjokk i noen akser. Dette for å sikre at sensoren ikke skal bli ødelagt. Etter deployering skal sensoren nivelleres innenfor  $\pm 2^\circ$  mot horisontalplanet. De øverste 30mm av sideflatene til sensoren skal også ha fri sikt i  $360^\circ$  rundt. Systemet inkludert sensor kan maksimalt ha en størrelse på 200x200x200mm og vekt 2kg. Grunnet usikkerhet rundt gjennomførbarhet, er enkelte av kravene gradert etter avtale om dette i møte med ekstern part (#301).

### Opsjonsbeskrivelse

Systemet skal kunne forflytte seg 50 meter ved instruksjoner fra radiosignal. Ved benyttelse av opsjonen kan også maksimal systemstørrelse økes til 300x300x300mm. Maksimal vekt økes til 4 kg.

## 3 Kravspesifikasjoner

Kravene er klassifisert med prioriteringsgrad fra A til D (se Tabell 1). Samt en risikoklasse fra 1-4, der 1 markerer høy risiko og 4 markerer lav risiko (se tabell 2). Det følger at krav er markert med prioritering og risiko på formen X#. Første tegn definerer prioritet og andre tegn definerer risiko, eksempelvis A1. Alle krav er nummerert til sin tilhørende kategorisering. Krav som er derivert fra andre krav er referert til sin opprinnelse i beskrivelsen. Opphavene til kravene er markert med eier og opprinnelse.

Tabell 1: Prioriteringsklasser

Klasse	Beskrivelse
A	Absolutt
B	Viktig
C	Ønskelig
D	Mindre viktig



Tabell 2: Risikoklasser

Klasse	Beskrivelse
1	Høy
2	Middels høy
3	Moderat
4	Lav

### 3.1 Systemet som helhet

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
3.1.1.21	Total vekt på systemet skal ikke overstige 4kg inkludert sensor på 400gram	A3	SDS - Appendix C
3.1.1.22	Total vekt på systemet skal ikke overstige 3kg inkludert sensor på 400gram	B2	SDS - Appendix C
3.1.1.1	Total vekt på systemet skal ikke overstige 2kg inkludert sensor på 400gram	C1	KDA - Appendix A
3.1.1.23	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 300×300×300mm	A3	SDS - Appendix C
3.1.1.24	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 250×250×250mm	B2	SDS - Appendix C
3.1.1.2	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 200×200×200mm	C1	KDA - Appendix A
3.1.1.5	Utviklingskostnader skal ikke overstige 50.000 NOK	C2	SDS - Appendix A
3.1.1.6	Det skal anvendes kommersielt tilgjengelige deler	C4	KDA - Appendix A
3.1.1.7	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på betong fra 1 meter	A2	KDA - Appendix A
3.1.1.9	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på grus fra 1 meter	B2	KDA - Appendix A
3.1.1.10	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på sand fra 1 meter	B3	KDA - Appendix A
3.1.1.11	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på gress fra 1 meter	B3	KDA - Appendix A
3.1.1.12	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på asfalt fra 1 meter	B2	KDA - Appendix A
3.1.1.13	Minimum operasjonell temperatur 0 °C	A3	KDA - Appendix C
3.1.1.14	Maksimum operasjonell temperatur 30 °C	A4	KDA - Appendix C
3.1.1.31	Minimum lagringstemperatur 0 °C	A4	KDA - Appendix C
3.1.1.32	Maksimum lagringstemperatur 30 °C	A4	KDA - Appendix C
3.1.1.15	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 5g i noen akser under deployering fra 1 meter	D1	KDA - Appendix A
3.1.1.16	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 10g i noen akser under deployering fra 1 meter	C1	SDS - Appendix C
3.1.1.17	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 15g i noen akser under deployering fra 1 meter	B2	SDS - Appendix C
3.1.1.37	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 25g i noen akser under deployering fra 1 meter	A3	SDS/KDA - Appendix D
3.1.1.18	Systemet skal kunne operere ved 5° helning på	A3	SDS - Appendix C





	underlag		
3.1.1.19	Systemet skal kunne operere ved 10° helning på underlag	B2	SDS - Appendix C
3.1.1.20	Systemet skal kunne operere ved 20° helning på underlag	C1	SDS - Appendix C
3.1.1.25	Systemet skal funksjonere som plattform for sensoren i 1 uke etter deployering	A3	KDA - Appendix B
3.1.1.26	System skal lages for bruk 1 gang	A4	KDA - Appendix B
3.1.1.27	Systemet skal kunne deployeres fra stasjonære kjøretøy	A2	KDA - Appendix C
3.1.1.28	Systemet skal kunne deployeres av personell	A3	KDA - Appendix C
3.1.1.29	Under oppbevaring skal systemet være beskyttet tilsvarende IP2X	A4	SDS - Appendix C
3.1.1.30	Systemet skal aktiveres manuelt før deployering	A4	SDS - Appendix C
3.1.1.33	Under deployering skal systemet være beskyttet tilsvarende IPXX	A4	SDS - Appendix C
3.1.1.34	Etter deployering skal systemet være beskyttet tilsvarende IPXX	A4	SDS - Appendix C
3.1.1.35	Systemet skal kunne deployere under 0 m/s vind	A4	SDS - Appendix C
3.1.1.36	Systemet skal kunne operere under 0 m/s vind	A4	SDS - Appendix C

## 3.2 Undersystemer

Avhengig av hvilken løsning som blir valgt kan noen undersystemer integreres i samme system. I dette dokumentet vil hver funksjon behandles som et separat undersystem.

### *Mekanisk kapsling*

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
3.2.1.5			

### *Nivellering av nyttelast*

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
3.2.2.2	Systemet skal nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor $\pm 2^\circ$	A2	KDA - Appendix A
3.2.2.3	Responstid nivellering maks. 30 sekunder ved 5° helning	A3	SDS - Appendix C
3.2.2.6	Responstid nivellering maks. 15 sekunder ved 5° helning	B2	SDS - Appendix C
3.2.2.7	Responstid nivellering maks. 5 sekunder ved 5° helning	C1	SDS - Appendix C
3.2.2.8	Etter deployering skal systemet utføre vedlikeholdsnivellering med intervall på 6 timer	C3	SDS - Appendix C
3.2.2.9	Etter deployering skal systemet utføre vedlikeholdsnivellering med intervall på 1 time	B2	SDS - Appendix C

**Klarere siktlinje for nyttelast**

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
3.2.3.6	Sensor skal ha fri sikt av sideflatene 360° på de øverste 30 mm	A2	KDA - Appendix A
3.2.3.7	3.2.3.6 skal være tilfredsstilt innen 30 sekunder fra første kontakt med underlag	A3	SDS - Appendix C
3.2.3.8	3.2.3.6 skal være tilfredsstilt innen 15 sekunder fra første kontakt med underlag	B2	SDS - Appendix C
3.2.3.9	3.2.3.6 skal være tilfredsstilt innen 5 sekunder fra første kontakt med underlag	C1	SDS - Appendix C

**Falldemping**

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
3.2.4.3	Dempesystemet må være fullt utløst før systemet treffer bakken	A1	SDS - Appendix A

**Styresystem**

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
3.2.5.2	Responstid til falldeteksjon må i samsvar med 3.2.4.3 være tilstrekkelig for å oppfylle 3.1.1.15	C2	KDA - Appendix A
3.2.5.4	Responstid til falldeteksjon må i samsvar med 3.2.4.3 være tilstrekkelig for å oppfylle 3.1.1.16	B2	SDS - Appendix C
3.2.5.5	Responstid til falldeteksjon må i samsvar med 3.2.4.3 være tilstrekkelig for å oppfylle 3.1.1.17	A3	SDS - Appendix C
3.2.5.3	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.3	A4	SDS - Appendix C
3.2.5.6	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.6	B4	SDS - Appendix C
3.2.5.7	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.7	C3	SDS - Appendix C

**Batterisystem**

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
3.2.6.3	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.8	C3	SDS - Appendix C
3.2.6.4	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.9	B2	SDS - Appendix C



## 4 Kravspesifikasjoner opsjon

### 4.1 Systemet som helhet

Krav som avviker fra grunnsystemet beskrevet i kapittel 3 følger. Ved benyttelse av opsjon vil enkelte av disse erstatte krav beskrevet i kapittel 3. Krav som bortfaller er notert under kravnummer og markert rødt.

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.1.1.1 (3.1.1.21)	Total vekt på systemet skal ikke overstige 6kg inkludert last på 400gram.	A4	SDS - Appendix C
4.1.1.12 (3.1.1.22)	Total vekt på systemet skal ikke overstige 5kg inkludert last på 400gram.	B3	SDS - Appendix C
4.1.1.13 (3.1.1.1)	Total vekt på systemet skal ikke overstige 4kg inkludert last på 400gram.	C2	KDA - Appendix A
4.1.1.14 (3.1.1.23)	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 400×400×400mm	A4	SDS - Appendix C
4.1.1.15 (3.1.1.24)	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 350×350×350mm	B3	SDS - Appendix C
4.1.1.2 (3.1.1.2)	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 300×300×300mm	C2	KDA - Appendix A
4.1.1.5	Sensor skal kunne forflyttes 50 meter ved 0° helning	C2	KDA - Appendix A
4.1.1.10	Sensor skal kunne forflyttes 25 meter ved 0° helning	B3	SDS - Appendix C
4.1.1.11	Sensor skal kunne forflyttes 10 meter ved 0° helning	A3	SDS - Appendix C

### 4.2 Undersystemer

#### *Mekanisk kapsling*

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.1.4			

#### *Informasjonsoverføring*

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.2.1	Informasjon skal bli sendt via radiosignaler	A2	KDA - Appendix A



### ***Fremdriftsmetode***

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.3.1	Minimum hastighet for sensor på betong ved 0° helning 0,1 m/s	A4	SDS - Appendix C
4.2.3.2	Minimum hastighet for sensor på betong ved 0° helning 0,3 m/s	B3	SDS - Appendix C
4.2.3.3	Minimum hastighet for sensor på betong ved 0° helning 0,5 m/s	C2	SDS - Appendix C
4.2.3.4	Minimum hastighet for sensor på betong ved 0° helning 1 m/s	D2	SDS - Appendix C

### ***Styresystem***

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.4.3 (3.2.5.3)	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.3 etter forflytning	A4	SDS - Appendix C
4.2.4.4 (3.2.5.6)	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.6 etter forflytning	B4	SDS - Appendix C
4.2.4.5 (3.2.5.7)	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.7 etter forflytning	C3	SDS - Appendix C

### ***Nivellering av nyttelast***

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.5.2 (3.2.2.2)	Systemet skal nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor $\pm 2^\circ$ etter forflytning	A2	KDA - Appendix A
4.2.5.4 (3.2.2.3)	Responstid nivellering maks. 30 sekunder ved 5° helning etter forflytning	A3	SDS - Appendix C
4.2.5.5 (3.2.2.6)	Responstid nivellering maks. 15 sekunder ved 5° helning etter forflytning	B2	SDS - Appendix C
4.2.5.6 (3.2.2.7)	Responstid nivellering maks. 5 sekunder ved 5° helning etter forflytning	C1	SDS - Appendix C

### ***Klarere siktlinje for nyttelast***

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.6.3 (3.2.3.6)	Sensor skal ha fri sikt av sideflatene 360° på de øverste 30 mm etter forflytning	A2	KDA - Appendix A
4.2.6.4	4.2.6.3 skal være tilfredsstilt maks. 30	A3	SDS - Appendix C



(3.2.3.7)	sekunder etter forflytning		
4.2.6.5 (3.2.3.8)	4.2.6.3 skal være tilfredsstilt maks. 15 sekunder etter forflytning	B2	SDS - Appendix C
4.2.6.6 (3.2.3.9)	4.2.6.3 skal være tilfredsstilt maks. 5 sekunder etter forflytning	C1	SDS - Appendix C

### ***Falldemping***

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.7.4			

### ***Batterisystem***

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Opphav
4.2.8.3 (3.2.6.3)	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.8 etter forflytning	C2	SDS - Appendix C
4.2.8.4 (3.2.6.4)	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.9 etter forflytning	B2	SDS - Appendix C



## 5 Appendix A: Grovspesifikasjon

HBV- KONGSBERG

AVDELING FOR TEKNOLOGI

### Spesifikasjon av Hovedoppgaven

**OPPDRAKSGIVER:**

Kongsberg Defence & Aerospace  
Integrated Defence System

**HOVEDOPPGAVE NR/NAVN:**

**BESKRIVELSE OG BAKGRUNN FOR OPPGAVEN:**

Det skal utplasseres en sensor i terrenget. Oppgaven består i å designe en metode for å utplassere sensoren under gitte forutsetninger, uten at sensoren skades.

**Oppgaven er derfor som følger:**

Design, bygge og teste en enhet som kan sikre sensoren under utplassering.

Gruppen skal designe en enhet som skal inneholde en sensor (størrelse 100x100x100mm, vekt 400gram), enheten skal kunne droppes fra 1 meters høyde mot ulike underlag (betong, stein, sand, grus, gress etc) uten at sensoren utsettes for mer enn 5 g sjokk i noen akser. Etter utplassering skal enheten nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor  $\pm 2^\circ$ . Maksimal vekt for enheten er 2kg (inkludert sensor), maksimal størrelse er 200x200x200mm (inkludert sensor). Etter utplassering skal det være fri sikt til omgivelsene på de øverste 30mm av sideflatene på sensoren 360° rundt.

Opsjon: Etter utplassering skal enheten kunne forflytte seg inntil 50 meter på instruksjoner sendt via radiosignaler. Dersom opsjonen brukes kan totalvekten være 4 kg (inkludert sensor) og størrelsen 300x300x300mm (inkludert sensor)

**MÅLSETTING:**

Design, bygge og teste en enhet som beskytter en sensor under utplassering.

Dersom tid, budsjett og tilgjengelige ressurser i prosjektgruppa tillater det inkluderes også opsjonen som beskrevet over.

**SPESIELLE KRAV TIL UTSTYR/ØKONOMI:**

Bør lages kosteffektivt med kommersielt tilgjengelige deler.  
IDS stiller med opptil 50 000kr til nødvendige deler og utstyr.

**FREMDRIFTSPLAN:**



## 6 Appendix B: Referat møte 19.12.14


REFERAT			
Møte nr:	1	Referent:	Håvard Omholt
Forrige møte:	-		
Dato:	19.12.2014	Møtested:	Kongsberg næringpark
Tid:	1300-1330		
Møtedeltagere:	Håvard Omholt og Hans Ivar Østensen		
Distribusjon:	Ekstern		
Fraværende:			

SAK	TEKST	ANSVAR	FRIST
01/01	Skal 200x200x200 være transportstørrelse eller systemdimensjoner etter utsetting? 200x200x200 er bare transportstørrelse.	Håvard Omholt	19.12
01/02	Gjelder 5g i alle akser, eller i alle retninger? Ja.	Håvard Omholt	19.12
01/03	Hvordan er det tenkt at sensoren skal settes ut? Slippes manuelt, fra bil osv? Sensoren skal slippes fra en meter. Dere trenger ikke å tenke hvordan og fra hva den slippes.	Håvard Omholt	19.12
01/04	Gjenbruk, levetid? Enheten skal ikke gjenbrukes, bare engangsbruk. Ikke noe krav for mer levetid en ca en uke. Da dette er tiden sensoren er operativ.	Håvard Omholt	19.12
01/05	Hvilke standarder skal følges? Den er ingen krav til noen spesielle standarder som skal følges. Bruk kommersielt utstyr dere finner.	Håvard Omholt	19.12

Sted / Dato: Kongsberg, 19.12.2014



## 7 Appendix C: Referat møte 21.01.15

 <b>REFERAT</b>			
<b>Møte nr:</b>	Eksternt møte 2	<b>Referent:</b>	Håvard Larsen
<b>Forrige møte:</b>	Eksternt møte 1		
<b>Dato:</b>	21.01.2015	<b>Møtested:</b>	Campus Kongsberg
<b>Tid:</b>	1500-1600		
<b>Møtedeltagere:</b>	Espen J. Tangstad, Håvard Omholt, Håvard Larsen, Henrik Solberg, Lars Erik Solberg Moen, Lars Fredrik Ostun, Stian Skanke Solberg (ekstern veileder)		
<b>Distribusjon:</b>	Intern		
<b>Fraværende:</b>			

SAK	TEKST	ANSVAR	FRIST
01/06	Skal systemet miljøbeskyttes før deployering?  KDA ser for seg at systemet skal oppbevares i pose, koffert eller lignende	Alle	
02/06	Hvordan skal systemet aktiveres?  Kan aktiveres i det den settes ut.	Alle	
03/06	I hvilket senario skal enheten droppes fra 1 m?  KDA ser for seg at den settes ut fra bil eller soldat i felten. (Bilen stoppes)	Alle	
04/06	Hvor stor stigning på landingsunderlaget skal den kunne håndtere?  Litt opp til oss. Kom med forslag i kravspekken, vi er frie til å sette krav på det selv.	Alle	
05/06	Kan KDA spesifisere underlaget konkret? Er snø aktuelt?	Alle	





SAK	TEKST	ANSVAR	FRIST
	Skriv en forutsetning f.eks. at underlaget skal være relativt hardt eller at området må måkes bort.		
06/06	Lagringstid på systemet? Måten KDA løser det på er å lage en vedlikeholdsplan. Ikke slå fra oss noen gode løsninger pga dette fordi det ikke holder lenger enn f.eks. en uke..	Alle	
	Systemets responstider etter deployering? Halvt minutt f.eks., men målet bør selvfølgelig være mye mindre		
	Skal nivellering være aktiv etter første deployering? Det hadde vært bra, opp til oss, det er ønskelig		
	Hvor lang tid skal systemet bruke på å forflytte seg? Ikke fokuser veldig på det, viktigst at det kommer frem		
	Hva legge i kostnadseffektivt? Ikke veldig nøye, bruk skjønn, hold dere under 50000 på prototype.		
	Hvordan skal prosjektgruppens utgifter refunderes? Dere kommer med et budsjett, spesifiser leverandør, pris osv. Stian kan bestille fra jobben eller vi kan få refundert det i kjøper på Biltema osv.  Lurt at dere allierer dere med en bedrift som kan maskinere deler. Dere er studenter og får det antageligvis billigere enn hva vi gjør. K-Tech i Kongsberg er et eksempel på hvor dere kan maskinere deler.		
	Temperaturtoleranse: Laveste kommersielle krav/standard, typisk 0-30 grader?		
	Ukentlig dokumentasjon til Stian: Ballen ligger hos oss		
	Web side, er det noe vi ikke kan legge ut? Nei, men ved bruk av logo så må vi lese retningslinjene om bruk av logen på Kongsberg siden		
	Avklaring av presentasjon:		



SAK	TEKST	ANSVAR	FRIST
	Ta kontakt på mail og avtal. Send en grovplan på fremdriften slik at det er mulig å planlegge presentasjoner og fremtidige møter.		

Sted / Dato: Kongsberg, 21.01.15



## 8 Appendix D: Endringsmelding falldemping

 <b>ENDRINGSMELDING</b>			
Kort beskrivelse:	Krav om falldemping ønskes endret		ECR <input type="checkbox"/> X <input checked="" type="checkbox"/>
Endringsmld. nr:	Dok. #221	Forrige endringsmld.:	
Dato:	24.04.15	Skal evalueres av:	Kongsberg Defence & Aerospace
Ansvarlig:	Espen J. Tangstad		
Godkjennes av:	Stian S. Salberg		
Distribusjon:	Ekstern		

BESKRIVELSE	TEKST
Hva skal endres	Det ønskes en endring i krav om falldemping 3.1.1.17;  "Sensor skal ikke overstige for mer enn 15 g i noen akselerasjons deployering fra i rammes"  Til en noe høyere verdi, som drøttes i møte 24.04.15
Grunnlag for endring	Endringen ønskes da det ikke er realistisk å oppnå overnevnte krav med nåværende systemløsning.
Påvirkede dokumenter	Kravspesifikasjon (#207), Testspesifikasjon (#210), Templan (#211)
Hvis ikke godkjent (grunn)	

Godkjent av:

Sted / Dato:

Kongsberg

24.04.2015

For referat fra møte 24/4-15  
se møterreferat Dok #355

Dok. Nr. 221



KONGSBERG

---



10

# Testspesifikasjon og prosedyrer



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	14.05.2015	Lars Fredrik Ostun	Henrik Solberg
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

## Sammendrag:

Testspesifikasjonen er direkte knyttet opp mot kravspesifikasjonen ved å forklare hvordan hvert krav skal testes. For hver test er det listet opp hvilket krav, beskrivelse av kravet, klasse, test ID, testprosedyre og akseptkriteria. Testprosedyren forteller hvordan test skal gjennomføres. Akseptkriteria forteller hvilke resultater av test som er godkjent. Ved enkelte tester er det satt opp hvilke tester som utgår ved at følgende test er godkjent. Ved at denne testen er godkjent vil de opplistede kravene være oppnådd eller ikke lenger relevante. I noen tester er det satt opp testverktøy for å gjennomføre testen, dette er verktøy som gruppen selv har laget, kjøpt eller lånt av utenforstående.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Beskrivelse av systemet.....	3
3	Gjenstander som skal testes.....	3
4	Testutstyr .....	3
5	Testspesifikasjoner.....	4
5.1	Systemet som helhet.....	4
5.2	Undersystemer .....	12
5.3	Systemet som helhet med opsjon.....	18
5.4	Undersystemer med opsjon .....	21

## Tabelloversikt

<i>Tabell 1: Prioriteringsklasser .....</i>	<i>4</i>
<i>Tabell 2: Risikoklasser.....</i>	<i>4</i>



# 1 Innledning

Dette dokumentet beskriver godkjenningstester slik de foreligger pr. revisjonsdato for systemet under utvikling. Testspesifikasjoner og prosedyrer beskrevet i dette dokumentet bygger på revisjoner av kravspesifikasjonene. Revisjonsnummeret i dette dokumentet vil følge revisjonsnummeret i dokumentet for kravspesifikasjoner.

## **Formål**

Hensikten med testene beskrevet er å verifisere systemet opp mot systemkravene.



## 2 Beskrivelse av systemet

### Grunnbeskrivelse

Systemet skal beskytte en sensor ved utplassering. Utplasseringen skal utføres fra 1 meters høyde ved diverse underlag. Ved kollisjonen med underlaget skal sensoren ikke utsettes for mer enn 25 g sjokk i noen akser. Dette for å sikre at sensoren ikke skal bli ødelagt. Etter deployering skal sensoren nivelleres innenfor  $\pm 2^\circ$  med horisontalplanet. De øverste 30 mm av sideflatene til sensoren skal også ha fri sikt i  $360^\circ$  rundt. Systemet inkludert sensor kan maksimalt ha en størrelse på 200x200x200mm og vekt 2kg.

### Opsjonsbeskrivelse

Systemet skal kunne forflytte seg 50 meter ved instruksjoner fra radiosignal. Ved benyttelse av opsjonen kan også maksimal systemstørrelse økes til 300x300x300mm. Maksimal vekt økes til 4 kg.

## 3 Gjenstander som skal testes

Avhengig av valg av designløsning kan antall undersystemer som kan testes separat variere. Gruppen har ut i fra funksjonsbeskrivelsen definert syv undersystemer med avgrensede funksjoner.

### Gjenstander som skal testes:

- Systemet som helhet
- Undersystemer
  - Mekanisk kapsling
  - Nivellering av nyttelast
  - Klarere siktlinje for nyttelast
  - Falldemping
  - Styresystem
  - Batterisystem
  - Utlørsystem

## 4 Testutstyr

- Vekt med kapasitet opp til minst 4 kg og nøyaktighet ned til 1 gram.
- Kube med innvendige mål 200x200x200mm eventuelt 300x300x300mm hvis opsjonen blir valgt.
- Vinkelmåler
- Måleredskap som verifiserer klar siktlinje for nyttelast





- Ampéremeter
- Voltmeter
- Dummysensor med grafisk akselerasjonsmåler
- Kjølekammer med termometer
- Høyhastighetskamera
- Datalogger

## 5 Testspesifikasjoner

### 5.1 Systemet som helhet

Tabell 1: Prioriteringsklasser

Klasse	Beskrivelse
A	Absolutt
B	Viktig
C	Ønskelig
D	Mindre viktig

Tabell 2: Risikoklasser

Klasse	Beskrivelse
1	Høy
2	Middels høy
3	Moderat
4	Lav

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.21	Total vekt på systemet skal ikke overstige 4kg inkludert sensor på 400gram.	A3	Test 001
<b>Testprosedyre:</b> Plasser systemet med sensor på godkjent vekt med nøyaktighet $\pm 10$ gram.  <b>Akseptkriterier:</b> Vekt skal ikke overstige 3990g.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.22	Total vekt på systemet skal ikke overstige 3kg inkludert sensor på 400gram.	B2	Test 002
<b>Testprosedyre:</b> Plasser systemet med sensor på godkjent vekt med nøyaktighet $\pm 10$ gram.  <b>Akseptkriterier:</b> Vekt skal ikke overstige 2990g.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 001			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.1	Total vekt på systemet skal ikke overstige 2kg inkludert sensor på 400gram.	C1	Test 003
<b>Testprosedyre:</b> Plasser systemet med sensor på godkjent vekt med nøyaktighet $\pm 10$ gram.  <b>Akseptkriterier:</b> Vekt skal ikke overstige 1990g.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 001, 002			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.23	Transportstørrelse på systemet skal være maks 300×300×300mm.	A3	Test 004
<b>Testprosedyre:</b> Systemet pakket i transportkonfigurasjon plasseres i en kube med innvendig mål 300×300×300mm.  <b>Akseptkriterier:</b> Systemet skal ikke kontakte testkuben andre steder en bunnplaten.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.24	Transportstørrelse på systemet skal være maks 250×250×250mm.	B2	Test 005
<b>Testprosedyre:</b> Systemet pakket i transportkonfigurasjon plasseres i en kube med innvendig mål 250×250×250mm.  <b>Akseptkriterier:</b> Systemet skal ikke kontakte testkuben andre steder en bunnplaten.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 004			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.2	Transportstørrelse på systemet skal være maks 200×200×200mm	C1	Test 006
<b>Testprosedyre:</b> Systemet pakket i transportkonfigurasjon plasseres i en kube med innvendig mål 200×200×200mm.  <b>Akseptkriterier:</b> Systemet skal ikke kontakte testkuben andre steder en bunnplaten.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 004, 005			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.5	Utviklingskostnader skal ikke overstige 50.000 NOK.	C2	Test 007
<b>Testprosedyre:</b> Gruppens regnskap revideres og summeres med totalkostnad.  <b>Akseptkriteria:</b> Utviklingskostnader overstiger ikke 50 000 NOK.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.6	Det skal anvendes kommersielt tilgjengelige deler.	C4	Test 008
<b>Testprosedyre:</b> Materialister gjennomgås. (Gjelder alle undersystemer og systemet som helhet).  <b>Akseptkriteria:</b> Alle materialene i materialisten er oppgitt med leverandør og produktnummer.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.7	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på betong fra 1 meter.	A2	Test 009
<b>Testprosedyre:</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong eller tilsvarende.  <b>Akseptkriteria:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.9	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på grus fra 1 meter.	B2	Test 011
<b>Testprosedyre:</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot grus eller tilsvarende.  <b>Akseptkriteria:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.10	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på sand fra 1 meter.	B3	Test 012
<b>Testprosedyre:</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot sand eller tilsvarende.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.11	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på gress fra 1 meter.	B3	Test 013
<b>Testprosedyre:</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot gress eller tilsvarende underlag.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.12	Systemet skal opprettholde all funksjonalitet når det deployeres på asfalt fra 1 meter.	B2	Test 014
<b>Testprosedyre:</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot asfalt eller tilsvarende underlag.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.13	Minimum operasjonell temperatur 0 °C.	A3	Test 015
<b>Testprosedyre:</b> Systemet nedkjøles til en egentemperatur på 0 °C. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong eller tilsvarende underlag.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.14	Maksimal operasjonell temperatur 30 °C.	A4	Test 016
<b>Testprosedyre:</b> Systemet varmes opp til en egentemperatur på 30 °C. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong eller tilsvarende underlag.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.31	Minimum lagringstemperatur 0 °C.	A4	Test 017
<b>Testprosedyre:</b> Systemet lagres i et område med omgivelsestemperatur 0 °C i 3 timer. Systemet varmes til 20 °C og slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong eller tilsvarende underlag.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.32	Maksimal lagringstemperatur 30 °C.	A4	Test 018
<b>Testprosedyre:</b> Systemet lagres i et område med omgivelsestemperatur 30 °C i 3 timer. Systemet nedkjøles til 20 °C og slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong eller tilsvarende underlag.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis akseptkriteriene i følgende tester er oppfylt: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.15	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 5 g i noen akser under deployering fra 1 meter.	D1	Test 019
<b>Testprosedyre:</b> Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag spesifisert i test nummer 009 til 014.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis testsensor viser en verdi <5g.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 020, 021			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.16	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 10 g i noen akser under deployering fra 1 meter.	C1	Test 020
<b>Testprosedyre:</b> Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag spesifisert i test nummer 009 til 014.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis testsensor viser en verdi <10g.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 021			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.17	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 15 g i noen akser under deployering fra 1 meter.	B2	Test 021
<b>Testprosedyre:</b> Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag spesifisert i testnummer 009 til 014.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis testsensor viser en verdi <15g.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.37	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 25 g i noen akser under deployering fra 1 meter.	A3	Test 078
<b>Testprosedyre:</b> Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag spesifisert i testnummer 009 til 014.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis testsensor viser en verdi <25g.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.18	Systemet skal kunne operere ved 5° helning.	A3	Test 022
<b>Testprosedyre:</b> Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag vinklet til 5° helning.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis resultat er i henhold til: 019 til 021.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.19	Systemet skal kunne operere ved 10° helning.	B2	Test 023
<b>Testprosedyre:</b> Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag avvinket til 10° helning.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis resultat er i henhold til: 019 til 021.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.20	Systemet skal kunne operere ved 10° helning.	C1	Test 024
<b>Testprosedyre:</b> Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag avvinket til 20° helning.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis resultat er i henhold til: 019 til 021.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.25	Systemet skal funksjonere som plattform for sensoren i 1 uke etter deployering.	A3	Test 025
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres og fungerer over et tidsintervall som gir 95% trygghet at det vil operere over en uke.  <b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis resultat er i henhold til: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.26	System skal lages for bruk en gang.	A4	Test 026
<b>Testprosedyre:</b> N/A			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.27	Systemet skal kunne deployeres fra stasjonære kjøretøy.	A2	Test 027
<b>Testprosedyre:</b> Systemet slippes fra stasjonært kjøretøy fra en høyde på $\approx$ 1m.  <b>Akseptkriterier:</b> Systemet skal ikke påføre skade på kjøretøy Test ansees som godkjent hvis resultat er i henhold til kravene i testnummer: 032, 033, 036, 038.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.28	Systemet skal kunne deployeres av personell.	A3	Test 028
<b>Testprosedyre:</b> Systemet slippes manuelt, uten bruk av dropprigg fra en høyde $\approx$ 1m.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet skal ikke påføre skade på person. Test ansees som godkjent hvis resultat er i henhold til kravene i testnummer: 032, 033, 036, 038.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.29	Under oppbevaring skal systemet være beskyttet tilsvarende IP2X.	A4	Test 029
<b>Testprosedyre:</b> Det benyttes en sylindrisk test-dor med en diameter på 12,5mm. Systemet probes med test-dor i transportkonfigurasjon.  <b>Akseptkriteria:</b> Test-dor kan ikke probe noen åpning i kapslingen.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.30	Systemet skal aktiveres manuelt før deployering.	A4	Test 030
<b>Testprosedyre:</b> Enheten aktiveres og slippes manuelt.  <b>Akseptkriteria:</b> Normal håndtering av systemet etter aktivering skal ikke medføre utilsiktet aktivering av noen av systemets funksjoner.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.33	Under deployering skal systemet være beskyttet tilsvarende IPXX.	A4	Test 080
<b>Testprosedyre:</b> N/A			





Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.34	Etter deployering skal systemet være beskyttet tilsvarende IPXX.	A4	Test 081
<b>Testprosedyre:</b> N/A			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.35	Systemet skal kunne deployere under 0 m/s vind.	A4	Test 082
<b>Testprosedyre:</b> Alle relevante funksjonstester utføres ved en vindhastighet $\approx 0$ m/s.  <b>Akseptkriteria:</b> Se akseptkriteria for funksjonstester.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.36	Systemet skal kunne operere under 0 m/s vind.	A4	Test 083
<b>Testprosedyre:</b> Alle relevante funksjonstester utføres ved en vindhastighet $\approx 0$ m/s.  <b>Akseptkriteria:</b> Se akseptkriteria for funksjonstester.			

## 5.2 Undersystemer

### Nivellering av nyttelast

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.2	Systemet skal nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor $\pm 2^\circ$ .	A2	Test 032
<b>Testprosedyre:</b> Etter fullført deployering av systemet måles vinkel fra horisontalplanet med vinkelmåler.  <b>Akseptkriteria:</b> Vinkelmåler viser $0^\circ \pm 2^\circ \pm$ vinkelmålers nøyaktighet.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.3	Responstid nivellering maks. 30 sekunder ved 5° helning.	A3	Test 033
<b>Testprosedyre:</b> Stoppeklokke startes når nivelleringsprosedyre påbegynnes. Stoppeklokke stoppes når systemet har avsluttet nivelleringsprosedyre.  <b>Akseptkriteria:</b> Stoppeklokke viser <30s.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.6	Responstid nivellering maks. 15 sekunder ved 5° helning.	B2	Test 034
<b>Testprosedyre:</b> Stoppeklokke startes når nivelleringsprosedyre påbegynnes. Stoppeklokke stoppes når systemet har avsluttet nivelleringsprosedyre.  <b>Akseptkriteria:</b> Stoppeklokke viser <15s.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 033			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.7	Responstid nivellering maks. 5 sekunder ved 5° helning.	C1	Test 035
<b>Testprosedyre:</b> Stoppeklokke startes når nivelleringsprosedyre påbegynnes. Stoppeklokke stoppes når systemet har avsluttet nivelleringsprosedyre.  <b>Akseptkriteria:</b> Stoppeklokke viser <5s.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 033, 034			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.8	Etter deployering skal systemet utføre vedlikeholdsnivellering med intervall på 6 timer.	C3	Test 036
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har falt til ro, endres underlagets vinkel i forhold til horisontalplanet. Det tillates en virketid på 6 timer før systemet kontrolleres i henhold til en av testene 033, 034 eller 035.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet har utført korrekt nivelleringsprosedyre etter 6 timer i henhold til test nummer 033, 034 eller 035.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.9	Etter deployering skal systemet utføre vedlikeholdsnivellering med intervall på 1 timer.	B2	Test 037
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har falt til ro, endres underlagets vinkel i forhold til horisontalplanet. Det tillates en virketid på 1 time før systemet kontrolleres i henhold til en av testene 033, 034 eller 035.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet har utført korrekt nivelleringsprosedyre etter 6 time i henhold til test nummer 033, 034 eller 035.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 036			

### Klarere siktlinje for nyttelast

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.3.6	Sensor skal ha fri sikt av sideflatene 360° på de øverste 30 mm.	A2	Test 038
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har falt til ro plasseres testverktøy horisontalt på sensorens øvre flate.  <b>Akseptkriteria:</b> Testverktøy har ikke kontakt med noen deler av systemet, ekskludert sensor eller testsensor.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.3.7	3.2.3.6 skal være tilfredsstilt innen 30 sekunder fra første kontakt med underlag.	A3	Test 039
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har kontakt med underlaget startes stoppeklokke. Når prosedyre for klarering av siktlinje har virket stoppes klokke.  <b>Akseptkriteria:</b> Stoppeklokke viser <30s.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.3.8	3.2.3.6 skal være tilfredsstilt innen 15 sekunder fra første kontakt med underlag.	B2	Test 040
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har kontakt med underlaget startes stoppeklokke. Når prosedyre for klarering av siktlinje har virket stoppes klokke.  <b>Akseptkriteria:</b> Stoppeklokke viser <15s.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 039			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.3.9	3.2.3.6 skal være tilfredsstilt innen 5 sekunder fra første kontakt med underlag.	C1	Test 041
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har kontakt med underlaget startes stoppeklokke. Når prosedyre for klarering av siktlinje har virket stoppes klokke.  <b>Akseptkriteria:</b> Stoppeklokke viser <5s.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 039, 040			

## Falldemping

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.4.3	Dempesystemet må være fullt utløst før systemet treffer bakken.	A1	Test 084
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 019, 020 eller 021.  <b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 019, 020 eller 021.			



## Styresystem

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.2	Responstid til falldeteksjon må i samsvar med 3.2.4.3 være tilstrekkelig for å oppfylle 3.1.1.15.	C2	Test 042
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 019.			
<b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 019.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.4	Responstid til falldeteksjon må i samsvar med 3.2.4.3 være tilstrekkelig for å oppfylle 3.1.1.16.	B2	Test 043
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 020.			
<b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 020.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.5	Responstid til falldeteksjon må i samsvar med 3.2.4.3 være tilstrekkelig for å oppfylle 3.1.1.17.	A3	Test 044
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 021.			
<b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 021.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.8	Responstid til falldeteksjon må i samsvar med 3.2.4.3 være tilstrekkelig for å oppfylle 3.1.1.37.	A3	Test 079
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 078.			
<b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 078.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.3	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.3.	A4	Test 045
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 033.  <b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 033.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.6	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.6.	B4	Test 046
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 034.  <b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 034.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.7	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.7.	C3	Test 047
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 035.  <b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 035.			

## Batterisystem

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.6.3	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.8.	C3	Test 048
<b>Testprosedyre:</b> Styresystemet laster in testprogram hvor nivelleringsprosedyre kjøres 28 ganger. Underlagets vinkel endres med 5 ° mellom hver nivelleringsprosedyre.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet skal nivellere sensor i samtlige tilfeller.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.6.4	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.9.	B3	Test 049
<b>Testprosedyre:</b> Styresystemet laster in testprogram hvor nivelleringsprosedyre kjøres 168 ganger. Underlagets vinkel endres med 5 ° mellom hver nivelleringsprosedyre.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet skal nivellere sensor i samtlige tilfeller.			

## 5.3 Systemet som helhet med opsjon

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.1	Total vekt på systemet skal ikke overstige 6kg inkludert last på 400gram.	A4	Test 050
<b>Testprosedyre:</b> Plasser undersystemet på godkjent vekt med nøyaktighet ±10gram.  <b>Akseptkriteria:</b> Vekt skal ikke overstige 5990g.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.12	Total vekt på systemet skal ikke overstige 5kg inkludert last på 400gram.	B3	Test 051
<b>Testprosedyre:</b> Plasser undersystemet på godkjent vekt med nøyaktighet ±10gram.  <b>Akseptkriteria:</b> Vekt skal ikke overstige 4990g.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 050			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.13	Total vekt på systemet skal ikke overstige 4kg inkludert last på 400gram.	C2	Test 052
<b>Testprosedyre:</b> Plasser undersystemet på godkjent vekt med nøyaktighet ±10gram.  <b>Akseptkriteria:</b> Vekt skal ikke overstige 3990g.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 050, 051			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.14	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 400×400×400mm.	A4	Test 053
<b>Testprosedyre:</b> Systemet pakket i transportkonfigurasjon plasseres i en kube med innvendig mål 400×400×400mm.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet skal ikke kontakte testkuben andre steder en bunnplaten.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.15	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 350×350×350mm.	B3	Test 054
<b>Testprosedyre:</b> Systemet pakket i transportkonfigurasjon plasseres i en kube med innvendig mål 350×350×350mm.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet skal ikke kontakte testkuben andre steder en bunnplaten.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 053			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.2	Transportstørrelse på systemet skal være maks. 300×300×300mm.	C2	Test 055
<b>Testprosedyre:</b> Systemet pakket i transportkonfigurasjon plasseres i en kube med innvendig mål 300×300×300mm.  <b>Akseptkriteria:</b> Systemet skal ikke kontakte testkuben andre steder en bunnplaten.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 053, 054			





Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.5	Sensor skal kunne forflyttes 50 meter ved 0° helning.	C2	Test 056
<b>Testprosedyre:</b> Det måles opp en strekning på 50m. Systemet deployeres på normal måte. System for forflytning av sensor aktiveres og forflytter sensor på et jevnt underlag ved $\approx 0^\circ$ helning.  <b>Akseptkriterier:</b> Sensor har forflyttet seg 50m.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 057, 058			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.10	Sensor skal kunne forflyttes 25 meter ved 0° helning.	B3	Test 057
<b>Testprosedyre:</b> Det måles opp en strekning på 25m. Systemet deployeres på normal måte. System for forflytning av sensor aktiveres og forflytter sensor på et jevnt underlag ved $\approx 0^\circ$ helning.  <b>Akseptkriterier:</b> Sensor har forflyttet seg 25m.  <b>Følgende test(er) bortfaller:</b> 058			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.1.1.11	Sensor skal kunne forflyttes 10 meter ved 0° helning.	A3	Test 058
<b>Testprosedyre:</b> Det måles opp en strekning på 10m. Systemet deployeres på normal måte. System for forflytning av sensor aktiveres og forflytter sensor på et jevnt underlag ved $\approx 0^\circ$ helning.  <b>Akseptkriterier:</b> Sensor har forflyttet seg 10m.			



## 5.4 Undersystemer med opsjon

### Informasjonsoverføring

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.2.1	Informasjon skal bli sendt via radiosignaler.	A2	Test 060
<b>Testprosedyre:</b> N/A			
<b>Akseptkriteria</b> Godkjennes via testnummer 056, 057 eller 058.			

### Fremdriftsmetode

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.3.1	Minimum hastighet på betong ved 0° helning 0,1 m/s.	A4	Test 061
<b>Testprosedyre:</b> Det merkes opp en lengde på 1m på et jevnt underlag med en helning $\approx 0^\circ$ Systemet startes slik at det har full hastighet ved $l=0m$ . Stoppeklokke startes når systemet passerer $l = 0m$ og stoppes når systemet passerer $l = 1m$ .			
<b>Akseptkriteria</b> Godkjent hvis stoppeklokke viser $<10s$ .			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.3.2	Minimum hastighet på betong ved 0° helning 0,3 m/s.	B3	Test 062
<b>Testprosedyre:</b> Det merkes opp en lengde på 3m på et jevnt underlag med en helning $\approx 0^\circ$ Systemet startes slik at det har full hastighet ved $l=0m$ . Stoppeklokke startes når systemet passerer $l=0m$ og stoppes når systemet passerer $l = 3m$ .			
<b>Akseptkriteria</b> Godkjent hvis stoppeklokke viser $<10s$ .			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.3.3	Minimum hastighet på betong ved 0° helning 0,5 m/s.	C2	Test 063
<b>Testprosedyre:</b> Det merkes opp en lengde på 5m på et jevnt underlag med en helning $\approx 0^\circ$ Systemet startes slik at det har full hastighet ved $l=0m$ . Stoppeklokke startes når systemet passerer $l=0m$ og stoppes når systemet passerer $l = 5m$ .  <b>Akseptkriteria</b> Godkjent hvis stoppeklokke viser $<10s$ .			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.3.4	Minimum hastighet på betong ved 0° helning 1 m/s.	D2	Test 064
<b>Testprosedyre:</b> Det merkes opp en lengde på 10m på et jevnt underlag med en helning $\approx 0^\circ$ Systemet startes slik at det har full hastighet ved $l=0m$ . Stoppeklokke startes når systemet passerer $l=0m$ og stoppes når systemet passerer $l = 10m$ .  <b>Akseptkriteria</b> Godkjent hvis stoppeklokke viser $<10s$ .			

## Styringssystem

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.4.3	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.3 etter forflytning.	A4	Test 065
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 033.  <b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 033.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.4.4	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.6 etter forflytning.	B4	Test 066
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 034.  <b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 034.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.4.5	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.7 etter forflytning.	C3	Test 067
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med testnummer 035.			
<b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis test oppfyller akseptkriteria i testnummer 035.			

## Nivellering av nyttelast

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.5.2	Systemet skal nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor $\pm 2^\circ$ etter forflytning.	A2	Test 068
<b>Testprosedyre:</b> Etter fullført deployering og forflytning av systemet legges gradevater horisontalt på overside av sensor.			
<b>Akseptkriteria:</b> Gradevater viser $0^\circ \pm 2^\circ$ $\pm$ Gradevaterets nøyaktighet.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.5.4	Responstid nivellering maks. 30 sekunder ved $5^\circ$ helning etter forflytning.	A3	Test 069
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med test nummer 033.			
<b>Akseptkriteria:</b> Identisk med test nummer 033.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.5.5	Responstid nivellering maks. 15 sekunder ved $5^\circ$ helning etter forflytning.	B2	Test 070
<b>Testprosedyre:</b> Identisk med test nummer 034.			
<b>Akseptkriteria:</b> Identisk med test nummer 034.			



## Klarere siktlinje for nyttelast

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.6.3	Sensor skal ha fri sikt av sideflatene 360° på de øverste 30 mm etter forflytning.	A2	Test 072
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres og forflyttes på normal måte. Når systemet har falt til ro plasseres testverktøy horisontalt på sensorens øvre flate.  <b>Akseptkriterier:</b> Test-rigg har ikke kontakt med noen deler av systemet, ekskludert sensor eller testsensor.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.6.4	4.2.6.3 skal være tilfredsstilt maks. 30 sekunder etter forflytning.	A3	Test 073
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har fullført forflytning startes stoppeklokke. Når prosedyre for klarering av siktlinje har virket stoppes klokke.  <b>Akseptkriterier:</b> Stoppeklokke viser <30s.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.6.5	4.2.6.3 skal være tilfredsstilt maks. 15 sekunder etter forflytning.	B2	Test 074
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har fullført forflytning startes stoppeklokke. Når prosedyre for klarering av siktlinje har virket stoppes klokke.  <b>Akseptkriterier:</b> Stoppeklokke viser <15s.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.6.6	4.2.6.3 skal være tilfredsstilt maks. 5 sekunder etter forflytning.	C1	Test 075
<b>Testprosedyre:</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har fullført forflytning startes stoppeklokke. Når prosedyre for klarering av siktlinje har virket stoppes klokke.  <b>Akseptkriterier:</b> Stoppeklokke viser <5s.			

**Batterisystem**

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.8.3	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.8 etter forflytning.	C2	Test 076
<b>Testprosedyre:</b> Testnummer 048 utføres etter forflytning.  <b>Akseptkriteria:</b> Akseptkriteria for testnummer 048.			

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
4.2.8.4	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.9 etter forflytning.	B2	Test 077
<b>Testprosedyre:</b> Testnummer 049 utføres etter forflytning.  <b>Akseptkriteria:</b> Akseptkriteria for testnummer 049.			



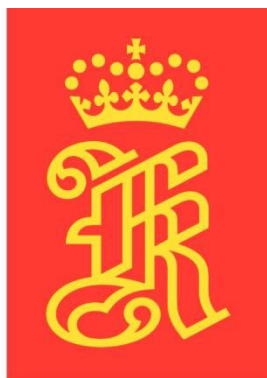
KONGSBERG

---



11

# Konseptutforskning



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	11.05.2015	Henrik Solberg	Espen J. Tangstad
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

## Sammendrag:

En konseptutforskning brukes i dette prosjektet for å utvide utviklingsgruppens tekniske horisont, å hjelpe gruppen i å tenke utenfor de rammer og ideer som virker åpenbare. Sensor Deployment System's arkitektur er delt i undersystemene mekanisk kapsling, falldemping, nivellering, styresystem og batterisystem. Disse kategoriene utforskes separat, der målet er å bli bevisst på hvilke muligheter som finnes innen hver kategori. Det er også opprettet en kategori for oppgavens opsjon, der ulike fremdriftsmetoder for systemet utforskes. For å bli bevisst på kompatibiliteten mellom undersystemene som utforskes, er det laget tabeller som gir en oversikt over kompatibilitet. Dette dokumentet vil bygge under pugh-matriser, og være en sterk bidragsyter når systemløsning skal velges.





# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Mekanisk kapsling</b>	<b>5</b>
2.1	Klarere sikt for sensor	8
2.2	Materialvalg	9
<b>3</b>	<b>Nivelleringsystem</b>	<b>12</b>
3.1	4/3 justerbare støtteben	12
3.2	Dobbel-krybbe design	13
3.3	Kule og skål	14
<b>4</b>	<b>Falldemping</b>	<b>16</b>
4.1	Aktive systemer	17
4.2	Passive systemer	19
4.3	Hybridsystemer	21
<b>5</b>	<b>Styresystemer</b>	<b>24</b>
5.1	Signalprosessering	24
5.2	Falldemping	25
5.3	Nivellering	26
5.4	Detaljer Akselerometer	28
5.5	Opsjon (elektronisk)	29
<b>6</b>	<b>Batterisystem</b>	<b>31</b>
6.1	Batterityper	31
6.2	Litiumbatterier	31
6.3	Alkaliske batterier	33
6.4	Nikkelbatterier	33
6.5	Drøfting	34
<b>7</b>	<b>Opsjon</b>	<b>36</b>
7.1	Fremdriftsmetode	36
<b>8</b>	<b>Utløser</b>	<b>38</b>
8.1	Utløsystemer	38
<b>9</b>	<b>Kompatibilitet</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>Referanser</b>	<b>45</b>



## Figuroversikt

Figur 1: Koordinatsystem.....	3
Figur 2: Mars sojourner rover model, Kilde: Daigo Tomono [2] .....	5
Figur 3: Post test inspection 4/3/12 Kilde: BLM Nevada [4] .....	6
Figur 4: Sirkulær åpen ramme .....	7
Figur 5: Fri sikt øverste 30mm 360° av sensorpakke.....	8
Figur 6: Luftdemper .....	21
Figur 7: Luftdemper med elastomerbase .....	22
Figur 8: Illustrasjon av tilgjengelig plass .....	23
Figur 9: Illustrasjon av beltedrift .....	36
Figur 10: Illustrasjon av hjuldrift med styring og bærearmer. ....	37
Figur 11: Enhet i transportkonfigurasjon.....	38
Figur 12: Enhet klar til slipp .....	38
Figur 13: Oversiktsbilde.....	39
Figur 14: Armene åpnes av ett trykk.....	39
Figur 15: Utløserhåndtak.....	40
Figur 16: Utløser montert på enheten .....	40
Figur 17: Konisk del.....	40
Figur 18: Konisk del montert på enhet.....	40
Figur 19: Snitt av utløser.....	41



# 1 Innledning

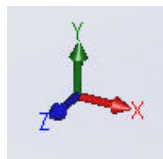
Dette dokumentet skal beskrive mulige løsninger for undersystemene i Sensor Deployment System, og hjelpe utviklingsgruppen i å komme frem til en god systemløsning, som ivaretar krav gitt av kravspesifikasjon (#207) på best mulig vis. Dokumentet skal gi informasjon om hvorvidt et undersystem er gjennomførbart, og et overordnet blikk på fordeler og ulemper ved de ulike systemene.

## Dokumentets hensikt

Dokumentet er ment for utforskning av mulige løsninger, det er ikke en forutsetning at disse undersystemene vil fungere opp mot hverandre eller at de kan brukes i SDS. Dokumentets hensikt er å utvide den tekniske horisonten til utviklingsgruppen, for å sikre en systemløsning som oppfyller grovspesifikasjon tilstrekkelig.

## Definisjoner

Aksedefinisjon:



Figur 1: Koordinatsystem

Mest brukte enheter:

- Alle målsatte dimensjoner i mm
- Vinkelmål i grader (°)
- Vekt i gram
- Strøm og spenning i henholdsvis mA og V
- Tyngdens akselerasjon:  $9.81\text{m/s}^2$



## Grunnlag for dokument

Utviklingsgruppen har ut i fra grovspesifikasjon sett for seg et system der sensoren er beskyttet av en mekanisk innkapsling. Systemet må ha en form for falldemping for ikke å utsette sensor for mer enn 5g sjokk under utsetting i terrenget. Systemet har krav til nivellering, og må derfor ha mulighet til dette innenfor  $\pm 2^\circ$ . Det vil være behov for et styresystem, som kontrollerer eksempelvis nivellering og evt. falldemping/falldeteksjon. Dette styresystemet vil da stille krav til strømkilde, ettersom systemet skal utplasseres i terrenget, må det være en mobil strømkilde i systemet.

De forskjellige metodene vurderes med tanke på følgende kriterier:

- Gjennomførbarhet
- Mulighet for utnyttelse av plass
  - Vekt
  - Funksjonalitet
- Pris
  - Produksjonskostnader
  - Utviklingskostnader
- Tidsbruk ved utvikling



## 2 Mekanisk kapsling

---

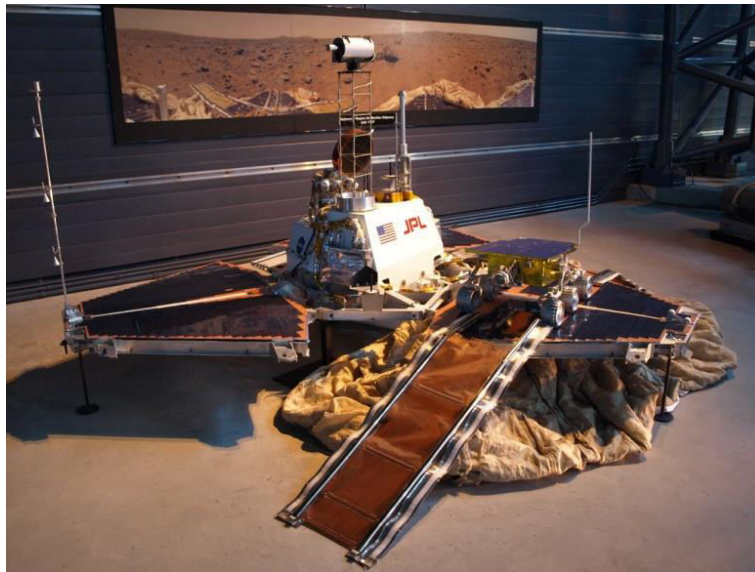
Denne delen tar for seg aspekter rundt den mekaniske kapslingen til systemet. Da med tanke på design, hvordan klarere sikt for sensor i henhold til krav 3.2.1.3 og 3.2.3.6 og materialvalg for kapsling.

Sensoren skal transporteres og utplasseres i terrenget. Det er nødvendig å ha en barriere mellom sensor og øvrige komponenter mot miljøet. Det må derfor benyttes en mekanisk kapsling for dette. Transportstørrelsen til systemet budsjetteres etter 3.1.1.2, 3.1.1.3 og 3.1.1.24, men ved utplassering er det ingen begrensning på størrelse.

### Skall som kan åpnes

#### *Pyramideform*

Metoden er inspirert av designet til landingsenheten til *Mars Pathfinder*. Ved denne landingen ble det benyttet en pyramideformet kapsling, med hengslende vegger. Hver vegg benytter servomotorer slik at enheten kan nivellere seg i vanskelig terreng og få ønsket side pekende opp. [1]



Figur 2: Mars sojourner rover model, Kilde: Daigo Tomono [2]

#### Fordeler:

- Landingen på mars ble en suksess, så metoden er derfor bevist gjennomførbar
- God metode for å få enheten i riktig posisjon og gjort grov nivellering
- Slipper å heise sensor for å klarere siktlinje
- Sideflatene kan også benyttes for nivellering



Ulemper:

- Vil kreve 4 servomotorer for å slå ned sideveggene
- Vanskelig å få dempet fallet på andre måter enn benyttelse av luftpute

For å utnytte plassen best mulig burde det benyttes en firkantet bunn, med fire sidevegger. Hver sidevegg må hengsles fast til bunnplaten og kan åpnes og justeres ved servomotorer montert på bunnplate. Disse motorene må klare å løfte hele vekten til enheten. Sideveggene kan formes på mange forskjellige måter for å ha muligheten til benytte tilgjengelig volum.

Det er også mulig å benytte fjærer til å åpne sideveggene, noe som vil kreve mindre plass og vekt hvis dette er ønskelig, men vil kreve et separat nivelleringsystem.

### ***Kuleformet***

Denne metoden går ut på å benytte et kuleformet skall. Hver halvkule er hengslet til hverandre og skallet kan derfor åpnes.

Ulemper:

- Lite mulighet for benyttelse av volum
- Vanskelig å få sensoren i riktig posisjon

## **Skall som ikke kan åpnes**

### ***Sirkulær pyramideform***

Metoden er inspirert av CST-100 som er en romkapsel for transport av mennesker. Denne kapselen har et sirkulært pyramideformet skall. CST-100 tar i bruk fallskjerm for å forsikre at riktig side treffer bakken og bruker luftputer til å dempe fallet. [3]



*Figur 3: Post test inspection 4/3/12 Kilde: BLM Nevada [4]*



Fordeler:

- Lite bevegelige deler
- God beskyttelse mot miljø
- Enkel konstruksjon

Ulemper:

- Krever at ramma må lande på riktig side og på relativt jevnt underlag
- Er avhengig av et system som klarer å løfte sensor tilstrekkelig opp av toppluke
- Dårlig plassutnyttelse ved sirkulært skall som ikke kan åpnes

Denne metoden krever at riktig side treffer bakken, og at konstruksjonen ikke vil tippe. Airbagene må også være tilstrekkelige til å dempe fallet, ifølge krav 3.1.1.15-3.1.1.17. Det må også være et topplokk med en automatisk åpningsmekanisme, slik at sensor kan heises opp og få fri sikt på alle sideflatene, ifølge krav 3.2.3.6.

## Åpen ramme

### *Sirkulær ramme*

Denne metoden baserer seg på å ha en åpen ramme, som kan formes etter behov.

Fordeler:

- Enkel og lett konstruksjon
- Lav produksjons og utviklingskostnader
- Lav tidsbruk ved utvikling

Ulemper:

- Lite beskyttelse mot omgivelsene før og etter deployering.
- Krever at rammen lander på riktig side



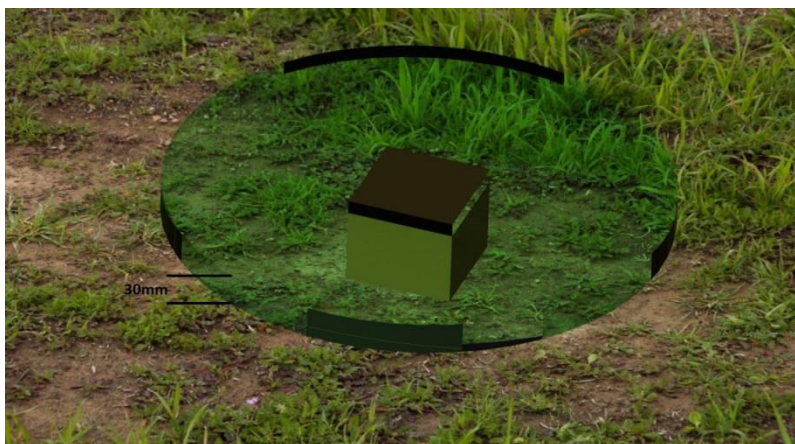
Figur 4: Sirkulær åpen ramme



## 2.1 Klarere sikt for sensor

Sensoren systemet skal utplassere i terrenget, er avhengig av å ha uforstyrret siktelinje 360° av sine øverste 30mm, i henhold til krav 3.2.1.3 og 3.2.3.6.

Avsnittets hensikt er å redegjøre for hvordan de ulike kapslingene skal oppnå disse kravene.



Figur 5: Fri sikt øverste 30mm 360° av sensorpakke

### Skall som kan åpnes

#### ***Pyramideform***

Ved denne pyramideformen blir alle sideflater slått ned, og det er derfor ikke nødvendig med noe system for å klarere sikt for sensor

#### ***Kuleform***

Ved kuleform er hver halvkule hengslet sammen og kan åpnes. Det er derfor ikke nødvendig med noe system for å klarere sikt for sensoren.

### Skall som ikke kan åpnes

#### ***Sirkulær pyramideform***

Ved et skall som ikke kan åpnes må det være et system som løfter sensoren opp av toppflaten. Med en sirkulær pyramideformet kapsling kan for eksempel sensoren være på en plattform som heises opp ved hjelp av en tannstang og servomotor.

#### ***Sirkulær ramme/ åpen ramme***

En åpen ramme, enten sirkulær eller kantet, vil kreve at sensoren heves for å få fri sikt. Dette kan gjøres på samme måte som for sirkulær pyramideform.





## 2.2 Materialvalg

Den mekaniske kapslingen er det undersystemet som potensielt kan oppta størst volum og vekt. I følge kravet 3.1.1.1 kan systemet ikke overstige totalvekt på 2kg inkludert sensor på 400gram. Vekt blir derfor en viktig parameter for valg av material. Med tanke på materialstyrke skal enhetens bruksområde være engangsbruk. Enheten bør ha lave produksjonskostnader, derfor vil pris bli tatt med i betraktningen.

De forskjellige materialene skal bli vurdert etter følgende parameter:

Materialelegenskaper:

- Styrke
- Seighet
- Formbarhet
- Vekt
- Vekt per masseenheter

### Metaller

#### *Stål*

Fordeler:

- Høy styrke
- Lett å maskinere
- Billig

Ulemper:

- Høy vekt (3 ganger så tungt som aluminium)

#### *Aluminium*

Fordeler:

- God styrke i forhold til vekt
- God formbarhet
- Lav vekt i forhold til stål (3 ganger lettere)
- Høy korrosjonsmotstandsevne
- Lett å etterbehandle
- Ikke magnetisk

Ulemper:

- Lavere styrke enn stål
- Høy materialpris per kg i forhold til stål



## Kompositt

### *Glassfiber*

Fordeler:

- Lav vekt (tetthet  $2.55 \text{ g/cm}^3$ )
- Billig (40 kr for  $1 \text{ m}^2$  glassfibervev på biltema)
- Veldig formbar
- Ruster ikke

Ulemper:

- Krever støpeform [6]

### *Karbonfiber*

Fordeler:

- Høy styrke i forhold til vekt
- Høy stivhet
- Lav vekt (tetthet  $1.7\text{-}2.0 \text{ g/cm}^3$ )

Ulemper:

- Dyrt (125 kr for  $1 \text{ m}^2$  karbonfibervev på biltema)
- Krever støpeform [7]

## Plast

### *Nylon (polyamid)*

Fordeler:

- God styrke
- God dempingsevne(slagfast)
- Lav vekt
- Rimelig

Ulemper:

- Vanskelig å jobbe med

### *Akrylatplast (PMMA)*

Fordeler:

- Forholdsvis lett å jobbe med
- Hardt
- God slagstyrke

Ulemper:

- Mindre slagfast enn polykarbonat



### ***Polykarbonat***

Fordeler:

- Lett å jobbe med
- Termoformbart
- God slagfasthet

Ulemper:

- Krever høy temperatur ved formgiving

### ***ABS plast***

Fordeler:

- Slagfast
- God formbarhet
- Lite kryping ved støp
- Seig
- Termoformbart

Ulemper:

- Dyrt
- Krever høy temperatur ved formgiving

### ***POM (acetal)***

Fordeler:

- Høy strekkfasthet
- Termoformbart
- Høy elastisitetsmodul
- Høy bøyefasthet

Ulemper:

- Lav styrke



## 3 Nivelleringsystem

---

Sensoren skal utplasseres i terrenget, og er avhengig av å nivelleres for å fungere riktig. Å nivellere systemet, vil i SDS tilfelle bety og justere sensorpakkens toppflate parallelt med horisontalplanet. Nivelleringen skal være nøyaktig inntil  $\pm 2^\circ$ .

### 3.1 4/3 justerbare støtteben

Sensoren er her opphengt i 3 eller 4 ben, som er justerbare i lengderetning (y-retning), ved å justere disse individuelt, vil sensoren kunne nivelleres mot horisontalplanet.

#### *Utskytende ben*

Denne metoden bygger på at sensoren er montert i en ramme, denne rammen står på 3 eller 4 justerbare ben festet til det ytre skallet som skal beskytte sensoren. Disse benene er justerbare, uavhengig av hverandre.

Fordeler:

- Metoden er velprøvd i andre applikasjoner
- Er plasseffektiv
- Kan konstrueres kostnadseffektivt
- Stabil

Ulemper:

- Vil kreve 3-4 servomotorer for justering
- Dagens løsninger er ofte manuelt drevet

Systemet kan lages enten med gjengestag eller med tannstang. Med gjengestang kan bevegelsen styres enten med servomotor montert aksielt med ben (benet skrus ut teleskopisk), eller med servomotor montert mot en opplagret krans i ramme, som er innvendig gjenget og utvendig tannet. Det gjengede partiet går i inngrep mot et gjengestag (selve benet), og den tannete siden går i inngrep mot pinjongdrev på servomotor.

#### *Støtteben med ledd*

Metoden er svært utstrakt i bruk på et stort antall applikasjoner i dag.

Fordeler:

- Krever lite plass
- Veldig fleksibelt
- Enkel konstruksjon

Ulemper:



- Krever 3-4 bein og servomotorer
- Flere bevegelige deler enn andre systemer

Systemer bygger på samme prinsipp som en mekanisk bil-jekk. Et gjengestag vil justere avstanden på et skråstilt ben, og dermed også justere vinkelen på dette, det fører til at høyden økes eller minkes. Systemet gjør det enkelt å plassere servomotor.

## 3.2 Dobbel-krybbe design

### ***Firkantet krybbe med rotasjon ved midtpunkter***

Systemet benytter 2 krybber som ligger i hverandre, med sensoren opphengt i senter. De to krybbenes rotasjonsakser står vinkelrett på hverandre, på denne måten vil det oppnås fullverdig nivellering.

Fordeler:

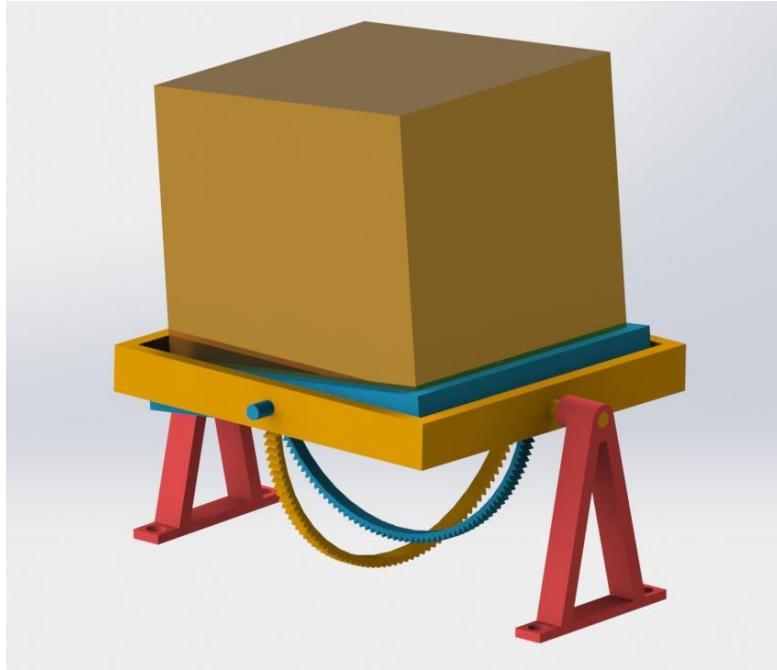
- Krever kun to servomotorer
- Fleksibelt

Ulemper:

- Plasskrevende
- Krever en viss høyde for å kunne gi stort vinkelutslag uten å treffe bunnplate
- Krever fin oppløsning på servomotorer grunnet direkte overføring til senterpunkter av krybber.

### ***Firkantet krybbe med halvsirkel tannstang***

Systemet er nokså likt med system omtalt i 3.2, men justeres annerledes. På hver krybbe sitter det en halvsirkel tannstang. To servomotorer sitter montert mot bunnflaten av den mekaniske kapslingen, og står i inngrep mot tannstengene, ved rotasjon av servo, vil da krybben rotere om sin rotasjonsakse.



Figur 6: Testtegning fra SolidWorks

Fordeler:

- Kun to servomotorer
- Fleksibelt
- Gir god plass for elektronikk, batterier osv. på bunnplate grunnet høyden

Ulemper:

- Krever mye plass og høyde
- Gir et noe høyt tyngdepunkt

### 3.3 Kule og skål

Prinsippet er mye brukt, men også her ofte i manuelle systemer som kameramontasjer.

Fordeler:

- Lettvekt
- Fleksibelt

Ulemper:

- Bygger litt i høyde
- Vanskelig justering

Systemet kan (hvis mulig) justeres ved hjelp av to servomotorer som står montert med to gjengestag opp mot ramme som settes over halvkule. På denne måten vil det oppnås like god justering som ved de ovenstående metodene, men med kun 2 motorer.



## Nivellering ved nedfelling av sideflater

Ved bruk av mekanisk kapsling med 3 eller 4 nedfellbare sideflater, kan disse brukes for å nivellere enheten. Sideflatene må da styres elektronisk for å oppnå den grad av nivellering som ønskes.

Denne nedfellingen kan styres av servomotorer som er koblet direkte mot sideflatene med en mekanisk overføring. En annen metode er å ha fjærbelastede sideflater, der fjæren holder sideflatene lukket, mens servomotorer under enheten er påmontert tromler, som trekker sideflatene ned ved hjelp av en snor.

Fordeler:

- Muliggjør et svært bredt spekter av falldempingssystemer
- Drar nytte av at slike sideflater uansett må felles ned for at sensor skal ha fri sikt, kombinerer da nedfelling med nivellering
- Enhetens kontaktpunkter med underlaget får et bredere fotavtrykk, dette gjør den mer stabil, samtidig som nivellering vil kreve mindre bevegelse

Ulemper:

- Krever 4 servomotorer (3 hvis grunnflate er triangel)



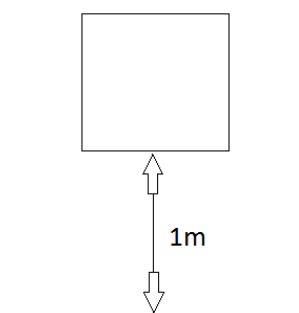
## 4 Falldemping

---

Sensoren skal utplasseres i terrenget, ved utplassering skal enheten slippes fra 1 meter. Dette vil naturligvis føre til slag mot enheten i det den treffer underlaget. Sensoren systemet skal utplassere skal maksimalt oppleve 15-5g i henhold til krav 3.1.1.15-3.1.1.17. Dette kravet vil kreve en demping av fallet til enheten, siden et fall fra 1 meter mot betong uten falldemping vil føre til vesentlig høyere verdier enn 5g.

### Underlag for kapittelet

Ved demping av systemet er målet at sensoren ikke skal bli utsatt for mer enn 5g. Beregning vil gi et estimat på hvor lang dempingsavstand som kreves for at dette målet skal overholdes.



$$2as = v^2 - v_0^2 \quad (0)$$

Med denne formelen kan det regnes ut hvor stor fart enheten treffer bakken med hvis det sees bort i fra luftmotstand. Luftmotstanden sees bort i fra fordi den ikke vil ha mye å si i og med at farten er så lav og enheten tung i forhold til arealet på grunnflaten.

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 * 9,81 * 1} = 4.429m/s \quad (1)$$

Ganger tyngdeakselerasjonen  $a = 9,81$  med 5 for å se hvor stor akselerasjon 5g er.

$$5 * 9,81 = 49,05m/s^2 \quad (2)$$

Da kan det snus om på formelen og regne ut hvor lang strekning som kreves for å bremse ned enheten med en akselerasjon på  $49,05m/s^2$ .

$$S = \frac{v^2}{2a} = \frac{4,429^2}{2 * 49,05} = 0,1999m \sim 200mm \quad (3)$$

Som utregningen(3) viser, kreves det 200mm med demping for at sensoren ikke skal bli utsatt for mer enn 5g. Dette er en utfordring i og med at systemet ikke skal være større enn 200x200x200mm hvis oppgaven løses uten opsjon, og 300x300x300mm opsjon velges. Sensoren har en størrelse på 100x100x100mm.





## 4.1 Aktive systemer

Aktive systemer er systemer som aktiveres ved fall. Systemene er derfor svært avhengig av et tilstrekkelig godt styrings- og utløsningssystem.

### Demping ved luftpute

Denne metoden bygger på at systemet skal bli dempet av en luftpute som utløses når sensoren slippes. Denne luftputen vil være designet med hull som har riktig dimensjon slik at systemet får tilstrekkelig demping når det treffer bakken. Systemet må aktiveres før bruk og det må få tid til å bli fullstendig utløst før det treffer bakken. Luftputen må også ha nok volum til å dempe fallet tilstrekkelig slik at sensoren ikke utsettes for høy negativ akselerasjon

Hvis det brukes en patron med nok luft til å fylle hele luftputen på kort nok tid så vil dette være et kompakt system som tar lite plass. Vekten på denne type demping vil være forholdsvis lav.

Det vil være vanskelig å få luftputen til å dempe systemet jevnt ned mot bakken langs hele vandringsen.

Det vil kreve mye prøving og feiling med størrelse på hullene i luftputen som skal slippe luften ut under dempingen. Det betyr at utviklingen vil ta lang tid. Puten kan revne hvis systemet lander på for eksempel en spiss stein. En slik luftpute kan være ustabil og det er fare for at systemet velter.

Fordeler:

- Kompakt
- Lav vekt
- Oppfyller krav 3.2.1.3/3.2.3.6

Ulemper:

- Utfordrende utvikling
- Sårbart
- Ustabilt

### Demping ved fallskjerm

En fallskjerm er svært utbredt innenfor flere applikasjoner i dag, både for personelltransport luft-bakke og for materialtransport, det er også brukt som luftbrems på kampfly og biler brukt innen drag-racing.

En fallskjerm vil ikke fungere som en konvensjonell demper, men en brems for fallhastigheten, dette vil effektivt redusere støtet ved landing ettersom hastigheten er lavere.

For at fallskjermen skal fungere på lave høyder må det mest sannsynlig være en forbindelse mellom fallskjermens toppunkt og slipprigg, slik at den henger igjen når enheten faller, men løsner når linene strammes.



Fordeler:

- Svært lettvekt
- Stabiliserer enheten i lufta, enkelt å få riktig side ned.
- Forholdsvis lite komplekst system
- Billig (nylon og tynn fallskjermline)
- Oppfyller krav 3.2.1.3/3.2.3.6 gitt at fallskjermen ikke dekker over sensor

Ulemper:

- Usikkerhet rundt effektiviteten på lave slipphøyder (1 meter).
- Avhengig av å festes mot slipprigg
- Kan gi rykk i enheten ved utløsning

## Magnetisk demping

Ved hjelp av magnet kan bevegelsen til et objekt styres. Dette kan være enten med en elektromagnet, eller ved hjelp av naturlige magneter i ledere.

Systemet vil enten kreve svært mye strøm, eller bli forholdsvis tungt.

Fordeler:

- Tilnærmet ingen friksjon
- Justerbar demping

Ulemper:

- Dyrt
- Komplisert
- Krever enten mye strøm (elektromagnet), eller blir tungt (neodym).

Siden dette systemet er komplisert, unødvendig tungt og krever mye strøm blir det valgt bort på dette grunnlaget.

## Demping med sideflater

Ved å benytte et pyramideformet skall, med hengslede sideflater, kan disse sideflatene felles ned lavere enn pyramidens grunnflate. Sideflatene må da være dempet med oljedempere, elastomerer, friksjonsdemping eller liknende.

For å oppnå maksimal slaglengde, kan det også være intern demping av sensor i tillegg, med for eksempel celleplast.

Fordeler:

- Sparer vekt
- God slaglengde
- Tar lite plass
- Kan kombineres med nivellering ved sideflater.

Ulemper:

- Krever manuell utløsning av sideflater før enheten slippes



## 4.2 Passive systemer

Passive systemer er fastmonterte, og trenger ingen aktivering før de kan absorbere støt. De er heller ikke avhengig av styringssystem for å fungere. Noen av systemene er avhengig av en manuell aktivering før enheten kan slippes mot bakken, men anses som passive systemer, fordi de ikke aktiveres av seg selv ved falldeteksjon.

### Elastomerer

Metoden bygger på at enhetens vitale deler (sensor og nivelleringsystem) er opphengt i elastomerer som sitter innvendig i den mekaniske kapslingen, eller elastomerer montert på utsiden av den mekaniske kapslingen. En elastomer er en viskoelastisk polymer, støt mot materialet vil dempes avhengig av kraft og hastighet på støtet. Elastomeren vil fremstå som myk ubelastet, men vil stivne ved støt, for å gi tilstrekkelig støtdemping.

Fordeler:

- Liten kompleksitet
- Relativt lav kost
- Oppfyller krav 3.2.1.3/3.2.3.6

Ulemper:

- Temperatursensitivt (avhengig av materiale)
- Kan bli tungt
- Uegnet for store utslag

### Oljefylte dempere

Oljefylte dempere er en av de mest brukte dempesystemene i bruk i dag. Metoden bygger på et oljefylt rør med stempel. I stempelet er det porter som slipper olje gjennom, men struper oljeflyten, slik at en bevegelse dempes ved at den kinetiske energien omdannes til varme i oljen. Det er ønskelig med en lineær dempingskurve, en oljefylt demper er hastighetsavhengig. Med andre ord vil den være stiv i første del av dempingen, og bli mykere ettersom farten avtar.

Den ugunstige dempingskurven kan modifiseres med et elektromagnetisk stempel og magnetisk fluid. På denne måten kan det oppnås en progressiv eller tilnærmet lineær kurve, ettersom fluidets viskositet kan økes når stempelet går gjennom vandringen sin.

En oljefylt demper kan også kombineres med gassfjær ved hjelp av enten en trykksatt blære eller et flytende internt stempel som skiller dempingsoljen fra trykksatt luft eller nitrogen, på denne måten kan gassfjæra gjøre systemet mer sensitivt, og til en viss grad modifisere dempingskurven.

Oljedempere som kan kjøpes til radiostyrt hobby har en gummi-blære som skiller olje fra luft, der luften over blæra fungerer som en luftfjær. Denne tar av for svært raske endringer i stempelhastighet, slik som det initiale støtet mot underlaget.



Fordeler:

- Svært god tilgjengelighet (deler fra RC-bil osv.)
- Lettvekt
- Billig

Ulemper:

- Uegnet dempingskurve
- Komplisert å modifisere kurven
- Sensitivt mot temperatur (viskositet endres)

## Celleplast

Skumgummi kan være en enkel og billig løsning på dempersystemet. Det er da nødvendig å anvende en type skumgummi som er myk nok til at den kan komprimeres maksimalt selv om sensoren som skal dempes bare veier 400g. Skumgummien må være delt for å klarere siktelinje for sensoren. Dette kan være at en del av skumgummien er limt fast til veggene i kapslingen og følger da med når kapslingen åpnes.

En utfordring ved bruk av skumgummi er at nivelleringsenheten må dempes sammen med sensoren. Det betyr at det kan spise opp litt av plassen til demping, men det antas likevel at skumgummi vil være plass og vektbesparende.

Fordeler:

- Lav vekt
- Lett å kombinere med nivellering ved nedfellbare sideflater
- Demping i alle akser
- Billig
- Lett å lage

Ulemper:

- Tar stor plass

## Luftfylte dempere

Sensoren kan bli opphengt i ett dempersystem inne i kapslingen eller demperne kan fungere på utsiden av kapslingen. Alternativet er å legge selve sensoren i en sylinderformet kapsling å bruke dette som stempel i demperen (se figur 6).

Luften i demperne kan brukes som fjærer for å få en progressiv dempingskurve. I motsetning til oljefylte dempere, vil en luftfjær ha en progressiv fjærkonstant. Det er fordelaktig i dette systemet for å minimere det initiale sjokket systemet utsettes for. Det er også en mulighet å lage porter i stempelet i demperen slik at luften brukes til både demping og fjæring, demperkurven vil da tilnærme seg mer mot en lineær kurve.

Ved bruk av luft er det også lett å forandre trykket i demperen slik at trykket lett kan justeres for å optimalisere demping. Et problem med luftdemping kan være at det ofte brukes på litt større systemer med høyere vekt enn i dette tilfellet. Det betyr at det er begrenset tilgang på hyllevarer.

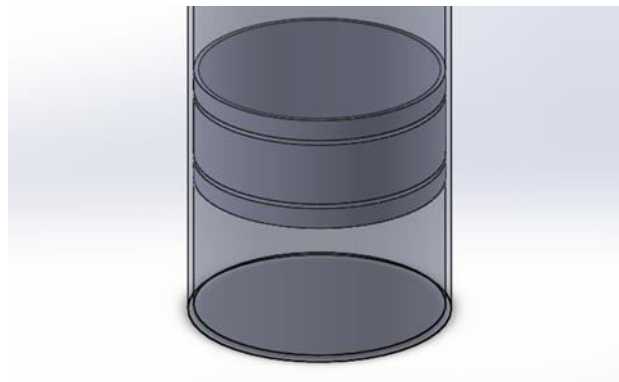


Fordeler:

- Lett å justere
- Lav vekt
- Få bevegelige deler
- Tar liten plass

Ulemper:

- Dyrt hvis det må sendes til produksjon.
- Vil ikke dempe korrekt hvis enheten lander skjevt
- Vanskelig å oppfylle krav 3.2.1.3/3.2.3.6



Figur 6: Luftdemper

## 4.3 Hybridsystemer

Sammensatte systemer av flere av de ovennevnte metoder, dette kan kombinere ulike egenskaper.

### Luftfjær/demper med elastomerbase

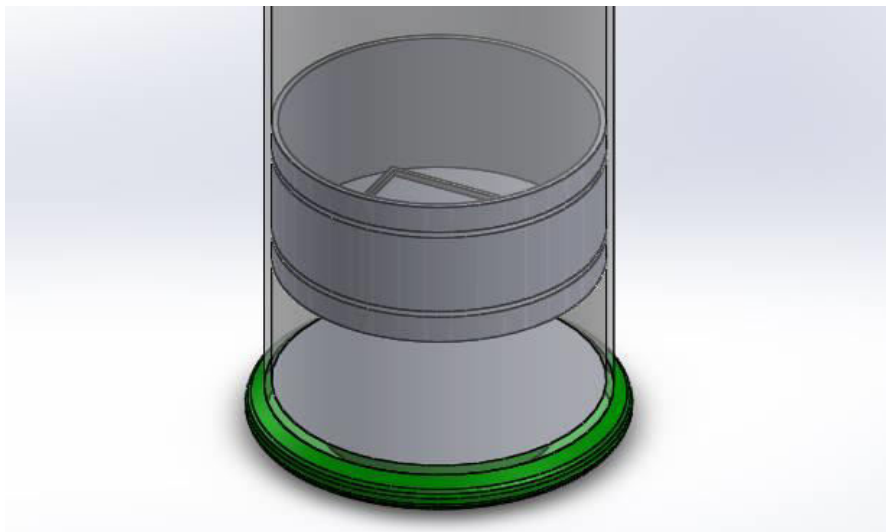
Metoden tar i bruk selve sensorpakken som luftstempel i en vertikal sylinder opplagret på elastomerer, som er festet mot den ytre kapslingens bunnplate. På denne måten vil systemet kunne dempe i hovedsak krefter i vertikal retning, mens elastomeren sørger for at sylindren vil rette seg etter vertikalaksen, selv om enheten lander skjevt (til en viss grad).

Fordeler:

- Justerbart
- Tar krefter i både vertikal og horisontal (til en viss grad) retning

Ulemper:

- Høyt tyngdepunkt
- Vanskelig å oppfylle krav 3.2.1.3/3.2.3.6



Figur 7: Luftdemper med elastomerbase

## Luftpute og celleplast

Ved å kombinere en ekstern luftpute med intern celleplast vil deformasjonen kunne spres mellom 2 systemer, dette kan bidra til å utnytte enhetens volum bedre. Med tilstrekkelig myk celleplast, vil sensorpakka kunne dempes i alle retninger internt, opptil 50mm (100mm ved opsjon). Luftputen vil bidra til å gjøre deformasjonen stor nok til å unngå akselerasjoner høyere enn det som er fremstilt i kravspesifikasjonen.

Fordeler:

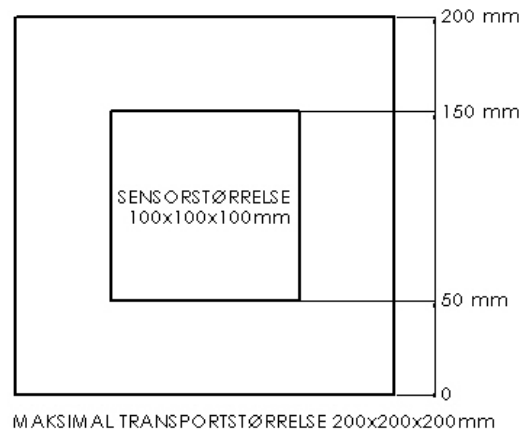
- God plassutnyttelse
- Ikke uforholdsmessig mer komplisert enn ren luftpute, siden celleplast er en svært enkel form for støtdemping
- Oppfyller krav 3.2.1.3/3.2.3.6

Ulemper:

- Vanskelig å få lineær demping
- Kan kun brukes med visse nivelleringsystemer

## Skall med utskytende sider

Denne metoden går ut på å benytte skall med utskytbare sider, dette er et hybridssystem der den mekaniske kapslingen utvides grunnet fjærbelastede oljedempere, som så tar av for fallet. Ved transport skal størrelsen på systemet være mindre enn 200x200x200mm til 300x300x300mm avhengig av hvilken gradering som oppnås (krav 3.1.1.2, 3.1.1.23 og 3.1.1.24). Derimot ved deployering er det ingen begrensning på systemstørrelse, det kan derfor være ønskelig å ha et skall som benytter andre dimensjoner enn dette ved deployering. Eksempelvis kan dette være ønskelig ved benyttelse av oljefylte dempere. Den tilgjengelige plassen inne i skallet når man trekker fra den allerede oppbrukte plassen til sensoren, er under 200 mm (avhengig av gradering).



Figur 8: Illustrasjon av tilgjengelig plass

Som man ser ved beregningene (ligning (3)) vil det ved perfekt demping ikke være mulig å dempe fallet til under 5g. Skal denne dempingsmetoden benyttes må derfor skallet ha fullt komprimerte dempere ved transport, som utløses før systemet treffer bakken. Uavhengig av form på kapsling må det være mulig å åpne en vegg/veggene for å gi sensoren fri sikt på de øverste 30mm til sideflatene 360° rundt og tilfredsstille kravet 3.2.3.6.

Fordeler:

- Ved deployering kan ett større volum utnyttes, enn ved transport
- Mye frihet med tanke på form og design.

Ulemper:

- Kompleks struktur
- Mange komponenter



# 5 Styresystemer

---

Dette kapittelet tar for seg forskjellige løsninger for deteksjon og styring ved bruk av elektroniske systemer basert på mekaniske konseptutforskninger. Kapittelet skal gi gruppen valgmuligheter for løsninger på analoge og digitale systemer. De forskjellige løsningene blir beskrevet med fordeler og ulemper.

## 5.1 Signalprosessering

I dag brukes i all hovedsak en mikrokontroller eller pc for å prosessere signaler fra sensorer, samt styre utganger. Dette kapittelet tar for seg forskjellige prosesseringsmuligheter for behandling av informasjon fra sensorer samt styring av utganger.

### Digital

Her er styresystemet heldigitalt. Det vil si at alle sensorer og aktuatorer til og fra mikrokontrolleren er digitale.

Fordeler:

- Meget tilpasningsvennlig med hensyn på konstruksjon
- Spesialtilpasset tekniske spesifikasjoner
- I liten grad følsom for støy
- Data kan lagres i minne for senere behandling og analyse
- Enkelt å endre parameter på utgangene
- Kan designes rundt kjente programmeringsspråk

Ulemper:

- Begrenset av oppløsning
- Programmering kan være tidkrevende
- Programmering åpner for feil som er vanskelig å teste
- Utelukker en del analoge sensorer

### Analog

Styresystemet anvender ikke mikrokontrollere og unngår derav digital signal prosessering. Alle sensorer prosesseres analogt via styrekort og aktuatorer styres av effektkort drevet av inngangssignalene.

Fordeler:

- Unngår programmering
- Siden det ikke inngår mikrokontrollere vil responstid være raskere
- Åpner for flere testnoder i styrekortet
- Spesialtilpasset tekniske spesifikasjoner





Ulemper:

- Tidkrevende design og konstruksjon
- Lang leveringstid på tilpasset kort
- Utelukker en god del digitale sensorer
- Vanskelig å endre eventuelle feil

## Hybrid

En kombinert løsning hvor det kan anvendes digitale og analoge sensorer og aktuatorer prosessert via mikrokontroller.

Fordeler:

- Åpner for stor variasjon av sensorer
- Data kan lagres i minne for senere behandling og analyse
- Enkelt å endre parameter på utgangene
- Kan designes rundt kjente programmeringsspråk
- Meget tilpasningsvennlig med hensyn på konstruksjon.
- Spesialtilpasset tekniske spesifikasjoner
- Kan for-prosessere informasjon analogt med tilpassede filter
- Er ikke begrenset av oppløsning

Ulemper:

- Programmering kan være tidkrevende
- Programmering åpner for feil som er vanskelige å teste
- Utelukker en del analoge sensorer

## 5.2 Falldemping

Dette kapittelet tar for seg sensorer og aktuatorer som detekterer fall og aktiverer dempemekanismer for mekaniske løsninger.

### **Akselerometer**

Fordeler:

- Kan bruke samme komponent til flere oppgaver
- Måler opp til 3-akser
- Er ikke avhengig av at systemet holder seg stabilt under fall
- Stort utvalg for optimalisering til systemet
- Lav vekt
- Kan plasseres relativt fritt i systemet

Ulemper:

- Målinger kan bli påvirket av støy



### ***Optisk deteksjon***

Fordeler:

- Meget rask
- Angir relativt presis posisjon til underlaget

Ulemper:

- Avhengig av at systemet holder seg stabilt under fall
- Må plasseres i kapslingen

### ***Ultralyd***

Fordeler:

- Bred deteksjon
- Rask
- Angir relativt presis posisjon til underlaget

Ulemper:

- Angir relativt presis posisjon til underlaget
- Må plasseres i kapsling

## **Aktuatorer**

Avhengig av hvilken løsning som blir valgt er det flere aktuatorer som er aktuelle for aktiveringen av dempesystemet.

## **Solenoid ventiler**

Denne aktuatoren er aktuell for styring av eventuelle gass-løsninger. Fordeler og ulemper som omgir denne aktuatoren er strengt avhengig av den pneumatiske løsningen.

## **5.3 Nivellering**

Tar for seg sensorer og aktuatorer som skal nivellere krybben etter deployering. Dette innebærer deteksjon av bevegelse i flere akser samt styring av tilsvarende aktuatorer. Det er derfor viktig sensorer og aktuatorer velges slik at det lett kan integreres

## **Sensor**

Disse sensorene skal detektere nivåforskjeller i 3 akser for å overholde krav 3.2.2.2.



## ***Gyrochip***

Fordeler:

- Kan være samme komponent som tar for seg falldeteksjon siden de baseres på akselerometer
- Lav vekt
- Liten størrelse
- Finnes bredt utvalg av spesifikasjoner
- Kan plasseres på et stort område

Ulemper:

- Kan bli påvirket av støy

## ***Trykksensitiv nivellering***

Fordeler:

- Stor kontroll over sensitivitet
- Lang levetid

Ulemper:

- Avhengig av flere måleenheter
- Vanskelig å kalibrere
- Tar mer plass enn gyroskopet
- Veldig avhengig av nøyaktig plassering

## **Aktuatorer**

### ***Servomotor***

Fordeler:

- Inneholder sensor med tilbakekobling
- Bredt utvalg til forskjellige formål
- Billige
- Kan styres både digitalt og analogt
- Uavhengig av energi for å holde posisjon

Ulemper:

- Begrenset bevegelighet

### ***Steppermotor***

Fordeler:

- Enkel å kontrollere digitalt
- Høy oppløsning
- Høyt dreiemoment

Ulemper:

- Avhengig av kontinuerlig drift



## 5.4 Detaljer Akselerometer

### IC Akselerometer

Et IC akselerometer fungerer ved at når sensoren utsettes for akselerasjon forandres avstanden mellom platene i en kondensator og gir en spenningsforandring. De er brukt som utløsertriggere for luftpute og for sikkerhet av harddisk til datamaskiner.

Fordeler:

- Lav innkjøpskostnad
- Lavt strøm forbruk
- Lineær output
- Lett anvendelig med mikrokontrollere

Ulemper:

- Ikke like robust som Piezoelektrisk Akselerometer

### Piezoelektrisk Akselerometer

Disse akselerometrene fungerer slik at når et piezoelektrisk element utsettes for en kraft eller press gir den ut et elektrisk signal proporsjonalt med kraften/presset som den blir utsatt for. Det finnes forskjellige typer piezoelektrisk akselerometer. For dette prosjektet er det kompresjons piezoelektrisk som er aktuelt

Fordeler:

- Høyt spenn
- Liten størrelse
- Høy sensitivitet
- Robust
- Finnes for enkelakse, bi-akse og tri-akse måling

Ulemper:

- Ikke anvendelig ved små vibrasjoner



## 5.5 Opsjon (elektronisk)

Dette kapittelet skal ta for seg de elektriske komponentene for å få de mest optimale løsningene for å tilfredsstille kravene satt i kravspesifikasjon. Hvis opsjon blir aktuelt i prosjektet er det deler fra radiostyrt hobby som vil bli brukt, på grunn av forenkling av systemet og at det er prisgunstig.

### Motorer

Valg av motorer kommer an på hvilken form for fremgangsmåte som velges. Det er to forflytningsmetoder som er vurdert. Det ene er belter der systemet er avhengig av en motor for hvert belte, på grunn av retningsendring er det ene belte avhengig av å ha større rotasjons hastighet enn det andre. Den andre muligheten som blir vurdert er hjul. Der må det være minimum én motor for framdrift og én servo-/steppermotor for retningsendring.

#### ***DC motor børsteløs***

Fordeler:

- Lager lite støy
- Mer effektiv enn børstemotor
- Bedre levetid ved bruk en børstemotor
- Kan operere med høyere hastighet en børstemotor
- Lager lite varme ved bruk

Ulemper:

- Dyr i forhold til børstemotor

#### ***DC motor børste***

Fordeler:

- Billig

Ulemper:

- Mindre effektiv en børsteløs
- Lager mer støy en børsteløs

#### ***Servomotor***

Fordeler:

- Inneholder sensor med tilbakekobling
- Bredt utvalg til forskjellige formål
- Billige
- Kan styres både digitalt og analogt
- Uavhengig av energi for å holde posisjon



Ulemper:

- Begrenset bevegelighet

## ***Steppermotor***

Fordeler:

- Enkel å kontrollere digitalt
- Høy oppløsning
- Høyt dreiemoment

Ulemper:

- Avhengig av kontinuerlig drift

## **Radio sender/mottaker**

Her vil det bli brukt produkter for radiostyrt bil eller båt. Dette er materiell som er laget for dette formålet, er billig og lett å få tak i. Siden det ikke er krav til kryptering av signalene ifølge kravspesifikasjoner vil det være tidsbesparende å kjøpe inn ferdige produkter.



## 6 Batterisystem

---

Dette kapittelet tar for seg forskjellige batterityper og batterisystemer som kan drifte elektronikk, sensorer og aktuatorer. Det er laget for å gi gruppen et innblikk i batterier og batterisystemer, slik at gruppen kan ta en helhetlig og god beslutning som sikrer et godt resultat. Batteritypene blir beskrevet med informasjon, fordeler og ulemper i tillegg til en diskusjon rundt de forskjellige batterisystemene.

### 6.1 Batterityper

#### **Blybatterier**

Det består av en anode og katode som henger sammen med en celle som består av et syrebad av svovelsyre. De er i hovedsak brukt i kjøretøyer på grunn av at de er robuste og tåler en del. De har en cellespenning på 2V.

#### ***Blyakkumulator***

Fordeler:

- Lav Kostnad
- Robuste
- Tåler overladning
- Lav intern impedans
- Stort omfang av størrelser og kapasiteter

Ulemper:

- Høy vekt
- Store
- Må være lagret i ladet tilstand

### 6.2 Litiumbatterier

Litium er det letteste av metaller. Metallet har meget bra elektromekaniske egenskaper og har høy energi per kg. Litiumbatterier er kjent for å være noe ustabile ved at de har blitt overopphetet og begynt å brenne. Litium-akkumulatorer har dobbelt så høy energi som nikkel-akkumulatorer, hvor cellespenningen til en litium-akkumulator er på rundt 3.6V i motsetning til nikkel-akkumulatorer har cellespenning på 1.2V. I tillegg har litium batterier ingen minne med tanke på oppladning og selvutladningen er ca. halvparten av det i et nikkelbatteri.



## Litium-Ion akkumulator

Det kreves lite vedlikehold med et litium-ion batteri. Det har gode kjemiske egenskaper og er andre batterityper overlegen. Selv om det har mange gode egenskaper er det et par ting som må tas til hensyn ved bruk av litiumbatterier. Blant annet er en avhengig av at det er elektronikk som sikrer at batteriet aldri blir så utladet at spenningen synker under 2V og som sikrer batteriet mot spenningsstopper ved ladning, som vil skade batteriet. Aldring kan være et problem for litium-ion batterier

### Fordeler:

- Relativt lav selvutladning
- Høy energitetthet
- Lav vekt
- Flat utladningskarakteristikk
- Lang levetid ved lagring
- Veldig lang levetid
- Ingen minne effekt ved oppladning

### Ulemper:

- Høy kostnad
- Behov for mekanisk vern
- Taper seg ved utladning under 2V

## Litium-polymer akkumulator

Litium-polymer batterier er et utmerket energikilde for utstyr som er avhengig av spesialtilpasset batterityper siden de kan formes i nesten alle former. Celleveggene til et Litium-polymer er rundt 1 millimeter noe som gjør at man kan ha et ekstremt tynt batteri.

### Fordeler:

- Kan bygges med veldig lav profil
- Lav vekt
- Kan konstrueres i nesten alle former
- Ingen minne effekt ved oppladning
- Flat utladningskarakteristikk

### Ulemper:

- Lavere energitetthet en litium-ion
- Høy kostnad
- Taper seg ved utladning under 2V
- Behov for mekanisk vern
- Ustabil ved oppladning





## 6.3 Alkaliske batterier

Alkaliske batterier finnes i utallige former og energistørrelser. De er lett tilgjengelig for enhver person å få tak i, siden de selges over disk i hele verden. Noe som gjør at de er veldig billig for innkjøp. Man får alkaliske batterier i både oppladbare og til engangsbruk. Et engangs AA batteri har rundt 4300mWh og en cellevolt på 1.5V. Mens et oppladbart AA batteri har ca. 2000mWh og en cellevolt på 1.4V.

Fordeler:

- Fire ganger kapasitet som Nikkel batterier av samme størrelse
- God levetid under lagring
- Mange typer størrelser
- Lagd av ikke giftige kjemikalier
- Lav kostnad

Ulemper:

- Ikke alle typer er oppladbare
- Oppladbare kommer i hovedsak bare i to størrelser AA, AAA
- Oppladbare kan bare lades rundt 100 ganger

## 6.4 Nikkelbatterier

### Nikkel-kadmium akkumulator

Nikkel-kadmium var i mange år det foretrukne batteriet i batteridriller, el-trekkere og annet el-verktøy. De ble også brukt i profesjonelle kameraer, to veis radioer og medisinsk utstyr. Sent på 1980-tallet ble det utviklet en ny type Nikkel-kadmium batterier hvor man brukte mer aktive materialer. Disse hadde opp mot 60 % mer kapasitet, men dette resulterte i bieffekter som høyere intern motstand. Standard Nikkel-kadmium batterier trenger vedlikehold, men er en av de mest robuste batteriene.

Fordeler:

- Lav intern resistans
- Typisk oppladning/utladning er 500 sykluser
- Flat utladnings karakteristikk
- Typisk oppladningstid er 2 timer
- Stort utvalg i størrelser og kapasitet
- Lav kostnad
- Robust

Ulemper:

- Må lades helt ut ved jevne mellomrom for å slette batteriets minne
- Skades ved overladning
- Lav celle volt
- Kadmium er et dyrt



## Nikkel-metalhydrid akkumulator

Nikkel-metalhydrid er 40 % mer effektivt enn et NiCD batteri, men den største fordel med NiMH er at det ikke inneholder giftige metaller. NiMH er billigere enn et litium-ion batteri, det er også et mer sikkert batteri med tanke på oppladning og fysisk mishandling. De leveres også i størrelsene AA og AAA som oppladbare. Noen av ulempene med Nikkel-metalhydrid er at det er mindre energi i disse en litium-ion batterier og de har relativt høy selvutladning siden de mister nesten 20 % av energien i løpet av et døgn.

Fordeler:

- Høy energitetthet, bedre en NiCD men dårligere enn litium
- Lav intern resistans
- Typisk oppladning/utladning er 3000 sykluser
- Det er robust med tanke på oppladning og utladning
- Kan lades opp på en time
- Miljøvennlig
- Mye tryggere enn litium baserte batteri typer med tanke på mishandling
- Kommer i størrelsene AA og AAA som oppladbare

Ulemper:

- Høy selvutladning
- Lav celle volt
- Lav kapasitet
- Høyere kostnad enn NiCD batterier men lavere enn litium

## 6.5 Drøfting

### Batterisystemer

Her er det tre muligheter som er oppladbare batterier, innsetting av batterier ved bruk eller et system hvor batteriet er fastmontert og aktiv ved lagring. Her vil de forskjellige systemene bli drøftet med fordeler og ulemper slik at gruppen kan ta en helhetlig beslutning om hvilket system som vil passe. Ved valg av opsjon er det bare nikkel og litium baserte batteriløsninger som er aktuelle.

#### *Oppladbare batterisystem*

Denne løsningen gir en god fleksibilitet ved konstruksjon, men den er avhengig av at systemet har en spenning/strøm regulator for å sikre at batteriet som blir valgt ikke utsettes for mer spenning/strøm enn det batteriet tåler ved ladning. Den krever også at det blir montert en form for tilkobling for lader. Ved denne løsningen er en avhengig av å teste batteriet ved selvutlading og lage en vedlikeholdsmanual for å holde batteriet tilstrekkelig oppladet til bruk. Denne løsningen gjør at en bruker ikke trenger å åpne selve produktet. Ved et oppladbart batterisystem kan systemet bruke de aller fleste typer batterier som er oppladbare, noe som gir mange muligheter. Denne løsningen gjør det mulig å bruke produktet flere ganger.



### ***Plassering av batterier ved bruk***

Den store fordelen med et slikt system vil være at noe selvutlading av batteriene ikke vil være noe problem. Det elektroniske systemet vil også være dødt helt fram til det eventuelt skal settes i bruk. Noe som sikrer at systemet ikke utløses ved feil ved lagring. For at dette systemet skal kunne være aktuelt må batteriene som skal brukes være lett kommersielt tilgjengelig, noe som gjør at utformingen på batteriene er til en viss grad satt. Dette kan gi noen problemer med hensyn på begrenset plass og konstruksjon. Siden det burde være enkelt å sette batterier inn i systemet og aktivere det. De fleste batterier som er laget for engangsbruk og er kommersielt tilegnelig er ofte billige, lett å få tak i. Systemet må nødvendigvis lages slik at feilmontering av batteripakke ikke er mulig. En stor ulempe er at en eventuell bruker må åpne systemet før det skal utplasseres, så konstruksjon av dette vil gi noen utfordringer og låste muligheter. Her kan de fleste batteritypene som litium, alkaliske og nikkel brukes. Men helst alkaliske eller nikkel baserte på grunnlag av innkjøpskostnad. Miljøvennlighet av batteritypen vil være et meget viktig krav ved en slik løsning. Denne løsningen gjør det mulig og kunne bruke produktet flere ganger.

