

# Sensur av hovedoppgaver Høgskolen i Buskerud Avdeling for Teknologi



**Prosjektnummer: 2010-1**

For studieåret: 2009/2010

Emnekode: [SFHO-3200](#)

**Prosjektnavn:**

Ganske Intelligent Stridsvogn

Quite Intelligent Tank

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

**Ekstern veileder:** Stian Skancke Solberg

**Sammendrag:** Produktet består av en miniatyrtanks overtatt fra det tidligere prosjektet Minitanks 2007. Q.I Tank har fått et nytt styringssystem og en helt nyutviklet tårnkonstruksjon. Dette er utstyrt med en paintballmarkør med et nyutviklet gyrostabiliseringssystem. Systemet styres fra en radiosender og ferden kan logges inn på PC via bluetooth ved hjelp av det innebygde posisjonssystemet.

**Stikkord:**

- Miniatyrtank
- Gyrostabilisering
- Tårnkonstruksjon

Tilgjengelig: JA

**Prosjekt deltagere og karakter:**

Navn	Karakter
Hege Rasmussen Engene	
Royer Andreas Jenssen	
Morten Dahlstrøm	
Geir Jonsrud	
Erlend Frøhaug	

Dato: 28. Mai 2010

---

Jørn Breivoll  
Intern Veileder

---

Olaf Hallan Graven  
Intern Sensor

---

Hans Ivar Østensen  
Ekstern Sensor

## Innhold

- Prosjektplan, Versjon C
- Kravspesifikasjon versjon C
- Testspesifikasjon, Versjon C
- FAT, Versjon A
- Produktdatablad versjon D
- Teknisk Rapport, Versjon A
- Kalkulasjon og Produktdesign , versjon C
- Brukermanual Q.I Tank, Versjon A
- Etteranalyse, Versjon A
- CD – oversikt



Q.I Tank

---



**PROSJEKTPLAN, PROSJEKTGRUPPE 1,  
Q.I TANK, VERSJON B**

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

---

## Innhold

1	Introduksjon .....	4
1.1	Generelt om dokumentet.....	4
1.2	Prosjekt mål.....	4
1.3	Dokumenthistorie.....	4
1.4	Relevante dokumenter.....	4
1.5	Kontaktinformasjon.....	5
2	Omfang .....	6
2.1	Oppgavebeskrivelse.....	6
2.2	Forutsetninger .....	6
2.3	Avgrensninger.....	7
2.4	Aktiviteter .....	7
3	Prosjektorganisering.....	7
3.1	Prosjektmodell - Rational Unified Process (RUP) .....	7
3.2	Ansvarsforhold .....	10
3.3	Øvrige roller.....	12
4	Gjennomføring .....	12
4.1	Tids- og ressursplaner .....	12
4.1.1	Oppfølging av prosjektplan .....	12
4.2	Milepæler .....	13
4.3	Budsjett .....	15
4.4	Finansiering .....	15
5	Kontrakter og avtaler .....	16
5.1	Kontrakt med oppdragsgiver.....	16
5.2	Kontrakter med underleverandører.....	16
6	Overordnet risikoanalyse for prosjektet .....	16
6.1	Oversikt over risikofaktorer.....	17
7	Kilder.....	18

## Liste over tabeller

Tabell 1: Relevante dokumenter ..... 4  
Tabell 2: Skala for risikoverdi ..... 16

## Liste over figurer

Figur 1: En oversikt over hvor i prosjektets tidsløp de forskjellige prosjektbitene implementeres(<http://no.wikipedia.org/wiki/RUP>). ..... 8  
Figur 2: Ressurskart for Q.I Tank ..... 10

## Forkortelser

Forkortelse	Betydning
Q.I Tank	Quite Intelligent Tank
KDA	Kongsberg Defence and Aerospace AS
KDS	Kongsberg Defence Systems
GPS	Global Positioning System
HIBU	Høgskolen i Buskerud
RUP	Rational Unified Process

# 1 Introduksjon

## 1.1 Generelt om dokumentet

Dette prosjektet (Q.I Tank) er gitt av Kongsberg Defence Systems. De har en mini-tank som ble laget som en Bacheloroppgave av en prosjektgruppe fra Hibu i 2007. De ønsker nå at noen videreutvikler denne med blant annet montering av GPS, konstruksjon av nytt tårn med mer, se visjonsdokument for komplett oppgave.

Dette dokumentet omhandler alle forhold omkring gjennomføringen av prosjektet, dvs. når aktiviteter skal gjennomføres, avklaring av ansvarsforhold osv. Vi har skrevet dette så objektivt som mulig for å sette rammene for prosjektet og lette arbeidet videre i perioden.

I visjonsdokumentet har vi detaljert beskrevet våre mål og