### ***Fastmontert batteri uten oppladning***

Dette er den sikreste løsningen basert på brukerfeil med batteri. Siden det ikke er mulig for en bruker å komme til batteri, eller at batteriet skal lades. Men det krever at batteriet ikke har noe selvutlading ved lagring. Noe som gjør dette batterisystemet vedlikeholdsfritt. Fastmontert batteri uten oppladning gir store konstruksjonsmessige muligheter og fordeler. Denne løsningen gjør produktet kun kan brukes en gang, med mindre det blir laget en form for tilbakesending av produktet etter bruk og batteriet blir byttet av firmaet som produserer den.

### ***Miljøvennlighet***

Dette er et punkt som vil være viktig ved valg av batteri hvis produktet blir værende ute i naturen etter deployering slik at den ikke skader miljøet mer enn nødvendig. Det vil bli en vurdering om hvilke batteri som har nok energi til å utføre de oppgaver som systemet skal utføre og derfra ta en beslutning om den beste batteritypen. Dette avhenger om systemet kun skal brukes en gang eller skal kunne brukes flere ganger.



## 7 Opsjon

---

Opsjonen går ut på at enheten skal forflytte seg 10-50 meter i henhold til krav 4.1.1.11 og 4.1.1.5. Forflytningen skal skje etter at enheten er sluppet ned på bakken og før systemet nivelleres. Det skal bevege seg med en minimumsfart fra 0,1m/s -1m/s i henhold til krav 4.2.3.1 og 4.2.3.4.

### 7.1 Fremdriftsmetode

#### Beltdrift

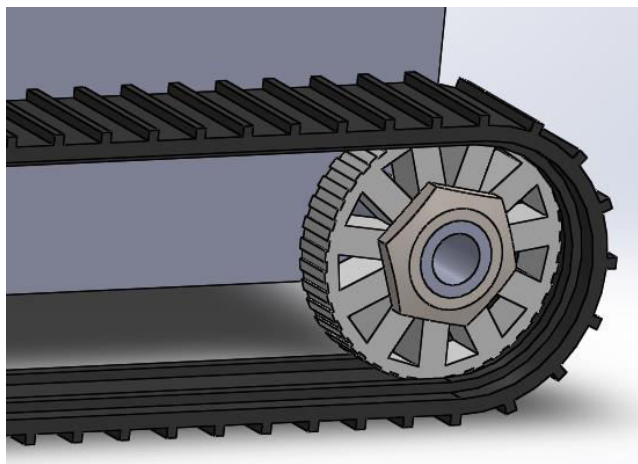
Beltdrift er et bra alternativ med tanke på fremkommelighet. Det kan brukes på det meste av underlag og er spesielt godt egnet på mykt underlag som f.eks. sand, da det gir et jevnt trykk over en stor overflate som fører til at enheten ikke setter seg fast så lett. En annen fordel er at det ikke trengs et komplisert mekanisk styringssystem. Med beltdrift kan enheten lett styres med to elektromotorer. Det finnes ferdigfabrikkert understell med belter som kan kjøpes. En er avhengig av at disse tåler et slipp fra en meter hvis de skal brukes. En ulempe kan være hvis det er nødvendig med damping på beltene, dette kan bli komplisert og dyrt. Beltdrift kan også være tungt å drive i forhold til hjul og krever da mer fra motor, batteri og regulator for å få like høy fart. Rekkevidden bør ikke være et stort problem i og med at enheten skal forflytte seg inntil 50 m. Beltdrift kan ta stor plass.

Fordeler:

- God fremkommelighet
- Trenger ikke mekanisk styresystem

Ulemper:

- Komplisert damping hvis det kreves



*Figur 9: Illustrasjon av beltdrift*



## Hjuldrift

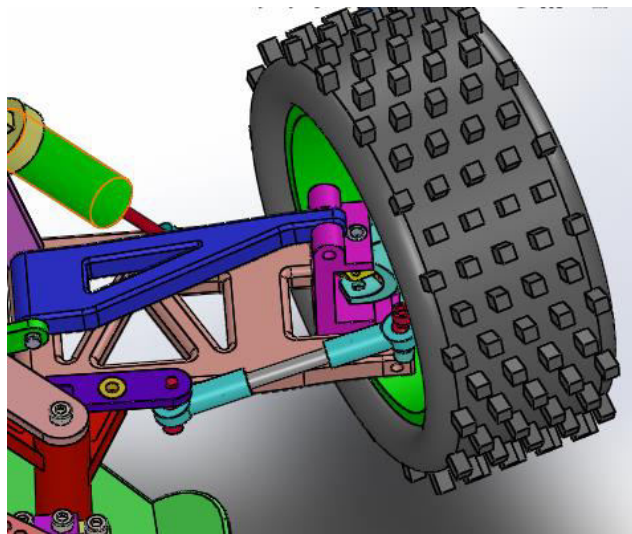
Hjuldrift med drivaksler, drev og elektrisk motor kan være en løsning på å drive enheten fremover. Antall hjul som brukes kan varieres og det kan også størrelsen på hjulene. Flest mulig og størst mulig hjul gir best fremkommelighet, men tar også større plass og veier mer. Dette er fordi hjulene dekker både større areal og drivverket blir mer komplisert med flere hjul. Hjuldrift krever også et styringssystem som fungerer best hvis det er mekanisk. Dette krever en del mekaniske deler og tar stor plass. En fordel med bruk av hjul er at det er mye som kan kjøpes fra RC industrien med tanke på bærearmer, styringssystem, fjæring, drivverk osv. Det er også derfor lettere å dempe et slikt system i og med at det er flere deler å få tak i som er egnet til systemet.

Fordeler:

- Krever lite av motor, batteri og regulator
- Mye hyllevarer tilgjengelige
- Lett å dempe
- Gir høy hastighet

Ulemper:

- Tar stor plass
- Mange bevegelige deler
- Mekanisk styringssystem



Figur 10: Illustrasjon av hjuldrift med styring og bærearmer.



## 8 Utløser

---

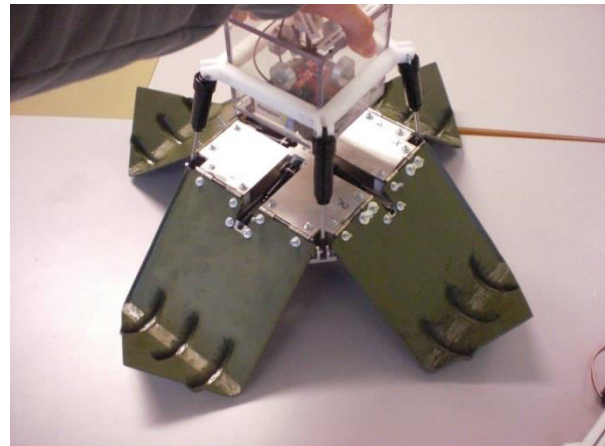
Sensoren skal utplasseres i terrenget, og er avhengig av å kunne utplasseres med et menneskelig grensesnitt. Dette kapitlet er skrevet for å belyse mulige løsninger på utløsert systemet.

### 8.1 Utløsert systemer

Å utløse enheten vil i dette tilfelle være å ta enheten fra transportkonfigurasjon og få utplassert den i terrenget. Slik designet er i dag må sideveggene slås ut før enheten kan slippes mot bakken. Det er derfor nødvendig med en to trinn utløser som først løser ut sideveggene og så slipper enheten. Figur 11 og 12 viser bilde av systemet i transport konfigurasjon og når systemet er klart for å slippes.



Figur 11: Enhet i transportkonfigurasjon



Figur 12: Enhet klar til slipp

### Utløsermetode 1

Det er mulig å deployere sensoren på en slik måte at man pakker den ut av transportbeholderen og lar den folde seg ut før man slipper den for hånd. Det er avhengig av at man holder i sensoren før man slipper for å få ett horisontalt slipp. Det er en dårlig løsning med tanke på størrelsen som må håndteres når sideveggene er slått ut.

Fordeler:

- Billig
- Kort utviklingstid

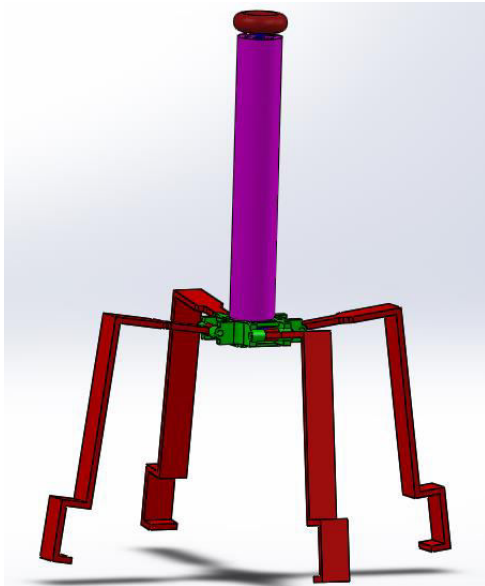
Ulemper:

- Tungvint grensesnitt
- Risiko for at systemet ikke lander horisontalt

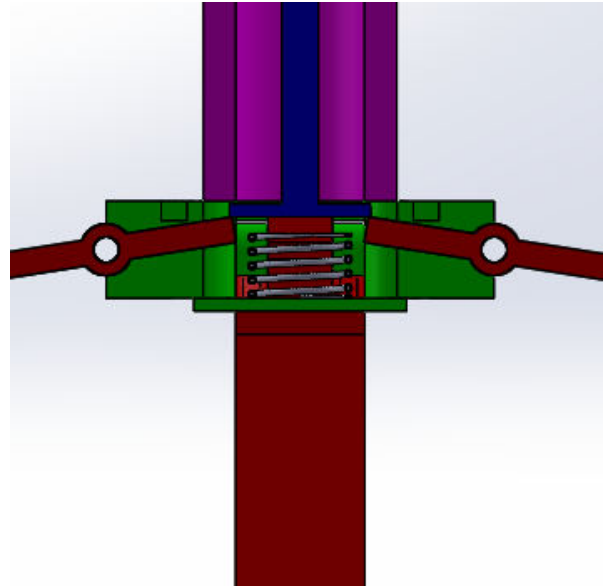


## Utløsermetode 2

Denne løsningen anvender fire aluminiumsarmer som skal gripe om krybben som holder sensoren. Her utløses sideveggene før enheten slippes. Som figur 13 og 14 viser så føres de røde armene ut når det trykkes på knappen. Dette fører til at enheten blir sluppet. Noen problemer med dette designet er at det er usikkert om alle aluminiumsarmene vil slippe sensoren i samme tid. For å ikke overstige 20° helning under deployering, må armene slippe samtidig. Denne utløseren må pakkes før sensoren skal ut i felt, og systemet vil derfor være oppbevart med utløsermekanismen over kapslingen. Dette gjør at det ikke er mulig å overholde krav til transportstørrelse 3.1.1.2.



Figur 13: Oversiktsbilde



Figur 14: Armene åpnes av ett trykk

### Fordeler:

- Lett utplassering og pakking

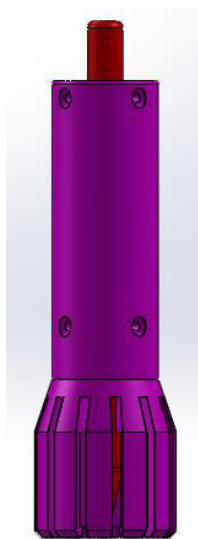
### Ulemper:

- Intrikat maskinering
- Risiko for at systemet ikke lander horisontalt
- Overholder ikke krav om transportstørrelse



### Utløsermetode 3

Denne løsningen anvender en ekstern utløser, den kan derfor brukes til å utplassere flere enheter. Dette hjelper til med å oppfylle krav til transportstørrelse.

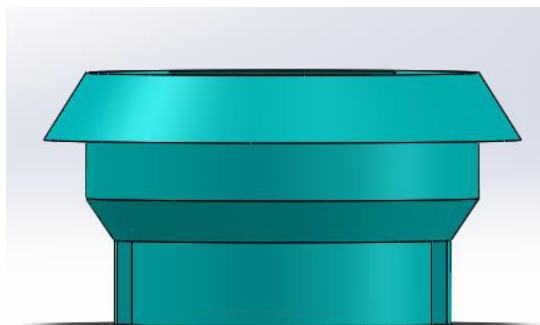


Figur 15: Utløserhåndtak

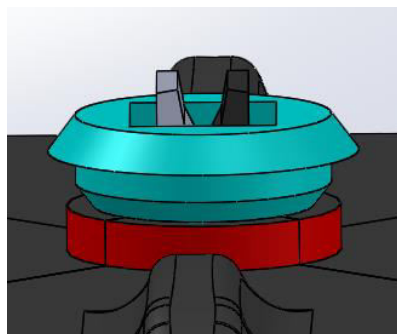


Figur 16: Utløser montert på enheten

Konseptet bygger på at det er en konisk del som vist i figur 17. Denne monteres på kapslingen når enheten pakkes med sensor og gjøres klar for bruk. Delens grensesnitt passer med utløseren og det monteres en låsetråd på det røde partiet sett i figur 18, denne holder veggene samlet i transportkonfigurasjon.



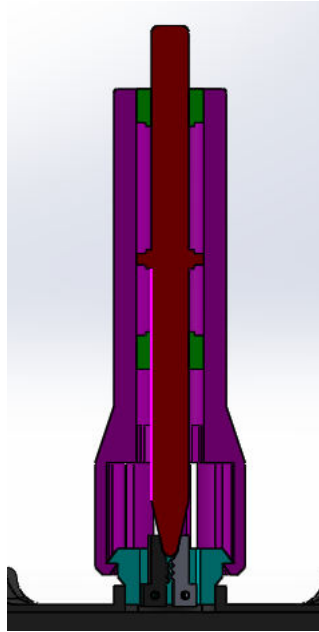
Figur 17: Konisk del



Figur 18: Konisk del montert på enhet

Dette konseptet er avhengig av å få godkjenning fra oppdragsgiver om å feste en vaier i toppen av sensoren. Denne vaieren blir låst inne i den koniske delen og det er da mulig å løfte enheten i denne vaieren. Når man fører utløseren over den koniske delen knepper den over hakket på den koniske delen og man er da i stand til å løfte enheten. Når man drar ut låsetråden slippes veggene ut og når man trykker på knappen på utløseren slippes enheten. Disse to trinnene er benyttet for å forsikre at sideveggene er fullstendig nedfelt ved deployering.





*Figur 19: Snitt av utløser*

Vaieren fra sensoren låses mellom kjeftene som er montert i den koniske delen. Kjeftene trykkes mot senter ved hjelp av fjærer. Når den spisse sirkulære utløserpinnen trykkes ned åpnes kjeftene og tråden slippes som igjen fører til at enheten slippes. Den koniske delen sitter igjen i utløseren og må fjernes før man skal sette ut neste enhet. Utløserpinnen er fjærbelastet både oppover og nedover i den vertikale aksen.

**Fordeler:**

- Lett utplassering
- Oppfyller krav 3.1.1.2

**Ulemper:**

- Tungvint pakking med vaier



## 9 Kompatibilitet

Tabellene skal gi en oversikt over kompatibilitet mellom ulike undersystemer, og gi et bedre overblikk over mulighetene SDS har som overordnet system. Dokumentet gir kun oversikt over kompatibilitet, og tar ikke hensyn til fordeler, ulemper, økonomi eller kompleksitet. Tabellene vil sammen med de respektive konseptutforskningene, ligge som underlag for senere pugh-matriser.

**Inndelingen av hvor compatible 2 systemer er, er inndelt på følgende måte:**

Full kompatibilitet	X
Delvis kompatibilitet	O
Ingen kompatibilitet	N/A

### Falldemping – nivellering

Falldemping↓	Utskytende ben	Støtteben med ledd	Firkantet krybbe med rotasjon ved midtpunkter	Firkantet krybbe med halvsirkel tannstang	Nivellering med kule og skål	Nivellering, nedfelling av sideflater
Fallskjerm	X	X	X	X	X	X
Luftpute	X	X	X	O	O	X
Elastomer	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	X
Oljedemping	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	X
Luftdemping	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	X
Magnetisk demping	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	X
Celleplast	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	X
Luftdemper med elastomerbase	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	X
Luftpute og celleplast	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	X
Demping ved sideflater	X	X	X	X	X	X



## Falldemping – mekanisk kapsling

Falldemping↓	Pyramideform	Åpen ramme	Utskytende sideflater	Sirkulær pyramideform
Fallskjerm	X	X	N/A	X
Luftpute	X	X	N/A	X
Elastomer	O	X	N/A	O
Oljedemping	O	X	N/A	N/A
Luftdemping	O	X	X	N/A
Magnetisk demping	O	X	X	O
Celleplast	O	X	X	O
Luftdemper med elastomerbase	O	O	N/A	N/A
Luftpute og celleplast	O	X	N/A	N/A
Demping ved sideflater	X	N/A	O	N/A

## Mekanisk kapsling – nivellering

Mekanisk kapsling↓	Utskytende ben	Støtteben med ledd	Firkantet krybbe med rotasjon ved midtpunkter	Firkantet krybbe med halvsirkel tannstang	Nivellering med kule og skål	Nivellering ved nedfelling av sideflater
Pyramideform	O	X	X	O	X	X
Åpen ramme	X	X	X	O	X	X
Utskytende sideflater	X	X	X	O	O	N/A
Sirkulær pyramideform	O	O	N/A	N/A	O	N/A

## Opsjon– nivellering

Fremdrift↓	Utskytende ben	Støtteben med ledd	Firkantet krybbe med rotasjon ved midtpunkter	Firkantet krybbe med halvsirkel tannstang	Nivellering med kule og skål	Nivellering ved nedfelling av sideflater
Beltedrift	X	X	O	O	X	O
Hjuldriфт	X	X	O	O	X	O

## Opsjon– falldemping

Falldemping↓	Beltedrift	Hjuldriфт
Fallskjerm	X	X
Luftpute	O	O
Elastomer	X	X
Oljedemping	X	X
Luftdemping	X	X
Magnetisk demping	X	X
Celleplast	X	X
Luftdemper med elastomerbase	X	X
Luftpute og celleplast	O	O
Demping ved sideflater	O	O



## Opsjon– mekanisk kapsling

Fremdrift↓	Pyramideform	Åpen ramme	Utskytende sideflater	Sirkulær pyramideform
Beltedrift	0	X	N/A	X
Hjuldrift	0	X	N/A	X

## Batterityper-Opsjon

Batterityper↓	Beltedrift	Hjuldrift
Litium-Ion	X	X
Litium-Polymer	X	X
Alkaliske	0	0
Nikkel-Kadmium	0	0
Nikkel-Metalhydrid	0	0

## Batterityper-Batterisystemer

Batterityper↓	Oppladbar	Innsetting	Fast montert
Litium-Ion	X	0	X
Litium-Polymer	X	0	X
Alkaliske	X	X	0
Nikkel-Kadmium	X	X	0
Nikkel-Metalhydrid	X	X	0

## Falldemping-Falldeteksjon

Falldemping↓	Akselerometer	Optisk deteksjon	Ultralyd
Fallskjerm	N/A	N/A	N/A
Luftpute	X	0	X
Elastomer	N/A	N/A	N/A
Oljedemping	N/A	N/A	N/A
Luftdemping	N/A	N/A	N/A
Magnetisk demping	X	0	X
Celleplast	N/A	N/A	N/A
Luftdemper med elastomerbase	N/A	0	N/A
Luftpute og celleplast	X	0	X
Demping ved sideflater	N/A	N/A	N/A



## 10 Referanser

---

- [1] NASA, *Spacecraft: Lander*, [http://mars.nasa.gov/mer/mission/spacecraft\\_edl\\_lander.html](http://mars.nasa.gov/mer/mission/spacecraft_edl_lander.html), 28.01.2015
- [2] Diago Tomono, *Mars Sojourner Rover Model*, [http://www.flickr.com/photos/d\\_tomono/5417460702/](http://www.flickr.com/photos/d_tomono/5417460702/), 28.01.2015,
- [3] Crew space transportation (CST) - 100 Overview, <http://www.boeing.com/boeing/defense-space/space/ccts/index.page>, 14.01.2015,
- [4] BLM Nevada, *Post test inspection*, <https://www.flickr.com/photos/blmnevada/7091257463>, 28.01.2015,
- [5] Henning Johansen, *Materialet aluminium*, <http://materialteknologi.hig.no/Materiallare/arbeidsplan/lettmetaller/Al-Al-legeringer/Materiallaere-aluminium-forelesningnotater-IDT-TDL.pdf>, 29.01.2015,
- [6] Torstein Årtun, *Glassfiber*, <https://snl.no/glassfiber>, 26.01.2015
- [7] Sven Ore, *Karbonfiber*, <https://snl.no/karbonfiber>, 26.01.2015



KONGSBERG

---



12

# Rapport systemløsning



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	12.05.2015	Henrik Solberg	Henrik Solberg
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

**Sammendrag:**

Den 06.02.2015 ble det avholdt gruppemøte, der valg av overordnet systemløsning skulle avgjøres. Systemet er delt inn i undersystemer, og fokuset ved møtet ble rettet inn mot de 3 viktigste undersystemene falldemping, mekanisk kapsling og nivellering. Disse 3 systemene blir formgivende faktor for resten av undersystemene.

I møtet ble det avgjort en løsning der den mekaniske kapslingen er formet som en 4 sidet pyramide, der sideveggene feller ned lavere enn grunnflaten, og demper systemet ned til alle sideveggene ligger horisontalt med grunnflaten. Ytterligere dempere sitter montert fra grunnflaten, opp til en nivelleringskrybbe.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Valg av systemløsning .....	3
2.1	Mekanisk kapsling og falldemping .....	3
2.2	Falldemping .....	4
2.3	Nivellering og ytterligere falldemping.....	5
3	Grunnlag for valg .....	6
4	Konklusjon .....	7

## Figuroversikt

<i>Figur 1: Illustrasjon av enheten i fall, kontakt med underlag, ferdig neddempet. ....</i>	<i>3</i>
<i>Figur 2: Skisse av system.....</i>	<i>4</i>
<i>Figur 3: Skisse av budsjett for demping.....</i>	<i>4</i>
<i>Figur 4: Skisse av hvordan nivellering skal utføres.....</i>	<i>5</i>





# 1 Innledning

SDS's utviklingsgruppe har utarbeidet dokumenter der ulike konsepter innenfor de forskjellige undersystemer gjøres rede for. Den 06.02.2015 ble det avholdt gruppemøte (#326), der valg av systemløsning skulle avholdes. Systemvalget er prioritert rundt det maskintekniske, ettersom den elektrotekniske løsningen i stor grad er avhengig av dette valget. Denne rapporten skal gjengi de betraktninger og valg gjort i dette møtet.



## 2 Valg av systemløsning

Alle SDS's gruppemedlemmer var deltakende i møtet. Møtet omhandlet konseptutforskninger og kompatibilitetstabeller (#127) bygger opp under pugh-matriser (#115 til #121) som grunnlag for systemvalg. Prioritert først var mekanisk kapsling, ettersom denne er blant de viktigste elementene som setter restriksjoner for de andre systemene. Deretter kunne falldemping og nivellering bestemmes.

### 2.1 Mekanisk kapsling og falldemping

Valget av kapslingskonsept (#119) falt på en 4-sidet pyramideform, som åpner sideflatene sine om hengsler ved grunnflatens sidekanter. Konseptet har ikke den høyeste kompatibilitet med andre undersystemer, men er kompatibelt med de undersystemene som ble sett på som mest aktuelle.

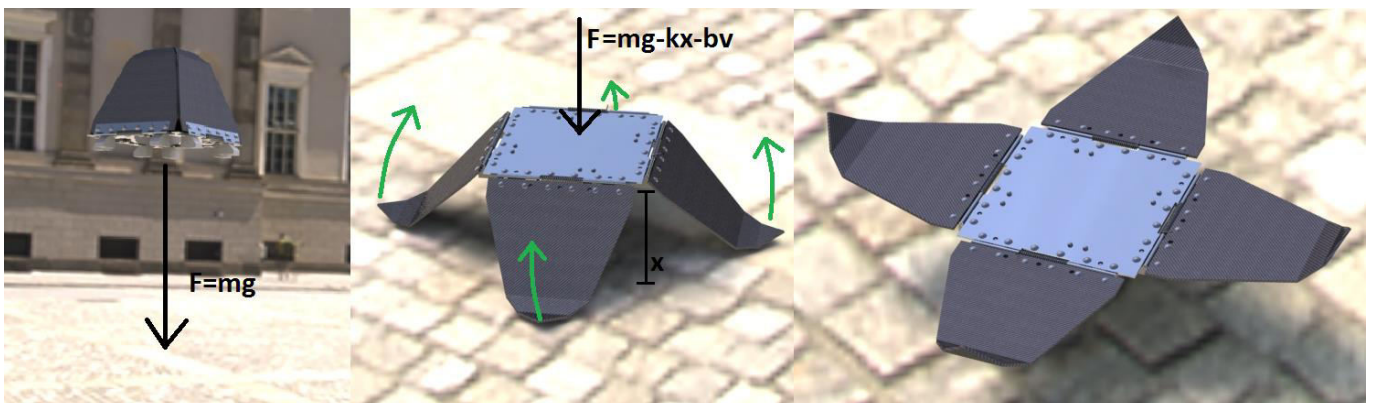
Sideflatene skal felle ned lavere enn grunnflaten før utsetting, og fungere som understell for enheten. Sideflatene er fjærbelastet ut fra senter av grunnflaten til systemet, og vil felle ut og ned mot stoppere, slik at alle sideflater blir stående i samme gitte vinkel mot grunnflaten. Når systemet treffer bakken, med fullt nedfelte sideflater, vil sideflatene treffe bakken først, og bruke fjærkraften sin til å dempe resten av systemet ned mot bakken. Dette krever at friksjonen mellom sideflatenes kontaktpunkt og underlaget ikke er for høy, slik at fri bevegelse parallelt med underlaget er mulig. Hvis dette ikke oppnås, vil ikke systemet klare å dempe jevnt, siden det mister en eller flere frihetsgrader.

Sideflatene bør ta opp 60-85% av den totale dempingen.

Materiale for kapslingen endte med 3 alternativer:

- a. Karbonfiber
- b. Aluminium
- c. Polykarbonat

Disse 3 materialene (#120) vil utforskes videre, med bakgrunn i vektbudsjett. (#113)



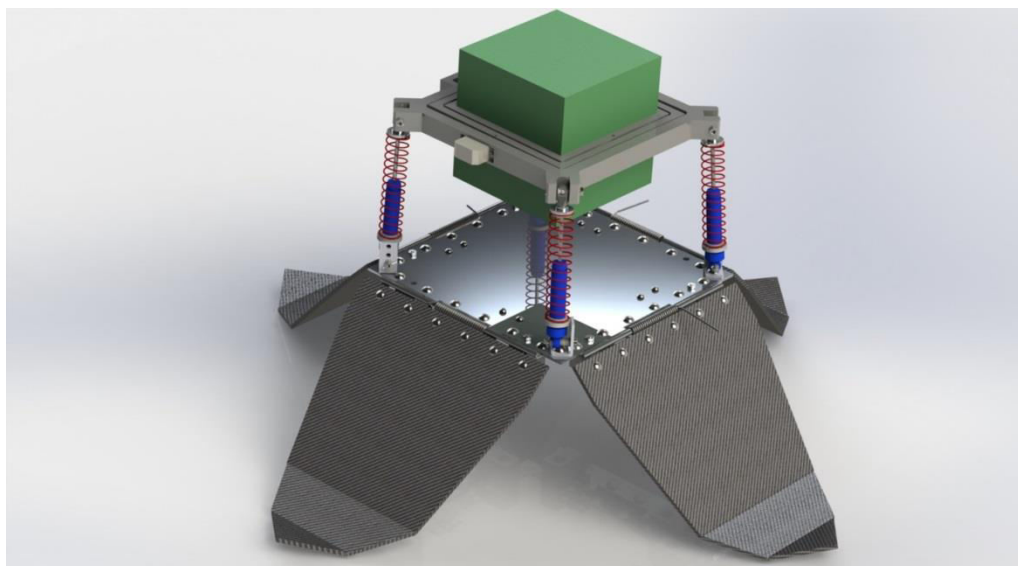
Figur 1: Illustrasjon av enheten i fall, kontakt med underlag, ferdig neddempet.



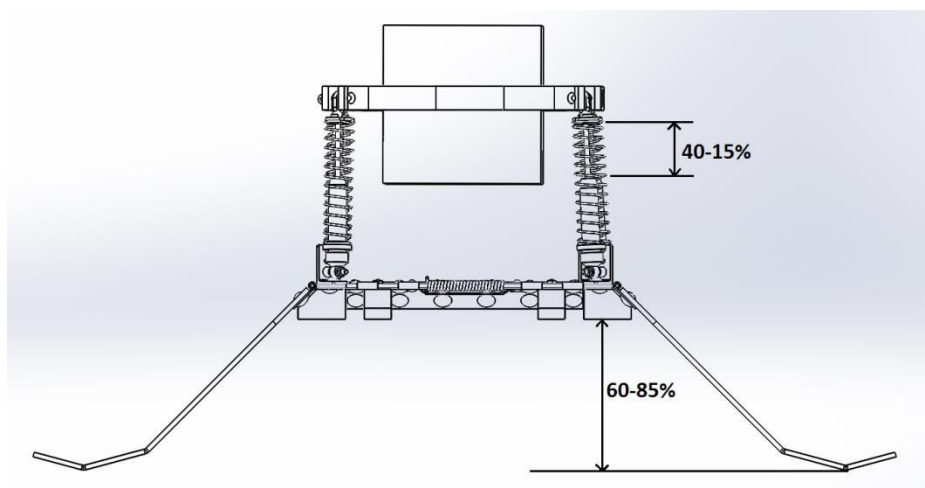
## 2.2 Falldemping

Falldempingen blir en hybridløsning med 3 elementer.

Den største slaglengden vil tas opp av de nedfellende sideflatene. Ytterligere slaglengde vil oppnås med hydrauliske dempere mellom kapslingens grunnflate, og nivelleringskrybben. Beskyttelse mot sjokkbelastning vil være celleplast mellom grunnflate og underkant av krybbe, og mellom krybbe og sensor.



Figur 2: Skisse av system.

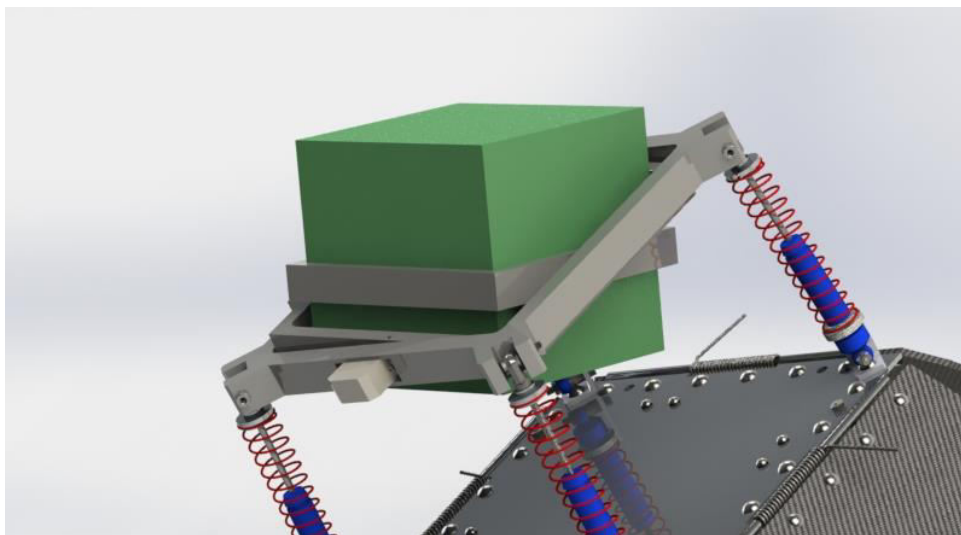


Figur 3: Skisse av budsjett for demping.



## 2.3 Nivellering og ytterligere falldemping

Nivellering skal skje med en trippel krybbe hvor sensor er festet sentrert i innerste krybbe. De to innerste krybbene roterer om perpendikulære ( $\perp$ ) akser parallelt med grunnflaten, hvor hver akse drives av en servo eller steppermotor. Den ytterste krybben fungerer som montasje for de to andre krybbene og nødvendig elektronikk, se figur 4.



Figur 4: Skisse av hvordan nivellering skal utføres

Hele nivelleringssystemet er opplagret på oljefylte dempere med spiralfjærer, slik at støtdempingen økes ytterligere. På grunnflaten, under nivelleringssystemet sitter det celleplast, som skal beskytte mot sjokk ved full kompresjon av dempere. Celleplasten er nødvendig i denne applikasjonen, siden dempere i denne skalaen ikke har noen progressiv fjærrate mot slutten av vandringen. Spiralfjæren er lineær, mens oljedempingen er hastighetsavhengig. Uten celleplast som motstand når demperne har brukt opp vandringen, vil det potensielt bli en brå akselerasjon når demperne er fullt trykt sammen. Bruken av celleplast er uavhengig av om nivelleringskrybbe bunner ut mot grunnflate, eller om vandringen tar slutt internt i dempere. Det sitter også celleplast mellom den innerste ramme og sensor, også dette for å redusere små sjokkbelastninger.

De hydrauliske støtdemperne bør kunne ta opp opptil 30% av total demping.

Valget av dette undersystemet er fordelaktig, ettersom nivelleringssystemet kan være opphengt i dempere, alle de andre former for nivellering som ble vurdert vil ikke kunne dette.



### 3 Grunnlag for valg

Mange konsepter ble valgt bort i møtet (#326). I denne delen kommer en kortfattet begrunnelse av hvorfor disse konseptene ble valgt bort.

Disse konseptene kan leses mer om i de respektive konseptutforskninger.

#### Mekanisk kapsling

- Åpen ramme: En åpen rammeløsning vil utnytte plassen godt, men vil kreve et separat system som kan heve sensor ut av rammen, for å sikre fri sikt. Med et allerede begrenset vektbudsjett, ønskes det å minimere antall systemer, og aller helst kunne sammenslå systemer der det er mulig.
- Utskytende sideflater: Valgt bort av hovedsakelig samme grunn som for åpen ramme. Utskytende sideflater vil også ha svært komplekst system for falldemping, og risikoen ved å gå for dette konseptet er for stor, når utviklingstiden er så liten.
- Sirkulær pyramideform: Også denne krever separat hevemekanisme for sensor. Sirkulær pyramideform vil også være krevende å produsere, liten valgfrihet innen falldemping og utnytter plass svært dårlig.

#### Falldemping

- Fallskjerm: Vil ikke være effektiv nok fra 1 meter, kan velges bort av denne grunn.
- Luftpute: Etter flere undersøkelser anses det som ikke gjennomførbart å bruke luftpute for demping. Det er så stor demping som skal til for å senke akselerasjonen til 5g, at luftputen vil være avhengig av sprengplater eller regulerbare ventiler for å gjøre slaglengden stor nok og dempingen lineær nok.
- Elastomer: Det vil ikke oppnås stor nok slaglengde med elastomerer, med mindre sensor blir opphengt i strikk, det vil føre til unødvendig mye kompleksitet for de andre systemene, derfor er det valgt bort.
- Luftdemping: Vil kreve 100% spesiallaget system, grunnet tid og kostnad er det valgt bort.
- Magnetisk demping: Ikke gjennomførbart innen denne tidsperioden.

#### Nivellering

- Justerbare støtteben: Metoden vil bruke opp mye høyde og kreve mange servomotorer.
- Firkantet krybbe med halvsirkel tannstang: Sett opp mot firkantet krybbe med rotasjon om midtpunkter, vil tannstang ta opp for mye plass, og kreve mer intrikat maskinering.
- Kule og skål: For mye spesialmaskinering, for lite dempingsmulighet og bygger mye i høyde.



## 4 Konklusjon

SDS vil konstrueres som en 4-sidet pyramide, som bruker sideflatene sine til å dempe fallet, ved å felle de ned så de oppnår negativ vinkel mot systemets grunnflate.

Nivellering vil skje med et trippelt krybbesystem, opplagret på hydrauliske dempesylindre.

Valget var enstemmig vedtatt, og SDS går videre med løsningen når designfasen inntres. Prototyper vil fremstilles innen kort tid, for å bevise konseptet.

Basert på denne løsningen er det utformet budsjetter(#112) (#113) (#122) for å bistå til å overholde relevante krav til systemløsning.



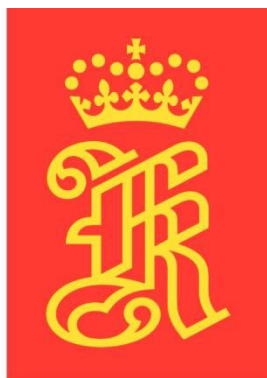
KONGSBERG

---



13

# Iterasjonsdokument



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	13.05.2015	Espen J. Tangstad	Henrik Solberg
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

**Sammendrag:**

ette dokumentet tar for seg alle betraktninger prosjektgruppa gjorde seg under de tre prototypeiterasjonene. Dette innebærer all dokumentasjon fra systemløsningen ble valgt og første prototype konstruert og dokumentert, til siste prototype som ligger til grunn for produksjonsmodellen som presenteres for kunden. Det er viktig å bemerke seg at det ikke ligger til grunn noe skriftlig designunderlag for prototype *beta* og *charlie*. Dette fordi rapport fra foregående iterasjon legger de føringer og designendringer som er nødvendig for å gjennomføre neste prototype. For detaljerte tekniske skjemategninger henvises det til vedlagt DVD.





# Innholdsfortegnelse

1	Prototype alfa.....	3
1.1	Underlag falldemping.....	3
1.2	Underlag mekanisk kapsling.....	5
1.3	Underlag nivellering.....	8
1.4	Underlag styresystem.....	14
1.5	Testrapport prototype alfa .....	16
2	Prototype beta .....	28
2.1	Testrapport prototype beta.....	28
3	Prototype charlie .....	36
3.1	Underlag utløser.....	36
3.2	Rapport charlie.....	42
4	ECN Beta til produksjonsmodell .....	46
5	Referanser .....	49



## Figuroversikt

Figur 1: 110mm aluminiums demper.....	4
Figur 2: Sidevegg.....	5
Figur 3: Sidevegger, lukket.....	5
Figur 4: Sidevegger, utfoldet .....	5
Figur 5: Fjær.....	6
Figur 6: Illustrasjon av hengsler .....	7
Figur 7: Endestopper 30 grader.....	8
Figur 8: Illustrasjon av stor landingsflate .....	8
Figur 9: Nivelleringsystem.....	9
Figur 10: 20° utslag i X og Z akse.....	10
Figur 11: Indre krybbe.....	11
Figur 12: Midtre krybbe .....	12
Figur 13: Ytre ramme .....	13
Figur 14: S3115 servo .....	14
Figur 15: ADXL203 .....	14
Figur 16: Arduino Nano V3 .....	15
Figur 17: Nivelleringsystem .....	17
Figur 18: Innfelt servomotor.....	18
Figur 19: Aksel-ende.....	19
Figur 20: Konfigurasjon for test av dempere.....	19
Figur 21: Første dempebrakett .....	20
Figur 22: Andre dempebrakett.....	21
Figur 23: SolidWorks, mekanisk kapsling.....	21
Figur 24: Prototype, mekanisk kapsling utslått. ....	22
Figur 25: Prototype, sideflater forsøkt oppspennet i transportkonfigurasjon.....	23
Figur 26: Prototype alfa, endestoppere. ....	24
Figur 27: Testing av nivelleringsystem.....	25
Figur 28: Dempesekvens.....	30
Figur 29: Systemet i transportstørrelse .....	31
Figur 30: Dempersystem.....	32
Figur 31: Endestopper .....	33
Figur 32: Utløserhåndtak .....	37
Figur 33: Låsekroner i inngrep med utløser .....	37
Figur 34: Simulering av avbøyning på armene .....	38
Figur 35: Simulering av spenninger .....	39
Figur 36: Illustrasjon av sammenstilling.....	40
Figur 37: Utløserpinne.....	40
Figur 38: Låseskive.....	40
Figur 39: Snitt som viser sammenstilling av låsearm og fjærer .....	41
Figur 40: Låsekroner .....	44
Figur 41: Utløser.....	44
Figur 42: Låsekjefter og fjærer .....	45



# 1 Prototype alfa

---

## 1.1 Underlag falldemping

Dette dokumentet beskriver valg av designløsninger for den første prototypen med tanke på falldemping inne i kapslingen. Som underlag for dette dokumentet er rapport for valg av systemløsning (#110).

I kravspesifikasjon (#207) er det krav om at sensoren ikke skal utsettes for mer enn 5g i noen akser under deployering fra 1 meter. For å oppnå dette anvendes en hybridløsning med 3 elementer. Ett av disse elementene er å dempe fallet ved benyttelse av sideflatene til den mekaniske kapslingen. Dette dempesystemet blir ikke tatt for seg i dette dokumentet, men istedenfor i dokument for mekanisk kapsling (#503). Derimot de 2 andre løsningene for demping av sensor blir gjennomgått i dette dokumentet.

I henhold til vektbudsjett (#111) og volumbudsjett (#122), må dempesystemet være relativt kompakt og lett i vekt.

### Overordnet design

Demping av sensor inne i mekanisk kapsling skal hovedsakelig skje ved benyttelse av 4 hydrauliske dempere. Sensor skal plasseres i en dobbel krybbe som er opphengt i en ytre ramme. Demperne skal monteres i denne ytre rammen og ved braketter på bunnplaten. De skal i hovedsak dempe sensor, men vil også dempe nivelleringskrybbe og elektriske komponenter som er planlagt å montere på underside av nivelleringskrybbe.

### Dempere

Det vil anvendes hydrauliske dempere som blir benyttet i radiostyrte nitrobiler. Dette fordi slike dempere er lette å få tak i, billige, lette å modifisere og finnes i utallige dimensjoner.

Med hensyn til volumbudsjettet ble det valgt dempere med lengde på 110mm målt fra senter til senter på monteringshullene og en ytre diameter på 18 mm [1]. Hver demper veier 26 gram og er derfor også innenfor retningslinjene til vektbudsjettet.

Fra rapport om valg av systemløsning står det at sideflatene til den mekaniske kapslingen skal stå for 60-85% av den totale dempningen. Det er derfor nødvendig at demperne opptar de resterende 15-40% med demping. Demperne har en total dempelengde på 37 mm. De har mulighet for justering for å oppnå optimal demping. Det følger med 2 sett med trykkfjærer med forskjellig fjærkonstant. Spennet til fjærene kan justeres ved en justeringsmutter. Det følger ikke med noe demperolje, det er derfor hensiktsmessig å først prøve med en demperolje på 5 WT. Om dette ikke gir ønskede demperegenskaper vil det eventuelt anvendes en tykkere eller tynnere olje. Et alternativ er også å borre større hull i stempelet.



Grensesnitt:

- Monteringsbrakett på bunnplate
- Ytre ramme for nivelleringskrybbe



*Figur 1: 110mm aluminiums demper*

## Celleplast

I tillegg til benyttelse av dempere vil det benyttes celleplast på bunnflaten under sensor. Dette gjøres for å ha ekstra demping i tilfellet at demperne går hele dempelengden og påfører sensoren et støt. Dette er ønskelig ikke bare for å verne sensor, men også krybbe og de elektriske komponentene som blir plassert under krybba. For optimal demping skal det anvendes en veldig myk celleplast med eggeformet overflate på den ene siden.



## 1.2 Underlag mekanisk kapsling

Dette dokumentet beskriver valg av designløsninger på den første prototypen av den mekaniske kapslingen. Her er også en del av dempingen integrert i kapslingen. Modellen er tegnet i SolidWorks og hensikten med dokumentet er å beskrive hvorfor designet er gjort som det er.

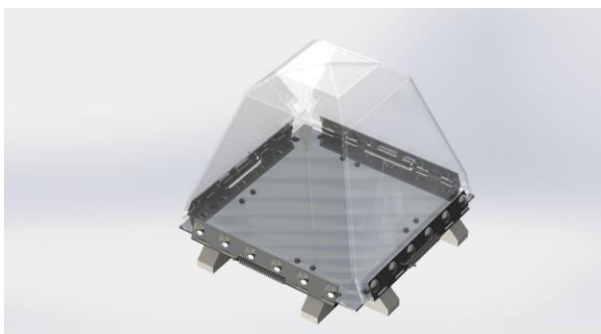
### Design

#### Sidevegger

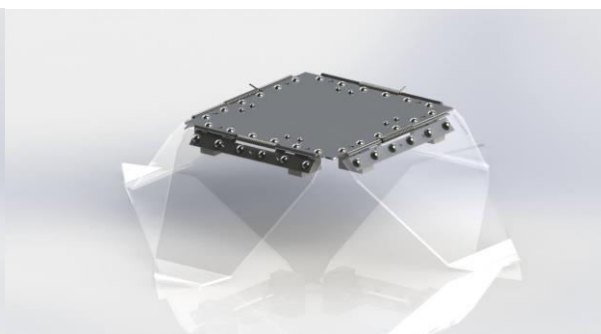


*Figur 2: Sidevegg*

Sideveggen på modellen er laget av polykarbonat. Dette er et relativt lett materiale og det tåler mye i forhold til vekten. I pugh-matrisene (#120) var det karbonfiber som kom best ut. Det ble likevel valgt å bruke polykarbonat fordi dette bare er for å bevise om konseptet fungerer, og polykarbonat er billigere og lettere å jobbe med.



*Figur 3: Sidevegger, lukket*



*Figur 4: Sidevegger, utfoldet*

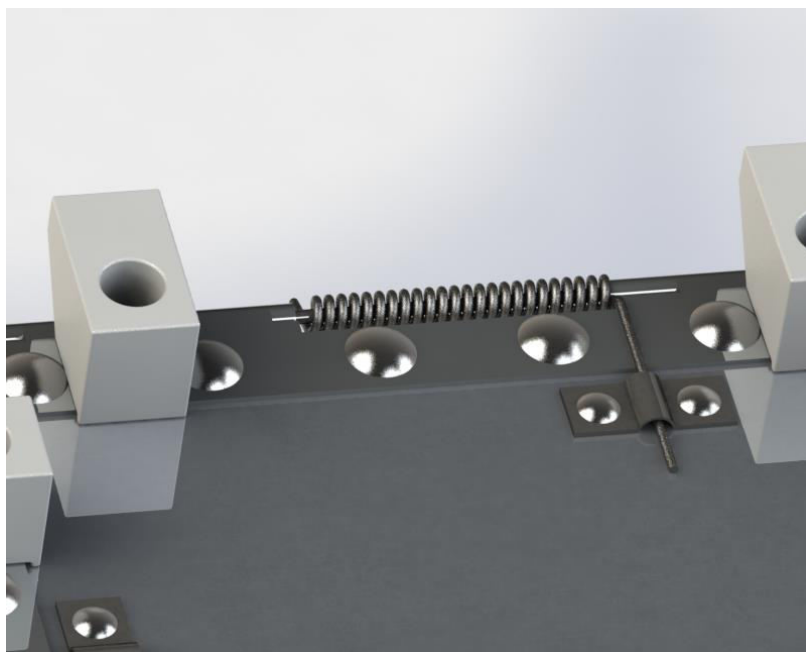


Ideen er at sideveggene skal slippes ut før systemet slippes slik at de går under bunnflaten på systemet. På denne måten vil de bidra til å dempe systemet ca. 100mm ved hjelp av torsjonsfjærer festet til bunnflaten og sideflatene. Dette hjelper oss med å oppnå krav om falldemping (#207). På grunn av dette ble det valgt å bøye sideflatene på toppen. Ideelt ville disse sideflatene vært avrundet med en jevn radius. Da ville de gli best mot underlaget systemet blir sluppet mot. I dette tilfellet ble sideflatene knekt på to steder, dette er lettere å få til og gir et lignende resultat. På sluttproduktet vil disse være knekt på flere steder eller tilvirket med en jevn radius. Annet en kravet til demping vil dette designet oppfylle krav om fri sikt på de øverste 30mm.

Sideveggene er designet med en høyde og bredde slik at krav om transportstørrelse overholdes.

## Fjærer

Fjærene er 4 stykk torsjonsfjær med en diameter på 5mm og 2mm tråddiameter montert på hver sideflate. Dette er hyllevare og stivheten kan justeres etter hvor mye fjærene blir forspent. På denne måten er det lett å justere hvis de er for stive eller for myke for å dempe systemet.

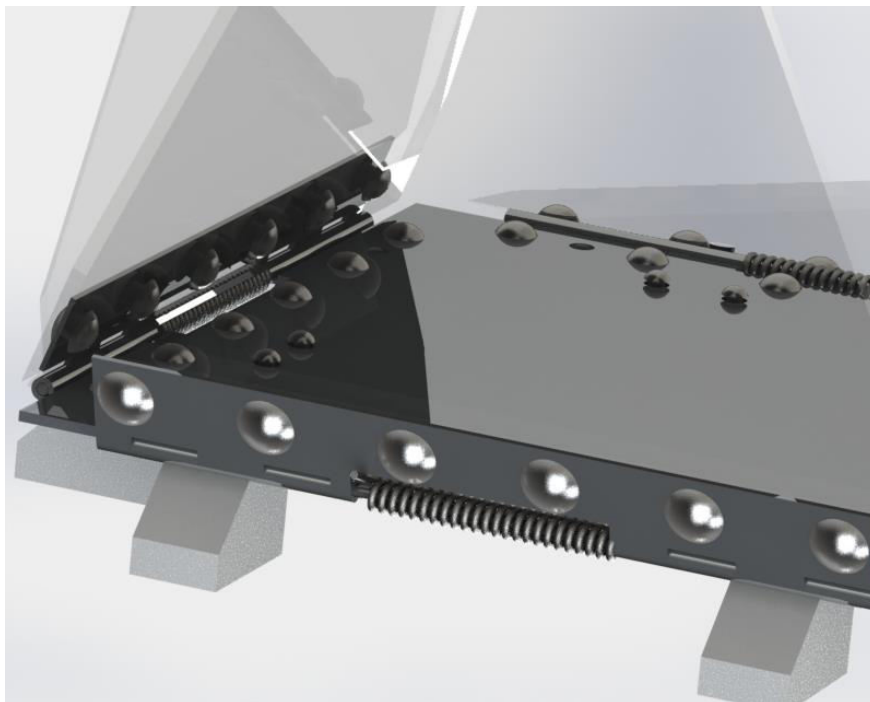


Figur 5: Fjær



## Hengsler

Hengslene er hyllevare. Akselen til hengselen er 2mm. Det er nødvendig med hengsler som gjorde at sideveggen satt så nærme bunnplaten som mulig. Ved bruk av korte hengsler vil det bli større belastning på hengselen enn ved bruk av lange hengsler og med 2 mm aksel måtte det brukes en lang hengsel. Hengselen ble også festet på 5 steder for å unngå konsentrerte belastninger enkelte steder på hengselen.



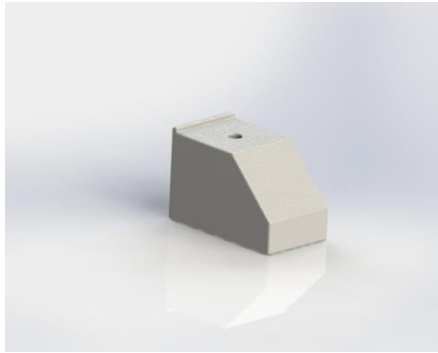
*Figur 6: Illustrasjon av hengsler*

## Bunnplate

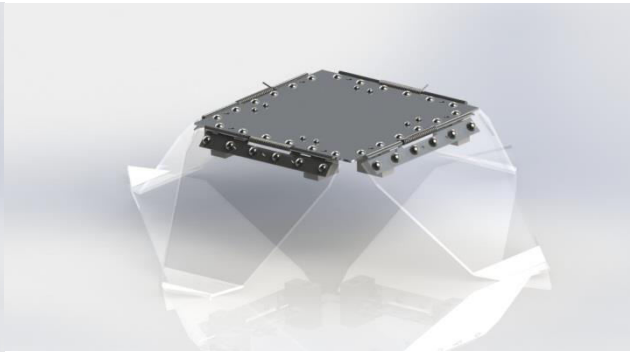
Bunnplaten er laget i aluminium. Det er denne som får størst belastning når vandringen på dempingen er har nådd bunnen. Tanken med dette systemet er at sideveggene skal ta den første delen av vandringen og det er montert dempere på nivelleringsystemet inne i kapslingen som tar seg av resten av sjokket. Dette vil medføre at bunnflaten påføres en del belastning i det den treffer bakken og derfor velges aluminium.

## Endestoppere

Det ble montert endestoppere på undersiden av bunnflaten for å unngå at sideflatene skulle rotere for langt under kapslingen. Vinkelen på endestopperne ble konstruert med en vinkel på 45 grader. Dette fordi det vil gi en stor bunnflate å lande på og en god vandring på dempingen.



*Figur 7: Endestopper 30 grader*



*Figur 8: Illustrasjon av stor landingsflate*

Det har også blitt konstruert endestoppere med en vinkel på 60 grader. Dette vil gi en lengre vandring til dempingen, men vil gi et mindre stabilt system. Dette må prøves på prototypen og optimaliseres etter krav om operasjonshelning og krav om falldemping.

## 1.3 Underlag nivellering

Hensikten med dette dokumentet er å gi et grunnlag for hvordan designet av nivelleringssystemet skal utformes. Som underlag for dokumentet ligger rapport om valg av systemløsning (#110).

I kravspesifikasjon (#207) ligger det krav til utslag og nøyaktighet på nivellering, med maksimalt utslag  $20^\circ$  (i både X – og Z-akse), og nøyaktighet  $\pm 2^\circ$  mot horisontalplanet.

I henhold til vektbudsjett (#111) og volumbudsjett (#122), må nivelleringssystemet være nokså kompakt, og lett i vekt.





## Overordnet design

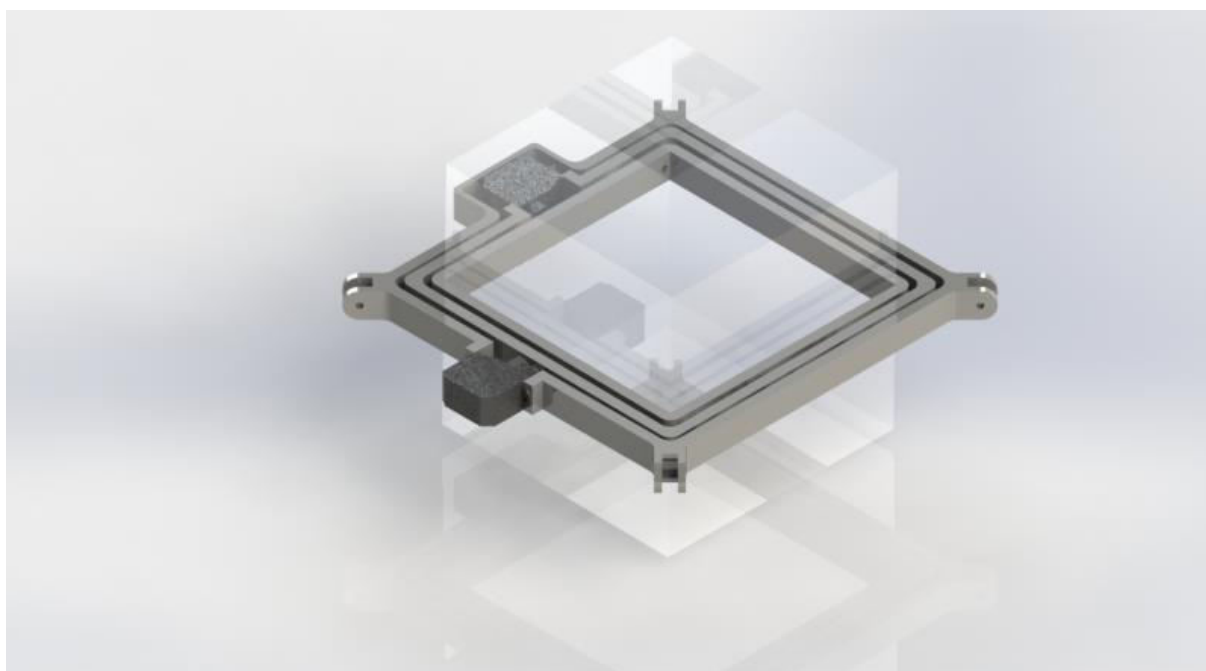
Nivellering av sensor skal skje ved hjelp av en dobbel krybbe, opphengt i en ytre ramme. Den ytre rammen skal sitte montert på 4 stk. hydrauliske dempere med spiralfjærer, disse monteres mot bunnflate med egne braketter.

Den doble krybben skal stå for selve nivelleringen. Hver av de 2 krybbene forbindes med en servomotor, som står aksialt med rotasjonsaksen til krybben. På denne måten vil krybbepakka kunne nivelleres om både X – og Z-akse.

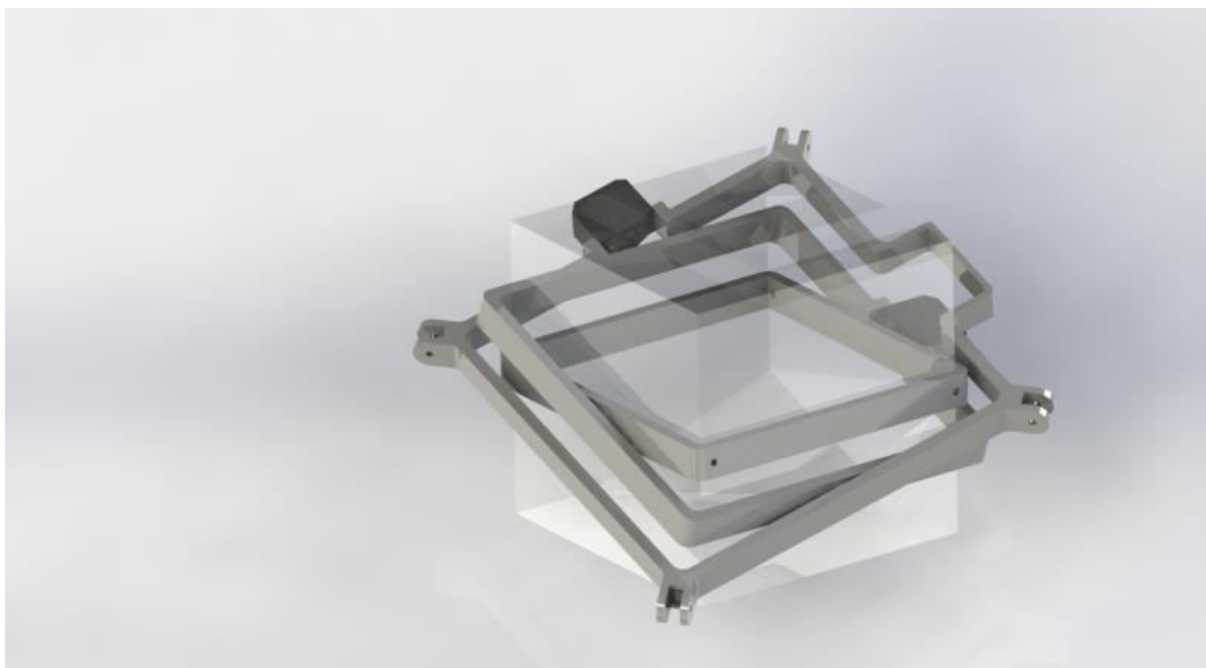
De hydrauliske demperne skal bidra hovedsakelig til falldemping, og omtales derfor ikke i dette dokumentet, siden dette dokumentet skal gi grunnlag for nivelleringssystemet isolert. Grensesnittet mellom hydrauliske dempere og ytre ramme redegjøres for i dette dokumentet.

De 3 hoveddelene av nivelleringssystemet (indre krybbe, midtre krybbe og ytre ramme) skal produseres i POM C for prototype alfa.

I henhold til underlag for styresystem (#502) skal servomotor være av typen Futaba S3114 [2].



Figur 9: Nivelleringssystem



Figur 10: 20° utslag i X og Z akse

## Design, indre krybbe

Den innerste krybbe skal rotere om X-akse, og også fungere som montasjeramme for sensor.

Grensesnitt:

- Indre krybbe mot sensor
- Indre krybbes akseltapp mot servomotor (X-akse)
- Indre krybbes akseltapp mot midtre ramme

Sensorens mål er i henhold til kravspesifikasjoner 100x100x100mm. Det er ikke oppgitt geometriske toleranser eller lagt ved 2D tegninger av den aktuelle sensor. Derfor skal monteringsflatene i indre krybbe mot sensor freses med en liten klaring, sensor vil da ha noe glapp. Glappet mellom sensor og krybbe skal tas opp av 4-8 setskruer i størrelse M3, disse vil sørge for at sensor er stabilt opphengt i krybbe, samtidig som de gir justeringsmulighet for å kompensere for potensielt ulikt tyngdepunkt på dummy-sensor og virkelig sensor.

Langs X-akse skal det stikke akseltapper ut fra krybbe, der én ende skal ligge opplagret i midtre krybbe, og den andre enden skal sitte montert mot akseltapp som kommer ut fra servomotor. Akseltappen på servomotor har målene D5xH3mm med et 2mm senterhull. Akseltappen fra indre krybbe må derfor ha en 5mm boring, 3mm dyp og med et 2mm senterhull. Fra innsiden av krybbe skrues en 2mm skrue inn i akseltappen på servomotor. Akseltappen fra krybbe bør ha et visst inngrep dybdemessig mot akseltapp fra servo.

Fra motsatt side av krybben skal det være akseltapp som opplagres i midtre krybbe. Denne lages i samme ytre diameter som akseltapp mot servomotor, men trenger ikke senterhull. Utstikket må være tilstrekkelig for å monteres i flukt med ytterflaten til midtre krybbe.



Setskruene for å stabilisere sensor bør plasseres så nært sensorens ytterkanter (x/z-retning) som mulig, dette for å øke setskruens holdekraft.



Figur 11: Indre krybbe

## Design, midtre krybbe

Den midtre krybben skal rotere om Z-akse, og fungere som montasje for den indre krybben, mens den selv står montert mot den ytre rammen.

Grensesnitt:

- Akseltapp fra indre krybbe mot midtre krybbe
- Montasje for servomotor (X-akse) i midtre krybbe
- Akseltapp fra midtre krybbe mot ytre ramme
- Akseltapp fra midtre krybbe mot servomotor (Z-akse)
- Klaring mellom indre og midtre krybbe må være tilstrekkelig for å oppnå opptil 20° vinkelutslag, gitt av krav 3.1.1.20

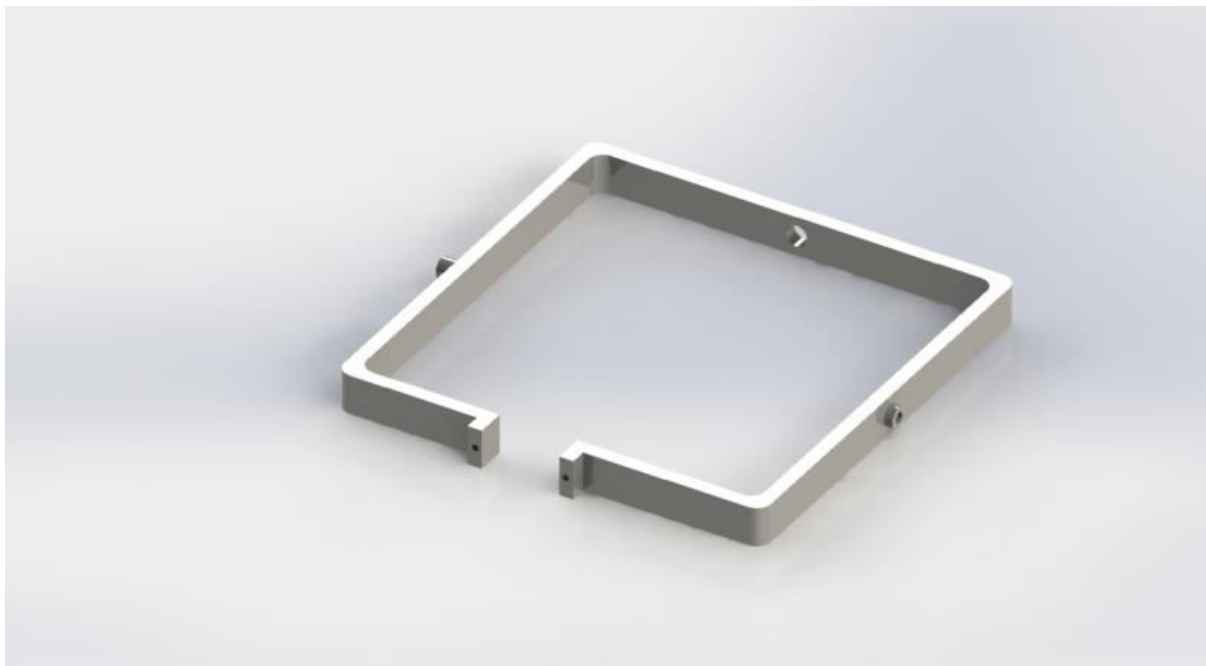
Hullet i midtre krybbe der akseltapp fra indre krybbe skal opplagres må være i samsvar med diameteren til akseltappen.

Servomotoren som skal rotere indre krybbe, skal fungere som en modul av midtre krybbe. Det skal da være passende åpning i krybben, der servomotoren monteres inn og blir en del av krybbens integritet og stiver av. Denne åpningen må være i henhold til servomotorens ytre mål.

Begge akseltappene som skal stikke ut fra midtre krybbe, skal konstrueres på samme måte som tappene fra indre krybbe.



Mellom indre og midtre krybbe må det være nødvendig lysåpning for å kunne rotere indre krybbe  $\pm 20^\circ$ , avstanden mellom innerflatene i midtre krybbe må derfor minimum være like stor som diagonalen fra øvre ytterkant til nedre ytterkant motsatt side på indre krybbe.



Figur 12: Midtre krybbe

## Design, ytre ramme

Den ytre rammen skal fungere som montasje for midtre krybbe og servomotoren som skal drive midtre krybbe (Z-akse). Den skal også være opplagret på 4 stk. hydrauliske dempere.

Grensesnitt:

- Akseltapp fra midtre krybbe mot ytre ramme
- Montasje for servomotor (Z-akse) i ytre ramme
- Montasje for øvre endelegg av hydrauliske dempere mot ytre ramme
- Utsparring for servomotor (Z-akse)
- Klaring mellom ytre ramme og midtre krybbe må være tilstrekkelig for å oppnå opptil  $20^\circ$  vinkelutslag, gitt av krav 3.1.1.20.

Hullet i ytre ramme der akseltapp fra midtre krybbe skal opplagres må være i samsvar med diameteren til akseltappen.

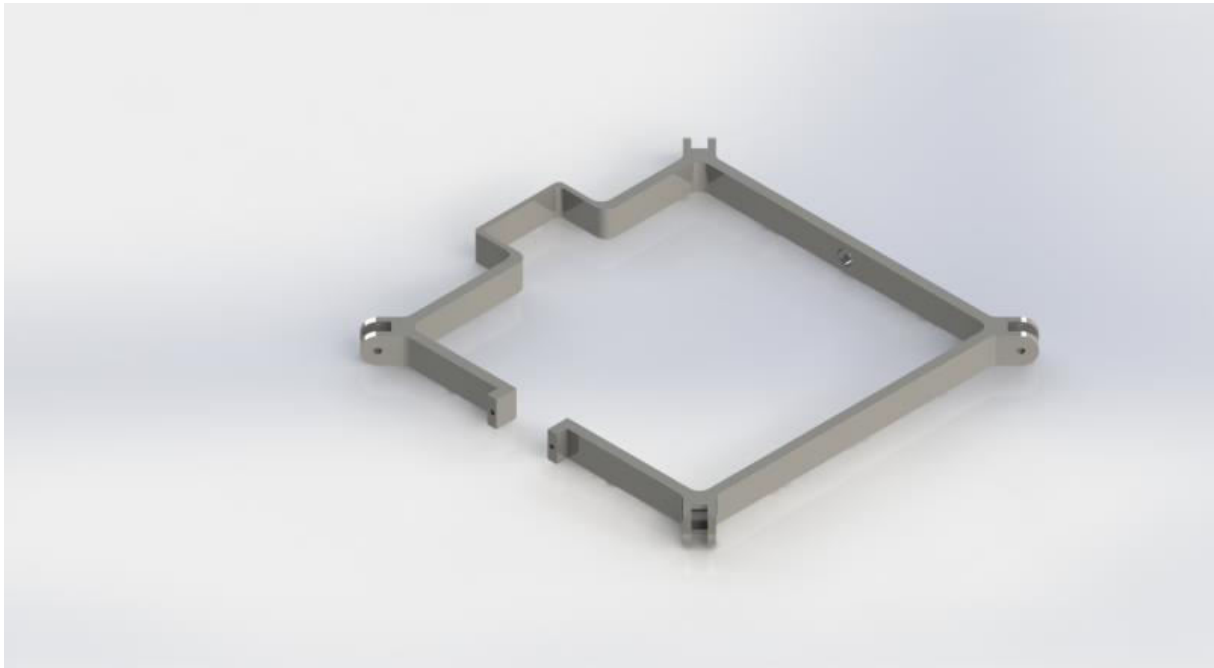
Mellom midtre krybbe og ytre ramme må det være nødvendig lysåpning for å kunne rotere midtre krybbe  $\pm 20^\circ$ , avstanden mellom innerflatene i ytre ramme må derfor minimum være like stor som diagonalen fra øvre ytterkant til nedre ytterkant motsatt side på midtre krybbe.

Servomotoren som skal rotere midtre krybbe, skal fungere som en modul av den ytre ramme. Det skal da være passende åpning i ramma, der servomotoren monteres inn og blir en del av rammens integritet og stiver av. Denne åpningen må være i henhold til servomotorens ytre mål.



De hydrauliske dempernes øvre endeled skal monteres i hvert hjørne av den ytre rammen. Monteringsbrakettene må derfor samsvare med målene på endeledet. Brakettene står i hvert hjørne i stedet for på sideflater, siden servomotorene som skal drive krybbene tar opp plass på den to av sideflatene.

Servomotoren som skal drive indre krybbe skal gjøres plass til i geometrien til den ytre ramma. Det må her lages en «lomme» den utstikkende delen av servoen passer inn i, og som er stor nok til at servoen også kan roteres om Z-akse.



*Figur 13: Ytre ramme*



## 1.4 Underlag styresystem

Dette dokumentet danner underlag for elektronisk regulering, styring, databehandling samt batterisystemer for alfa prototyp av systemløsningen.

### Design

I samsvar med beslutningen om systemløsning (#110) er det nødvendig med to servoer for nivellering av krybbe, høyoppløselig 2-aksers helningssensor for regulering av servoer og et akselerometer med høyt spenn for støttdeteksjon i alle akser. Dette skal danne et grunnlag for å teste minimumskravene satt i kravspesifikasjonene (#207) under første test av undersystem.

### Nivellering av krybbe

Valget av servo over f.eks. steppermotor eller DC-motor er grunnet plassbesparelse i henhold til volumbudsjett (#122) og vekt i henhold til vektbudsjettet (#111). Servoer kan bestilles i et stort utvalg av størrelser og er derfor ideell til bruken. Med valget av servo er det bevisst at systemet nødvendigvis ikke får ett godt passivt holdemoment på krybba som kan føre til at krybba blir ustabil når den utsettes for utvendige krefter.

Kriterier for servo:

- Lav vekt
- Høy oppløsning
- Lavt volum
- Passende formfaktor



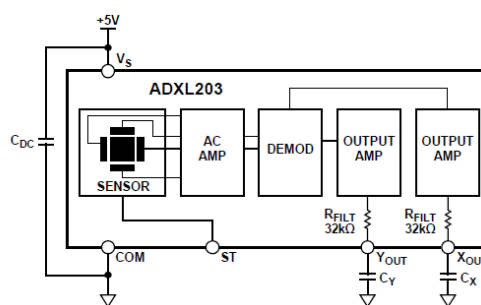
Figur 14: S3115 servo

En passende servo for formålet er S3114 high torque micro [2]. Med liten formfaktor og volum (22x11x30mm) i lav vekt (7,8g).

I tillegg er det nødvendig med helningssensor. Her er det ingen spesielle kompromisser som må inngås da de kan fås i små, høyoppløselige, Icer.

Kriterier for helningssensor:

- Høy oppløsning
- Lav feilmargin
- Lav vekt
- Lav byggehøyde
- 2-akser



Figur 15: ADXL203

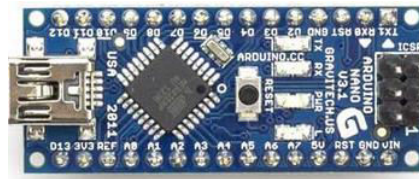
Til dette formålet velges Analog Devices ADXL203 [3] med presisjon på  $\pm 1,7g$ , lav formfaktor IC (5x5x2mm). Den er en del av et utviklingskort ADXL203EB. Dette gjør det enkelt å integrere for å få et nivelleringssystem, uten å måtte designe PCB.



## Kontroller

For første prototype anvendes det en Arduino Nano [4]. Grunnen til dette er et enkelt brukergrensesnitt som gjør at testing kan gjøres kjapt og kode kan revideres hurtig. Det har tilstrekkelig med digitale og analoge innganger for sensorer og er kjapp nok til å drive servoer med innebygd pulsbreddemodulator. Det må i tillegg

Til kontrolleren brukes en effektkrets for å drive servoene siden Arduino Nano bare kan drifte 40mA per I/O. Den er i tillegg lett (5g) og er relativt liten (45x18mm).



Figur 16: Arduino Nano V3

## Batterisystem

For å drifte alle ovennevnte komponenter og den respektive styrekretsen vil det i første prototype anvendes 4x9V 6LR61-type batterier. Disse konfigureres både for å drifte mikrokontrolleren (7-12V), servo (4,6-6V) og helningssensor (5V) ved blant annet spenningsregulatorer. Det tas forbehold om at i første alfa-prototype skal det ikke vedlikeholdsnivelleres. Det vil i senere prototyper velges egnede batterityper for kontinuerlig operasjon over lang tid.

## Spenningsregulator

Ved start av første prototype velges det en ekstern spenningsforsyning på 230VAC/5VDC. Dette gjøres for å enkelt kunne kontrollere at den elektroniske kretsen fungerer som den skal ved 5V. Den vil sikre en stabil spenning ved testing og feilsøking. Det er valgt en L7805ACV [5] som spenningsregulator, den er valgt hovedsakelig på grunnlag av tilgjengelighet. Denne gjør det mulig å justere ned spenningen fra 9V batteriet til 5V for å gi mikrokontrolleren og servomotorer riktig spenningstilførsel.

## Releer

Siden nivelleringsystemet skal være operativt i minimum en uke i henhold til kravspekk. Vil det være med tilstrekkelig med batterier. Det ble konkludert med en løsning som bruker releer til å kutte strømtilførselen til servomotorene når den er i intervaller mellom nivellerings-sykluser. Det skal i tillegg brukes releer til å forsinke PWM signalet fra mikrokontrolleren for å unngå transient-støy som oppstår under igangsettingen av mikrokontrolleren. Releer som er brukt er av typen Photo MOS AQY212GH [6]. Releer kan monteres på kretskort og har mindre vekt enn batterier som er nødvendig for å oppnå like lang levetid på systemet. Alle releene blir kontrollert av Arduino mikrokontroller.

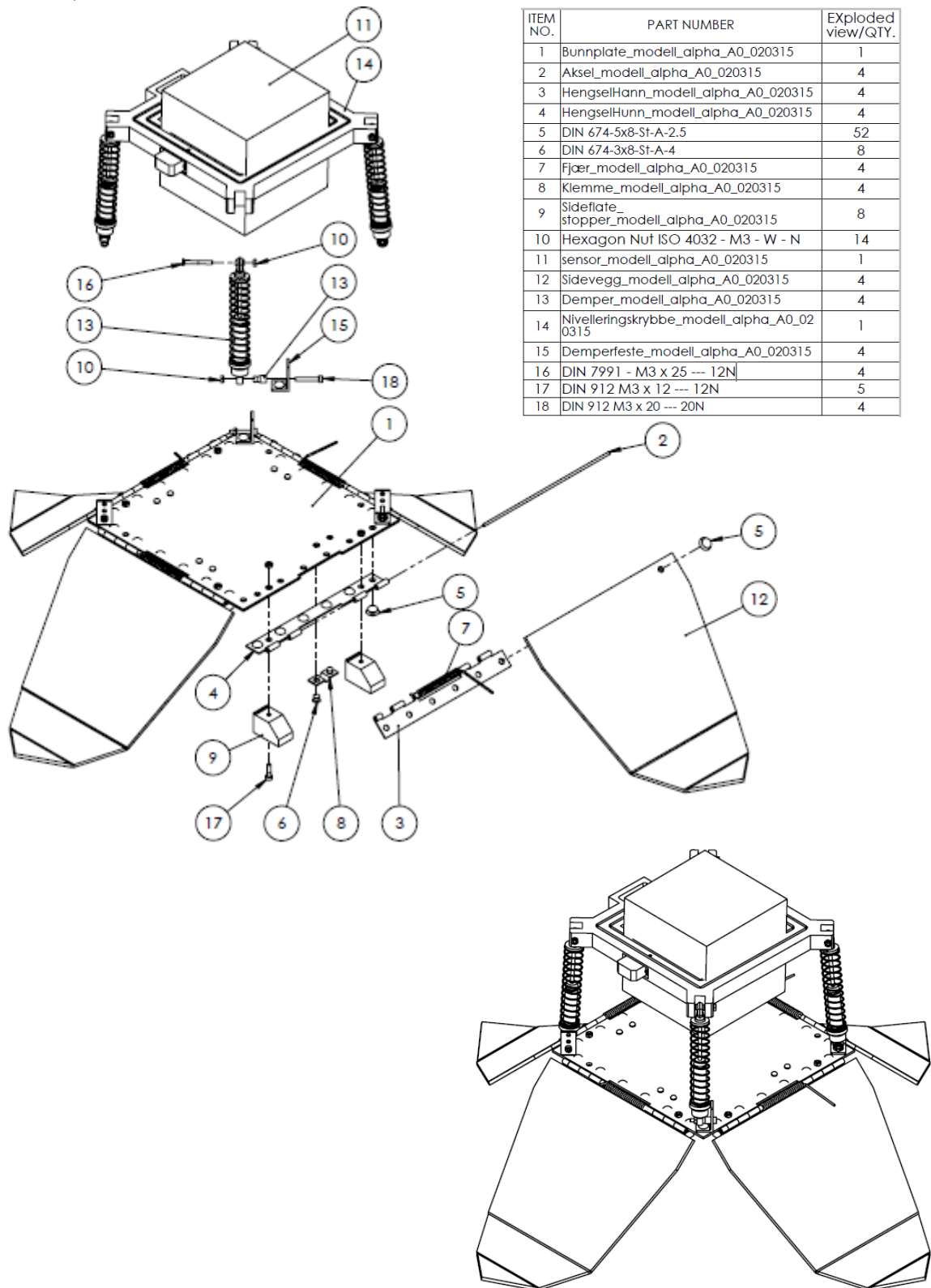
## Kondensatorer

Det anvendes ingen eksterne kondensatorer. Det er tre innbygde kondensatorer i ADXL203EB utviklingskortet for glatting av støy. Det tas hensyn til at systemet kan bli utsatt for noe eksternt støy. Dette vil reguleres i beta prototype.



## 1.5 Testrapport prototype alfa

### Illustrasjon, alfa







I tiden etter prosjektets gruppemøte om valg av systemløsning (#110), har systemet blitt designet, bygget og testet. Prototype alfa skal i all hovedsak gi en indikasjon på hvorvidt konseptet er gjennomførbart, Alfa har derfor alle hovedfunksjoner som kreves for å oppnå kritiske krav gitt i kravspesifikasjon (#207). I henhold til prosjektplanen (#325) for prosjektgruppe SDS har det i perioden 26.02.2015 -07.03.2015 blitt utført tester på produktversjon alfa. Denne rapporten skal ligge som underlag for design, produksjon og testing av SDS prototype beta. I rapporten skal betraktninger og erfaringer gjort gjennom hele alfa-fasen beskrives. Rapporten er inndelt i samme kategorier som designunderlagene, i denne rapporten gis det en beskrivelse av hvilke designelementer som var gode – og hvilke som ikke fungerte, og i tilfelle måtte gjøres annerledes for å kunne fremstille alfa.

## Maskintekniske tester

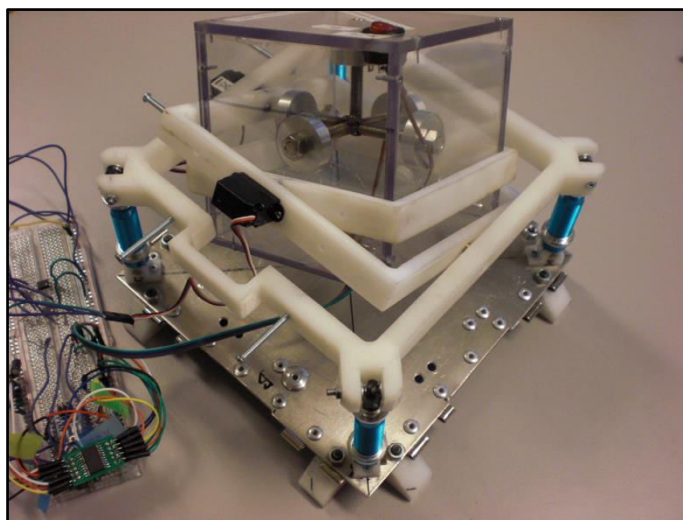
### Nivelleringsystem

Nivelleringsystemet er frest ut manuelt. Dette ble gjort fordi det var nødvendig med høy presisjon for å oppnå tilstrekkelig vandring i alle akser.

Akseltappene som holder krybbene sammen, fungerer også som rotasjonspunkter og opplagring. Akseltappene er dreid i messing. Resultatet er svært godt, med tilnærmet null glapp mellom aksel og boring i krybbe. Krybben roterer fritt, med minimal friksjon, dette er fordelaktig ettersom servomotorene har begrenset vrilmoment.

Den generelle formfaktoren til systemet er per alfa ikke god nok. Systemet er for stort til at kapsling kan lukkes fullstendig. Beta må bli betydelig mer kompakt, for at krav om transportstørrelse skal oppfylles.

Alfa er produsert i POM (acetalplast). For å gjøre systemet mer kompakt, må det sees mot andre materialer for beta. Et alternativ kan være aluminium.



Figur 17: Nivelleringsystem



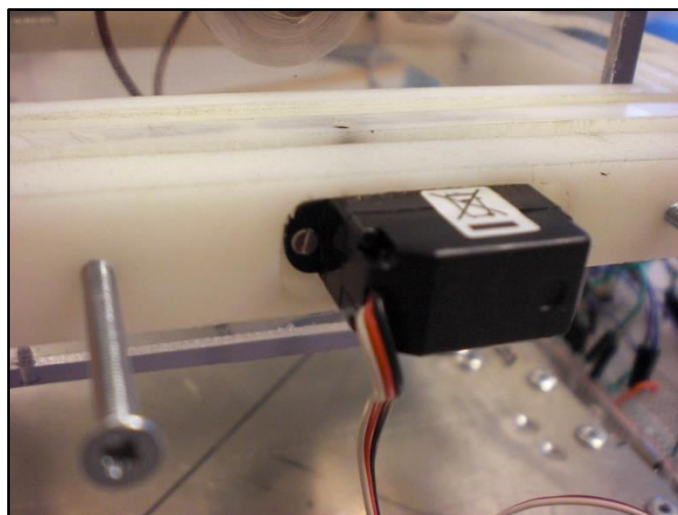
### Indre krybbe

Den indre krybben fungerer tilstrekkelig godt, men har forbedringspotensialer. På prototype Alfa holdes sensoren klemmt fast i krybben vha. 2 stk. M3 setskruer, i Beta bør disse plasseres lenger ut mot kantene. Av erfaringene fra Alfa, vil det trenge flere setskruer på Beta for å holde sensoren stabilt. Dette var egentlig planlagt i designunderlaget for Alfa, men ble dessverre ikke overholdt i produksjonen. I tillegg må det implementeres en montasjeplate for nivelleringsensor under posisjonen for testsensor.

### Midtre krybbe

Midtre krybbe fungerer godt, og har største forbedringspotensialer innen formfaktor.

### Ytre ramme



*Figur 18: Innfelt servomotor*

Den ytre rammen fungerer også tilfredsstillende, men også denne har problemer med formfaktoren.

### Aksler

Akseltappene er som nevnt dreid i messing. Et problem i alfa er at krybbene kun er opplagret på aksler i den ene enden. Den andre enden er opplagret i servomotorenes akseltapper. Disse er ikke konstruert for å overføre annet enn vrimentet fra servomotoren. Dette problemet oppsto under testing av falldemping, den ene servomotoren tålte ikke sjokket som ble overført. Dette resulterte i ødelagt girooverføring internt i servomotoren. I beta bør det derfor være messingaksler i begge ender av krybbene, hvor servomotoren heller festes mot denne akselen og roterer den, i stedet for å være festet direkte mot krybben hvor den må ta opp bøyekrefter og skjærkrefter i tillegg til å overføre vrimentet.

Hvis beta produseres i f. eks. aluminium, bør akslene ha en bøsning av plastmateriale (eller annet materiale med gode friksjonsegenskaper). Hvis det skal konstrueres med like lite glapp som i



Alfa, vil det være metallkontakt mellom aksel og krybbe hvis det ikke sitter en bøsning imellom, dette vil gjøre friksjonen større, og servomotorene vil trekke mer strøm eller ha for lite vrimoment.

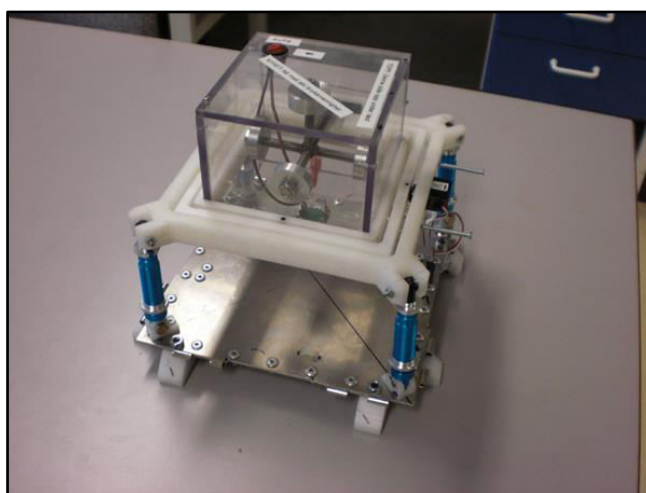


*Figur 19: Aksel-ende*

## Nivelleringskrybbens dempesystem

### Dempere

Fra rapport for valg av systemløsning for prototype alfa står det beskrevet at demperne inne i den mekaniske kapslingen skal stå for 15-40% av dempingen (#110). For å få testet dette ble det gjort tester uten sideveggene til den mekaniske kapslingen. Systemet ble da sluppet fra 47 cm som er ekvivalent slipp høyde til 1 meter.



*Figur 20: Konfigurasjon for test av dempere*



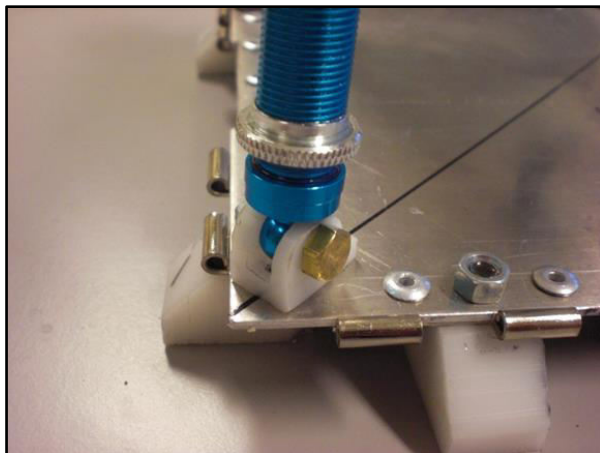
Som beskrevet i underlag for prototype alfa (#511) ville demperne bli optimalisert ved benyttelse av oljer med forskjellige viskositetsgrad og ved å bore flere hull i stempelet til demperen. Den laveste gjennomsnittsmålingen oppnådd var 40,6 g (#512). Det ble da benyttet ISO VG46 olje og ble boret to ekstra hull med diameter 1.5mm i stempelet. Det var da til sammen 4 hull i stempelet (2x1mm og 2x1.5mm). Fjærene til demperne ble også forkastet da de var alt for stive. I kravspesifikasjon (#207) var det krav om ikke å overstige 5, 10 eller 15 g akselerasjon ved fall fra 1 meter. Disse kravene ble med andre ord langt ifra oppnådd ved benyttelse ved disse demperne. For en beta prototype er det derfor nødvendig å prøve noen andre dempere eller se på alternative løsninger. Eventuelt kan det lages en mer kompakt systemløsning som gir større dempervandring.

### Dempebrakett



*Figur 21: Første dempebrakett*

Demperbrakett for å feste demper i bunnplate ble først laget i aluminium og ble naglet til bunnplata. Denne braketten ble fort forkastet til fordel for braketten på bildet under, laget i POM. Dette fordi den er festet til bunnplate ved to skruer og muttere, istedenfor en nagle. Den ble da mer stabil enn den første braketten. Den fikk også et mer kompakt design og redusert vekt.

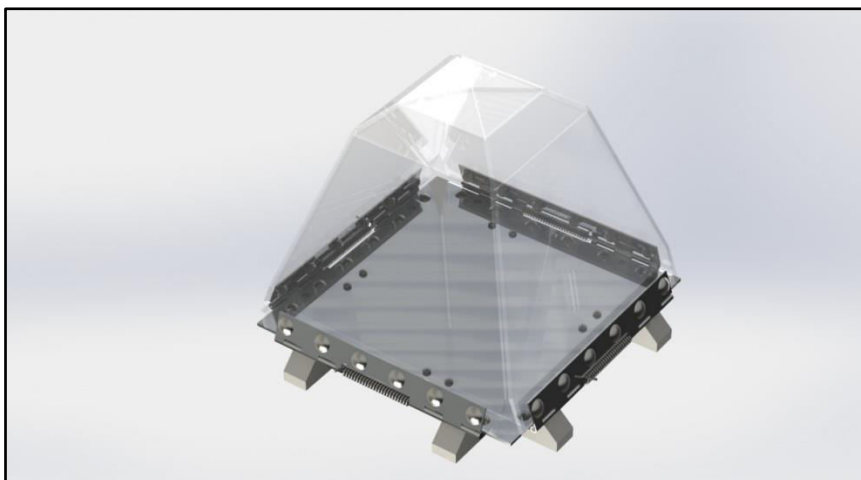


*Figur 22: Andre dempebrakett*

### **Celleplast**

Celleplast var tenkt å plasseres på bunnplate under sensor og nivelleringskrybbe. Dette for ekstra demping om oljedemperne i verste fall er i ferd med å bunne. Siden prototype alfa i hovedsak skal bevise at konseptet er gjennomførbart ble ikke celleplasten benyttet og testet for denne prototypen. For neste iterasjon vil derimot celleplasten bli tatt med.

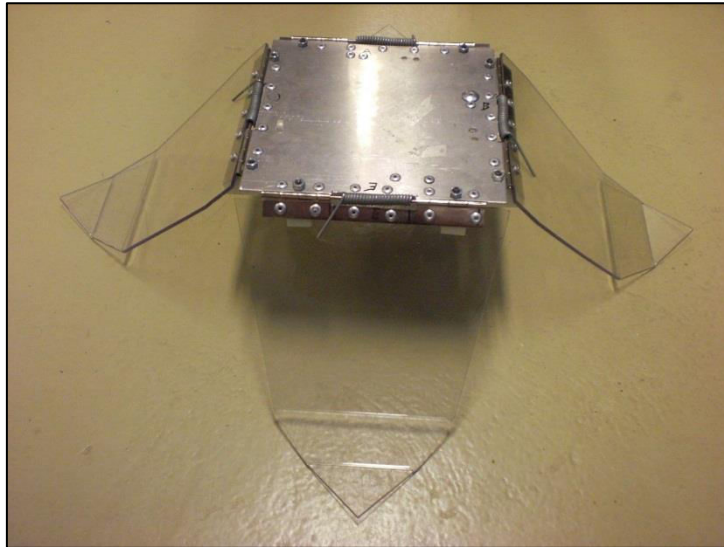
### **Mekanisk kapsling**



*Figur 23: SolidWorks, mekanisk kapsling*

### **Sidevegger**

Sideveggene er designet med en bøy på toppen for å kunne gli parallelt med bakken ved slipp, beskrevet i underlag for prototype kapsling og demping (#503). Dette fungerer godt. Når sideflatene er utslått gir de et relativt stort fotavtrykk, dette gjør systemet meget stabilt. Sideveggene er laget i 4 mm polykarbonat og dette gir den styrken og stivheten som trengs.



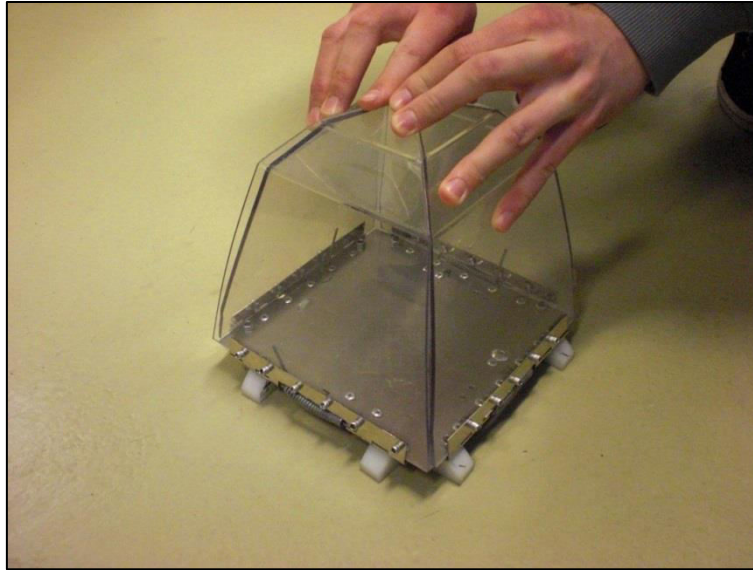
*Figur 24: Prototype, mekanisk kapsling utslått.*

En negativ side ved designet av sideveggene er at de gir lite plass innvendig i kapslingen. Dette kan løses ved å lage kuben helt kvadratisk og ikke pyramideformet.

### **Torsjonsfjærer**

Torsjonsfjærene fungerer ikke spesielt godt. Det er tenkt at når de er festet til sideflatene og bunnflaten vil de ved hjelp av forspenning bidra til å dempe systemet og nå krav om falldemping (#207). Dette fungerte ikke tilfredsstillende. Fjærene var forspent 360 grader, men er likevel ikke sterke nok til å dempe systemet samtidig som de fører til at sideveggene må tvinges opp med stor kraft når de skal settes sammen til transportkonfigurasjon. Her må designet endres.





*Figur 25: Prototype, sideflater forsøkt oppspent i transportkonfigurasjon.*

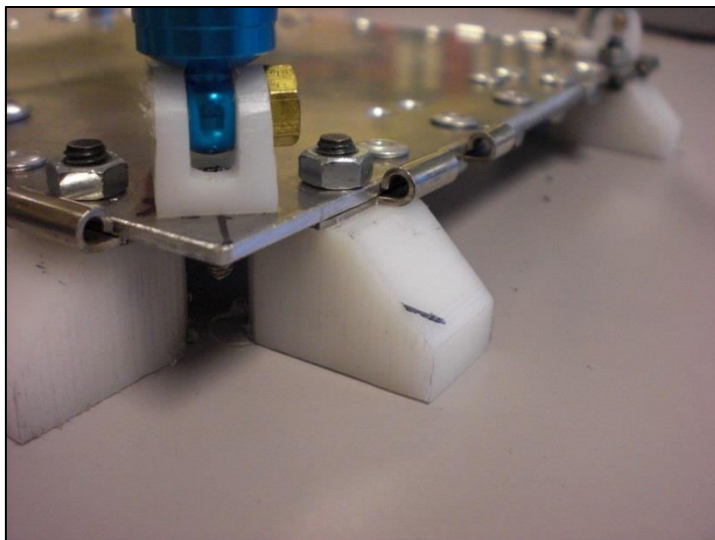
### Hengsler

Hengslene fungerer tilfredsstillende, det er lite slark og de er stive. Ved produksjon av beta er det ikke nødvendig å feste hengslende på like mange steder, men det er helt avhengig av hvordan design på torsjonsfjærene blir.

Det er nå oppdaget hengsler som fås kjøpt montert ferdig med fjær hvis det blir aktuelt.

### Endestopperne

Endestopperne er laget i 45 graders og 60 graders konfigurasjoner. Nå er det kun 45 graderen som har blitt testet fordi fjærene feilet. Det betyr at det er nødvendig å teste 60 graders konfigurasjonen i beta. Figur 26 viser at endestopperne er laget ganske robuste. Disse kan lages en del lavere til prototype beta slik at de anvender mindre plass.



*Figur 26: Prototype alfa, endestoppere.*

### Bunnplate

Bunnplaten er laget i aluminium. Etter flere dropptester er plata like hel og uten skader. Det er ingen grunn til å bytte ut aluminium med noe annet så lenge det ikke blir vanskelig å holde vekta nede.

## Elektrotekniske tester

### Nivelleringsystem

Nivelleringsystemet er testet i 1 akse opp mot krav 3.2.2.2 og krav 3.1.1.20.

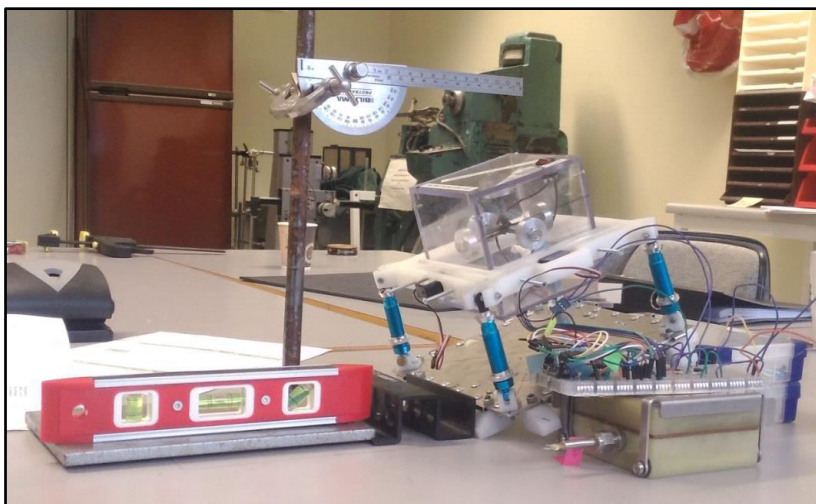
*«3.1.1.20: Systemet skal operere ved 20° helning på underlag»*

*«3.2.2.2: Systemet skal nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor  $\pm 2^\circ$ »*

Systemet uten sidevegger ble plassert i helning lik  $\pm 20^\circ$  med testsensor i utgangsstilling. Det ble foretatt seks målinger ved helning lik  $+20^\circ$  og seks målinger ved helning lik  $-20^\circ$ . Ingen av målingene foretatt viste en helning på sensor etter nivelleringsrutine på mer enn  $+1,2^\circ$ . Snittet av alle målinger var  $+0,5^\circ$ . For detaljert beskrivelse, se testprotokoll (#516). Figur 27 viser systemet uten sideflater under testing av nivellering.

Resultatet fra testene viser at systemet nivellerer tilfredsstillende innenfor det strengeste av de graderte kravene med god margin. Det stilles likevel spørsmål ved servomotorenes egnethet da en forutsetning for testene er at sensoren er tilnærmet balansert. Det anbefales å utforske alternative løsninger for produktversjon beta. Hvis de valgte servomotorene likevel blir brukt videre, bør systemets toleranse ovenfor vektmessig ubalanse i sensoren kartlegges. Det noteres også at det finnes noe dødgang i servomotorenes gir, men dette var ikke nok til å flytte målingene utenfor kravene. Her kan det vurderes å anskaffe servomotorer med metallgir.





Figur 27: Testing av nivelleringsystem

## Responstid

Styresystemets responstid med hensyn på nivellering ble målt i henhold til krav 3.2.2.6-3.2.2.8. Målinger ble foretatt ved  $\pm 20^\circ$  hvor krybben ble plassert i utgangsposisjon. Responstiden ble målt fra systemet ble aktivert (påslag av spenningskilde) til den indre krybben hadde stabilisert seg innenfor  $\pm 2^\circ$  i horisontalplanet og holdt stillingen i 5 sekunder. Det ble foretatt seks målinger ved helning lik  $+20^\circ$  og seks målinger med helning lik  $-20^\circ$ . Lengste responstid ble målt til 19 sekunder, gjennomsnittlig responstid var 14 sekunder.

## Generelt om styresystem

Det ble ved tester av responstid og nivellering også notert at programkoden inneholder en linje for beregning av sensorens vinkelposisjon. Dette medfører et rykk i sensoren for å korrigere for faktisk posisjon noe som er overflødig i senere versjoner da sensorens startposisjon alltid vil være i plan med den ytre krybben. Ved fjerning av denne funksjonen i programkoden vil både responstid og vinkelutslag forbedres.

Det er identifisert et behov for å låse av krybbens bevegelse under transport og fall, både for å løse overstående problem, men også for å minimere fysiske virkninger på krybbe og sensor. Dette er anbefalt implementert i beta.

## Batterisystem

Testversjon alfa er ikke designet med et eget batterisystem grunnet ønske om først å karakterisere systemet med hensyn på effektforbruk. Test av batterisystemet omfatter i produktversjon alfa derfor kun effektforbruk. Det ble foretatt test av kontinuerlig forbruk, det vil si med operativ kontroller, og test av maksimalt forbruk ved kjøring av servomotorer. Test av kontinuerlig forbruk ble målt med Farnell DM-131. Test av maksimalt forbruk ble foretatt med Fluke 179 ved bruk av maksimal funksjon. Det ble foretatt fem målinger av maksverdi. Kontinuerlig forbruk ble målt til 25mA. Maksimalt forbruk ble gjennomsnittlig målt til 225mA.



For å oppnå krav med hensyn på vekt og størrelse er det nødvendig med en batteripakke hvor dette er ivarettatt. Derfor anbefales det for produktversjon beta og implementere en dvalefunksjon hvor kontrollere og servomotorene kun er aktive når det er behov. Det bør også vurderes en spennings regulering som utføres med minst mulig tap.

### Elektromagnetisk støy

Ved konstruksjon og testing av nivelleringsystemet ble det oppdaget at systemet var lett påvirkelig av støy. Dette i forbindelse med nærhet til annet elektronisk utstyr som bærbar pc og mobiltelefon. Støyvirkningen artet seg i en ukontrollert mindre bevegelse i servomotorene. Det er ikke avklart hvilke komponenter som fanger opp støy, og det er meget mulig at det er oppkobling av kretsen på et åpent prototypebrett som i seg selv er årsaken. Det anbefales å innføre støybegrensende tiltak i produktversjon beta.

### Konklusjon

Prosjektgruppen anser kravene i kravspesifikasjonen slik den foreligger i versjon A som oppnåelige med forbehold om C og B kravet med hensyn på akselerasjon. Prosjektgruppen ser ingen grunn til å revidere kravspesifikasjonene før designfase for produktversjon beta.

Følgende punkter anbefales endret eller forbedret under utvikling av produktversjon beta

- **Kapsling**
  - Endring av geometri på sidevegger
  - Større bunnplate
  - Nye hengsler med egnede fjærer
  - Utløsermekanisme
- **Nivellering**
  - Krybbe designes mer kompakt i et mer robust materiale
  - Krybber opplagres i messingaksler i begge ender
  - Alternativ løsning for servomotorer undersøkes
  - Servomotorinnfestinger endres i henhold til endring av opplagring
  - Løsning for låsing av krybbe implementeres
  - Det utarbeides løsning for montasje av nivelleringsensor i krybbekonstruksjon.
- **Falldemping**
  - Nye dempere eller modifisere eksisterende dempere
  - Sidevegger implementeres med dempere
  - Systemet avdempes med skum/elastomer på egnede steder for å minimere sjokkvirkninger



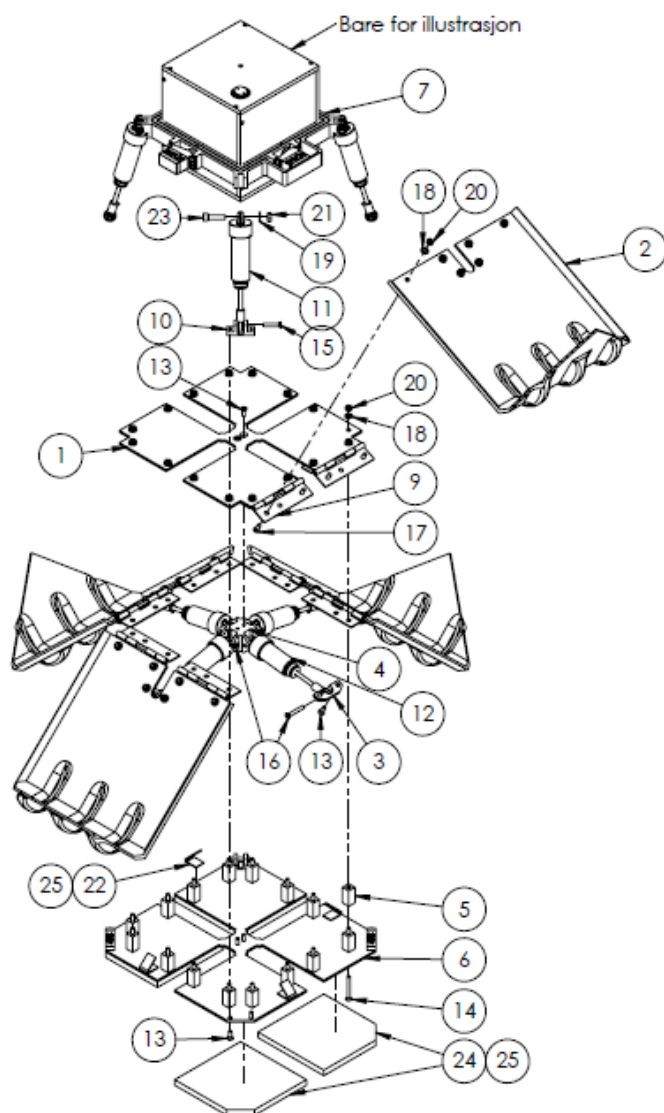
- **Styresystem**
  - Programkode skrives for implementering av nivellering i to akser
  - Programkode endres slik at nivellering starter fra kjent servomotor posisjon
  - RTC implementeres for dvalefunksjon av styresystem
  - Støybegrensende tiltak
  - Utløsningsmekanisme / aktiveringsmekanisme implementeres
  
- **Batterisystem**
  - Batterisystem implementeres



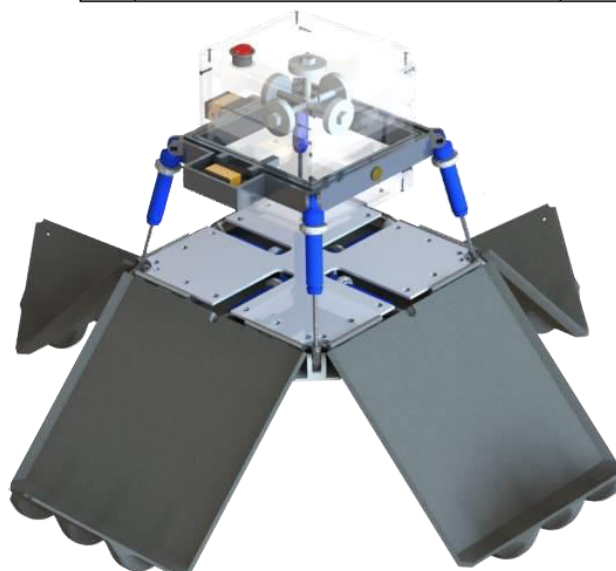
## 2 Prototype beta

### 2.1 Testrapport prototype beta

#### Illustrasjon, beta



ITEM NO.	PART NUMBER	Lettvekt/QTY.
1	Topplate_modell_beta_A0_250315	1
2	Sidelflate_modell_beta_A0_250315	4
3	Sidelflatebrakett_modell_beta_A0_250315	4
4	Blokk_modell_beta_A0_250315	1
5	Spacer_modell_beta_A0_250315	16
6	Bunnplate_modell_beta_A0_250315	1
7	Nivellering_modell_beta_A0_250315	1
9	Hengsel_modell_beta_A0_250315	8
10	Demperbrakett_krybbe_modell_beta_A0_140415	4
11	Absimademper_modell_beta_A0_140415	4
12	Absimademperliten_modell_beta_A0_140415	4
13	DIN 7991 - M3 x 8 -- 4.8N	20
14	DIN 7991 - M3 x 25 -- 12N	16
15	ISO 7046-1 - M3 x 16 - Z -- 16N	4
16	ISO 7046-1 - M3 x 20 - Z -- 20N	8
17	ISO 7046-1 - M3 x 8 - Z -- 8N	16
18	Washer DIN 125 - A 3.2 - 300HV	40
19	Washer DIN 125 - A 4.3 - 300HV	4
20	Hexagon Nut ISO 4032 - M3 - W - N	40
21	Hexagon Nut ISO 4032 - M4 - W - N	4
22	Sidestoppervinkel_modell_beta_A0_140415	4
23	DIN 912 M4 x 16 -- 16N	4
24	Skumgummimatte_modell_beta_A0_140415	4
25	Dobbeltsidet tape	0.1





I etterkant av prototype alfa, ble det skrevet rapport som konkluderte med foreslåtte endringer som skulle implementeres i prototype beta. I henhold til prosjektplanen (#325) for prosjektgruppe SDS har det i perioden 26.03.2015 -30.03.2015 blitt utført tester på produktversjon beta. Denne rapporten skal ligge som underlag for design, produksjon og testing av SDS prototype charlie og produksjonsmodell. I rapporten skal betraktninger og erfaringer gjort gjennom hele beta-fasen beskrives. Rapporten er inndelt i samme kategorier som designunderlagene. Denne rapporten gir en beskrivelse av hvilke designelementer som var gode – og hvilke som ikke fungerte, og i tilfelle måtte gjøres annerledes for å kunne fremstille beta. I beta har elektroteknisk og maskinteknisk vært konstruert og testet isolert. Dette vil integreres produksjonsmodell.

## Maskinteknisk

Maskinteknisk er det store endringer fra alfa til beta, da spesielt med tanke på dempesystem og utforming. Disse endringene betraktes i dette kapitlet.

## Nivelleringsystem

Nivelleringsystemet er ekskludert fra beta siden det ble godkjent under testing i alfa. Det er derfor erstattet med en statisk ramme uten funksjonalitet for å teste dempesystemet fullt ut.

## Nivelleringskrybbens dempesystem

Nivelleringskrybbens dempesystem er utformet etter samme prinsipp som den brukt i produktversjon alfa. Forbedringene gjelder i all hovedsak innfesting, dempere og optimalisering av demping.

## Dempere

For produktversjon beta ble det anvendt hydrauliske støtdempere fra Absima. Disse demperne har stor boring sammenlignet med demperne fra alfa, og gir større frihet til modifikasjon av stempler. Grunnet det store oljevolumet gir de jevnere resultater over lengre testperioder, grunnet mindre oppvarming av olje.

Demperne er opplagret på kuleledd i både øvre og nedre innfesting. Øvre innfesting sitter i monterings-slisser og nedre innfesting står montert i brakett. Det er noe sideveis dødgang i innfestninger, dette må reduseres til et minimum for å unngå uregelmessige sjokkbelastninger ved skjev landing ol.

Best resultater ble oppnådd ved 6x1.5mm hull i stempler og 5wt mineralsk demperolje. Her ble systemet utsatt for et snitt på 19.75G ved slipp mot betong, og et snitt på 17G ved slipp mot gress. Dette medfører at ved noe optimalisering så skal det være gjennomførbart å oppnå krav om demping mot diverse underlag.



Under testing ble det brukt kamera med 60 bilder per sekund. Dette dokumenterte hvordan systemet oppførte seg bilde for bilde. Basert på disse dataene ble systemet optimalisert for bedre ytelse av dempesystemet (#604).



*Figur 28: Dempesekvens*

### **Dempebraketter**

Demperbrakettene er frest i aluminium, og fungerte som forventet.

### **Celleplast**

Det ble limt celleplast under systemets bunnflate, dette for å absorbere sjokkbelastning når bunnplaten treffer bakken.



## Mekanisk kapsling



*Figur 29: Systemet i transportstørrelse*

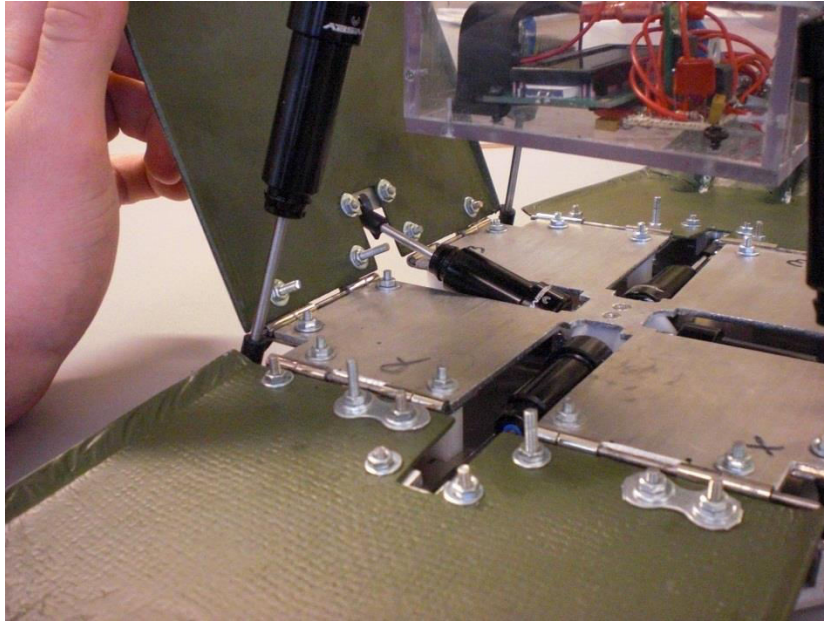
### Sidevegger

Sideveggene er designet slik at de danner en kvadratisk kube innvendig i kapslingen. Dette er for å oppnå høyest mulig innvendig volum til andre komponenter og demping. De er også designet med en avrunding på toppen for å skape minst mulig friksjon mot de forskjellige underlagene. Sideveggene er støpt med glassfiber og epoksy for å tåle gjennomgående tester.

### Dempersystem

Alternativt til å bruke torsjonsfjærer til demping ble det i beta plassert fire dempere i bunnplaten som er festet til sideveggene. Plasseringen til demperne ble optimalisert med tanke på å utnytte best mulig slaglengde på demperne. Ved en vinkel på  $45^\circ$  på sideveggene anvendes halvparten av vandringen på demperne. Dette bidro sterkt til å forbedre dempingen.





*Figur 30: Dempersystem*

### **Hengsler**

Hengslene som vist i Figur 4 fungerer tilfredsstillende, det er lite slark og de er stive. Det eneste som var mindre bra var at de måtte modifiseres for å få på torsjonsfjærer.

### **Endestoppere**

Først var det planlagt en vinkel på  $50^\circ$  og endestopperne ble laget likt som på alfa, men det ble senere modifisert slik at vinkel kunne forandres under testing. Dette ble gjort som vist på figur 5, ved at en skrue ble skrudd med mutter, på fram og baksida av hengselen. På denne måten kunne testansvarlig enkelt justere hvilken vinkel sideveggen skulle ha i utslått stilling. Best resultat ble oppnådd ved  $45^\circ$ .





Figur 31: Endestopper

### Bunnplate

Bunnplaten har grunnet det nye dempersystemet blitt forandret fra alfa. Det er nå integrert to plater. Disse er laget i aluminium og dette gir derfor ganske høy vekt. Ut fra testprotokoll #607 veier beta ca. 1808 gram. Dette betyr at systemvekten nærmer seg vektkravet 3.1.1.1 (#207).

### Elektroteknisk

Elektroteknisk har det i beta vært hovedfokus på batterisystem og 2-akset nivellering. Disse endringene betraktes her.

### Batterisystem

I henhold til #605/2 er det et bevist strømtrekk på rundt 45 mA på systemet under drift. Dette strømtrekket vil være sekvensert under vedlikeholdsnivellering. Systemet blir satt i dvale mellom intervallene som reduserer strømtrekket til rundt 12 mA (#605/4). I tillegg skal systemet etter krav 3.1.1.25 operere i 1 uke.

Nivellering av krybbe tar maksimalt 30 sek. før det legges i dvale. Dette medfører et strømtrekk på totalt:

$$168Timer * 12mA + 0,0083 * 33mA * 168Timer = 2062mA$$

I produksjonsmodellen implementeres 2 stk. 1604-9V batterier. Dette vil være tilstrekkelig til å oppnå krav nevnt ovenfor. I tillegg er regulator dimensjonert slik at systemet vil holdes operativt selv ved lav batterikapasitet. Utspenning ble målt til 95% ved batterikapasitet tilsvarende 5,8V (#605/3).



## Styresystem

Det ble i alfa bevist konsept for nivellering i en akse. I beta ble det installert et ekvivalent 2-akset nivelleringssystem. Dette systemet er operativt, men grunnet ny krybbe vil det testes i charlie og resultater vil foreligge i den rapporten. Statistiske tester for systemet tilsier at det opererer som tiltenkt.

## Konklusjon

Noen av testene utført for falldemping (#604) førte til dårlig demping på betong og god demping på gress ved bruk av tynn olje. Ved bruk av tykk olje ble resultatene omvendt. Istedenfor tre sirkulære deler kan en hel sirkulær del over sideflaten gjøre at sideflatene glir bedre mot forskjellige underlag. Dette vil føre til jevnere resultater mellom harde og myke underlag. Sideveggene vil i neste fase støpes litt tynnere og i karbonfiber. Dette vil ut i fra tidligere erfaringer føre til bedre fleksibilitet i sideveggene som kan ta av noe sjokkbelastning i det veggene treffer bakken.

Dempersystemet kan forbedres ved at det monteres skumgummi under sensoren. Dette vil medføre at det kan anvendes tynnere olje i demperne. Ved bruk av tynnere olje blir det mindre sjokk når hastigheten er høy, men da er det fare for at demperen overgår vandringsen sin og påfører sensoren sjokk. Til dette kan skumgummi anvendes til den siste delen av vandringsen.

Med bakgrunn i disse testresultatene og tiden til rådighet er det ønskelig å revidere krav om falldemping. Det vil bli innkalt til møte hvor dette drøftes med kunde.



## Foreslåtte endringer for Charlie og produksjonsmodell:

- Mekanisk kapsling
  - Karbonfiber sidevegger
  - Lettere bunnplater
  - Nytt design på sidevegger for jevnere friksjonsfordeling
  - Ny endestopperløsning
  - Hengsler fra Torp Fasteners
- Nivelleringsystem
  - Aluminiumkrybbe
  - Savox servoer
  - Låsmekanisme for krybbe
  - Ny akseltype m. lagerbronse
- Falldemping
  - Skumgummi implementeres der det er plass
  - Slarkefritt oppheng til dempere
- Styresystem
  - 2-akset nivellering testes
- Batterisystem
  - Batterisystem integreres i produksjonsmodell
- Utløser
  - Utløsert system for deployering må produseres

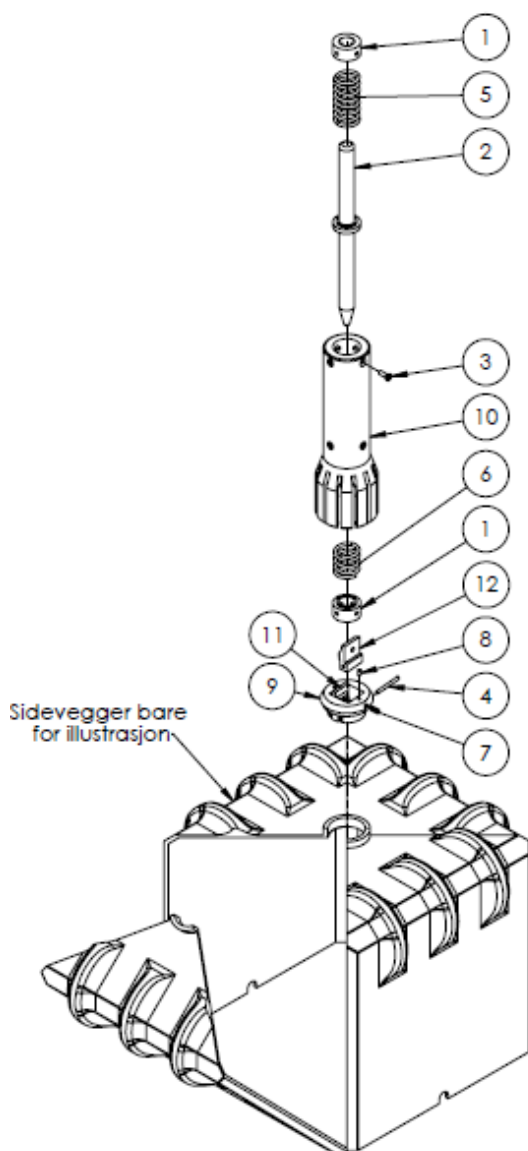


## 3 Prototype charlie

Dette dokumentet beskriver valg av designløsning på den første utløseren. Etter å ha studert flere konsepter for å utløse systemet valgte gruppen å gå for utløsermetode 3 som er beskrevet i konseptutforskningen (#130). Modellen er tegnet og designet i SolidWorks og det vil i dette dokumentet bli forklart hvorfor designet er gjort som det er.

### 3.1 Underlag utløser

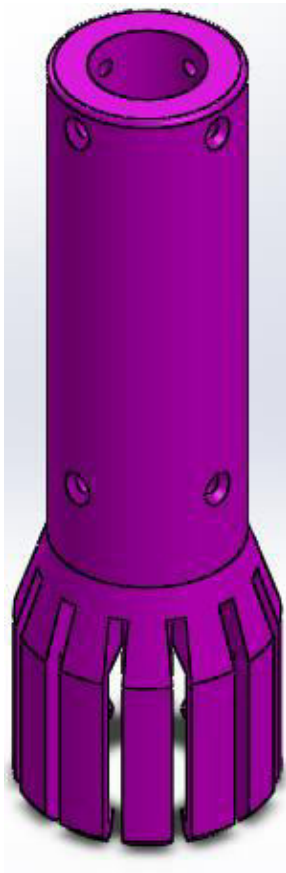
#### Design



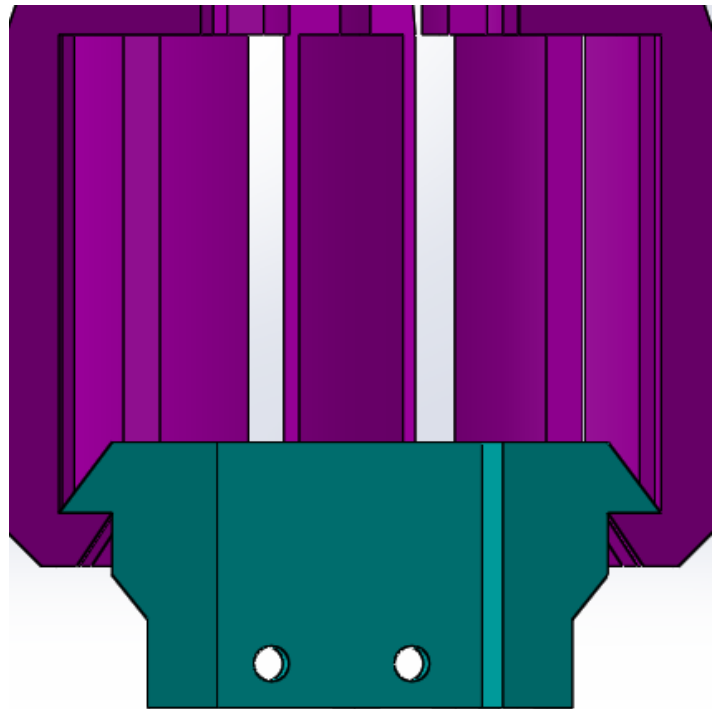
ITEM NO.	PART NUMBER	Bare utløser/QTY.
1	Låseskive_modell_charlie_A0_280415	2
2	Utløserpinne_modell_charlie_A0_280415	1
3	ISO 7046-1 - M2.5 x 8 - Z --- 8N	8
4	Pinne_modell_charlie_A0_290415	2
5	fjær_stor_modell_charlie_A0_290415	1
6	fjær_liten_modell_charlie_A0_290415	1
7	fjær_kjeft_modell_charlie_A0_290415	2
8	DIN 916 - M2 x 4-N	2
9	Låsekrone_modell_charlie_A0_280415	1
10	Utløserhåndtak_modell_charlie_A0_280415	1
11	Låsekjeft_venstre_modell_charlie_A0_280415	1
12	Låsekjeft_høyre_modell_charlie_A0_280415	1



## Utløserhåndtak og låsekroner

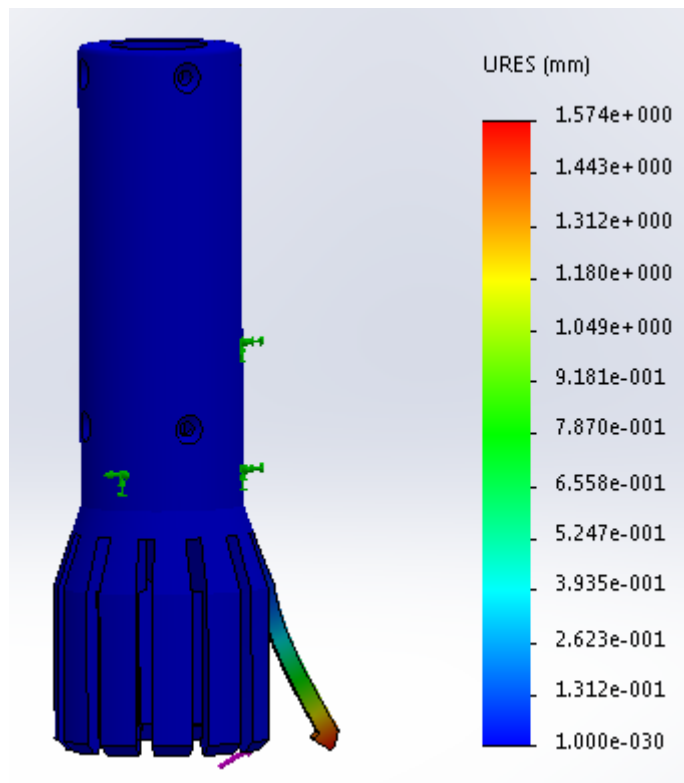


Figur 32: Utløserhåndtak



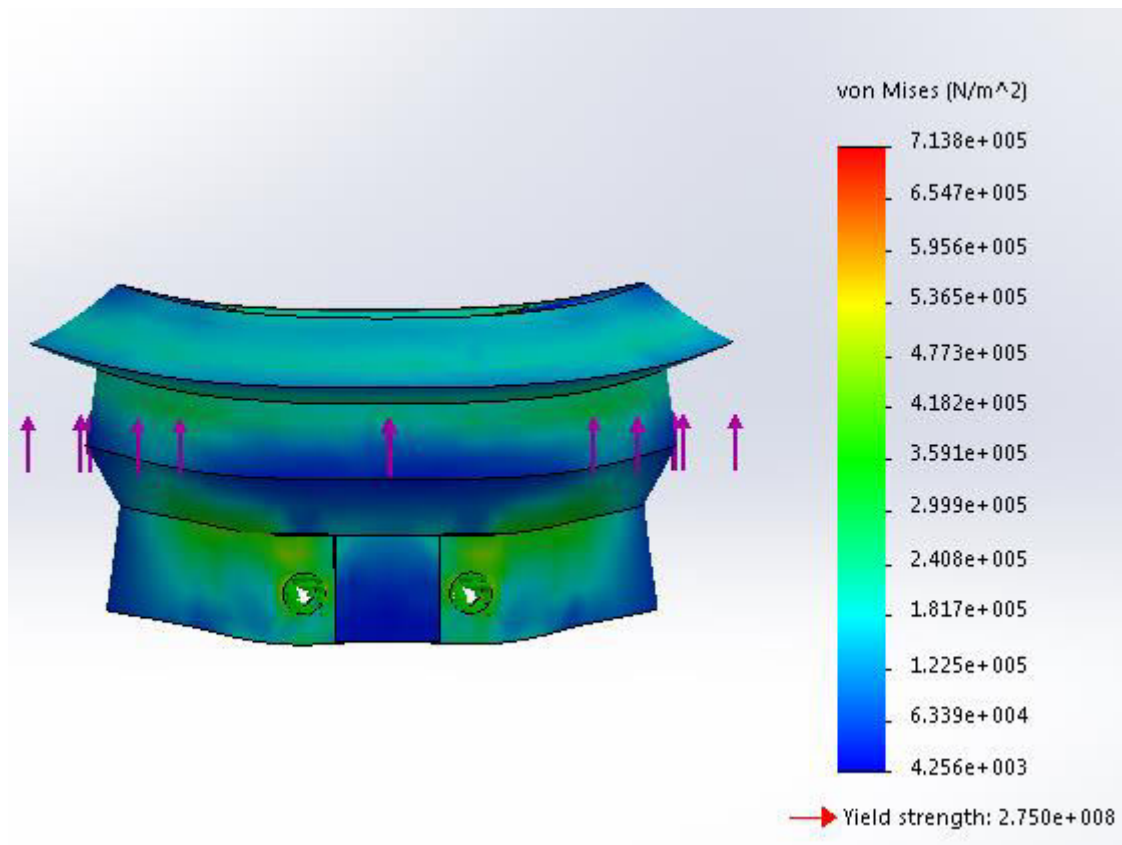
Figur 33: Låsekroner i inngrep med utløser

Utløserhåndtaket er designet i Acetalplast. Dette er fordi det er et elastisk materiale. Armene på utløseren må bøyes ut 1.5 mm for å kunne tre i inngrep på låsekronen. Samtidig som materiale må tåle deformasjonen så må utløseren kunne presses på låsekronen uten bruk av for mye krefter.



Figur 34: Simulering av avbøyning på armene

For å finne passe godstykkelse for å få en passende stivhet i armene på utløserhåndtaket anvendes simuleringer i SolidWorks. Resultatet viser deformasjon og spenninger. Tykkelsen på armene ble optimalisert ut i fra dette. Designet på låsekronen ble også tatt hensyn til her da den er med på å bestemme hvor langt armene må presses ut før utløseren går i inngrep. Vinkelen på låsekronen er designet med en vinkel på 60 grader da den også har betydning for hvor lett det blir å presse på utløseren. Det er designet slik at det må presses med en kraft på 3,6 kg ifølge simuleringer gjort i SolidWorks. Det forventes at dette øker litt i virkeligheten med tanke på at friksjonen ikke er tatt hensyn til.

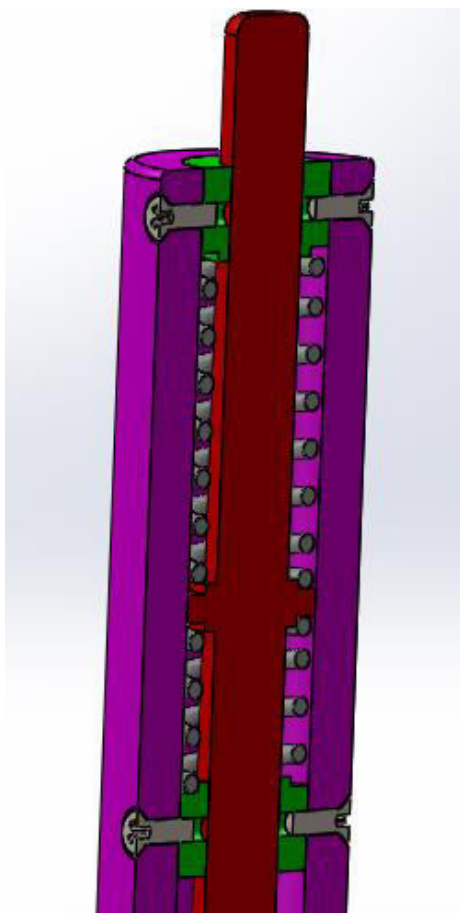


Figur 35: Simulering av spenninger

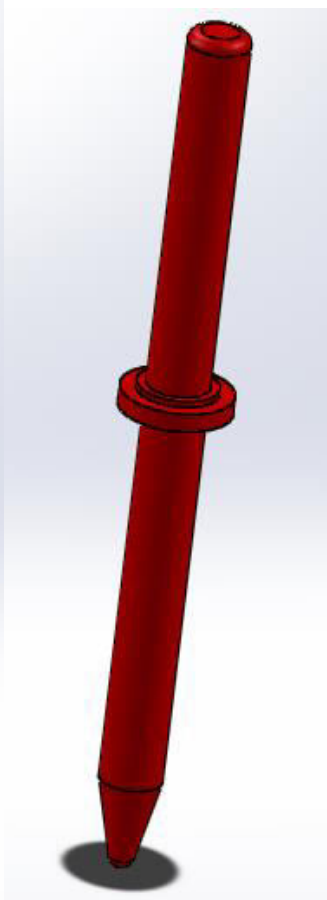
Låsekronen er designet i 6082 T6 aluminium. Dette er lett å maskinere og godt innenfor materialets flytegrense ved løft av enheten selv med tynn godstykkelse på flere steder.



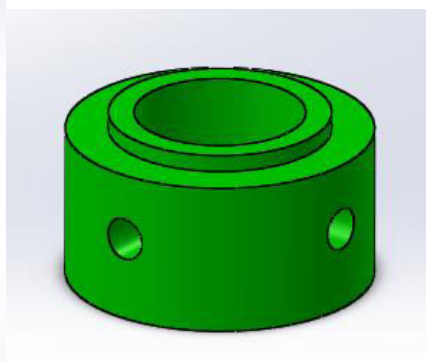
## Utløserpinnen, låseskive og fjærer.



Figur 36: Illustrasjon av sammenstilling



Figur 37: Utløserpinne



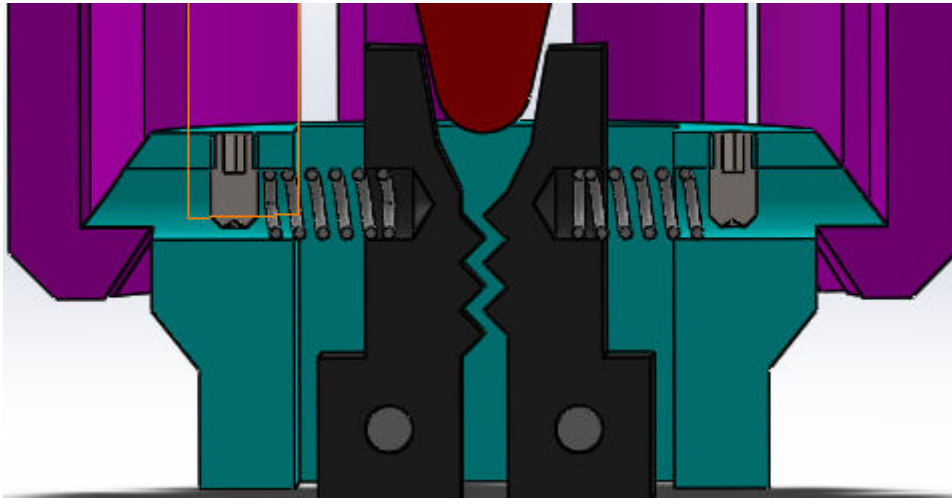
Figur 38: Låseskive

Utløserpinnen er designet slik at den blir fjærbelastet for bevegelse både oppover og nedover hvor fjærene er låst av ved hjelp av låseskiver som er skrudd fast i utløseren. Låseskivene skal festes med M3 skruer og er derfor designet i stål da det er lite gods å lage gjenger i. I låseskivene er det også laget et fjærsete som forhindrer fjæren i å skrape inntil veggen på utløseren. Dette fører til mindre friksjon som gir en høyere kvalitet. Utløserpinnen er designet i stål fordi den skal åpne kjeftene som låser vaieren. Utløseren skal brukes flere ganger og spissen på utløserpinnen bør herdes for å unngå slitasje. Dette vil ikke bli gjort på prototypen av utløseren fordi konseptet først testes for å se om det fungerer.





## Låsekjefter og fjærer



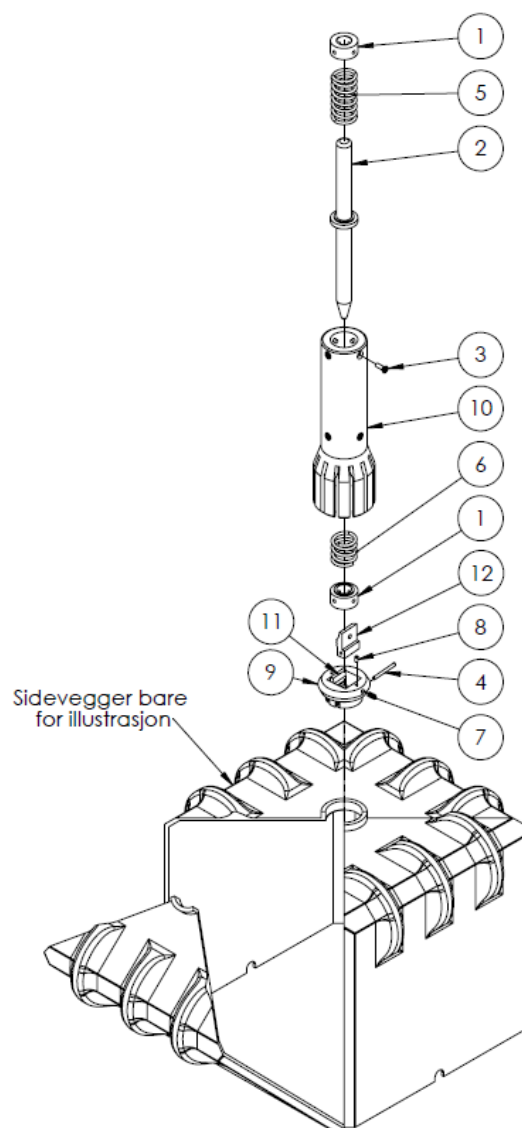
*Figur 39: Snitt som viser sammenstilling av låsearmen og fjærer*

Låsekjeftene skal klare å låse en vaier som skal løfte 2kg. De er derfor designet med spor slik at de griper om vaieren. Det er også designet et spor som holder fjærene på plass. Fjærene må være så stive at låsekjeftene klarer å holde vekten på 2kg. Dette er vanskelig å simulere og stivheten til fjærene vil derfor bli bestemt eksperimentelt.



## 3.2 Rapport charlie

### Illustrasjon, charlie



ITEM NO.	PART NUMBER	Bare utløser/QTY.
1	Låseskive_modell_charlie_A0_280415	2
2	Utløserpinne_modell_charlie_A0_280415	1
3	ISO 7046-1 - M2.5 x 8 - Z --- 8N	8
4	Pinne_modell_charlie_A0_290415	2
5	fjær_stor_modell_charlie_A0_290415	1
6	fjær_liten_modell_charlie_A0_290415	1
7	fjær_kjeft_modell_charlie_A0_290415	2
8	DIN 916 - M2 x 4-N	2
9	Låsekrone_modell_charlie_A0_280415	1
10	Utløserhåndtak_modell_charlie_A0_280415	1
11	Låsekjeft_venstre_modell_charlie_A0_280415	1
12	Låsekjeft_høyre_modell_charlie_A0_280415	1





Etter konseptet for utløseren ble bestemt, har den blitt designet, bygget og testet. Prototype charlie er den første versjonen av utløseren og er i all hovedsak ment for å gi en indikasjon om konseptet er gjennomførbart og om det fungerer. Det er laget testprotokoller (#700) fra testene av charlie og de danner grunnlaget for denne rapporten, samt erfaringer og betraktninger gjort under produksjon av charlie. For å lettere forstå innholdet i rapporten anbefales det å lese følgende dokumenter på forhånd: #700 og #701.

## Maskinteknisk

Utløseren er en ren mekanisk del, uten noen form for elektronikk. De ulike delene av utløseren er delt opp på samme måte som i designunderlaget for charlie og betraktes under dette avsnittet.

### Utløserhåndtak og låsekroner

I tester gjort på utløserhåndtak og låsekronen, er det oppnådd tilfredsstillende resultater med tanke på brukeropplevelse og funksjon. Et viktig moment med utløserhåndtaket, er størrelsen av kraften som må påføres, for at håndtaket skal gå i inngrep mot låsekronen. Simuleringer gjort i SolidWorks viste at håndtaket måtte presses ned med 36N (3.7kg), for å oppnå 1.5mm avbøyning nødvendig for inngrep. SolidWorks tar ikke hensyn til friksjon mellom deler, det ble derfor antatt at den reelle kraften måtte være noe høyere. Tester gjort på utløseret, viser at det kreves 4.5kg (44N) for å oppnå inngrep mot låsekronen. Dette er tilfredsstillende resultater, og også nært forventet verdi. Rent fysisk er 4.5kg for høyt, det vil derfor reduserer i utløseret for produksjonsmodell.

Produksjonsmodellen av utløseret vil lages med utløserhåndtak av stål. Materialvalget er gjort på grunnlag av at utløseren skal kunne brukes over lang tid, med mange utplasseringer av sensorer i terrenget. Charlie produktutgave er laget i POM (acetalplast), og viser ikke slitestyrken som er ønsket av dette undersystemet. Nederste del av armene på utløseren bør i tillegg til å være laget av stål herdes.

Låsekronen må være av et materiale mykere enn stålet i utløserhåndtaket, for å minimere slitasje. For produksjonsmodellen vil låsekronen fortsatt lages i aluminium.



Figur 41: Utløser



Figur 40: Låsekroner

### Utløserpinnen, låseskive og fjærer

Utløserpinnen hovedfunksjoner er å åpne de to låsekjeftene i låsekronen, og kunne trekkes opp slik at det blir rom for å fjerne låsekronen fra utløserhåndtak etter bruk. Utløserpinnen åpner de to låsekjeftene tilstrekkelig til at kjeftene slipper løftevaieren. Fjærene har stor nok vandring til at utløserpinnen får bevege seg tilstrekkelig i begge retninger.

Det er observert noe slitasje på utløserpinnens spiss, og det anbefales derfor at den herdes for å oppnå større slitestyrke.

Låseskivene har fungert som forventet, og trenger ingen spesielle endringer.

### Låsekjefter og fjærer

Låsekjeftene som sitter i låsekronen er fjærbelastet mot senter, og skal gripe om løftevaieren festet i sensor. Kjeftene har ikke fungert som forventet, de er ikke kraftige nok til å kunne holde systemets totale vekt via vaieren.



*Figur 42: Låsekjefter og fjærer*

Fjærene som står mot låsekjeftene på charlie er svært stive i forhold til tråddiameteren, og enda stivere fjærer vil gjøre systemet vanskelig å klargjøre for deployering. For produksjonsmodellen anbefales det at løftevaieren har en kule i enden, som hviler mot låsekjeftenes overside, slik at løftekapasiteten ikke kun er avhengig av kjeftenes klemkraft.

## Konklusjon

Prototype Charlie oppnådde de viktigste hovedfunksjonene den ble designet og testet for, det er likevel behov for endringer.

Foreslåtte endringer for produksjonsmodell:

- Utløserhåndtak i stål for økt slitestyrke
- Tynnere vegger i utløserhåndtakets armer for å senke kraftbehovet før inngrep mot låsekrone
- Herdet ende på armene til utløserhåndtak
- Herdet utløserpinne
- Kule i ende av løftevaier



## 4 ECN Beta til produksjonsmodell

### Innledning

ECN: Engineering Change Notification (endringsmelding).

Dette dokumentet skal begrunne de endringer som er gjort i design mellom prototype beta og produksjonsmodellen på en oversiktlig måte.

Dokumentets hensikt er å gi utviklingsgruppen en god måte å spore hvor endringer har blitt gjort, og på hvilket grunnlag de endres.

### Mekanisk kapsling

Part	Endret fra	Endret til	Grunnlag for endring	Påvirker grensesnitt	Geometrisk utforming endret
Sidevegger	90° form med 3 glideruller	90° form med jevn rund glideflate	3 separate glideruller graver seg ned i underlaget som sett under testing. Jevn form vil gli bedre mot myke underlag, som har vært problemområdet.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Utløser</li><li>– Hengsler</li><li>– Sidevegg dempere</li></ul>	Ja
Sidevegg materiale	Glassfiber	Karbonfiber	Glassfiber er for tungt. Karbonfiber kan konstrueres med fleks, slik at det demper systemet ytterligere.		Ja
Topp-plate materiale	Aluminium	Karbonfiber	Vekt		Nei
Hengsler	Pianohengsel	Torp-Fasteners fjærhengsler	Integrering av fjærer i hengsler.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Sidevegger</li><li>– Topp-plate</li><li>– Endestoppere</li><li>– Falldemping sidevegger</li></ul>	Ja
Demperblokk	Hel blokk laget i	4-delt	Optimalisering av demperkinematikk.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Falldemping</li></ul>	Ja



senter	POM (acetalplast)	aluminumsblokk	Gjennomføring for elektrokabler integrert.	sidevegger – Topp-plate – Bunnplate – Styresystem – Batterisystem	
Endestoppere	Justerbar via bolt	Statisk 45°	Optimal vinkel er funnet via testing.	– Hengsler – Topp-plate – Bunnplate	Ja
Vibrasjonsdemper i gummi	Ingen	0.5mm gummi	Oscillasjoner i graf fra sensor under deployering	– Mekanisk kapsling	Ja

### Nivelleringsystem

Part	Endret fra	Endret til	Grunnlag for endring	Påvirker grensesnitt	Geometrisk utforming endret
Nivelleringskrybbe	POM (acetalplast)	Aluminium	Størrelse	– Servomotorer – Falldemping krybbe	Ja
Aksler nivelleringskrybbe	Aksel i kun ett opplagringspunkt per rotasjonsakse	To aksler per rotasjonsakse.	Opprettholde integritet etter deployering.	– Nivelleringskrybbe – Servomotorer	Ja
Servomotorer	Futaba S3114	SAVÖX SH-0257MG	Mindre dødgang.	– Nivelleringskrybbe – Aksler nivelleringskrybbe – Styresystem	Ja
Låsemulighet for nivelleringskrybbe	Ingen	Servodrevet låsepinne	Krybbe kan ikke vandre fritt under deployering, må låses fast.	– Nivelleringskrybbe – Styresystem	Ja



## Falldemping

Part	Endret fra	Endret til	Grunnlag for endring	Påvirker grensesnitt	Geometrisk utforming endret
Demperbrakett sidevegger			Forbedring av design.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Dempere sidevegger</li><li>– Sidevegger</li></ul>	Ja
Demperbrakett krybbe			Opplagring på messingaksler.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Dempere krybbe</li><li>– Bunnplate</li></ul>	Ja
Dempere krybbe	Absima 145mm	HPI 163mm	Økt slaglengde for bedre demping. Teflon (PTFE) stempler for mindre statisk og dynamisk friksjon.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Demperbrakett krybbe</li><li>– Nivelleringskrybbe</li></ul>	Ja

## Styresystem

Part	Endret fra	Endret til	Grunnlag for endring	Påvirker grensesnitt	Geometrisk utforming endret
Styrekort	Prototypekort	PCB	Nødvendig for å få plass til styresystem i bunnplate eller sidevegg	<ul style="list-style-type: none"><li>– Bunnplate</li><li>– Sidevegger</li></ul>	Ja
Nivelleringservo	Futaba type	Savox type	Bedre holdemoment	<ul style="list-style-type: none"><li>– Nivelleringskrybbe</li></ul>	Ja

## Batterisystem

Part	Endret fra	Endret til	Grunnlag for endring	Påvirker grensesnitt	Geometrisk utforming endret
Spenningsregulator	Enkel regulator	Todelt regulator	Todelt regulator gir mulighet for ytterligere reduisering av strømtrekk	<ul style="list-style-type: none"><li>– Styrekort</li></ul>	Ja
Batteritype	6LR61	CR9V/P	Endret med bakgrunn i høyere kapasitet med samme formfaktor		Nei





## 5 Referanser

---

- [1] Racingpunk, 110mm shock damper suspension set blue,  
<http://www.racingpunk.net/110mm-shock-damper-suspension-set-blue.html>, 04.05.15
- [2] Futaba RC, *Standard Servos*, <http://www.futaba-rc.com/servos/analog.html>, 04.05.15
- [3] *Datasheet ADXL103/ADXL203*,  
[https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/adxl103\\_203\\_eng\\_tds.pdf](https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/adxl103_203_eng_tds.pdf), 04.05.15
- [4] Arduino, *Arduino Nano manual*,  
<http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>, 04.05.15
- [5] *Precision 1 A regulators* L7805ACV,  
[https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/tdL78xxAB-L78xxAC\\_e.pdf](https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/tdL78xxAB-L78xxAC_e.pdf), 04.05.15
- [6] Panasonic, PhotoMOS AQY212GH  
[https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/cnAQY212GH\\_data\\_e.pdf](https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/cnAQY212GH_data_e.pdf), 04.05.15



KONGSBERG

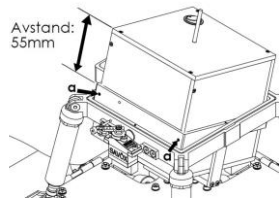
---



14

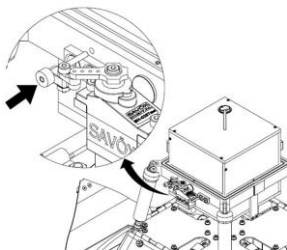
# Forberedelser

- Plasser sensor
- Avstand 55 mm
- a** Skru til 4x justeringsskruer (begge sider)



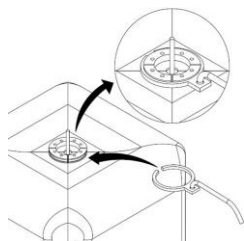
1

- Dytt inn krybbelås for å låse de to innerste nivelleringskrybbene



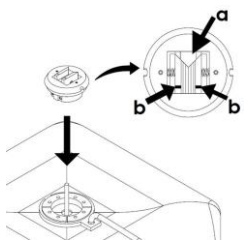
2

- Lukk sidevegger
- Tråd skal gå gjennom topp av kapsling
- Sett på klips



3

- a** Tre tråd gjennom låsekrone
- Stram tråd
- b** Dra tråd gjennom kjeft til markering

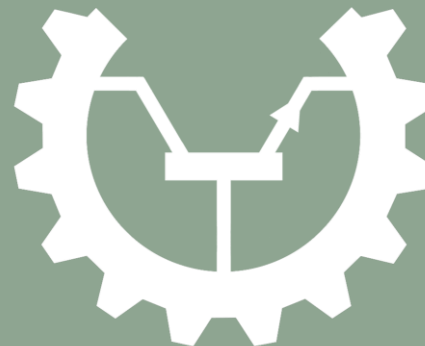


4

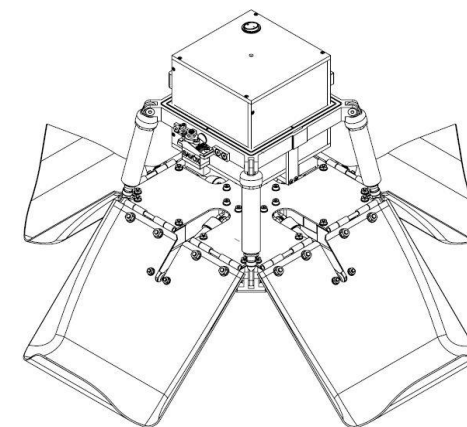
# Oversikt

Denne brosjyren skal ligge til grunn for sluttbrukere av Sensor Deployment System. Instruksjonene som følger skal anvendes ved pakking og deployering av systemet.

Spesifikasjonene som er presentert bakerst må overholdes for at systemet skal fungere som tiltenkt.



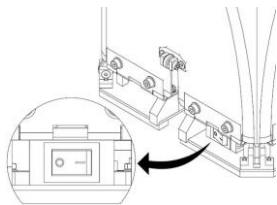
# Felthåndbok



[www.SDS2015.no](http://www.SDS2015.no)

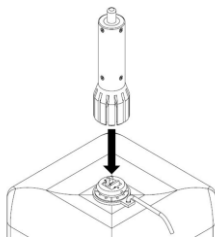
# Deployering

- Slå på bryter



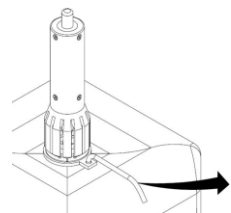
1

- Press utløser på låsekrone



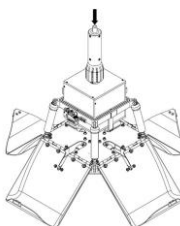
2

- Dra ut klips



3

- Vent til sidevegger er helt nedfelt
- Trykk på utløser for å deployere systemet



4

## Sjekkliste

Enhet:

- ☐ Sensor er plassert i nivelleringskrybbe
- ☐ Avstand fra nivelleringskrybbe til topp av sensor er 55mm
- ☐ De 4 justeringsskruene er tilstrekkelig festet
- ☐ Krybbelås er satt på
- ☐ Alle fire sidevegger er lukket
- ☐ Tråd stikker opp gjennom topp av kapsling
- ☐ Klips er montert
- ☐ Tråd er dratt gjennom låsekrone i den åpne delen av kjeftene
- ☐ Tråd er strammet tilstrekkelig slik at låsekrone ligger på topp av kapslingen
- ☐ Tråd er dratt gjennom kjeft og ligger mellom de to røde markeringsstrekene
- ☐ Bryter er slått på

Underskrevet:

## Spesifikasjoner

Dimensjon transportkonfigurasjon	200x200x200	mm
Dimensjon utslått u/utløser	500x500x225	mm
Vekt system med sensor	2	kg
Innspenning	9	VDC
Utspenning	5	VDC
Operasjonell tid etter deployering	7	Dager
Min. operasjonell temp.	0	°C
Maks. operasjonell temp.	30	°C
Inntrengingsgrad transportkonfigurasjon	IP1X	-
Inntrengingsgrad utslått	IPXX	-
Maks. helning	±10	°
Min. helning	0	°
Maks. vekt sensor	400	g
Dimensjon sensor	100x100x100	mm
Batteritype	2x9V EV CR9V/P	-

## Kontakt oss:

For spørsmål vedrørende utførelse av pakking eller deployering, vennligst ta kontakt med:

**Henrik Solberg**  
Ledende designingeniør maskin  
Tlf. 934 54 357  
E-post: henrik.solberg11@gmail.com

**Lars Erik Solberg Moen**  
Ledende designingeniør elektro  
Tlf. 416 45 666  
E-post: lars\_erik\_moen@hotmail.com



KONGSBERG

---



15

# SDS Brukermanual



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	16.05.2015	Henrik Solberg	Lars Fredrik Ostun
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

**Sammendrag:**

Brukermanualen skal beskrive hvordan SDS skal brukes, vedlikeholdes og feilsøkes. Den beskriver hvilke begrensinger og egenskaper produktet har, slik at bruker benytter produktet slik det er tiltenkt.

I brukermanualen finnes også info om justering, kalibrering og liste over deler benyttet i produktet, i tilfelle noe skulle trenge utskifting.



## Innholdsfortegnelse

1	Maskinteknisk.....	3
1.1	Omfang.....	3
1.2	Beskrivelse av systemet.....	3
1.3	Klargjøring av systemet .....	4
1.4	Spesifikasjoner.....	5
1.5	Justering.....	6
1.6	Vedlikeholdsplan .....	7
1.7	Feilsøking.....	15
2	Elektroteknisk.....	16
2.1	Omfang.....	16
2.2	Beskrivelse av systemet.....	16
2.3	Spesifikasjoner.....	22
2.4	Plassering av komponenter .....	23
2.5	Vedlikehold og feilsøking .....	24
3	Deleliste.....	28
4	Referanser .....	33

## Figuroversikt

<i>Figur 1: Fest låsekrone.....</i>	<i>4</i>
<i>Figur 2: Fest sidevegger.....</i>	<i>4</i>
<i>Figur 3: Montere sensor.....</i>	<i>4</i>
<i>Figur 4: Justering av servoposisjon.....</i>	<i>6</i>
<i>Figur 5: Kalibrering mot krybbe.....</i>	<i>6</i>
<i>Figur 6: Tegnforklaring smørekart.....</i>	<i>7</i>
<i>Figur 7: Smørekart .....</i>	<i>8</i>
<i>Figur 8: Demontering av aksler .....</i>	<i>9</i>
<i>Figur 9: Demontering av aksel .....</i>	<i>9</i>
<i>Figur 10: Demontering av servoaksler .....</i>	<i>10</i>
<i>Figur 11: Demontering av hengsler.....</i>	<i>11</i>
<i>Figur 12: Korrekt montering av splint .....</i>	<i>12</i>
<i>Figur 13: Feil montering av splint .....</i>	<i>12</i>
<i>Figur 14: Oljeskift vertikale dempere [1] .....</i>	<i>13</i>
<i>Figur 15: Oljeskift horisontale dempere .....</i>	<i>14</i>
<i>Figur 16: Blokkskjema for elektrotekniske komponenter i nivelleringsystem.....</i>	<i>16</i>
<i>Figur 17: Flytskjema, nivelleringsrutine.....</i>	<i>20</i>
<i>Figur 18: Styrekort komponentplassering.....</i>	<i>23</i>
<i>Figur 19: Styrekort modellert.....</i>	<i>23</i>



<i>Figur 20: Spenningsforsyning komponentplassering .....</i>	<i>24</i>
<i>Figur 21: Spenningsforsyning modellert .....</i>	<i>24</i>
<i>Figur 22: Plassering av systemets spenningskilder sett ovenfra .....</i>	<i>26</i>
<i>Figur 23: Demontering og bytte av batteri.....</i>	<i>26</i>
<i>Figur 24: Kort for spenningsforsyning .....</i>	<i>27</i>

## **Tabelloversikt**

<i>Tabell 1: Spesifikasjoner.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabell 2: Smøretabell.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabell 3: Feilsøkingstabell .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabell 4: Hovedkomponenter i nivelleringsystem .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabell 5: Spesifikasjoner.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabell 6: Parameter alarm .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabell 7: Feilsøking av elektroniske komponenter .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabell 8: Produksjonsmodell høyeste nivå.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabell 9: Deleliste nivelleringskrybbe.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabell 10: Deleliste utløser .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabell 11: Deleliste elektro .....</i>	<i>31</i>





# 1 Maskinteknisk

---

## 1.1 Omfang

Den etterfølgende beskrivelsen av systemspesifikasjoner omfatter de maskintekniske komponenter i produktet. Dette består av følgende undersystemer:

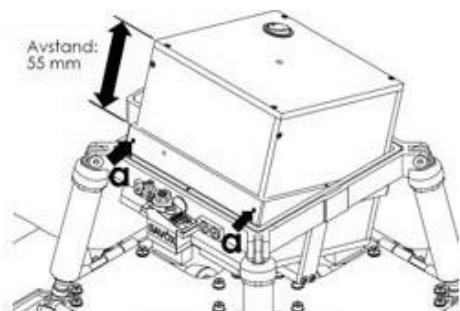
1. Mekanisk kapsling
2. Falldemping
  - a. Vertikale dempere
  - b. Horisontale dempere
  - c. Vibrasjonsdempere
  - d. Celleplast
3. Nivelleringsystem
  - a. Krybber
  - b. Aksler
  - c. Krybbelås

## 1.2 Beskrivelse av systemet

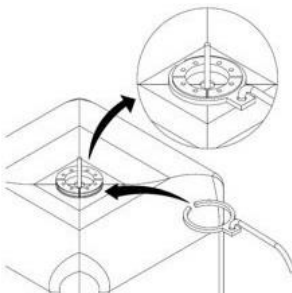
Systemet vil ved deployering felle sideveggene på den mekaniske kapslingen ned til  $-45^\circ$  mot horisontalplanet. Når sideveggene er fullstendig nedfelt, vil systemet kunne slippes. Etter slipp vil den runde delen av sideveggene være første kontaktpunkt mot underlaget, disse vil så dempe systemet mot bakken ved hjelp av de horisontale demperne. I samspill med de horisontale demperne vil de vertikale demperne dempe nivelleringsystemet ytterligere. Etter fullført falldemping nivelleres sensorpakken mot horisontalplanet ved hjelp av nivelleringskrybben. Nivelleringskrybben består av 2 krybber, opplagret i en ytre ramme. De 2 krybbene roterer om perpendikulære akser drevet av servomotorer.



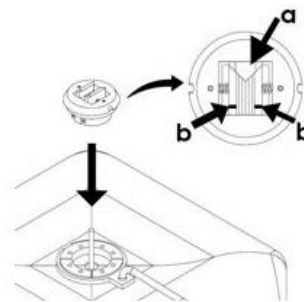
## 1.3 Klargjøring av systemet



Figur 3: Montere sensor



Figur 2: Fest sidevegger



Figur 1: Fest låsekroner

### Steg 1:

- Plasser sensor i indre krybbe
- Juster avstanden fra sensors toppflate til krybbens toppflate 55mm
- Stram til 4xM3 (a) setskruer med 1.5mm sekskantnøkkel, stram skruene stegvis i kryssmønster
- Fest krybbelås i henhold til prosedyre side 13

### Steg 2:

- Fell opp de 4 sideveggene
- Fest klips i sporet på aluminiumsringen
- Påse at løftevaier stikker opp gjennom aluminiumsringen

### Steg 3:

- Før låsekronen ned i aluminiumsringen, og se til at løftevaieren treffer den kileformede åpningen (a, figur 1)
- Trekk løftevaieren gjennom de 2 kjeftene, til den når markeringen (b)

Det henvises til SDS Felthåndbok for beskrivelse av deployering.



## 1.4 Spesifikasjoner

*Tabell 1: Spesifikasjoner*

Parameter	Betingelser	Verdi	Toleranse	Enhet	Kilde
Maksimalt sjokk påført sensorpakke	Underlag: Betong, asfalt, gress, grus og sand. Vind: 0 m/s. Slippes fra stasjonært punkt.	25	N/A	G (*9,81m/s <sup>2</sup> )	
Maksimal helning på underlag	Jevnt underlag	20	N/A	° (DEG)	
Operasjonell temperatur		15	±15	°C (Celsius)	
Slipphøyde		1	±0.05	M	
Lagringstemperatur		15	±15	°C (Celsius)	
Miljøbeskyttelse, oppbevaring		IP1X			
Miljøbeskyttelse, operativ		IPXX			
Vekt		2		Kg	
Størrelse		20x20x20		Cm	

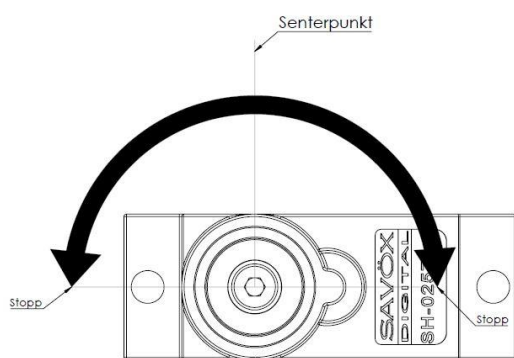


## 1.5 Justering

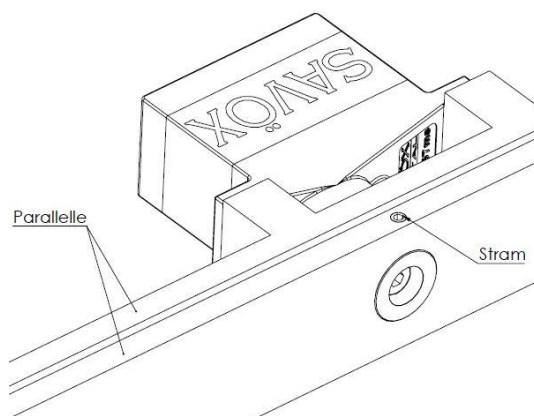
For å oppnå korrekt funksjon, er det viktig at komponenter er montert og justert riktig. Produktet er levert ferdig justert, prosedyren er kun nødvendig å utføre hvis systemet har vært demontert.

### Servomotor kalibreres mot posisjon av krybbe:

- Følg prosedyre for demontering av servoaksler til og med punkt 3 (side 11)
- Servomotor vrir til endepunkt
- Servomotor vrir til andre endepunkt
- Finn så omtrentlig senter mellom disse to endepunktene
- Monter servomotor
- Fest akselen med M2 setskrue gjennom krybbe, med krybbe posisjonert horisontalt
- For finjustering gå til kap 2.5



Figur 4: Justering av servoposisjon



Figur 5: Kalibrering mot krybbe



## 1.6 Vedlikeholdsplan

Vedlikeholdsplanen gir føringer for hvordan SDS skal vedlikeholdes under lagring.

For å kunne opprettholde systemets optimale funksjon etter lang tids lagring, bør vedlikeholdsplanen følges.

I tillegg til vedlikeholdsplanen, bør det før systemet tas i bruk utføres en visuell kontroll av systemet.

Visuell kontroll:

- Lekkasje
- Sprukken/hard gummi i vibrasjonsdempere, endeputer på vertikale dempere, elektriske ledninger og celleplast.
- Transportskader

## Smøring

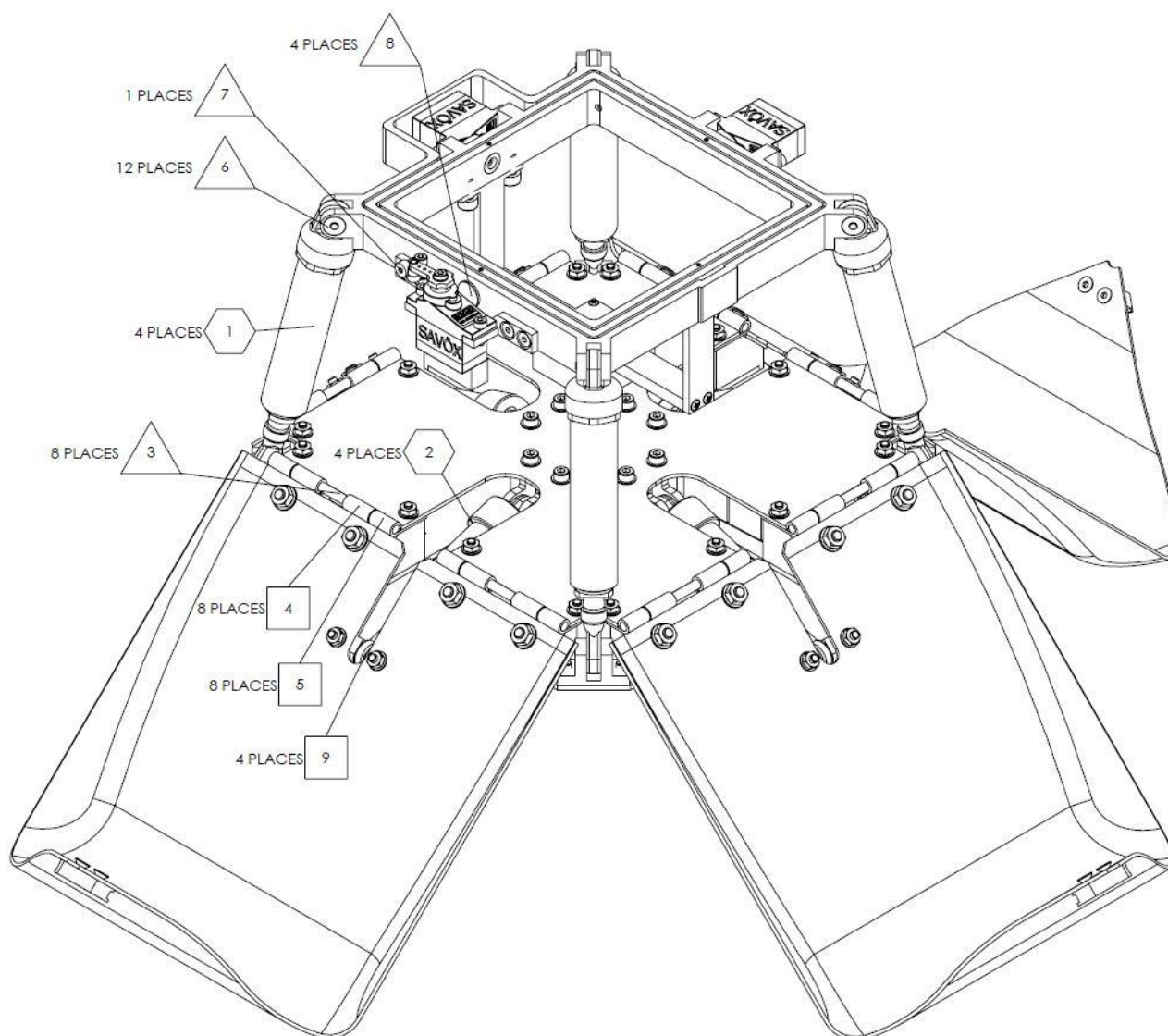
### Tegnforklaring



Figur 6: Tegnforklaring smørekart



## Smørekart



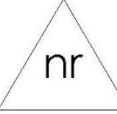



Figur 7: Smørekart



## Smøretabell

Tabell 2: Smøretabell

Tegn	Smøremiddel	Anbefalt smøremiddel	Volum per smørepunkt	Totalt volum nødvendig	Smøreintervall
	150 CPS Silikonolje	Medial Pro 150CPS	6.5ml	26ml	Årlig
	650 CPS Silikonolje	Medial Pro 650CPS	5ml	20ml	Årlig
	Molybdenum Disulfide (MoS <sub>2</sub> )	Loctite LB 8191	0.1ml	2ml	120 dager
	Beskyttende olje	Loctite LB 8001	Sprayer		60 dager

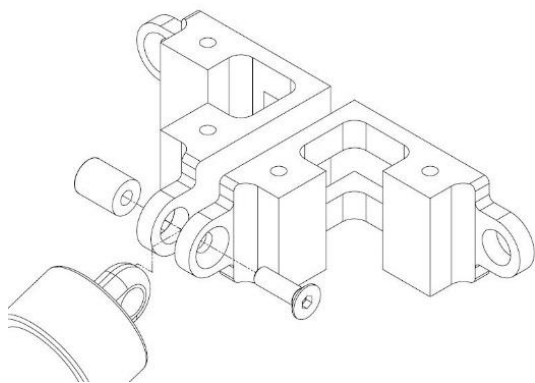
## Demontering for smøring

Flere smørepunkter er avhengig av demontering for smøretilgang. Følg punkter beskrevet under, punkter i parentes gjelder for ulike konfigurasjoner av samme del-type.

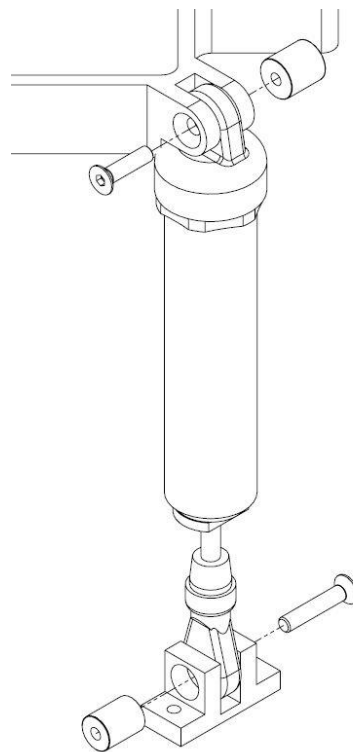
### Demontering av akseltapper for smøring

For å demontere akseltapper (6), utfør følgende steg:

- Skru ut M3 skrue med 1.5mm sekskantnøkkel
- Press akseltapp ut av boringen
- Smør i henhold til smøretabell
- Monter i motsatt rekkefølge



Figur 9: Demontering av aksel



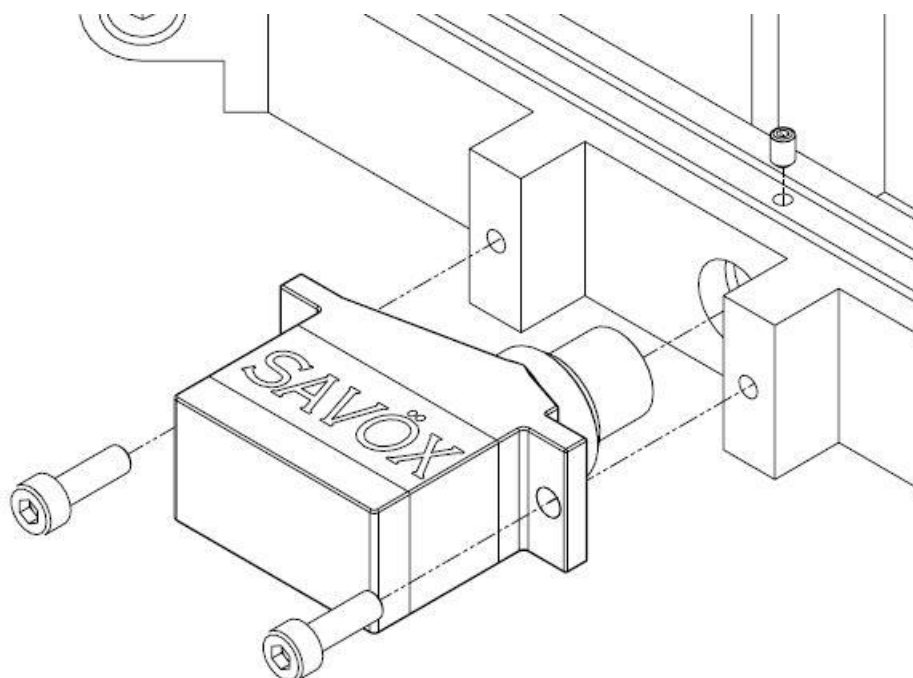
Figur 8: Demontering av aksler



### ***Demontering av servoaksler for smøring***

For å demontere servoaksler (8) på nivelleringskrybbe for smøring, utfør følgende steg:

- Skru ut M2 setskrue fra overside av krybbe med 0.9mm sekskantnøkkel
- (Skru ut 2xM2.5 skruer som holder servo med 2mm sekskantnøkkel)
- Press ut aksel fra boring
- Smør i henhold til smøretabell
- Monter i motsatt rekkefølge



*Figur 10: Demontering av servoaksler*

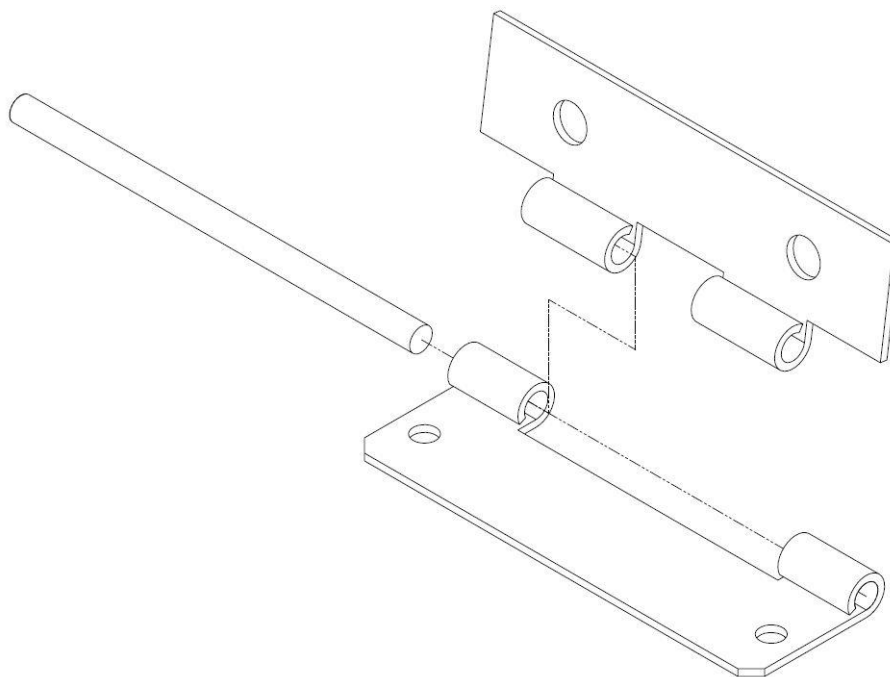




### ***Demontering av hengsler for smøring***

For å demontere hengsler for smøring, utfør følgende steg:

- Press hengselens aksel (3) ut av hengselen med en 1.5-2mm drivdør
- Smør akselen i henhold til smøretabell
- Smør hengslene (4, 5) i henhold til smøretabell
- Før hengslene sammen
- Press akselen inn

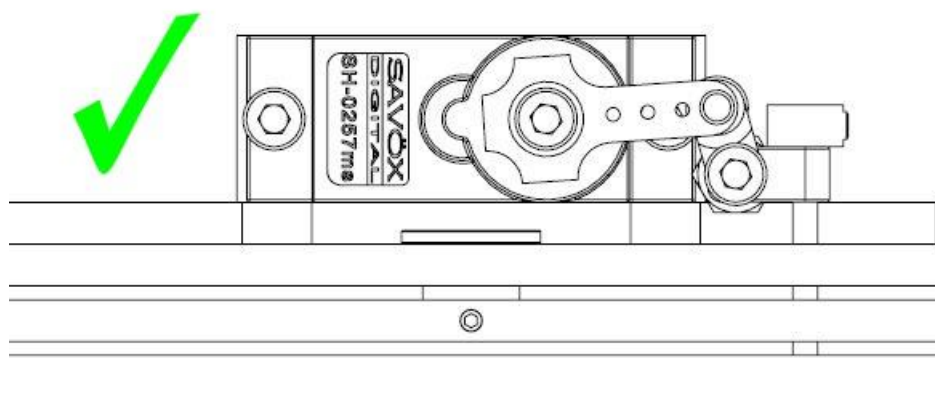


*Figur 11: Demontering av hengsler*

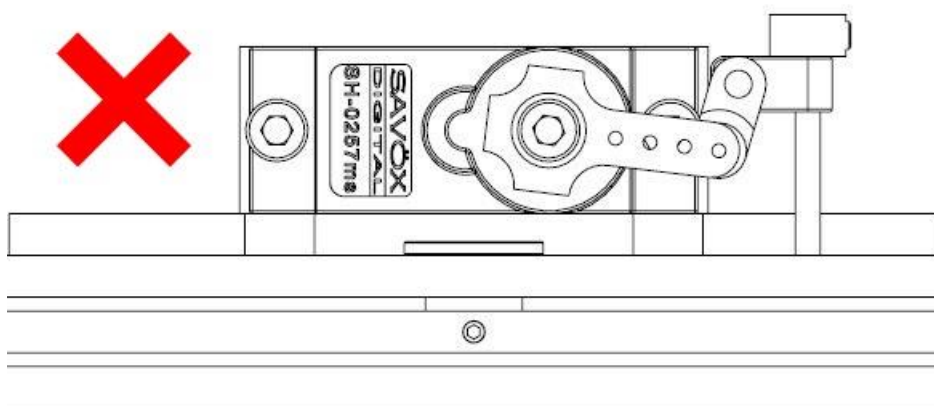


### ***Smøring av splint for krybbelås***

- Trekk splinten ut ved å vri servoøret mot klokken sett ovenfra
- Smør splinten i henhold til smøretabell
- Før splinten gjennom de 3 hullene i krybbene ved å vri servoøret med klokken, og hjelp splinten med den andre hånden



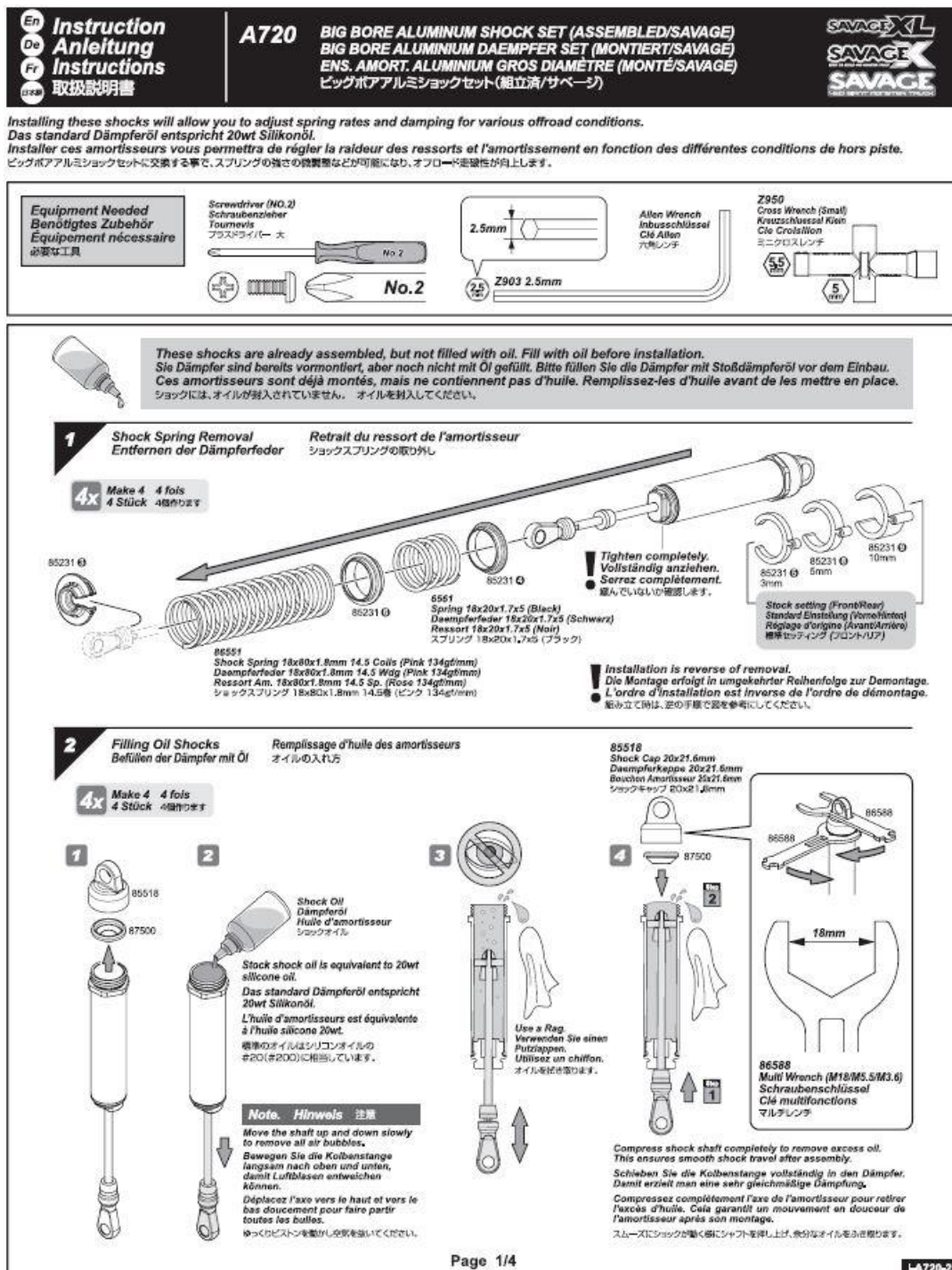
*Figur 12: Korrekt montering av splint*



*Figur 13: Feil montering av splint*

### *Oljeskift i vertikale dempere (1)*

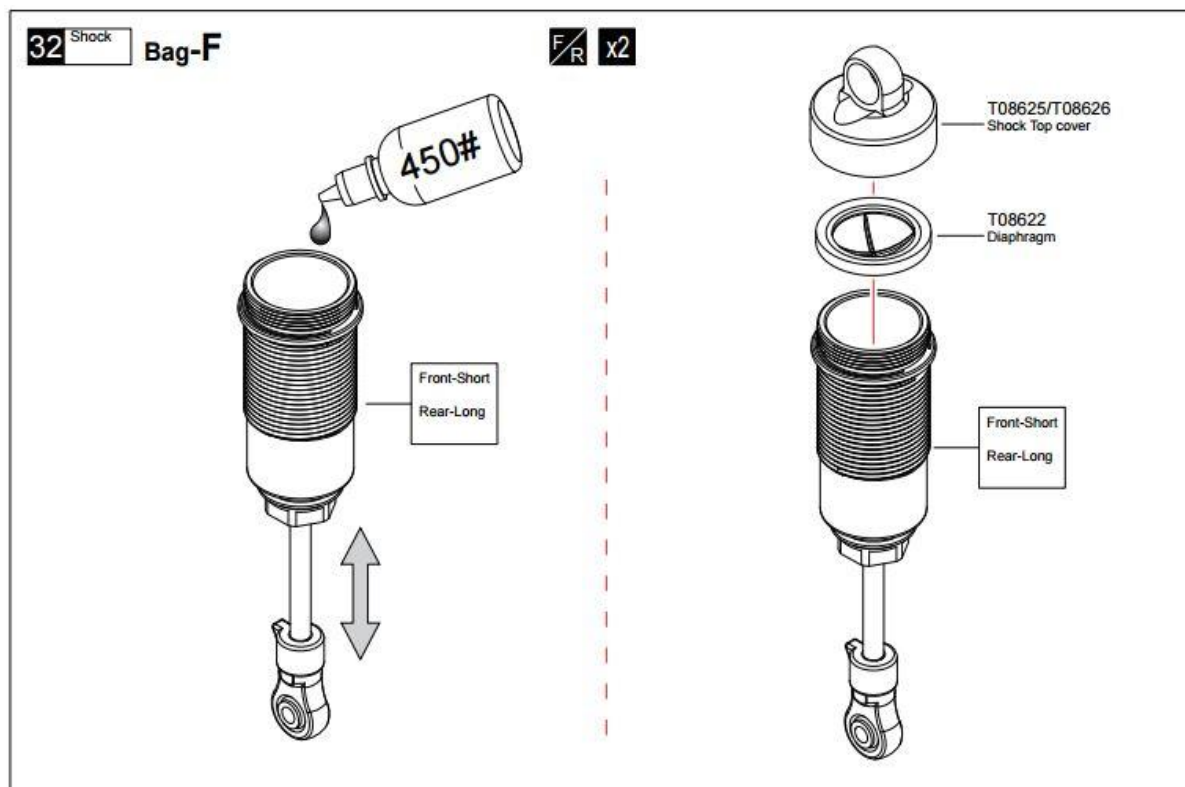
**NB!** Oljeviskositet spesifisert i skjematisk tegning samsvarer ikke med viskositet spesifisert i smøretabell. Smøretabell skal overholdes.



Figur 14: Oljeskift vertikale dempere [1]

**Oljeskift i horisontale dempere (2)**

**NB!** Oljeviskositet spesifisert i skjematisk tegning samsvarer ikke med viskositet spesifisert i smøretabell. Smøretabell skal overholdes.



Figur 15: Oljeskift horisontale dempere



## 1.7 Feilsøking

*Tabell 3: Feilsøkingstabell*

<b>Problem</b>	<b>Identifisering av opphav til problem</b>	<b>Tiltak for utbedring</b>
Dempere beveger seg ikke fritt	<ul style="list-style-type: none"><li>– Oljelekkasje</li><li>– Skjev stempelstang</li><li>– Tørre rotasjonspunkter</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Utfør oljeskift</li><li>– Bytt stempelstang</li><li>– Utfør smørerutine</li></ul>
Krybbelås løser ikke ut	<ul style="list-style-type: none"><li>– Skjev splint</li><li>– Feil-montert splint</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Ny splint</li><li>– Påse korrekt montering</li></ul>
Nivelleringskrybbe når ikke fullt vinkelutslag	<ul style="list-style-type: none"><li>– Krybbe er ikke kalibrert mot sensorposisjon</li><li>– Feiljustert setskrue i indre krybbe for lås av sensor</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Utfør kalibreringsprosedyre</li><li>– Utfør steg 1, klargjøring av system</li></ul>
Nivelleringskrybbe beveger seg ikke fritt	<ul style="list-style-type: none"><li>– Tørre rotasjonspunkter</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Utfør smørerutine</li></ul>



## 2 Elektroteknisk

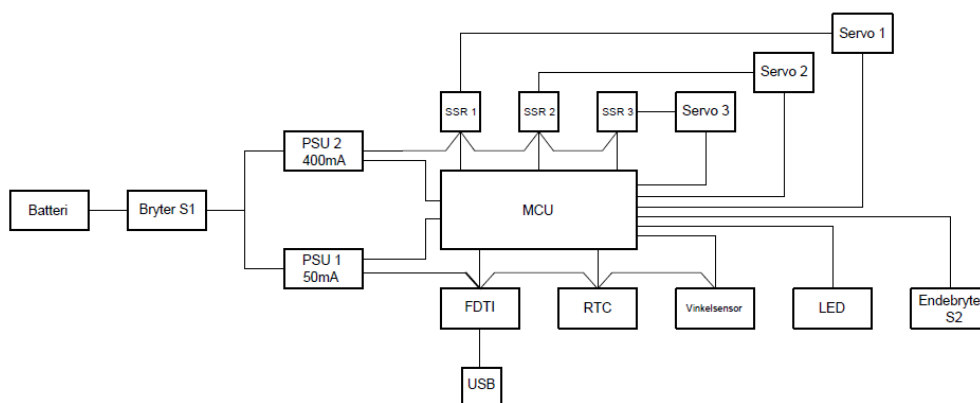
### 2.1 Omfang

Den etterfølgende beskrivelsen av systemspesifikasjoner omfatter de elektroniske, elektrotekniske og elektromekaniske komponenter i produktets nivelleringsystem. Dette består av følgende undersystemer:

4. Spenningsforsyning
  - a. Batteri
  - b. Spenningsregulatorer
  - c. Aktiveringsbryter
5. Styresystem
  - a. Mikrokontroller
  - b. Instrumentering
  - c. Kommunikasjonsgrensesnitt
  - d. Indikatorbryter for deteksjon av deployering
6. Aktuatorsystem
  - a. Mekanisme for fastlåsning av nivelleringskrybbe
  - b. Aktuatorer for nivellering (manøverkrets)

### 2.2 Beskrivelse av systemet

Figur 1 viser et blokkskjema over nivelleringsystemet. Som beskrevet ovenfor består nivelleringsystemet av tre undersystem. Systemet detekterer fullført deployering ved hjelp av en sekvensert aktivering av endebryter S2. Når fullført deployering er detektert vil mikrokontrolleren(MCU) aktivere relè SSR1 og servo 1 som fjerner krybbens avlåsningssplint. Deretter utføres det en nivelleringsyklus hvor vinkelposisjonen til systemets nyttelast måles med vinkelsensor monter på bøyle under den indre krybbe. Den målte vinkel kontrolleres av mot en referanseverdi tilsvarende 0° helningsvinkel i x og z-akse. Hvis den målte verdi avviker fra referansen vil MCU aktivere relè for servomotor i gjeldende akse og korrigere avviket med denne.



Figur 16: Blokkskjema for elektrotekniske komponenter i nivelleringsystem



Når 0° helningsvinkel er oppnådd vil systemet aktivere dvalefunksjon og deaktivere regulatorkretsen for servomotorer(PSU2). Sanntidsklokken RTC vil aktivere systemet med et intervall på 1 time for kontroll av nyttelastens vinkelposisjon, og hvis nødvendig korrigere denne med tilsvarende prosedyre som nevnt ovenfor. Batterisystemet er dimensjonert for operasjon i en uke med et kontrollintervall på en time og forutsetning om at det utføres nivellering ved hver kontroll.

Tabell 4: Hovedkomponenter i nivelleringssystem

Blokkskjema	Type	Produsent	Funksjon
Batteri	CRV9V/P	EVE	Spenningskilde
PSU 1	MAX604CPA+	Maxim	Regulator MCU
PSU 2	LM2575	Texas Instruments	Regulator servo
MCU	Atmega328	Atmel	Mikrokontroller
SSR1	AQY 60V AC/DC	Panasonic	Relè servo 1
SSR2	AQY 60V AC/DC	Panasonic	Relè servo 2
SSR3	AQY 60V AC/DC	Panasonic	Relè servo 3
Servo 1	SH-0257MG	SAVOX	Krybbe
Servo 2	SH-0257MG	SAVOX	Nivellering x-akse
Servo 3	SH-0257MG	SAVOX	Nivellering z-akse
FTDI	FT232RL	FTDI	Grensesnitt USB
USB	USB B 5P	Würth Elektronik	Kontakt USB
RTC	DS3234	Maxim	Sanntidsklokke
LED	SMD LED orange 0805	Osram	Til feilsøking
Vinkelsensor	ADXL203	Analog Devices	Sensor element for helling av indre krybbe

## Spenningsforsyning

Spenningsforsyningen består av to spenningskilder koblet i parallell, av typen CR9V litium ion, med en total kapasitet på til sammen 2400mAh. Aktiveringsbryter S1 betjenes i forkant av deployering og leverer spenning til to vekselomformere hvor det utføres nedregulering av den tilførte 9V spenning, til en driftsspenning på 5V. Regulator PSU 1 besørger stabil 5V spenning til systemets styrekrets med meget lav drift/lekasjestrøm i dvaletilstand. Spenning til systemets manøverkrets leveres av PSU 2 som har styrt aktivering fra MCU slik at systemet effektforbruk kan optimaliseres. Dimensjonerende induktanser for PSU 1 og PSU 2 er begge på 470µH noe som tilsvarer en dimensjonerende strøm på henholdsvis 45mA og 400mA [5], [6].



## Styresystem

### **Dvalefunksjon**

Systemet er optimalisert for strømsparing ved hjelp av styrt spenningsregulator (PSU 2) og styrt påslag av tilførsel til servomotorer, samt styrt dvaletilstand for mikrokontroller. Etter utført prosedyre settes systemet i dvale ved hjelp av innebygd sanntidsklokke. Se programkode for detaljert beskrivelse av dvalefunksjon.

### **Nivellering**

Til måling av nyttelastens vinkel brukes akselerometeret ADXL203 fra Analog Devices med en oppløsning på 11mV/°[7] og intern referanse på 2,5V. Systemets mikrokontroller innhenter måleverdier med 10bits oppløsning og sammenligner dette med sin interne referanse og avgjør med bakgrunn i dette om styresignal til servomotor for gjeldende akse skal endres.

### **Indikatorbryter for deteksjon av deployering**

Enheten er utstyrt med deteksjonsbryter for fullført deployering. Etter at S1 er betjent vil MCU overvåke tilstanden til impulsbryter S2. Denne bryteren vil aktiveres av sideveggene når disse felles ut i forkant av deployering i posisjon -45° i forhold til horisontalplanet. Når enheten deployeres vil sideveggene treffe bakken og fungere som falldempere. Når sideveggene roterer tilbake til posisjon  $\approx 0^\circ$  vil impulsbryter S2 frigjøres og signalere til MCU at kontakt med underlag er oppnådd. MCU vil legge til en forsinkelse på to sekunder for å forsikre at systemet har falt til ro før andre instruksjoner blir utført.

### **Programkode**

Programkode for nivelleringsrutinen er konstruert slik at parametere etter ønske enkelt kan endres. Disse parametere er spesifisert i programkoden. Programmet er sekvensert i "SETUP RTC" og "SETUP LEVELING" gitt av *void setup()*.

Oppsettet til Sanntidsklokka (RTC) er en direkte følge av tredjeparts biblioteket "DS3234.h" av Rodan. Parametere i oppsettet er statiske og skal ikke endres. Oppsettet til nivellering (LEVELING) består i tilknyttinger og definisjoner rundt effekt- og data-relè, samt servomotorene som kontrollerer nivelleringen. Funksjonen følger i tillegg på indikatorbryterens tilstand og sørger for at systemet har blitt riktig deployert og falt til ro. Videre løser den ut krybbelåsen slik at systemet er fritt til å nivellere. Utgangsposisjon til nivelleringsservoene skrives.

Utgangsposisjonen er definert som punktet hvor alle akser er plant med systemet. Denne posisjonen er i utgangspunktet låst av krybbelåsservo, men for å forsikre riktig utgang blir den i tillegg skrevet til servoene i programmet.

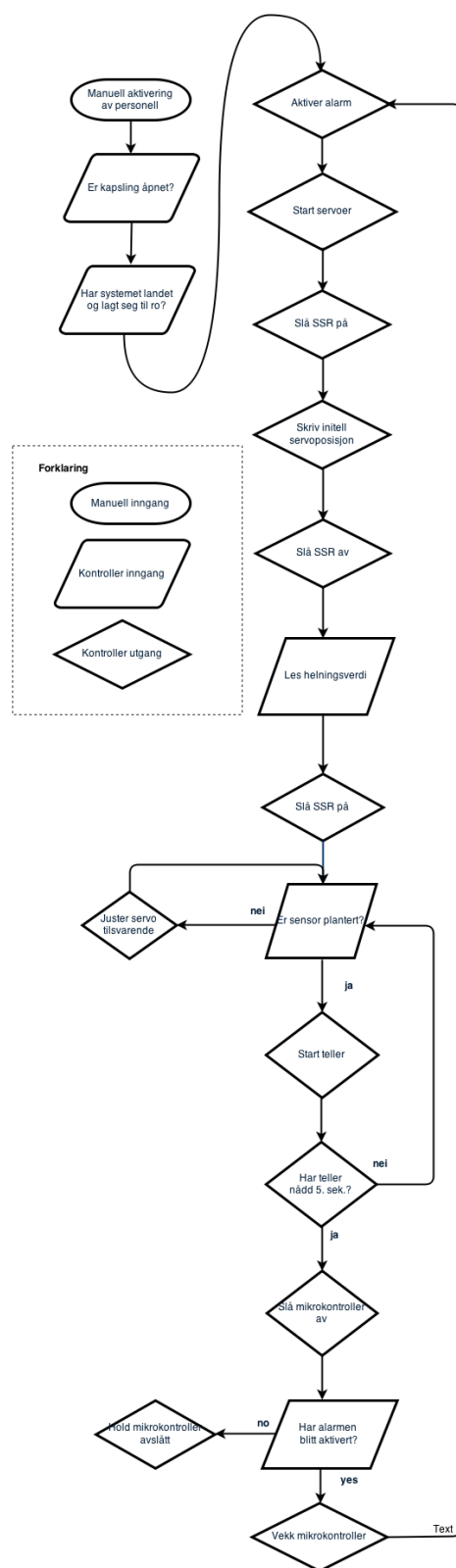
Funksjonen *void loop()* tar seg av innreguleringen av krybben. Dette gjøres ved at akselerometeret blir overvåket og servoposisjon innregulert i henhold til den respektive feilmarginen fra horisontalplanet. Det er implementert en tidsmargin som stater å telle i 5 sekunder etter at sensoren er innregulert. Under dette intervallet overvåkes akselerometerets posisjon for å presisere at det er innenfor kravene som er satt. Skulle sensorene falle ut av posisjon vil innregulering starte på nytt og tidtaker tilbakestilt. Etter 5 sekunder med innregulert system blir interrupt pinnen satt på for å føle på alarmsignalet og funksjonen *set\_next\_alarm()* blir kalt for å sette alarm. Systemet settes så i dvalemodus for gitt intervall i funksjonen *energy.PowerDown()* som er et element av "Enerlib.h".





Når DS3234s alarm er aktivert går systemet inn i funksjonen void *INT0\_ISR(void)* som kobler fra interruptpinnen og sender systemet til toppen av void ***loop()***. Det følger av dette en uendelig sløyfe av innregulering og dvale.

Som sikkerhetsmargin for servoposisjoneringen er det konstruert to funksjoner *int outofboundsx(int nx)* og *int outofboundsy(int ny)*. Disse funksjonene kalles hver gang en ny posisjonering blir gjort fra servoene for å overvåke at de er innenfor det respektive nivelleringsområdet. Skulle systemet kastes ut av dette området vil funksjonene sørge for å tilbakestille systemet til stabil posisjon og starte innreguleringen på nytt. Figur 17 viser ett enkelt flytskjema av programmets konstruksjon.



Figur 17: Flytskjema, nivelleringsrutine



## Aktuatorsystem

### ***Manøversystem***

Enhetens manøversystem består av to servomotorer styrt av MCU. Disse nivellerer den indrekrybbens vinkelposisjon i x og z akse innenfor en helning maksimalt lik  $\pm 2^\circ$  mot horisontalplanet. Servomotorene mottar et pulsbreddemodulert styresignal mellom 0,7 til 2,3ms hvor respektiv posisjon er  $-110^\circ$  til  $+110^\circ$

### ***Mekanisme for fastlåsning av nivelleringskrybbe***

Nivelleringskrybbens bevegelige rammer er før og under deployering avlåst ved hjelp av en låsesplint ført gjennom krybbens statiske og bevegelige deler. Denne splinten er koblet til lenkearm fra servomotor som aktiveres av mikrkontroller etter fullført deployering. Ved aktivering vil servomotor frigjøre låsesplint og nivellering kan påbegynnes.

## Grensesnitt

### ***Produktinterne grensesnitt***

Mikrokontrolleren kommuniserer med sanntidsklokken via SPI. For nedlastning og endring av programkode brukes seriell TTL UART konvertert til USB via den integrerte kretsen FT232RL. Protokoll for overføringsbetingelsene er implementert og forhåndsprogrammert via bootloader i mikrokontrolleren.

### ***Menneskelige grensesnitt***

Til programmering og feilsøking er systemets hovedkort utstyrt med to LED. Grunnet strømsparingshensyn er disse ikke aktive når produktets medfølgende kode kjøres, men kan aktiveres ved endring i programkode av bruker.

Mikrokontrolleren er utstyrt med maskinvare for kommunikasjon via USB. Ved endring i systemets programkode må systemet være avslått med bryter S1. For kalibrering og endring av programparametere kjøres Arduino IDE 105-r2, og driver for seriell til USB enhet FT232 må være installert.



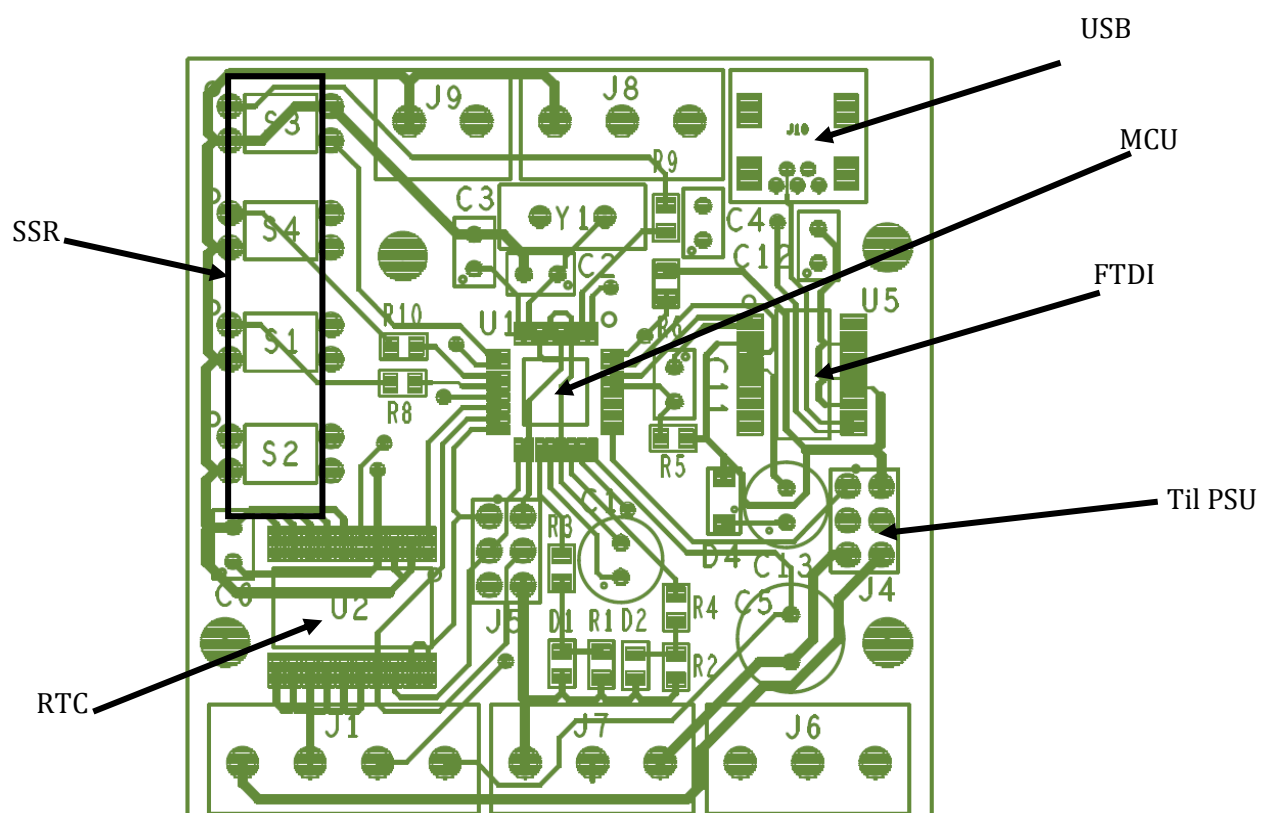
## 2.3 Spesifikasjoner

Tabell 5: Spesifikasjoner

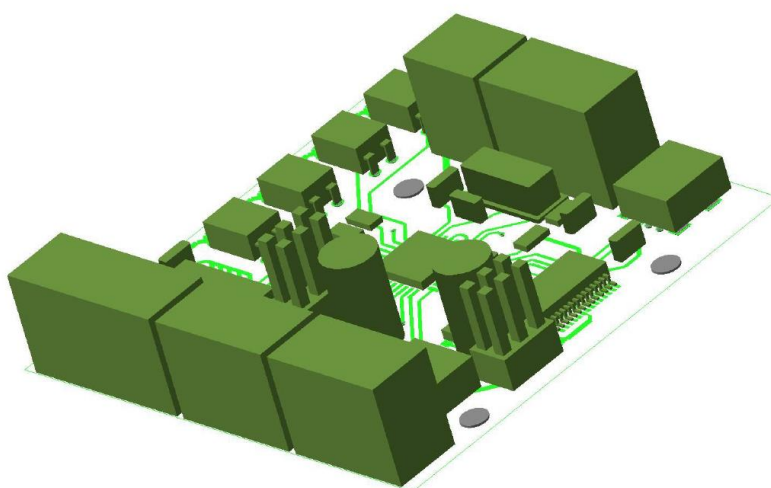
Parameter	Betingelser	Verdi	Toleranse	Enhet	Kilde
Maksimal garantert nivelleringsvinkel		10	N/A	°(DEG)	
Presisjon nivellering		±2	N/A	°(DEG)	
Opperasjonstemperatur		0-30		°C	
Garantert operasjonell tid etter deployering		7		dager	
Maksimal operasjonell tid etter deployering		40		dager	
<b>Spenningsforsyning</b>					
Total kapasitet	@9mA 5,4V <sub>off</sub>	2400	±0,2	mAh	[4]
Batterispenning		9		V	[4]
Regulatorspenning PSU1		5		V	
Regulatorspenning PSU 2		5		V	
Bortfall av regulering PSU 2		5,8		V	#605
Driftstid	Intervall 1t	Min 168		Timer	
Dimensjonerende strøm PSU 1		45	mA	[5]	
Dimensjonerende strøm PSU 2		400	mA	[6]	
<b>Manøversystem</b>					
Driftsspenning		5		V	[5]
Moment		0,177		Nm	
Driftsstrøm		200		mA	
<b>Styresystem</b>					
Strømtrekk i operativ tilstand		12	±5	mA	
Strømtrekk i dvaletilstand		2	±1	mA	
Strømtrekk under nivellering		200	±50	mA	
Driftsspenning		5	±0,3	V	
Klokkefrekvens		20		Mhz	
Dvaleintervall		1		Time	



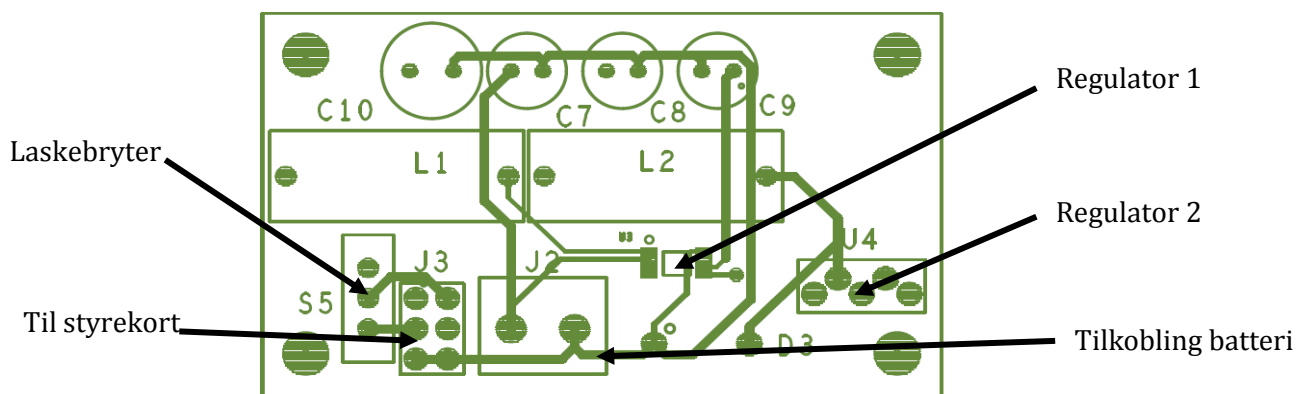
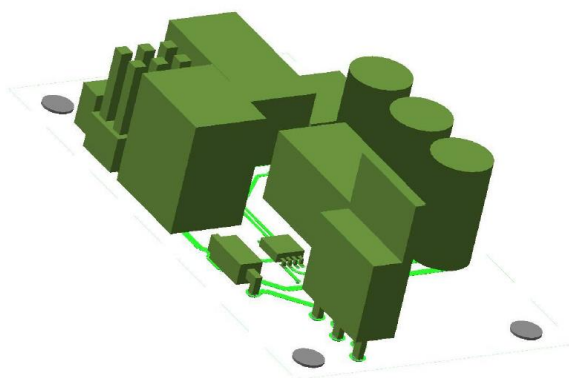
## 2.4 Plassering av komponenter



Figur 18: Styrekort komponentplassering



Figur 19: Styrekort modellert

*Figur 20: Spenningsforsyning komponentplassering**Figur 21: Spenningsforsyning modellert*

## 2.5 Vedlikehold og feilsøking

**NB!** Ved innlasting av programvare/ endring av programparametere må systemets hovedbryter S1 stå i posisjon 0 (AV).

### Kalibrering

Alle kalibreringsprosedyrer beskrevet under krever tilkobling til PC via USB, samt programkode fra vedlegg A og installert Arduino IDE 105-r2.

#### *Nivelleringsensor*

Nivelleringsystemet kan kalibreres ved å posisjonere den indre krybbe med vinkel  $0^\circ \pm 0,3^\circ$  i begge akser. Mikrokontrollerens innleste måleverdi leses av med seriell monitor via systemets USB grensesnitt. Systemets nullreferanse settes så til avleste verdi i programkode gitt av parameterne *nx* og *ny*.

#### *Intervall for vedlikeholds nivellering*

Sett-tid for sanntidsklokken kan kalibreres etter ønske ved å endre parametere i `DS3234_set_a2()`.

Funksjonen er konstruert slik:



*DS3234\_set\_a2(Chip Select, min, timer, dager, flags)*

Parameterne funksjonen antar er gitt av tabell 6.

Tabell 6: Parameter alarm

Parameter	Minimum	Maksimum
min	0	59
timer	0	24
dager	0	7

Det er viktig å bemerke at ved endringer i sanntidsklokka må sett-bits i *flags* endres respektivt til hvilket tidsspenn sanntidsklokka opererer i.

*flags = {min, timer, dager, 1}*

Hvor 0 aktiverer spennet, og 1 deaktiverer.

**Eksempel:**

*DS3234\_set\_a2(10, 50, 1, 0, flags)*

Her ønskes alarm etter 1 time og 50 min. Dager anvendes ikke. Derfor blir flags slik:

*flags = {0, 0, 1, 1}*

Minutter og timer er aktivert, mens dager er deaktivert.

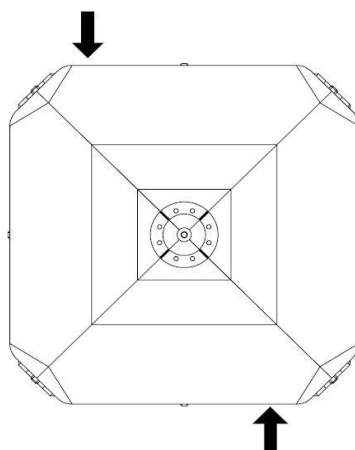
Ønskes ingen alarm og kontinuerlig nivellering av system settes alle parametere i *flags* til 1. For mer detaljert beskrivelse av alarmene til DS3234 henvises det til alarmseksjonen i [8].

### **Kalibrering av servomotorers startposisjon**

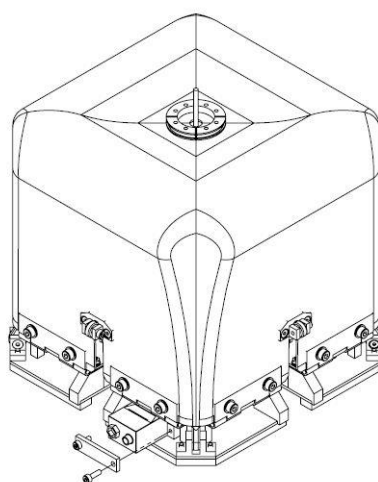
Hvis aksler eller servomotorer tilhørende enhetens manøversystem har vært demontert må servomotorenes posisjon i forhold til krybbens posisjon kalibreres. Utfør grovkalibrering beskrevet i kap. 1.5. Løsne deretter akslenes settskruer, slik at akslene roterer fritt fra nivelleringskrybben rammer.. Last inn program *servo\_kalibrering.ino*(Vedlegg A). Sett inn systemets avlåsings splint beskrevet i kap 1.6: *smøring av låsesplint*. Fjern USB tilkobling og start systemet ved å betjene bryter S1. Servomotorer vil nå rotere til sin 90° posisjon. Stramm settskruene i henhold til spesifisert moment 0,55Nm. Deaktiver systemet med bryter S1, og last inn program *SDS\_nivelleringsrutine.ino*(Vedlegg A). Fjern deretter USB tilkobling. Systemet er nå kalibrert.

## **Spenningskilder**

Det anbefales bytte av spenningskilder årlig ved lengre lagring av produktet. Bruk kun spesifiserte litium EVE-CR9V/P batterier. Enhetens spenningskilder er plassert som vist i figur 22. Demonter batteriholderen som vist i figur 23.



Figur 22: Plassering av systemets spenningskilder sett ovenfra



Figur 23: Demontering og bytte av batteri

## Feilsøking

### **Generelt unormal oppførsel**

Kontroller laskebryter S5. Denne skal stå i nedre posisjon med bryterens betjeningsmekanisme mot nærmeste kant av kretskortet. Denne bryteren kobler sammen/skiller PSU1 og PSU2, og benyttes under fabrikktest av systemet.

### **Sanntidsklokke**

Ved mistanke om feil i sanntidsklokkas alarm: Koble til spenningstester eller tilsvarende på sanntidsklokkas INT/SQW pinne (pinne 5). Denne pinnen ligger normalt høyt mens innregulering pågår, men blir trukket lav ved aktivering av alarm.

Hvis det er tvil om tid på dvalen:

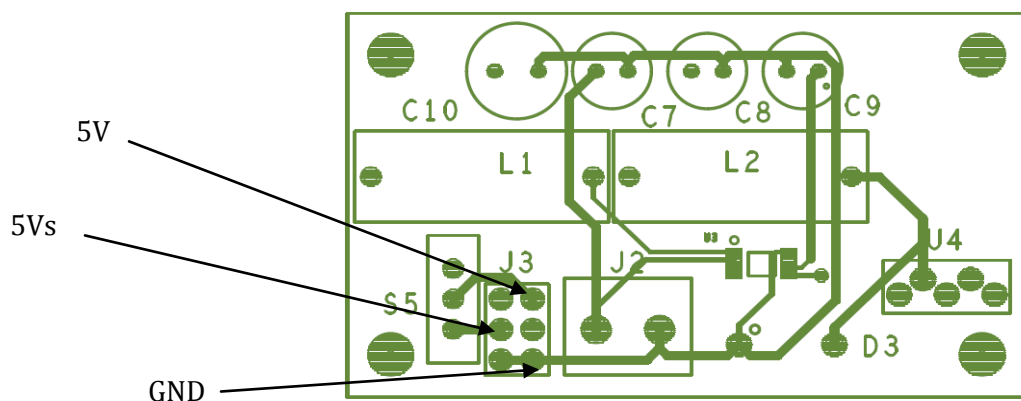
- Dobbeltsjekk at alarm er satt riktig i henhold til 5.1
- Tilbakestill system og la det innregulere
- Mål pinne 5 og start tidtaking når den trekkes lav
- Stop stoppeklokke når pinnen trekkes høy igjen etter dvaleintervallet

Hvis tidtaking og program er overensstemt fungerer alarm som tiltenkt.



**Bortfall av spenning**

1. Demontere batteriene som beskrevet i avsnittet *Spenningsforsyning*. Mål spenning over batteriets poler. Hvis spenning er  $<7,5V$  bytt batterier.
2. Demonter systemet i henhold til montasjeanvisninger for nødvendig tilgang til systemets kretskort for spenningsforsyning. Skru deretter på systemet uten å betjene S2. Mål spenning på kontaktblokk som vist i figur 24.

*Figur 24: Kort for spenningsforsyning*

Hvis spenningen  $\neq 5V \pm 0,2V$ . (Gjelder begge spenningsforsyninger) og batterispenningen er  $>7,5V$  er det enten:

- a. Defekte komponenter i spenningsforsyningen, styrekort loddet av for å verifisere dette.
- b. Kortslutning overlast i styrekort

Tiltak for utbedring er bytte av defekt kort eller enkeltkomponent. Hvis det konstateres feil i PSU 1 kan laskebryter S5 betjenes. PSU 2 vil nå forsyne hele kretsen. MCU må deretter omprogrammeres slik at PSU 2 ikke blir deaktivert under systemets dvaleperiode. Dette medfører at systemet ikke har en operativ levetid i henhold til spesifikasjoner



Tabell 7: Feilsøking av elektroniske komponenter

Problem	Identifisering av opphav til problem	Tiltak for utbedring
Krybbelås løser ikke ut ved deployering	<ul style="list-style-type: none"><li>– Impulsbryter S2 gir ikke signal</li><li>– Systemet får ikke spenning</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Ny bryter S2 eventuelt fjern fremmedlegemer eller deformasjon fra brytermekanismen</li><li>– Følg instruksjoner i avsnitt angående bortfall av spenning</li></ul>
Uregelmessigheter ved nivellering	<ul style="list-style-type: none"><li>– Systemet er ute av kalibrering</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Utfør kalibreringsprosedyre</li></ul>
Unormal utladning av batteri	<ul style="list-style-type: none"><li>– En eller flere servomotorer er hindret i sin bevegelse</li><li>– Sammensatt årsak (uspesifisert)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Utfør rutine for smøring av systemet, og fjern eventuelt sand og andre fremmedlegemer fra nivelleringsmekanismen og krybbelås</li><li>– Systemet må sendes til SDS for videre feilretting.</li></ul>
Ingen kommunikasjon med styrekort via USB	<ul style="list-style-type: none"><li>– Manglende driver i maskin</li><li>– Bootloader ikke til stede i MCU</li><li>– Feil i krets for seriell til USB kommunikasjon</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Installer driver for FT232</li><li>– Systemet må sendes til SDS for videre feilretting.</li><li>– Systemet må sendes til SDS for videre feilretting.</li></ul>
Generell unormal oppførsel	<ul style="list-style-type: none"><li>– Bryter S5 i feil posisjon</li><li>– Utladet batteri</li><li>– Sammensatt årsak (uspesifisert)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Betjen bryter S5</li><li>– Bytt batteri</li><li>– Systemet må sendes til SDS for videre feilretting.</li></ul>

## 3 Deleliste

---

### Maskinteknisk



Tabell 8: Produksjonsmodell høyeste nivå

DELE NO.	DEL	ANTALL
1	Topplate_modell_prod_A0_250315	1
2	Sideflatebrakett_modell_prod_A0_250315	4
3	Bunnplate_modell_prod_A0_250315	1
4	Hengsel_modell_prod_A0_130515	8
5	Sidestopper_modell_prod_A0_210415	8
6	Absima alu demper 110mm	4
7	DIN 7991 - M3 x 8 --- 4.8N	34
8	DIN 7991 - M3 x 30 --- 12N	16
9	DIN 7991 - M3 x 12 --- 8.8N	16
10	DIN 7991 - M3 x 10 --- 6.8N	4
11	DIN 7991 - M3 x 12 --- 12N	4
12	DIN 7991 - M3 x 16 --- 12.8N	2
13	Washer DIN 125 - A 3.2 - 300HV	40
14	Washer DIN 125 - A 4.3 - 300HV	32
15	DIN EN ISO 10511 - M3 - N	32
16	DIN EN ISO 10511 - M4 - N	16
17	Skumgummimatte_modell_prod_A0_140415	4
18	Sidevegg_modell_prod_A0_130515	4
19	DIN 912 M4 x 10 --- 10N	16
20	DIN 912 M3 x 8 --- 8N	8
21	DIN 912 M3 x 12 --- 12N	4
22	DIN 912 M3 x 10 --- 10N	4
23	Spacer_modell_prod_A0_210415	8
24	A720328P Big bor aluminium shock damper	4
25	Demperbrakett_krybbe_modell_prod_A0_130515	4
26	Pinne_demperbrakett_krybbe_modell_prod_A0_140515	4
27	Blokk_modell_prod_A0_230415.SLDDRW	4
28	Pinne3_modell_prod_A0_230415	4
29	Nivellering_modell_prod_A0_250315	1
30	PCB2 strømforsyning	1
31	PCB2 styresystem	1
32	Låseklips_modell_prod_A0_130515	4
33	spacer_PCBkort_modell_A0_140515	8
34	Batteriskinne_modell_prod_A0_140515.SLDDRW	2
35	Lokk_modell_prod_A0_140515	2
36	Eve 9V Lithium Battery CR9V	2



37	Brakett_bryter_modell_prod_A0_150515	1
38	Aktiveringsbryter	1
39	Impulsbryter	1
40	spacer_impulsbryter_modell_prod_A0_150515	1
41	Dobbeltsidet tape	0,1

Tabell 9: Deleliste nivelleringskrybbe

DEL NO.	DEL	ANTALL
1	Ytre_krybbe_modell_prod_A0_140415	1
2	Indre_krybbe_modell_prod_A0_130515	1
3	Midtre_krybbe_modell_prod_A0_140415	1
4	Pinne2_modell_prod_A0_250315	2
5	Pinne_modell_prod_A0_250315	2
6	SAVÖX SH-0257ms	2
7	DIN 913 - M2 x 3-N	9
8	DIN 912 M2.5 x 8 --- 8N	6
9	ISO 4762 M2 x 5 --- 5N	2
10	Krybbelås_brakett_modell_prod_A0_130515	1
11	Krybbelås_brakett_modell_prod_A0_130515	1
12	DIN 7991 - M3 x 8 --- 4.8N	4
13	Pinne_krybbe_modell_A0_130515	4
14	DIN 7991 - M3 x 12 --- 8.8N	4
15	ISO 4762 M2 x 3 --- 3N	1
16	ISO 4762 M2 x 8 --- 8N	1
17	Hexagon Nut ISO 4032 - M2 - W - N	1
18	ISO 4762 M2 x 4 --- 4N	1
19	SAVÖX SH-0257ms krybbelås	1
20	Bøylebunn_modell_prod_A0_130515	1
21	Bøyle_modell_prod_A0_130515	2
22	Deksel_modell_prod_A0_130515	1
23	ISO 7047 - M1.6 x 8 - Z --- 8N	4
24	ISO 7047 - M2 x 6 - Z --- 6N	4
25	DIN 912 M1.6 x 5 --- 5N	4
26	akselerometer_modell_prod_A0_130515	1



27	spacer_akselerometer_modell_prod_A0_130515	4
28	DIN 912 M3 x 8 --- 8N	4
29	Hexagon Nut ISO 4032 - M3 - W - N	4

Tabell 10: Deleliste utløser

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Utløserhåndtak_modell_prod_A0_140515	1
2	Nedre_låseskive_model l_prod_A0_140515	1
3	Øvre_låseskive_modell_prod_A0_140515	1
4	Utløserpinne_modell_p rod_A0_140515	1
5	Knapp_modell_prod_A0_140515	1
6	ISO 7046-1 - M3 x 8 - Z --- 8N	1
7	ISO 7046-1 - M3 x 12 - Z--- 12N	1
8	Nedre fjær	1
9	Øvre fjær	1
10	Beskyttelseslokk_model l_prod_A0_140515	1
11	Låsekrone_modell_pro d_A0_280415	1
12	Låsekjeft_venstre_mod ell_prod_A0_280415	1
13	Låsekjeft_høyre_model l_prod_A0_280415	1
14	fjær_kjeft_modell_char lie_A0_290415	2
15	DIN 916 - M2 x 4-N	2
16	Pinne_modell_prod_A0_290415	2

## Elektroteknisk

Tabell 11: Deleliste elektro

Stykk	Komponent	Produsent	Produsentens Art.nr:
1	Atmega328P	Atmel	ATMEGA328P-AU
1	Vekslingsregulator TO-220-5	National Semiconductor	LM2575T-5.0/NOPB
1	Vekslingsregulator MSOP-8	Linear Technology	LTC3642IMS8E-5#PBF
1	16Mhz kvarts klokke	IQD Frequency Products	XTAL003240
1	FT232RL	FTDI	FT232RL



1	Schottky diode MBR0520	ON Semiconductor	MBR0520LT3G
1	Schottky diode DO-41	STMicroelectronics	1N5819RL
4	GU PhotoMOS AQY212GH	Panasonic	AQY 212GH
1	USB B 5P	Wurth elektronikk	651005136521
1	RTC DS3234S	Maxim	DS3234S#
1	Skyvebryter on-on 1P	EAO	09.03201.02
1	Aluminiumselektrolyttkondensator 330uF	Sunco	25ME330AX
1	Aluminiumselektrolyttkondensator 100uF	Panasonic	ECA1EHG101
1	Aluminiumselektrolyttkondensator 10uF	Panasonic	ECA1HHG100I
1	Aluminiumselektrolyttkondensator 4.7uF	Panasonic	ECA1HM4R7
1	Aluminiumselektrolyttkondensator 1uF	Panasonic	ECA1HHG010
6	Aluminiumselektrolyttkondensator 0.1uF	Panasonic	ECA1HHG0R1
2	Kondensator 22pF 100V	Hitano	TCH2A220J-S265B
2	Spole 470uH	BI Technologies	HM50-471KLF
2	SMD LED oransje	OSRAM	LOR971
5	Motstand/smd 510Ohm	KOA	RK73H2ATTD5100F
4	Motstand/smd 10kOhm	KOA	RK73H2ATTD1002f
1	Flatkabel 1.00mm 20xAWG28	3M	3625-20
1	Flatkabel 1.27mm 14xAWG28	3M	3319-14
4	Pin header 3P	Phoenix Contact	PST 1,3/3-5,0
3	Servo	SAVOX	SH-0257MG
1	Akselerometer	Analog Devices	ADXL203EB
1	Bryter	Marquardt	1835.1112
2	9V litium Batteri	EVE ENERGY CO	CR9V-P



## 4 Referanser

---

- [1] Datablad, HPI A720\_big\_bore\_aluminum\_shock\_set, 14.05.2015
- [2] Datablad, ABSIMA, t8\_manual\_eng.pdf, 14.05.2015
- [3] Datablad, Savox SH0257MG servomotor, 06.05.2015  
[http://www.savoxusa.com/Savox\\_SH0257MG\\_Micro\\_Digital\\_Servo\\_p/savsh0257mg.htm](http://www.savoxusa.com/Savox_SH0257MG_Micro_Digital_Servo_p/savsh0257mg.htm)
- [4] Technical Specification CR9V-P, Energy Very Endure, 05.2010
- [5] Technical Specification LTC3642, Linear Technology
- [6] Technical Specification LM2575 National Semiconductor 2004
- [7] Technical Specification ADXL103/ADXL203 Rev D. Analog Devices 2011
- [8] Technical Specification RTC DS3234 Maxim



KONGSBERG

---



16



# SDS montasjeanvisning



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	15.05.2015	Henrik Solberg	Håvard Larsen
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

**Sammendrag:**

Montasjeanvisningen skal, i samspill med brukermanualen til systemet, forklare fullstendig hvordan systemet er satt sammen og gi de nødvendige instruksjoner for å justere og kalibrere systemet.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	3
2	Tiltrekkingsmoment for montasje .....	3
3	Montasje .....	4
3.1	Sammenstilling av nivelleringskrybbe .....	4
3.2	Sammenstilling av system .....	7
3.3	Sammenstilling av utløser .....	10
3.4	Sett med vibrasjonsdempere .....	11
3.5	Koblingsskjema .....	12
4	Referanser .....	13

## Figuroversikt

<i>Figur 1: Sammenstilt nivelleringskrybbe .....</i>	<i>4</i>
<i>Figur 2: Deleliste nivelleringsystem .....</i>	<i>5</i>
<i>Figur 3: Sprengskisse nivelleringsystem .....</i>	<i>6</i>
<i>Figur 4: SDS .....</i>	<i>7</i>
<i>Figur 5: Sammenstilling av SDS .....</i>	<i>9</i>
<i>Figur 6: Utløser sprengskisse .....</i>	<i>10</i>
<i>Figur 7: Utløser .....</i>	<i>10</i>
<i>Figur 8: Sett med vibrasjonsdempere .....</i>	<i>11</i>

## Tabelloversikt

<i>Tabell 1: Tiltrekkingsmoment [1] .....</i>	<i>3</i>
<i>Tabell 2: Deleliste nivelleringsystem .....</i>	<i>5</i>
<i>Tabell 3: Deleliste system .....</i>	<i>8</i>
<i>Tabell 4: Deleliste utløser .....</i>	<i>10</i>
<i>Tabell 5: Koblingsskjema .....</i>	<i>12</i>



# 1 Innledning

Dette dokumentet beskriver hvordan Sensor Deployment Systems produksjonsmodell skal sammenstilles, med fullstendige delelister, koblingsskjema og viktig informasjon ved montasje. Det anbefales å bruke anvisningen i samspill med brukermanualen, for fullstendig forklaring rundt sammenstilling og justering av systemet.

Under montasje skal følgende verktøy brukes:

- 0.9mm sekskantnøkkel
- 1.5mm sekskantnøkkel
- 2mm sekskantnøkkel
- 2.5mm sekskantnøkkel
- 3mm sekskantnøkkel
- PH1 og PH0 stjerneskrutrekker
- 3.0x50 flatspor skrutrekker
- 5.5mm sekskantpipe, 5.5mm kombinasjonsnøkkel eller liknende 5.5mm verktøy
- 7mm sekskantpipe, kombinasjonsnøkkel eller liknende
- 1.5-2mm drivdor
- Momentnøkkel 0-5Nm
- Spisstang, pinsett eller liknende anbefales

Følgende verktøy skal ikke brukes under noen omstendigheter:

- Skiftenøkkel, justerbar fastnøkkel ol.
- Vannpumpetang
- Hammer
- Kniv
- Andre grovverktøy

## 2 Tiltrekkingsmoment for montasje

Tabell 1: Tiltrekkingsmoment [1]

Nominell diameter	Tiltrekkingsmoment (Nm)
M1.6	0.17
M2	0.50
M2.5	1
M3	1.8
M4	4.1



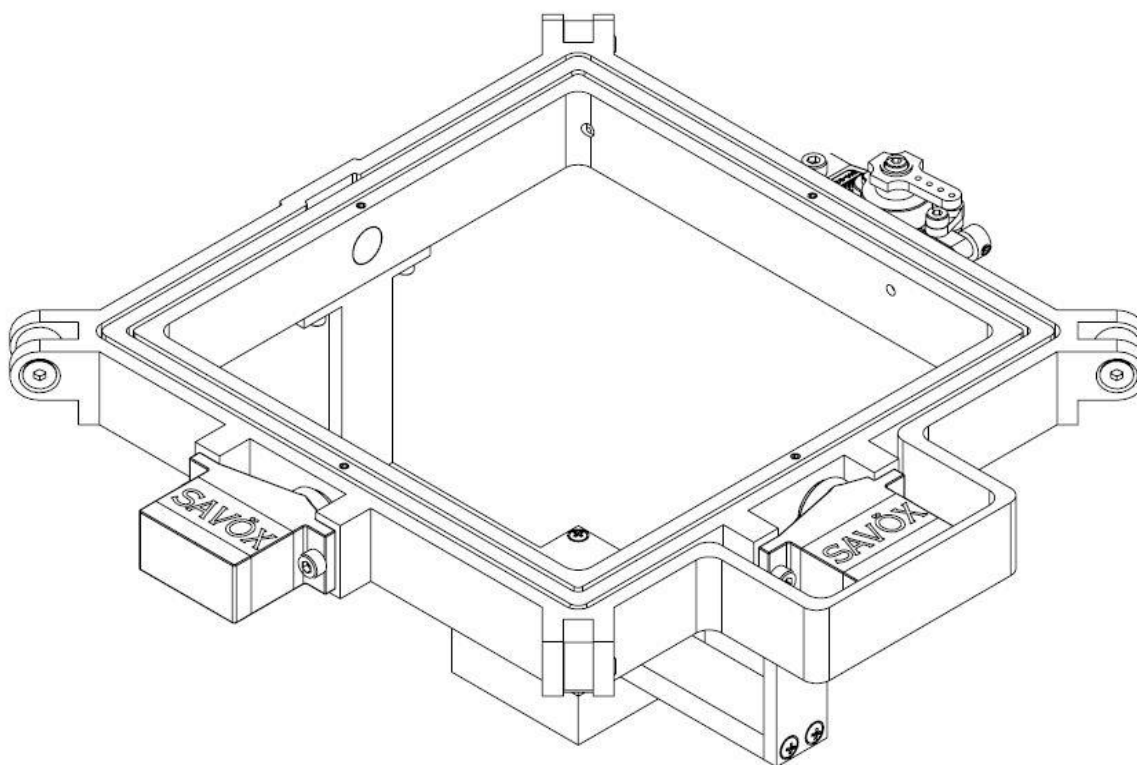
## 3 Montasje

Systemet består av mange komponenter, montasje av system er delt opp i to deler, der nivelleringskrybbe blir sammenstilt for seg selv før den blir satt inn i sammenstilling for hele systemet.

Under montasje skal det monteres elastomerer mellom alle kontaktpunkter, ekskludert nivelleringskrybbe, utløser og alle aksler/rotasjonspunkter. Se tegning av vibrasjonsdempere side 11.

Ved montering skal smørekart beskrevet i brukermanual benyttes.

### 3.1 Sammenstilling av nivelleringskrybbe



*Figur 1: Sammenstilt nivelleringskrybbe*



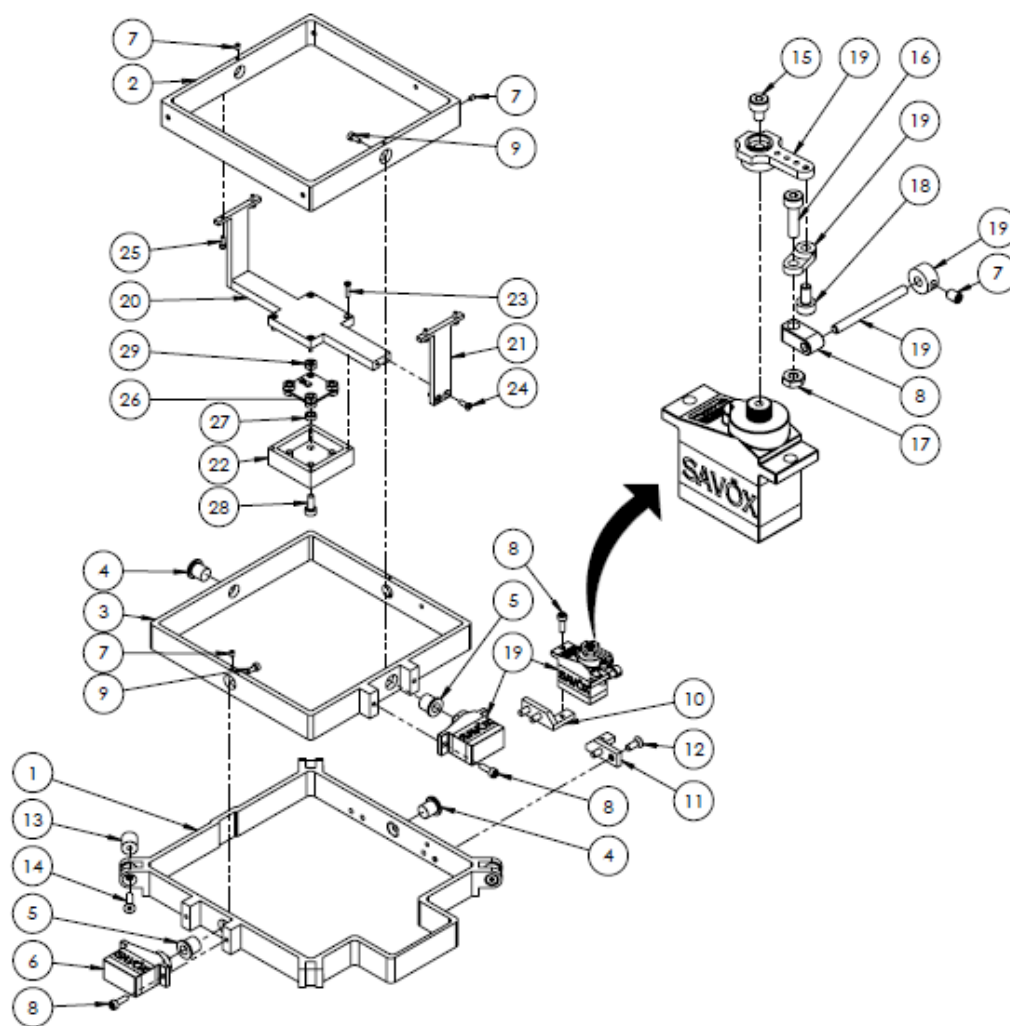
Tabell 2: Deleliste nivelleringsystem

DELE NO.	DEL	ANTALL
1	Ytre_krybbe_modell_prod_A0_140415	1
2	Indre_krybbe_modell_prod_A0_130515	1
3	Midtre_krybbe_modell_prod_A0_140415	1
4	Pinne2_modell_prod_A0_250315	2
5	Pinne_modell_prod_A0_250315	2
6	SAVÖX SH-0257ms	2
7	DIN 913 - M2 x 3-N	9
8	DIN 912 M2.5 x 8 --- 8N	6
9	ISO 4762 M2 x 5 --- 5N	2
10	Krybbelås_brakett_modell_prod_A0_130515	1
11	Krybbelås_brakett_modell_prod_A0_130515	1
12	DIN 7991 - M3 x 8 --- 4.8N	4
13	Pinne_krybbe_modell_A0_130515	4
14	DIN 7991 - M3 x 12 --- 8.8N	4
15	ISO 4762 M2 x 3 --- 3N	1
16	ISO 4762 M2 x 8 --- 8N	1
17	Hexagon Nut ISO 4032 - M2 - W - N	1
18	ISO 4762 M2 x 4 --- 4N	1
19	SAVÖX SH-0257ms krybbelås	1
20	Bøylebunn_modell_prod_A0_130515	1
21	Bøyle_modell_prod_A0_130515	2
22	Deksel_modell_prod_A0_130515	1
23	ISO 7047 - M1.6 x 8 - Z --- 8N	4
24	ISO 7047 - M2 x 6 - Z --- 6N	4
25	DIN 912 M1.6 x 5 --- 5N	4
26	Akselerometer_modell_prod_A0_130515	1
27	Spacer_akselerometer_modell_prod_A0_130515	4
28	DIN 912 M3 x 8 --- 8N	4
29	Hexagon Nut ISO 4032 - M3 - W - N	4

Figur 2: Deleliste nivelleringsystem

## Montering:

1. Monter bøyle for akselerometer (2x21, 20, 26, 28) med medfølgende monteringsdeler.
2. Fest bøylene til innerste krybbe (2)
3. Monter aksler (5) på servomotorer (6)
4. Legg de 3 krybbene i hverandre, og monter de med aksler (4) og servomotorer (6). Utfør rutine for justering av servomotor (brukermanual).
5. Monter braketter for krybbelås (11), monter så krybbelås (19)

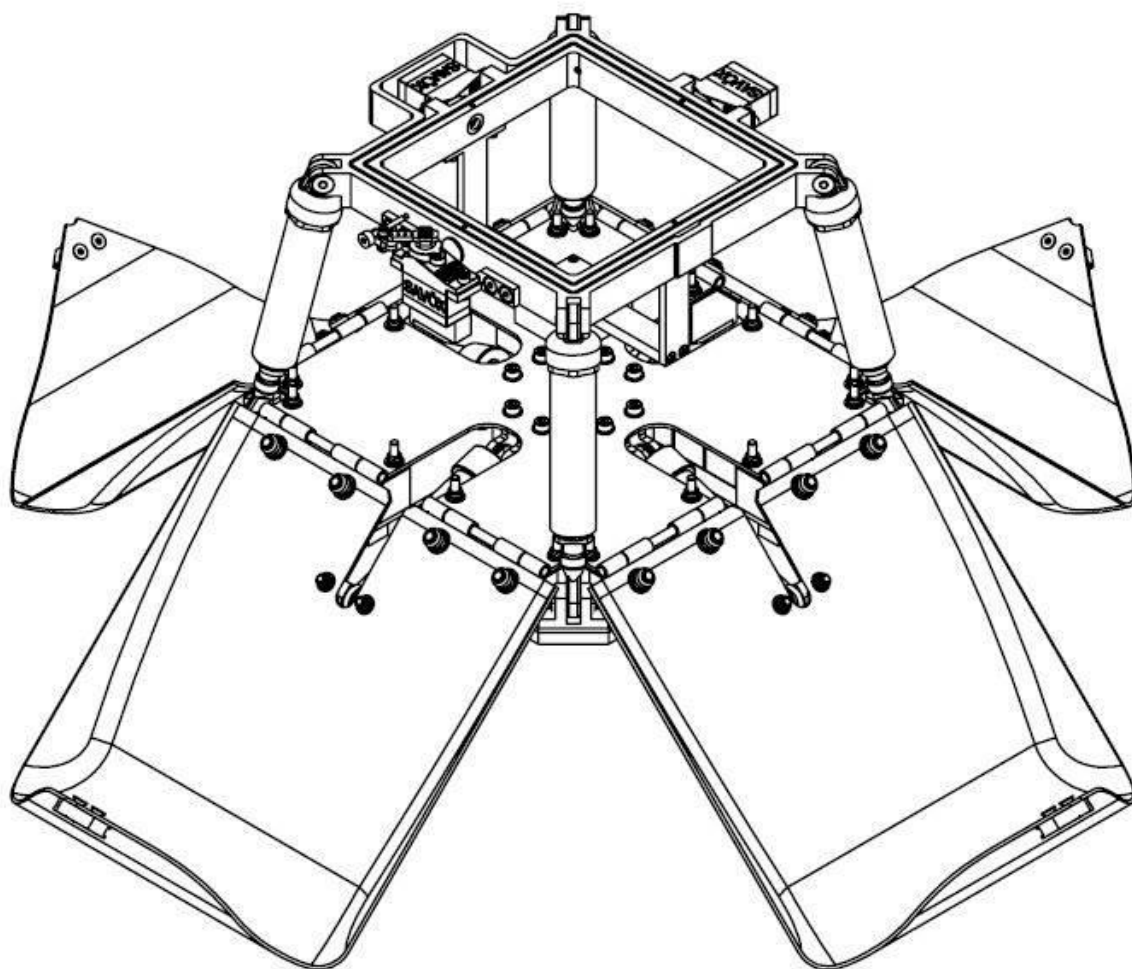


Figur 3: Sprengskisse nivelleringsystem

NB! 4xM3 setskruer (7) figur 3 skal ikke strammes med moment, følg prosedyre i brukermanual!



## 3.2 Sammenstilling av system



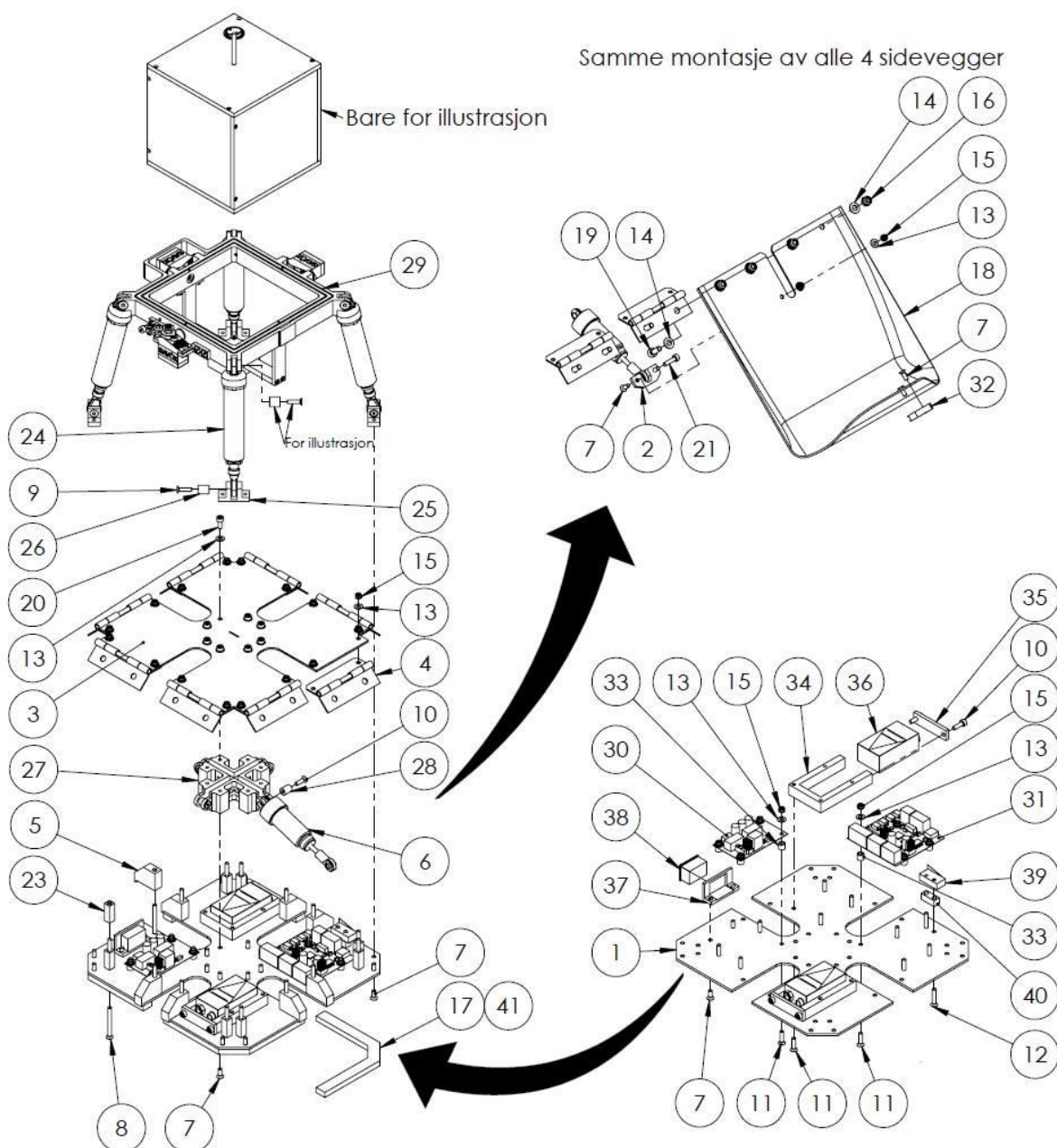
Figur 4: SDS



Tabell 3: Deleliste system

DELE NO.	DEL	ANTALL
1	Topplate_modell_prod_A0_250315	1
2	Sideflatebrakett_modell_prod_A0_250315	4
3	Bunnplate_modell_prod_A0_250315	1
4	Hengsel_modell_prod_A0_130515	8
5	Sidestopper_modell_prod_A0_210415	8
6	Absima alu demper 110mm	4
7	DIN 7991 - M3 x 8 --- 4.8N	34
8	DIN 7991 - M3 x 30 --- 12N	16
9	DIN 7991 - M3 x 12 --- 8.8N	16
10	DIN 7991 - M3 x 10 --- 6.8N	4
11	DIN 7991 - M3 x 12 --- 12N	4
12	DIN 7991 - M3 x 16 --- 12.8N	2
13	Washer DIN 125 - A 3.2 - 300HV	40
14	Washer DIN 125 - A 4.3 - 300HV	32
15	DIN EN ISO 10511 - M3 - N	32
16	DIN EN ISO 10511 - M4 - N	16
17	Skumgummimatte_modell_prod_A0_140415	4
18	Sidevegg_modell_prod_A0_130515	4
19	DIN 912 M4 x 10 --- 10N	16
20	DIN 912 M3 x 8 --- 8N	8
21	DIN 912 M3 x 12 --- 12N	4
22	DIN 912 M3 x 10 --- 10N	4
23	Spacer_modell_prod_A0_210415	8
24	A720328P Big bore aluminium shock damper	4
25	Demperbrakett_krybbe_modell_prod_A0_130515	4
26	Pinne_demperbrakett_krybbe_modell_prod_A0_140515	4
27	Blokk_modell_prod_A0_230415.SLDDRW	4
28	Pinne3_modell_prod_A0_230415	4
29	Nivellering_modell_prod_A0_250315	1
30	PCB2 strømforsyning	1
31	PCB2 styresystem	1
32	Låseklips_modell_prod_A0_130515	4
33	Spacer_PCBkort_modell_A0_140515	8
34	Batteriskinne_modell_prod_A0_140515.SLDDRW	2
35	Lokk_modell_prod_A0_140515	2
36	Eve 9V Lithium Battery CR9V	2
37	Brakett_bryter_modell_prod_A0_150515	1
38	Aktiveringsbryter	1
39	Impulsbryter	1
40	Spacer_impulsbryter_modell_prod_A0_150515	1
41	Dobbeltsidet tape	0,1





Figur 5: Sammenstilling av SDS

NB! Husk å montere elastomerer i alle skrueforbindelser/kontaktpunkter!

## Montering:

1. Begynn med å montere all elektronikk på bunnplate (1)
2. Monter senterblokk (27) med 4 stk dempere (6)
3. Monter topplate (3) med hengsler (4), påse at endestoppere (5) og spacere (23) ligger korrekt
4. Monter 4 stk dempere (24) med braketter mot bunnplate (1) og nivelleringsystem (29)
5. Monter 4 sidevegger (18) mot hengsler (4) og dempere (6) med brakett (2)
6. Monter skumgummimatte (17) med dobbeltsidet tape (41) mot bunnplatens underside

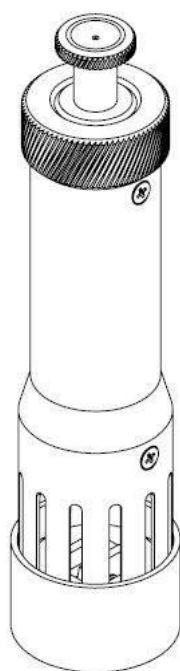


### 3.3 Sammenstilling av utløser

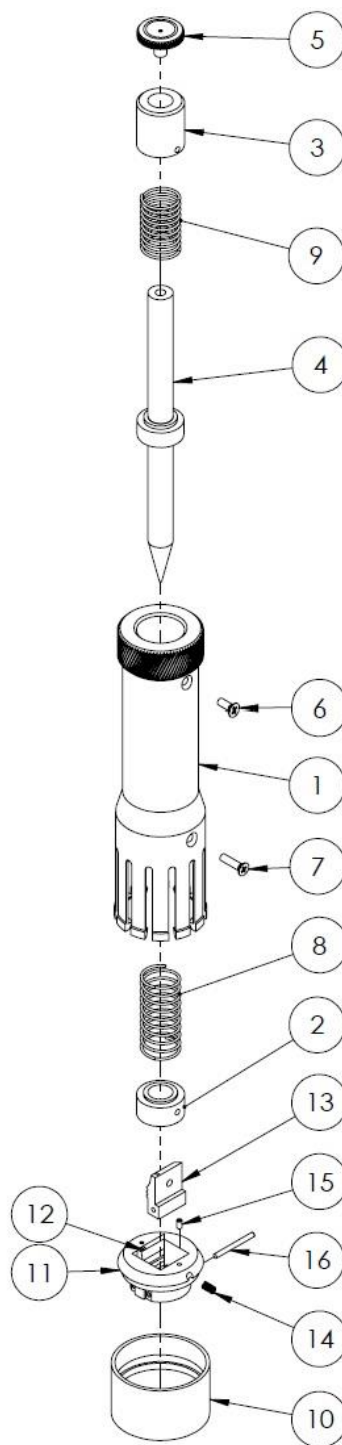
Tabell 4: Deleliste utløser

DELE NO.	DEL	ANTALL
1	Utløserhåndtak_modell_prod_A0_140515	1
2	Nedre låseskive_modell_prod_A0_140515	1
3	Øvre låseskive_modell_prod_A0_140515	1
4	Utløserpinne_modell_prod_A0_140515	1
5	Knapp_modell_prod_A0_140515	1
6	ISO 7046-1 - M3 x 8 - Z --- 8N	1
7	ISO 7046-1 - M3 x 12 - Z --- 12N	1
8	Nedre fjær	1
9	Øvre fjær	1
10	Beskyttelseslokk_modell_prod_A0_140515	1
11	Låsekrone_modell_prod_A0_280415	1
12	Låsekjeft_venstre_modell_prod_A0_280415	1
13	Låsekjeft_høyre_modell_prod_A0_280415	1
14	Fjær_kjeft_modell_charlie_A0_290415	2
15	DIN 916 - M2 x 4-N	2
16	Pinne_modell_prod_A0_290415	2

NB! Påfør et lag tynn olje (motorolje, våpenolje) på del 2, 3 og 4 før sammenstilling!



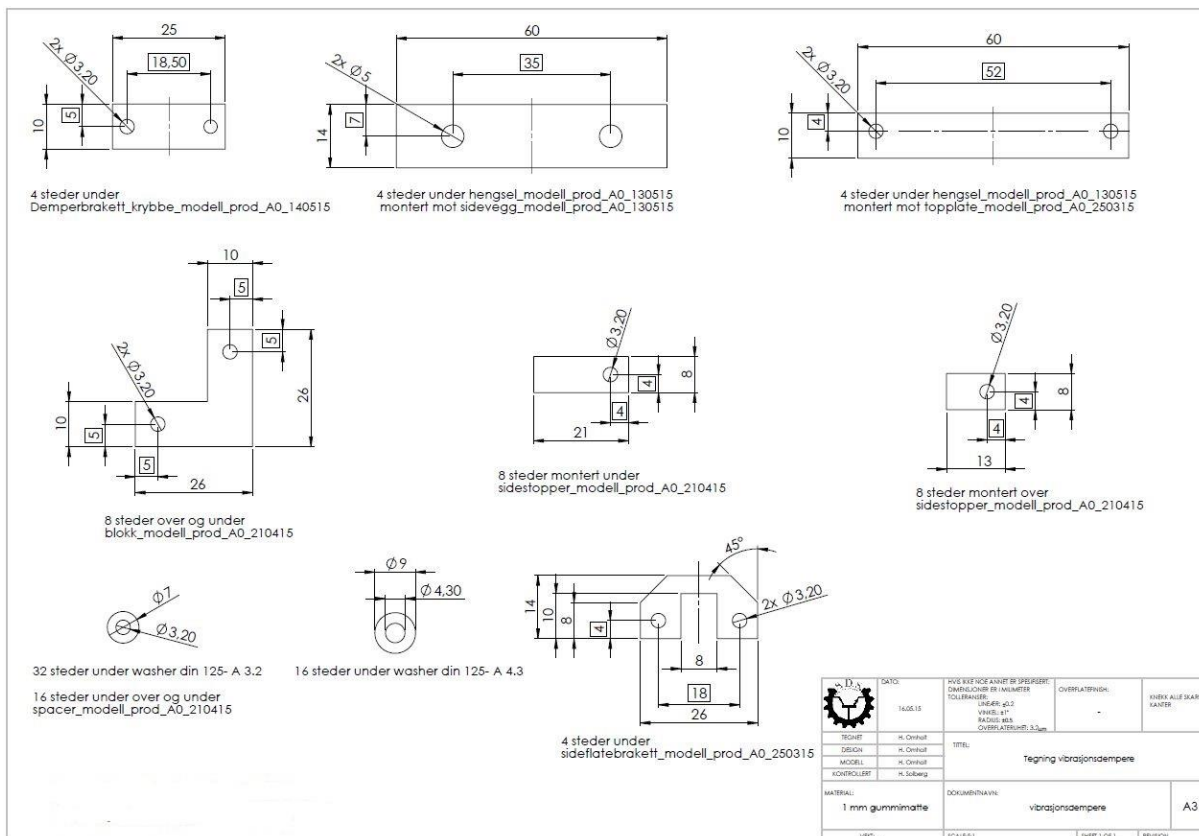
Figur 7: Utløser



Figur 6: Utløser sprengskisse



## 3.4 Sett med vibrasjonsdempere



Figur 8: Sett med vibrasjonsdempere



### 3.5 Koblingsskjema

Koblingsskjema for oppkobling av kretskort og tilhørende komponenter. For skjemategning se (#135).

Tabell 5: Koblingsskjema

Komponent	Fra	Til	Komponent
J1-1	1-VIN	+5V	Akselerometer
J1-2	2-GND	GND	Akselerometer
J1-3	3-XOUT	Xout	Akselerometer
J1-4	4-YOUT	Yout	Akselerometer
J2-1	1-IN	1-Positiv	9v batteri
J2-2	2-OUT	2-Negativ	9v batteri
J3-1	1-SW2	1-SW	J4-1
J3-2	2-5VPCB1	2-5V	J4-2
J3-3	3-5VSPCB2	3-5VS	J4-3
J3-4	4-NC	4-NC	J4-4
J3-5	5-GND	5-GND	J4-5
J6-1	1-S	Signal	NIV-Servo1-1
J6-2	2-VIN	Vin	NIV-Servo1-2
J6-3	3-GND	GND	NIV-Servo1-3
J7-1	1-S	Signal	NIV-Servo2-1
J7-2	2-VIN	Vin	NIV-Servo2-2
J7-3	3-GND	GND	NIV-Servo2-3
J8-1	1-S	Signal	KRY-Servo3-1
J8-2	2-VIN	Vin	KRY-Servo3-2
J8-3	3-GND	GND	KRY-Servo3-3
J9-1	1-IN	1	Bryter-1
J9-2	2-OUT	2	Bryter-2



## 4 Referanser

[1] Tiltrekkingsmoment, 15.05.2015,

<http://www.trfastenings.com/pages/Pre-Load+and+Tightening+Torques+for+Steel+Fasteners+Standard+Metric+Threads>



KONGSBERG

---



17

# Testplan

Utfylt



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	12.05.2015	Espen J. Tangstad	Henrik Solberg
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

**Sammendrag:**

Etter at testspesifikasjonen ble utarbeidet ble det i tillegg laget en testplan. Denne planen har lagt føringer for hvordan tester skal gjennomføres for å godkjenne sluttproduktet mot krav. Denne versjonen av testplanen er en ferdig utfylt versjon som ble utbedret under SAT gjennomført på sluttproduktet i perioden 07.05.15 til 16.05.15. Det er viktig å bemerke at noen testid-er er utgått med bakgrunn i systemløsningen som ble valgt.



## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Tester.....	2
3	Site Acceptance Test (SAT).....	3
3.1	Nivellering av nyttelast .....	3
3.2	Klarere siktelinje for nyttelast.....	6
3.3	Falldemping .....	8
3.4	Styresystem.....	9
3.5	Batterisystem .....	10
3.6	System som helhet.....	11





# 1 Innledning

Dette er en testplan som beskriver hvilke krav som skal testes, når de skal testes og hvordan de skal testes. Testplanen inneholder også hensikten og målet med testingen. Testing gjøres for å verifisere og validere om alle krav er oppfylt. Dette gjøres på siste versjon av produktet, som skal overleveres kunden ved avsluttet prosjektperiode.

# 2 Tester

**SAT:** Produktet blir testet opp mot krav satt for å verifisere systemets egenskaper. Disse testene gjennomføres mot sine respektive krav og hvordan de skal gjennomføres for å oppnå tilfredsstillende resultater.



### 3 Site Acceptance Test (SAT)

SAT kjøres når alle undersystemer er integrert og sluttproduktet produsert. SAT skal garantere for at systemet oppfyller alle krav satt, eventuelt begrunne hvorfor ikke krav var tilstrekkelig til å oppnås. SAT skal gjennomføres av prosjektgruppen, samt en gjennomgang skal gjøres med kunde tilstede for å validere systemets egenskaper før overlevering.

#### 3.1 Nivellering av nyttelast

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.2	Systemet skal nivellere sensoren i forhold til horisontalplanet innenfor $\pm 2^\circ$	A2	Test 032
<b>Testutstyr:</b> Gradevater			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.2.2.2			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Etter fullført deployering av systemet legges gradevater horisontalt på overside av sensor.			
<b>Hvor</b> Systemet testes i helning.			
<b>Akseptkriterier:</b> Gradevater viser $\pm 2^\circ$ i forhold til horisontalplanet			
<b>Status på test</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Espen J. Tangstad	15.05.2015
<b>Resultat:</b>  Ved 15 målinger nivellerte systemet inn $\pm 2^\circ$			
<b>Kommentarer:</b>			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.3	Responstid nivellering maks 30 sekunder	A3	Test 033
3.2.2.6	Responstid nivellering maks 15 sekunder	B2	Test 034
3.2.2.7	Responstid nivellering maks 5 sekunder	C1	Test 035

**Testutstyr:**  
Stoppeklokke

**Hvorfor og mot hva?**  
Testes mot krav 3.2.2.3, 3.2.2.6 og 3.2.2.7

**Når**  
Under SAT

**Hvordan**  
Systemet testes i 20 grader helning da det vil ta lengst tid å nivellere sensoren i den vinkelen fordi den må forflytte seg flest grader. Stoppeklokke startes når nivelleringsprosedyre påbegynnes. Stoppeklokke stoppes når systemet har avsluttet nivelleringsprosedyre.

**Hvor**  
I helning

**Akseptkriteria:**  
Stoppeklokke viser <30s

**Status på test**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
B		Espen J. Tangstad	15.05.2015

**Resultat:**  
Etter 10 tester er krav 3.2.2.6 oppnådd.

**Kommentarer:**



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.2.8	Etter deployering skal systemet utføre vedlikeholdsnivellering med intervall på 6 timer.	C3	Test 036
3.2.2.9	Etter deployering skal systemet utføre vedlikeholdsnivellering med intervall på 1 time.	B2	Test 037

**Testutstyr:**  
Stoppeklokke

**Hvorfor og mot hva?**  
Testes mot krav 3.2.2.8 og 3.2.2.9

**Når**  
Under SAT

**Hvordan**  
Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har falt til ro, endres underlagets vinkel i forhold til horisontalplanet. Det tillates en virketid på 1 eller 6 timer før systemet kontrolleres i henhold til en av testene 033, 034 eller 035

**Hvor**  
I helning.

**Akseptkriteria:**  
Systemet har utført korrekt nivelleringsprosedyre etter 1 eller 6 timer i henhold til test nummer 033, 034 eller 035

**Status på test**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
B		Lars Fredrik Ostun	15.05.2015

**Resultat:**  
Systemet innregulerte seg selv etter 60 minutter 168 ganger.

**Kommentarer:**



## 3.2 Klarere siktelinje for nyttelast

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID								
3.2.3.6	Sensor skal ha fri sikt av sideflatene 360° på de øverste 30 mm	A2	Test 038								
<p><b>Testutstyr:</b> Testrigg som måler fri sikt</p> <p><b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.2.3.6</p> <p><b>Når</b> Under SAT</p> <p><b>Hvordan</b> Systemet deployeres på normal måte. Når systemet har falt til ro plasseres test. -rigg horisontalt på sensorens øvre flate</p> <p><b>Hvor</b> I helning</p> <p><b>Akseptkriterier:</b> Test-rigg har ikke kontakt med noen deler av systemet, ekskludert sensor eller testsensor.</p>											
<p><b>Status på test</b></p> <table border="1"><thead><tr><th>Godkjent (A, B, C eller D krav?)</th><th>Ikke godkjent</th><th>Testet av</th><th>Dato: DD.MM.ÅÅ</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td></td><td>Espen J. Tangstad</td><td>15.05.2015</td></tr></tbody></table>				Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ	A		Espen J. Tangstad	15.05.2015
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ								
A		Espen J. Tangstad	15.05.2015								
<p><b>Resultat:</b></p> <p>Sensor har fri sikt de øverste 30mm 360° rundt i alle tilfeller av nivellering inntil kravet nivelleringssystemet har oppnådd (10° helning på underlag).</p>											
<p><b>Kommentarer:</b></p>											



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.3.7	Sensor skal ha fri sikt innen 30 sekunder fra første kontakt med underlag	A3	Test 039
3.2.3.8	Sensor skal ha fri sikt innen 15 sekunder fra første kontakt med underlag	B2	Test 040
3.2.3.9	Sensor skal ha fri sikt innen 5 sekunder fra første kontakt med underlag	C1	Test 041

**Testutstyr:**  
Stoppeklokke

**Hvorfor og mot hva?**  
Testes mot krav 3.2.3.7, 3.2.3.8 og 3.2.3.9

**Når**  
Under SAT

**Hvordan**  
Systemet deploieres på normal måte. Når systemet har kontakt med underlaget startes stoppeklokke. Når prosedyre for klarering av siktlinje har virket stoppes klokke.

**Hvor**  
I helning

**Akseptkriteria:**  
Stoppeklokke viser <30s

**Status på test**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
C		Espen J. Tangstad	15.05.2015

**Resultat:**  
Systemet som designet vil gi sensor fri sikt ved første kontakt med underlag. Det er derfor ikke nødvendig med videre testing for å verifisere krav.

**Kommentarer:**



### 3.3 Falldemping

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.4.3	Dempesystemet må være fullt utløst før systemet treffer bakken	A1	Test 084
<b>Testutstyr:</b> Statisk test; Visuell inspeksjon			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.2.4.3			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Alle sidevegger er tydelig fullt utløst og det er ingen risiko for deployere systemet uten at sideveggene er utløst.			
<b>Hvor</b> N/A			
<b>Akseptkriterier:</b> Godkjent hvis systemet ikke kan deployeres før sidevegger er fullt utløst.			
<b>Status på test</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	07.05.2015
<b>Resultat:</b>  Sideveggene var tydelig fullt utløst og overholder dermed krav 3.2.4.3			
<b>Kommentarer:</b>  Det bør informeres om i brukermanualen at operatøren må vente med å trykke på utløseren til veggene har follet seg ut fullstendig.			

### 3.4 Styresystem

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.5.3	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.3 (Responstid nivellering maks. 30 sekunder ved 5° helning)	A1	Test 045
3.2.5.6	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.6 (Responstid nivellering maks. 15 sekunder ved 5° helning)	B4	Test 046
3.2.5.7	Databehandling for nivellering må være i samsvar med 3.2.2.7 (Responstid nivellering maks. 5 sekunder ved 5° helning)	C3	Test 047

**Testutstyr:**

Stoppeklokke

**Hvorfor og mot hva?**

Testes mot krav 3.2.5.3, 3.2.5.6 og 3.2.5.7.

**Når**

Under SAT

**Hvordan**

Stoppeklokke startes når nivelleringsprosedyre påbegynnes. Stoppeklokke stoppes når systemet har avsluttet nivelleringsprosedyre.

**Hvor**

I helning på 5 grader og på 0 grader:

**Akseptkriteria:**

Godkjent hvis test viser <30s

**Status på test:**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
B		Espen J. Tangstad	15.05.2015

**Resultat:**

Databehandling er i samsvar med 033, 034 og 035

**Kommentarer:**





### 3.5 Batterisystem

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.2.6.3	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.8	C3	Test 048
3.2.6.4	Kapasitet må være tilstrekkelig for å oppfylle 3.2.2.9	B3	Test 049

**Testutstyr:**  
Stoppeklokke

**Hvorfor og mot hva?**  
Testes mot krav 3.2.6.3 og 3.2.6.4

**Når**  
Under SAT

**Hvordan**  
Styresystemet laster in testprogram hvor nivelleringsprosedyre kjøres 28 ganger. (Systemet skal være operativt en uke. Med nivellering hver 6 time så blir det 28 nivelleringer) Underlagets vinkel endres med 5 ° mellom hver nivelleringsprosedyre.

Styresystemet laster in testprogram hvor nivelleringsprosedyre kjøres 168 ganger. (Systemet skal være operativt en uke. Med nivellering hver time så blir det 168 nivelleringer. Underlagets vinkel endres med 5 ° mellom hver nivelleringsprosedyre

**Hvor**  
I helning på 5 °

**Akseptkriteria:**  
Godkjent hvis batterikapasitet holder til 28 nivelleringer.

**Status på test:**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
C		Espen J. Tangstad	15.05.2015

**Resultat:**  
Etter 170 innreguleringer er batterispenningen fortsatt ved 8V. Det kan derfor konkluderes med at krav 3.2.6.3 er oppnådd.

**Kommentarer:**



### 3.6 System som helhet

Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.21	Total vekt på systemet skal ikke overstige 4kg inkludert sensor på 400gram	A3	Test 001
3.1.1.22	Total vekt på systemet skal ikke overstige 3kg inkludert sensor på 400gram	B2	Test 002
3.1.1.1	Total vekt på systemet skal ikke overstige 2kg inkludert sensor på 400gram	C1	Test 003

**Testutstyr:**  
Vekt med presisjon  $\pm 10$ gram

**Hvorfor og mot hva?**  
Testes mot krav 3.1.1.21, 3.1.1.22 og 3.1.1.1

**Når**  
Under SAT

**Hvordan**  
Plasser systemet med sensor på godkjent vekt med nøyaktighet  $\pm 10$ gram

**Hvor**  
Ingen krav

**Akseptkriteria:**  
Godkjent hvis vekten ikke overskrider 2, 3 eller 4 kg.

**Status på test:**

Godkjent (Presiser etter A, B, C eller D)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
C		Espen J. Tangstad	16.05.2015

**Resultat:**  
Systemets vekt er under 2kg og krav 3.1.1.1 er oppnådd.

**Kommentarer:**



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.23	Transportstørrelse på systemet skal være maks 300×300×300mm	A3	Test 004
3.1.1.24	Transportstørrelse på systemet skal være maks 250×250×250mm	B2	Test 005
3.1.1.2	Transportstørrelse på systemet skal være maks 200×200×200mm	C1	Test 006

**Testutstyr:**  
Kube med innvendig mål 300×300×300mm, 250×250×250mm eller 200×200×200mm.

**Hvorfor og mot hva?**  
Testes mot krav 3.1.1.23, 3.1.1.24 eller 3.1.1.2

**Når**  
Under SAT

**Hvordan**  
Systemet pakket i transportkonfigurasjon plasseres i kube med innvendig mål 300×300×300mm, 250×250×250mm eller 200×200×200mm.

**Hvor**  
Ingen krav

**Akseptkriteria:**  
Systemet skal ikke kontakte testkuben andre steder en bunnplaten.

**Status på test:**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
C		Håvard Omholt	12.05.2015

**Resultat:**  
Systemet overskrider ikke 200x200x200mm og overholder dermed krav 3.1.1.2.

**Kommentarer:**



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.5	Utviklingskostnader skal ikke overstige 50.000 NOK	C2	Test 007
<b>Testutstyr:</b> -			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.5			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Gruppens regnskap revideres og summeres med totalkostnad			
<b>Hvor</b> -			
<b>Akseptkriteria:</b> Utviklingskostnader overstiger ikke 50 000 NOK			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
C		Håvard Larsen	16.05.2015
<b>Resultat:</b>  SDS har ikke oversteget utviklingskostnader på 50000kr og krav 3.1.1.5 er dermed overholdt.			
<b>Kommentarer:</b>			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID								
3.1.1.6	Det skal anvendes kommersielt tilgjengelige deler	C4	Test 008								
<b>Testutstyr:</b> -											
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.6											
<b>Når</b> Under SAT											
<b>Hvordan</b> Materialister gjennomgås. (Gjelder alle undersystemer og systemet som helhet)											
<b>Hvor</b> -											
<b>Akseptkriteria:</b> Alle materialene i materialisten er oppgitt med leverandør og produktnummer											
<b>Status på test:</b>											
<table border="1"><thead><tr><th>Godkjent (A, B, C eller D krav?)</th><th>Ikke godkjent</th><th>Testet av</th><th>Dato: DD.MM.ÅÅ</th></tr></thead><tbody><tr><td>C</td><td></td><td>Henrik Solberg</td><td>10.05.2015</td></tr></tbody></table>				Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ	C		Henrik Solberg	10.05.2015
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ								
C		Henrik Solberg	10.05.2015								
<b>Resultat:</b>  Godkjent											
<b>Kommentarer:</b>											



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.7	Systemet skal kunne slippes på betong	A2	Test 009
<b>Testutstyr:</b> Dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.7			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong eller tilsvarende			
<b>Hvor</b> På betong			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	12.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 18,5g der høyeste verdi var 20g og testen oppfyller dermed krav 3.1.1.7			
<b>Kommentarer:</b>  Testing på betong ga jevne resultater på grunn av jevne forhold.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.8	Systemet skal kunne slippes på stein	B2	Test 010
<b>Testutstyr:</b> Dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.8			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot stein			
<b>Hvor</b> På stein			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	12.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 18g der høyeste verdi var 21g og testen oppfyller dermed krav 3.1.1.8			
<b>Kommentarer:</b>  På grunn av varierende forhold med store og små steiner ble resultatet varierende med et sprik fra 13g-21g. Allikevel er resultatene gode og testen godkjennes.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.9	Systemet skal kunne slippes på grus	B2	Test 011
<b>Testutstyr:</b> Dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.9			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot grus			
<b>Hvor</b> På grus			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	12.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 19,7g der høyeste verdi var 24g og testen oppfyller dermed krav 3.1.1.9.			
<b>Kommentarer:</b>  Ved enkelte tilfeller gravde sideveggene seg ned i grusen og dette gav de høyeste målingene. Det var allikevel ingen målinger over 25g og testen ansees dermed som godkjent.			





Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.10	Systemet skal kunne slippes på sand	B3	Test 012
<b>Testutstyr:</b> Dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.10			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot sand			
<b>Hvor</b> På sand			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	12.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 13,6g der høyeste verdi var 16 g og testen oppfyller dermed krav 3.1.1.10			
<b>Kommentarer:</b>  Sand gav jevnt gode resultater fra laveste verdi på 11g til høyeste verdi på 16g.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.11	Systemet skal kunne slippes på gress	B3	Test 013
<b>Testutstyr:</b> Dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.11			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot gress			
<b>Hvor</b> På gress			
<b>Akseptkriterier:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Omholt	12.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 23,4g der høyeste verdi var 27g. Ifølge SAT # 156 er gjennomsnittet under 25g og test anses som godkjent og oppfyller krav 3.1.1.11			
<b>Kommentarer:</b>  Gresset hindret sideveggene i å gli fritt ut. Dette gjorde at små deler av vandringen til den horisontale dempningen ble utnyttet, men på grunn av det myke underlaget ble det allikevel god demping og testen godkjennes.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.12	Systemet skal kunne slippes på asfalt	B2	Test 014
<b>Testutstyr:</b> Dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.12			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot asfalt			
<b>Hvor</b> På asfalt			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Omholt	12.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 20,8g der høyeste verdi var 24g og testen oppfyller dermed krav 3.1.1.12			
<b>Kommentarer:</b>  24g er nærme grensen på 25g, men asfalt ga konsise målinger og testen anses dermed som godkjent.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.13	Minimum operasjonell temperatur 0 °C	A3	Test 015
<b>Testutstyr:</b> Kjøleskap og dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.13			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet nedkjøles til en egentemperatur på 0 °C. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong.			
<b>Hvor</b> På betong			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g. og hvis alle komponenter tåler fallet. (Gjennomfør visuell sjekk av hele systemet etter test).			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	13.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 20,7g der høyeste verdi var 23 g og testen oppfyller dermed krav 3.1.1.13			
<b>Kommentarer:</b>  Ved 0°C ble det registrert litt høyere verdier på betong en ved 20°C på betong. Målingene er allikevel under 25g og testen ansees som godkjent. Ingen defekte komponenter etter testen.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.14	Maksimal operasjonell temperatur 30 °C	A4	Test 016
<b>Testutstyr:</b> Varmeovn og dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.14			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet varmes opp til en egentemperatur på 30 °C. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong.			
<b>Hvor</b> På betong			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g og hvis alle komponenter tåler fallet. (Gjennomfør visuell sjekk av systemet etter test)			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	13.05.2015
<b>Resultat:</b>  Etter 10 tester ble det registrert et gjennomsnitt på 21g der høyeste måling var 23g. Testen oppfyller dermed krav 3.1.1.14			
<b>Kommentarer:</b>  Det er liten forskjell på målingene ved 0°C, 20°C og 30°C. Viskositeten til silikonolje påvirkes ikke like mye som for eksempel mineralolje ved temperaturendringer og dette gir derfor små forandringer ved temperaturendringer.			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.31	Minimum lagringstemperatur 0 °C	A4	Test 017
<b>Testutstyr:</b> Kjølekammer og dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.31			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet lagres i et kjølekammer med omgivelsestemperatur 0 °C til systemet er tilstrekkelig nedkjølt. Systemet varmes til 20 °C og slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong.			
<b>Hvor</b> På betong			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis systemet opererer som tiltenkt etter lagringsperiode			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	13.05.2015
<b>Resultat:</b>  Alle målinger er under 25g og det elektriske opprettholder all funksjonalitet. Det betyr at krav 3.1.1.31 er opprettholdt.			
<b>Kommentarer:</b>			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.32	Maksimal lagringstemperatur 30 °C	A4	Test 018
<b>Testutstyr:</b> Varmeovn og dropprigg og dummy sensor med akselerometer			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.32			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet lagres i et område med omgivelsestemperatur 30 °C. Systemet kjøles til 20 °C og slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot betong			
<b>Hvor</b> På betong			
<b>Akseptkriteria:</b> Test anses som godkjent hvis sensoren opererer som tiltenkt etter lagringsperiode			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	13.05.2015
<b>Resultat:</b>  Alle målinger er under 25g og det elektriske opprettholder all funksjonalitet. Det betyr at krav 3.1.1.32 er opprettholdt.			
<b>Kommentarer:</b>			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.15	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 5 g i noen akser under deployering fra 1 meter	D1	Test 019
3.1.1.16	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 10 g i noen akser under deployering fra 1 meter	C1	Test 020
3.1.1.17	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 15 g i noen akser under deployering fra 1 meter	B2	Test 021
3.1.1.37	Sensor skal ikke utsettes for mer enn 25 g i noen akser under deployering fra 1 meter	A3	Test 078

**Testutstyr:**

Dropprigg og dummysensor med akselerometer

**Hvorfor og mot hva?**

Testes mot krav 3.1.1.15, 3.1.1.16 og 3.1.1.17

**Når**

Under SAT

**Hvordan**

Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot asfalt, stein, grus, sand, betong og gress.

**Hvor**

På spesifisert underlag

**Akseptkriterier:**

Test anses som godkjent hvis sensoren ikke blir utsatt for mer enn 25g.

**Status på test:**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Håvard Larsen	13.05.2015

**Resultat:**

Etter optimalisering ved hjelp av høyhastighetskamera og grafisk måling av demperkurven har SDS til slutt klart å oppnå krav 3.1.1.37.

**Kommentarer:**

Etter flere tester er det blitt oppdaget at når dempingen er stiv nok til å dempe på betong så er den så stiv at sideveggene ikke glir helt ut som tenkt på gress. Det er allikevel oppnådd gode nok resultater på alle underlag til å godkjenne krav 3.1.1.17





Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.18	Systemet skal kunne operere ved 5° helning	A3	Test 022
3.1.1.19	Systemet skal kunne operere ved 10° helning	B2	Test 023
3.1.1.20	Systemet skal kunne operere ved 20° helning	C1	Test 024

**Testutstyr:**  
Gradevater, slipprigg og dummysensor med akselerometer.

**Hvorfor og mot hva?**  
Testes mot krav 3.1.1.18, 3.1.1.19 og 3.1.1.20

**Når**  
Under SAT

**Hvordan**  
Testsensor med akselerometer plasseres i anordning for sensor. Systemet slippes fra dropprigg fra 1 meters høyde mot underlag avvinket til 5°, 10° og 20° helning.

**Hvor**  
På betong, asfalt, stein, grus, sand og gress med spesifisert helning.

**Akseptkriterier:**  
Test anses som godkjent hvis sensoren blir nivellert innenfor  $\pm 2^\circ$  og ikke blir utsatt for mer enn 25g

**Status på test:**

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
B		Håvard Omholt	12.05.2015

**Resultat:**  
Alle målinger ble registrert under 25g og sensor nivellerte innenfor  $\pm 2^\circ$  opp til 10° helning. Det betyr at krav 3.1.1.19 er overholdt.

**Kommentarer:**



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.25	Systemet skal funksjonere som plattform for sensoren i 1 uke etter deployering	A3	Test 025
<b>Testutstyr:</b> Gradevater			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.25			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet deployeres og fungerer over et tidsintervall som gir 95% trygghet at det vil operere over en uke forutsatt forhold gitt av krav til vindhastighet, fukt, og IP grad.			
<b>Hvor</b> N/A			
<b>Akseptkriterier:</b> Test ansees som godkjent hvis resultat er i henhold til: 032, 033, 036, 038			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Lars Erik Moen	15.05.2015
<b>Resultat:</b>  Systemet funksjonerer som plattform i en uke og oppfyller dermed krav 3.1.1.25			
<b>Kommentarer:</b>			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.26	System skal lages for bruk en gang	A4	Test 026
<b>Akseptkriteria:</b> Godkjent hvis alle systemtester gjennomført i SAT er godkjent.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Espen	15.05.2015
<b>Resultat:</b> Alle tester er godkjent og krav 3.1.1.26 er dermed overholdt.			
<b>Kommentarer:</b>			



## Testutstyr:

Bil

## Hvorfor og mot hva?

### Testes mot krav 3.1.1.27

# Når

Under SAT

## Hvordan

Systemet slippes fra stasjonært kjøretøy fra en høyde på  $\approx 1\text{m}$ .

## Hvor

Fra bil

### Akseptkriteria:

Systemet skal ikke påføre skade på kjøretøy

Test ansees som godkjent hvis Resultat: er i henhold til kravene i testnummer: 032, 033, 036, 038

### Status på test:

Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Henrik Solberg	10.05.2015

### Resultat:

Systemet påførte ingen skade på kjøretøy, med god sikkerhetsmargin og oppfyller dermed krav

### Kommentarer:

Resultat kan avvike mellom ulike kjøretøy og armlengder på operatør. Testen ansees likevel som godkjent, sikkerhetsmarginen var god nok til at systemet ikke vil påføre skade på andre kjøretøytyper.



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.28	Systemet skal kunne deployeres av personell	A3	Test 028
<b>Testutstyr:</b> -			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.28			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Systemet slippes manuelt, uten bruk av dropprigg fra en høyde $\approx 1$ m.			
<b>Hvor</b> Fra personell			
<b>Akseptkriterier:</b> Systemet skal ikke påføre skade på person. Test ansees som godkjent hvis Resultat: er i henhold til kravene i testnummer: 032, 033, 036, 038			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Henrik Solberg	10.05.2015
<b>Resultat:</b>  Ingen påførte skader på testpersoner og krav 3.1.1.28 er dermed oppfylt.			
<b>Kommentarer:</b>			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.29	Under oppbevaring skal systemet være beskyttet tilsvarende IP2X	A4	Test 029
<b>Testutstyr:</b> Test-dor med diameter på 12,5 mm.			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.29			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Det benyttes en sylindrisk test-dor med en diameter på 12,5mm. Systemet probes med test-dor i transportkonfigurasjon.			
<b>Hvor</b> Spesifiser			
<b>Akseptkriteria:</b> Test-dor kan ikke stikkes gjennom noen åpning enheten			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
	X	Henrik Solberg	10.05.2015
<b>Resultat:</b>  Systemet oppnår ikke IP2X klassifisering.			
<b>Kommentarer:</b>  Oppnådd klassifisering: IP1X			



Krav nr.	Beskrivelse	Klasse	Test ID
3.1.1.30	Systemet skal aktiveres manuelt før deployering	A4	Test 030
<b>Testutstyr:</b> N/A			
<b>Hvorfor og mot hva?</b> Testes mot krav 3.1.1.30			
<b>Når</b> Under SAT			
<b>Hvordan</b> Enheten aktiveres og slippes manuelt.			
<b>Hvor</b> Under SAT			
<b>Akseptkriteria:</b> Normal håndtering av systemet etter aktivering skal ikke medføre utilsiktet aktivering av noen av systemets funksjoner.			
<b>Status på test:</b>			
Godkjent (A, B, C eller D krav?)	Ikke godkjent	Testet av	Dato: DD.MM.ÅÅ
A		Espen J. Tangstad	15.05.2015
<b>Resultat:</b>  Systemet aktiveres manuelt og det er ingen grunn til å anta at det kan aktiveres av seg selv, krav 3.1.1.30 er derfor oppnådd.			
<b>Kommentarer:</b>			



KONGSBERG

---



18



# Testverktøy



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	16.05.2015	Lars Erik Moen	Lars Fredrik Ostun

For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD

## Sammendrag:

Ifølge grovspesifikasjon gitt av KDA ble det presisert at sensor ikke skulle utsettes for mer enn 5 g i noen akser. For å kunne analysere hvor mye g-krefter en sensor blir utsatt for ved et fall fra en meter, var gruppen avhengig av å lage testverktøy som kunne verifisere hvor mange g-krefter sensoren blir utsatt for. Først ble det laget en testsensor som kunne måle maksimalt g-krefter i gravitasjons-akse. Dette testinstrumentet ble anvendt under *alfa* og *beta* for å verifisere falldemping. Videre ble det laget et grafisk akselerometer som kunne logge resultater under dempingen av sensor. Dette ga gruppa mulighet til å få verifisert grafisk hvordan dempesystemet fungerte. Dette instrumentet hadde i tillegg funksjon for å måle akselerasjon i alle 3 akser. En beskrivelse av hvordan disse to testverktøyene fungerer og er konstruert foreligger i dette dokumentet.



## Innholdsfortegnelse

1	Testsensor .....	2
1.1	Innledning.....	2
1.2	Krav til testsensor .....	2
1.3	Design .....	2
1.4	Materialvalg .....	3
1.5	Konstruksjonsunderlag.....	4
2	Grafisk akselerometer .....	5
2.1	Innledning.....	5
2.2	Krav til grafisk akselerometer.....	5
2.3	Design .....	5
2.4	Bruk av det grafiske akselerometeret.....	10
2.5	Konstruksjonsunderlag.....	10
3	Referanser .....	11

## Figuroversikt

<i>Figur 1: Blokkskjema for grafisk akselerometer .....</i>	<i>6</i>
<i>Figur 2: Flytskjema, grafisk akselerometer. ....</i>	<i>9</i>



# 1 Testsensor

---

## 1.1 Innledning

I følge kravspesifikasjonene til prosjektet, er det spesifisert et maksimalt antall g-krefter nyttelasten skal utsettes for under deployering. For å teste graden av måloppnåelse er det nødvendig med instrumentering som er egnet til å måle de vertikale akselerasjons krefter som påføres nyttelasten. Prosjektgruppen er ikke kjent med kommersielt tilgjengelig utstyr egnet for oppgaven. Det er derfor blitt konstruert en testsensor med akselerometer med tilsvarende ytre mål og vekt som nyttelasten spesifisert i kravspesifikasjonen.

Formålet med konstruksjon av testsensor er at det skal kunne avleses direkte det maksimale antall g-krefter en sensor i systemet vil bli utsatt for ved dropp. Det er nødvendig å avklare dette for å teste dempesystemer og utforming av systemet som helhet. Kapsling til testsensor lages etter mål i henhold til sensorens ytre mål i kravspesifikasjonen for å gi en visuell forståelse av utfordringer med tanke på mekanisk konstruksjon av systemet.

## 1.2 Krav til testsensor

- Testsensor skal ha ytre mål som sensor beskrevet i grovspesifikasjonen(#203), gitt av KDA.
- Testsensor skal ha tilsvarende vekt som sensor beskrevet i grovspesifikasjonen(#203), gitt av KDA.
- Testsensor skal måle antall positive g-krefter testsensoren vil bli utsatt for i vertikalaksen.

## 1.3 Design

Nyttelast har etter grovspesifikasjonene ytre mål på 100x100x100mm og en vekt på 400g. Det brukes en mikrokontroller med tilkoblet LCD-skjerm og akselerometer. All elektronikk plasseres inne i testsensoren. Det brukes en bryter i kapslingen slik at testsensoren enkelt kan slås av og på.

## Funksjonsbeskrivelse

For å sikre korrekt kalibrering av sensorelementets 0g referanse plasseres sensor på plant horisontalt underlag. Når bryter S1 betjenes, aktiveres spenningsregulator som forsyner mikrokontroller, sensorelement og LCD-skjerm. Kontrolleren innhenter så en referansemåling fra sensorelementet som blir benyttet til å fastsette signalstyrke tilsvarende 0g. Kontrolleren innhenter kontinuerlig måleverdier og sammenligner slik at høyeste verdi blir registrert og skrevet til LCD. For å innhente flest mulig målinger fra sensorelement blir maksimalverdien lagret lokalt i minnet og kun skrevet til LCD ved et gitt intervall. Systemet resettes for ny måling ved å betjene S1 av og på. Kalibreringsrutine må derfor foretas før hver måling.



## Kode

Kodegrunnlaget er skrevet i programmeringsspråket C. Det er benyttet Arduino IDE versjon 1.0.5-r-2. For fullstendig kode se dokument nummer (#509). Det er benyttet Arduinos medfølgende kodebibliotek for styring av HD4478 compatible display. For omregning av det 10 bits digitale inngangssignalet på mikrokontrolleren utføres følgende omregning:

$$\frac{1}{1024} (B_0 - B_m) \vartheta \quad (7)$$

Hvor  $B_0$  er binærverdien på målt ved 0g,  $B_m$  er binærverdien under test og  $\vartheta$  er sensorelementets spesifiserte 8mV/g/V [5].

## 1.4 Materialvalg

### Mikrokontroller

Det er valgt en Arduino Nano[4] som mikrokontroller grunnet størrelse, tilgjengelighet og tidligere kjennskap til programmering av denne. Den er av liten størrelse og lav vekt, noe som er attraktivt siden vi da kan regulere vekten til testsensoren selv.

### Akselerometer

Grunnet behovet for et stort måleområde i tidlige tester, stilles det krav til akselerometer sensor utover de krav som omhandler akselerasjon i kravspesifikasjonene. Det er benyttet et akselerometer av typen MMA3221KEG[3] med et måleområde fra et 0g til opp til 50g i x-aksen og en oppløsning på 40mV/g. Akselerometer kommer i overflatemontert utførsel og det er derfor benyttet et utviklingskort av typen RE932-06[7] for å kunne benytte seg prototypekort beregnet for gjennomgående montasje.

### Display

For og hurtigere kunne lese av data er det valgt å benytte seg av et display montert direkte på systemet, slik at det ikke er nødvendig med dataoverføring for å lese av gjeldende måleverdi. Det er brukt et HD4478 kompatibelt display av typen TC1602A-01T 16x2 LCD [8] [9]. Dette er et i utgangspunktet et noe større display en nødvendig i denne applikasjonen, men er benyttet grunnet tilgjengelighet og enkel kompatibilitet med Arduino.



## Batteri

Som energikilde er det valgt et 9V 6LR61 alkalisk batteri. Siden det valgte akselerometeret er avhengig av 5V dc for å levere et signal innenfor oppløsningen på A/D konverteren i arduino, trengs det i tillegg lokal spenningsregulering. 9V 6LR61 er valgt på bakgrunn av fysisk størrelse og evnen til å levere høy nok spenning til en enkel 5V lineær regulator. Dette er en type batterier som er lett kommersielt tilgjengelig og har rimelig innkjøpskostnad.

## Kapsling

Testsensorens mekaniske kapsling er tilvirket i 4mm polykarbonat. Dette er valgt hovedsakelig grunnet tilgjengelighet, men også grunnet egenskaper som gjennomsiktighet, maskinerbarhet og styrke. Den ytre kapslingen er laget etter de mål beskrevet i grovspesifikasjonen. Kapslingen er laget slik at bunnplaten enkelt kan byttes for senere versjoner av instrumentering.

## Spenningsregulator

Med bakgrunn i den valgte batteriløsningen er det valgt en lineær spenningsregulator av typen L7805ACV [6]. Denne leverer 5V driftsspenning til mikrokontroller, sensorelement og LCD. Denne er valgt grunnet pris og tilgjengelighet.

## Avkoblingskondensatorer

Det er valgt avkoblingskondensatorer for sensorelement og spenningsregulator i henhold til applikasjonskretser i databladene [5] og [6]

## 1.5 Konstruksjonsunderlag

For skjemategning se (#505)

For programmeringskode se (#509)

For brukermanual se (#510)

For mekanisk kapsling se (#143)



## 2 Grafisk akselerometer

---

### 2.1 Innledning

Med bakgrunn i erfaringer fra test av systemet med «testsensor versjon A» er det funnet ønskelig å tilvirke et akselerometer med mulighet for måling i alle akser henholdsvis x, y, z med avlesning av maksimal absoluttverdi og loggføring av prøvetakingsverdier under test for senere grafisk fremstilling.

### 2.2 Krav til grafisk akselerometer

- Grafisk akselerometer skal monteres på plate av 4mm polykarbonat med ytre mål 100 x 100mm. (Dette for å kunne benytte tidligere tilvirket kapsling for testsensor)
- Grafisk akselerometer skal ha ytre mål mindre enn 94x94x40mm
- Grafisk akselerometer skal måle maksimal absoluttverdi av påførte akselerasjonsvirkninger i alle akser.
- Grafisk akselerometer skal loggføre prøvetakingsverdier for en enkelt akse og fremstille disse for senere avlesning.
- Det må implementeres brukergrensesnitt for valg av aktiv akse (aksen som skal loggføres)
- Det må implementeres visuell tilbakemelding i det øyeblikket akselerometer starter loggføring av data. (Dette for senere korrelasjon med høyhastighetskamera)
- Grafisk akselerometer skal ha et måleområde fra 5-40g i alle akser.
- Grafisk akselerometer skal utføre prøvetaking med tilstrekkelig hurtighet slik at det kan fremstilles en lesbar graf av akselerasjonsvirkningene på systemet.

### 2.3 Design

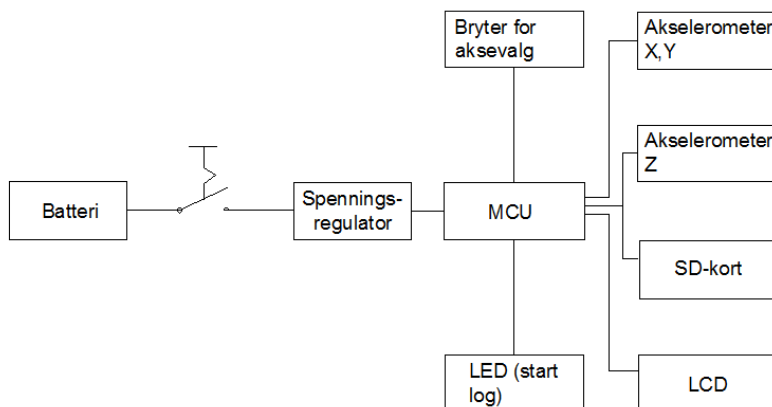
Som grunnlag for design brukes testsensor versjon A beskrevet i dok #507. Dette systemet utvides med ytterligere to akser, noe som medfører nødvendighet av to akselerometer av typen beskrevet i [1]. Behovet for loggføring av prøvetakingsverdier og avlesning av disse betyr at det må implementeres et lagringsmedium med et kompatibelt grensesnitt for avlesning via USB.

### Funksjonsbeskrivelse

Figur 1 viser blokkskjema av det grafiske akselerometeret. Dette som tidligere nevnt en utvidelse av akselerometeret implementert i testsensor versjon A. Aktivering av systemet gjøres ved bryter S1 dette gir bruker mulighet til å velge aktiv akse med impulsbryter S2. Systemet starter deretter loggføring av prøvetakingsverdier når systemet utsettes for en brukerdefinert grenseverdi. (Satt til 5g i MCU) LED for synkronisering med høyhastighetskamera aktiveres ved første måleverdi. Loggførte data skrives fra mikrokontrollerens internminne over til SD kort når prøvetakingssekvens er over. I tillegg til loggføring av data fra en akse, vil akselerometeret kontinuerlig overskrive en variabel for hver akse som indikerer høyeste absoluttverdi for



akselerasjonspåvirkninger i denne akse. Etter testrutinen er kjørt vil LCD vise maksimal absoluttverdi for alle akser.



Figur 1: Blokkskjema for grafisk akselerometer

## Prøvetakningsfrekvens

For å utføre prøvetakning med tilstrekkelig høy frekvens er det ikke mulig å benytte direkte skriving til SD-kortet. Dette ses i [2] og [3] hvor minimum pakkestørrelse for overføring til SD-kort er oppgitt til 512byte uavhengig av størrelsen på det originale datasettet. Denne overføringen tar i henhold til [2] 175ms og utgjør da en prøvetakningsfrekvens på 5,7Hz ifølge (1), noe som er betydelig lavere enn det nødvendige for å oppnå ønsket oppløsning. En ideell dempesekvens med kontinuerlig avdemping på 5g vil ta 90ms i henhold til (2) og (3). Ytterligere bakgrunn for akselerasjonspåvirkninger under fall og kontakt med underlag kan leses i konseptutforskning for falldemping dok (#127).

$$Hz = \frac{1}{T} = \frac{1}{175ms} = 5,7Hz \quad (1)$$

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,2} = 4,429m/s \quad (2)$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{0,2}{4,43} = 90ms \quad (3)$$

Dette medfører at prøvetakningsverdier må oppsamles i mikrokontrollerens internminne. Grunnet størrelsen internminnet i mikrokontrolleren ATMEGA 328 begrenses antall lagrede verdier til 100 hvis 16bits variabelen «integer» er benyttet. På bekostning av oppløsning kan antall mulige prøvetakninger økes til 200 hvis 8 bits variabelen «byte» benyttes. Med en 1 ms forsinkelse mellom prøvetakninger(4) observeres det at det er en prøvetakningsfrekvens på 1kHz

$$Hz = \frac{1}{T} = \frac{1}{1ms} = 1kHz \quad (4)$$



Verifisering av denne frekvensen kan utføres ved å sammenligne registrerte maksimal verdi med det tidligere framstilte akselerometeret beskrevet i dok #507 da dette kun overskriver samme variabel unngås dermed problematikken rundt minne og prøvetakningsfrekvens. Hvis den registrerte maksimalverdi er lik over flere tester kan det konkluderes med at prøvetakningsfrekvensen er tilstrekkelig. Er det nødvendig å endre prøvetakningsfrekvens er det implementert forsinkelser mellom måleverdiene. Når program kjøres og systemet deployeres vil respektiv måletid vises på display. Målefrekvens kan å oppnås ved å anvende (5)

$$f_s = \frac{1}{\frac{T_{lest}}{200}} \quad (5)$$

Hvor  $f_s$  er målefrekvens og  $T_{lest}$  er tiden avlest på display etter prøve deployering.

## Kode

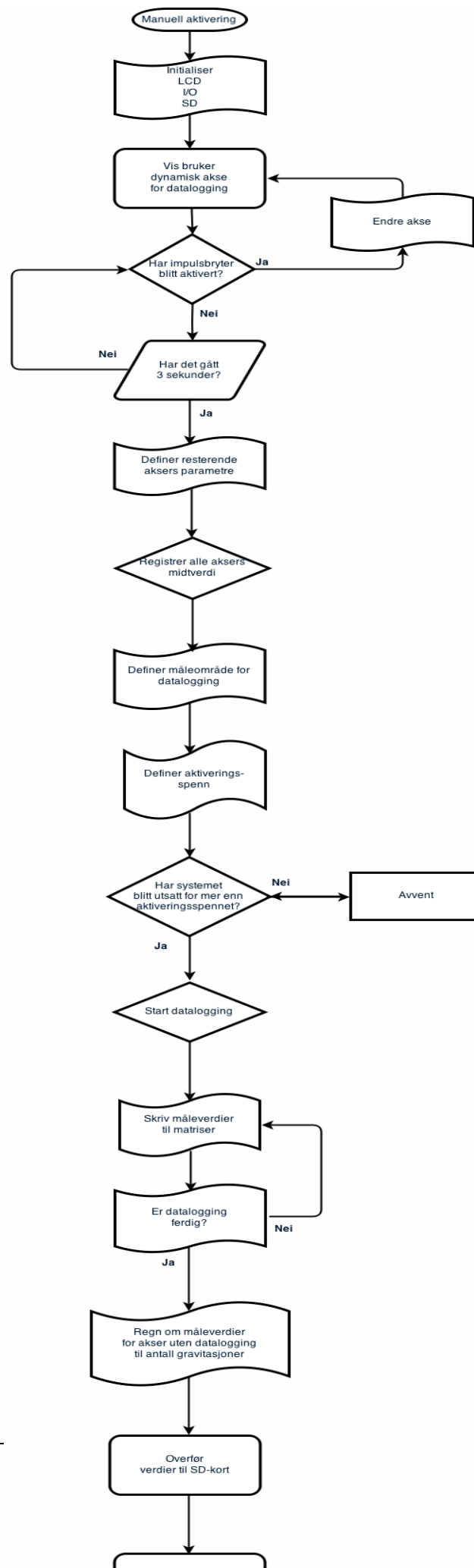
Programkoden for akselerometeret bygger på den tidligere koden laget for testsensor versjon A. Det er benyttet Arduino IDE versjon 1.0.5-r-2. Programkoden kan leses som vedlegg B dokument nummer #128. Grunnet forskjellig sensitivitet i de forskjellige aksene internt i sensorelementet [1] utføres det to forskjellige omregninger i koden. Første omregning følger omregningen i underlaget for testsensor versjon A dokument nummer (#507) som vist i (6).

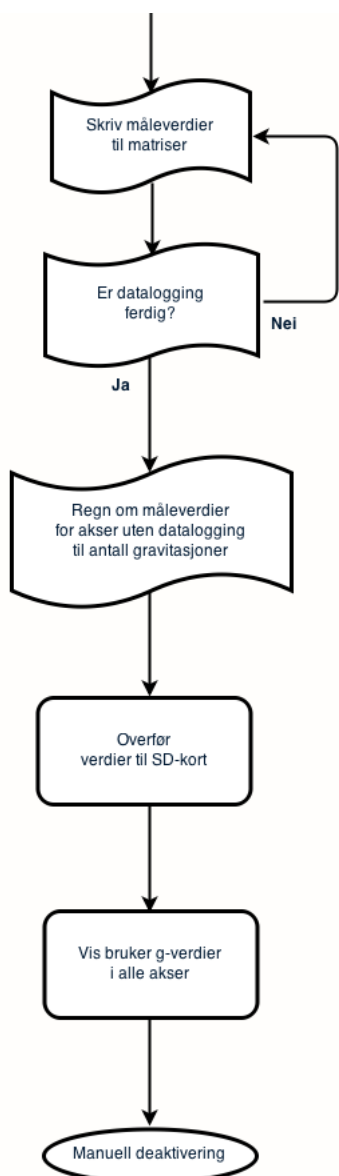
$$\frac{1}{1024} \frac{(B_0 - B_m)}{\vartheta} \quad (6)$$

Hvor  $B_0$  er binærverdien på målt ved 0g,  $B_m$  er binærverdien under test og  $\vartheta$  er sensorelementets spesifiserte 8mV/g/V [1]. Sekundæraksen følger samme formel hvor  $\vartheta$  er satt til 20mV/g/V i henhold til [1].

Programmet gir ved hjelp av en tellevariabel bruker mulighet til å velge aksene som skal logges. Akselerometeret vil deretter aktiveres ved en påkjennning på sensorelementet større en 5g og starte loggføring av dataverdier. I tillegg brukes det en variabel for hver akse som overskrives av høyeste absoluttverdi. Disse verdiene skrives så til displayet og kan avleses av bruker på stedet. De loggførte verdiene skrives til SD-kort via SPI for senere behandling og analyse i Matlab.







Figur 2: Flytskjema, grafisk akselerometer.

## Materialvalg

Materialvalg er i henhold til underlag for testsensor versjon A (#507) med følgende unntak. Samtlige datablader finnes som vedlegg på cd.

## Laboratoriekort

For å optimalisere den fysiske utformingen av det grafiske akselerometeret er det benyttet laboratoriekort med egnede ledende føringer av typen FR4 RE315-LF fra Roth Elektronik.



## Display

Grunnet plassbehov på prototypekortet er det benyttet et mindre HD 44780 kompatibelt display på 2x8 tegn av typen Electronic Assembly EA DIPS082-HNLED. Dette displayet er tilstrekkelig for å skrive ut måleverdier i tre akser.

## Kjøleelement

Grunnet erfaringer med varme i spenningsregulatoren LM7805 fra testsensor versjon A er denne utstyrt med et kjøleelement.

## Minnekortkontakt

Det er benyttet minnekortkontakt av typen Molex 49619-1611.

## 2.4 Bruk av det grafiske akselerometeret

- Før bruk plasser akselerometeret på et plant underlag, med underside mot underlaget.
- Betjen bryter S1. Dette aktiverer systemet. Akselerometer må ligge i ro til teksten «klar» vises i displayet.
- LCD viser nedtelling fra 3. Aktiv akse velges så med S2 innenfor dette intervallet
- Akselerometeret er nå klart for bruk. Systemet starter loggføring av prøvetakingsverdier når akselerometeret utsettes for mer enn 5g. Akselerometeret loggfører 200 målinger i et tidsrom på 120ms.
- Maksimalverdier kan avleses i displayet.
- For ytterligere analyse demonteres bunnplaten med akselerometeret og minnekortet kan avhentes.
- For gjentatte målinger må bryter S1 betjenes på nytt.

## 2.5 Konstruksjonsunderlag

For skjemategning se (#169).

For programmeringskode se (#128).

For matlabkode se (#129).

For mekanisk kapsling se (#143).



## 3 Referanser

---

- [1] *Surface Mount Micromachined Accelerometer*, Freescale, 0, 08.2011
- [2] <http://code.google.com/p/arduino-filelogger/> 04.05.2015
- [3] Secure digital [https://en.wikipedia.org/wiki/Secure\\_Digital](https://en.wikipedia.org/wiki/Secure_Digital), 04.05.2015
- [4] Arduino, *Arduino Nano manual*,  
<http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>, 18.02.15
- [5] *Surface Mount Micromachined Accelerometer*, Freescale, 0, 08.2011
- [6] *L78xxAB / L78xxAC Precision 1 A regulators*, 17, 17.6.2008
- [7] *Roth Elektronik Gmbh datasheet*, Multiadapters
- [8] *TC1602A-01T*, V00, 2009-09-23
- [9] HPD447899 (LCD-II) *Dot Matrix Liquid Crystal Display Controll/Driver*, Rev.0.0



KONGSBERG

---



19

# Prosjektets måloppnåelse og prosess



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	16.05.2015	Lars Erik Solberg Moen	Espen J. Tangstad
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

## Sammendrag:

Prosjektgruppa har gjennom hele prosjektperioden gjort estimeringer og kompromiss for å oppnå best mulig resultat, gitt forutsetningene fra både skole og kunde. Dette dokumentet gjør rede for måloppnåelsen, både med tanke på produktkrav og timeestimering. Det gir også innsikt i hvordan prosessen gjennom hele prosjektperioden har blitt evaluert og endret etterhvert som endringer har oppstått, og avvik blitt kartlagt.



## Innholdsfortegnelse

1	Sluttproduktets måloppnåelse.....	2
1.1	Måloppnåelse av produktkrav.....	2
2	Fremdrift.....	2
3	Tidsforbruk.....	3
4	Økonomi.....	4

## Tabelloversikt

<i>Tabell 1: Status timer per iterasjon.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabell 2: Estimerte timer i prosjektet.....</i>	<i>4</i>



# 1 Sluttproduktets måloppnåelse

Prosjektgruppen hadde som mål å utvikle og bygge et produkt som i høyest mulig grad reflekterte en reell produksjonsmodell. Dette reflekteres i sluttproduktet der materialer som karbon, aluminium og messing er benyttet, med toleranser og overflatebehandling som i et ferdig produkt.

## 1.1 Måloppnåelse av produktkrav

Det var tidlig i prosjektet klart at den desidert største utfordringen med tanke på krav var det opprinnelige kravet på 5g fra KDA. Det ble gitt aksept fra KDA om å differensiere dette kravet til tre krav på henholdsvis 5, 10 og 15g. Etter perioder med tester ble det maksimale kravet endret med godkjenning fra KDA til 25g. Avhengig av forskjellig grad av optimalisering ble det erfart at systemet kunne optimaliseres til mellom 15 og 20g på ett enkelt underlag. Det ferdige systemet er derfor et kompromiss mellom de forskjellige spesifiserte underlag. Det tas imidlertid forbehold om underlaget gress hvor kun 70 % av målingene gjort på det ferdige systemet var under 25g. Dette forklares med underlagets store variasjon i jevnhet og friksjon avhengig av landingsvinkel på systemet og nøyaktig landingsposisjon.

Av ikke godkjente krav kan det nevnes kravet om kapslingsgrad i transportkonfigurasjon hvor kravet på IP2x ikke er oppfylt i sluttproduktet grunnet den tekniske løsningen valgt, med oljefyltedempere som beveges fra bunnplatens senter gjennom topp og bunnplatens horisontalplan. Det ble fra gruppens side vektlagt at akselerasjonskravet var av større viktighet enn krav til kapslingsgrad, da akselerasjonskravet var ett av de opprinnelige krav definert av KDA og en kapslingsgrad på IP2x uansett ikke gir noen vesentlig beskyttelse mot fukt og faste partikler mindre enn 12,5mm.

Andre krav der strengeste gradering ikke er oppnådd er blant annet kravet om nivellering. Det er tre graderinger 5°, 10° og 20°, der 10° er oppnådd. På grunn av kravet til dimensjonsstørrelse på maks 200x200x200mm, måtte nivelleringskrybben bli veldig kompakt, dette gikk utover vinkelutslaget på nivelleringskrybben. Kravet om størrelse var et av de opprinnelige kravene fra KDA, mens kravet til nivellering ble satt av gruppen. Det ble derfor valgt å fokusere på å nå kravet på 200x200x200mm.

Kravet om responstid på systemet kan også nevnes. Der det strengeste kravet var fullført nivellering etter 5 sekunder. Der har gruppen oppnådd kravet på 15 sekunder, dette er den nest strengeste graderingen av totalt 3 graderinger. Dette begrenser ikke bruken av systemet på noen måte, det var derfor mer hensiktsmessig å legge vekt på å oppnå andre krav.

## 2 Fremdrift

Prosjektplanen har gjennomgått fire revisjoner. Grunnlaget for disse revisjonene er enten endring i prosjektmodellen eller mindre forsinkelser, under følger en beskrivelse per revisjon:

### *Revisjon B*

Revisjon B ble utført etter tilbakemeldinger fra første presentasjon hvor etter det ble gjennomført endringer i prosjektmodellen. Disse endringene medførte en ny iterasjon. Det totale antall iterasjoner i revisjon B er fire, et antall som også ble videreført gjennom hele prosjektet





### **Revisjon C**

Iterasjonsperioden for produktversjon alfa måtte forlenges da noe testing gjenstod for oppstart av produktversjon beta. Dette medførte ikke utsettelse av oppstart på produktversjon beta, da det var satt av tid i prosjektplanen rev. B for revisjon av kravspesifikasjoner noe gruppen ikke så nødvendig basert på testene gjort i på produktversjon alfa. Den avsatte tiden til revisjon av kravspesifikasjonene ble derfor brukt på dokumentering av de gjennomførte testene.

### **Revisjon D**

Det ble ansett som nødvendig og utføre en revisjon D av prosjektplanen grunnet omfanget av design og konstruksjon av produktversjon beta og forberedelser mot semestereksamener i andre fag. Grunnet høy måloppnåelse i produktversjon beta ble det planlagt at den tredje iterasjonen (Charlie) kun skulle omfatte enhetens utlørsystem. Denne perioden ble flyttet slik at den overlappet med oppstart av produksjonsmodellen (fjerde iterasjon). Dette medførte at i henhold til revisjon D av prosjektplanen ble det i en begrenset periode arbeidet på prototype for enhetens utløser og den avsluttende produksjonsmodellen parallelt.

### **Revisjon E**

Revisjon E ble gjennomført for å splitte opp hovedaktiviteten for produksjonsmodellen i underaktiviteter og justering av timeestimat for siste periode. Hovedaktiviteter ble ikke utsatt eller fremskyndet i denne revisjonen.

Det her i henholdt til overstående ikke oppstått forsinkelser i prosjektet som har fått følger for prosjektets totale fremdrift. De overstående forsinkelsene har blitt løst ved større arbeidsinnsats og omorganisering/flytting av resurser på prosjektplanen.

## **3 Tidsforbruk**

### **Timer per produktversjon**

*Tabell 1: Status timer per iterasjon*

Iterasjonsperiode	Timer brukt	Timer estimert	Avvik
Alfa	520	938	418
Beta	532,5	510	-22,5
Charlie	152,5	295	142,5
Produksjonsmodell	419	335	-84

### **Timer per prosjektplanrevisjon**

Timer notert i aktivitetsplan og prosjektplan skiller seg fra timer arbeidet direkte på produktversjoner da disse omfatter alt administrativt arbeid og arbeid i forbindelse med presentasjoner. Tallene i tabell 2 kan derfor ikke sammenlignes med tallene i tabell 1

Som vist i tabell 2 varierer det estimerte timetallet mellom prosjektplan revisjonene. Det er foretatt en forflytning av timer fra rev A – rev B grunnet endringer i prosjektmodellen, dette er kun en forflytning og gjør ikke utslag i det totale timeantallet. Fra rev B – rev C er det justert timeantall på enkelte poster da disse viste seg mer omfattende. Endringen fra rev C-rev D gjenspeiler oppdaterte estimer for de gjenstående iterasjoner (beta og charlie). Fra rev D til



rev E er det fjernet en stor del timer på iterasjon charlie ettersom denne ble betydeligere mindre omfattende enn først planlagt. Som nevnt ovenfor var det et meget stort timeavvik i iterasjonen for produktversjon alfa i positiv retning da gruppen brukte betydeligere mindre tid på denne enn planlagt. Summen av timer som ikke er tatt i bruk er derfor trukket fra estimatene for rev D og E.

Tabell 2: Estimerte timer i prosjektet

Prosjektplan versjon/revisjon:	Estimerte timer
A	3339
B	3339
C	3454
D	3769
E	3294

### **Totalt medgåtte timer**

Tidsforbruk ligger på 3213 timer per 15.05.2015. Ut fra tabell 2 ser vi at dette er i god overenstemmelse med estimerte timer i aktivitetsplanen revisjon E som er siste revisjon før denne dato. Dette betyr at det vil påløpe en del timer etter denne dato i forbindelse med siste arbeid i forbindelse med den skriftlige dokumentasjonen og presentasjon. Da det er noe usikkerhet rundt omfanget av forberedelsene til presentasjonen har gruppen valgt å ta utgangspunkt i et verst tilfelle senario hvor det arbeides 25-50 timer per gruppemedlem de siste to uker av hovedprosjektet. Følgene av dette er at det i prosjektets totale timeestimat vil være et overforbruk på 200-500 timer. (Øvre og nedre grense). Ut i fra datapunktene presentert o

## **4 Økonomi**

Prosjektets overordnede rammer var på totalt 50 000 NOK. De budsjetterte og faktiske utgifter var noe avvikende da det er brukt 29 900 NOK per 14.05.2015, ikke medregnet utgifter som påløper etter denne dato i forbindelse med innleveringsrekvisita, utskrifter og utgifter i forbindelse med presentasjon. Det er ingen videre rammer for det økonomiske rundt utførelse av produktet, da oppdragsgiver ikke har forespurt produksjonskostnader, vedlikeholdskostnader eller økonomisk vekstestimering utover livssyklusen til produktet. Det er i tillegg vanskelig for prosjektgruppen å gi noe konkret estimat da alle deler tilhørende produktet er produsert av gruppens medlemmer, med unntak av nivelleringskrybben hvor produksjonskostnaden påløp 1250 NOK.



KONGSBERG

---



20

# Refleksjonsdokument



KONGSBERG



Revisjon	Dato	Ansvarlig:	Godkjent av:
B	16.05.2015	Lars Fredrik Ostun	Henrik Solberg
For komplett revisjonshistorikk se vedlagt DVD			

## Sammendrag:

Dette har vært et lærerikt prosjekt, med tanke på å drive et prosjekt som skal resultere i et ferdig produkt, der prosjektmodellen har spilt en stor rolle i hvordan vi skulle gå fram for å løse utfordringer med oppgaven. Det at vi var nødt til å arbeide på tvers av to faggrupper har ført til en større forståelse av hverandres utfordringer og hvordan vi må gå fram for å koordinere prosjektet. Samarbeidet innad i gruppen har vært godt, der samtlige gruppemedlemmer er blitt involvert for løsninger på utfordringer.



## Innholdsfortegnelse

1.1	Innledning.....	2
1.2	Produktet .....	2
1.3	Prosjektarbeidet.....	2
1.4	Presentasjoner .....	2
1.5	Takk til.....	3
1.6	Refleksjon fra gruppemedlemmene.....	3



## 1.1 Innledning

Dette dokumentet er en subjektiv evaluering av prosjektet, hvor det er en samlet del og en individuell del fra hvert gruppemedlem.

## 1.2 Produktet

Helt fra starten av da vi fikk overlevert grovspesifikasjonen fra KDA og fikk et innblikk i hva vi skulle lage, var det en enighet innad i gruppen at vi ville lage et produkt vi ville være stolte av. Siden flere av deltagerne i gruppen har praktisk bakgrunn som elektriker, snekker, mekaniker og biloppretter er dette enn fordel når vi skulle produsere et fysisk produkt. Dette gjorde det mulig for oss å kunne lage det meste selv. Gruppemedlemmene med mekanisk fagretning jobbet derfor en del på verksted med å fabrikkere deler til prototyper og ferdig produkt. Vi hadde et ønske om å få produktet til å fremstå som militært siden vi har fått oppgaven fra KDA. Det var også et ønske om å få produktet til å se profesjonelt produsert ut, noe vi føler vi har fått til.

## 1.3 Prosjektarbeidet

Gruppen ble dannet på grunnlag av et prosjektet vi hadde i andreklasse i faget systems engineering. Der vi fant tonen og la grunnlaget for hovedoppgave. Det har vært noen faglige diskusjoner innad i gruppen men ingen disputer som har gått ut over samholdet eller arbeidet i prosjektet. Ved anledninger der et gruppemedlem har hatt en utfordring som han ikke kunne besvare, har de andre medlemmene vært behjelpelig med å se over og hjulpet med å finne en løsning. Siden produktet vi har laget har meget begrenset med plass og vekt har dette ført til at elektrodelen og mekaniske delen har vært nødt til å samarbeide tett for at alt skal passe og ikke overskride vekt eller størrelse. Også med tanke på plassering av komponenter har det måtte være tett samarbeid mellom de to fagretningene. Ved tekniske utfordringer har gruppen jobbet sammen for å finne de beste løsningene som er gjennomførbare, hvor vi har vi har stilt kritiske spørsmål til løsningen. Det at vi har laget noe fysisk har gjort det lettere å sette teori og praksis sammen. Alle gruppemedlemmene har vært flinke til å finne arbeid som skal gjøres og gjort de arbeidsoppgaver de er blitt delegert. Som prosjektmodell brukte vi en iterativ modell grunnet at vi var avhengige av å lage prototyper og teste disse. Ved å bruke en slik prosjektmodell og lage flere prototyper har vi lært mye om hvordan dette henger sammen.

## 1.4 Presentasjoner

Ved alle fremføringer har samtlige gruppemedlemmer vært delaktig i oppsettet og øving til fremføringen av presentasjonene, der tre medlemmer fremførte første presentasjon og fire medlemmer fremførte andre presentasjon. Dette ble gjort siden alle gruppemedlemmene var enig i at seks personer som gjorde en 16-20 min presentasjon, ville gjøre presentasjonen oppstykket. Ved at maks fire tok hver presentasjon ville det bli mer flyt i fremføringen. Vårt ønske med presentasjonene var å vise frem det vi har gjort og hva vi skulle gjøre fremover. Etter første presentasjon fikk vi tilbakemelding om at intern sensor ikke forsto prosjektmodellen, noe som førte til at denne ble endret etter presentasjon.



## 1.5 Takk til

Personer, bedrifter og institusjoner gruppen SDS vil gi en ekstra takk, for hjelp eller bidrag til gjennomføring av hovedoppgaven:

Kongsberg Defence & Aerospace, Integrated Defence Systems

Intern veileder Frank Helgestad

Ekstern veileder Stian Skancke Solberg

Richard Thue

Zoran Dokic

Rolf Longva

Belma Begic

Høgskolen i Telemark

Vannskjæresenteret AS

Tingstad AS

Torp Fasteners

## 1.6 Refleksjon fra gruppemedlemmene

### Espen J. Tangstad

Prosjektperioden og samarbeidet med KDA har for min del vært en veldig god innføring i hvordan arbeidslivet som ingeniør vil være. Jeg har satt stor pris på mine samarbeidspartnere i denne perioden som har prestert maksimalt for å oppnå et godt produkt, og bidratt til et godt samvær under lange dager med produksjon og dokumentering. Å produsere et fysisk produkt har vist seg å være både krevende og veldig lærerikt. Jeg setter stor pris på muligheten til å gjennomføre et slik prosjekt fra det er bare en tanke, til det er et ferdig og helhetlig produkt.

### Lars Erik Moen

Prosjektperioden har for min del vært en interessant tid hvor jeg har fått mulighet å delta i en gruppe hvor samarbeidet har vært upåklagelig, og det har vært en tydelig fremdrift i hele prosjektperioden. Med bakgrunn i oppgaven, og ønske fra KDA om en fremstilt prototype, har det vært nødvendig og sette seg inn i, å ta i bruk et antall produksjonsmetoder. Dette har etter min mening har vært spesielt lærerikt, da det fremvises en del skjulte feil og problemer som ikke nødvendigvis fremgår av en rent teoretisk design, eller tegninger alene. I tillegg til dette tilegner man seg også kunnskap spesifikt om disse metodene.

At gruppen har hatt mulighet til fysisk å bygge et system er etter min mening en faktor som også har gjort prosjektprosessen så tett opp til et reelt utviklingsprosjekt som overhode mulig, med de erfaringer det innebærer.

Det har også vært en god erfaring og jobbe med en oppgave fremlagt og fulgt opp av KDA, hvor både oppfølgingen og oppgaven i seg selv har vært meget god.



### **Lars Fredrik Ostun**

Samarbeidet i gruppen har vært meget godt, dette begrunnes med at det ikke har vært noen konflikter i gruppen, at vi kommer godt overens og at alle gruppemedlemmer har gjort de arbeidsoppgaver de er satt til. Det har vært et spennende og utfordrende prosjekt, der selv i stressende perioder har alle hatt et smil på lur. Dette har vært en lærerik prosess i alt fra å drive et prosjekt fremover, til å lage prototyper og et produkt.

### **Henrik Solberg**

Å jobbe sammen med 5 andre personer i et prosjekt med aspekter fra flere fagfelt, har vært både utfordrende og spennende. En tverrfaglig oppgave som denne, bidrar sterkt til å gjøre oss i prosjektgruppen bevisste på grensesnitt, og vi skjønnte tidlig at kommunikasjon ville være en viktig nøkkel for å øke effektivitet og minimere risiko i prosjektet.

Jeg har utviklet meg mye faglig gjennom prosjektperioden, og føler også at mine og mine «kollegers» kommunikasjon – og samarbeidsevner har styrket seg gjennom prosjektet.

Tilbakemeldinger fra oppdragsgiver har vært at måten vi har jobbet på, likner mye på den måten de jobber i industrien. Det er har vært viktig for oss at hovedprosjektet ikke bare skal være et skoleprosjekt, derfor er det godt å få verifisert arbeidet vårt på denne måten.

### **Håvard Omholt**

Hovedprosjektet har vært veldig spennende og lærerikt. Vi har jobbet med en interessant problemstilling og har fått utfordret våre kunnskaper. I tillegg til å dokumentere prosjektforløpet har vi også vært med å produsere prototyper. Dette føler jeg har gjort oppgaven enda mer givende og gitt oss et enda større læreutbytte. Det har også vært lærerikt å ha jobbet i en tverrfaglig gruppe, bestående av både maskin og elektro. Vi har da fått større innsikt i hverandres fagfelt, som igjen gjør det enklere å samarbeide.

### **Håvard Larsen**

Under denne prosjektperioden har jeg fått mange erfaringer. Gruppen har fungert veldig bra sammen og vi har samarbeidet godt. Mye av grunnen til dette tror jeg er av vi har sittet sammen å jobbet hele tiden, da er det lett å diskutere problemer underveis. Vi er tre maskinstudenter og tre elektrostudenter, oppgaven har gitt utfordringer for begge fagfelt. Jeg er maskinstudent og det har vært en del utfordringer for å få design og løsninger til å passe med løsningene og komponentvalg for elektro.

Vi har fått gode tilbakemeldinger fra ekstern veileder. Han har sett store likheter med fremgangsmåten vår og hvordan de gjør det i arbeidslivet. Dette er en trygghet i og med at vi nå skal ut i arbeidslivet.

Det å jobbe sammen med 5 andre har gjort at jeg har blitt bedre på å samarbeide. Jeg føler jeg har bidratt med god kunnskap, akkurat som resten av gruppemedlemmene. Som gruppe føler jeg vi har fått til et bra produkt som jeg synes det er morsomt å ha vært med på å utvikle. Jeg føler vi som gruppe har forbedret samarbeidet underveis og personlig har jeg utviklet meg både faglig og med tanke på samarbeid.



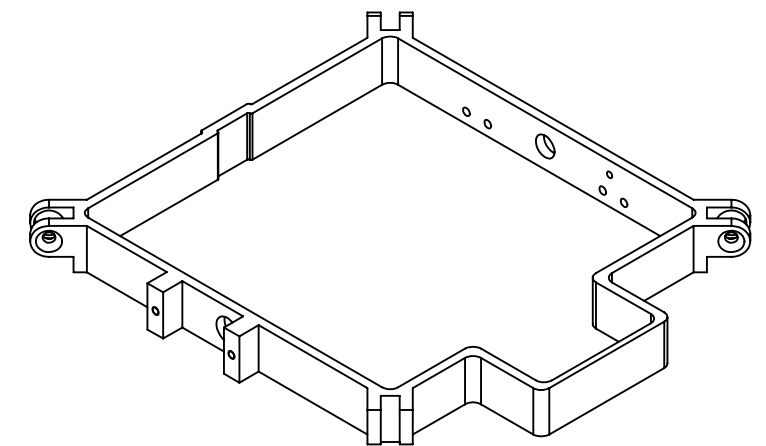
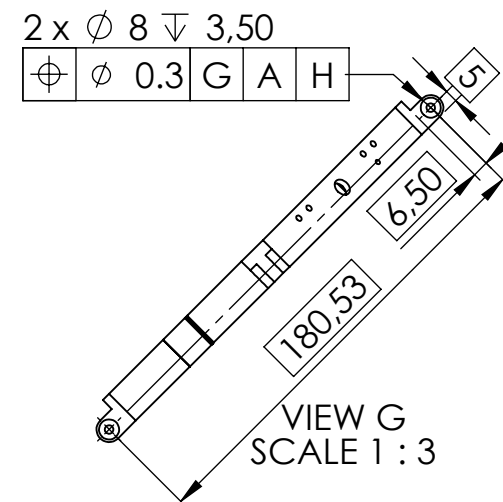
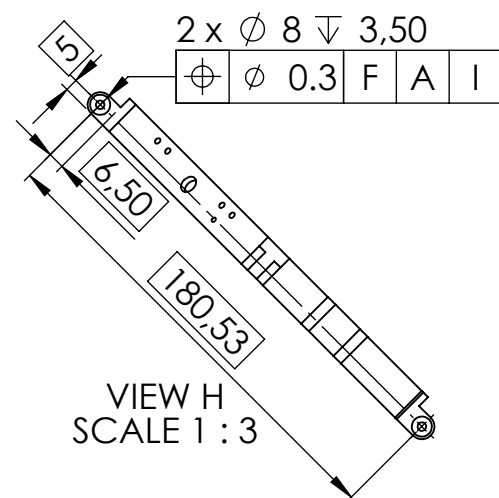
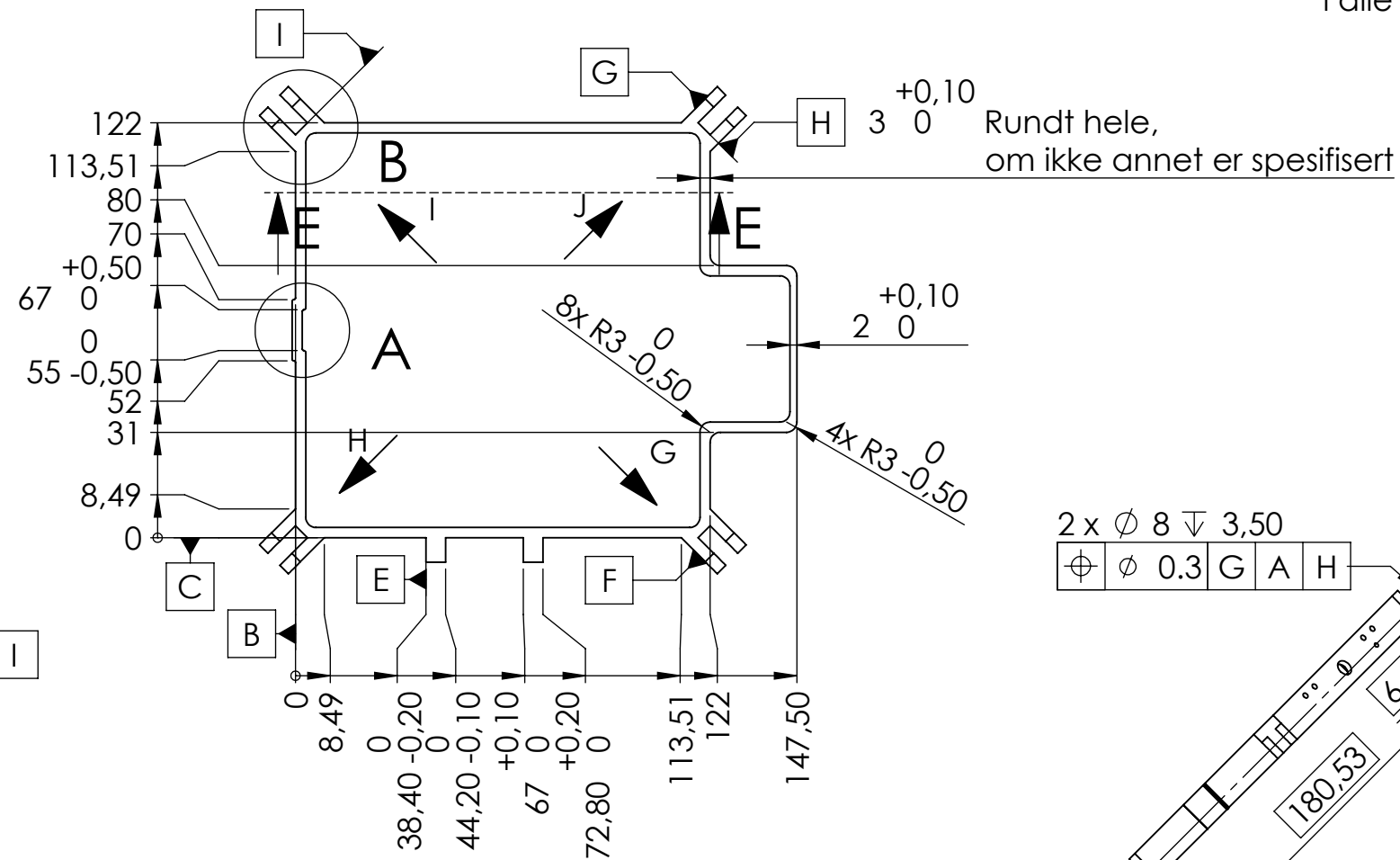
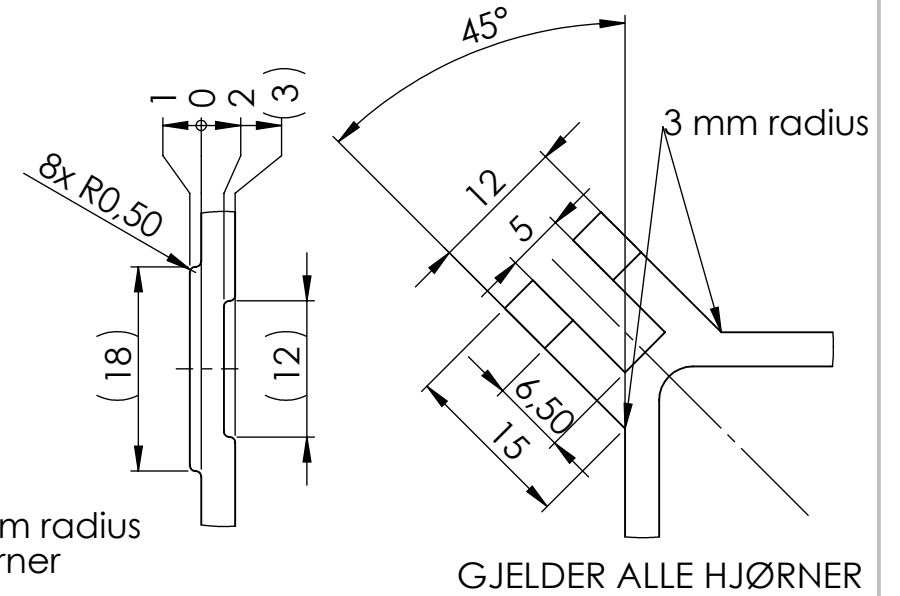


KONGSBERG

---



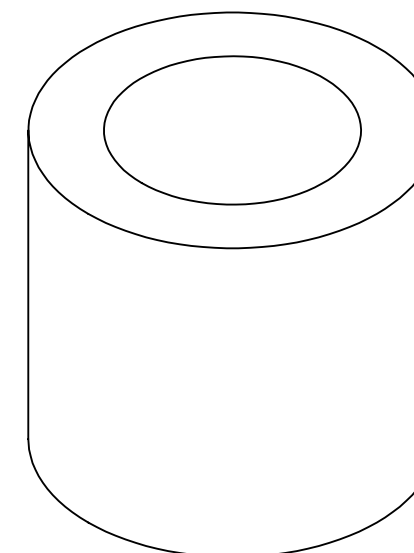
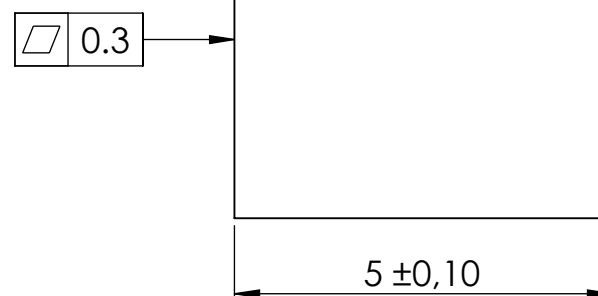
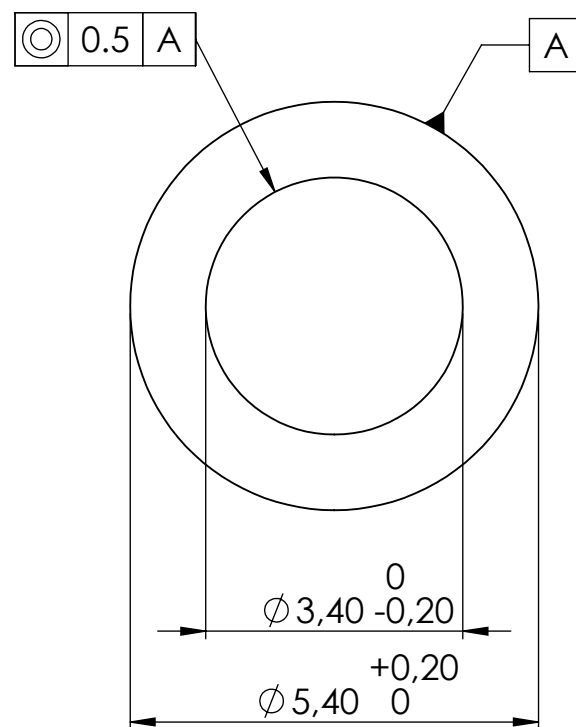
21



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

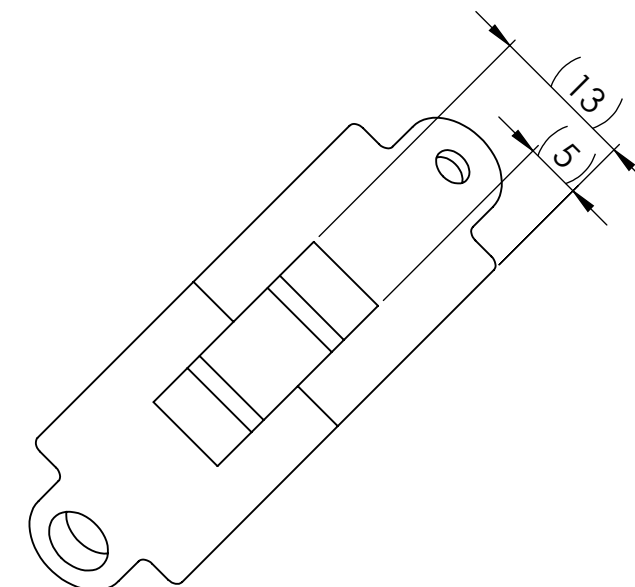
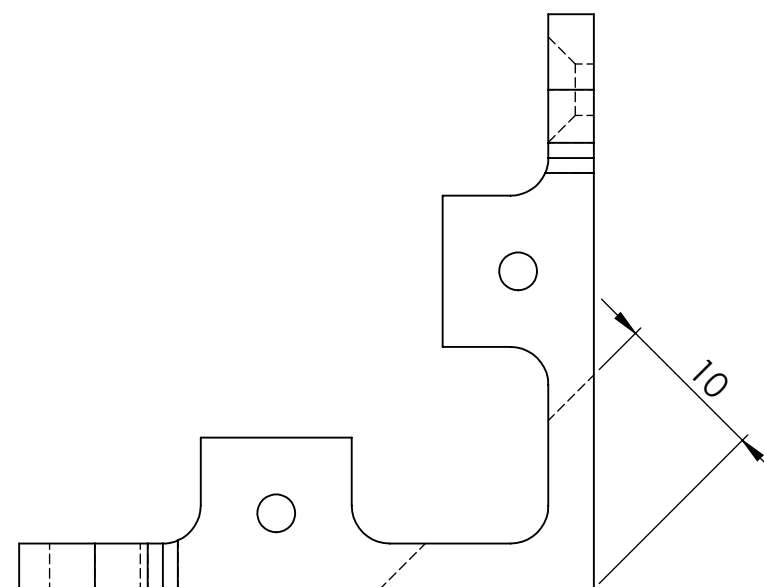
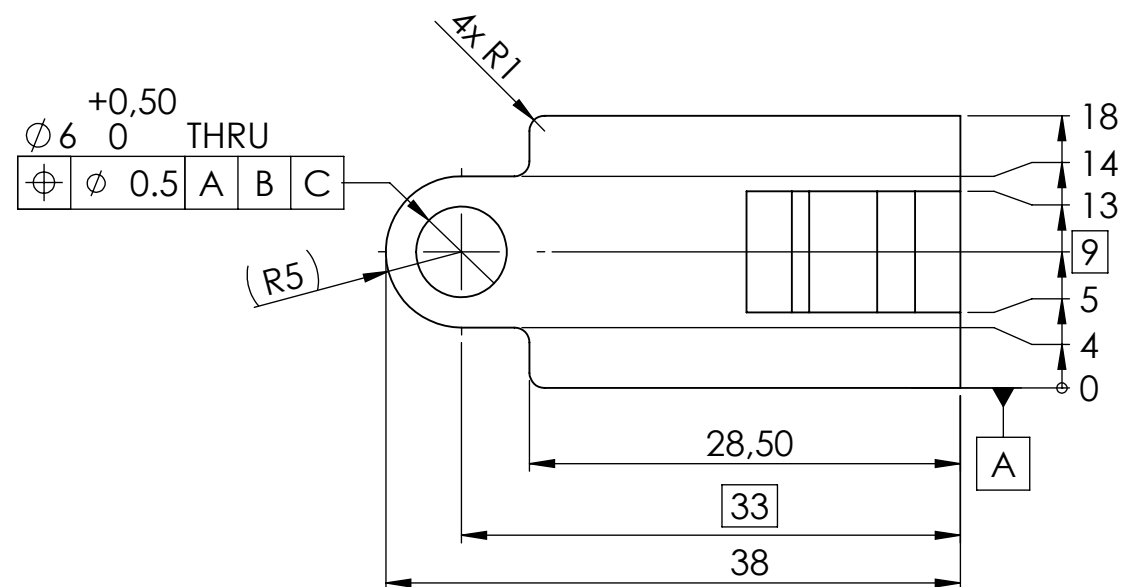
## SECTION E-E

	DATO:  18.03.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: +0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
TEGNET	H. Ornholt	TITTEL:  TEGNING YTRE RAMME		
DESIGN	H. Solberg			
MODELL	H. Solberg			
KONTROLLERT	H. Solberg			
MATERIAL:  EN-AW 5052/ 5754 H111		DOKUMENTNAVN:  Ytre_krybbe_Tegning_prod_A0_140415		A3
VEKT:	-	SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1	REVISION

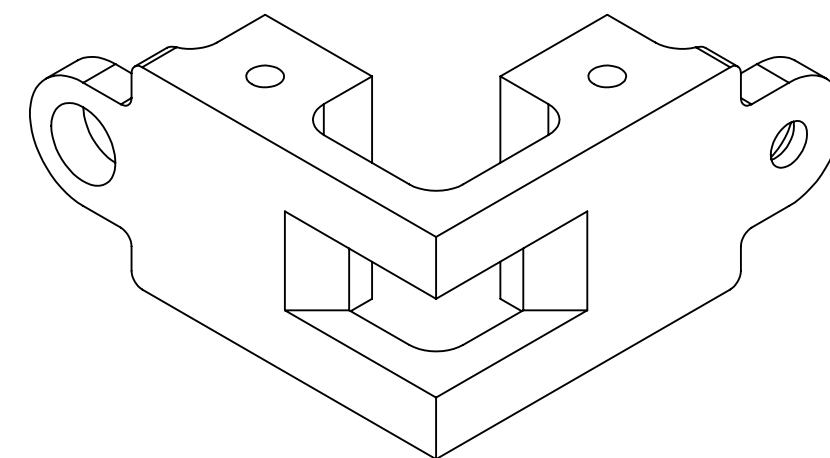
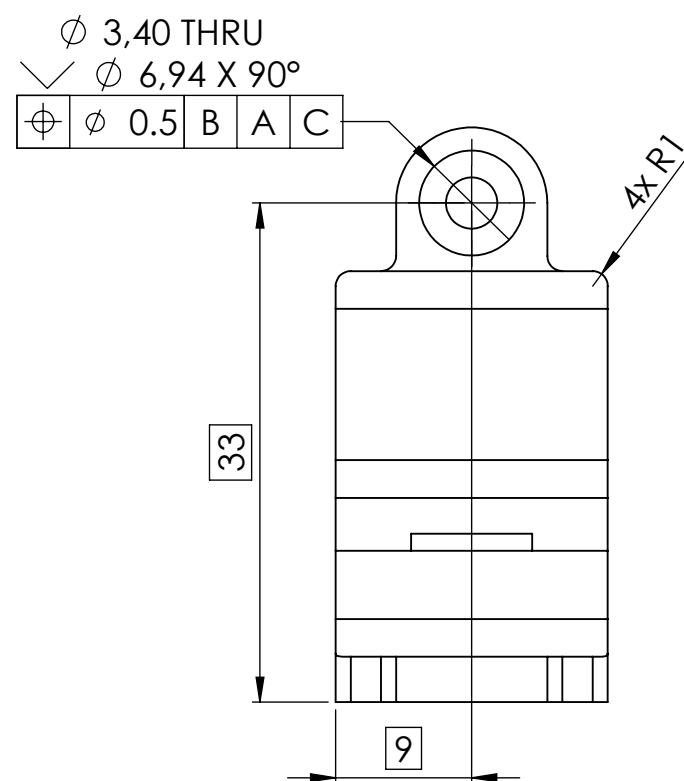
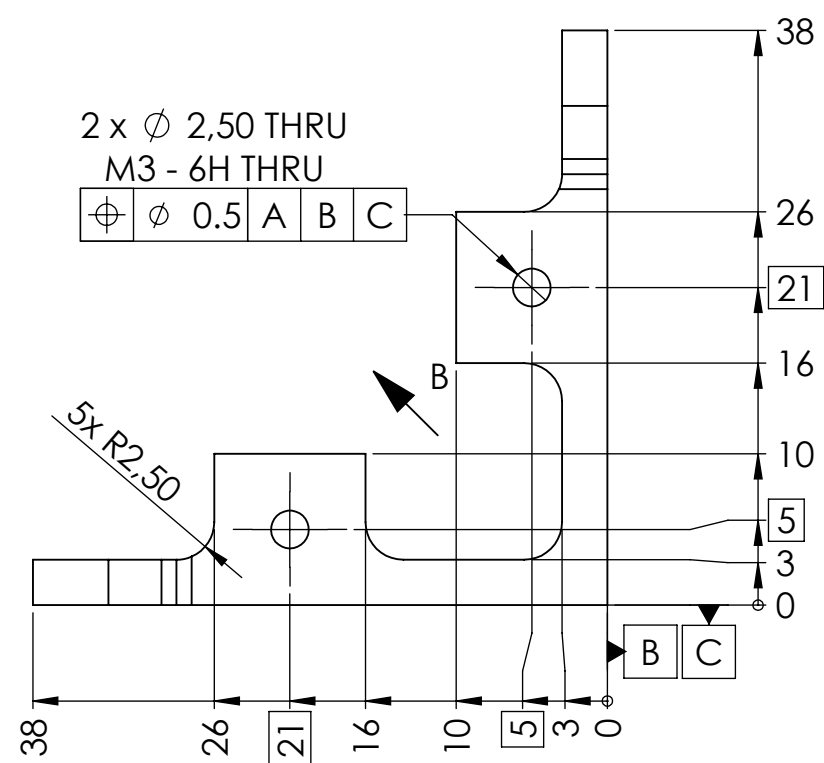


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**


	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15			-	
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning spacer PCB-kort		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
KONTROLLERT	H. Larsen				
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			A3
Messing		spacer_PCBkort_tegning_A0_140515			
VEKT: -		SCALE:10:1		SHEET 1 OF 1	REVISION

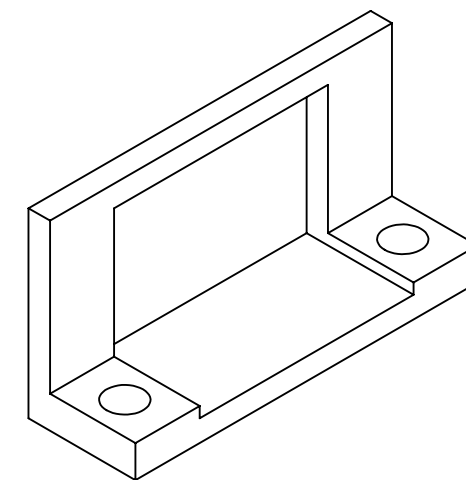
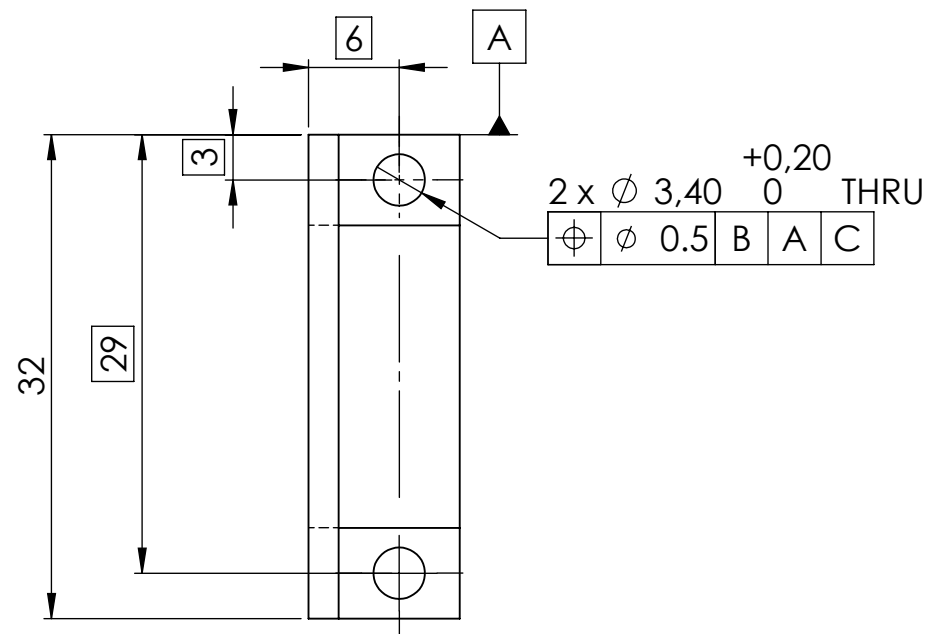
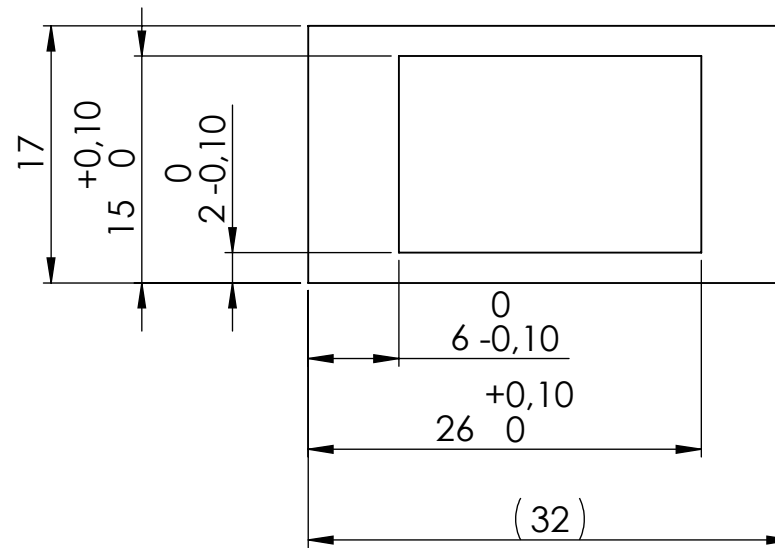
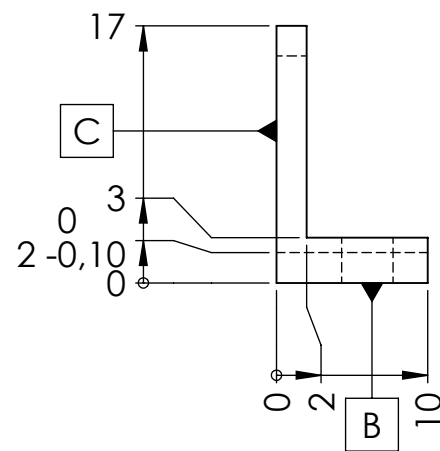


VIEW B  
SCALE 1.5 : 1



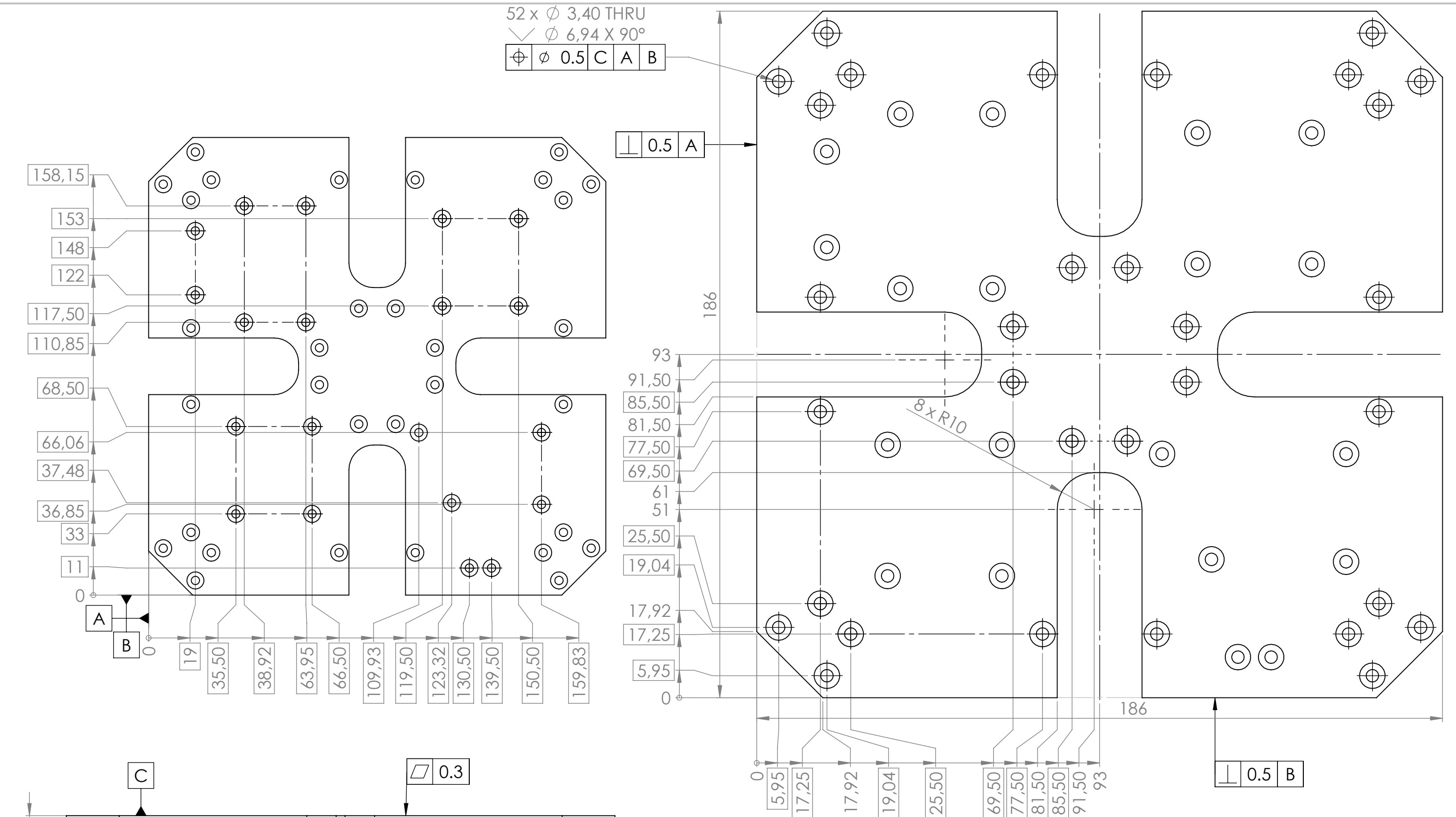
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning blokk		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
	KONTROLLERT	H. Larsen			
MATERIAL:  EN-AW 5052/ 5754 H111			DOKUMENTNAVN:  Blokk_Tegning_prod_A0_230415		A3
VEKT: -			SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	REVISION




**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning bryterbrakett			
	DESIGN	H. Larsen				
	MODELL	H. Larsen				
	KONTROLLERT	H. Larsen				
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H24/H34 H22/H32			DOKUMENTNAVN: Brakett_bryter_tegning_prod_A0_150515			A3
VEKT: -			SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	REVISION

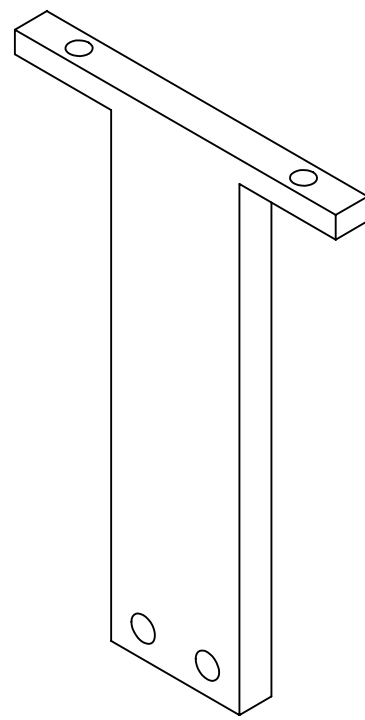
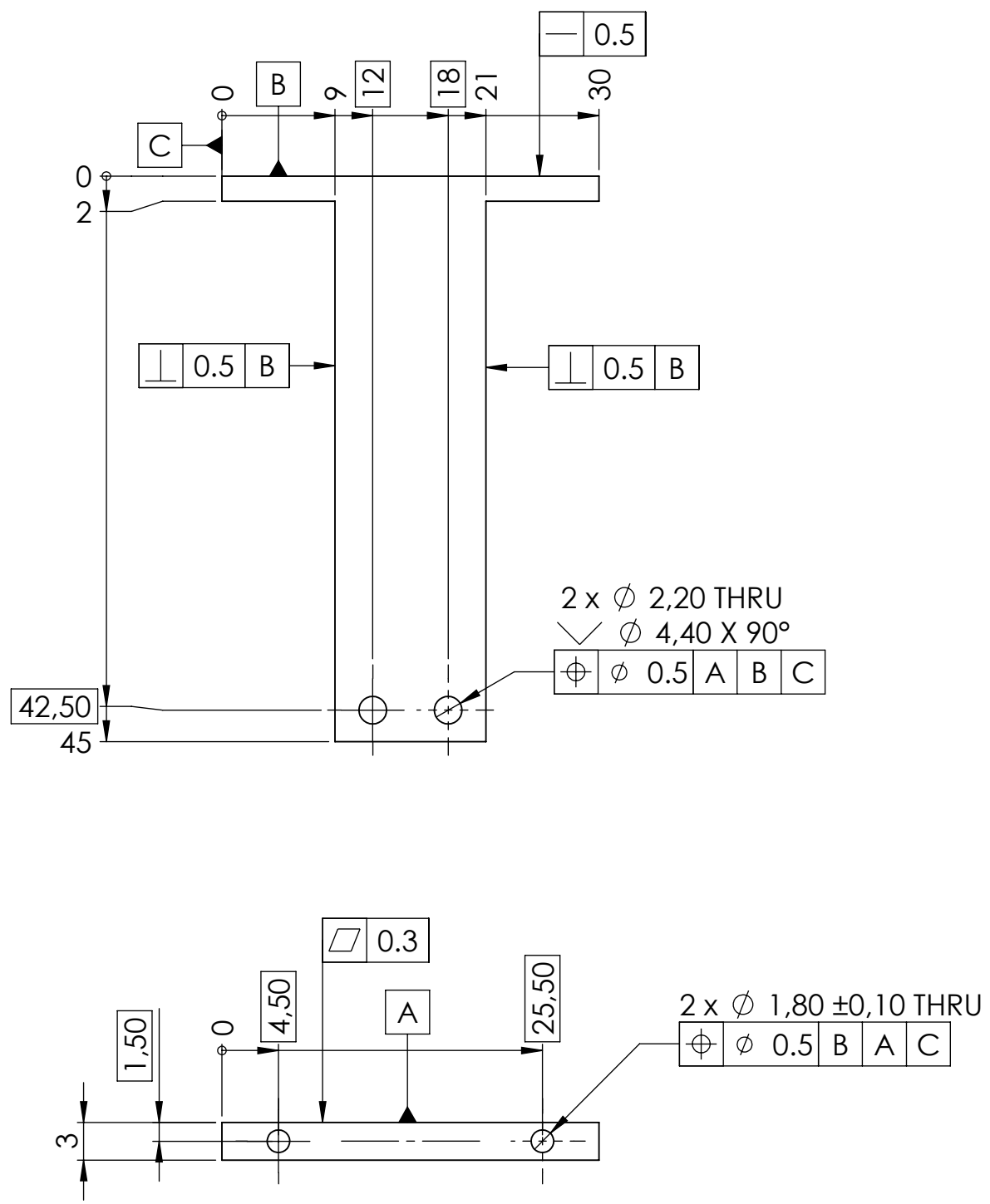


(2)


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

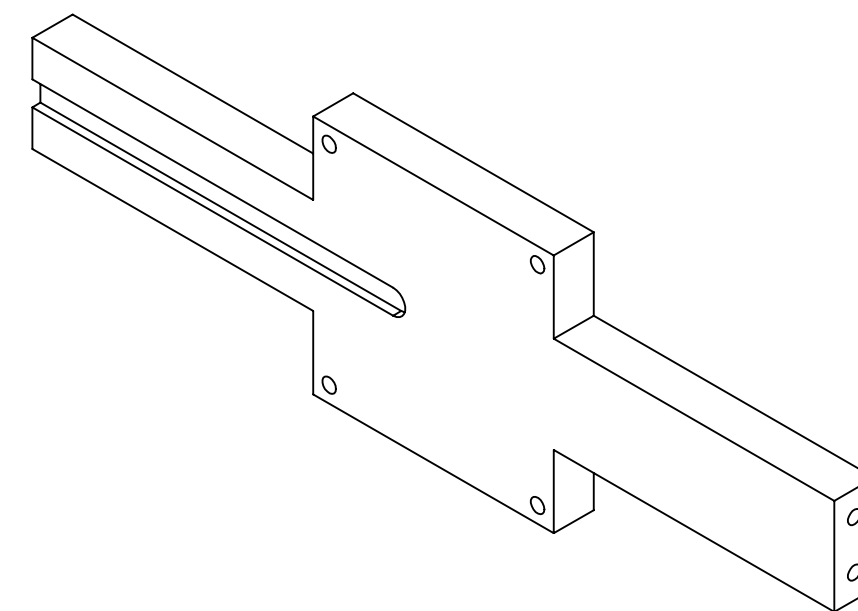
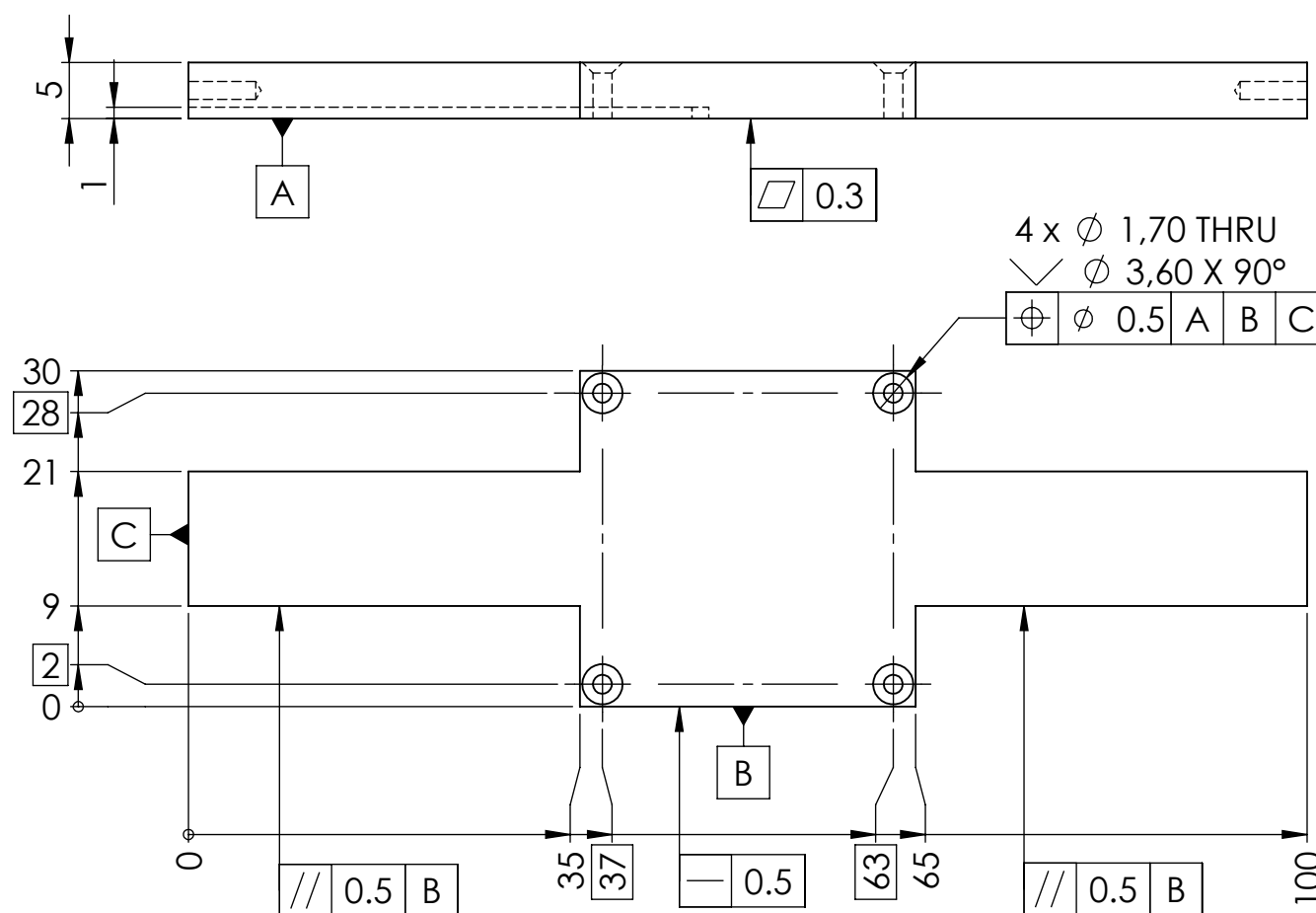
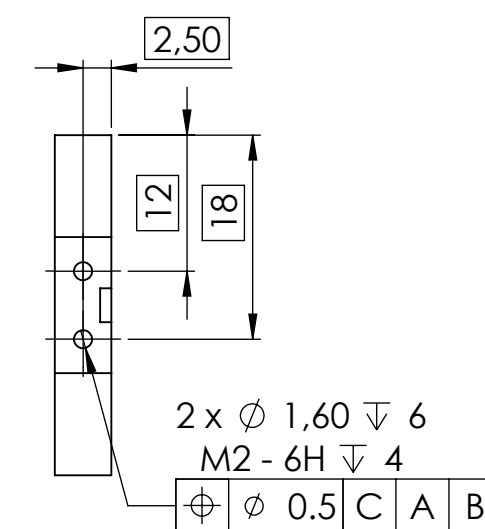
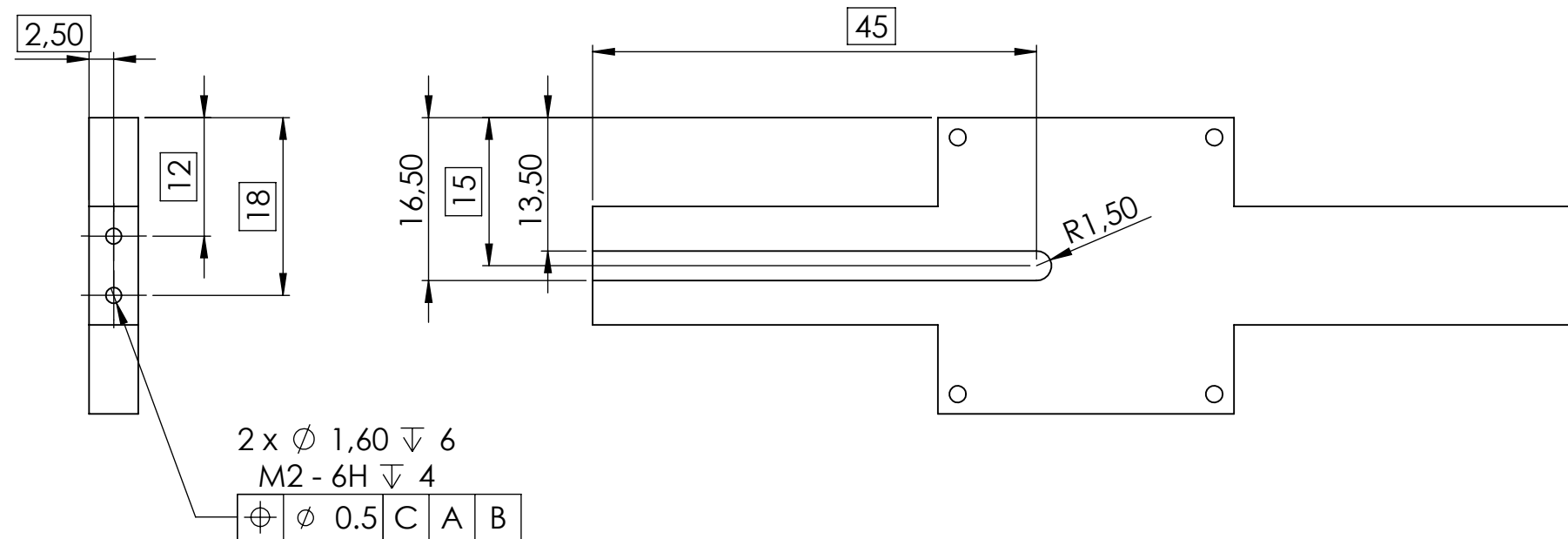
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.5 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	25.03.2015			-	
	TEGNET	H. Solberg			
	DESIGN	H. Omholt			
MODELL		H. Omholt		TITTEL:  Tegning Bunnplate	
KONTROLLERT		H. Larsen			
MATERIAL:			DOKUMENTNAVN:		A3
EN-AW 5052/ 5754 H24/H34 H22/H32			Bunnplate_Tegning_prod_A0_250315		
VEKT:		-	SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1	REVISION

A3



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

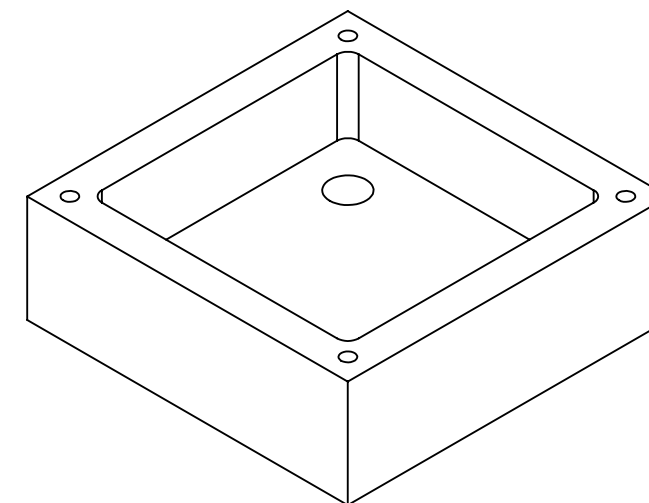
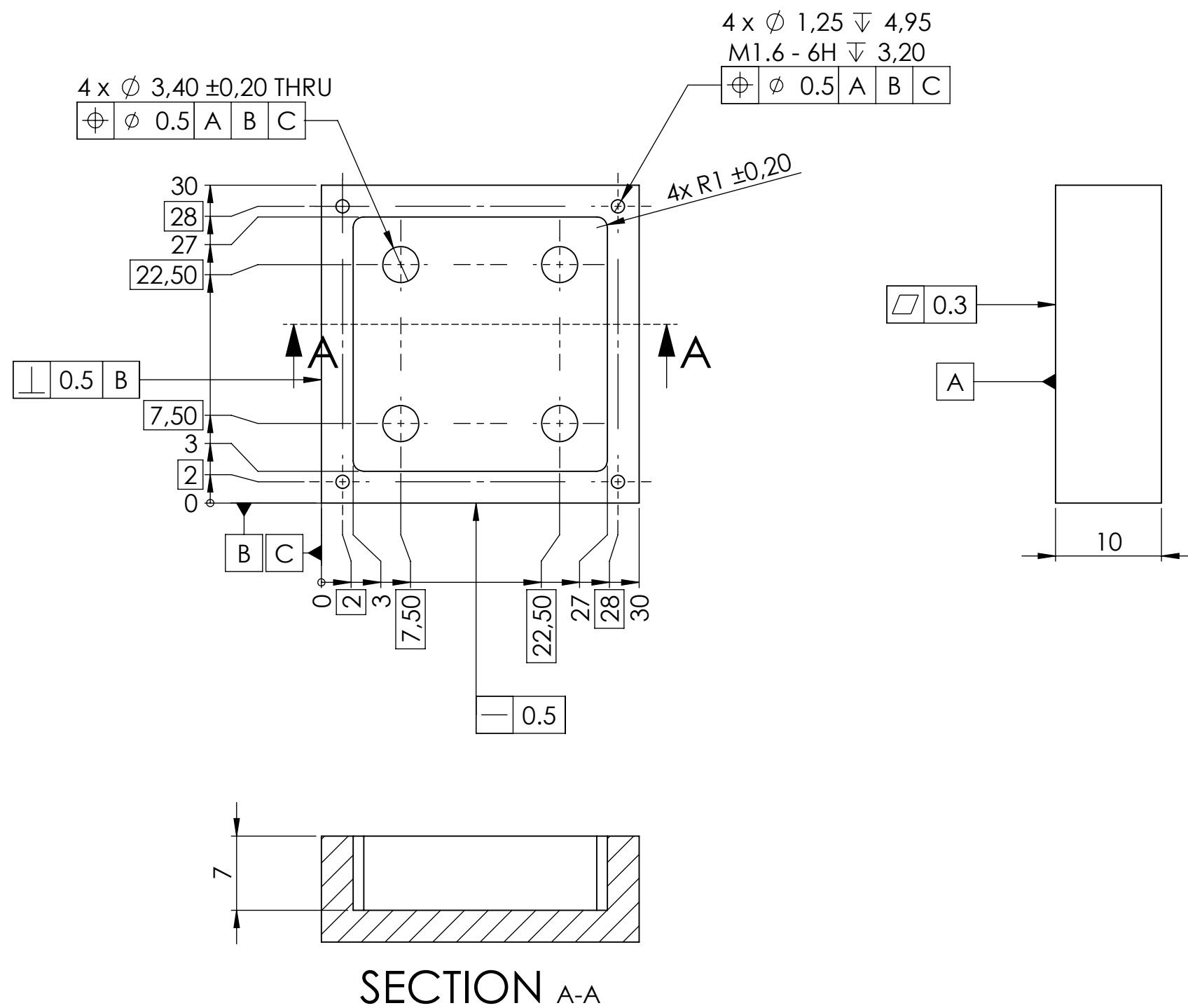
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:	KNEKK ALLE SKARPE KANTER	
	13.05.15			-		
	TEGNET	H. Omholt		TITTEL:  Tegning bøyle		
	DESIGN	H. Larsen				
MODELL	H. Larsen					
KONTROLLERT	H. Larsen					
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			A3	
EN-AW 5052/ 5754 H24/H34 H22/H32		Bøyle_tegning_prod_A0_130515				
VEKT: -		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	REVISION	



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

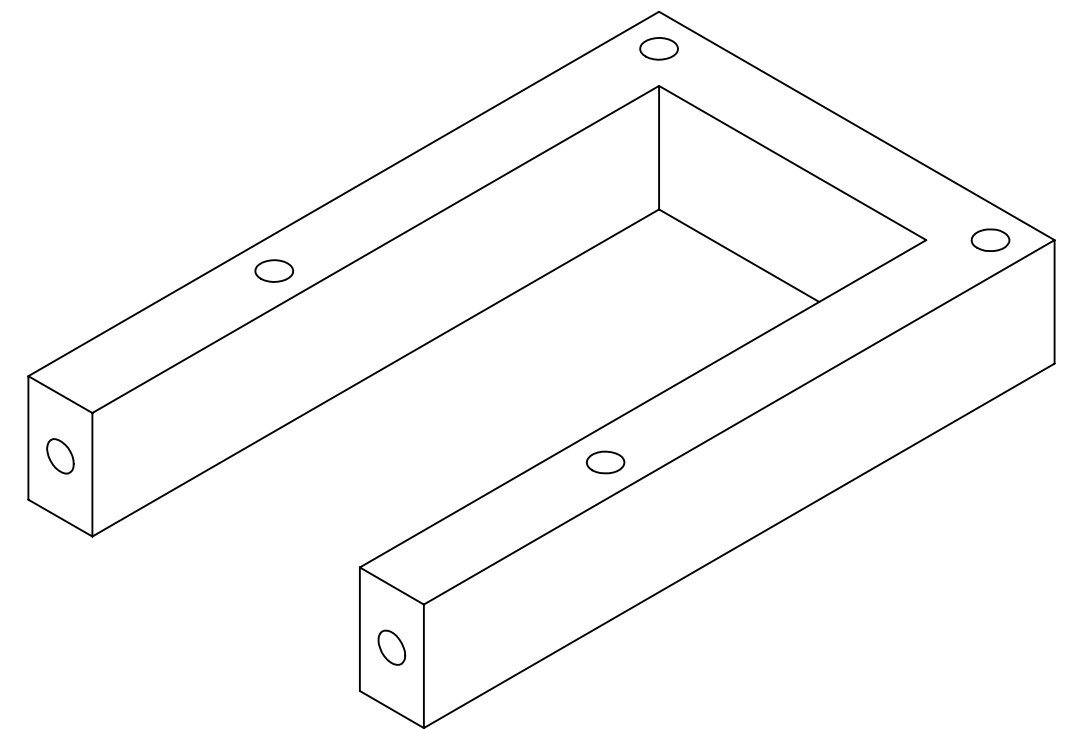
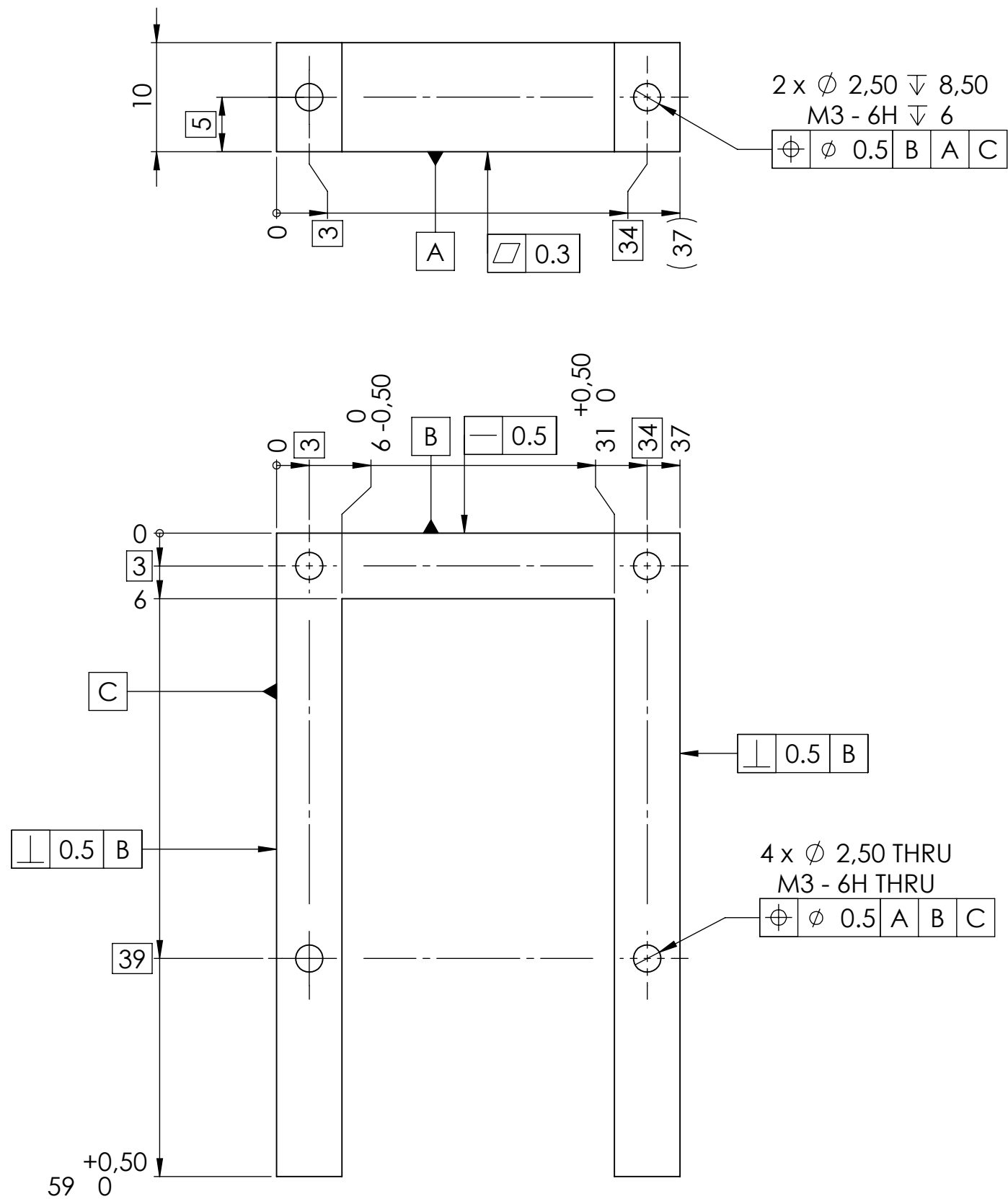
	DATO: 13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET H. Omholt	TITTEL: Tegning bøylebunn		
	DESIGN H. Larsen			
	MODELL H. Larsen KONTROLLERT H. Larsen			
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H24/H34 H22/H32		DOKUMENTNAVN: Bøylebunn_tegning_prod_A0_130515		A3
VEKT: -		SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	REVISION






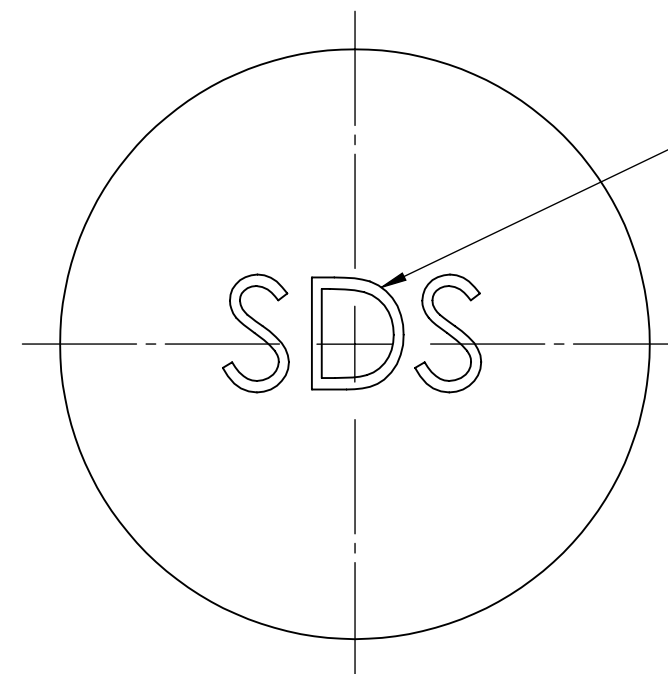
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO: 13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: $\pm$ 0.2 VINKEL: $\pm$ 1° RADIUS: $\pm$ 0.5 OVERFLATERUHET: 3.2 $\mu$ m	OVERPLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL: Tegning deksel	
	DESIGN	H. Larsen		
	MODELL	H. Larsen		
	KONTROLLERT	H. Larsen		
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H111		DOKUMENTNAVN: Deksel_tegning_prod_A0_130515		A3
VEKT: -		SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	REVISION

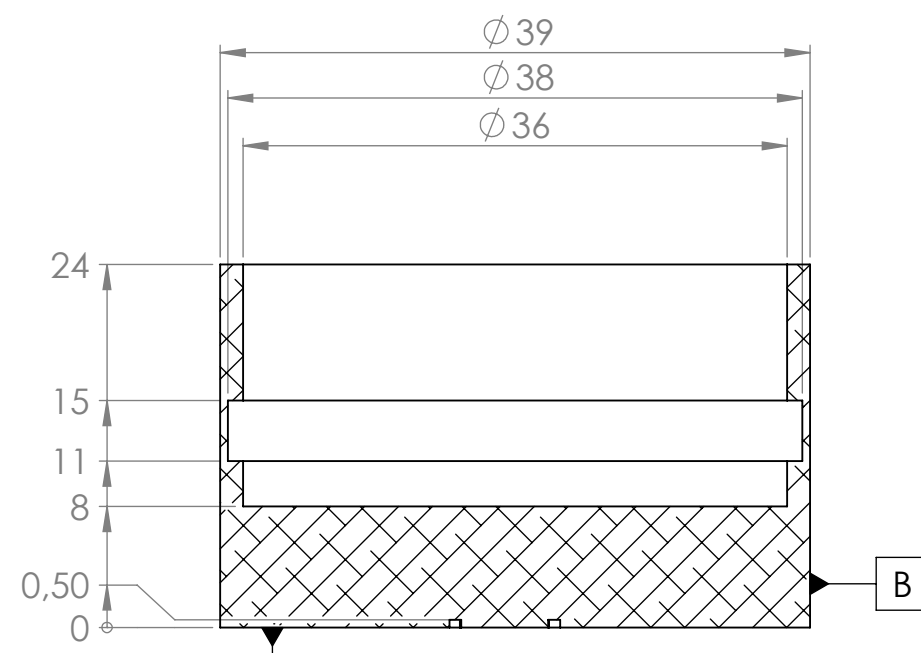
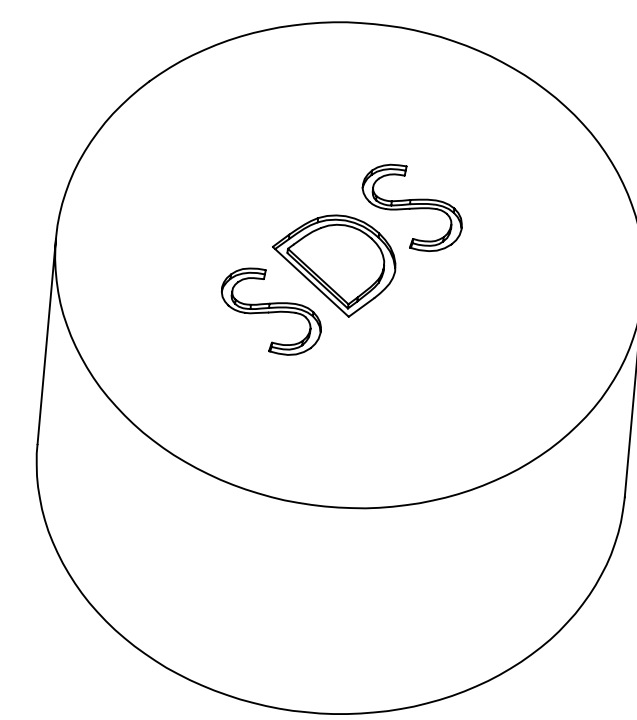


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

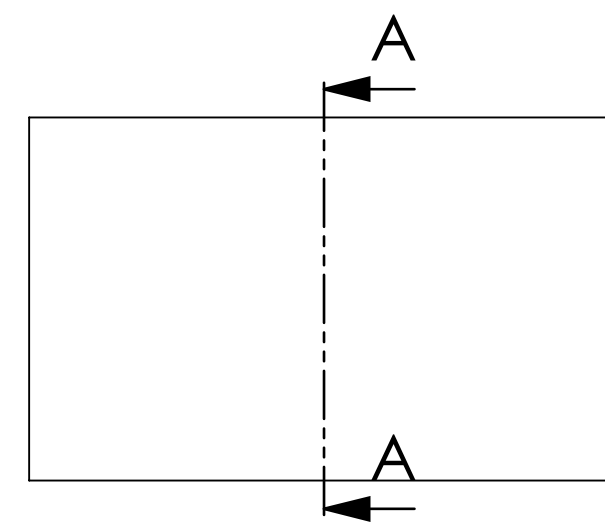
	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning batteriskinne			
	DESIGN	H. Larsen				
	MODELL	H. Larsen				
	KONTROLLERT	H. Larsen				
MATERIAL:  POM ACETAL POLYMER			DOKUMENTNAVN:  Batteriskinne_tegning_prod_A0_140515		A3	
VEKT: -			SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	REVISION



Skrifttype: Century Gothic  
Størrelse: 28  
Graver med 0.5mm dybde

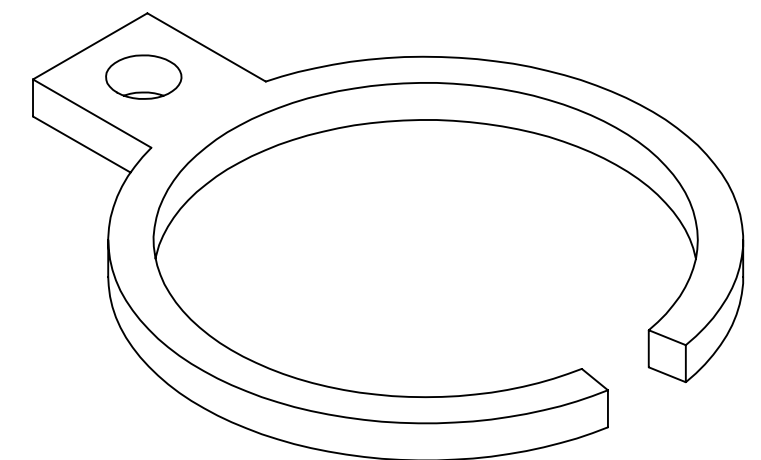


A SECTION A-A

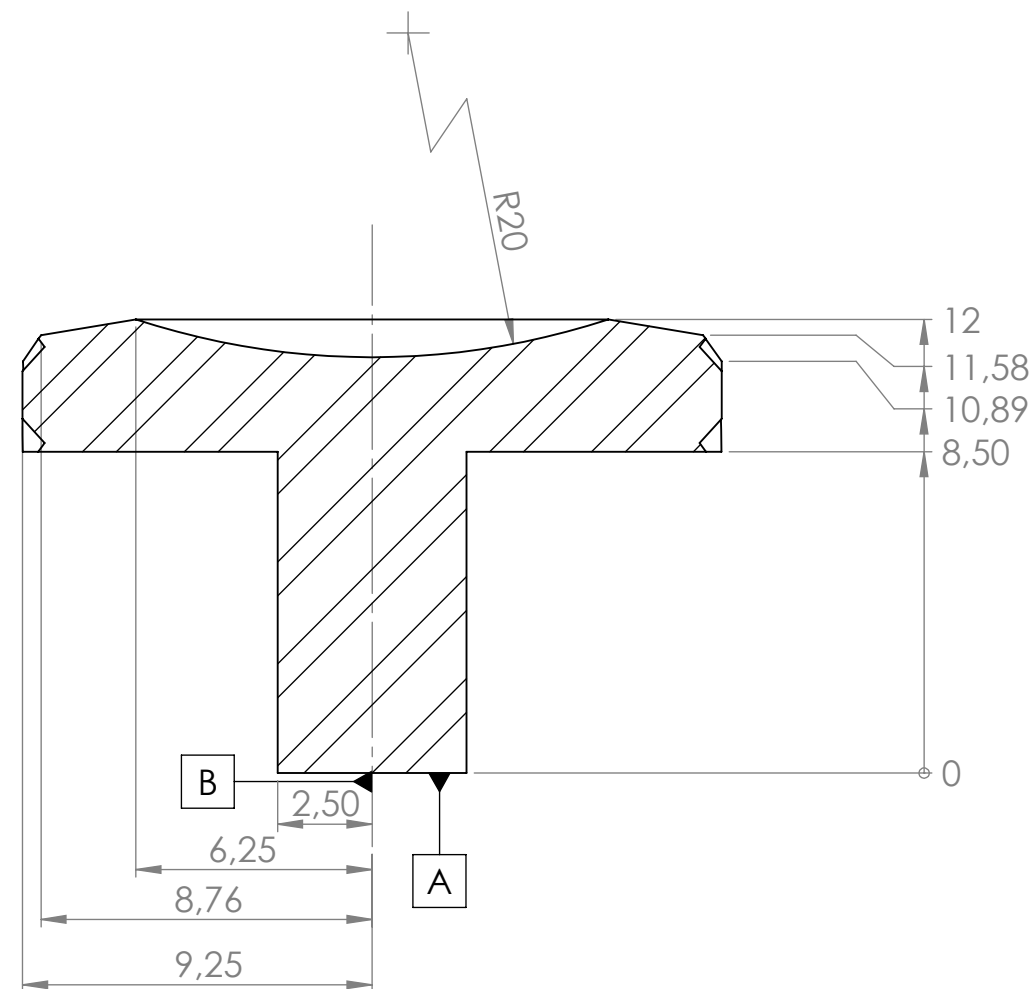
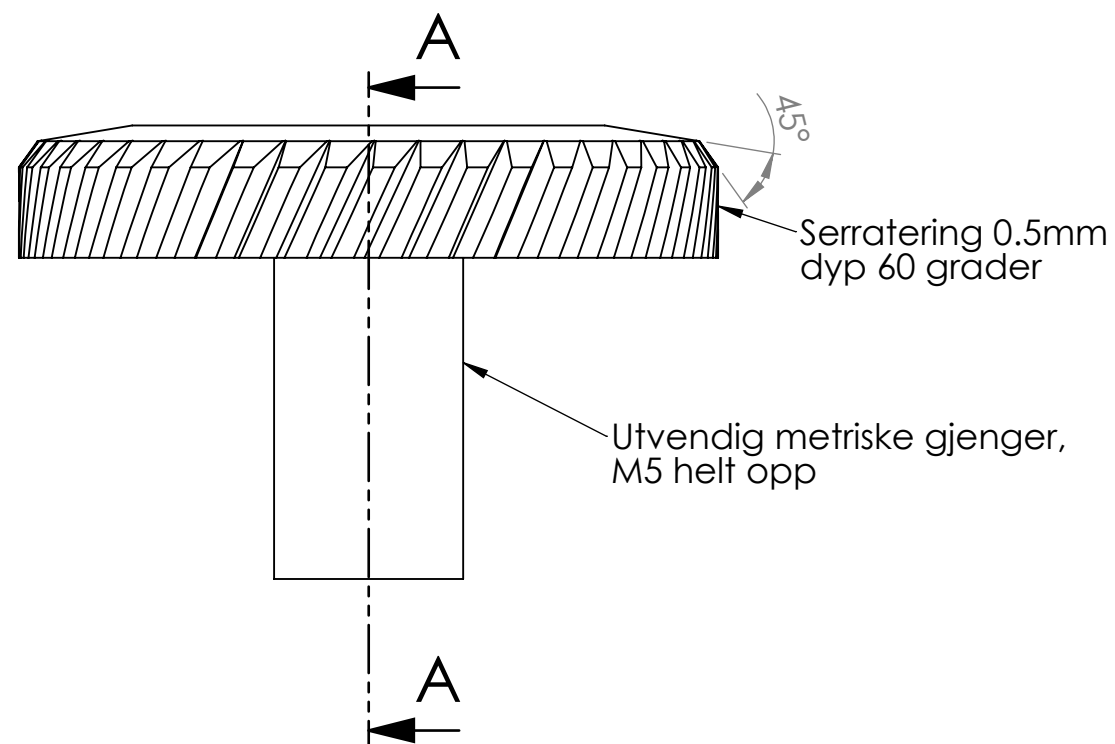


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

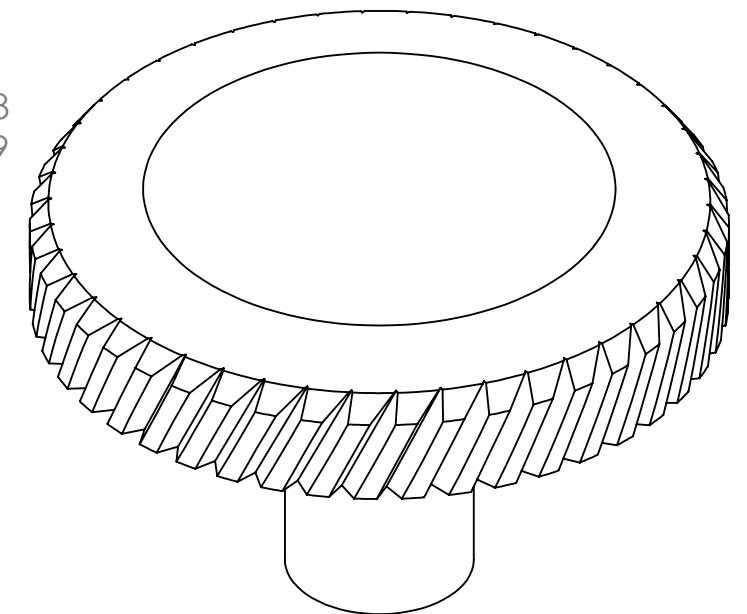
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15				
	TEGNET	H. Larsen	TITTEL:  Tegning beskyttelseslokk		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
KONTROLLERT	H. Solberg				
MATERIAL:  EN-AW 5052/ 5754 H111		DOKUMENTNAVN:  Beskyttelseslokk_tegning_prod_A0_140515			
VEKT: -		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	REVISION



	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning klips		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
	KONTROLLERT	H. Larsen			
MATERIAL: 1095 karbonstål			DOKUMENTNAVN: Klips_tegning_prod_A0_130515		A3
VEKT: -			SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	REVISION

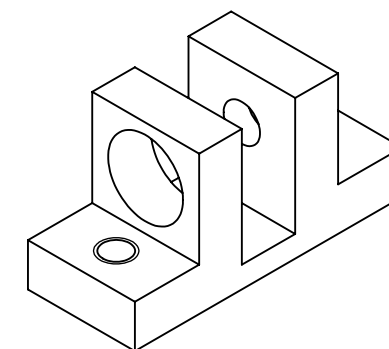
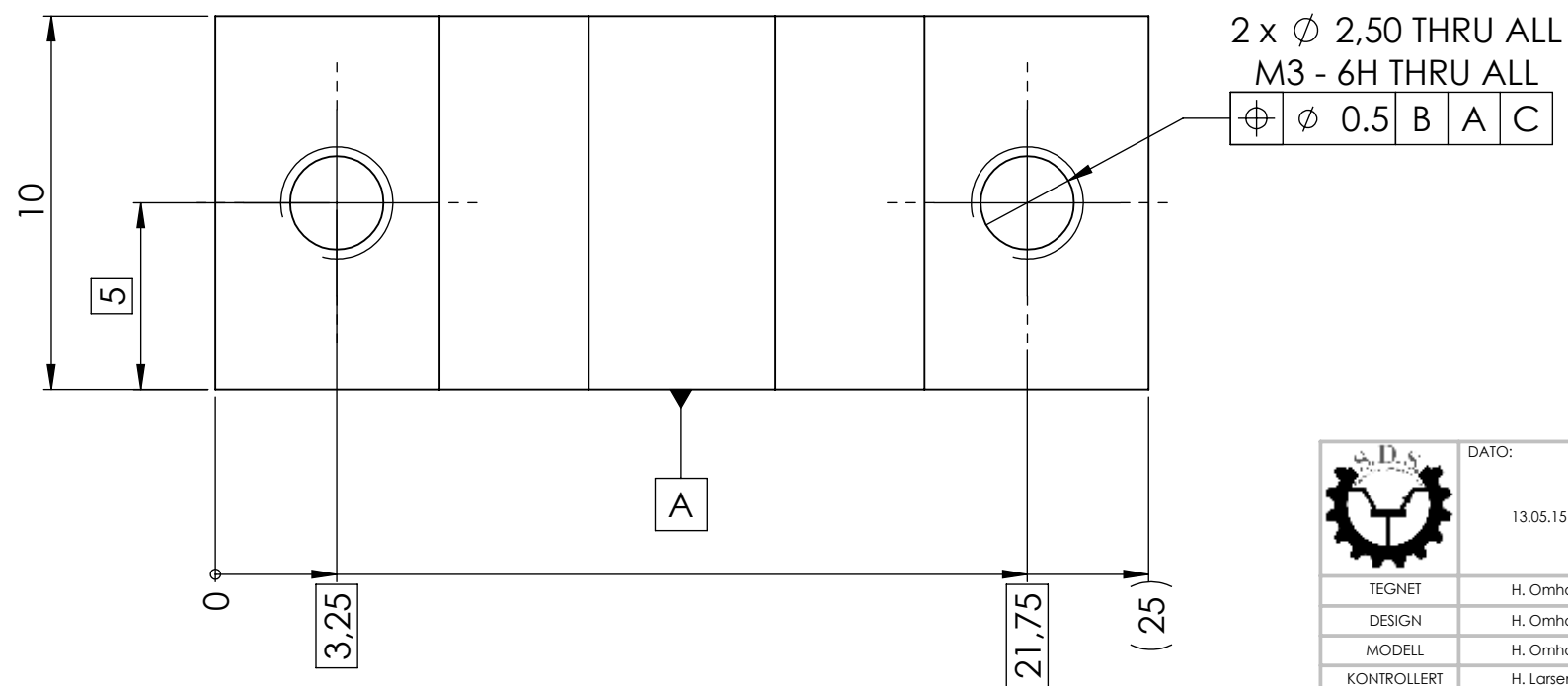
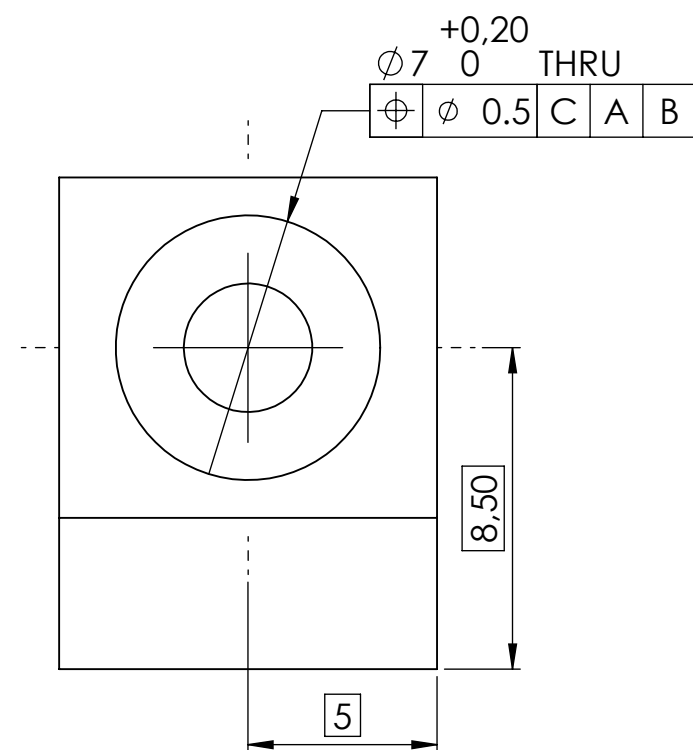
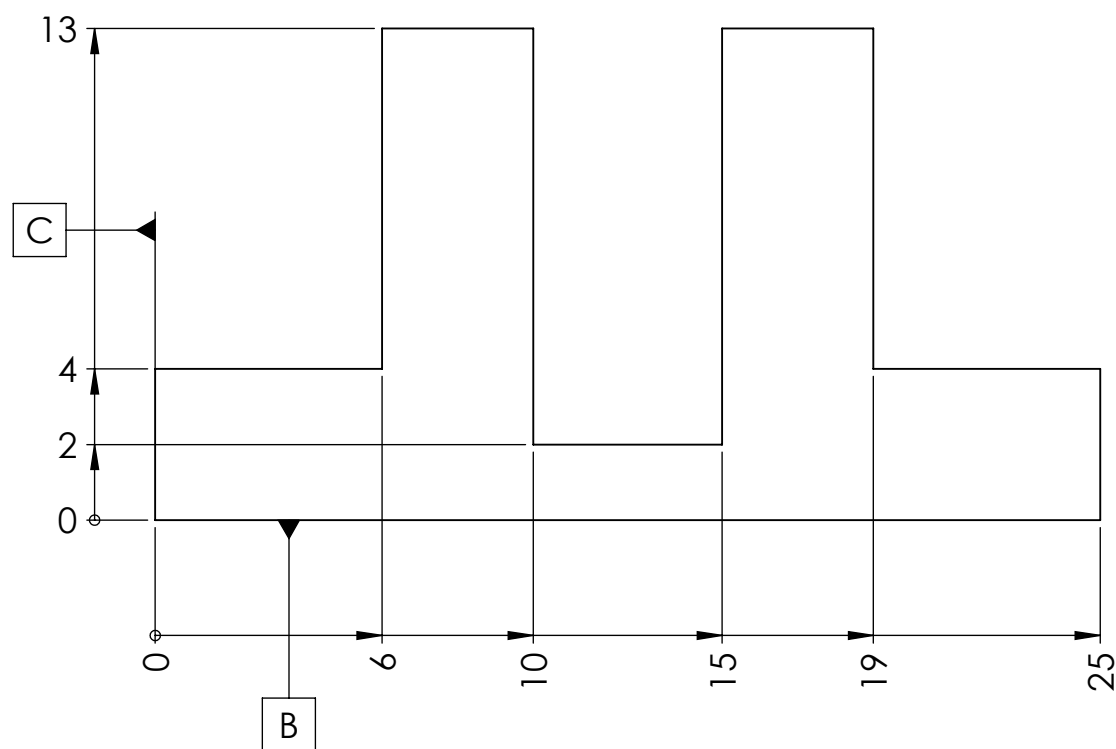
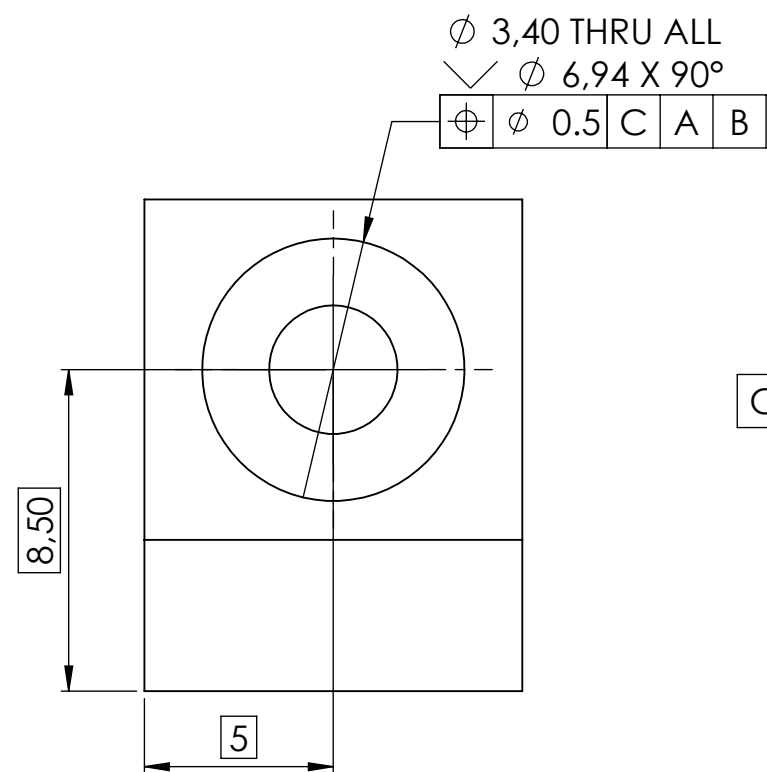


SECTION A-A



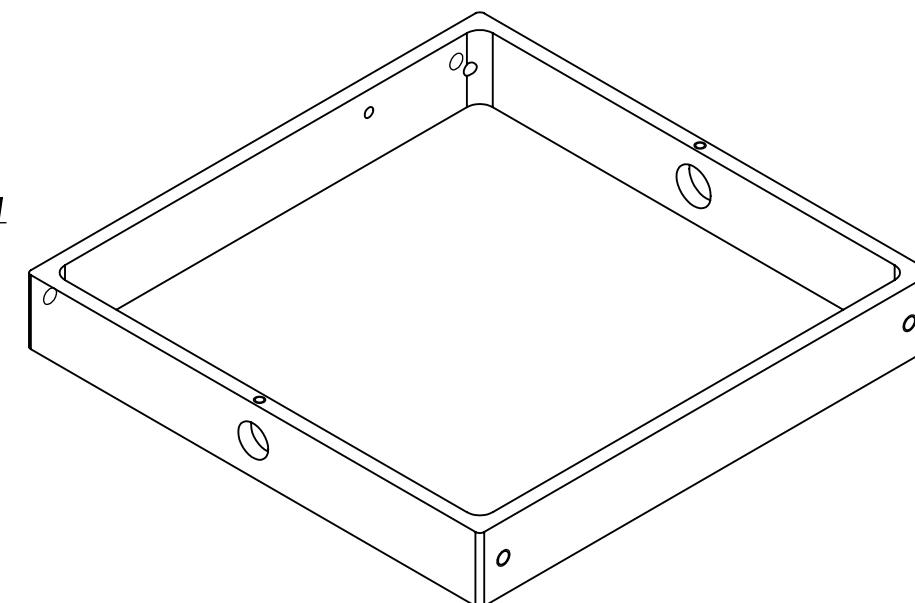
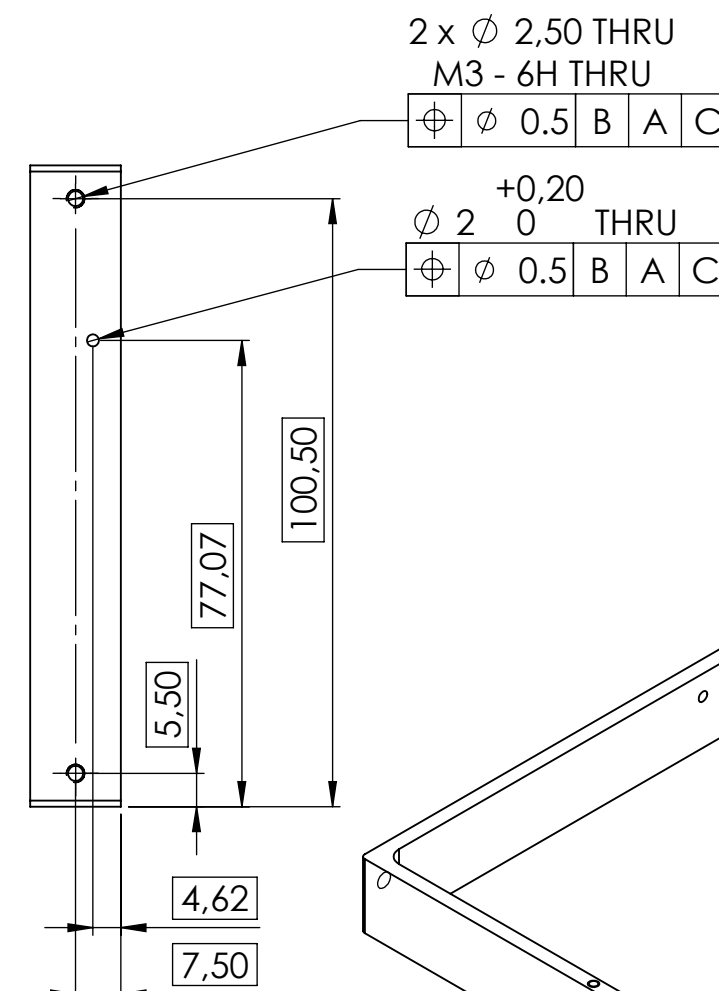
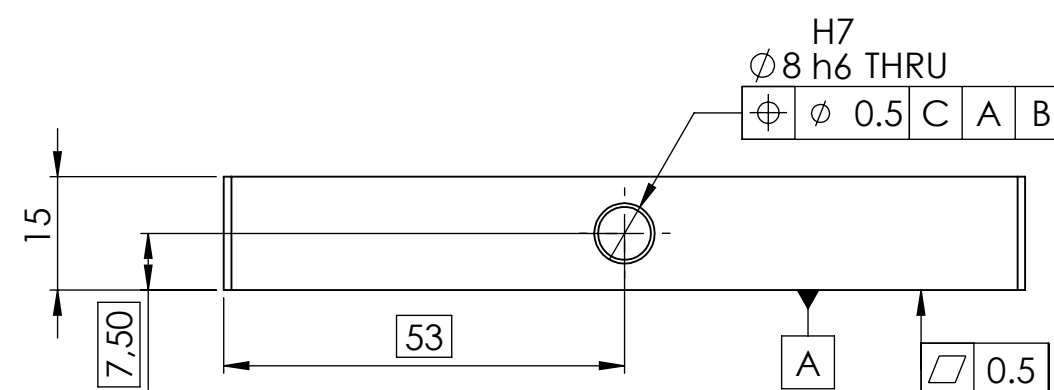
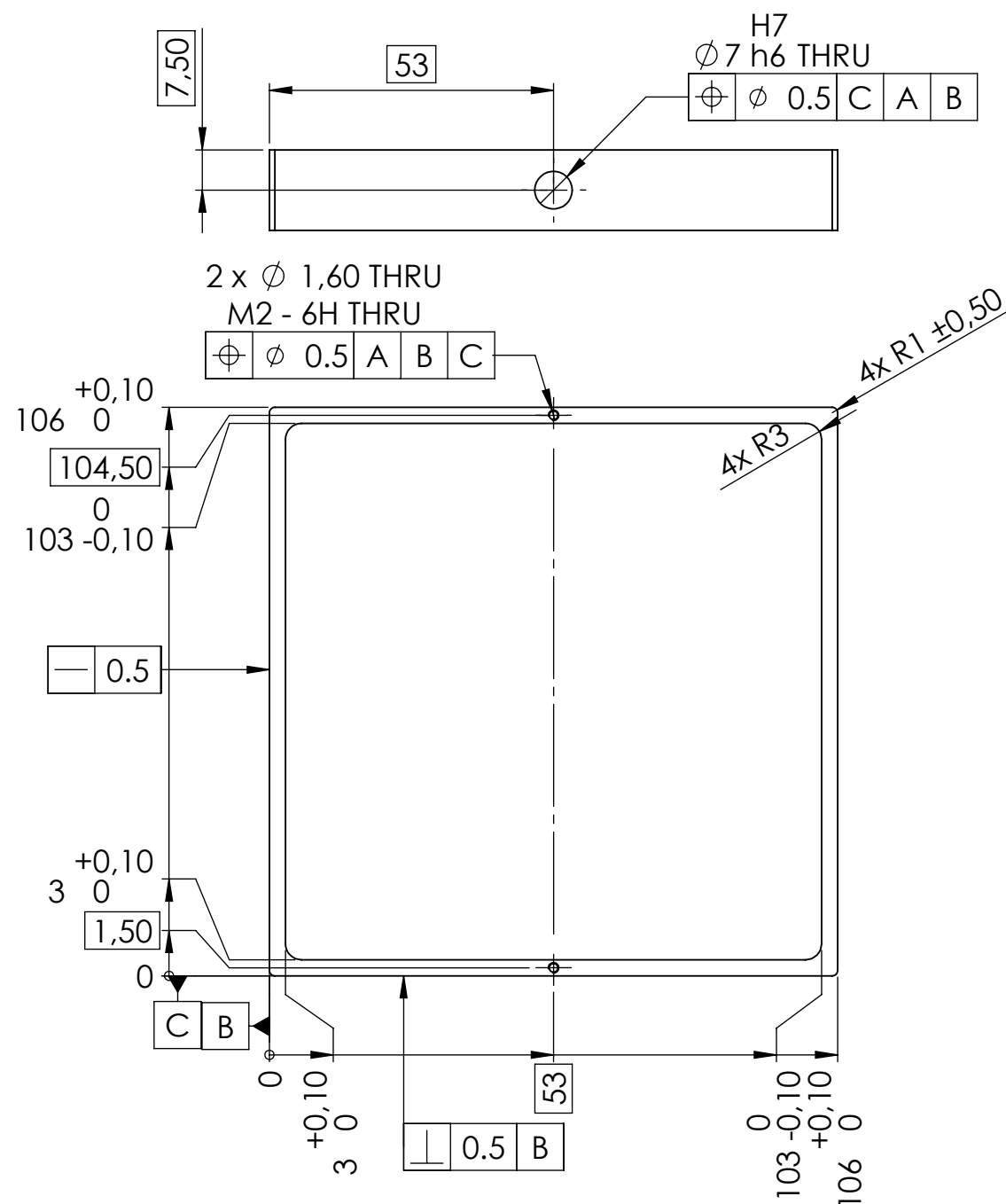
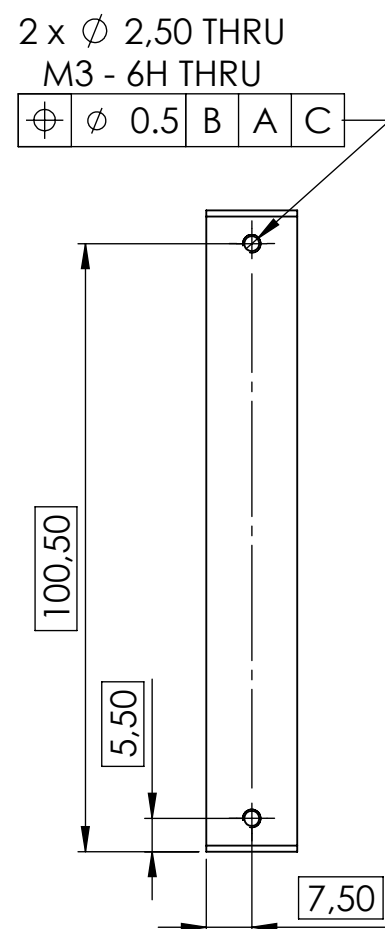
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15				
	TEGNET	H. Larsen	TITTEL:  Tegning knapp		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
KONTROLLERT	H. Solberg				
MATERIAL:  Stål: AISI 304		DOKUMENTNAVN:  Knapp_tegning_prod_A0_140515			
VEKT: -		SCALE:5:1		SHEET 1 OF 1	REVISION



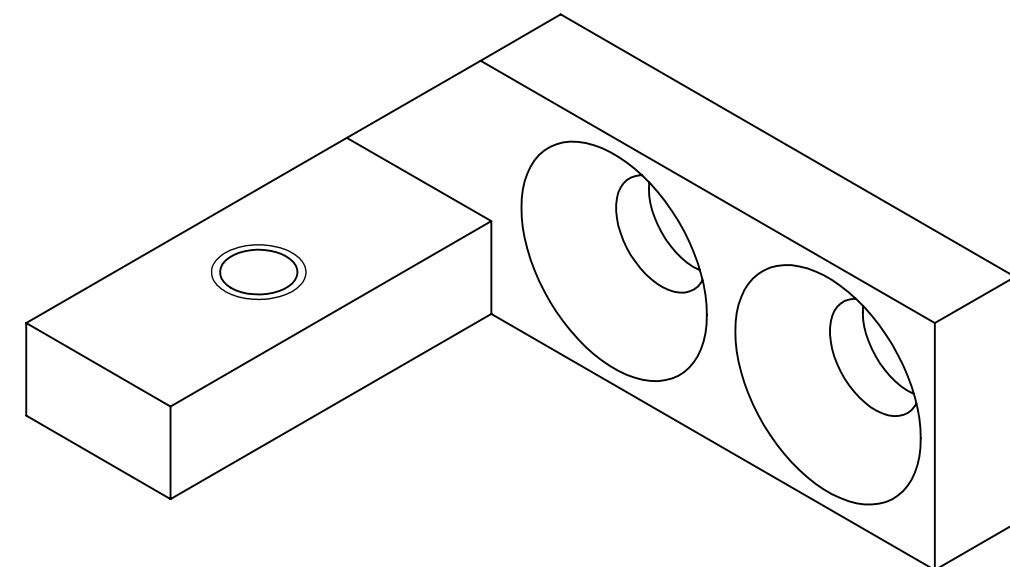
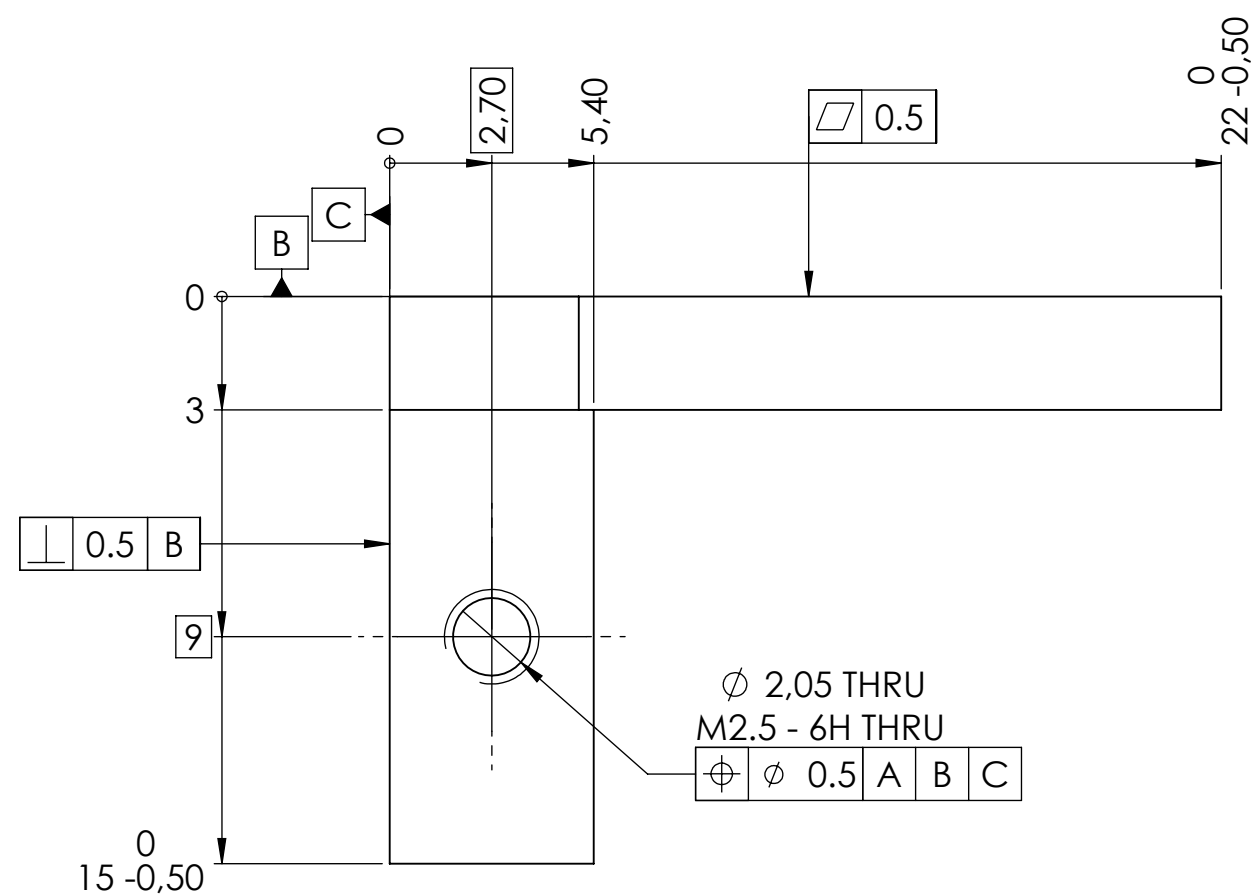
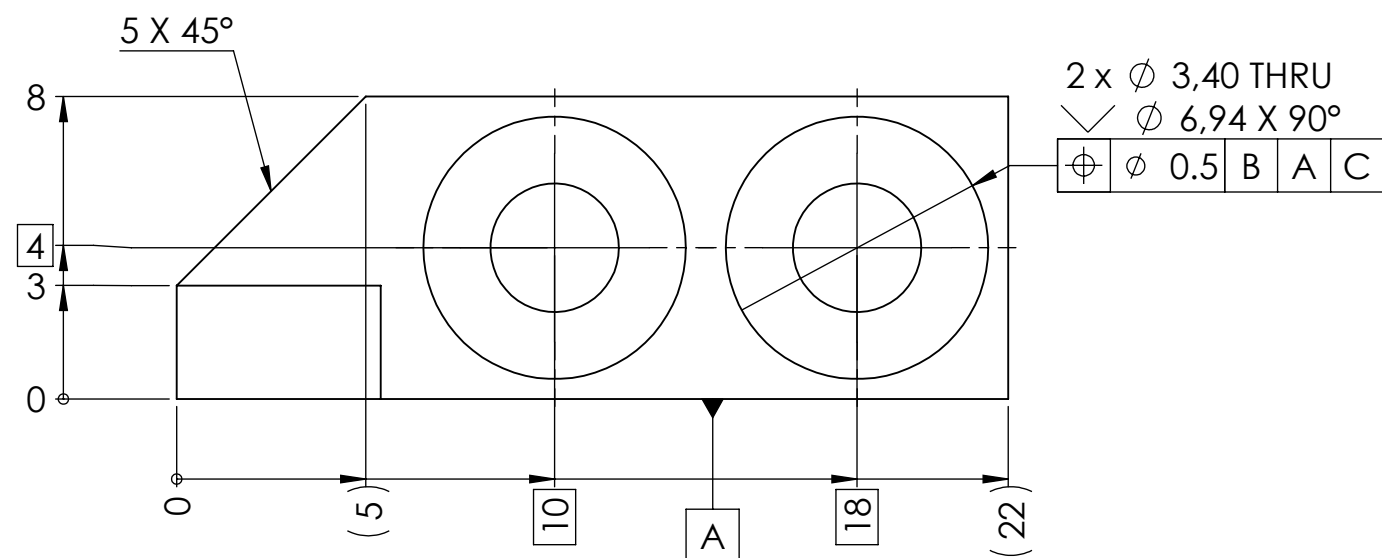
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning demperbrakett krybbe			
	DESIGN	H. Omholt				
	MODELL	H. Omholt				
	KONTROLLERT	H. Larsen				
MATERIAL:  EN-AW 5052/ 5754 H111			DOKUMENTNAVN:  Demperbrakett_krybbe_tegning_prod_A0_130515		A3	
VEKT: -			SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	REVISION



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

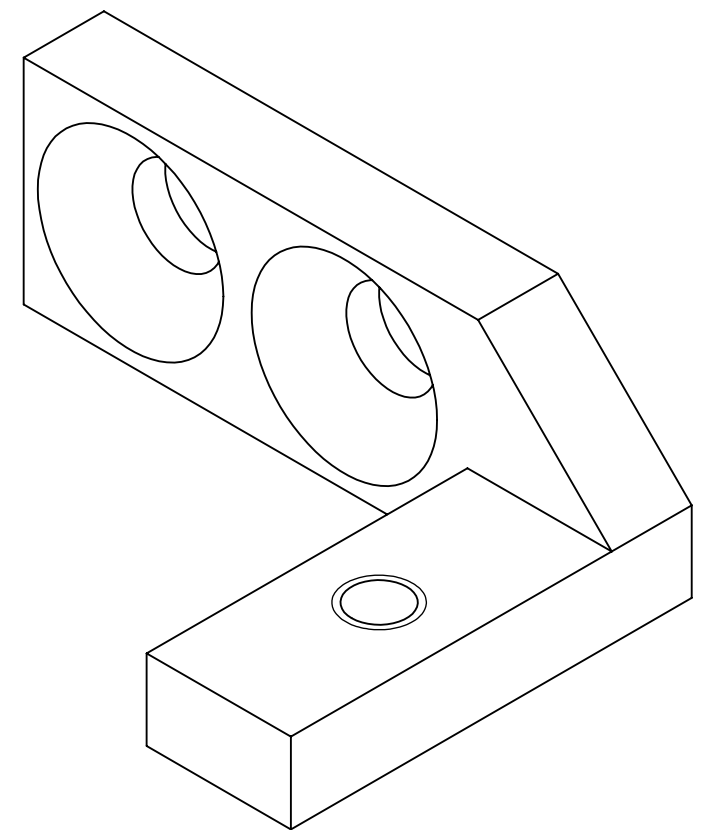
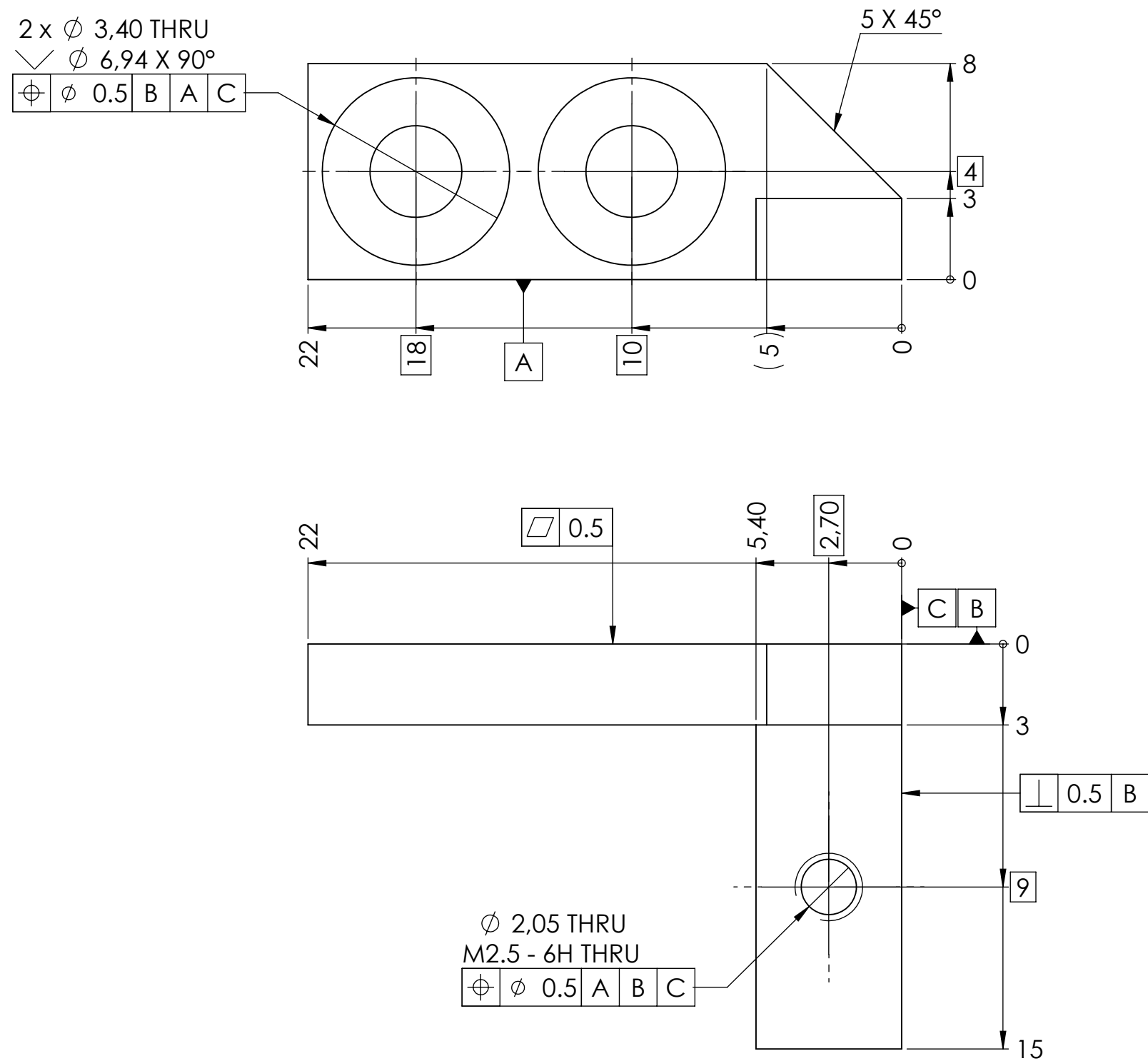
	DATO: 18.03.2015	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINJER: $\pm$ 0,5 VINKEL: $\pm$ 1° RADIUS: $\pm$ 1 OVERFLATERUHET: 3,2 $\mu$ m	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET H. Omholt	TITTEL: <b>TEGNING INDRE KRYBBE</b>		
	DESIGN H. Solberg			
	MODELL H. Solberg			
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H111		DOKUMENTNAVN: Indre_krybbe_tegning_prod_A0_130515		A3
VEKT: -		SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1	REVISION



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO: 13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: $\pm 0.2$ VINKEL: $\pm 1^\circ$ RADIUS: $\pm 0.5$ OVERFLATERUHHET: 3.2 $\mu$ m	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL: Tegning høyre krybbeålsbrakett	
	DESIGN	H. Larsen		
	MODELL	H. Larsen		
	KONTROLLERT	H. Larsen		
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H111		DOKUMENTNAVN: Krybbeåls_brakett_høyre_tegning_prod_A0_130515		A3
VEKT: -		SCALE:5:1	SHEET 1 OF 1	REVISION

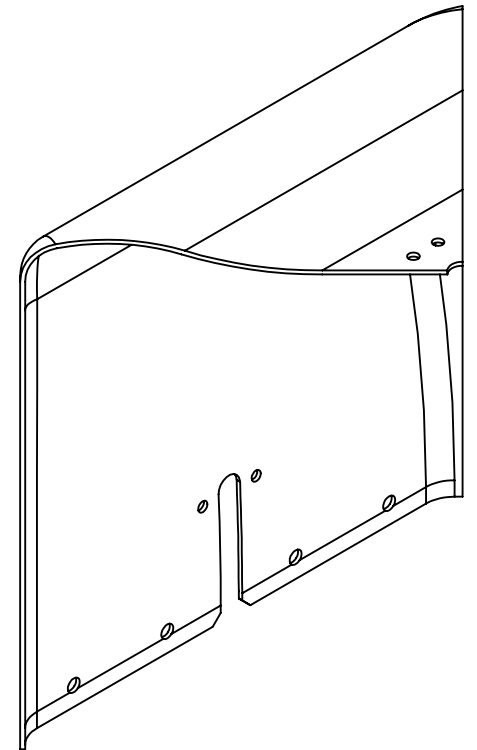
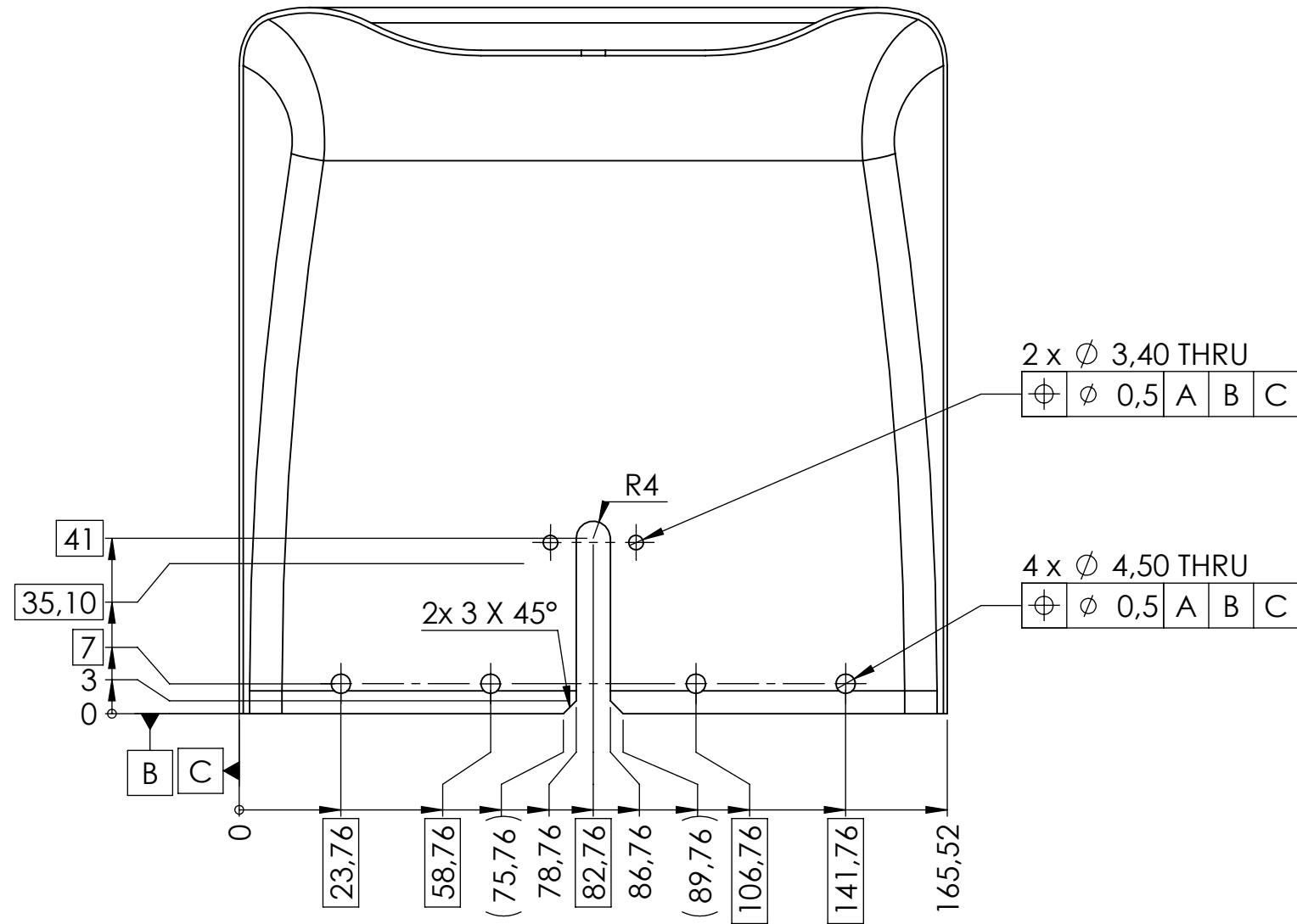
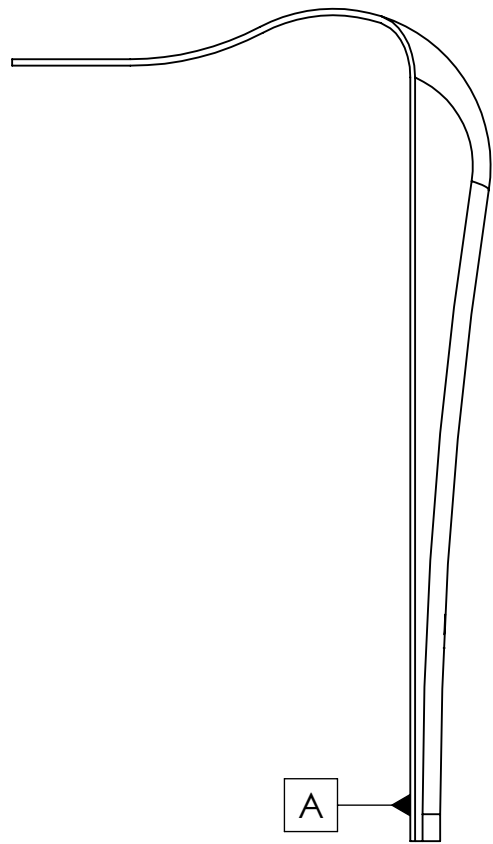




**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

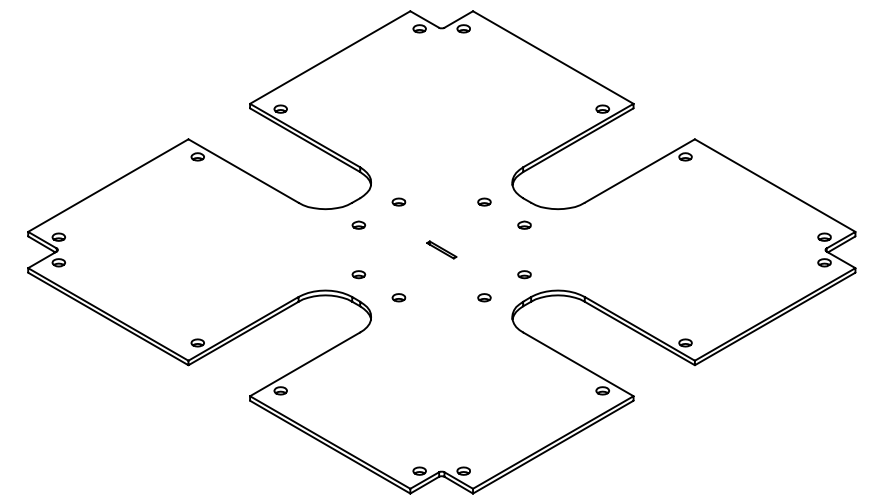
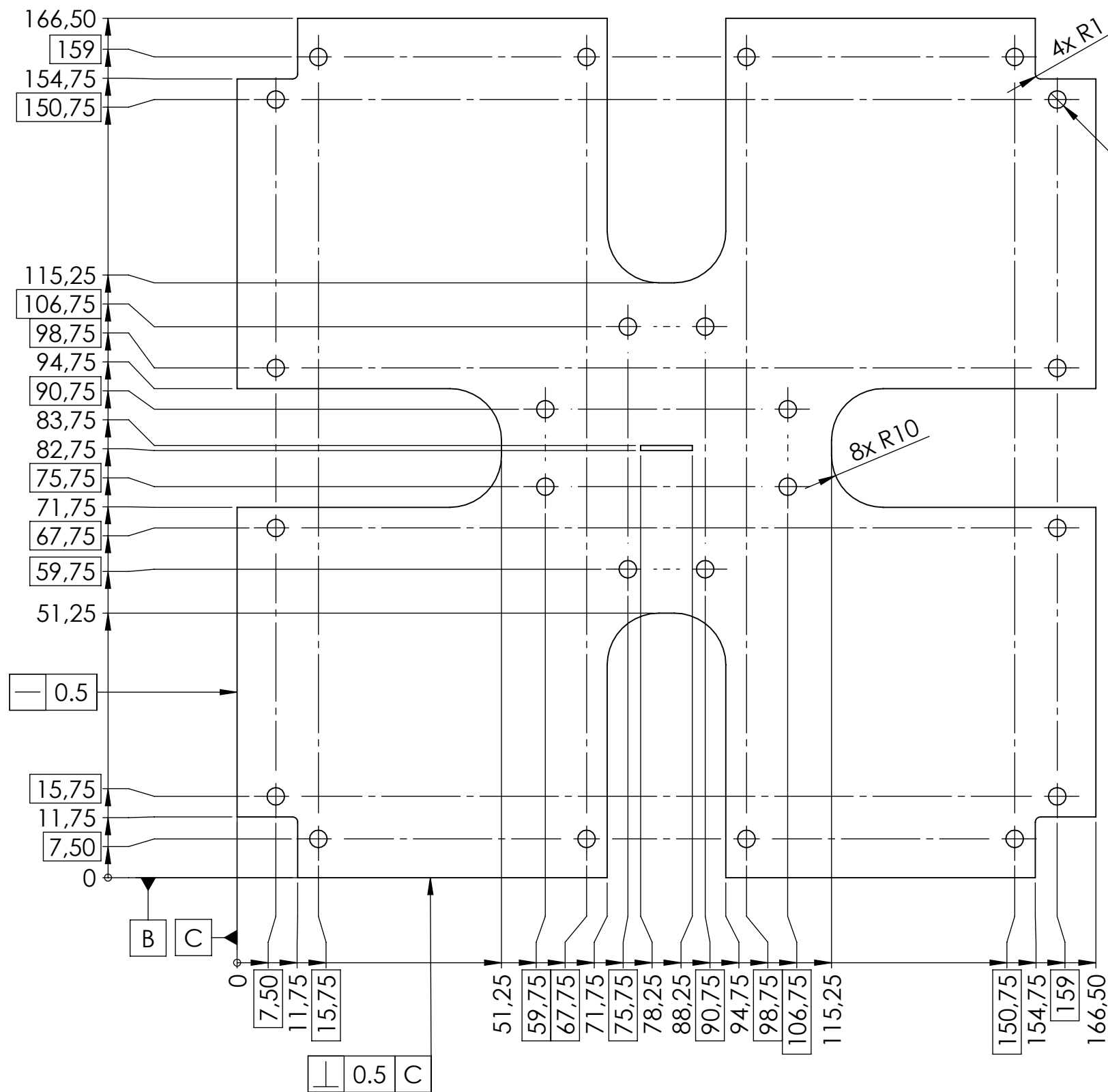
	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning venstre krybbelåsbrakett		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
	KONTROLLERT	H. Larsen			
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:		A3	
EN- AW 5052/ 5754 H111		Krybbelås_brakett_venstre_tegning_prod_A0_130515			
VEKT: -		SCALE:5:1		SHEET 1 OF 1	REVISION





**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

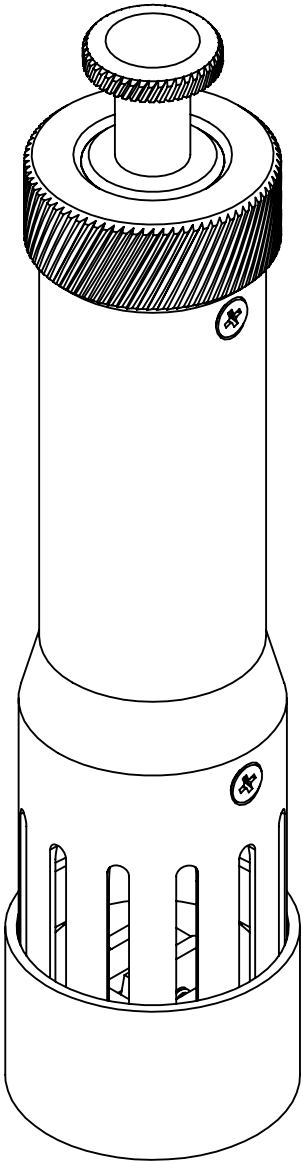
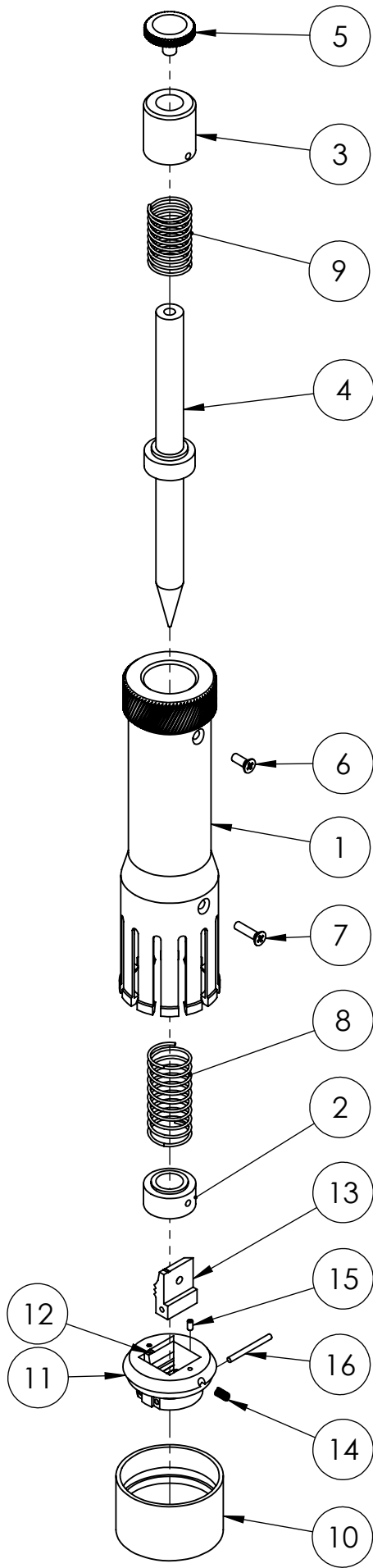
	DATO: 13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET H. Omholt	TITTEL: Tegning sidevegg		
	DESIGN H. Larsen			
	MODELL H. Larsen			
KONTROLLERT H. Larsen				
MATERIAL: Karbonfiber		DOKUMENTNAVN: Sidevegg_tegning_prod_A0_130515		A3
VEKT: -		SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	REVISION



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

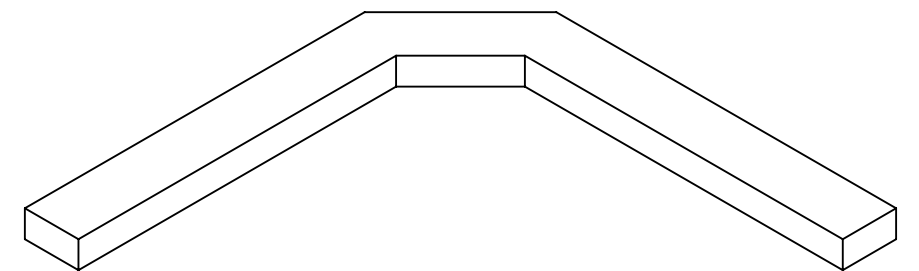
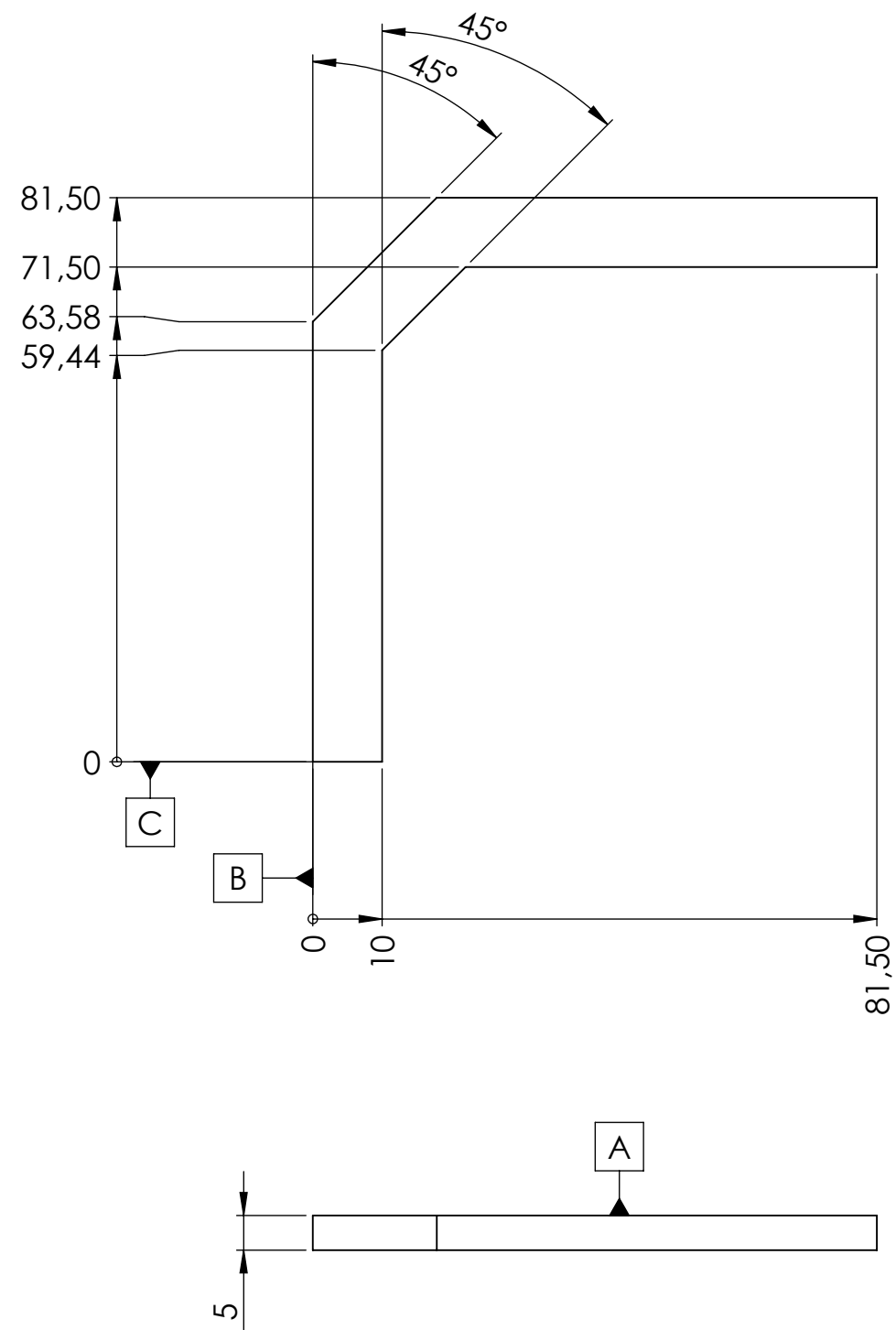
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: +0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	25.03.15			-	
	TEGNET	H. Omholt			
	DESIGN	H. Omholt			
	MODELL	H. Omholt			
KONTROLLERT	H. Solberg				
TITTEL:		Tegning Topplate			
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			A3
Karbonfiber		Topplate_Tegning_prod_A0_250315			
VEKT:		SCALE: 1:2		SHEET 1 OF 1	REVISION

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Utløserhåndtak_modell _prod_A0_140515	1
2	Nedre låseskive_mode ll_prod_A0_140515	1
3	Øvre låseskive_modell _prod_A0_140515	1
4	Utløserpinne_modell_p rod_A0_140515	1
5	Knapp_modell_prod_A 0_140515	1
6	ISO 7046-1 - M3 x 8 - Z - -- 8N	1
7	ISO 7046-1 - M3 x 12 - Z --- 12N	1
8	Nedre fjær	1
9	Øvre fjær	1
10	Beskyttelseslokk_model l_prod_A0_140515	1
11	Låsekrone_modell_pro d_A0_280415	1
12	Låsekjeft_venstre_mod ell_prod_A0_280415	1
13	Låsekjeft_høyre_model l_prod_A0_280415	1
14	fjær_kjeft_modell_char lie_A0_290415	2
15	DIN 916 - M2 x 4-N	2
16	Pinne_modell_prod_A0 _290415	2



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

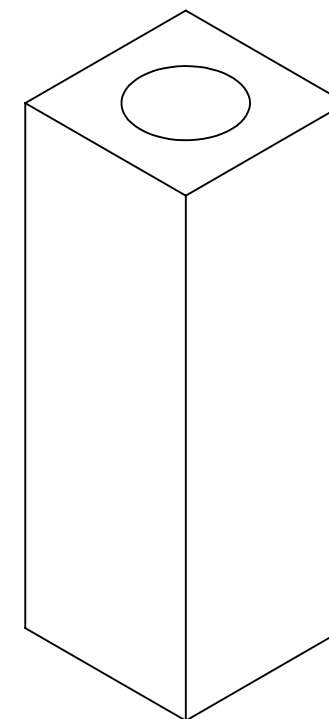
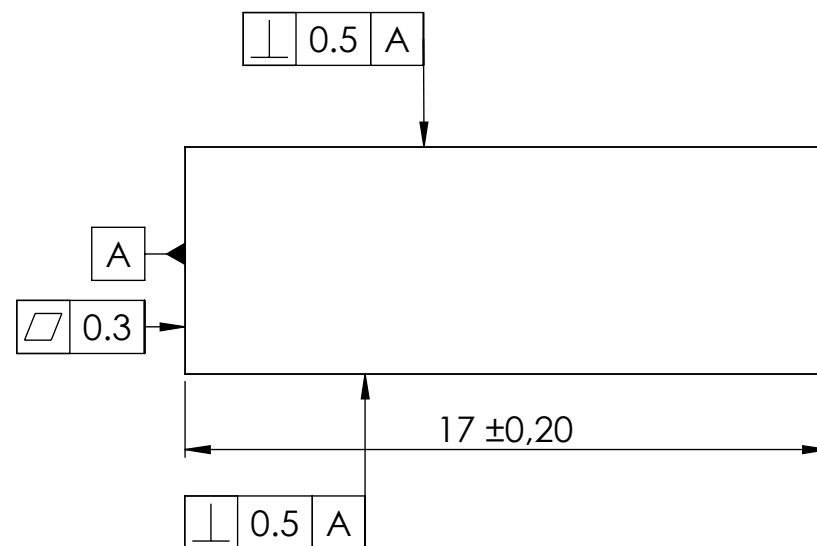
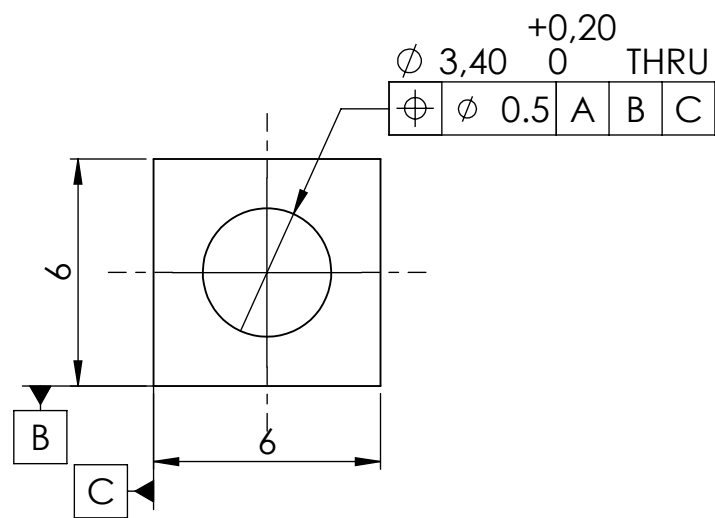
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHEIT: 3.2µm			OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15					
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning sammenstilling produksjonsmodell			
	DESIGN	H. Larsen				
	MODELL	H. Larsen				
KONTROLLERT	H. Larsen					
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:  Utløser_tegning_prod_A0_140515				A3
VEKT: -		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	REVISION	




**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

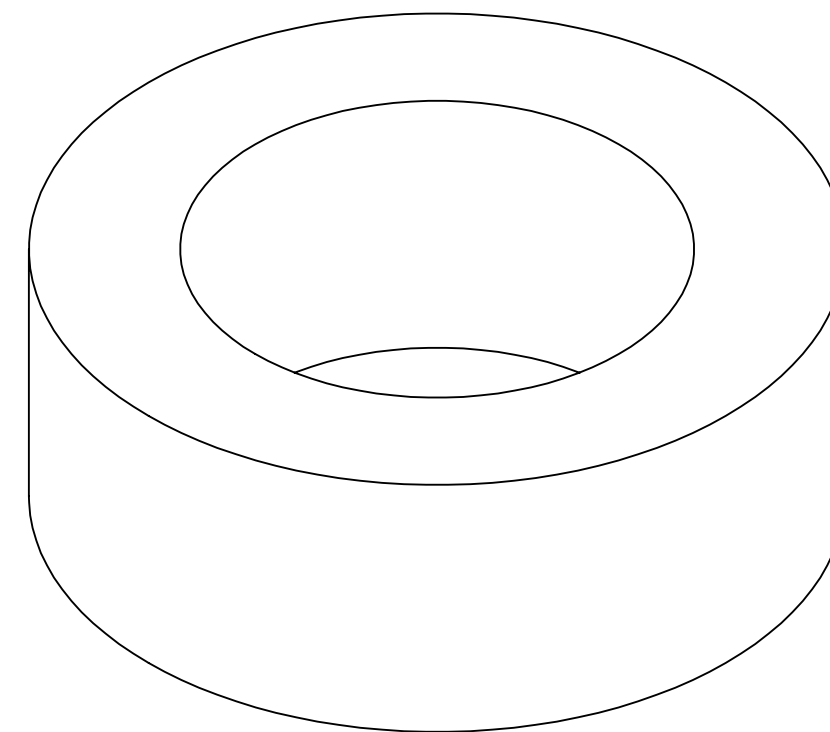
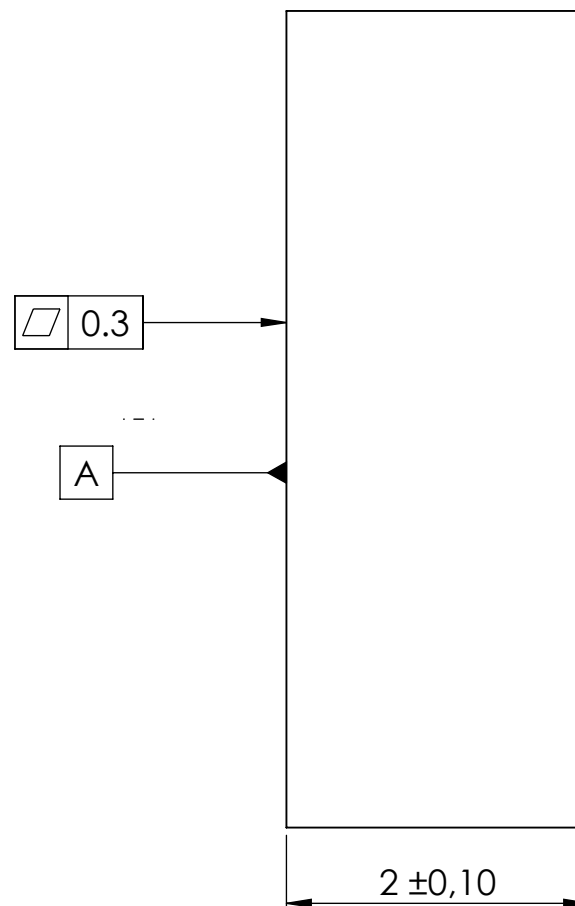
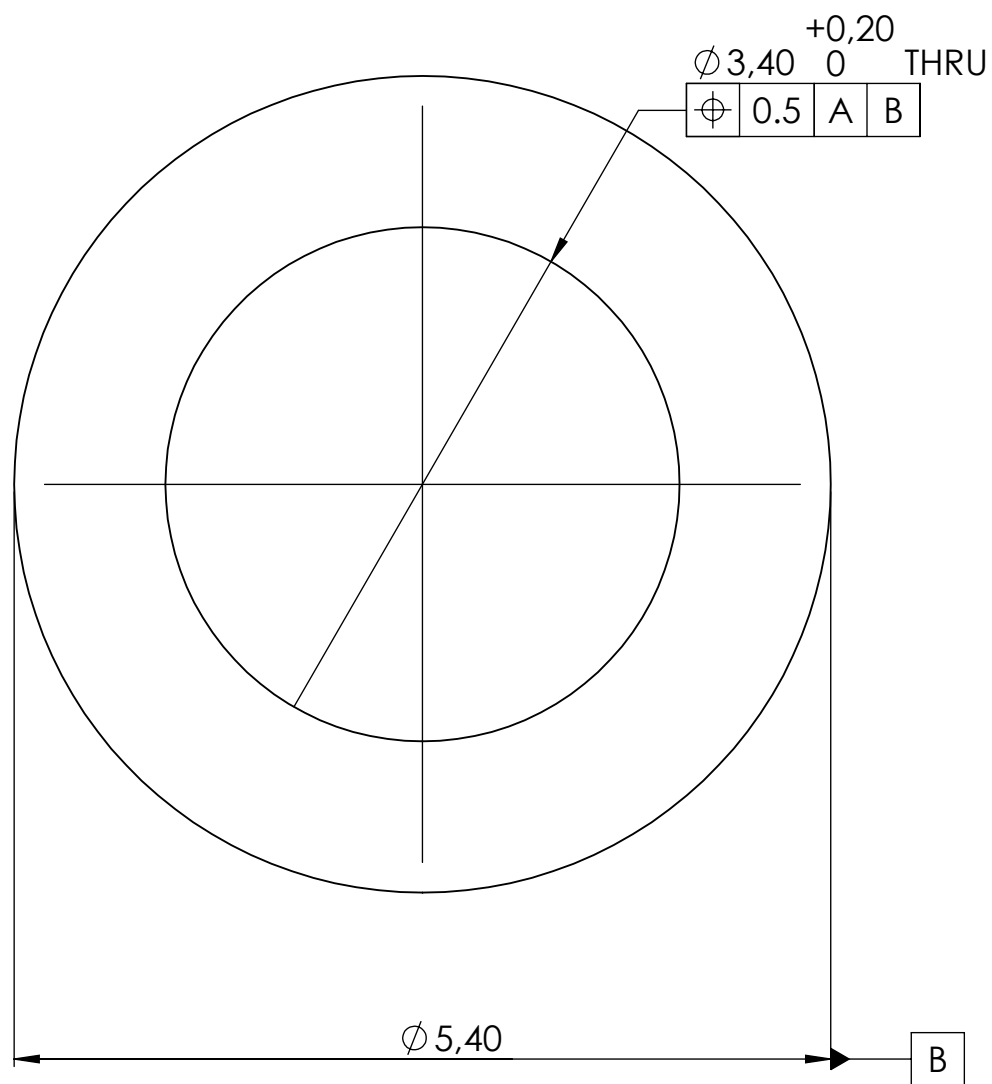
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: ±0.5 VINKEL: ±1 RADIUS: - OVERFLATERUHUET: -		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	14.04.2015				
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning Skumgummimatte		
	DESIGN	H. Omholt			
	MODELL	H. Omholt			
KONTROLLERT	H. Solberg				
MATERIAL:  Skumgummi		DOKUMENTNAVN:  Skumgummimatte_Tegning_prod_A0_140415			A3
VEKT: -		SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1	REVISION

A3




**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

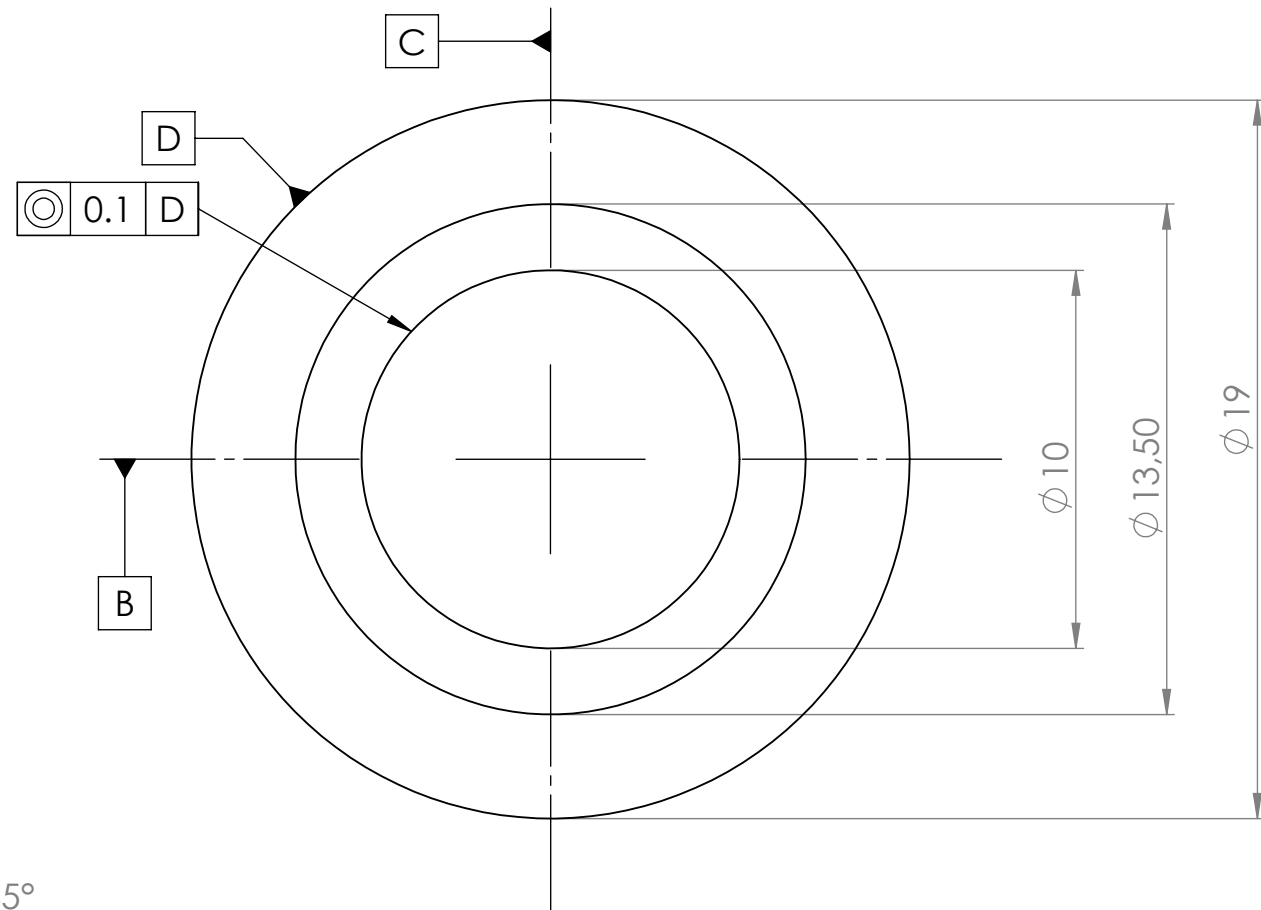
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15			
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning spacer	
	DESIGN	H. Larsen		
	MODELL	H. Larsen		
KONTROLLERT	H. Larsen			
MATERIAL: POM ACETAL POLYMER		DOKUMENTNAVN: Spacer_Tegning_prod_A0_210415		A3
VEKT: -		SCALE:5:1	SHEET 1 OF 1	REVISION



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15				
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning spacer akselerometer		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
KONTROLLERT	H. Larsen				
MATERIAL:  Messing		DOKUMENTNAVN:  spacer_akselerometer_tegning_prod_A0_130515			A3
VEKT: -		SCALE:20:1		SHEET 1 OF 1	





1 X 45°

22

21

3

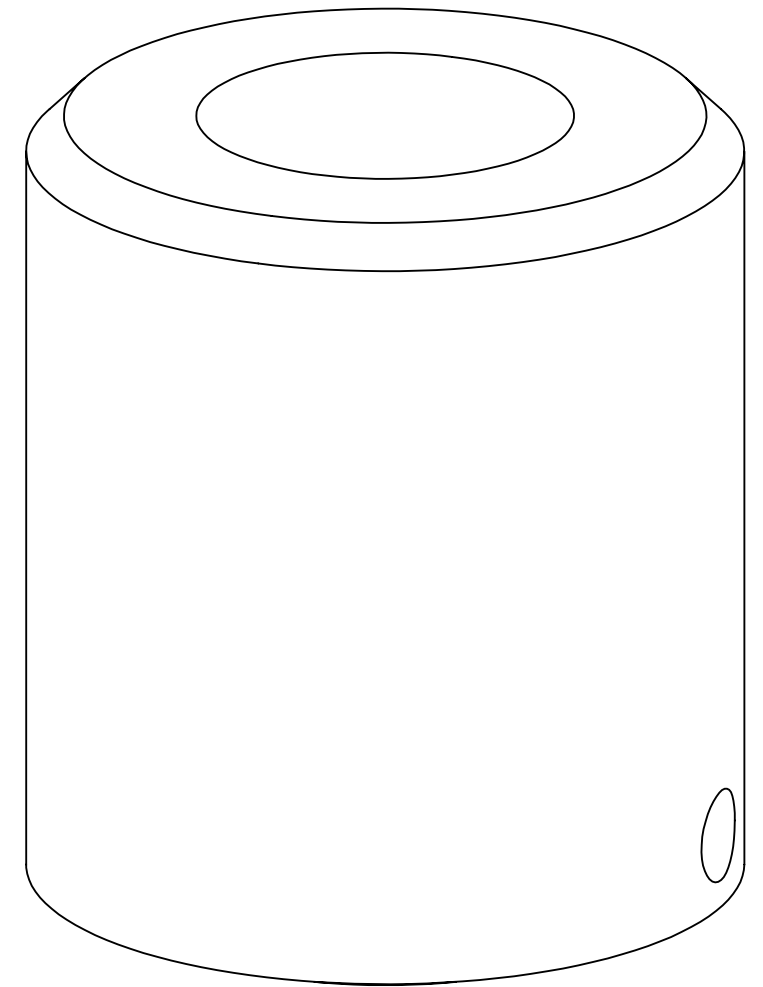
1

0

Ø 2,50 ∇ 8,50

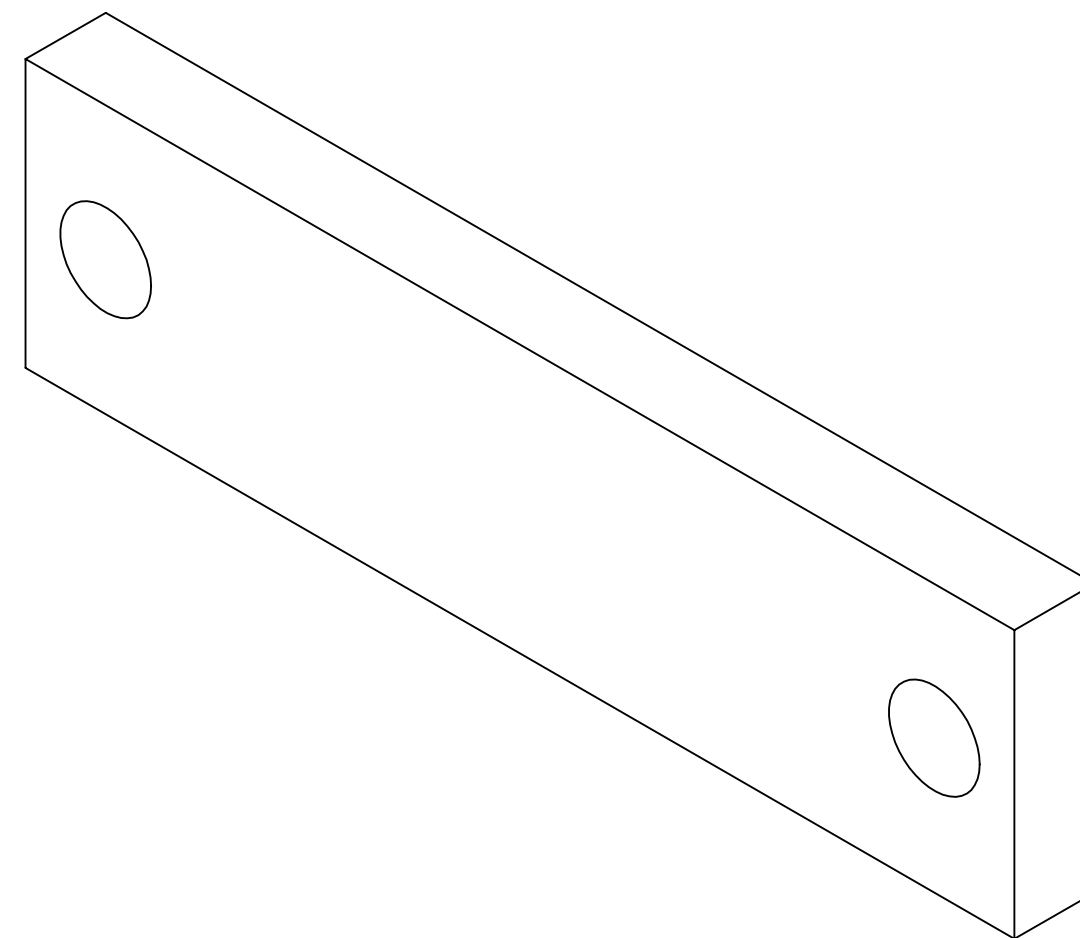
M3 - 6H ∇ 6

⊕ Ø 0.5 B A C

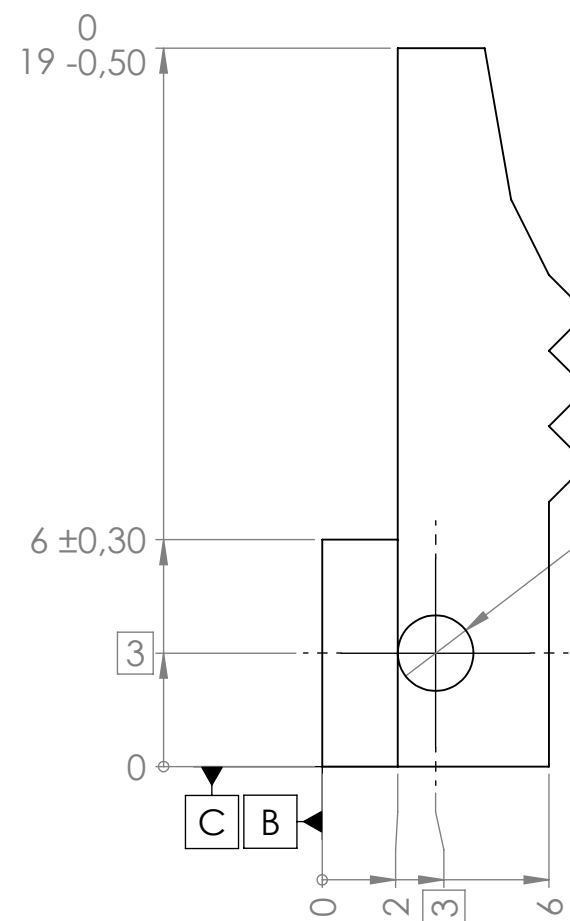
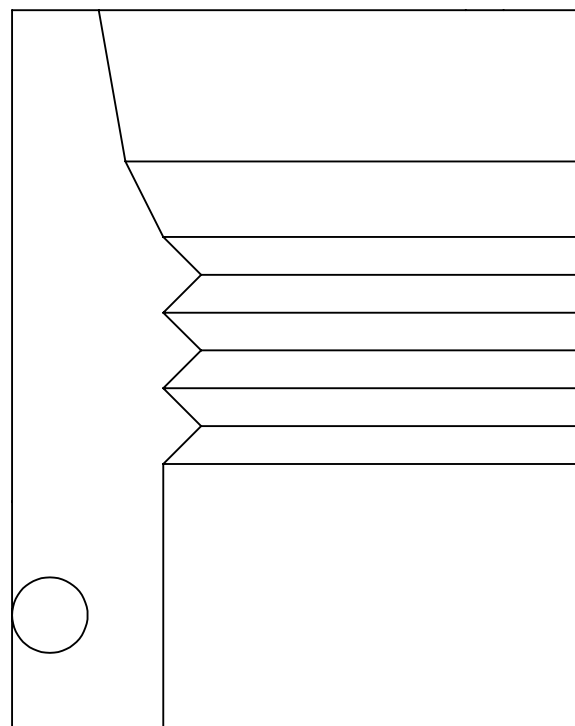
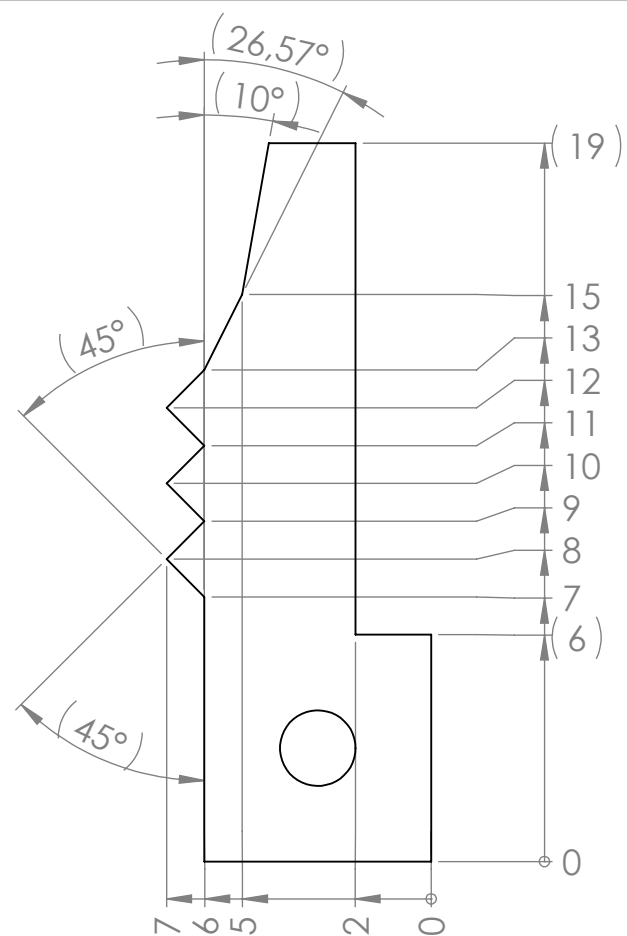


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

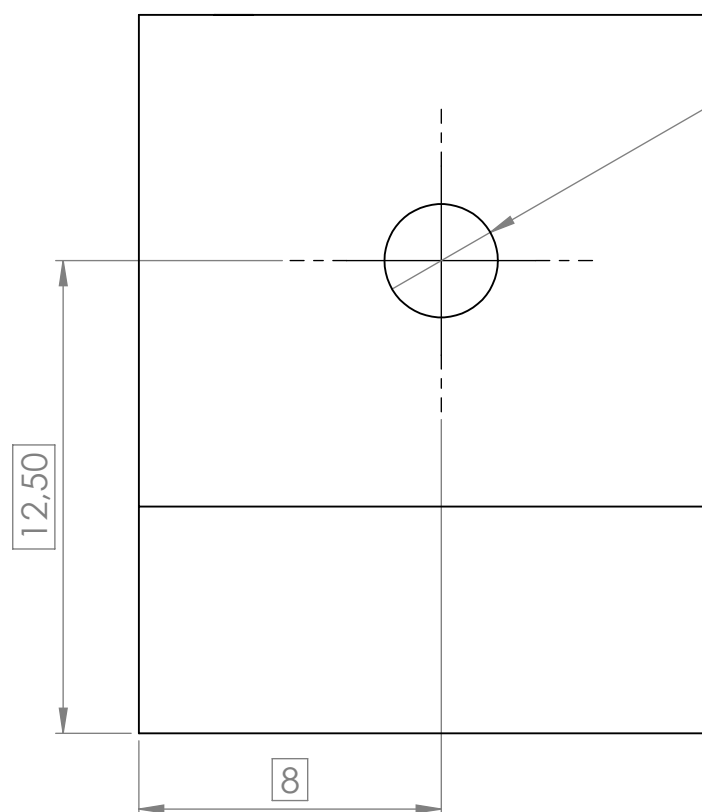
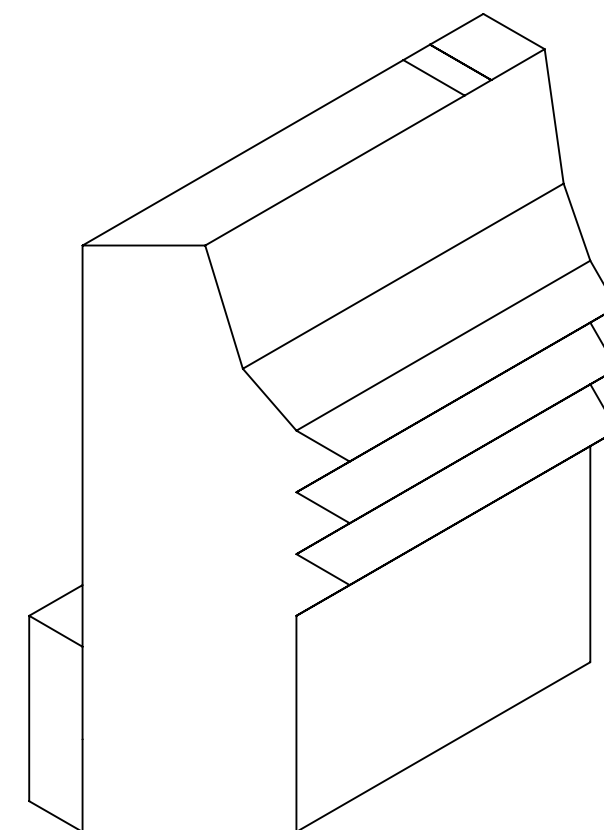
	DATO: 13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET H. Larsen	TITTEL: Tegning øvre låseskive		
	DESIGN H. Larsen			
	MODELL H. Larsen			
KONTROLLERT H. Solberg	MATERIAL: Stål: AISI 304	DOKUMENTNAVN: Øvre_låseskive_tegning_prod_B_140515		
VEKT: -	SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	REVISION	



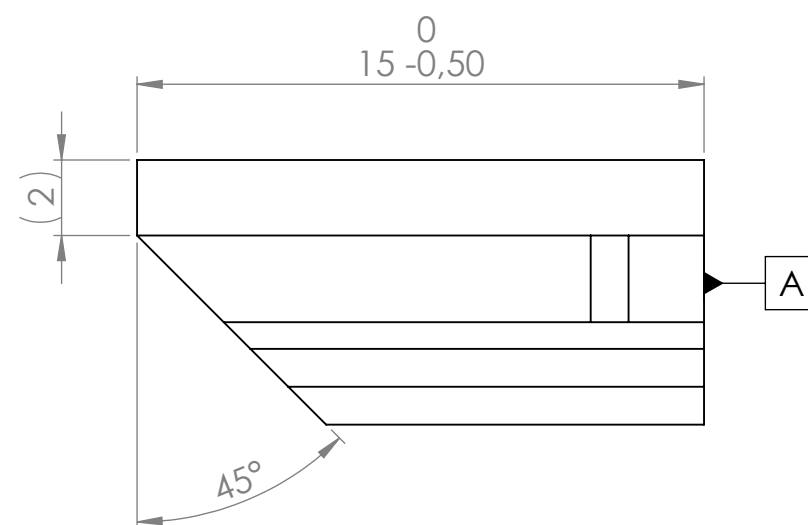
	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: $\pm 0.2$ VINKEL: $\pm 1^\circ$ RADIUS: $\pm 0.5$ OVERFLATERUHT: $3.2\mu m$	OVERFLATEFINISH:	-	KNEKK ALLE SKARP KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:	Tegning Lokk		
	DESIGN	H. Omholt				
	MODELL	H. Omholt				
KONTROLLERT	H. Larsen					
MATERIAL:			DOKUMENTNAVN:			A3
POM ACETAL POLYMER			Lokk_tegning_prod_A0_140515			
VEKT: -			SCALE:5:1	SHEET 1 OF 1	REVISION	



Ø 2 ±0,20 THRU  
Ø 0.5 A B C




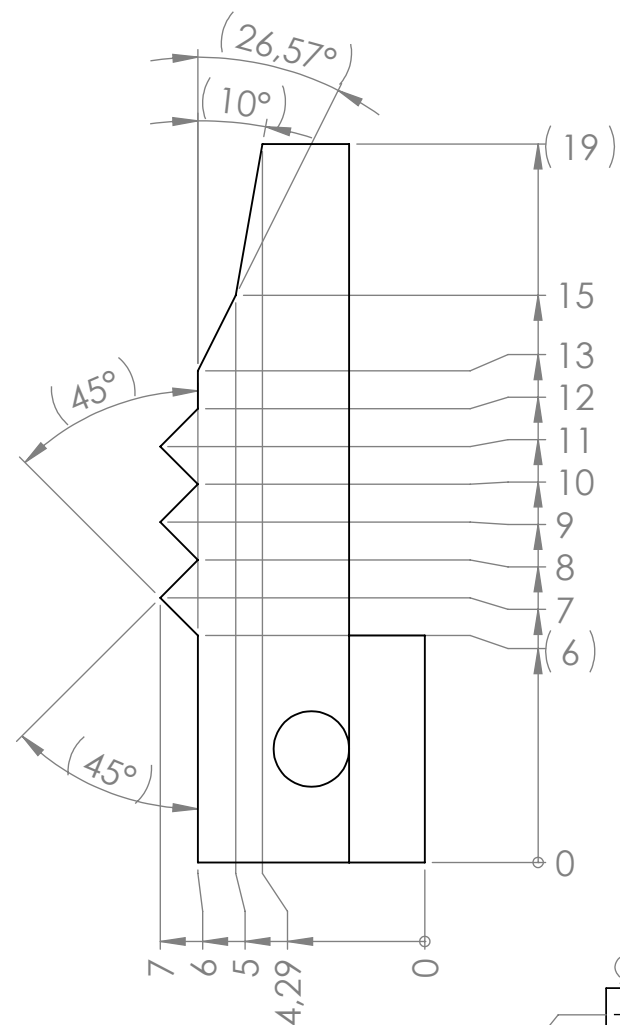
+0,40 +0,50  
Ø 3 0 2 0  
Ø 0.5 B A C



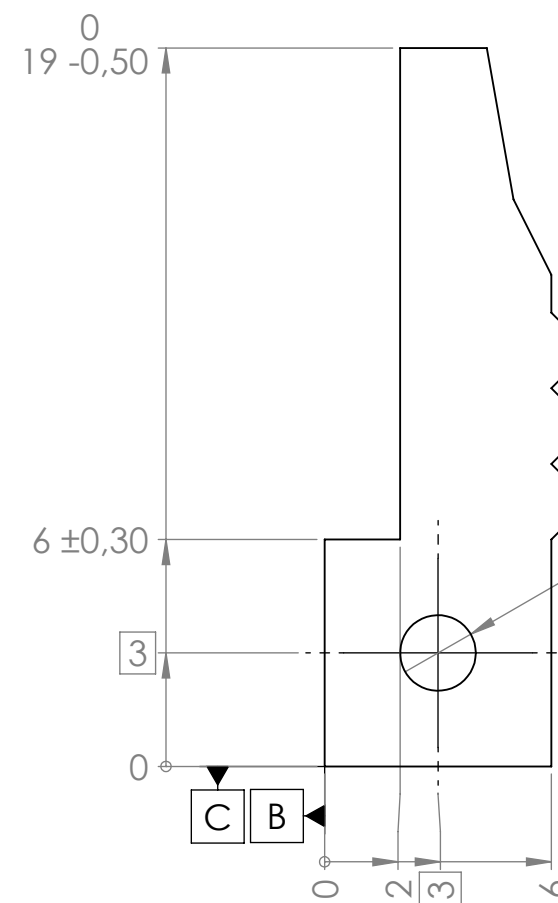
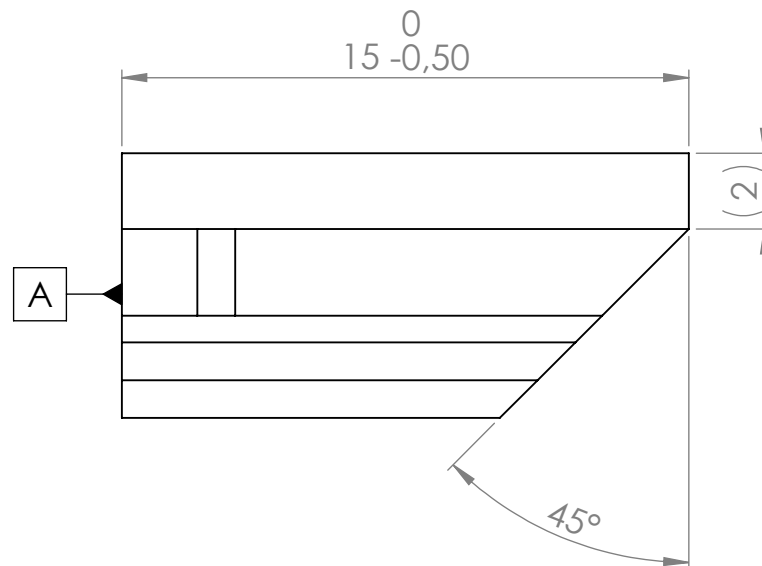
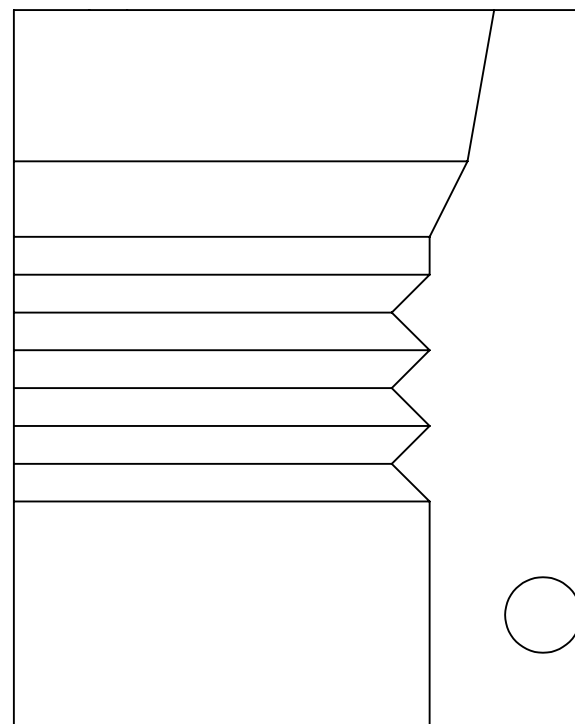
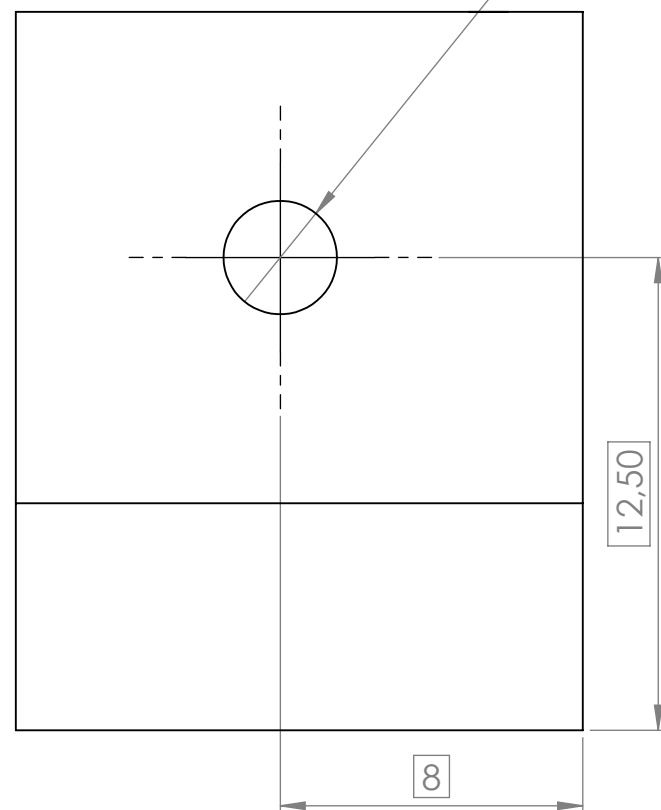
A

**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

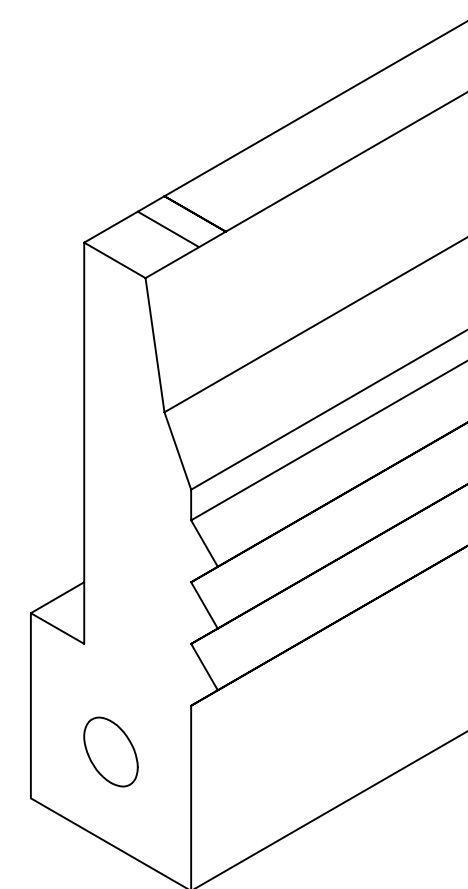
	DATE:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0,5 VINKEL: ±1° RADIUS: ±1 OVERFLATERUHEIT: 3,2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	28.04.2015				
	TEGNET	H. Larsen	TITTEL:  Tegning høyre låsekjeft		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
KONTROLLERT	H. Omholt				
MATERIAL:  EN 1.4301- AISI 304 No1		DOKUMENTNAVN:  Låsekjeft_høyre_Tegning_prod_A0_280415			A3
VEKT: -		SCALE:5:1		SHEET 1 OF 1	



$\phi 3$   $+0,40$   $+0,50$   
 $\phi 0.5$  B A C



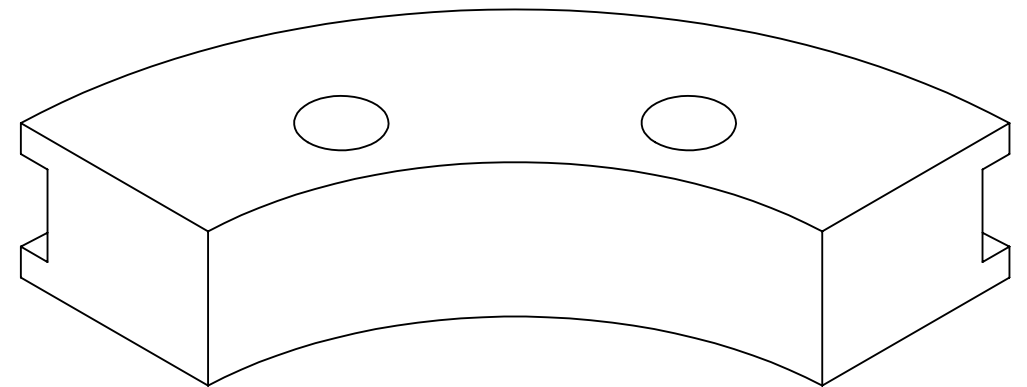
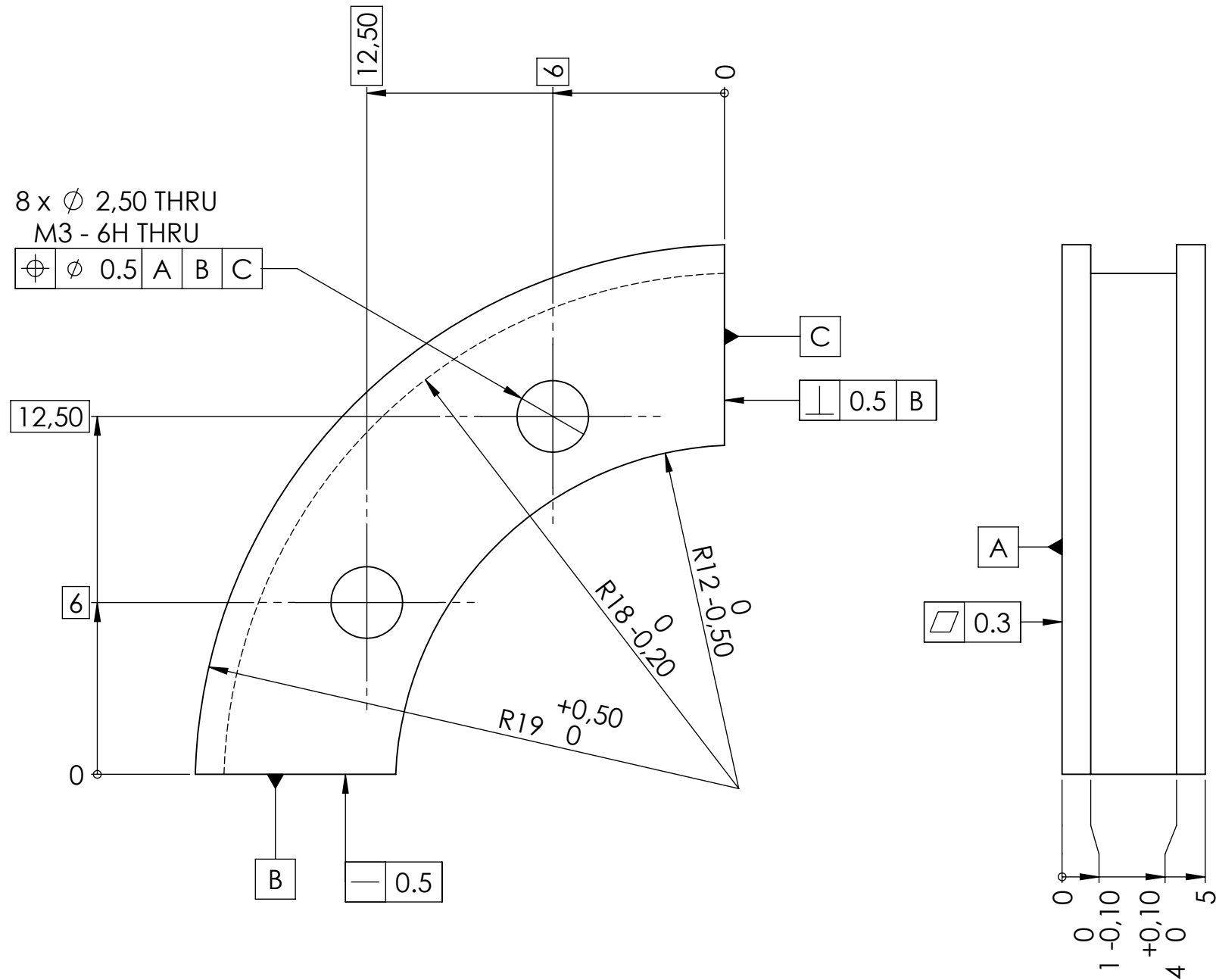
$\phi 2 \pm 0,20$  THRU  
 $\phi 0.5$  A B C




**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

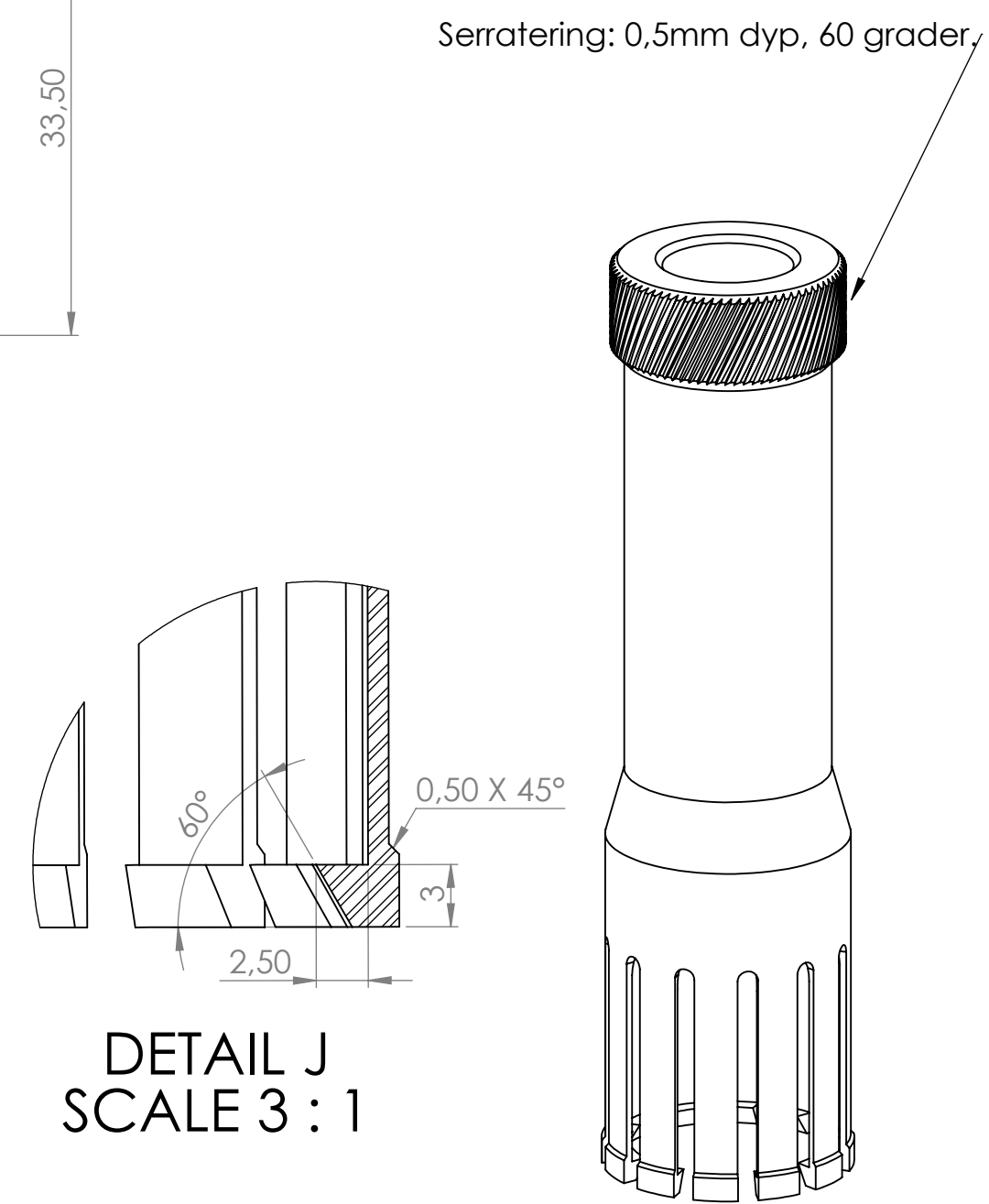
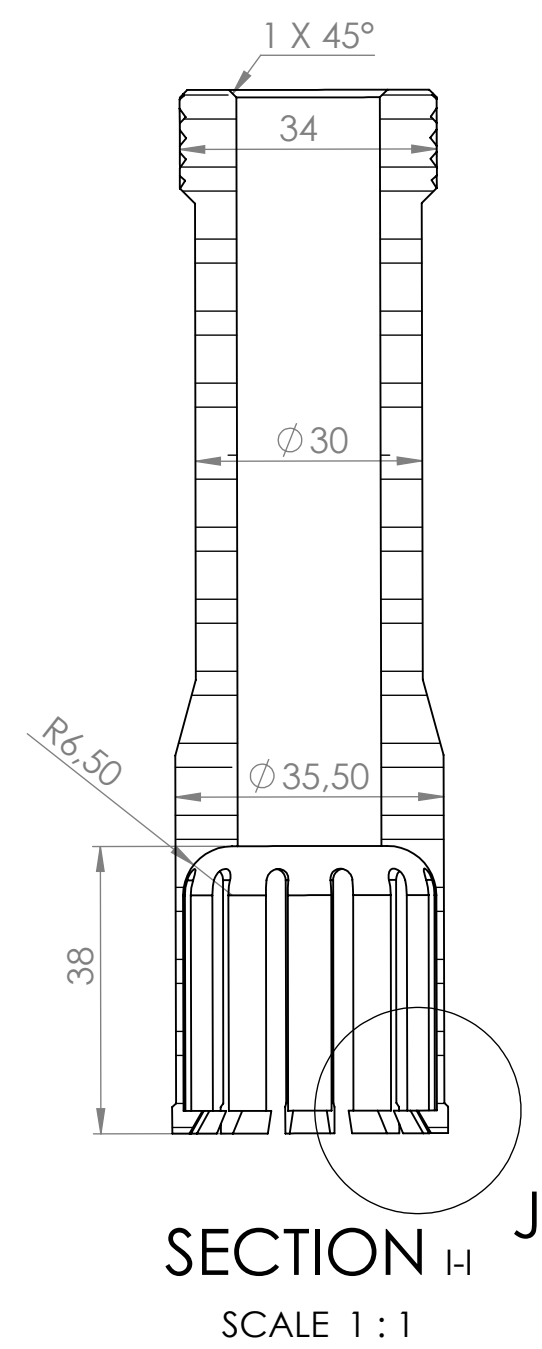
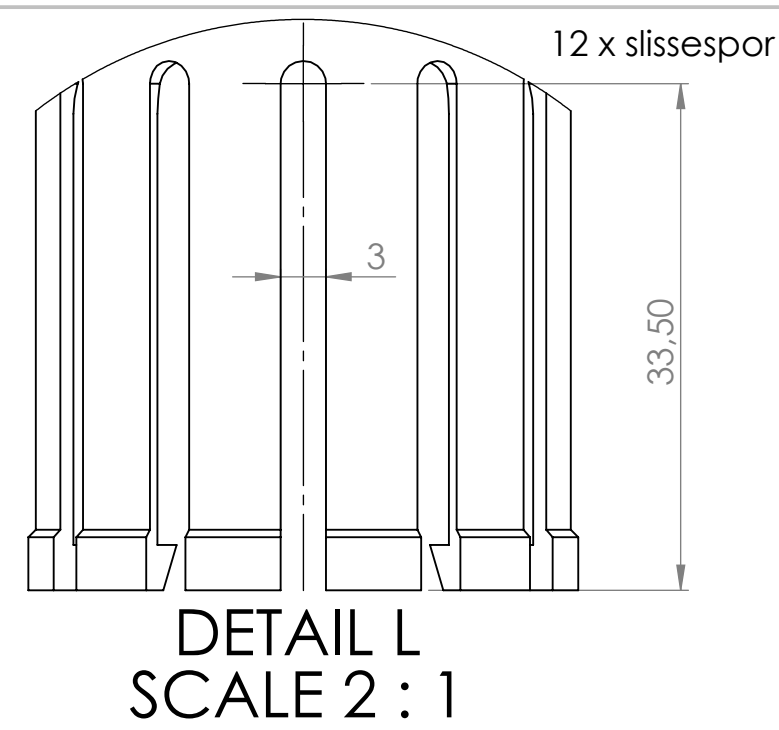
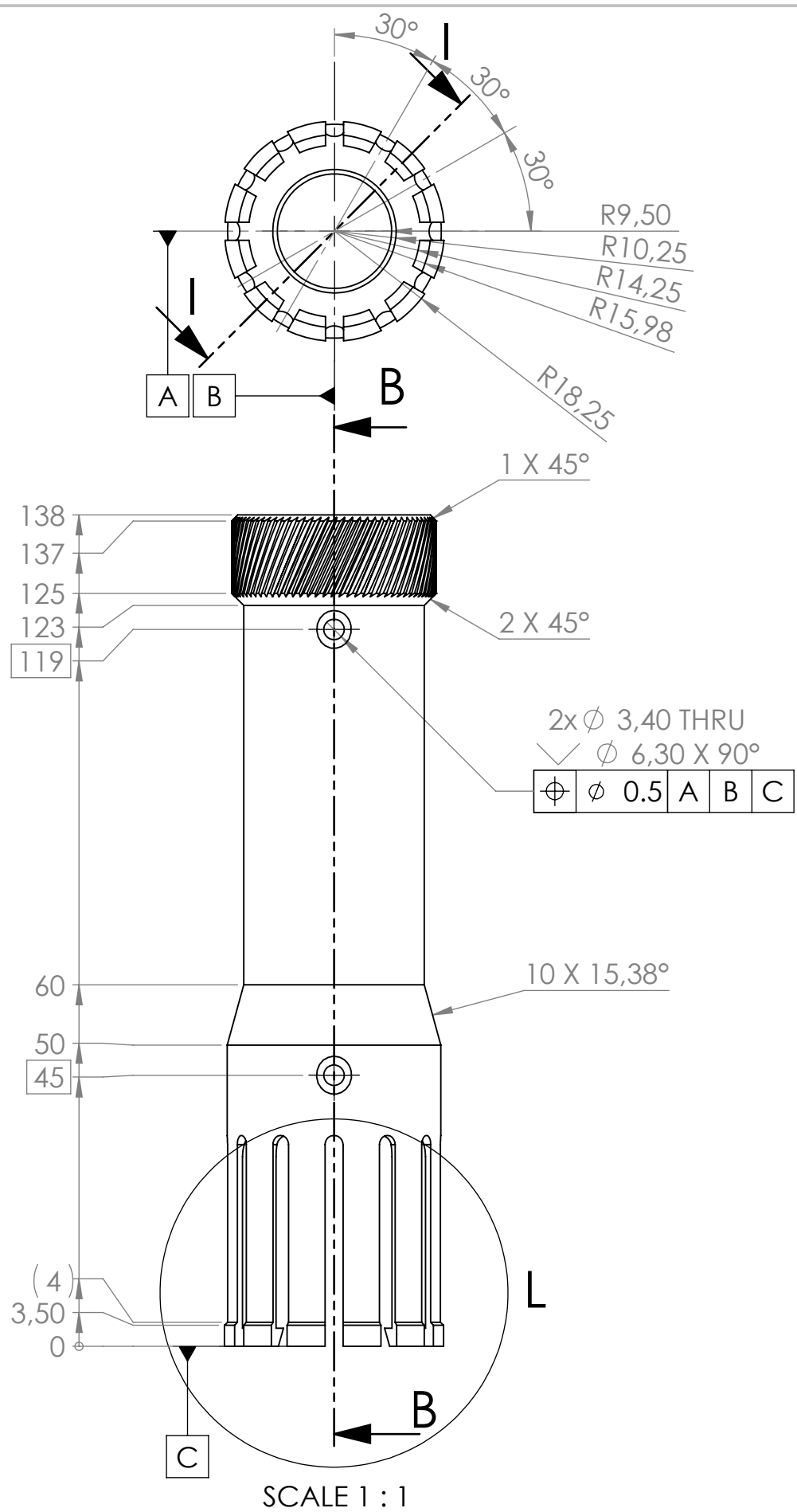
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.5 VINKEL: ±1° RADIUS: ±1 OVERFLATERUHUET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	28.04.2015				
	TEGNET	H. Larsen	TITTEL:  Tegning venstre låsekjeft		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
KONTROLLERT	H. Omholt				
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			A3
EN 1.4301- AISI 304 No1		Låsekjeft_venstre_Tegning_prod_A0_280415			
VEKT: -		SCALE:5:1		SHEET 1 OF 1	REVISION

A3




**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

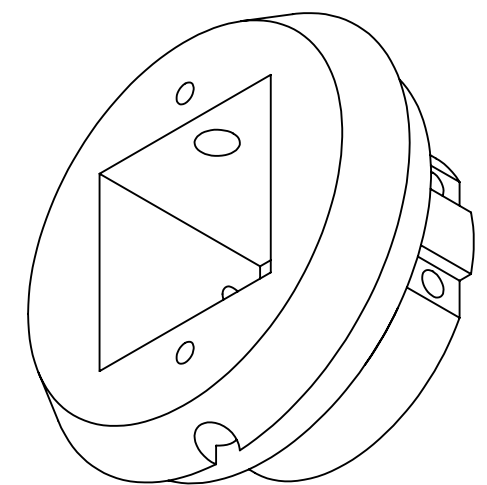
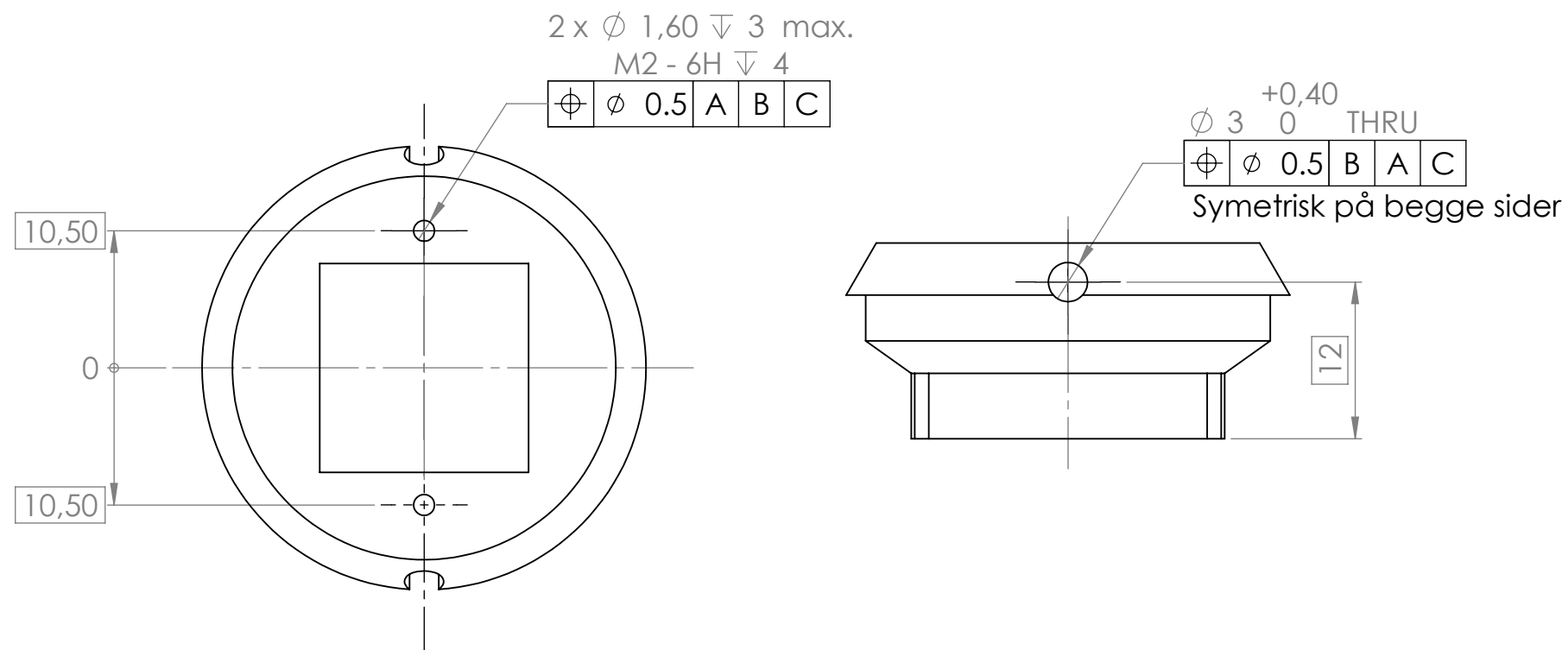
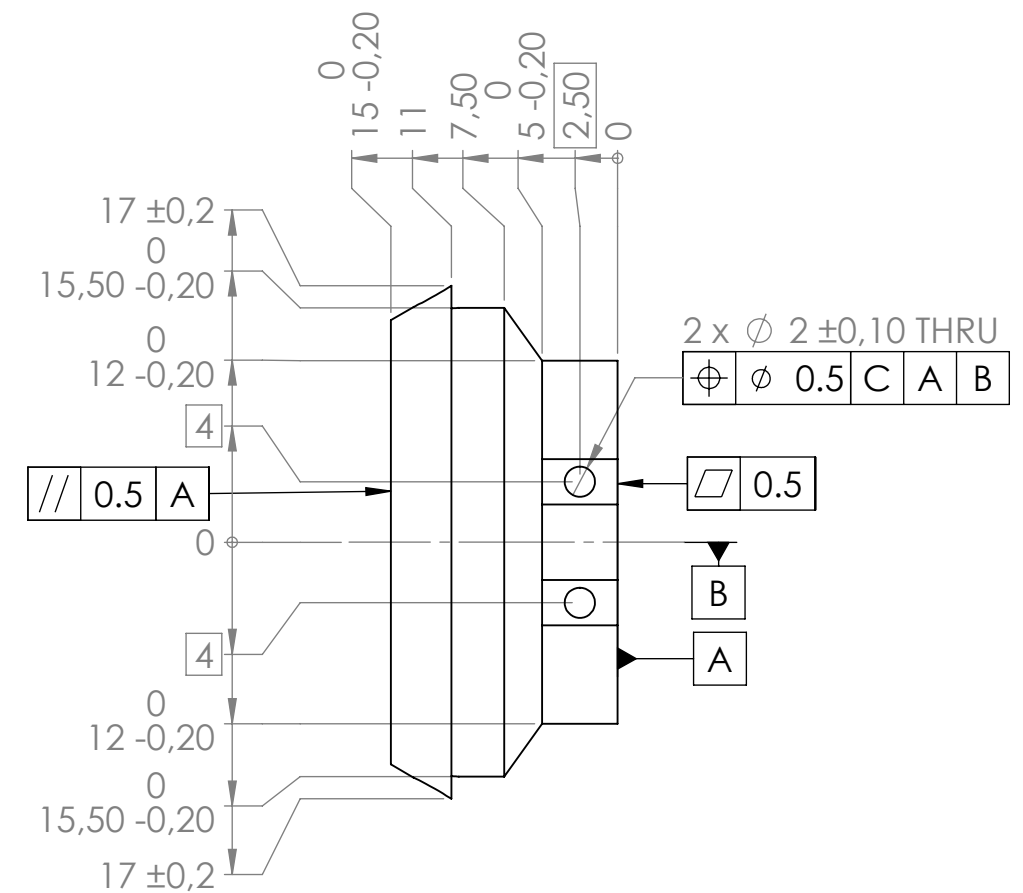
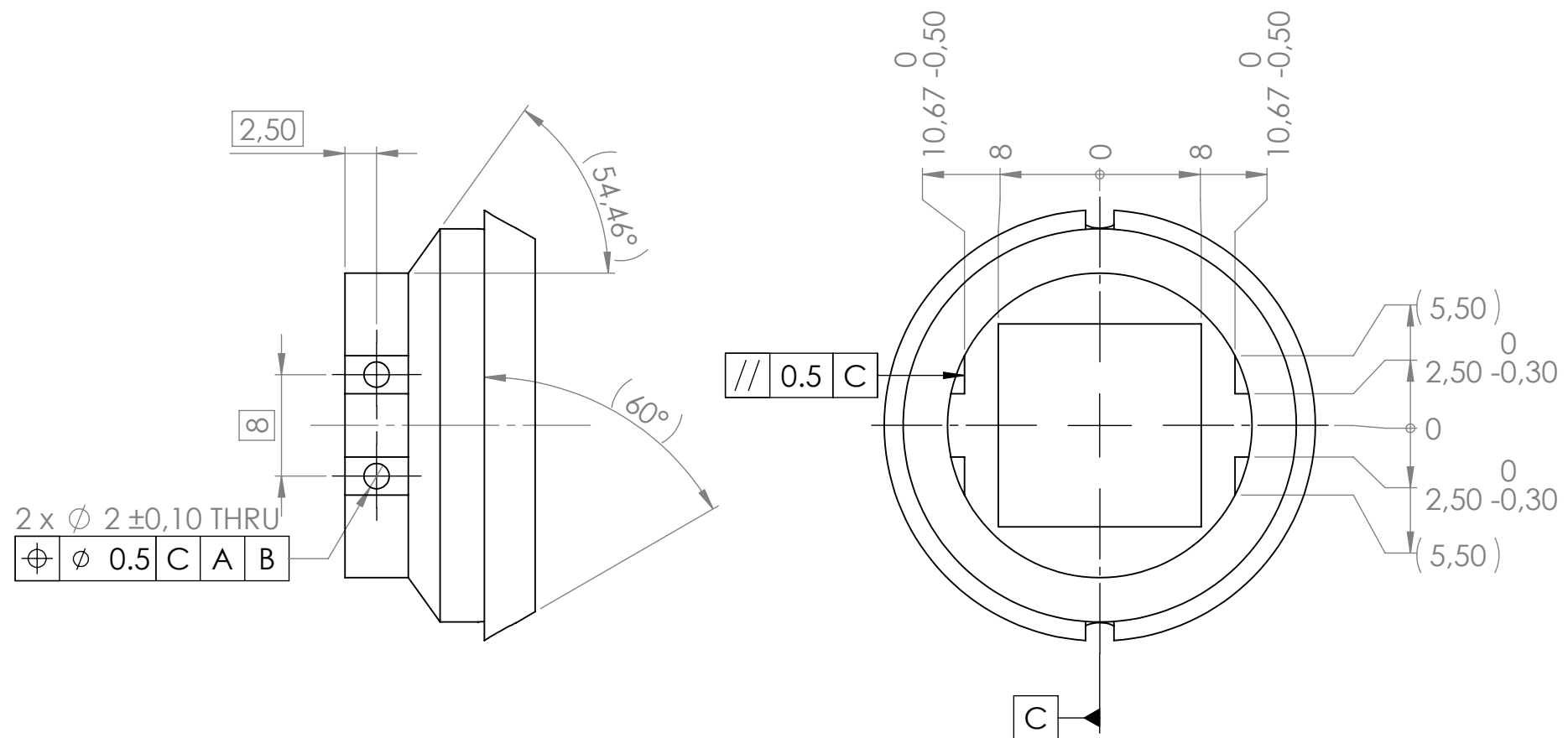
	DATO:	13.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning låseklips		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
	KONTROLLERT	H. Larsen			
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H24/H34 H22/H32		DOKUMENTNAVN:  Låseklips_tegning_prod_A0_130515			A3
VEKT: -		SCALE:5:1		SHEET 1 OF 1	REVISION



**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	14.05.15	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER	
	TEGNET	H. Larsen	TITTEL:  Tegning utløserhåndtak			
	DESIGN	H. Larsen				
	MODELL	H. Larsen				
	KONTROLLERT	H. Solberg				
MATERIAL:		AISI 304	DOKUMENTNAVN:		Utløserhåndtak_tegning_prod_B_140515	A3
VEKT: -		SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1		REVISION



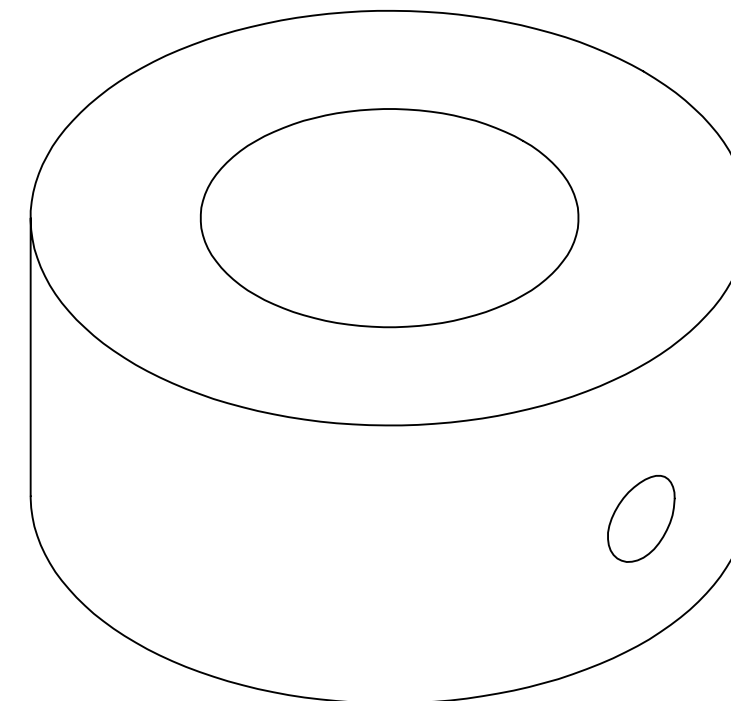


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

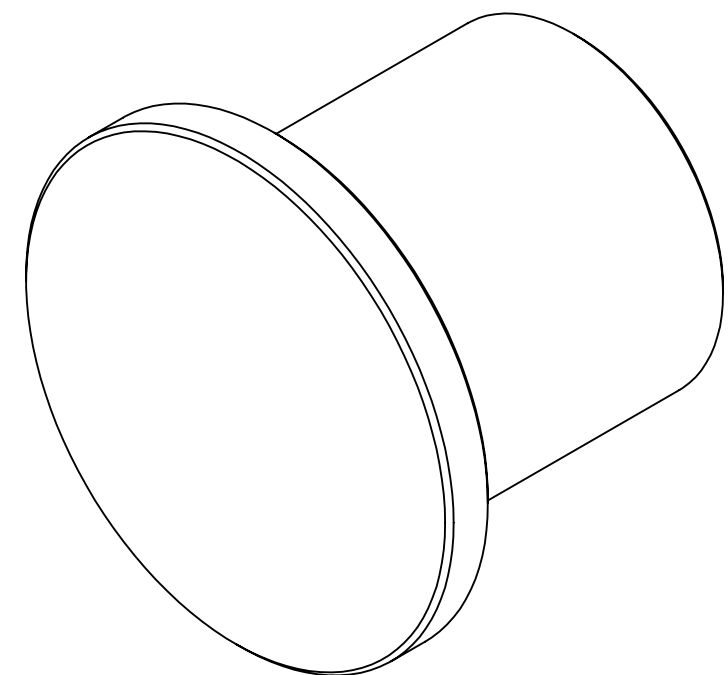
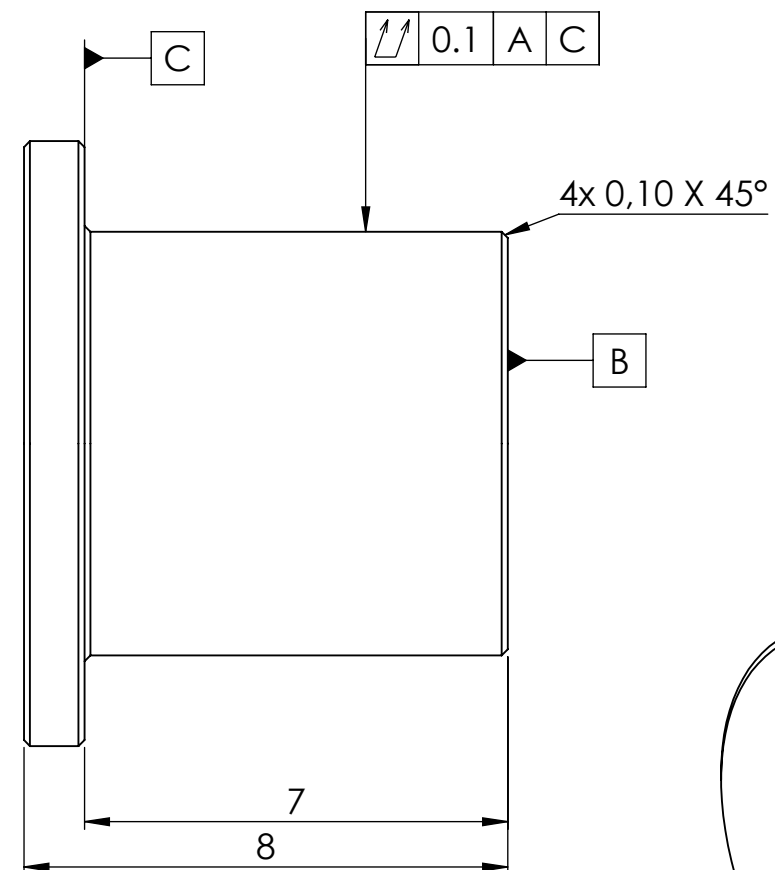
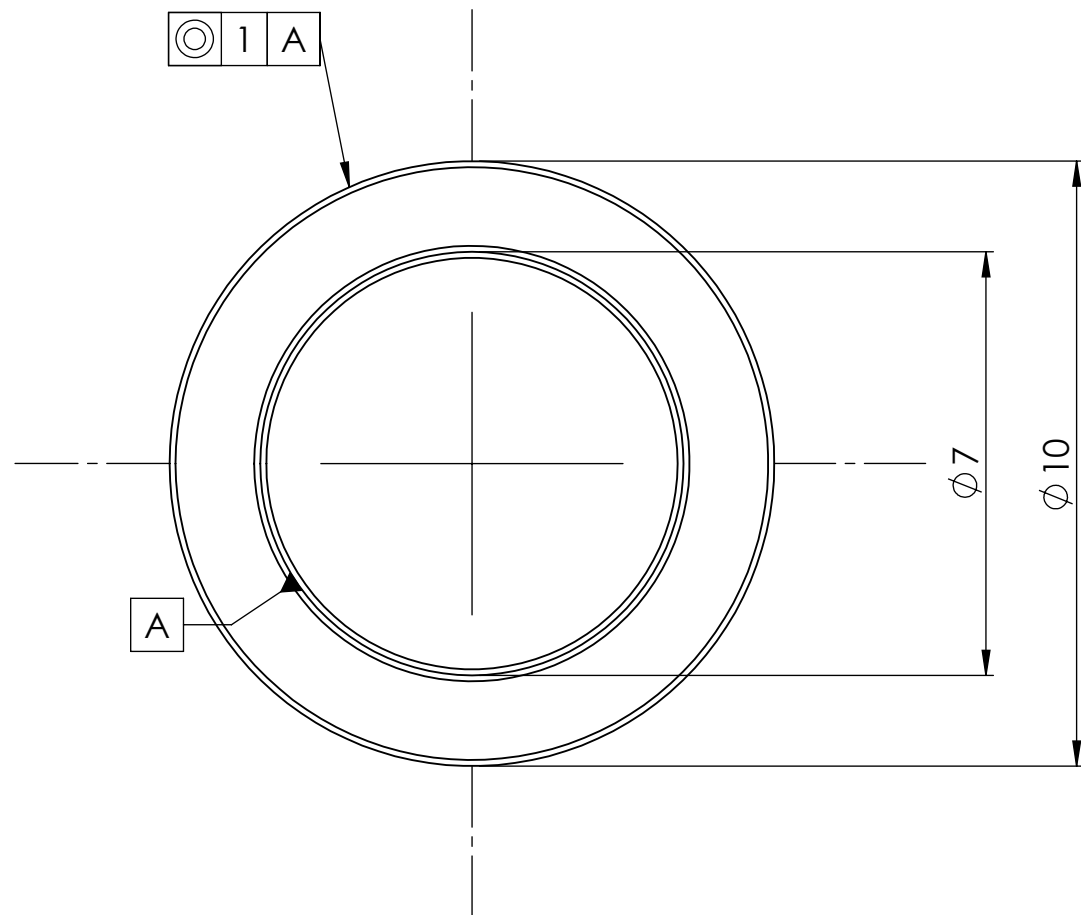
	DATO: 28.04.2015	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: $\pm 0,5$ VINKEL: $\pm 1^\circ$ RADIUS: $\pm 1$ OVERFLATERUHET: $3,2 \mu m$	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET H. Omholt	TITTEL: Tegning Låsekrone		
	DESIGN H. Larsen			
	MODELL H. Larsen			
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H111		DOKUMENTNAVN: Låsekrone_Tegning_prod_A0_280415		A3
VEKT: -		SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	REVISION





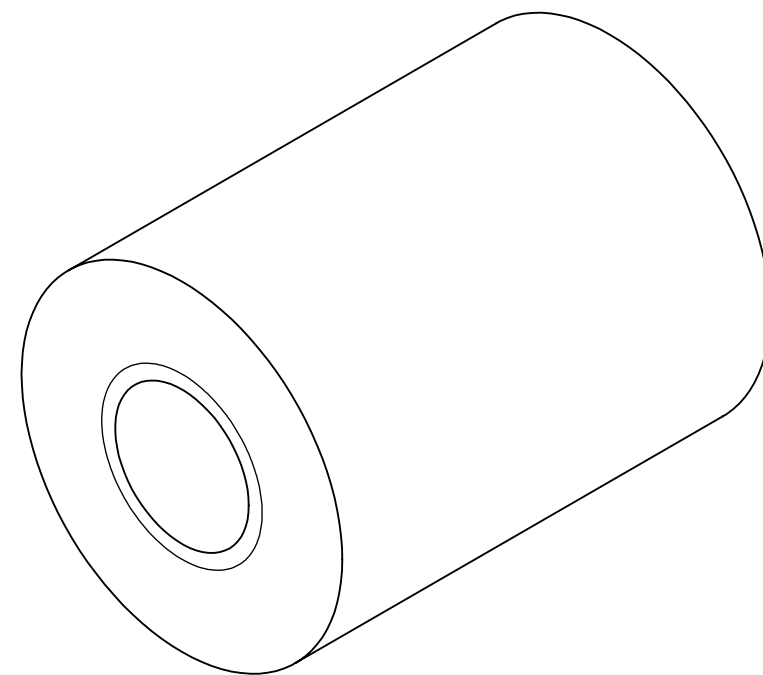
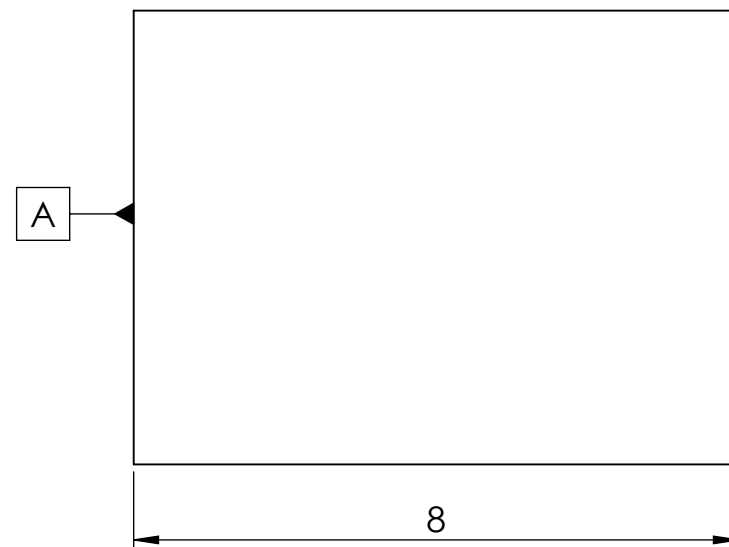
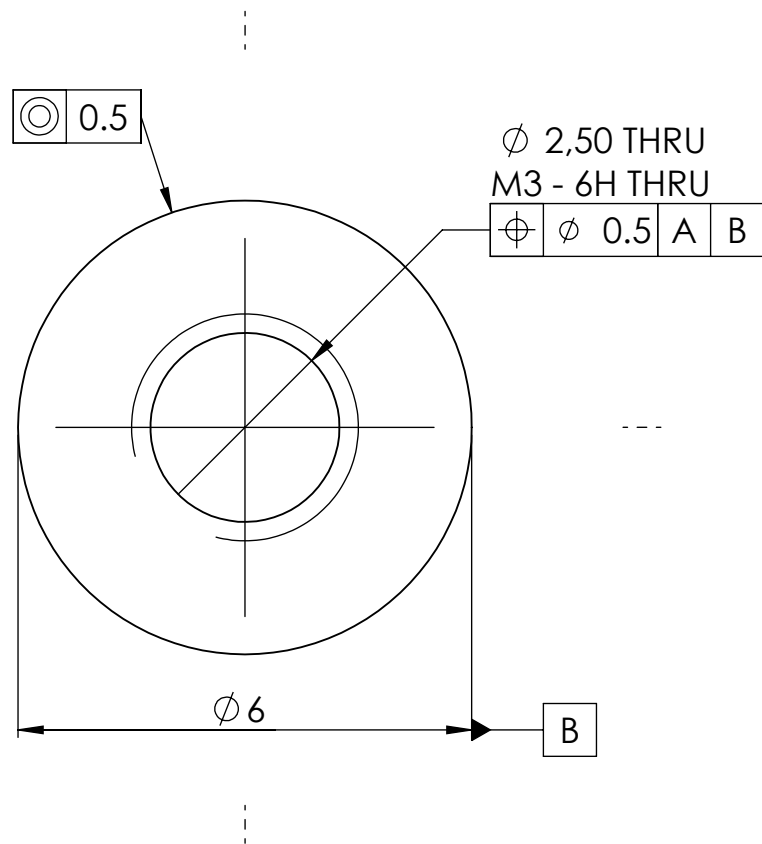


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**




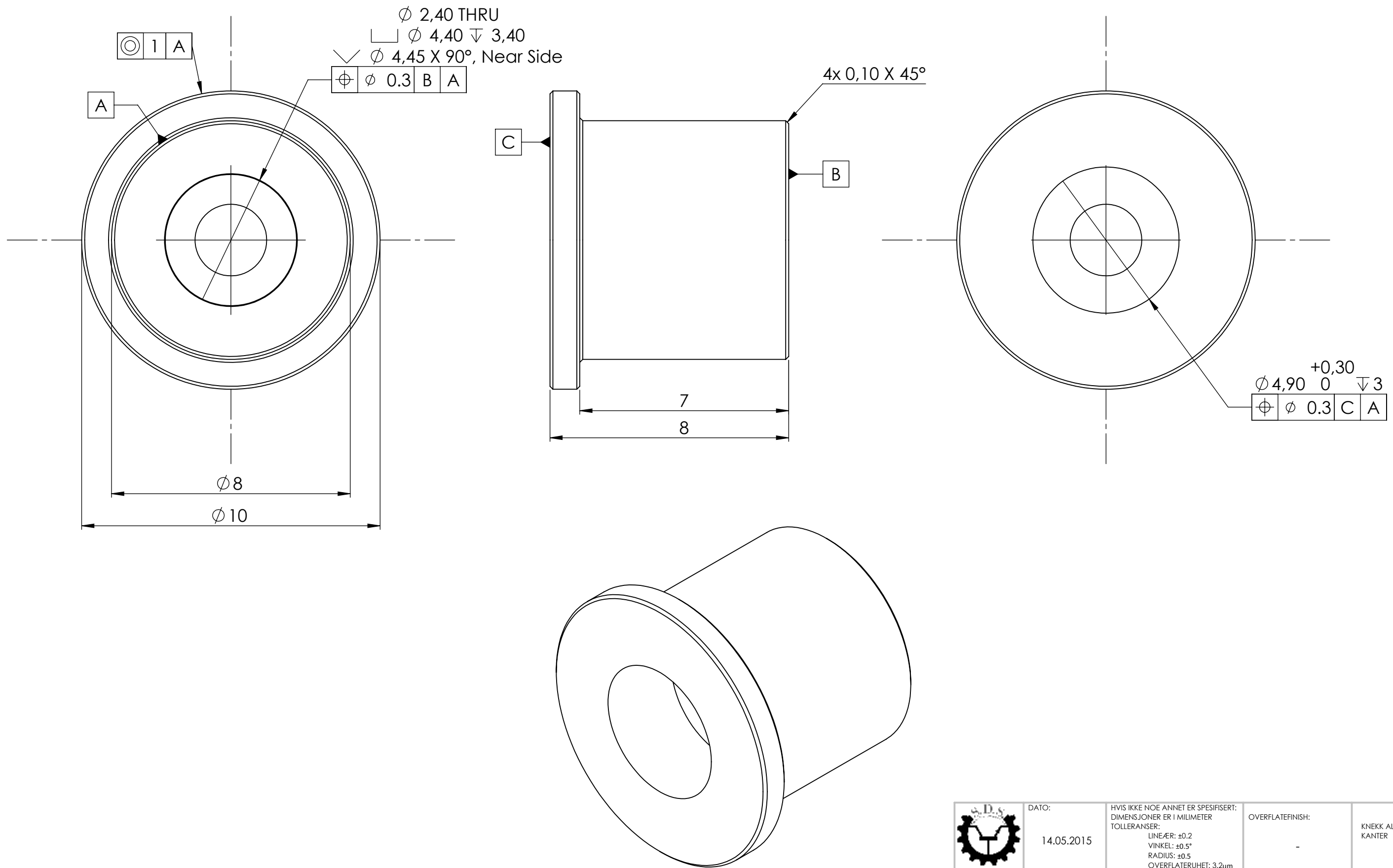
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.5 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm	OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	14.04.2015			
	TEGNET	H. Solberg	TITTEL:  Tegning pinne 2	
	DESIGN	H. Solberg		
	MODELL	H. Solberg		
KONTROLLERT	H. Omholt			
MATERIAL:  Messing		DOKUMENTNAVN:  Pinne2_Tegning_prod_A0_250315		A3
VEKT: -		SCALE:5:1	SHEET 1 OF 1	REVISION



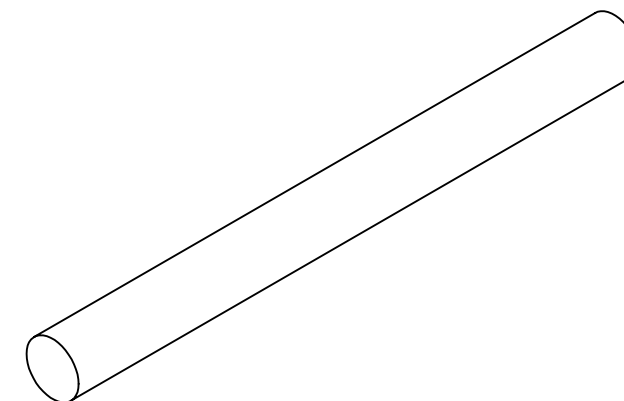
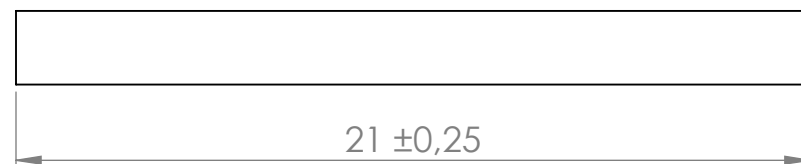
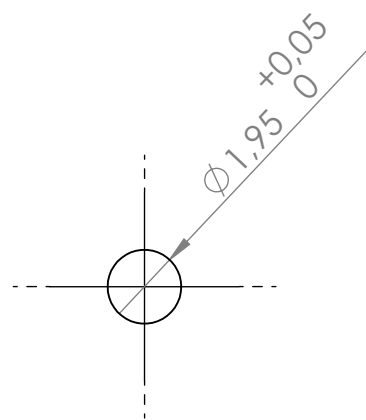
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: ±0.5 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 6.4µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	23.04.2015				
	TEGNET	H.Omholt		TITTEL:  Tegning Pinne	
	DESIGN	H.Omholt			
MODELL	H.Omholt				
KONTROLLERT	H. Solberg				
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			A3
Messing		Pinne3_tegning_prod_A0_230415			
VEKT: -		SCALE:10:1		SHEET 1 OF 1	REVISION




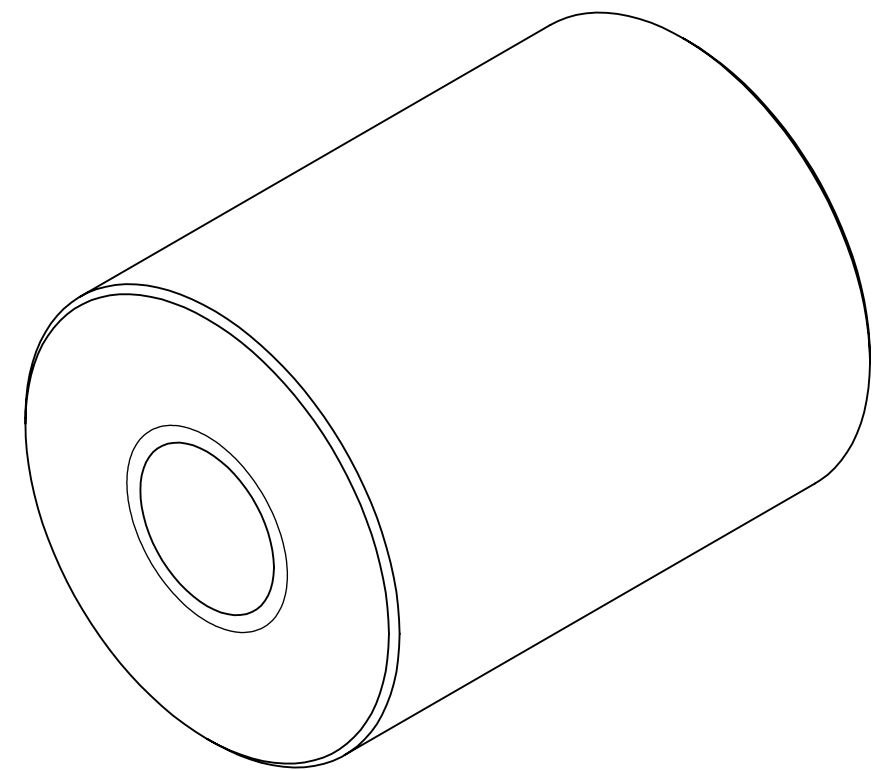
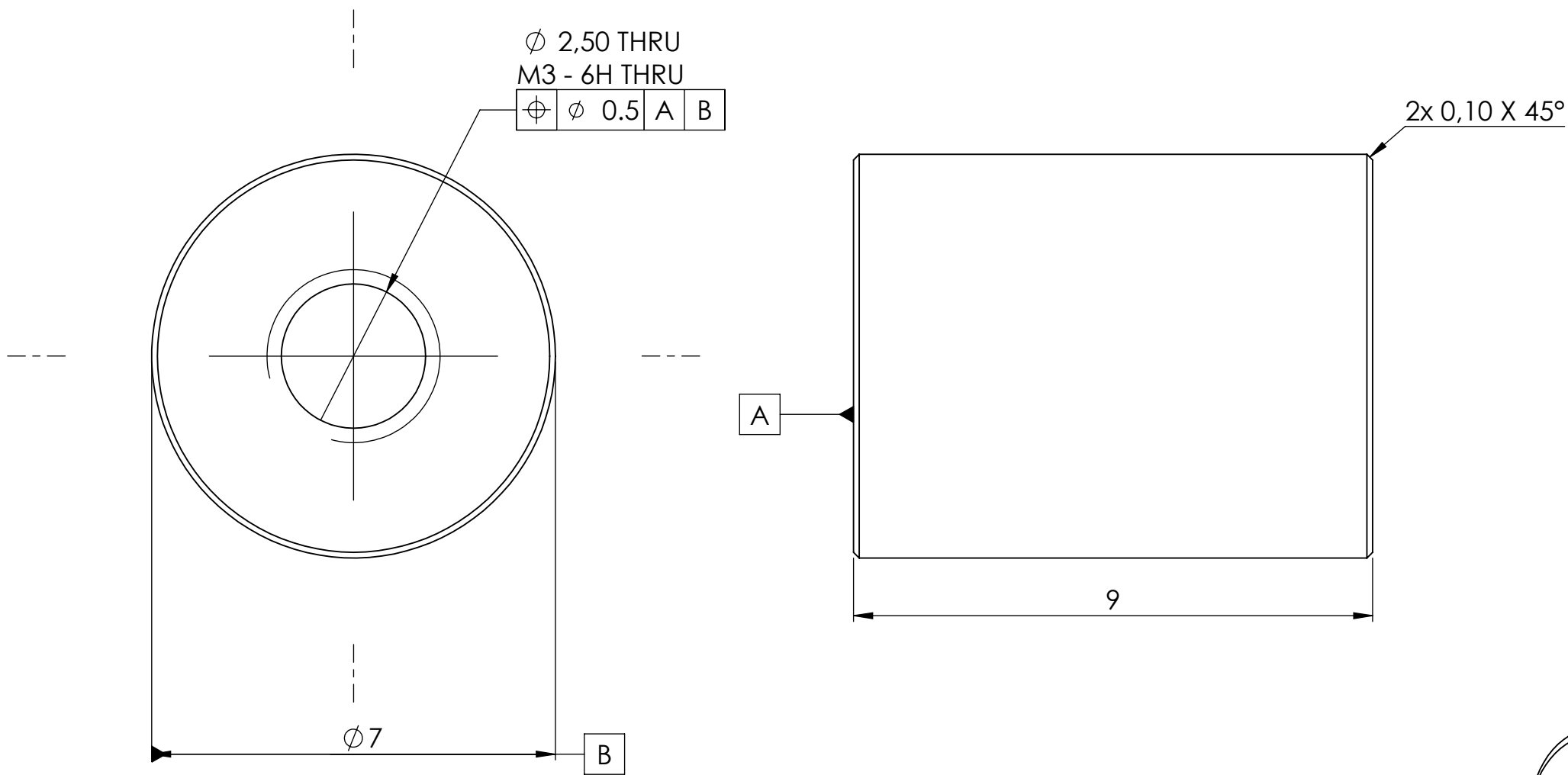
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO: 14.05.2015	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: $\pm 0,2$ VINKEL: $\pm 0,5^\circ$ RADIUS: $\pm 0,5$ OVERFLATERUHET: $3,2\mu m$	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL: <b>Tegning pinne</b>	
	DESIGN	H. Solberg		
	MODELL	H. Solberg		
	KONTROLLERT	H. Solberg		
MATERIAL: Messing		DOKUMENTNAVN: Pinne_Tegning_prod_A0_140415		A3
VEKT: -		SCALE: 5:1	SHEET 1 OF 1	REVISION



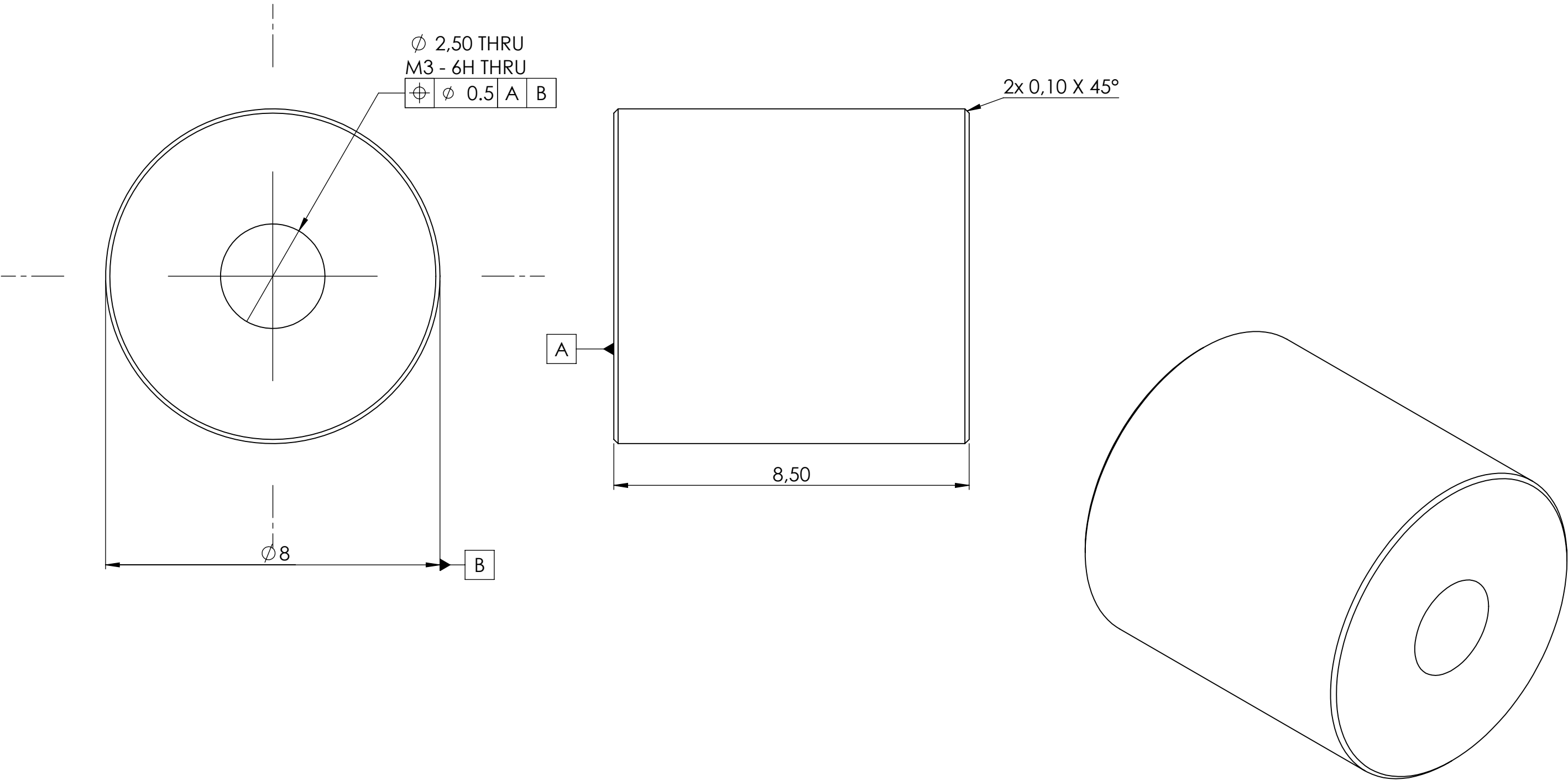
SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.

	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINEÆR: VINKEL: RADIUS: OVERFLATERUHET:		OVERFLATEFINISH:	KNEKK ALLE SKARPE KANTER	
	29.04.2015					-
	TEGNET	H. Omholt				
	DESIGN	H. Larsen				
	MODELL	H. Omholt				
KONTROLLERT	H. Larsen					
TITTEL:		Tegning pinne				
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			A3	
EN 1.4305 AISI 303 Slipst h9		Pinne_Tegning_prod_A0_290415				
VEKT:		SCALE:5:1		SHEET 1 OF 1	REVISION	



**SolidWorks Student Edition.**  
**For Academic Use Only.**

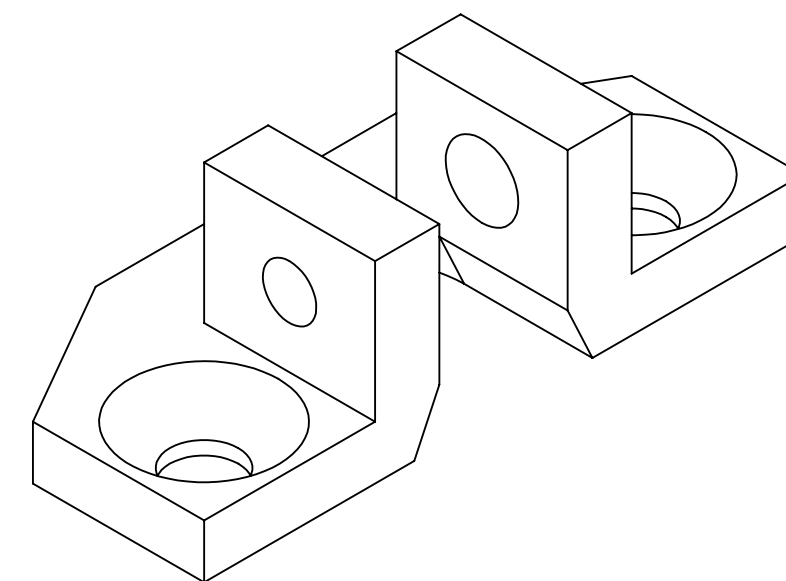
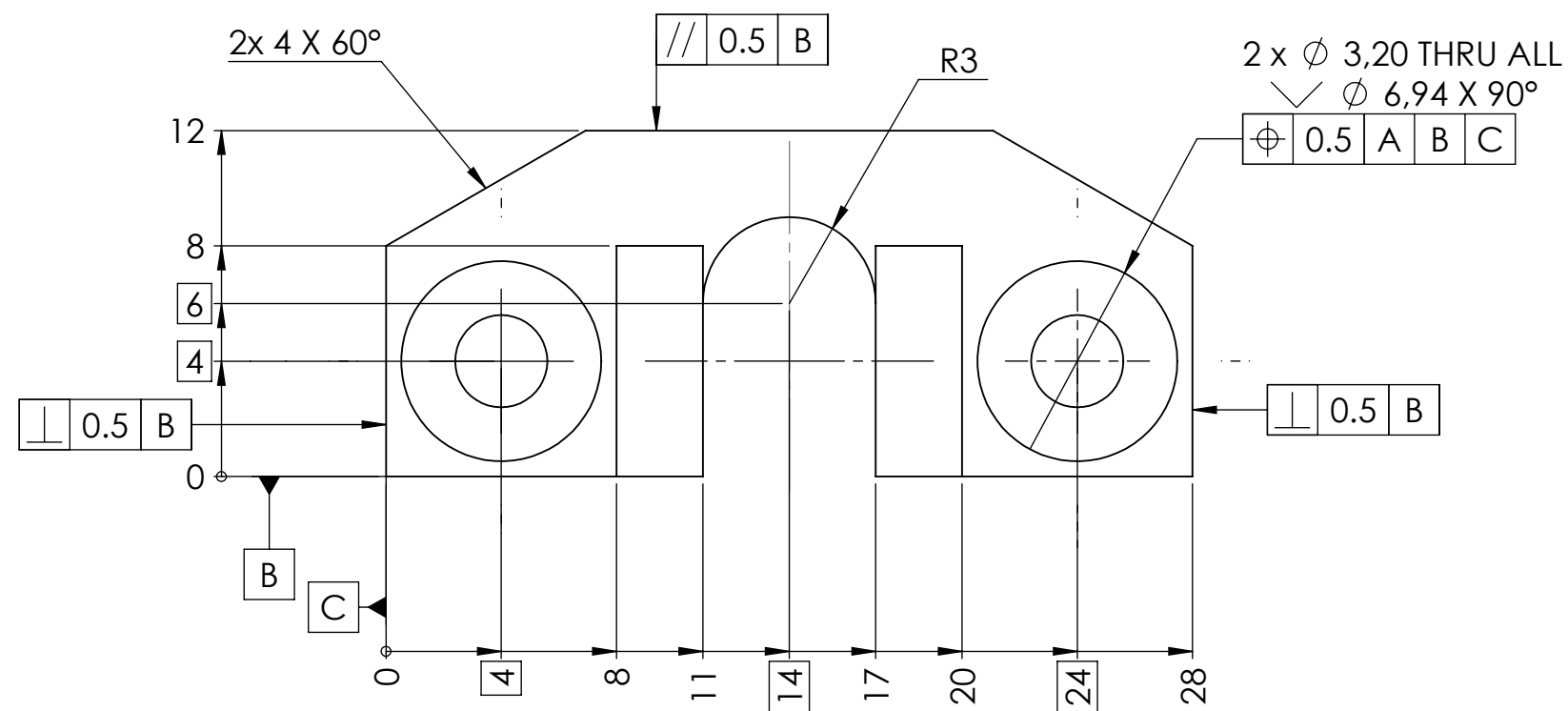
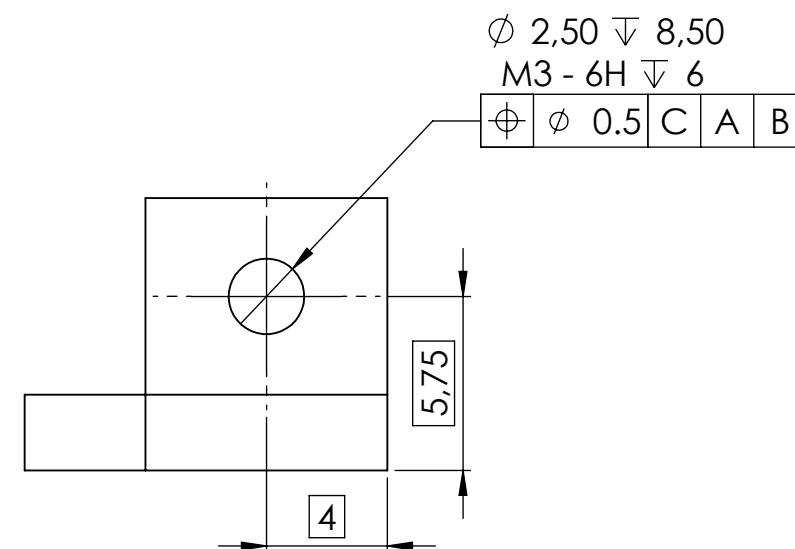
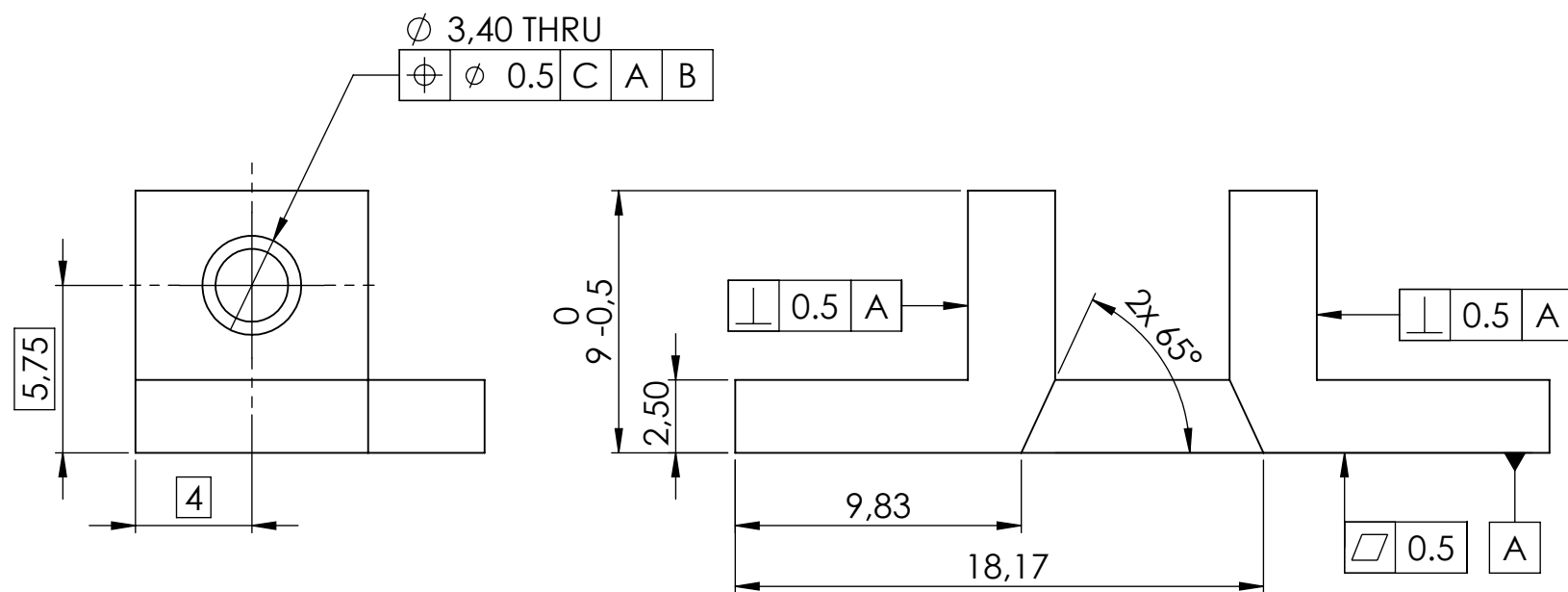
	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:  -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15				
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning pinne for demperbrakett krybbe		
	DESIGN	H. Larsen			
	MODELL	H. Larsen			
KONTROLLERT	H. Larsen				
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			
Material		Pinne_demperbrakett_krybbe_tegning_prod_A0_140515		A3	
VEKT: -		SCALE:10:1		SHEET 1 OF 1	REVISION



**SolidWorks Student Edition.**  
**For Academic Use Only.**

	DATO:	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.2 VINKEL: ±1° RADIUS: ±0.5 OVERFLATERUHET: 3.2µm		OVERFLATEFINISH:	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	13.05.15			-	
	TEGNET	H. Omholt	TITTEL:  Tegning pinne krybbe		
	DESIGN	H. Solberg			
	MODELL	H. Solberg			
KONTROLLERT	H. Solberg				
MATERIAL:		DOKUMENTNAVN:			A3
Messing		Pinne_krybbe_tegning_A0_130515			
VEKT: -		SCALE:10:1		SHEET 1 OF 1	REVISION





**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

	DATO: 25.03.2015	HVIS IKKE NOE ANNET ER SPESIFISERT: DIMENSJONER ER I MILLIMETER TOLLERANSER: LINE/ER: ±0.3 VINKEL: ±0.5° RADIUS: ±0.3 OVERFLATERUHE: 3.2µm	OVERFLATEFINISH: -	KNEKK ALLE SKARPE KANTER
	TEGNET H. Omholt	TITTEL:  Tegning sideflatebrakett		
	DESIGN H. Omholt			
	MODELL H. Omholt KONTROLLERT H. Larsen			
MATERIAL: EN-AW 5052/ 5754 H111		DOKUMENTNAVN: Sideflatebrakett_Tegning_prod_A0_250315		A3
VEKT: -		SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	REVISION

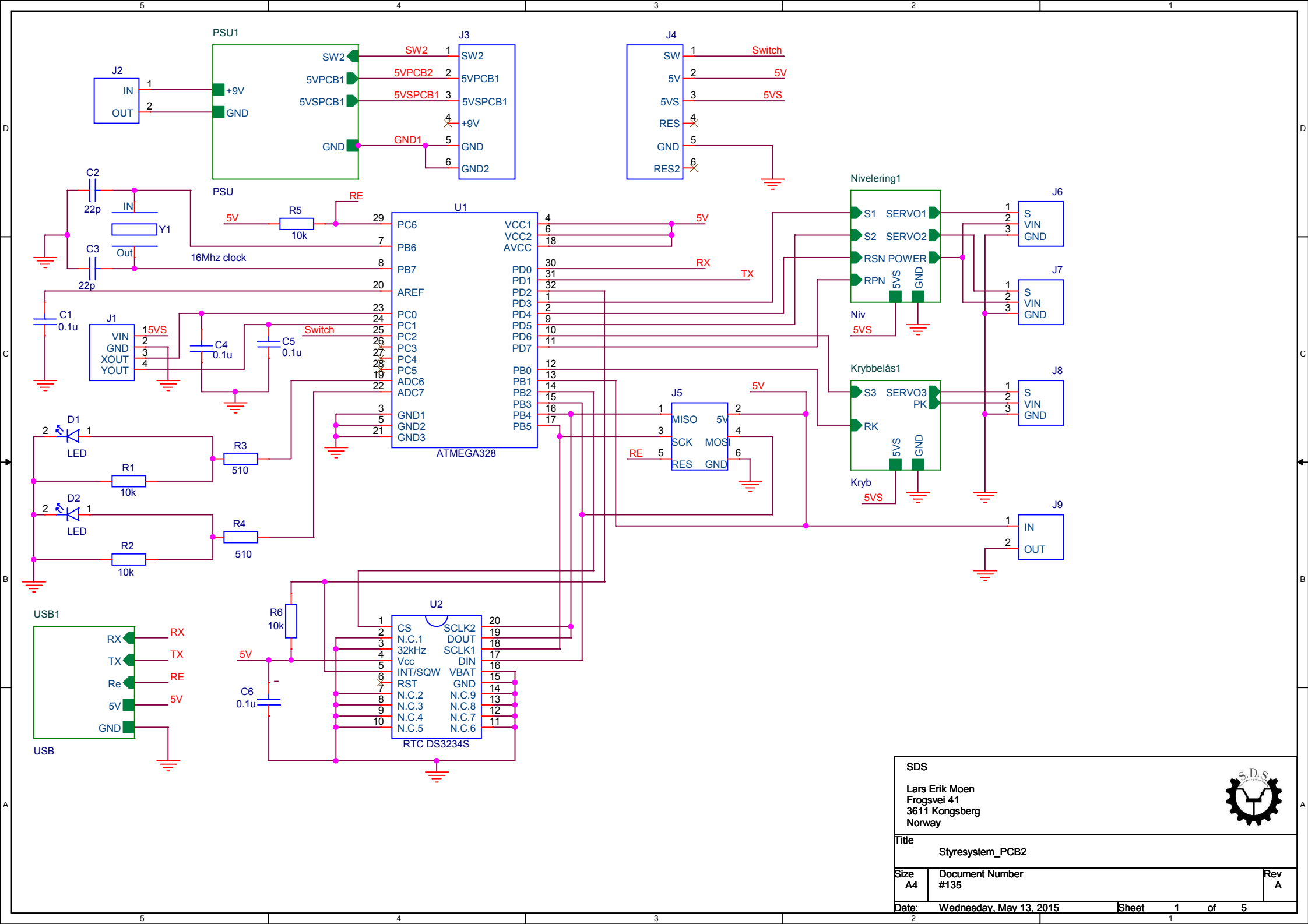


KONGSBERG

---



22



SDS

Lars Erik Moen  
Frogsvei 41  
3611 Kongsberg  
Norway

Title

Styresystem\_PCB2

Size

Document Number

Rev

A4

#135

A

Date:

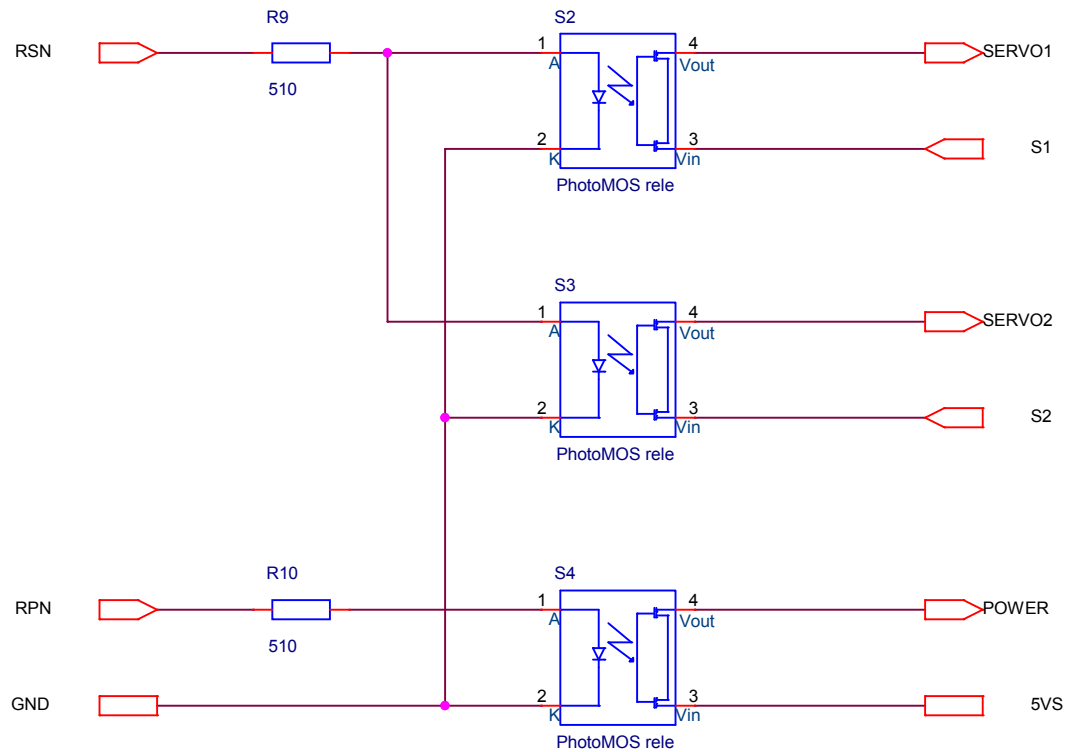
Wednesday, May 13, 2015

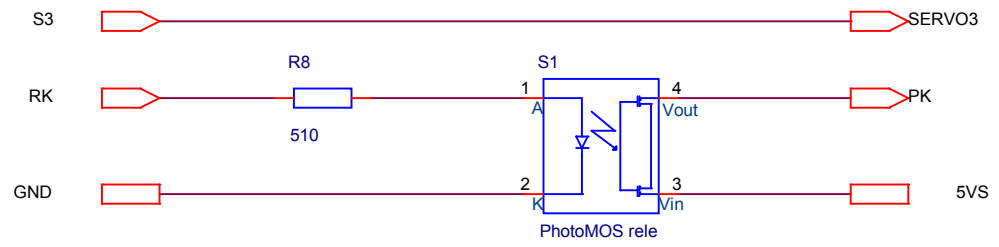
Sheet


1

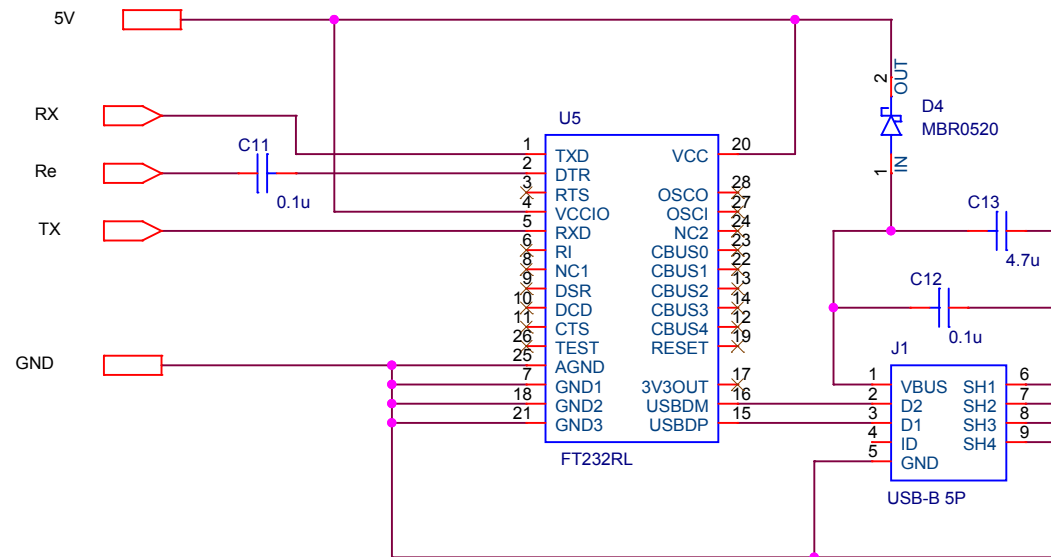
of

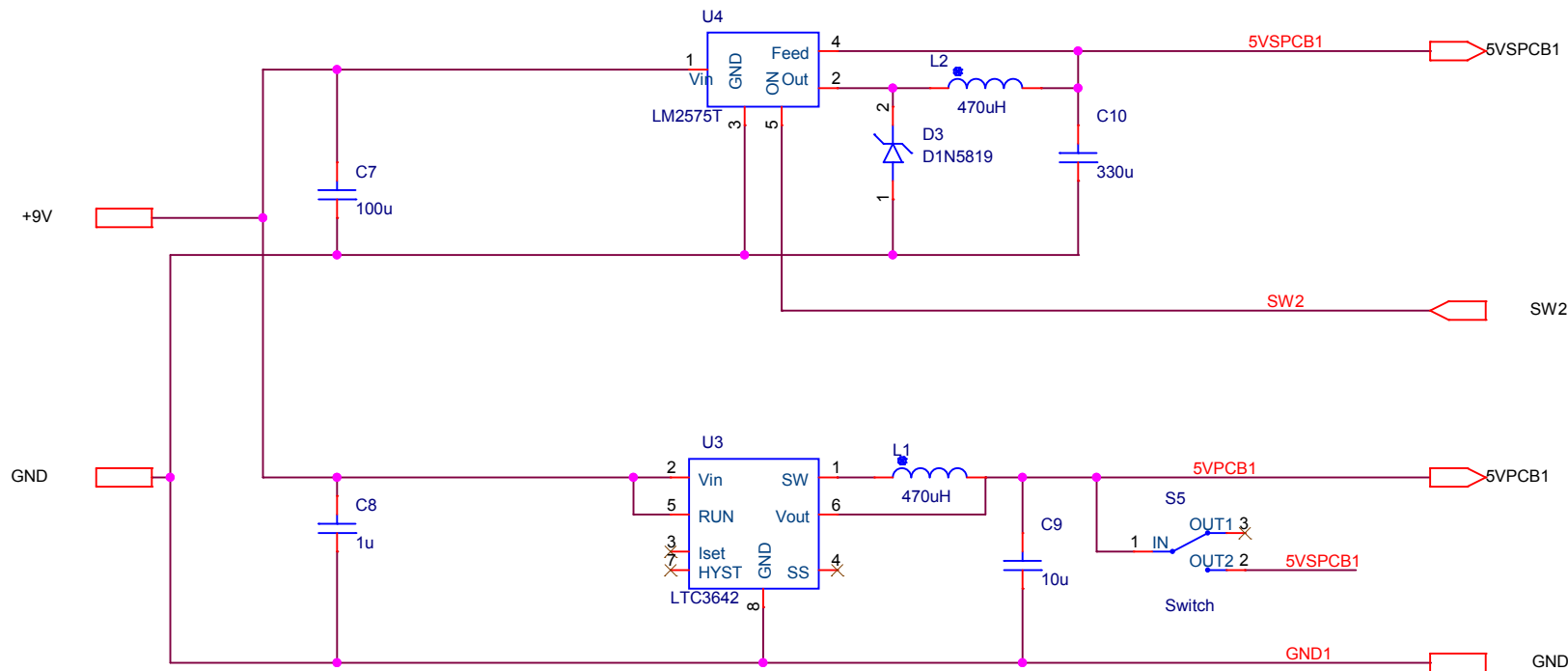
5



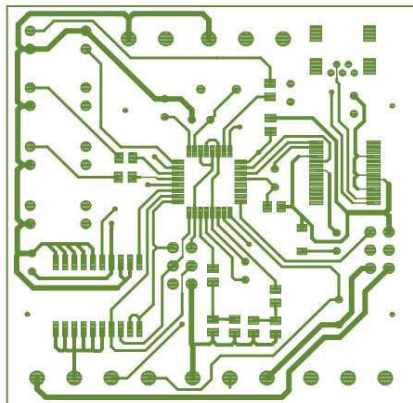


SDS Lars Erik Moen Frogsvei 41 3611 Kongsberg Norway		
Title Styresystem_PCB2		
Size A4	Document Number #135	Rev A
Date: Wednesday, May 13, 2015		Sheet 3 of 5

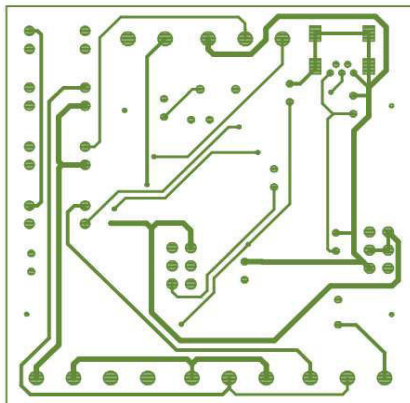




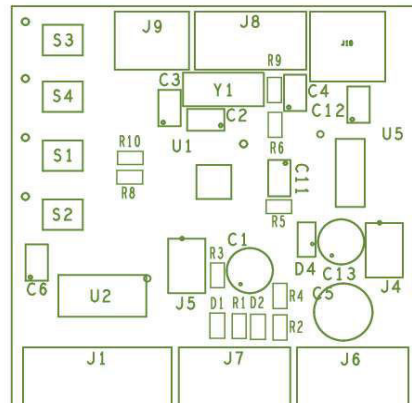
Etchtop



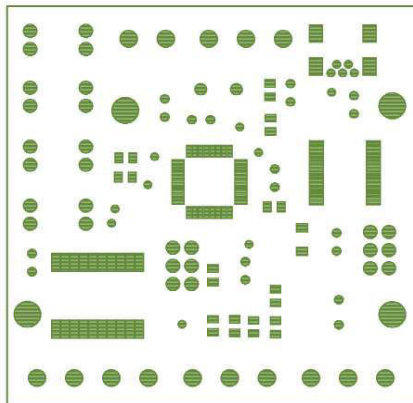
Etchbot



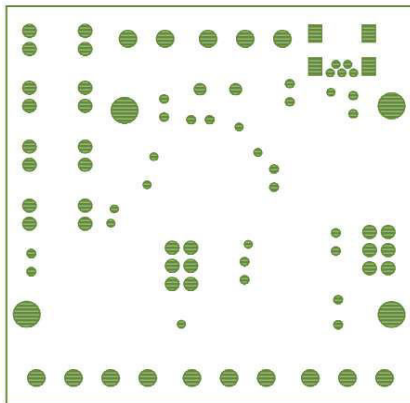
Silktop



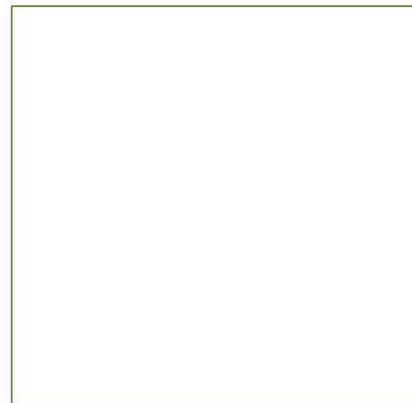
Soldertop



Solderbot



Outline



SDS

Lars Fredrik Ostun  
Frogsvei 41  
3611 Kongsberg  
Norway



Title  
Styresystem PCB2 Gerberfiler Styrekort

Size  
A4

Document Number  
#172

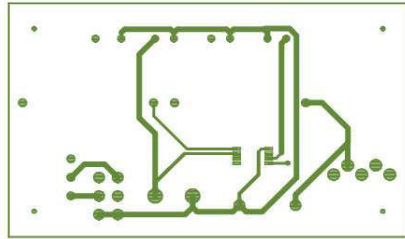
Rev  
A

Date: Wednesday, May 13, 2015

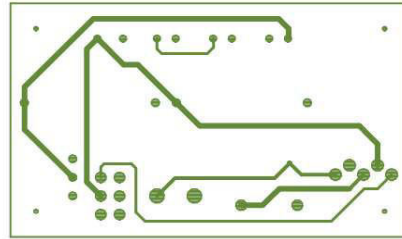
Sheet 1 of 1



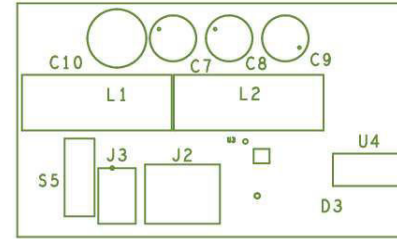
Etchtop



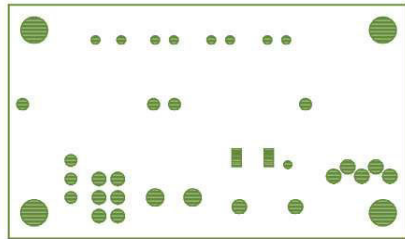
Etchbot



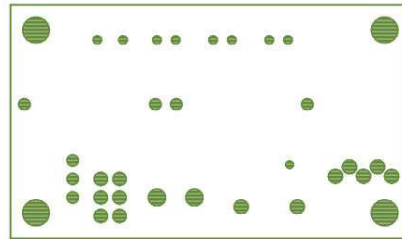
Silktop



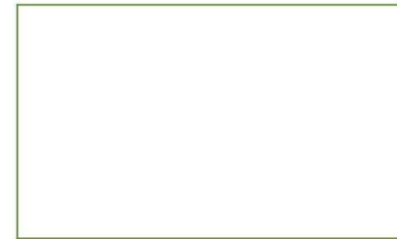
Soldertop



Solderbot



Outline



SDS

Lars Fredrik Ostun  
Frogsvei 41  
3611 Kongsberg  
Norway



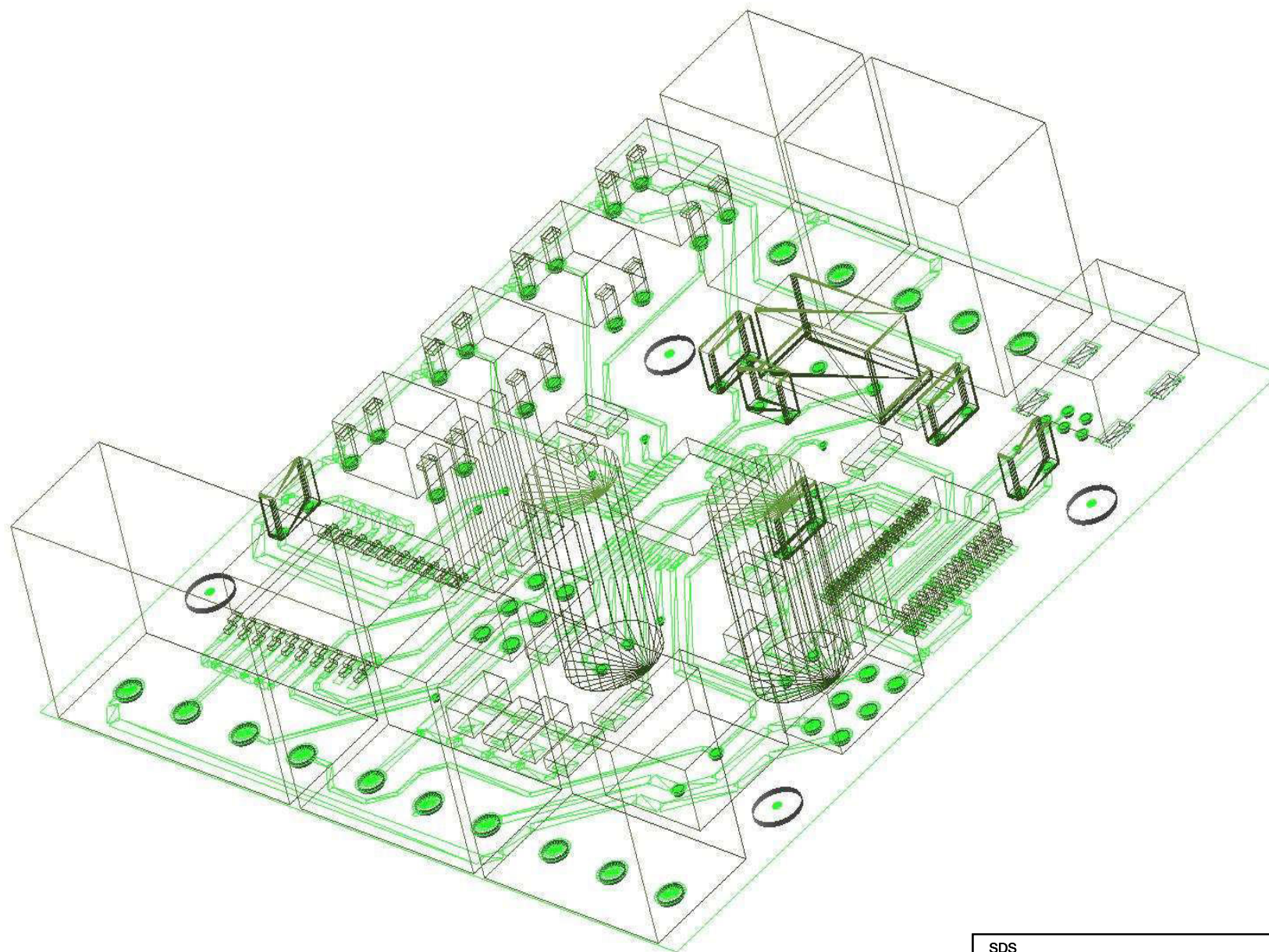
Title  
Styresystem PCB2 Gerberfiles Power supply


Size  
A4

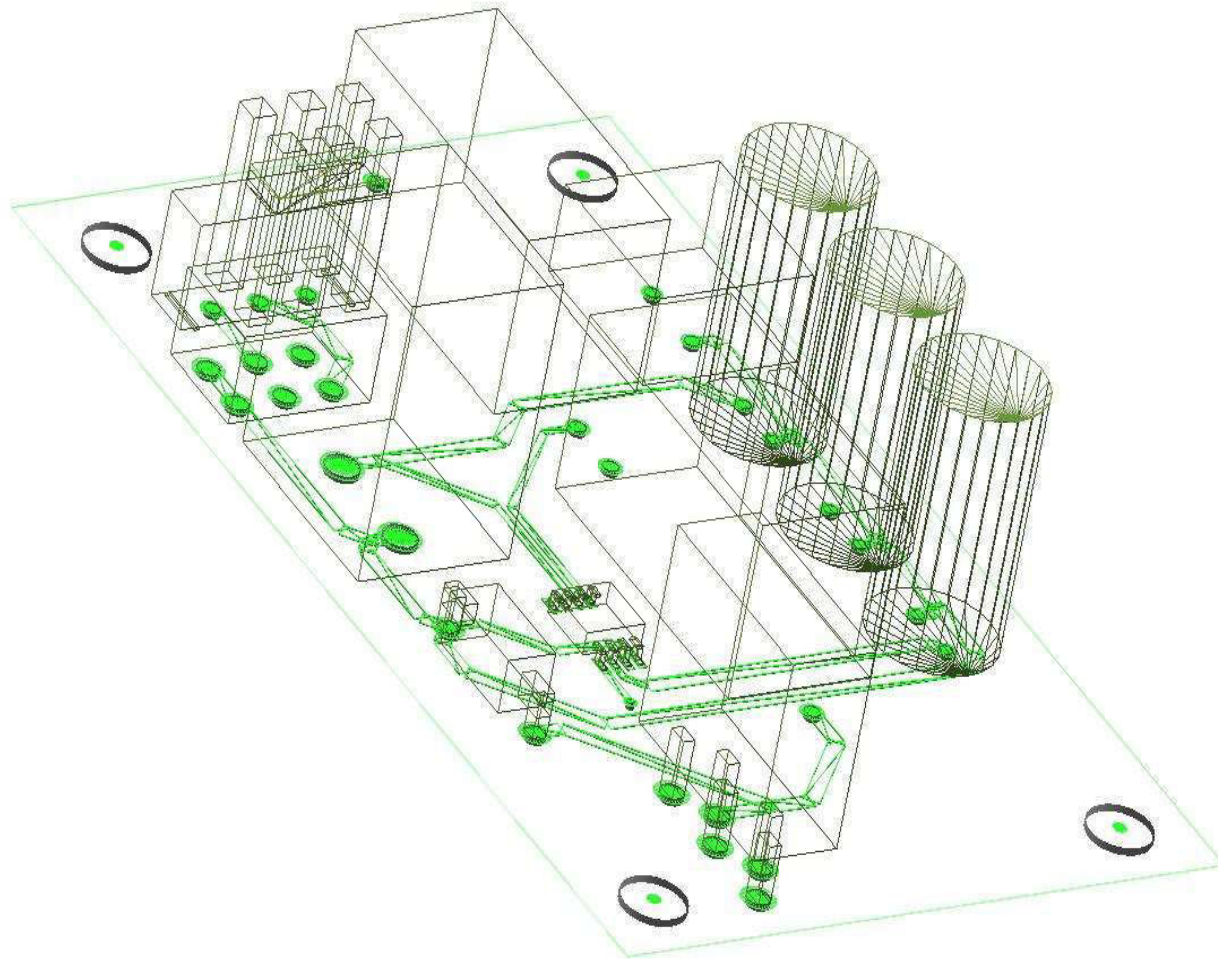
Document Number  
#173


Rev  
A

Date: Wednesday, May 13, 2015 Sheet 1 of 1



SDS Lars Fredrik Ostun Frogsvei 41 3611 Kongsberg Norway		
Title Styresystem PCB2 3Dveiw Styresys		
Size A4	Document Number #174	Rev A
Date: Wednesday, May 13, 2015		Sheet 1 of 1



SDS Lars Fredrik Ostun Frogsvei 41 3611 Kongsberg Norway		
Title Styresystem PCB2 3Dveiw Power supply		
Size A4	Document Number #175	Rev A
Date: Wednesday, May 13, 2015		Sheet 1 of 1

```

//Code by: Espen J. Tangstad
//Reference: ds3234.h, https://github.com/rodan/ds3234, Code influenced by
//          example rtc_ds3234_alarm.
//          Enerlib.h, http://playground.arduino.cc/Code/Enerlib,
//
//SDS 2015

#include <SPI.h> // SPI interface for RTC
#include "ds3234.h" // Library for RTC DS3234
#include "Enerlib.h" // AVR sleep library
#include <Servo.h> // Servo library

#define BUFF_MAX 256

const int cs = 10; // chip select pin
uint8_t sleep_period = 1; // the sleep interval in
                           // minutes between 2
                           // consecutive alarms

Energy energy;
int time_interrupt=0; // Define interrupt

int sensy = A0; // Attach x-axis sensor
                 // output to A0
int sensx = A1; // Attach y-axis sensor
                 // output to A1
Servo servox; // Define servo x-axis
Servo servoy; // Define servo y-axis
Servo servokrybb; // Define cradleservo
int nx = 90; // Calibrate to centerpoint
              // x-axis
int ny = 90; // Calibrate to centerpoint
              // y-axis
int i = 0; // Counter: Time margin to
            // sleep
int ssx_power = 7; // Define power-relay x-axis
int ssx_data = 4; // Define data-relay x-axis

void set_next_alarm(void) // Set alarm as the arduino
{                           // wakes up

    struct ts t;
    unsigned char wakeup_min;

    DS3234_get(cs, &t);

    // calculate the minute
    // when the next alarm will be
    // triggered
    wakeup_min = (t.min / sleep_period + 1) * sleep_period;
    if (wakeup_min > 59) {
        wakeup_min -= 60;
    }

    // flags define what
    // calendar component to be
    // checked against the current
    // time in order to trigger the
    // alarm

```

```

uint8_t flags[4] = {
    0, 1, 1, 1 };

// set Alarm2. only the
// minute is set since we
// ignore the hour and day
// component
DS3234_set_a2(cs, wakeup_min, 0, 0, flags);

// activate Alarm2
DS3234_set_creg(cs, DS3234_INTCN | DS3234_A2IE);
}

void INT0_ISR(void)
{
    detachInterrupt(0); //detach interrupt and set
                        //time_interrupt=1
    time_interrupt=1;   //interrupt must be attached
                        //again
}

void setup()
{
    pinMode(2, INPUT); // Attach alarm output of
                        //RTC to D2
    pinMode(9, INPUT_PULLUP); // Attach pullup to imuplse
                                //switch used during
                                //deployment
    pinMode(A2, OUTPUT); // A2 assigned output for
                            //powercontroll over
                            //servoregulator

    servokrybb.attach(6); // Attach cradleservo

    int rd = digitalRead(9); // Function to ensure
                              //leveling is not started
                              //before
                              //system has fallen to the
                              //ground

    while(rd == 1){
        rd = digitalRead(9);
    }
    delay(1000);
    while(rd == 0){
        rd = digitalRead(9);
    }

    pinMode(8, OUTPUT); // Set Cradleservo dataSSR
                        //high before detachment

    delay(100);
    digitalWrite(8, HIGH);
    delay(100);
    servokrybb.write(130); // Detach cradle from its
                            //lock

    delay(500);
    servokrybb.write(26); // Move servo into cradle
                            //to keep it out of the way

    delay(1000);
    digitalWrite(8, LOW); // Turn cradle-SSR back off

```

```

//SETUP RTC
DS3234_init(cs, DS3234_INTCN);
DS3234_clear_a2f(cs);
set_next_alarm(); // Set first alarm
attachInterrupt(0, INT0_ISR, LOW); // Attach interrupt

// SETUP LEVELING
servox.attach(3); // Attach x-axis servo to pin 3
servoy.attach(5); // Attach y-axis servo to pin 5

pinMode(ssx_power, OUTPUT);
pinMode(ssx_data, OUTPUT);

digitalWrite(ssx_data, HIGH); // Turn on data to servos
delay(100);
servox.write(nx); // Write mid-position for starting reference x-axis

delay(50);
servoy.write(ny); // Write mid-position for starting reference y-axis

delay(100);
digitalWrite(ssx_power, HIGH); // Turn on power to servos
delay(500);
}

void loop()
{
    int xarr[8]; // Define array to store sensorvalues x-axis
    int yarr[8]; // Define array to store sensorvalues y-axis

    for(int y = 0; y < 8; y++){ // For loop is used when the system wakes up to
        xarr[y] = analogRead(sensx); // to see if the sensor is still in place. If it
        yarr[y] = analogRead(sensy); // if it is, the system will go back to sleep
        delay(100);
    }
    int xarrc = (xarr[0] + xarr[1] + xarr[2] + xarr[3] + xarr[4] + xarr[5] + xarr[6] + xarr[7])/8;
    int yarrc = (yarr[0] + yarr[1] + yarr[2] + yarr[3] + yarr[4] + yarr[5] + yarr[6] + yarr[7])/8;

    if(xarrc > 506 && xarrc < 518 && yarrc > 506 && yarrc < 518){
        sleep();
    }
}

```



```

//LOOP LEVELING
while(i < 5){

    for(int y = 0; y < 8; y++){

        xarr[y] = analogRead(sensx);
        yarr[y] = analogRead(sensy);
    }
    int xarrc = (xarr[0] + xarr[1] + xarr[2] + xarr[3] + xarr[4] + xarr[5]
+ xarr[6] + xarr[7])/8;
    int yarrc = (yarr[0] + yarr[1] + yarr[2] + yarr[3] + yarr[4] + yarr[5]
+ yarr[6] + yarr[7])/8;
    delay(10);

    if(xarrc > 508 && xarrc < 516 && yarrc > 508 && yarrc < 516){
        //Dont move anything if
        // sensor is within given
        // parameters
        delay(1000);
        i = i+1;
    }

    digitalWrite(A2, LOW);
    delay(10);
    digitalWrite(ssx_power, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(ssx_data, HIGH);

    if(xarrc > 516)

    {
        i = 0;
        servox.write(nx);

        nx = nx-1;
        delay(10);
        outofboundsx(nx);
    }

    if(yarrc > 516)

    {
        i = 0;
        servoy.write(ny);

        ny = ny+1;
        delay(10);
        outofboundsy(ny);
    }

    if(xarrc < 508)

    {

```

```

        i = 0;
        servox.write(nx);

        nx = nx+1;
        delay(10);
        outofboundsx(nx);
    }

    if(yarrc < 508)
    {
        i = 0;
        servoy.write(ny);
        ny = ny-1;
        delay(10);
        outofboundsy(ny);
    }
}

i = 0;

digitalWrite(ssx_data, LOW);
digitalWrite(ssx_power, LOW);
digitalWrite(A2, HIGH);

sleep();

}

void sleep() {

    if(time_interrupt==1){
        time_interrupt=0;

        set_next_alarm();

        DS3234_clear_a2f(cs);

        attachInterrupt(0, INT0_ISR, LOW);
        if (energy.WasSleeping())
        {
        }
        else
        {
        }
    }
    energy.PowerDown();

}

int outofboundsx(int nx) {

    if(nx >=120 || nx <= 60){

        nx = 90;

```

towards stability

// Reset counter before sleep

// Enter sleep function

// Function to handle sleep routine and turn off microcontroller

// set next alarm

// clear a2 alarm flag.

// Attach interrupt again  
// Debug to check sleep

// Let the Arduino power down and wait for alarm

// Function to handle situations where the servo position counter (nx) gets out of bounds.

// If counter is out of bounds, return servo to sensor angle



```

        return nx;
    }
    else{
        return nx;
    }
}
int outofboundsy(int ny){

    if(ny >=120 || ny <= 60){

        ny = 90;
        return ny;
    }
    else{

        return ny;
    }
}
// end

```

// If sensor is within bounds, return original value

// Function to handle situations where the servo-position counter (ny) gets out of bounds. // If counter is out of bounds, return servo to sensor angle

// If sensor is within bounds, return original value

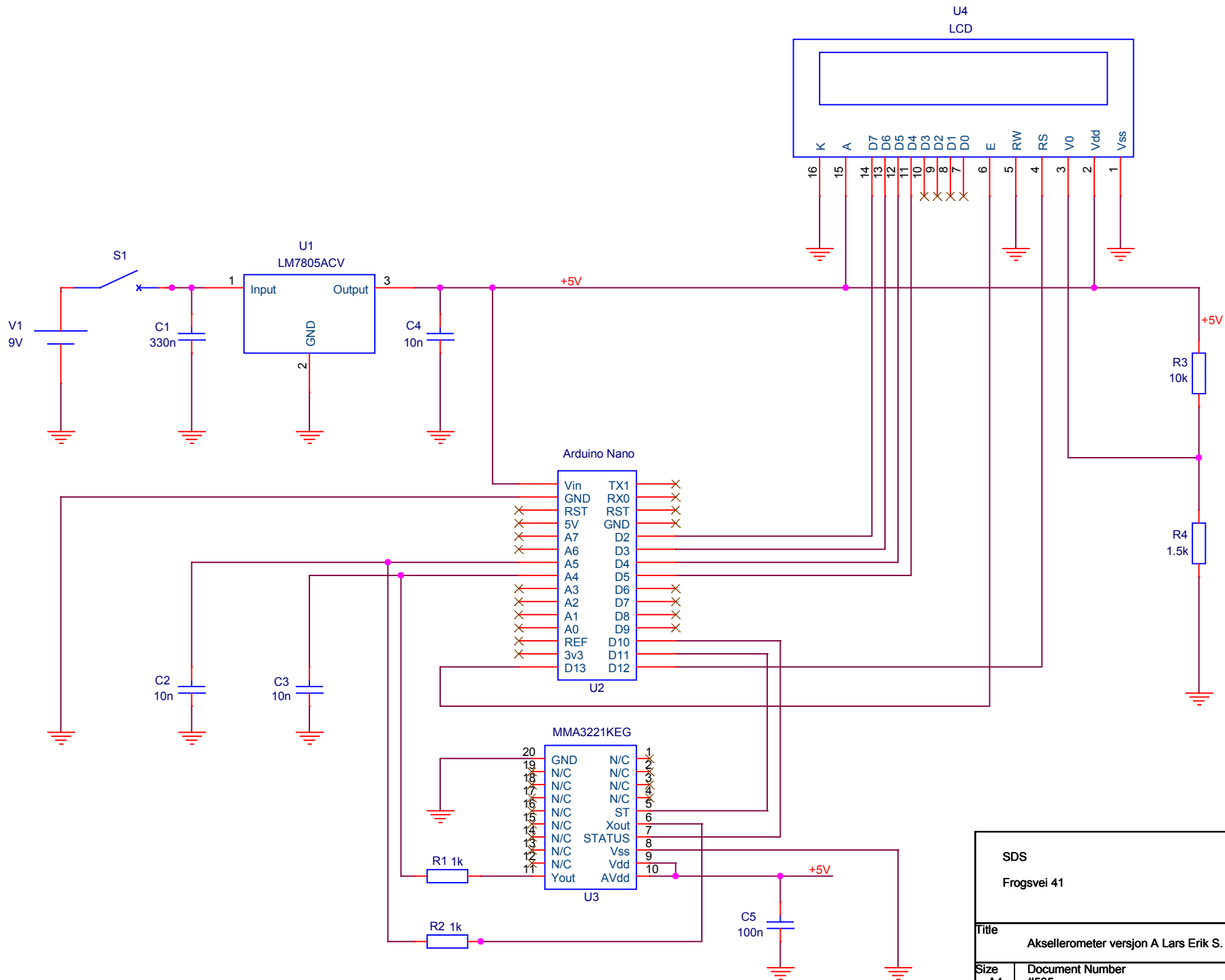



KONGSBERG

---



23



SDS Frogsvei 41			
Title Aksellerometer versjon A Lars Erik S. Moen			
Size A4	Document Number #505		Rev A
Date:	Thursday, March 12, 2015	Sheet	1 of 1

```

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12, 13, 5, 4, 3, 2);

void setup() {
  lcd.begin(16,2);
  pinMode(11, INPUT); //Status
  pinMode(10, OUTPUT); //Test
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  lcd.noDisplay();
  lcd.display();
  lcd.clear();
  delay(250);
  int enG1 = analogRead(A5);
  int enG2 = analogRead(A5);
  int enG3 = analogRead(A5);
  int enG4 = analogRead(A5);
  int enG = (enG1 + enG2 + enG3 + enG4) / 4;
  int Temp = enG;
  int refresh = 1000;
  delay(250);
  unsigned long previousmillis = millis();

  while(true) {
    int Btemp = analogRead(A5);
    int Btemp2 = analogRead(A5);
    int Bin = (Btemp+Btemp2)/2;

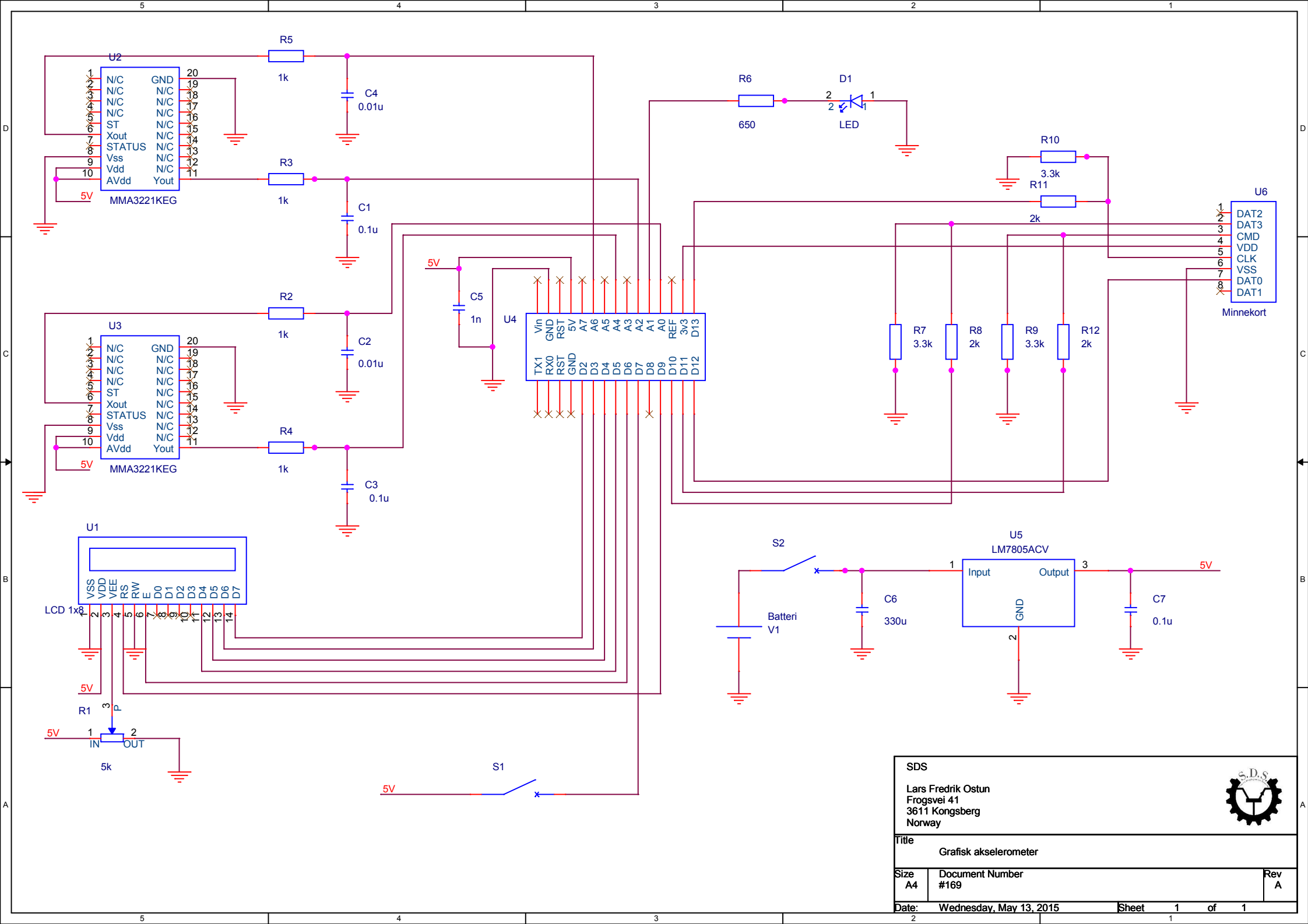
    if(Bin < Temp) {
      Temp = Bin ;
    }

    if(millis()-previousmillis>refresh) {
      float V= 0.004883 * Temp;
      float V2 = 0.004883 * Bin;
      float zero = 0.004883*enG;
      float spenning = zero*2;
      float diff = zero-V;
      float diff2 = zero-V2;
      float G = diff / (0.008 * spenning);
      float G2 = diff2 / (0.008 * spenning);
      G = G*10;
      int Gr = (int) G;
      G = (float) Gr /10;
      G2 = G2*10;
      int Gr2 = (int) G2;
      G2 = (float) Gr2 /10;
      if(G > 25) {
        G=round(G);
      }
    }

    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print("Max:");
    lcd.setCursor(11,1);

```

```
lcd.print(G);  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Dynamisk:");  
lcd.setCursor(11,0);  
lcd.print(G2);  
    previousmillis = millis();  
}  
  
}  
  
}
```



```

/*
Kode av: Espen J. Tangstad og Lars Fredrik Ostun
Deler av koden er basert på: Akselerometer_versjonA_A0_260215_506
av Lars Erik Moen
Delen av koden som sender informasjon over til SD-
kort er basert på eksempel " SD card datalogger "
av Tom Igoe, http://arduino.cc/en/Tutorial/Datalogger , 17.3.2015.

Ref.:
[1] Grafisk fremstilling matlab (#129)
*/

#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <LiquidCrystal.h>

const int chipSelect = 10;          //cs pinne SD-kort SPI protokoll

LiquidCrystal lcd(9, 6, 5, 4, 3, 2);

char adc;
char* type;
char ch1;
char ch2;
char* ch1n;
char* ch2n;
long ch1r;
long ch2r;

void setup(){
  lcd.begin(8,2);
  pinMode(A1, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(7, INPUT);          // Inngang for impulsbryter
  digitalWrite(7, HIGH);
  pinMode(10, OUTPUT);
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    return;
  }

  // Konfigurasjon av akse
  int g = 3;
  int imp = digitalRead(7);
  int count = 0;
  adc = A0;
  type = "Y";

  while(g >= 0){
    imp = digitalRead(7);
    if(imp == 0){
      count = count + 1;

      if(count == 0){
        adc = A0;
        type = "Y";
        g = 3;
      }
      else if(count == 1){
        adc = A2;
        type = "X";
        g = 3;
      }
    }
  }
}

```

```

    }
    else if(count == 2){
        adc = A6;
        type = "Z";
        g = 3;
    }
    else if(count == 3){
        adc = A0;
        type = "Y";
        g = 3;
        count = 0;
    }
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Aksel: ");
lcd.print(type);
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(g);
g = g-1;
delay(1000);

}

if (adc == A0){
    ch1 = A6;
    ch1n = "Z";
    ch1r = 56;
    ch2 = A2;
    ch2n = "X";
    ch2r = 17;
}
else if (adc == A6){
    ch1 = A0;
    ch1n = "Y";
    ch1r = 56;
    ch2 = A2;
    ch2n = "X";
    ch2r = 17;
}
else if (adc == A2){
    ch1 = A0;
    ch1n = "Y";
    ch1r = 56;
    ch2 = A6;
    ch2n = "Z";
    ch2r = 56;
}

}

int k = 0;
int r = 0;
int d = 0;

void loop(){
    int post;
    int pre;
    lcd.noDisplay();
    lcd.display();
    lcd.clear();

```



```

    delay(250);

// Sett nullpunkt basert på målinger
    int enG1 = analogRead(adc);
    long engGch11 = analogRead(ch1);
    long engGch21 = analogRead(ch2);
    delay(2);
    int enG2 = analogRead(adc);
    long engGch12 = analogRead(ch1);
    long engGch22 = analogRead(ch2);
    delay(2);
    int enG3 = analogRead(adc);
    long engGch13 = analogRead(ch1);
    long engGch23 = analogRead(ch2);
    delay(2);
    int enG4 = analogRead(adc);
    long engGch14 = analogRead(ch1);
    long engGch24 = analogRead(ch2);
    delay(2);
    int enGx = (enG1 + enG2 + enG3 + enG4) / 4;

//enGx holder nullpunktsverdien for målingen
    long engGch1 = (engGch11 + engGch12 + engGch13 + engGch14)/4;
    long engGch2 = (engGch21 + engGch22 + engGch23 + engGch24)/4;
    Serial.print(enGx);
    Serial.print(enGch1);
    Serial.print(enGch2);

//Målearray
    byte xlist[100];
    byte xlist2[100];

    while (d < 100){
        xlist[d] = 0;
        xlist2[d] = 0;
        d = d+1;
    }

//Start målinger etter xp5g || xm5g
    int xp5g = enGx + 41;
    int xm5g = enGx - 41;

    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("KLAR");

    int q = 0;
    long ch1v;
    long ch1s = 0;
    long ch2v;
    long ch2s =0;

    while(q < 1){

//Låst i løkke til systemet blir utsatt for store krefter
        int xtemp = analogRead(adc);
        if(xtemp > xp5g || xtemp < xm5g){
            pre = millis();

```

```

//Ta tid før målinger starter
    for(k = 0; k < 100; k++){

//Fyll første array med målinger
    digitalWrite(A1,HIGH);
    xtemp = analogRead(adc);
    xlist[k] = xtemp/4;
    delayMicroseconds(320);

    ch1v = analogRead(ch1);
    if(abs(ch1v) > abs(ch1s)){
        ch1s = ch1v;
    }
    ch2v = analogRead(ch2);
    if(abs(ch2v) > abs(ch2s)){
        ch2s = ch2v;
    }
    }
    for(int k = 0; k < 100; k++){

//Fyll andre array med målinger
    xtemp = analogRead(adc);
    xlist2[k] = xtemp/4;
    delayMicroseconds(320);

    ch1v = analogRead(ch1);
    if(abs(ch1v) > abs(ch1s)){
        ch1s = ch1v;
    }
    ch2v = analogRead(ch2);
    if(abs(ch2v) > abs(ch2s)){
        ch2s = ch2v;
    }
    }
    q = 1;
    post = millis();

//Ta tid etter alle målinger er fullført
    digitalWrite(A1,LOW);
    }
    }
    int elaps = post - pre;

//Brukt for å grafe reell tidsakse i matlab [1]
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Tid: ");
    lcd.print(elaps);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("En g:");

//Brukt for å sette midtpunkt i matlab [1]
    lcd.print(enGx);
    delay(3000);

    int range;

    if (adc == A0 || adc == A6){

```

```

//Velg måleområde basert på akse
    range = 56;
}
else{
    range = 17;
}

int gmax = 0;

//Regn om fra bit til g for å vise maksimalt utslag på LCD
for(int v = 0; v < 100; v++){

    float xg1 = 4*xlist[v];
    float xg3 = xg1*range;
    float xg2 = xg3/enGx;
    float xlistg = xg2-range;

    float xg21 = 4*xlist2[v];
    float xg23 = xg21*range;
    float xg22 = xg23/enGx;
    float xlist2g = xg22-range;

    if (gmax < abs(xlistg)){
        gmax = abs(xlistg);
    }
    else if(gmax < abs(xlist2g)){
        gmax = abs(xlist2g);
    }

    delay(10);
}
delay(10);

//Send all informasjon over til funksjon som tar for seg overføring til SD-
kort
transf(xlist,xlist2,type);

Serial.println(ch1s);
long ch11 = ch1s*ch1r;
    Serial.println(ch11);
long ch12 = ch11/enGch1;
    Serial.println(ch12);
long ch1max = ch12-ch1r;
    Serial.println(ch1max);

long ch21 = ch2s*ch2r;
long ch22 = ch21/enGch2;
long ch2max = ch22-ch2r;

lcd.clear();
while(true){
    lcd.setCursor(0,0);

//Post maksimal verdi til LCD
    lcd.print(type);
    lcd.print(":");
    lcd.print(gmax);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(ch1n);
    lcd.print(":");
    lcd.print(abs(ch1max));

```

```

    lcd.print(ch2n);
    lcd.print(":");
    lcd.print(abs(ch2max));
}
}

```

```

//Funksjon som tar for seg overføring av data til SD-kort
int transf(byte* list,byte* list2, char* typ){

```

```

    String data1;
    data1 += typ;

```

```

    for( int o = 0 ; o < 100; o++){
        data1 += String(list[o],DEC);
        data1 += " ";
    }

```

```

    File dataFile = SD.open(typ, FILE_WRITE);
    delay(100);
    if (dataFile) {
        dataFile.println("");
        dataFile.print(data1);
        dataFile.close();
    }
    else {
    }
    delay(10);

```

```

    data1 = "";

```

```

// Gjør om målearrayene til string.

```

```

    for( int d = 0 ; d < 100; d++){
        data1 += String(list2[d],DEC);
        data1 += " ";
    }

```

```

    dataFile = SD.open(typ, FILE_WRITE);
    delay(100);
    if (dataFile) {
        dataFile.print(data1);
        dataFile.close();
    }

```

```

        return 0;
    }
    else {
    }
}

```

```

%Grafisk fremstilling av falldemping
%Av: Espen J. Tangstad, SDS
clc,clear

%-- Parametre --%
dataX = []; %Legg til datapunkter her
dataY = [];
dataZ = [];

midX = ; %Legg til senterpunkt lest av fra display under test
midY = ;
midZ = ;

tX = ; %Legg til tid for datainnsamlingen lest av fra display under test
tY = ;
tZ = ;

%-- Kalkulasjon --%
dataY = dataY.*224;
dataY = dataY./midY;
dataY = dataY-56;

dataZ = dataZ.*224;
dataZ = dataZ./midZ;
dataZ = dataZ-56;

dataX = dataX.*68;
dataX = dataX./midX;
dataX = dataX-17;

Xtid = linspace(0,tX,length(dataX));
Ytid = linspace(0,tY,length(dataY));
Ztid = linspace(0,tZ,length(dataZ));

%-- Plot datapunkter --%
figure(1);
hold on;
title('Grafisk representasjon av falldemping');
plot(Xtid, dataX, 'b');
plot(Ytid, dataY, 'r');
plot(Ztid, dataZ, 'g');
legend('Y-akse', 'Z-akse');
ylabel('Akselerasjon (g)');
xlabel('Tid (ms)')

%%
%-- Parameter film --%

framerate = 50;
Zakse = VideoWriter('Zakse', 'Motion JPEG AVI');
Zakse.FrameRate = framerate;
open(Zakse);

```

```
%-- EXPORTER FILM --%
for test = 1:200
    figure(2);
    plot(dataZ(1:test), 'g');
    legend('Z-akse');
    hold on
    axis([0 215 -30 30]);

    frame = getframe;
    writeVideo(Zakse, frame)
end
close(Zakse)
```





KONGSBERG

---



24





# Vedlegg B: SAT protokoller

---



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #138	<b>DATO:</b>	07.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	019, 020, 021, 078		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

For å verifisere falldemping til produksjonsmodellen anvendes høyhastighetskamera som registrerer dempekurven slik at den kan analyseres i etterkant av prosjektgruppa og kunde ved overlevering.

Testnr. #138/1 til #138/5 tar for seg tester gjort ved HiT avdeling Prsgrunn. Dette grunnet avtale om å anvende deres høyhastighetskamera til formål nevnt ovenfor.

Det foreligger i tillegg grafisk fremstilling av dempekurven for hver test for å verifisere det grafiske akselerometeres egenskaper og å gi ytterligere innsikt opp mot filmene.

Testnr #138/6 og ut er optimaliseringer av falldempingen gjort i etterkant. Her foreligger ikke filmer av dempekurven. Det foreligger grafiske målinger gjort med det grafiske akselerometeret.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Produksjonsmodellens deployeres på gulvbelegg forran høyhastighetskamera. Grafisk akselerometer aktiveres på forhånd og registrerer systemets dempekurve. Data prosesseres i etterkant i MATLAB og Photron Fastcam viewer

- Photron høyhastighetskamera
- Photron Fastcam viewer
- Grafisk akselerometer versjon A
- MATLAB
- Arduino IDE (Endring av måleparameter under tester)

### MÅL FOR TEST

Teste systemets dempeurve med følgende dempespesifikasjoner:

Krybbedempere: 8x1,8mm , 150 CPS

Dempere i sidevegger: 2x1,2mm, 650 CPS

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#138/1	25g	2	41g	N/A

### KONKLUSJON

Systemet må optimaliseres. Film viser at dempere i sideveggene er for myke, noe som fører til at bunnplate koliderer med underlag i høy hastighet og påfører systemet resulterende negative krefter.

### MÅL FOR TEST

Teste systemets dempeurve med følgende dempespesifikasjoner:

Krybbedempere: 8x1,8mm , 150 CPS

Dempere i sidevegger: 2x1 mm, 650 CPS

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#138/2	25g	3	24	N/A

### KONKLUSJON

Testene viser gode resultater, men det er fortsatt rom for forbedring i krybeedempere. De 3 prøvene som ble gjennomført er ikke tilstrekkelig for å konkludere tilstrekkelig verifisering av systemets egenskaper. Måling #138/2-3 viser et negativt utslag på 27g. Det er tydelig ut fra film at krybbedemperne må gjøres stivere da de bruker full vandring og ender med å påføre systemet krefter i slutten av vandringen.

### MÅL FOR TEST

Teste systemets dempeurve med følgende dempespesifikasjoner:

Krybbedempere: 8x1,5mm , 150 CPS

Dempere i sidevegger: 2x1mm, 650 CPS

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#138/3	25g	1	34g	N/A

### KONKLUSJON

Det er gjort bare en måling. Det er tydelig fra film at krybbedemperne nå er for stive og bruker bare halve sin vandring.

### MÅL FOR TEST

Teste systemets dempeurve med følgende dempespesifikasjoner:

Krybbedempere: 8x1,5mm + 4x1mm , 150 CPS

Dempere i sidevegger: 2x1 mm, 650 CPS

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#138/4	25g	2	28	N/A

### KONKLUSJON

Film viser at systemet fortsatt er for stivt og anvender ca. 2/3 av sin vandring. Det er fortsatt nødvendig med mykere dempere.

### MÅL FOR TEST

Teste systemets dempeurve med følgende dempespesifikasjoner:

Krybbedempere: 8x1,5mm + 7x1mm , 150 CPS

Dempere i sidevegger: 2x1 mm, 650 CPS

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#138/5	25g	3	26	N/A

### KONKLUSJON

Siste optimalisering viser gode resultater, men det er fortsatt rom for forbedring ved endring av olje og videre dimensjonering av stempel. Dette konkluderer verifiseringen gjort ved HiT med høyhastighetskamera. Videre optimalisering vil gjøres ved hjelp av det grafiske akselerometeret når det blir kalibrert mot høyhastighetsfilmene.

TEST NR.:	#138/1 -> 138/5	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
#138/1-1	45g	Tid: 75ms Maks.: [Y:45, X:4, Z:10] FPS:2000
#138/1-2	37g	Tid: 75ms Maks.: [Y:37, X:7, Z:7] FPS:2000
#138/2-1	23g	Tid: 117ms Maks.: [Y:23, X:5, Z:5] FPS:2000
#138/2-2	22g	Tid: 136ms Maks.: [Y:22, X:2 Z:4] FPS:2000
#138/2-3	27g	Tid: 136ms Maks.: [Y:27, X:2 Z:3] FPS:5400
#138/3-1	34g	Tid: 136ms Maks.: [Y:34, X:3 Z:2] FPS:2000
#138/4-1	20g	Tid: 136ms Maks.: [Y:20, X:4 Z:7] FPS:2000
#138/4-2	36g	Tid: 136ms Maks.: [Y:31, X:8 Z:4] FPS:2000
#138/5-1	26g	Tid: 136ms Maks.: [Y:26, X:3 Z:4] FPS:2000
#138/5-2	31g	Tid: 136ms Maks.: [Y:31, X:5 Z:2] FPS:2000
#138/5-3	21g	Tid: 136ms Maks.: [Y:21, 6:3 Z:3] FPS:2000



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #162	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	022, 023, 024		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Omholt		

## BESKRIVELSE

Systemet deployeres på henholdsvis 20, 10 og 5 grader. Systemet må ikke bli utsatt for mer enn 25g for at testen skal være vellykket.

Systemet vil i tillegg testes med 5 nivelleringer i 10 og 20 grader. Dette vil verifisere om det er mulig å nivellere under alle. 20 grader testes først for å se om det er oppnåelig. Resultater dette i godkjent test vil det ikke gjennomføres tester i 10 og 5 grader da det følger at systemet kan innregulere under disse omstendighetene.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Grafisk akselerometer verifiserer hvor mange gravitasjoner systemet blir utsatt for under deployering og gradevater plasseres på systemet etter utført nivellering.

## MÅL FOR TEST

Målet for testen er å verifisere at systemet kan deployeres ved 20 graders helning **på sand** og ikke bli utsatt for mer enn 25g i noen akser

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#162/1	<25g	10	12,2	

## KONKLUSJON

Alle målinger er verifisert til å være under 25g. Test ansees derfor for godkjent

**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å verifisere at systemet kan deployeres ved 20 graders helning **på stein** og ikke bli utsatt for mer enn 25g i noen akser

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#162/2	<25g	10	16,9	
<b>KONKLUSJON</b>				
Alle målinger er verifisert til å være under 25g. Test ansees derfor for godkjent				

**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å verifisere at systemet kan deployeres ved 20 graders helning **på gress** og ikke bli utsatt for mer enn 25g i noen akser

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#162/3	<25g	10	13,7	
<b>KONKLUSJON</b>				
Alle målinger er verifisert til å være under 25g. Test ansees derfor for godkjent				

**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å verifisere at systemet kan deployeres ved 20 graders helning **på asfalt** og ikke bli utsatt for mer enn 25g i noen akser

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#162/4	<25g	10	19,8	
<b>KONKLUSJON</b>				
Alle målinger er verifisert til å være under 25g. Test ansees derfor for godkjent				

**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å verifisere at systemet kan deployeres ved 20 graders helning **på betong** og ikke bli utsatt for mer enn 25g i noen akser

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#162/5	<25g	10	20,3	
<b>KONKLUSJON</b>				
Alle målinger er verifisert til å være under 25g. Test ansees derfor for godkjent				

**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å se om systemet kan nivellere sensor i forhold til horisontalplanet ved en helning på 20°

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#162/6	±2°	5	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b>				
Nivelleringskrybbe tillater ikke å nivellere sensor med horisontalplanet ved 20 graders helning. Testen underkjennes.				

**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å se om systemet kan nivellere sensor i forhold til horisontalplanet ved en helning på 10°

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#162/7	±2°	5	(0.28, 0.36)	(0.9, 0.5)
<b>KONKLUSJON</b>				
Krybbeannordning kan nivellere sensor iforhold til horisontalplanet i alle akser. Testen er derfor godkjent. Det er ikke nødvendig å teste ved 5 graders helning.				



TEST NR.:	#162/1	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	X:2, Z:6, Y:11	Y ER VERTIKAL AKSE
2	X:2, Z:5, Y:14	
3	X:3, Z:5, Y:13	
4	X:4, Z:6, Y:11	
5	X:2, Z:5, Y:9	
6	X:3, Z:5, Y:11	
7	X:2, Z:6, Y:12	
8	X:4, Z:6, Y:14	
9	X:2, Z:5, Y:3	
10	X:3, Z:7, Y:14	

TEST NR.:	#162/2	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	X:2, Z:6, Y:18	Y ER VERTIKAL AKSE
2	X:3, Z:6, Y:14	
3	X:3, Z:5, Y:16	
4	X:4, Z:5, Y:18	
5	X:3, Z:6, Y:17	
6	X:2, Z:7, Y:17	
7	X:3, Z:5, Y:16	
8	X:2, Z:7, Y:18	
9	X:3, Z:8, Y:17	
10	X:2, Z:7, Y:18	

TEST NR.:	#162/3	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	X:2, Z:6, Y:12	Y ER VERTIKAL AKSE
2	X:3, Z:6, Y:14	
3	X:1, Z:7, Y:13	
4	X:2, Z:3, Y:16	
5	X:3, Z:4, Y:13	
6	X:3, Z:3, Y:15	
7	X:2, Z:5, Y:12	
8	X:4, Z:5, Y:15	
9	X:2, Z:5, Y:13	
10	X:2, Z:4, Y:14	

TEST NR.:	#162/4	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	X:5, Z:7, Y:20	Y ER VERTIKAL AKSE
2	X:5, Z:6, Y:19	
3	X:4, Z:8, Y:20	
4	X:6, Z:5, Y:18	
5	X:7, Z:7, Y:21	
6	X:5, Z:7, Y:23	
7	X:4, Z:4, Y:20	
8	X:4, Z:5, Y:21	
9	X:7, Z:8, Y:19	
10	X:5, Z:7, Y:18	

TEST NR.:	#162/5	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	X:3, Z:7, Y:20	Y ER VERTIKAL AKSE
2	X:3, Z:7, Y:22	
3	X:4, Z:6, Y:20	
4	X:3, Z:8, Y:19	
5	X:5, Z:5, Y:21	
6	X:4, Z:7, Y:19	
7	X:6, Z:6, Y:22	
8	X:4, Z:8, Y:20	
9	X:5, Z:5, Y:19	
10	X:4, Z:6, Y:21	

TEST NR.:	#162/7	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
#162/7-1	(+0,4°, +1 °)	(x, z)
#162/7-2	(+0,6°, +0,1°)	(x, z)
#162/7-3	(-1,5°, +0,8°)	(x, z)
#162/7-4	(+0,9°, -0,4°)	(x, z)
#162/7-5	(+1 °, 0,3°)	(x, z)



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #165	<b>DATO:</b>	10.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	027		
<b>ANSVARLIG:</b>	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

Testen skal verifisere at systemet ikke volder skade på kjøretøy under deployering. Testene gjøres ved at systemet deployeres gjennom førervindu på personbil. Slipphøyde 1 meter.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Subaru Legacy 2002  
Chevrolet Blazer 1996  
Meterstokk

Testene gjøres ved at systemet deployeres fra sittende stilling i førersete, ut av førervindu.

## MÅL FOR TEST

Mål for test er å deployere systemet fra sittende stilling i kjøretøy, for å verifisere at det ikke volder skade på kjøretøyet det deployeres fra.

Kjøretøy: Subaru Legacy, 2002, stasjonsvogn.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#165/1	Ingen skade	5	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Ingen av de 5 testene skadet kjøretøyet de ble utført med.

**MÅL FOR TEST**

Mål for test er å deployere systemet fra sittende stilling i kjøretøy, for å verifisere at det ikke voldes skade på kjøretøyet det deployeres fra.

Kjøretøy: Chevrolet Blazer, 1996, SUV.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#165/2	Ingen skade	5	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b>				
Ingen skade på kjøretøy. Test godkjent.				

TEST NR.:	#165/1, #165/2	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	Ingen skade på kjøretøy	
2	Ingen skade på kjøretøy	
3	Ingen skade på kjøretøy	
4	Ingen skade på kjøretøy	
5	Ingen skade på kjøretøy	
1	Ingen skade på kjøretøy	
2	Ingen skade på kjøretøy	
3	Ingen skade på kjøretøy	
4	Ingen skade på kjøretøy	
5	Ingen skade på kjøretøy	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #166	<b>DATO:</b>	10.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	028		
<b>ANSVARLIG:</b>	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes av personell, det er derfor viktig å verifisere at systemet ikke påfører operatør fysisk skade under deployering.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Testene gjøres ved at operatør deployerer systemet fra stående stilling, med en fallhøyde på 1 meter for systemet.

Utstyr:

- Testperson A, 180cm.
- Testperson B, 195cm.
- Meterstokk

## MÅL FOR TEST

Test utføres av testperson A.

Mål for test: Ingen fysisk skade på testperson.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#166/1	Ingen skade	5	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b>				
Testperson ikke skadet.				

**MÅL FOR TEST**

Test utføres av testperson B.

Mål for test: Ingen fysisk skade på testperson.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#166/2	Ingen skade	5	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b>				
Ingen skade på testperson, test godkjent.				

TEST NR.:	#166/1, 166/2	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	Ingen skade	
2	Ingen skade	
3	Ingen skade	
4	Ingen skade	
5	Ingen skade	
1	Ingen skade	
2	Ingen skade	
3	Ingen skade	
4	Ingen skade	
5	Ingen skade	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #167	<b>DATO:</b>	11.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	029		
<b>ANSVARLIG:</b>	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

I kravspesifikasjon står systemet spesifisert til å skulle oppfylle IP2X. Dette testes ved benytte 12.5mm test-dor, som forsøkes å trenge inn i systemet i transportkonfigurasjon.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Systemet settes i transportkonfigurasjon, og test-dor forsøkes å trenge inn i systemet fra vilkårlig retning.

Utstyr:

- 12.5mm IP2X test-dor

## MÅL FOR TEST

Målet for testen er å verifisere at systemet oppfyller kravene til IP2X klassifisering.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#167/1	<12.5mm åpninger	1	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Systemet oppfyller ikke IP2X. Nærmeste oppnådde IP klassifisering er IP1X.





# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #139	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	032		
<b>ANSVARLIG:</b>	Lars Erik Solberg Moen		

## BESKRIVELSE

Sluttprodukt nivelleres til dvalefunksjon intreffer. Det gjøres 15 tester for å verifisere at systemet nivellerer innenfor krav. Systemet testes ved 10 graders helning

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Gradevater plasseres på systemet etter utført nivellering.

## MÅL FOR TEST

Målet for testen er å se at innregulering av krybbe er i henhold til krav satt.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#139/1	$\pm 2^\circ$	15	(0.12, 0.18)	(0.79, 0.75)

## KONKLUSJON

Nivelleringsrutinen er tilstrekkelig til å oppnå krav om nivellering. Testen ansees som godkjent på dette grunnlag.





# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #148	<b>DATO:</b>	16.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	001, 002, 003		
<b>ANSVARLIG:</b>	Espen J. Tangstad		

## BESKRIVELSE

I denne testen skal vekten til produktet verifiseres.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Vekt

## MÅL FOR TEST

Verifisere at systemet ikke veier mer en 2kg slik at krav 3.1.1.1 oppfylles

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#148/1	2kg	2	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Vekten på systemet er uner 2kg og testen ansees som godkjent.



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #149	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	004, 005, 006		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Omholt		

## BESKRIVELSE

Transportstørrelsen til systemet skal være maks 300x300x300mm, 250x250x250mm eller 200x200x200mm (A, B og C krav).

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Testkube med mål 200x200x200mm

## MÅL FOR TEST

Målet for testen er å verifisere at systemet ikke overstiger 200x200x200mm.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#149/1	<200x200x200mm	1	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Systemet passer i testkube uten å tvinges, test ansees som godkjent.



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #150	<b>DATO:</b>	16.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	007		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Utviklingskostnader skal ikke overskride 50000kr. Dette skal verifiseres i denne testen.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Budsjett

## MÅL FOR TEST

Verifisere at utviklingskostnader ikke har oversteget 50000kr.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#150/1	50000kr	1	N/A	N/A

## KONKLUSJON

SDS har brukt ca to tredjedeler av det totale beløpet og testen ansees som godkjent



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #151	<b>DATO:</b>	10.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	008		
<b>ANSVARLIG:</b>	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

Testen skal verifisere at alle komponenter er kommersielt tilgjengelig.

Kommersielt tilgjengelig er her definert som:

- Ferdig fabrikerte deler (dempere, elektroniske komponenter osv.)
- Materialer som kan kjøpes på åpent marked
- Deler produsert hos 3. part

Delelister går gjennom for å verifisere at alle deler har et opphav som tilsier at det er kommersielt tilgjengelig.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Delelister

## MÅL FOR TEST

Verifisere at systemet er satt sammen av kommersielt tilgjengelige deler.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#151/1	N/A	1	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b>				
Godkjent				



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #152	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	009		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes på betong fra 1 meter uten å bli utsatt for mer enn 25g. Dette testes med dropprigg og akselerometer.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg  
Dummy sensor med akselerometer.

## MÅL FOR TEST

Verifisere at systemet ikke utsettes for mer enn 25g ved slipp mot betong fra 1 meter.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#152/1	<25g	10	18.5g	N/A

## KONKLUSJON

Alle målinger er under 25g, test ansees som godkjent.

TEST NR.:	#152/1	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	17	
2	17	
3	20	
4	19	
5	20	
6	18	
7	17	
8	20	
9	19	
10	18	





# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #153	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	010		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes på stein fra 1 meter uten å bli utsatt for mer enn 25g. Dette testes med dropprigg og akselerometer.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg  
Dummy sensor med akselerometer.

## MÅL FOR TEST

Verifisere at systemet ikke utsettes for mer enn 25g ved slipp mot stein fra 1 meter.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#153/1	<25g	10	18g	N/A
<b>KONKLUSJON</b> Alle målinger er under 25g, test ansees som godkjent.				

TEST NR.:	#153/1	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	16	
2	17	
3	18	
4	17	
5	13	
6	20	
7	21	Stor stein midt under bunnplate
8	19	
9	18	
10	21	Stor stein midt under bunnplate



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #154	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	011		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes på grus fra 1 meter uten å bli utsatt for mer en 25g. Dette testes med dropprigg og akselerometer.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg og dummy sensor.

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#154/1	25g	10	19,7	N/A

## KONKLUSJON

Alle målinger er under 25g og testen ansees som godkjent.

TEST NR.:	#154/1 -> 154/10	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
#154/1	20	
#154/2	16	
#154/3	22	
#154/4	24	
#154/5	18	
#154/6	22	
#154/7	19	
#154/8	17	
#154/9	21	
#154/10	18	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #155	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	012		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes på sand fra 1 meter uten å bli utsatt for mer en 25g. Dette testes med dropprigg og akselerometer.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg og dummy sensor med akselerometer

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#155/1	25g	10	13,6	N/A

## KONKLUSJON

Alle målinger er under 25g og testen ansees som godkjent.

TEST NR.:	#155/1 -> 155/10	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
#155/1	14	
#155/2	15	
#155/3	11	
#155/4	15	
#155/5	11	
#155/6	14	
#155/7	15	
#155/8	14	
#155/9	16	
#155/10	11	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #156	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	013		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Omholt		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes på gress fra 1 meter uten å bli utsatt for mer en 25g. Dette testes med dropprigg og akselerometer.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg og dummy sensor.

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#156/1	25g	10	23.4	N/A

## KONKLUSJON

Tre av ti målinger er større eller lik 25g, gjennomsnittet er allikevel under 25g. Grunnen til dette er at sideveggene ikke alltid glir fritt ut som de er tiltenkt. Dette gjør at det horisontale dempersystemet ikke utnytter hele vandringsveien. Siden underlaget er såpass forskjellig fra sted til sted blir det vanskelig å gi underlaget en klar definisjon. Men siden gjennomsnittet er under 25g anses testen som godkjent.

TEST NR.:	#156/1 -> 156/10	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
#156/1	26	
#156/2	24	
#156/3	23	
#156/4	27	
#156/5	25	
#156/6	23	
#156/7	22	
#156/8	23	
#156/9	21	
#156/10	20	





# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #157	<b>DATO:</b>	12.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	014		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Omholt		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes på asfalt fra 1 meter uten å bli utsatt for mer en 25g. Dette testes med dropprigg og akselerometer.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg og dummy sensor med akselerometer

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#157/1	25g	10	20,8	N/A

## KONKLUSJON

Alle målinger er under 25g og testen ansees som godkjent.

TEST NR.:	#157/1 -> 157/10	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
#157/1	20	
#157/2	18	
#157/3	17	
#157/4	18	
#157/5	21	
#157/6	24	
#157/7	22	
#157/8	23	
#157/9	23	
#157/10	22	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #158	<b>DATO:</b>	13.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	015		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Her skal systemet kjøles til 0°C. Dette kan føre til økt viskositet i olje, som påvirker resultater. Det skal testes at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg  
Kjøleskap  
Dummy sensor med akselerometer

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#158/1	<25g	10	20.7	N/A
<b>KONKLUSJON</b> Alle målinger er under 25g, og testen ansees som godkjent.				

TEST NR.:	#158/1	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	20	
2	21	
3	22	
4	19	
5	19	
6	21	
7	20	
8	23	
9	21	
10	21	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #159	<b>DATO:</b>	13.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	016		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Systemet varmes opp til en kjernetemperatur 30°C og slippes for å forsikre at oljens viskositet ikke blir for lav ved 30°C.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg  
Varmeovn  
Dummy sensor med akselerometer

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#159/1	<25g	10	21	N/A

## KONKLUSJON

Alle målinger er under 25g, og testen ansees som godkjent.

TEST NR.:	#159/1	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	22	
2	20	
3	23	
4	21	
5	20	
6	22	
7	20	
8	19	
9	23	
10	20	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #160	<b>DATO:</b>	13.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	017		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

I denne testen skal systemet lagres i 0°C for så å tas ut i 20°C og testes. Dette er for å verifisere at systemet operer som tiltenkt etter lagringsperioden med tanke på både demping og de elektriske komponentene.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dropprigg og dummy sensor med akselerometer  
Gradevater

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor med akselerometer ikke blir utsatt for mer enn 25g.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#160/1	25g	10	20,2	N/A

## KONKLUSJON

Alle målinger er under 25g og testen ansees som godkjent.

### MÅL FOR TEST

Verifisere at elektrisk system opprettholder funksjonalitet.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#160/2	N/A	10	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b> Full funksjonalitet. Test godkjent.				

TEST NR.:	#160/1 -> 160/10	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
#160/1	21	Full funksjonalitet elektrisk
#160/2	20	Full funksjonalitet elektrisk
#160/3	22	Full funksjonalitet elektrisk
#160/4	19	Full funksjonalitet elektrisk
#160/5	21	Full funksjonalitet elektrisk
#160/6	20	Full funksjonalitet elektrisk
#160/7	19	Full funksjonalitet elektrisk
#160/8	19	Full funksjonalitet elektrisk
#160/9	21	Full funksjonalitet elektrisk
#160/10	20	Full funksjonalitet elektrisk





# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #161	<b>DATO:</b>	13.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	018		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Systemet lagres i 30°C over en periode, for å verifisere at systemet opererer som tiltenkt etter lagringsperiode.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Varmeovn  
Dropprigg  
Dummy sensor

Systemet ligger lagret varmt, tas så ut av lagring og deployeres.

## MÅL FOR TEST

Verifisere at dummy sensor ikke blir utsatt for mer enn 25g under deployering.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#161/1	<25g	10	21.8g	N/A

## KONKLUSJON

Alle målinger er under 25g, test ansees som godkjent.

<b>MÅL FOR TEST</b> Verifisere at elektrisk system opprettholder funksjonalitet.				
<b>TEST NR.</b>	<b>AKSEPTKRITERIE</b>	<b>ANTALL PRØVER</b>	<b>GJENNOM SNITT</b>	<b>STANDARDVVIK</b>
<b>#161/2</b>	N/A	10	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b> Full funksjonalitet. Test godkjent.				

<b>TEST NR.:</b>	<b>#161/1</b>	
<b>PRØVE:</b>	<b>RESULTAT:</b>	<b>KOMMENTAR:</b>
1	22g	Full funksjonalitet elektronisk.
2	22g	Full funksjonalitet elektronisk.
3	20g	Full funksjonalitet elektronisk.
4	23g	Full funksjonalitet elektronisk.
5	21g	Full funksjonalitet elektronisk.
6	21g	Full funksjonalitet elektronisk.
7	20g	Full funksjonalitet elektronisk.
8	24g	Full funksjonalitet elektronisk.
9	23g	Full funksjonalitet elektronisk.
10	22g	Full funksjonalitet elektronisk.



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #163	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	025		
<b>ANSVARLIG:</b>	Lars Erik Solberg Moen		

## BESKRIVELSE

Prosjektgruppa har ingen mulighet til å teste at systemet opererer over 1 uke. Under et ukesintervall er det aktuelt for systemet å vedlikeholdsnivellere og dette er gjennomført i test 048, 049 som konkluderer med at systemet kan vedlikeholdsnivellere i 1 uke uten problemer. Det er derfor tilstrekkelig å anta at systemet vil fungere som platform for sensor i 1 uke.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #164	<b>DATO:</b>	16.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	026		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Systemet skal lages for bruk en gang. Denne testen er for å sjekke om alle krav er overholdt i SAT.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

N/A

## MÅL FOR TEST

Verifisere at alle tester er godkjent i SAT

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#164/1	N/A	1	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Alle tester er godkjent.



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #165	<b>DATO:</b>	10.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	027		
<b>ANSVARLIG:</b>	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

Testen skal verifisere at systemet ikke volder skade på kjøretøy under deployering. Testene gjøres ved at systemet deployeres gjennom førervindu på personbil. Slipphøyde 1 meter.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Subaru Legacy 2002  
Chevrolet Blazer 1996  
Meterstokk

Testene gjøres ved at systemet deployeres fra sittende stilling i førersetet, ut av førervindu.

## MÅL FOR TEST

Mål for test er å deployere systemet fra sittende stilling i kjøretøy, for å verifisere at det ikke volder skade på kjøretøyet det deployeres fra.

Kjøretøy: Subaru Legacy, 2002, stasjonsvogn.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#165/1	Ingen skade	5	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Ingen av de 5 testene skadet kjøretøyet de ble utført med.

### MÅL FOR TEST

Mål for test er å deployere systemet fra sittende stilling i kjøretøy, for å verifisere at det ikke voldes skade på kjøretøyet det deployeres fra.

Kjøretøy: Chevrolet Blazer, 1996, SUV.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#165/2	Ingen skade	5	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b>				
Ingen skade på kjøretøy. Test godkjent.				

TEST NR.:	#165/1, #165/2	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	Ingen skade på kjøretøy	
2	Ingen skade på kjøretøy	
3	Ingen skade på kjøretøy	
4	Ingen skade på kjøretøy	
5	Ingen skade på kjøretøy	
1	Ingen skade på kjøretøy	
2	Ingen skade på kjøretøy	
3	Ingen skade på kjøretøy	
4	Ingen skade på kjøretøy	
5	Ingen skade på kjøretøy	



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #166	<b>DATO:</b>	10.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	028		
<b>ANSVARLIG:</b>	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

Systemet skal kunne slippes av personell, det er derfor viktig å verifisere at systemet ikke påfører operatør fysisk skade under deployering.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Testene gjøres ved at operatør deployerer systemet fra stående stilling, med en fallhøyde på 1 meter for systemet.

Utstyr:

- Testperson A, 180cm.
- Testperson B, 195cm.
- Meterstokk

## MÅL FOR TEST

Test utføres av testperson A.

Mål for test: Ingen fysisk skade på testperson.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVARIASJON
#166/1	Ingen skade	5	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Testperson ikke skadet.

**MÅL FOR TEST**

Test utføres av testperson B.

Mål for test: Ingen fysisk skade på testperson.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#166/2	Ingen skade	5	N/A	N/A
<b>KONKLUSJON</b>				
Ingen skade på testperson, test godkjent.				

TEST NR.:	#166/1, 166/2	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	Ingen skade	
2	Ingen skade	
3	Ingen skade	
4	Ingen skade	
5	Ingen skade	
1	Ingen skade	
2	Ingen skade	
3	Ingen skade	
4	Ingen skade	
5	Ingen skade	





# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #167	<b>DATO:</b>	11.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	029		
<b>ANSVARLIG:</b>	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

I kravspesifikasjon står systemet spesifisert til å skulle oppfylle IP2X. Dette testes ved benytte 12.5mm test-dor, som forsøkes å trenge inn i systemet i transportkonfigurasjon.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Systemet settes i transportkonfigurasjon, og test-dor forsøkes å trenge inn i systemet fra vilkårlig retning.

Utstyr:

- 12.5mm IP2X test-dor

## MÅL FOR TEST

Målet for testen er å verifisere at systemet oppfyller kravene til IP2X klassifisering.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#167/1	<12.5mm åpninger	1	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Systemet oppfyller ikke IP2X. Nærmeste oppnådde IP klassifisering er IP1X.



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #168	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	030		
<b>ANSVARLIG:</b>	Espen Tangstad		

## BESKRIVELSE

Enheten er utstyrt med manuell aktiveringsbryter. Denne er plassert slik at det ikke er mulig å aktivere systemet uønsket.

Testen innebærer å frakte systemet for hånd og i bil med belastning mot aktiveringsbryter for å se om den kan aktiveres utilsiktet.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Etter transport utføres manuell aktivering

## MÅL FOR TEST

Ikke aktivere systemet med mindre det er tiltenkt. Systemet transporteres for hånd over tilfeldig område.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#168/1	N/A	1	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Systemet ble ikke aktivert av personell under transport for hånd. Det er ingen grunn til å anta at selv-aktivering vil forekomme.

### MÅL FOR TEST

Ikke aktivere systemet med mindre det er tiltenkt. Systemet transporteres med bil over tilfeldig område.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#168/2	N/A	1	N/A	N/A

### KONKLUSJON

Systemet ble ikke aktivert under transport.



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #140	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	033, 034, 035		
<b>ANSVARLIG:</b>	Espen J. Tangstad		

## BESKRIVELSE

Systemet settes i vinkel og tidtaking blir gjort fra systemet startes til det faller til ro og mikrokontroller går i dvale.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Stoppeklokke anvendes for tidtaking. Klokke startes når impulsbryter er sluppet og systemet begynner innreguleringsprosedyren.

## MÅL FOR TEST

Målet for testen er å se at innregulering er i henhold til kravet med hensyn på tid. Det anvendes stoppeklokke for å ta tiden under 10 innreguleringer

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#140/1	30	10	11,1	2,26

## KONKLUSJON

Testene er ikke tilstrekkelig til å nivellere systemet innen 5 sekunder. Systemet klarer fint å innregulere på under 15 sekunder. Testen er derfor godkjent på B-kravet.

TEST NR.:	#140/1	
PRØVE:	RESULTAT:	KOMMENTAR:
1	13	Ved vinkel +13 grader
2	15	Ved vinkel +13 grader
3	9	Ved vinkel +13 grader
4	13	Ved vinkel +13 grader
5	8	Ved vinkel +13 grader
6	13	Ved vinkel -13 grader
7	12	Ved vinkel -13 grader
8	9	Ved vinkel -13 grader
9	9	Ved vinkel -13 grader
10	10	Ved vinkel -13 grader



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #141	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	036, 037		
<b>ANSVARLIG:</b>	Espen J. Tangstad		

## BESKRIVELSE

Nivelleringsrutinen trekker mye strøm. Det må derfor testes at batterisystem er tilstrekkelig til å nivellere systemet i en uke.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Etter beregninger og observasjoner virker det oppnåelig å nivellere systemet etter krav (168 ganger)

Måleverktøy:  
Ampèremeter  
Voltmeter

## MÅL FOR TEST

Se at systemet kan nivelleres i en uke, en gang i timen. Spenning og strøm overvåkes under hele testen.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#141/1	168	170	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Etter 170 innreguleringer er batterispenningen fortsatt ved 8V. Det kan derfor konkluderes at kravet er oppnådd.



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #142	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	038		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Testen skal verifisere at sensor har fri sikt av 30 øverste mm etter fullført nivelleringsrutine.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Verktøy for sjekk av fri sikt

## MÅL FOR TEST

Testen skal verifisere at sensor har fri sikt, øverste 30mm, 360°.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#142/1	Fri sikt 30mm 360°	2	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Sensor har fri sikt de øverste 30mm 360° rundt, i alle tilfeller av nivellering inntil kravet nivelleringsystemet har oppnådd (10° helning på underlag).



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #143	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	039, 040, 041		
<b>ANSVARLIG:</b>	Lars Fredrik Ostun		

## BESKRIVELSE

Systemet som designet vil gi sensor fri sikt ved første kontakt med underlag. Det er derfor ikke nødvendig med videre testing for å verifisere krav.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY





# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #146	<b>DATO:</b>	15.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	045, 046, 047		
<b>ANSVARLIG:</b>	Espen J. Tangstad		

## BESKRIVELSE

Det følger av testene 033, 034 og 035 at B-krav for denne testen er oppnådd. Databehandlingen er tilstrekkelig til å oppnå nivelleringen beskrevet i overnevnte tester.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY



# SAT-PROTOKOLL

<b>PROTOKOLL NR.:</b>	Dok. #176	<b>DATO:</b>	07.05.2015
<b>TEST-IDer:</b>	084		
<b>ANSVARLIG:</b>	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Alle sider må være fullstendig nedfelt før systemet slippes.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Visuell inspeksjon

## MÅL FOR TEST

Verifisere at sideveggene er fullstendig nedfelt før systemet treffer bakken.

TEST NR.	AKSEPTKRITERIE	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDARDVVIK
#176/1	N/A	1	N/A	N/A

## KONKLUSJON

Så lenge operatøren lar sideveggene felle seg helt ned før han slipper trykker på utløseren så er det ingen fare for at sideveggene ikke er fullstendig nedfelt.



KONGSBERG

---



25



# Vedlegg C: Testprotokoller (alfa, beta, Charlie)

---

- 1 Kryssliste tester charlie**
- 2 Testprotokoll charlie**
- 3 Testprotokoll beta**
- 4 Testprotokoll alfa**

Test ID	Testprotokoll/Testnummer	Testprotokoll/Testnummer	Testprotokoll/Testnummer	Måloppnåelse	Godkjent
	Alfa	Beta	Charlie		
001	#513/1	#607/1	N/A	100 %	Ja
002	#513/1	#607/1	N/A	100 %	Ja
003	#513/1	#607/1	N/A	100 %	Ja
004	#513/2	#607/2	N/A	100 %	Ja
005	#513/2	#607/2	N/A	100 %	Ja
006	#513/2	#607/2	N/A	66,60 %	Nei
007	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
008	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
009	N/A	#604/2	N/A	N/A	N/A
010	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
011	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
012	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
013	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
014	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
015	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
016	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
017	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
018	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
019	#512/1 til #512/4	N/A	N/A	0 %	Nei
020	#512/1 til #512/4	N/A	N/A	0 %	Nei
021	#512/1 til #512/4	#604/1,7, 9,11,12,13	N/A	0 %	Nei
022	#516/1	N/A	N/A	100 %	Ja
023	#516/1	N/A	N/A	100 %	Ja
024	#516/1	N/A	N/A	100 %	Ja
025	#517/1, #517/2	#605/2	N/A	N/A	N/A
026	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
027	N/A	N/A	#700/1	100 %	Ja
028	N/A	N/A	#700/2	100 %	Ja
029	#513/3	#607/3	N/A	0 %	Nei
030	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
031	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
032	#516/1, #516/2	N/A	N/A	100 %	Ja
033	#516/2	N/A	N/A	100 %	Ja
034	#516/2	N/A	N/A	N/A	Nei
035	#516/2	N/A	N/A	N/A	Nei
036	#517/1, #517/2	#605/1, #605/2	N/A	N/A	N/A
037	#517/1, #517/2	#605/1, #605/2	N/A	N/A	N/A
038	#514/1	#608/1	N/A	100 %	Ja
039	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
040	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
041	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
042	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
043	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
044	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
045	#516/2	N/A	N/A	100 %	Ja
046	#516/2	N/A	N/A	N/A	Nei
047	#516/2	N/A	N/A	N/A	Nei
048	N/A	#605/3, #605/4	N/A	100 %	Ja
049	N/A	#605/3, #605/4	N/A	100 %	Ja
050	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
051	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
052	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
053	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
054	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
055	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
056	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
057	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
058	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
059	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
060	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
061	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
062	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
063	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
064	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
065	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
066	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
067	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
068	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
069	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
070	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
071	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
072	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
073	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
074	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
075	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
076	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
077	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
078	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
079	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
080	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
081	#514/4	#607/4	N/A	100 %	Ja
082	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #700	DATO:	
UNDERSYSTEM(ER):	Utløssersystem	PROTOTYPE:	Charlie
ANSVARLIG:	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

I disse testene skal utløssersystemet testes, da med hensyn på funksjon og brukervennlighet. Testene og deres resultater er kun gyldig for prototype charlie.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Bil

MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å verifisere at prototype Charlie overholder kravet om at systemet skal kunne deployeres av <del>personell</del> personell					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#700/1	N/A	5	N/A	N/A	100%
KONKLUSJON					
Utløseren ivaretar krav 3.1.1.28.					
RELEVANTE TEST-IDer	<del>028</del> 028 <del>028</del>				

MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å verifisere at prototype Charlie overholder kravet om at systemet skal kunne deployeres fra stasjonære kjøretøy.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#700/2	N/A	2	N/A	N/A	100%
KONKLUSJON					
Utløseren ivaretar krav 3.1.1.27					
RELEVANTE TEST-IDer	027				





# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #605	DATO:	02.03.15
UNDERSYSTEM(ER):	Batterisystem	PROTOTYPE:	Beta
ANSVARLIG:	Lars Fredrik Ostun		

## BESKRIVELSE

Ved implementering av batterisystem for overordnet elektronikk og instrumentering er det nødvendig å redusere strømforbruket. Dette gjøres via en RTC klokke med alarm som setter systemet i dvale for å spare strøm.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Systemet skal ette hvor vedlikeholdsnivellen hver time. Det blir derfor testet at systemet legges i dvale og våkner på ette minuttets intervall.

Verktøy:

Fornell DM131 - For måling av strømtrekk ved våken og dvale tilstand.



MÅL FOR TEST					
Mål: at drøttestruktur reduserer strømtrekk og vedlar seg systemet etter 7 min. for vedlikeholdsnivellering.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#605/1	N/A	5	N/A	N/A	100%
KONKLUSJON					
Drøttestruktur er implementert tilstoddelig til å effektivt redusere strømtrekk på alle nødvendige komponenter under drøttestruktur.					
RELEVANTE KRAV Test ID-er	036, 037				

MÅL FOR TEST					
Karakterisere styresystemets strømtrekk. Målinger gjort uten tilkoblede servomotorer. Tilkoblede kretser er Arduino nano, RTC, 3stk photomos relé. Målingen utført ved 5V etter swicthe regulator.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#605/2	N/A	1	28mA/35mA	N/A	N/A
KONKLUSJON					
I første del av styreprogram (uten photomos relé tilkoblet) ble det målt et strømtrekk på 28mA. Ved påslag av photomos relé ble det målt et strømtrekk på 35mA.					
RELEVANTE KRAV Test ID	036, 037, 025				

MÅL FOR TEST					
<del>Mål</del> Mål minimum spenning for regulatoren faller ut av regulering					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
605/3	N/A	1	5,8		N/A
KONKLUSJON					
Regulatoren faller ut av regulering ved $\approx 5,8V$					
RELEVANTE KRAV					

MÅL FOR TEST					
Karakterisere kretsens strømforbruk i dvalemodus krets m/regulator					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
605/4	N/A	1			
KONKLUSJON					
Kretsen og regulator forbruker <del>200</del> 12mA i dvalemodus					
RELEVANTE KRAV					

MÅL FOR TEST					
Måle kretsens strømtrekk for regulator					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
605/4		1	44/36mA		
<p>KONKLUSJON</p> <p>Kretsens strømtrekk ble målt til 44mA med: regulator, RTC, Arduino, akselbometer uten og photomos releer.</p> <p><del>Med</del> photomos releer trakk kretsen 36mA</p>					
RELEVANTE TEST-IDer					

MÅL FOR TEST					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
<p>KONKLUSJON</p>					
RELEVANTE TEST-IDer					



# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #607	DATO:	01.04.15
UNDERSYSTEM(ER):	Mekanisk Kapsling	PROTOTYPE:	Beta
ANSVARLIG:	Håvard Omholt		

## BESKRIVELSE

I disse testene skal den mekaniske kapslingen testes, da med hensyn på størrelse, vekt og funksjon. Testene og deres resultater er kun gyldig for prototype beta.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Metestokk  
vekt med  $\pm 10g$  nøyaktighet  
Malestar IP2X



**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å verifisere at prototype beta overholder krav om total vekt av systemet.

TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#607/1	> 2 kg	1	1808	0	100

**KONKLUSJON**

Prototype beta veier  $1808\text{ g} \pm 10\text{ g}$ . Dette innebar krav 3.1.1.1, 3.1.1.21, 3.1.1.22

**RELEVANTE TEST-IDer**

003, 002, 001

**MÅL FOR TEST**

Målet for testen er å verifisere at prototype beta overholder krav til transportstørrelse av systemet

TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#607/2	7200mm . 200mm . 200mm	1	206x200x200	0	66.66

**KONKLUSJON**

Prototype beta har transportmål  $206 \times 200 \times 200\text{ mm}$  og oppfyller dermed krav 3.1.1.23. og 3.1.1.24. krav 3.1.1.2. oppfylles ikke

**RELEVANTE KRAV**

004, 005, 006

### MÅL FOR TEST

Målet for testen er å verifisere at kopling omslutter de indre komponenter, ved oppbevaring.

TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#607/3	IP2X	1	-	-	0

### KONKLUSJON

Koplingen kan ikke omslutte de indre komponentene grunnet avstand mellom brunnplaten og mellom spaceren.  
Krav 3.1.1.29 oppfylles ikke

RELEVANTE  
TEST-IDer

029

### MÅL FOR TEST

Mål for test er å verifisere om prototype beta oppfyller krav til beskyttelsesgrad etter depløying.

TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#607/4	IPXX	1	IPXX	0	100

### KONKLUSJON

Oppfyller IPXX  
krav 3.1.1.34 overholdt

RELEVANTE  
KRAV

081



# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #608	DATO:	01/04/15
UNDERSYSTEM(ER):	Siktlinje	PROTOTYPE:	Beta
ANSVARLIG:	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

Disse testene tar for seg krav om fri sikt 360° rundt sensoren.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Måleverktøy for fri sikt.

MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å se om vi klarer å oppnå krav 3.2.3.6.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
1	Fri sikt	1	-	-	100%
KONKLUSJON					
Systemet oppnådde fri sikt de øverste 30mm av sensoren 360° rundt. I en helning på 20° er det ene sideflaten i veien, men det har liten betydning når bakken er i veien 10cm lenger bak.					
RELEVANTE TEST-IDer	Test ID 038				

MÅL FOR TEST					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
KONKLUSJON					
RELEVANTE KRAV					





# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #517	DATO:	07.03.15
UNDERSYSTEM(ER):	Batterisystem	PROTOTYPE:	alpha
ANSVARLIG:	Lars Fredrik Ostun		

## BESKRIVELSE

Batterisystem er ikke en prioritet under alpha, systemet er designet for optimalisert strømsparing og dette blir målt slik at batterisystem kan designes deretter.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Det vil bli målt strømtrekk ved maksimal last og over tid.

Måleutrustning \*Farnell DM-131 Multimeter for måling av strømtrekk.

\*FLUKE 175 for måling av maksimalt strøm - trekk.

MÅL FOR TEST					
Måle <del>strøm</del> trekk på styresystem til utvelking over tid for å danne grunnlag for batterisystem.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
# 517/1	N/A	N/A	24mA	N/A	N/A
KONKLUSJON Ved et kontinuerlig strømtrekk over lang tid på 24mA vil det være nødvendig å dimensjonere batterisystem iht. krav 3.2.2.8 eller 3.2.2.9. Anse gjennomsnittlighet!					
RELEVANTE KRAV <del>Fester</del>	036, 037, 025				

MÅL FOR TEST					
Måle <del>strøm</del> maksimalt strømtrekk på kretsen for eventuelt se nødvendigheten med varm eller vertikal av komponenter.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#517/2	N/A	5	225mA	N/A	N/A
KONKLUSJON Dette strømtrekket oppstår når systemet initialiseres og serverene sluss på. Dimensjoner silvring deretter, i tillegg ta dette til betraktning ved dimensjonering av batterier.					
RELEVANTE KRAV <del>Fester</del>	036, 037, 025				



# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. # <del>xxx</del> 513	DATO:	03.03.2015
UNDERSYSTEM(ER):	Mek. kopsling	PROTOTYPE:	alpha
ANSVARLIG:	Henrik Solberg		

## BESKRIVELSE

I disse testene skal den mekaniske kopslingertestes  
mht. størrelse, vekt og funksjon.

Testene og deres resultater er kun gyldig for  
prototype alpha

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Meterstokk

Vekt med  $\pm 10g$  nøyaktighet

Målestav IP2X



MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å verifisere at prototype alpha overholder krav til total vekt av systemet.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#5/3/1	> 2kg	1	1855g	0	100
KONKLUSJON Prototype alpha veier 1855g ± 10g. Dette innefar krav 3.1.1.21, 3.1.1.22, 3.1.1.1.					
RELEVANTE KRAV test	003, 002, 001				

MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å verifisere at prototype alpha overholder krav til transportstørrelse av systemet.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#5/3/2	> 200mm·200mm·200mm	1	208·208·215	0	66.66
KONKLUSJON Prototype alpha har transportmål 208·208·215mm og oppfyller dermed krav 3.1.1.23 og 3.1.1.24. Krav 3.1.1.2 oppfyller ikke.					
RELEVANTE KRAV test	004, 005, 006				

MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å verifisere at kapslingen omslutter de indre komponenter, ved oppbevaring.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#53/3	IP2X	1	-	-	0
KONKLUSJON					
Kapslingen kan ikke omslutte de indre komponentene grunnet de respektive komponenters geometri. Krav 3.1.1.29 oppfylles ikke.					
RELEVANTE KRAV	029				
test					

MÅL FOR TEST					
Mål for test er å verifisere om proto type alpha oppfyller krav til beskyttelsesgrad etter deployering					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#53/4	IPXX	1	IPXX	0	100
KONKLUSJON					
Oppfyller IPXX. Krav 3.1.1.34 overholdt.					
RELEVANTE KRAV	081				
testid.					



# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #512	DATO:	03.03.2015
UNDERSYSTEM(ER):	Falldemping	PROTOTYPE:	alpha
ANSVARLIG:	Henrik Solberg Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

I disse testene skal falldempingen testes. Det betyr både dempingen i sideveggene og dempingen festet til nivåeringskrybben. Antall hull i stempelet i demperen varierer sammen med trykkelsen på oljen til vi oppnår det optimale resultatet.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Dummy sensor red 6-måler.  
Dropprigg for korrekt dropphøyde.



MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å se hvor mye vi klarer å dempe systemet med olje iso vg 46 og 2 hull i stempelet på demperne.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#512/1	5, 10 eller 15 G	5	506	1,58	0%
KONKLUSJON					
Sideveggene ble fjernet fordi de feilet. Det ble regnet ut en passende dropphøyde for å teste dempingen av krysiblen separat. Dette er beskrevet i vedlegg ..... og dropphøyden ble da 47cm. Laveste måling ble 486 og høyeste måling ble 526. Demperne fikk ikke brukt hele vandrings og vi lagde derfor flere hull i stempelet i demperen og testet på nytt i test nr 2.					
RELEVANTE					
<del>KRAV</del> Test	019,020,021				

MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å øke antall hull i stempelet i demperen og bruke maksimalt av vandrings på demperne uten at de lønner.					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#512/2	5, 10 eller 15 G	5	40,66	2,40	0%
KONKLUSJON					
Med 2 nye hull i stempelet på 1,5mm (på tilsammen 4 hull 2x1mm og 2x1,5mm) fikk vi økt oljegyennomstrømningen i demperne og dermed fikk vi brukt hele vandrings på demperne. Ca 406 er fortsatt en høy verdi og vi må derfor finne en bedre måte å dempe på prototype Beta.					
RELEVANTE					
<del>KRAV</del> Test	019,020,021				

**MÅL FOR TEST**

Målet for denne testen er å se om vi kan få bruket enda mer av vandringer enn i test 2. Nå er hullene i stempelen boret opp til 1,5 mm alle sammen.

TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#512/3	5, 10 eller 15 G	5	50 G	1,6	0%

**KONKLUSJON**

Med 4 hull på 1,5 mm så ble det demperne og resultatet ble dårligere enn i test 2.

**RELEVANTE****KRAV**

Test 019, 020, 021

**MÅL FOR TEST**

Målet for denne testen er å se om vi kan unngå at demperne brenner med 4 hull på 1,5 mm og tykkere olje enn i test 1, 2 og 3. I test 1, 2 og 3 ble det brukt olje med viskositetsgrad 46. I test 4 blir det brukt olje med viskositetsgrad 48.

TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#512/4	5, 10, 15 G	5	49	1,58	0%

**KONKLUSJON**

Viskositetsgrad 48 var ikke høyt nok til å unngå at demperne brenner. Det ble litt bedre resultat enn test 3, men test nr 2 er best.

**RELEVANTE****KRAV**

Test 019, 020, 021





## 1 Dokumentets hensikt

Under testing av prototype alpha, er det hensiktsmessig å teste dempersystemet mellom bunnflate og nivelleringskrybbe separat. I henhold til rapport om systemløsning [1], skal dette dempersystemet ta opp 15-40% av den totale dempingen.

For å teste systemet separat trengs det derfor en ekvivalent slipp høyde. Fra denne høyden, skal opplevd akselerasjon for sensor være tilsvarende som for det komplette systemet. Det vil si at hvis systemet i sin komplette form skal oppleve maksimalt 15G akselerasjon, skal sensoren registrere den samme akselerasjon fra den ekvivalente slipp høyden for dette undersystemet.

Beregningen er kun gyldig for prototype alpha.

## 2 Beregning av slipp høyde

Vekt av undersystem nivellering inkl. dummy sensor  $M_n$ : 750g

Vekt av total fjæret masse (inkl. bunnflate osv.)  $M_t$ : 1075g

Potensiell energi for hele systemet:

$$M_t * g * h = 1.075kg * 9.81m/s^2 * 1m = 10.54J$$

Antar sekundært dempersystem skal ta opp ca. 1/3 av total demping:

$$\frac{1}{3} * 10.54J = 3.51J$$

Dette er altså den kinetiske energien det sekundære dempersystemet må absorbere.

Fart undersystemet må ha for å oppnå denne kinetiske energien:

$$\frac{1}{2} M_n V^2 = E_{k_n} \quad \rightarrow \quad V = \sqrt{\frac{E_{k_n}}{M_n * 0.5}} = \sqrt{\frac{3.51J}{0.750kg * 0.5}} = 3.05m/s$$

Slipp høyde nødvendig for å nå V:

$$2as = V^2 \quad \rightarrow \quad h = \frac{V^2}{2g} = \frac{3.05^2 m/s^2}{2 * 9.81 m/s^2} = 0.47m = 47cm$$



### 3 Konklusjon

Undersystemet må slippes fra 47cm for å dempe 33.33% av total demping, gitt vekt av disse undersystemer

### 4 Referanser

[1] Rapport, valg av systemløsning, dok #110, 03.03.2015

### 5 Dokumenthistorikk

#### Versjon A.0:

Opprettet dokument

*Opprettet av: Henrik Solberg*



# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #516	DATO:	07.03.15
UNDERSYSTEM(ER):	Nivellering	PROTOTYPE:	alpha
ANSVARLIG:	Lars Fredrik Ostun		

## BESKRIVELSE

Prototype alfa uten monterte sidevegger testes for nivelleringsfunksjonalitet. En av to akser skal testes i alfa  
Følgende punkter testes:

- \* Presisjon nivellering
- \* Responstid

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

- Gradskeive  
Vinkelavvik etter nivelleringsrutine måles med  
gradskeive oppspenn til labbstativ  
Før nivelleringsrutine kjøres settes systemet i helning  
720° med sensor i plassert i plan med krybbe
- Stoppeklokke  
Stoppeklokke startes når strømforsyning aktiveres  
Stoppeklokke stoppes når nivelleringsrutin har kjørt.

MÅL FOR TEST					
Undersøke om styresystemet er tilstrekkelig til 2 nivållere sensor i helning, med ønsket presisjon. Det anvendes måle- verktøy som ikke påvirker systemet som testes. Se vedlegg. Målinger gjøres fra utgangsposisjon $\pm 20^\circ$ helning					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#516 / 1	<del>Ø</del> $4 \pm 2^\circ$	12	$+0,5^\circ$	$+0,54^\circ$	100%
KONKLUSJON Ved nivålling av 7-akse oppfylles styresystemet 3.2.2.2 med svært god måloppnåelse. Gjennomsnittlig margin til krav $\downarrow$ og 3.1.1.20 tilsvarende $1,5^\circ$ .					
RELEVANTE <del>KRAV</del> Tester	024, 032, 023, 022				

MÅL FOR TEST					
Undersøke om nivålling av krybbe tilfredstillende krav om respons- tid. Tid registreres til nivålling, er tilfredstillende og krybben har intatte stasjonær tilstand i min. 5 sekunder. Det legges til 7 sekund per test for å kompensere for menneskelig responsid					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#516/2	$< 20$ sek.	12	13,7 sek.	2,93	100%
KONKLUSJON Ved God måloppnåelse, som forbeholdes. Det tas forbehold om at test bare var for seg 7-akse. Responsid vil være høyere for et 2-akset system.					
RELEVANTE <del>KRAV</del> Tester	032, 033, 034, 035, 045, 046, 047				

# Vedlegg #516/1

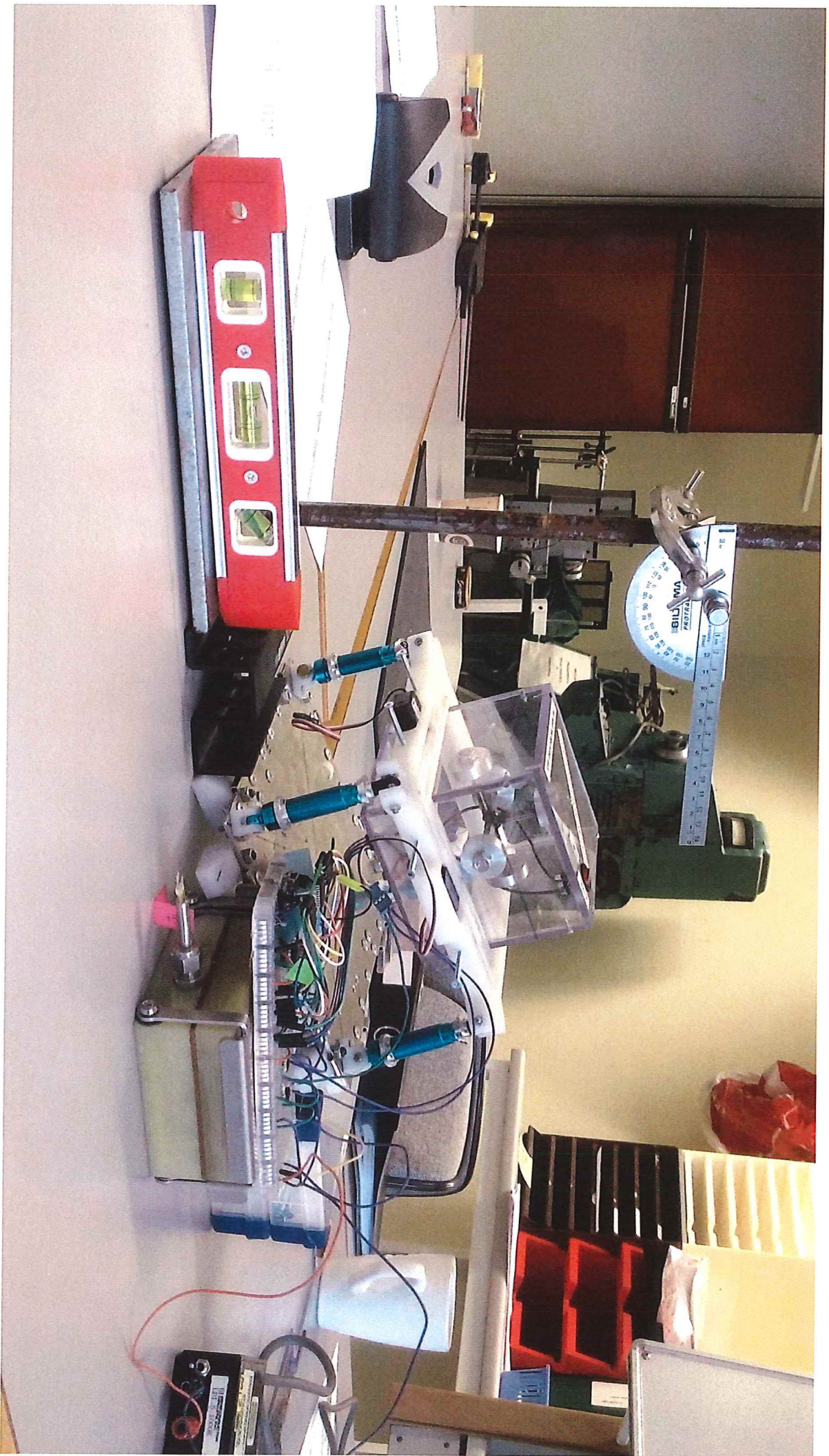
Måleresultater: (avvik fra  $0^\circ$  i forhold til horisontalplan)

	Nr:	Avik:
+20°	1	+1°
	2	+1° - 1,2°
	3	0°
	4	+0,1°
	5	+0,1°
	6	-0,4°
-20°	1	+1,2°
	2	+0,9°
	3	+0,2°
	4	+0,5°
	5	+0,3°
	6	+1°



# Måleresultater responstid #5/6/2

	Nr:	Resultat: (sekunder)	
÷ 20°	1	13 + 1	14
	2	14 + 1	15
	3	15 + 1	16
	4	18 + 1	19
	5	14 + 1	15
	6	17 + 1	18
+ 20°	7	10 + 1	11
	8	10 + 1	11
	9	11 + 1	12
	10	10 + 1	11
	<del>10</del> 11	10 + 1	11
	12	10 + 1	11







# TESTPROTOKOLL

PROTOKOLL NR.:	Dok. #514	DATO:	03.03.2015
UNDERSYSTEM(ER):	Siktlinje	PROTOTYPE:	alpha
ANSVARLIG:	Håvard Larsen		

## BESKRIVELSE

I disse testene skal siktelinjen testes.

## MÅLEMETODER OG VERKTØY

Testtrigg for å holde fri sikt.



MÅL FOR TEST					
Målet for testen er å se om sensoren har fri sikt 360° rundt de øverste 30 mm					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
#54/1	Fr sikt	1			100%
KONKLUSJON					
Så lenge sensoren er montert med toppen 60 mm over krykka så oppfyller vi kravet om fri sikt de øverste 30mm 360° rundt sensoren.					
RELEVANTE KRAV	038				

MÅL FOR TEST					
TEST NR.	ØNSKET PARAMETER	ANTALL PRØVER	GJENNOM SNITT	STANDAR DAVVIK	% OPPNÅDD
KONKLUSJON					
RELEVANTE KRAV					



KONGSBERG

---



26

# Sammendrag timelister for SDS

Under følger et sammendrag av timelister levert under hovedprosjektet for prosjektgruppe 1: Sensor Deployment System. Timene ført inn i dette dokumentet er låst pr 15.05.2015 Det er estimert et timeforbruk i prosjektets siste to uker (ikke enda registrert) på 200-500 timer. Med timer registrer vil prosjektets estimerte timesforbruk være mellom 3413 og 3713 timer. Usikkerheten i dette estimatet begrunnes i usikkerheten rundt nødvendige forberedelser mot siste presentasjon.

Tabell 1: Timer registrer per person og totalt registrerte timer pr 15.05.2015

Timeforbruk SDS	Timer totalt:
Lars Erik Solberg Moen	570
Espen J. Tangstad	551
Lars Fredrik Ostun	474
Håvard Larsen	544,5
Håvard Omholt	531,5
Henrik Solberg	542
Totalt timeforbruk i prosjektet	3213
Totalt estimerte timer pr 22.01.2015 dok. #212 rev. A	3339
Totalt estimerte timer pr 24.04.2015 dok. #212 rev. E	3294

Tabell 2 viser timer registrer inn per iterasjon mot det estimerte timetallet i forkant av start på iterasjon. Disse timene er kun registrert på direkte produktrelatert arbeid og kan derfor ikke direkte leses mot prosjektets totale timesforbruk. Fullstendig timelistematrix dok. #217, med summering per aktivitet og samtlige førte timer i prosjektet per person med aktivitetsnummer og dato kan leses på vedlagt DVD. Samtlige timelister registrer kan leses i skannet utgave på nevnte DVD.

Tabell 2: Timer estimert timer forbruk per iterasjon

Benevnelse iterasjon	Timer totalt brukt:	Budsjettet:	Avvik:
Alfa	520	938	418
Beta	532,5	510	-22,5
Charlie	169,5	295	125,5
Produksjonsmodell	419	335	-84



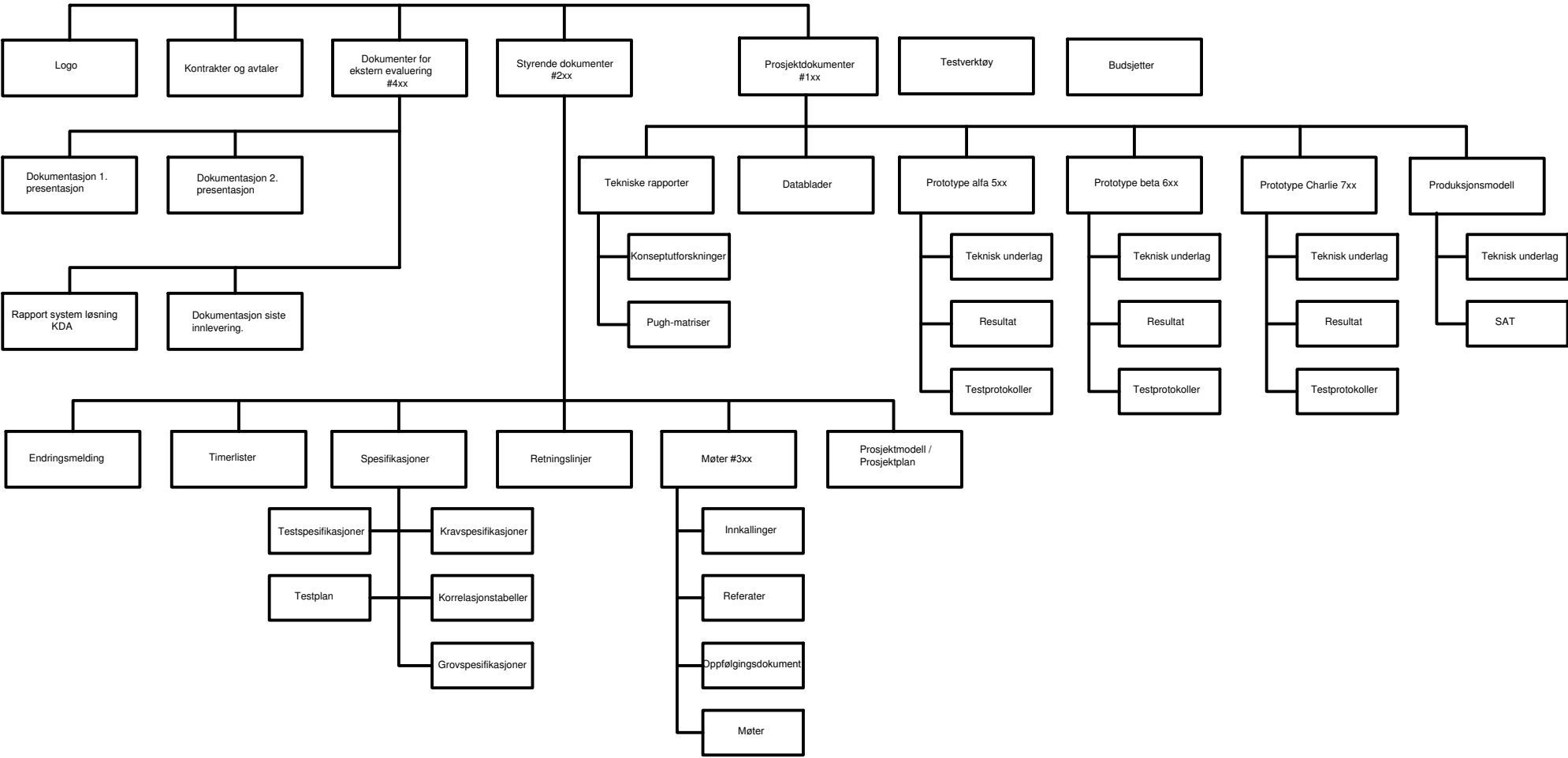
KONGSBERG

---



27

# Mappekart på vedlagt DVD





KONGSBERG

---



28



# Vedlegg F: Kontrakter og avtaler

---

- 1      Endringsmelding falldemping**
- 2      Endringsmelding utløsermekanisme**
- 3      Godkjenning av kravspesifikasjon KDA**
- 4      Samarbeidskontrakt SDS**
- 5      Standardavtale HVB, KDA, SDS**



## ENDRINGSMELDING

<b>Kort beskrivelse:</b>	Krav om falldemping ønskes endret			<b>ECR</b>	<b>X</b>
<b>Endringsmld. nr:</b>	Dok. #221	<b>Forrige endringsmld.:</b>	-		
<b>Dato:</b>	24.04.15	<b>Skal evalueres av:</b>	Kongsberg Defence & Aerospace		
<b>Ansvarlig:</b>	Espen J. Tangstad				
<b>Godkjennes av:</b>	Stian S. Solberg				
<b>Distribusjon:</b>	Ekstern				

BESKRIVELSE	TEKST
<b>Hva skal endres</b>	Det ønskes en endring i krav om falldemping 3.1.1.17:  <i>"Sensor skal ikke utsettes for mer enn 15 g i noen akser under deployering fra 1 meter"</i>  Til en noe høyere verdi som drøftes i møte 24.04.15
<b>Grunnlag for endring</b>	Endringen ønskes da det ikke er realistisk å oppnå overnevnte krav med nåværende systemløsning.
<b>Påvirkede dokumenter</b>	Kravspesifikasjon (#207), Testspesifikasjon (#210), Testplan (#211)
<b>Hvis ikke godkjent (grunn)</b>	

Godkjent av:

*Sti*

Sted / Dato:

*Kongsberg*

*24.04.2015*

*For referat fra møte 24/4-15  
se møterreferat Dok #355*





# ENDRINGSMELDING

<b>Kort beskrivelse:</b>	Anvendelse av toppflaten til sensor for innfesting av utløser	<b>ECR</b>	<b>X</b>
<b>Endringsmld. nr:</b>	Dok. #222	<b>Forrige endring mld.:</b>	-
<b>Dato:</b>	26.04.15	<b>Skal evalueres av:</b>	Kongsberg Defence & Aerospace
<b>Ansvarlig</b>	Håvard Omholt		
<b>Godkjennes av:</b>	Stian S. Solberg		
<b>Distribusjon:</b>	Ekstern		

BESKRIVELSE	TEKST
<b>Hva skal endres</b>	For å oppnå et stabilt utlørsystem ønsker utviklingsgruppen å anvende toppflaten av sensoren som innfesting for utløser. Denne innfestingen vil enten bestå av noen form for krok eller sugekopp.
<b>Grunnlag for endring</b>	Endringen har grunnlag i konseptutforskning for utløser (#130). For å anvende ønsket konsept er det nødvendig å anvende sensor for innfesting. Dette vil føre til høyere stabilitet under falldempingsfasen av deployeringen som er kritisk for å opprettholde sensorens integritet.
<b>Påvirkede dokumenter</b>	-
<b>Hvis ikke godkjent (grunn).</b>	

Godkjent av:

Sted / Dato:

Kongsberg / 29.4.2015



## Godkjenning av kravspesifikasjon Kongsberg Defence & Aerospace

Vi godkjenner at kravspesifikasjon versjon A er tilfredstillende med hensyn på kriteriene satt av KDA for gjennomføring av bacheloroppgave 2015. Dette dokumentet kan videre brukes som underlag for gjennomføring av prosjekt våren 2015. Eventuelle endringer utover dette basert på kriteriene satt av KDA må begrunnes og godkjennes før de implementeres i kravspesifikasjonen.

Hans Ivar Østensen  
Eksten sensor  
Kongsberg Defence & Aerospace

Stian S. Solberg  
Eksten veileder  
Kongsberg Defence & Aerospace

## **Samarbeidskontrakt**

### Prosjektgruppe hovedoppgave 2014-2015

#### **Kontraktens gyldighet:**

Kontrakten er gyldig f.o.m 12.11. 2014 til prosjektet er avsluttet.

#### **Kontrakten omfatter gruppens medlemmer:**

- Espen J. Tangstad
- Håvard Omholt
- Håvard Larsen
- Henrik Solberg
- Lars Erik Solberg Moen
- Lars Fredrik Ostun

#### **Mål:**

Avtalens formål er å beskrive grunnleggende retningslinjer og plikter for gruppens medlemmer.

#### **Gruppens felles ansvar:**

Gruppens felles ansvar er å inkludere alle gruppens medlemmer, avklare problemstilling, fordele arbeidsoppgaver, løse eventuelle konflikter, sette interne tidsfrister og overholde eksterne tidsfrister.

Større avgjørelser angående prosjektet skal tas av gruppen i plenum, om nødvendig med avstemning blant gruppens medlemmer.

#### **Gruppens forpliktende organisering:**

##### **Lederrollen:**

Lederen velges med flertall av gruppens medlemmer.

Leder kan velges på nytt ved flertall i gruppen. Leder utpeker referent (fast eller rullerende) og kontrollerer eventuelle andre rollefordelinger.

Leders oppgaver og funksjon:

- Koordinere gruppen
- Ordstyrer og møteleder, samt innkalle til møter ved behov.
- Fordele arbeid som ikke naturlig fordeler seg selv.

- Utpeke referent.
- Avklare eventuell disputt.
- Leder har dobbeltstemme ved generell avstemming og eventuell disputt.
- Følge opp arbeid, og administrere gruppens dokumenter.

**Gruppens medlemmer:**

Gruppens medlemmer forplikter seg til å stille til alle møter, og utføre alle pålagte arbeidsoppgaver til avtalt tid, samt varsle om eventuelt planlagt fravær eller uoverkommelige tidsfrister. Hvis medlemmer ikke oppfyller sine forpliktelser kan gruppen sanksjonere medlemmet.

Med en sanksjon menes her gruppens mulighet til å varsle HBV om medlemmets mangel på bidrag i gruppen.

Eventuelle nye medlemmer i gruppen forplikter seg til å følge gjeldende avtale slik den foreligger.

**Jeg anerkjenner at dette er et bindende dokument.**

**Jeg anerkjenner mine plikter som medlem / leder.**

**Jeg anerkjenner gruppens sanksjonsmuligheter.**

Har End B. Mon, ES. Håvard Omholt, kno WOS  
Henrik Solberg Håvard Larsen

12/11-2014 Kongsberg  
Dato/sted. Signatur medlem.



**STANDARDAVTALE FOR STUDENTENES ARBEID MED  
BACHELOROPPGAVEN MED EKSTERNE OPPDRAGSGIVERE VED  
HØGSKOLEN I BUSKERUD OG VESTFOLD – FAKULTET FOR  
TEKNOLOGI OG MARITIME FAG – KONGSBERG INSTITUTE FOR  
INGENIØRFAG.**

**Høgskolen i Buskerud og Vestfold  
Fakultet for Teknologi og Maritime fag  
Kongsberg Institutt for Ingeniørfag**



## **1. BAKGRUNN**

Formålet med denne kontrakten er å formalisere forholdet mellom ekstern oppdragsgiver, Høgskolen i Buskerud og Vestfold og studentene i arbeidet med hovedprosjektet for avgangstudentene ved Avdeling for Teknologi og Maritime fag – Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Buskerud og Vestfold.

Denne avtale definerer plikter og rettigheter for partene i forbindelse med dette arbeidet.

Oppdragsgiver er kjent med og aksepterer fullt ut at dette arbeidet er utført som et ledd i en høgskoleingeniørutdanning og at Høgskolen i Buskerud og Vestfold ikke kan garantere for arbeidets kvalitet eller påta seg noe økonomisk eller juridisk ansvar for det produktet som arbeidet fører til, eller bruken av produktet i noen sammenheng. Høgskolen kan heller ikke påta seg vedlikeholdsansvar for det produktet som utvikles i forbindelse med hovedprosjektet.

Studentene har ikke anledning til å motta lønn for arbeidet som utføres.

## **2. PARTER**

Avtalen har tre parter:

- Avgangsstudentene i prosjektgruppen, nedenfor kalt Studentene.
- Ekstern oppdragsgiver, Kongsberg defence & aerospace  
nedenfor kalt oppdragsgiver.
- Høgskolen i Buskerud og Vestfold, nedenfor kalt Høgskolen.

## **3. OPPDRAGSGIVERS PLIKTER**

Oppdragsgiver skal oppnevne en av sine ansatte som ekstern veileder for studentene. Det forutsettes at veilederen gir studentene den nødvendige hjelp med å definere oppgaven samt skaffe nødvendig underlag for arbeidet og at veilederen har myndighet til å opptre som ansvarlig representant for oppdragsgiver i spørsmål som omfattes av denne kontrakten.

Under arbeidet er det viktig at studentene får god anledning til regelmessige samtaler med veilederen i prosjektperioden.

Videre kreves det at oppdragsgiver stiller kvalifisert ekstern sensor(mastergrad / siv.ing eller tilsvarende innen fagområdet) til rådighet for prosjektet. Ekstern sensor skal medvirke ved vurdering av prosjektarbeidet, og må være tilstede på de tre presentasjonene. Ekstern sensor kan være den samme som veilederen.

Den eksterne veilederen skal godkjenne alle studentenes rapporter.

#### 4. OPPDRAGSGIVERS RETTIGHETER

Oppdragsgiver har fulle rettigheter til å benytte resultatet av hovedprosjektet med mindre noe annet er angitt i vedlegget til denne kontrakten.

Ved bruk og eventuell publisering av resultatene av oppgaven skal det henvises til at arbeidet er et studentarbeid ved Høgskolen i Buskerud og Vestfold, Fakultet for Teknologi og Maritimefag samt studentenes og veiledernes navn.

#### 5. HØGSKOLENS PLIKTER

Ved starten av avgangsåret skal studentene deles opp i prosjektgrupper på 4-6 personer som sammen skal gjennomføre en større oppgave, et hovedprosjekt. Omfanget er 20 studiepoeng. Dette tilsvarer ca. 600 timers arbeid pr. student.

Det er ønskelig at studentene innhentet en egnet prosjektoppgave fra oppdragsgiver og står for hoveddelen av kommunikasjonen med oppdragsgiver. Studentene skal i starten på prosjektet produsere en kravspesifikasjon og en prosjektplan i forbindelse med den foreslåtte prosjektoppgaven og rapportere disse skriftlig.

Hovedprosjektet skal evalueres med vanlige karakterer. Evalueringen vil bli gjort på grunnlag av det utførte arbeidet og av en rekke dokumenter og muntlige fremføringer/utspøringer samt regelmessige møter. Karakterene settes på individuelt grunnlag av intern veileder, intern sensor og ekstern sensor.

Høgskolen stiller intern veileder og intern sensor til rådighet i forbindelse med dette arbeidet.

#### 6. UTGIFTER

Det vil påløpe en del utgifter i forbindelse med arbeidet. Disse dekkes på følgende måte:

<b>Lønn</b>	Studentene skal ikke motta lønn for arbeidet med hovedoppgaven.  Den eksterne veilederens og sensors lønn og utgifter dekkes fullt ut av oppdragsgiver.  Den interne veilederens og sensors lønn og utgifter dekkes fullt ut av høgskolen.
<b>Innkjøp av utstyr</b>	Innkjøp av utstyr og bøker skal ordnes via oppdragsgiver. Innkjøp utstyr og bøker er oppdragsgiver sin eiendom etter prosjektperioden.
<b>Andre utgifter inkludert reiser</b>	Oppdragsgiver dekker studentenes direkte utgifter. Alle utgifter skal avtales og godkjennes på forhånd av oppdragsgiver.

## 7. UTSTYR OG KOMPONENTER

Høgskolen stiller sitt utstyr vederlagsfritt til disposisjon for studentene i den grad utstyret er egnet og tilgjengelig.

Utstyr som lånes ut fra oppdragsgiver skal fortrinnsvis monteres i høgskolens lokaler. Utstyret skal holdes forsikret av oppdragsgiver. Utgifter til vedlikehold av utstyret dekkes av oppdragsgiver.

Komponenter til utstyr som konstrueres og bygges under arbeidet med hovedprosjektet betales av oppdragsgiver.

Utlånt utstyr og innkjøpte komponenter skal dokumenteres i eget vedlegg.

## 8. ENDRINGER


Alle endringer på denne standardavtalen skal dokumenteres i eget vedlegg.

## 9. OPPHAVSRETT

Studenten forbeholdes rettigheter etter Lov om arbeidstakeroppfinnelser, Lov om åndsverk og annen lovgivning der hvor dette er aktuelt. Høgskolen i Buskerud og Vestfold beholder imidlertid alle rettigheter til bruk av eventuelle resultater, rådata og lignende til forskning, undervisning og annet som faller inn under HBVs primæroppgave, så fremt dette ikke åpenbart ville stride mot studentens rettigheter og interesser.

KONGSBERG, 04.02.2015

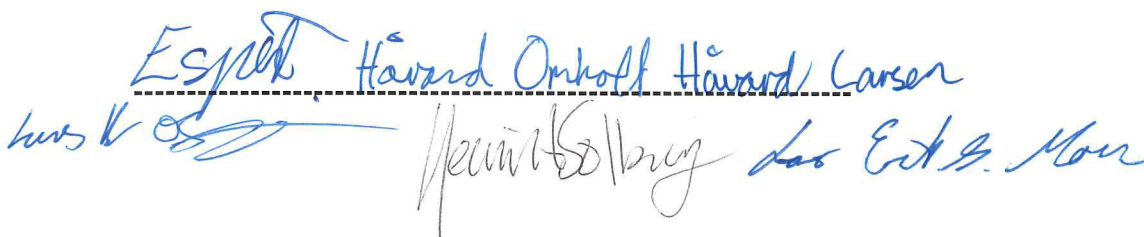
For Oppdragsgiver



For Høgskolen



Studentene:







KONGSBERG

---





# Vedlegg G: Korrelasjonslister

---

- 1      Korrelasjonstabell aktiviteter mot produktkrav**
  
- 2      Korrelasjonstabell produktkrav mot aktiviteter**



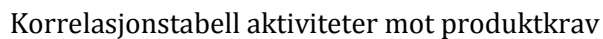
## Korrelasjonstabell aktiviteter mot produktkrav

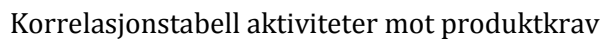
Relasjon aktivitet vs krav	
Aktivitet nr:	Krav nr:
A001	ingen direkte forbindelse til krav
A002	ingen direkte forbindelse til krav
A003	ingen direkte forbindelse til krav
A004	ingen direkte forbindelse til krav
A005	ingen direkte forbindelse til krav
A006	ingen direkte forbindelse til krav
A007	ingen direkte forbindelse til krav
A008	ingen direkte forbindelse til krav
A009	ingen direkte forbindelse til krav
A010	ingen direkte forbindelse til krav
A011	ingen direkte forbindelse til krav
B001	ingen direkte forbindelse til krav
B002	ingen direkte forbindelse til krav
B003	ingen direkte forbindelse til krav
B004	ingen direkte forbindelse til krav
B005	ingen direkte forbindelse til krav
B006	ingen direkte forbindelse til krav
B007	ingen direkte forbindelse til krav
B008	ingen direkte forbindelse til krav
C001	Samtlige krav
C002	Samtlige krav
C021	Samtlige krav
D001	3.1.1.21-3.1.1.22-3.1.1.1-3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.1.2-3.1.1.5-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.2.3.6-3.2.4.3
D002	3.1.1.5-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.18-3.1.1.19-3.1.1.20-3.1.1.25-3.1.1.36-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.30-3.2.2.2-3.2.2.3-3.2.2.6-3.2.2.7-3.2.2.8-3.2.2.9-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6
D003	3.1.1.5-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.18-3.1.1.19-3.1.1.20-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.34-3.1.1.36-3.1.1.30-3.2.3.6-3.2.3.7-3.2.3.8-3.2.3.9-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6
D004	3.1.1.5-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.18-3.1.1.19-3.1.1.20-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.35-3.1.1.36-3.1.1.30-3.2.4.3
D005	3.1.1.5-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.30-3.1.1.28-3.2.2.2-3.2.2.3-3.2.2.6-3.2.2.7-3.2.2.8-3.2.2.9-3.2.5.2-3.2.5.4-3.2.5.5-3.2.5.3-3.2.5.7-4.2.2.1-4.2.4.3-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6
D006	3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.5-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.30-3.1.1.28-3.2.6.3-3.2.6.4-4.2.8.3-4.2.6.4

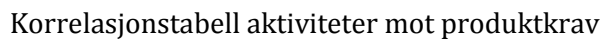


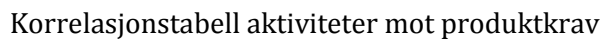
## Korrelasjonstabell aktiviteter mot produktkrav

D007	3.1.1.5-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.30- Samtlige krav 4.x.x.x
D008	Samtlige krav
E001	Samtlige krav
E002	Samtlige krav
E003	Samtlige krav
E004	Samtlige krav
E005	Samtlige krav
E006	Samtlige krav
E007	Samtlige krav
E022	Samtlige krav
E023	Samtlige krav
E024	Samtlige krav
E025	Samtlige krav
E032	Samtlige krav
E033	Samtlige krav
E041.1	Samtlige krav
E041.2	Samtlige krav
E042.1	Samtlige krav
E042.2	Samtlige krav
E044.1	Samtlige krav
E044.2	Samtlige krav
E045.1	Samtlige krav
E045.2	Samtlige krav
E048.1	Samtlige krav
E048.2	Samtlige krav
E101	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.1.25-3.1.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.36-3.2.3.6-3.2.3.7-3.2.3.8-3.2.3.9-3.2.4.3-3.1.1.6
E102	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.1.25-3.1.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.36-3.2.3.6-3.2.3.7-3.2.3.8-3.2.3.9-3.2.4.3-3.1.1.6
E103	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.1.25-3.1.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.36-3.2.3.6-3.2.3.7-3.2.3.8-3.2.3.9-3.2.4.3-3.1.1.6
E104	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.1.25-3.1.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.36-3.2.3.6-3.2.3.7-3.2.3.8-3.2.3.9-3.2.4.3-3.1.1.6
E105	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.1.25-3.1.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.36-3.2.3.6-3.2.3.7-3.2.3.8-3.2.3.9-3.2.4.3-3.1.1.6
E121	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.1.25-3.1.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.36-3.2.3.6-3.2.3.7-3.2.3.8-3.2.3.9-3.2.4.3-3.1.1.6

Rev: A Dok. #214

Rev: A Dok. #214

Rev: A Dok. #214

Rev: A Dok. #214



Rev: A Dok. #214



## Korrelasjonstabell aktiviteter mot produktkrav

	4.1.1.15-4.1.1.2-4.1.1.5-4.1.1.10-4.1.1.11-4.2.2.1-4.2.3.1-4.2.3.2-4.2.3.3-4.2.3.4-4.2.4.3-4.2.4.4-4.2.4.5-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6-4.2.8.3-4.2.8.4
E723	3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-4.1.1.1-4.1.1.12-4.1.1.13-4.1.1.14-4.1.1.15-4.1.1.2-4.1.1.5-4.1.1.10-4.1.1.11-4.2.2.1-4.2.3.1-4.2.3.2-4.2.3.3-4.2.3.4-4.2.4.3-4.2.4.4-4.2.4.5-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6-4.2.8.3-4.2.8.4
E724	3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-4.1.1.1-4.1.1.12-4.1.1.13-4.1.1.14-4.1.1.15-4.1.1.2-4.1.1.5-4.1.1.10-4.1.1.11-4.2.2.1-4.2.3.1-4.2.3.2-4.2.3.3-4.2.3.4-4.2.4.3-4.2.4.4-4.2.4.5-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6-4.2.8.3-4.2.8.4
E731	3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-4.1.1.1-4.1.1.12-4.1.1.13-4.1.1.14-4.1.1.15-4.1.1.2-4.1.1.5-4.1.1.10-4.1.1.11-4.2.2.1-4.2.3.1-4.2.3.2-4.2.3.3-4.2.3.4-4.2.4.3-4.2.4.4-4.2.4.5-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6-4.2.8.3-4.2.8.4
E732	3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-4.1.1.1-4.1.1.12-4.1.1.13-4.1.1.14-4.1.1.15-4.1.1.2-4.1.1.5-4.1.1.10-4.1.1.11-4.2.2.1-4.2.3.1-4.2.3.2-4.2.3.3-4.2.3.4-4.2.4.3-4.2.4.4-4.2.4.5-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6-4.2.8.3-4.2.8.4
E733	3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-4.1.1.1-4.1.1.12-4.1.1.13-4.1.1.14-4.1.1.15-4.1.1.2-4.1.1.5-4.1.1.10-4.1.1.11-4.2.2.1-4.2.3.1-4.2.3.2-4.2.3.3-4.2.3.4-4.2.4.3-4.2.4.4-4.2.4.5-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6-4.2.8.3-4.2.8.4
E734	3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.10-3.1.1.9-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.25-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-4.1.1.1-4.1.1.12-4.1.1.13-4.1.1.14-4.1.1.15-4.1.1.2-4.1.1.5-4.1.1.10-4.1.1.11-4.2.2.1-4.2.3.1-4.2.3.2-4.2.3.3-4.2.3.4-4.2.4.3-4.2.4.4-4.2.4.5-4.2.5.2-4.2.5.4-4.2.5.5-4.2.5.6-4.2.6.3-4.2.6.4-4.2.6.5-4.2.6.6-4.2.8.3-4.2.8.4
E831	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.9-3.1.1.10-3.1.1.11-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.18-3.1.1.19-3.1.1.25-3.2.2.2-3.2.3.6-3.2.4.3
E832	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.9-3.1.1.10-3.1.1.11-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.18-3.1.1.19-3.1.1.25-3.2.2.2-3.2.3.6-3.2.4.3
E833	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.9-3.1.1.10-3.1.1.11-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.18-3.1.1.19-3.1.1.25-3.2.2.2-3.2.3.6-3.2.4.3
E834	3.1.1.23-3.1.1.24-3.1.2-3.1.1.5-3.1.1.6-3.1.1.7-3.1.1.9-3.1.1.10-3.1.1.11-3.1.1.12-3.1.1.13-3.1.1.14-3.1.1.31-3.1.1.32-3.1.1.26-3.1.1.27-3.1.1.28-3.1.1.29-3.1.1.30-3.1.1.33-3.1.1.34-3.1.1.35-3.1.1.15-3.1.1.16-3.1.1.17-3.1.1.37-3.1.1.18-3.1.1.19-3.1.1.25-3.2.2.2-3.2.3.6-3.2.4.3
F001	ingen direkte forbindelse til krav
F002	ingen direkte forbindelse til krav
F003	3.1.1.23-3.1.1.25-3.1.1.2-4.1.1.14-4.1.1.15-4.1.1.2
F004	Samtlige krav



## Korrelasjonstabell aktiviteter mot produktkrav

F005	Samtlige krav
G001	ingen direkte forbindelse til krav
G002	ingen direkte forbindelse til krav
G003	ingen direkte forbindelse til krav
G004	ingen direkte forbindelse til krav



## Korrelasjonstabell produktkrav mot aktiviteter

Relasjon kravnummer og aktivitetsnummer	
Krav nummer:	Aktivitet nummer:
3.1.1.21	C001-C002-C021-D001-D008-E0xx- F004-F005--
3.1.1.22	C001-C002-C021-D001-D008- E0xx-F004-F005-
3.1.1.1	C001-C002-C021-D001-D008-E001-E002-E003-E004-E005-E006-E007-E022-E023-E024-E025-F004-F005
3.1.1.23	C001-C002-C021-D001-D008-E0xx-E1xx-E83x-F003-F004-F005
3.1.1.24	C001-C002-C021-D001-D008-E0xx-E1xx-E83x-F003-F004-F005
3.1.1.2	C001-C002-C021-D001-D008-E0xx-E1xx-E83x-F003-F004-F005
3.1.1.5	Samtlige aktiviteter
3.1.1.6	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.7	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.9	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.10	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.11	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.12	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.13	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.14	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.31	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.32	C001-C002-C021-Dxxx-Exxx-F004-F005
3.1.1.15	C001-C002-C021-D001-D002-D004-D008-E0xx-E1xx-E4xx-F004-F005
3.1.1.16	C001-C002-C021-D001-D002-D004-D008-E0xx-E1xx-E4xx-F004-F005
3.1.1.17	C001-C002-C021-D001-D002-D004-D008-E0xx-E1xx-E4xx-F004-F005
3.1.1.37	C001-C002-C021-D001-D002-D004-D008-E0xx-E1xx-E4xx-F004-F005
3.1.1.18	C001-C002-C021-D002-E2xx- E042.1-E042.2-F004-F005
3.1.1.19	C001-C002-C021-D002-E2xx- E042.1-E042.2-F004-F005
3.1.1.20	C001-C002-C021-D002-D008-E0xx-E2xx- F004-F005
3.1.1.25	C001-C002-C021-D002-E2xx-D005-D006-E6xx-E5xx- E0xx-E1xx-F003-F004-F005
3.1.1.26	C001-C002-C021-Dxx-Exx- F004-F005
3.1.1.27	C001-C002-C021-D001-D008-E1xx-E4xx-E7xx-E8xx-F004-F005
3.1.1.28	C001-C002-C021-Dxx-E1xx-E4xx-E7xx-E8xx-F004-F005
3.1.1.29	C001-C002-C021-D001-D008-E0xx-E1xx-E8xx-F004-F005
3.1.1.30	C001-C002-C021-Dxx-E0xx-E1xx-E4xx-E5xx-6xx-E8xx-F004-F005
3.1.1.33	C001-C002-C021-D001-D008-E0xx-E1xx- E8xx-F004-F005
3.1.1.34	C001-C002-C021-D001-D008-E0xx-E1xx- E8xx-F004-F005
3.1.1.35	C001-C002-C021-D004-D008-E0xx-E1xx-E4xx-E8xx-F004-F005
3.1.1.36	C001-C002-C021-D002-D003-D004-D008-E0xx-E1xx-F004-F005
3.2.2.2	C001-C002-C021-D002-D005-D008-E0xx-E2xx-E5xx-F004-F005
3.2.2.3	D002-D005-D008-E0xx-E2xx-F004-F005
3.2.2.6	C001-C002-C021-D002-D005-D008-E0xx-E2xx-F004-F005
3.2.2.7	C001-C002-C021-D002-D005-D008-E0xx-E2xx-F004-F005
3.2.2.8	C001-C002-C021-D002-D005-D008-E0xx-E2xx-E5xx-E6xx-F004-F005
3.2.2.9	C001-C002-C021-D002-D005-D008-E0xx-E2xx-E5xx-E6xx-F004-F005
3.2.3.6	C001-C002-C021-D001-D003-D008-E0xx-E1xx-E3xx-E4xx-E8xx-F004-F005



3.2.3.7	C001-C002-C021-D003-D008-E0xx-E1xx-E3xx-E5xx-F004-F005
3.2.3.8	C001-C002-C021-D003-D008-E0xx-E1xx-E3xx-E5xx-F004-F005
3.2.3.9	C001-C002-C021-D003-D008-E0xx-E1xx-E3xx-E5xx-F004-F005
3.2.4.3	C001-C002-C021-D001-D004-D005-D008-E0xx-E1xx-E4xx-E8xx-F004-F005
3.2.5.2	C001-C002-C021-D005-D008-E5xx-F004-F005
3.2.5.4	C001-C002-C021-D005-D008-E5xx-F004-F005
3.2.5.5	C001-C002-C021-D005-D008-E5xx-F004-F005
3.2.5.3	C001-C002-C021-D005-D008-E0xx-E5xx-F004-F005
3.2.5.6	C001-C002-C021-D005-D008-E0xx-E5xx-F004-F005
3.2.5.7	C001-C002-C021-D005-D008-E0xx-E5xx-F004-F005
3.2.6.3	C001-C002-C021-D006-D008-E0xx-E6xx-F004-F005
3.2.6.4	C001-C002-C021-D006-D008-E0xx-E6xx-F004-F005
4.1.1.1	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F003-F004-F005
4.1.1.12	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F003-F004-F005
4.1.1.13	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F003-F004-F005
4.1.1.14	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F003-F004-F005
4.1.1.15	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F003-F004-F005
4.1.1.2	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F003-F004-F005
4.1.1.5	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F004-F005
4.1.1.10	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F004-F005
4.1.1.11	C001-C002-C021-D007-D008-E0xx-E7xx-F004-F005
4.2.2.1	C001-C002-C021-D005-D007-D008-E0xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.3.1	C001-C002-C021-D007-D008-E7xx-F004-F005
4.2.3.2	C001-C002-C021-D007-D008-E7xx-F004-F005
4.2.3.3	C001-C002-C021-D007-D008-E7xx-F004-F005
4.2.3.4	C001-C002-C021-D007-D008-E7xx-F004-F005
4.2.4.3	C001-C002-C021-D005-D007-D008-E0xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.4.4	C001-C002-C021-D005-D007-D008-E0xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.4.5	C001-C002-C021-D005-D007-D008-E0xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.5.2	C001-C002-C021-D005-D002-D007-D008-E0xx-E2xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.5.4	C001-C002-C021-D005-D002-D007-D008-E0xx-E2xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.5.5	C001-C002-C021-D005-D002-D007-D008-E0xx-E2xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.5.6	C001-C002-C021-D005-D002-D007-D008-E0xx-E2xx-E5xx-E7xx-F004-F005
4.2.6.3	C001-C002-C021-D002-D003-D007-D008-E2xx-E3xx-E7xx-F004-F005
4.2.6.4	C001-C002-C021-D002-D003-D007-D008-E2xx-E3xx-E7xx-F004-F005
4.2.6.5	C001-C002-C021-D002-D003-D007-D008-E2xx-E3xx-E7xx-F004-F005
4.2.6.6	C001-C002-C021-D002-D003-D007-D008-E2xx-E3xx-E7xx-F004-F005
4.2.8.3	C001-C002-C021-D006-D007-D008-E0xx-E6xx-F004-F005
4.2.8.4	C001-C002-C021-D006-D007-D008-E0xx-E6xx-F004-F005



KONGSBERG

---



30




# Vedlegg H: Budsjett

---

**1      Prisbudsjett**


**2      Vektbudsjett**


**3      Volumbudsjett**


	Overordnet prisbudsjett		
Beskrivelse	Budsjettetert		Ansvar
Presentasjoner	5000		E
Administrativt	2000		E
Teambuilding	1000		E
Mekanisk kapsling	10000		H.O
Batterisystem	2000		L.F
Falldemping	5000		H.S
Nivellering	8000		L.F
Styresystemer	7000		L.E
Opsjon	8000		H.L
Diverse	2000		
Sum	50000		

**Beskrivelse:** Det overordnede budsjettet beskriver hvert undersystems estimerte pris. Det baseres på krav 3.1.1.5 som beskriver at utviklingskostnader ikke skal overstige 50.000. Dette er den eneste absolutte verdi i dokumentet og den må ikke endres.




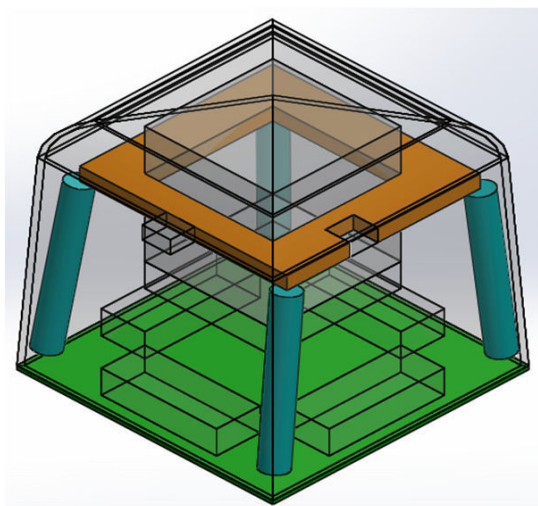
	<b>Vektbudsjett Mekanikk</b>	
Kategorier	Vekt	
Mekanisk kapsling	0,7	
Dempe system	0,26	
Krybbe	0,12	


	<b>Vektbudsjett Elektronikk</b>		
Kategorier			Vekt
Batteri			0,18
Ledninger			0,08
Microkontroller			0,04
Motorer			0,2
Sensorer			0,02
		Sum	
Totalvekt (kg)	0,52	0,52	

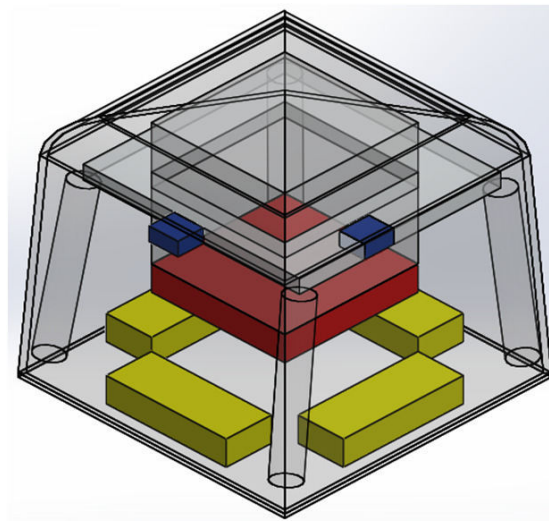
	<b>Vektbudsjett system</b>	
Kategorier		
Mekanikk		1,08
Elektronikk		0,52
Systemvekt		1,6


**Beskrivelse:** Budsjettet tar i betraktning krav 3.1.1.1 hvor det foreligger at systemet totalt ikke skal overgå 2 kg. Dette er eneste konstant og skal ikke endres med mindre endringsmelding foreligger. Andre vekter kan endres ved forespørsel.

 <b>Volumbudsjett Mekanikk</b>		
Kategorier	Dimensjon	Volum (mm <sup>3</sup> )
Sideflater kapsling	200x200x3x4stk	480000
Bunnplate kapsling	200x200x3	120000
Dempere	110x20x20x4stk	176000
Krybbe	170x170x15	283500
<b>Totalvolum (mm<sup>3</sup>)</b>		<b>1,06E+06</b>



 <b>Volumbudsjett Elektronikk</b>		
Kategorier	Dimensjon	Volum (mm <sup>3</sup> )
Batteri	90x34x20x2	122400
Microkontroller	100x100x20	200000
Motorer	22x11x19x2stk	9196
Sensorer	15x15x5	1125
<b>Totalvolum (mm<sup>3</sup>)</b>		<b>3,33E+05</b>



 <b>Volumbudsjett system</b>	
Kategorier	
Sensor (100x100x100mm)	1,00E+06
Mekanikk	1,06E+06
Elektronikk	3,33E+05
<b>Systemvolum (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,39E+06</b>

**Beskrivelse:** Budsjettet tar i betraktning krav 3.1.1.2 hvor det foreligger at transportstørrelsen til systemet ikke kan overgå 200x200x200mm(8,00E+06 mm<sup>3</sup>). Dette er eneste konstant og skal ikke endres med mindre endringsmelding foreligger. Andre volum kan endres ved forespørsel.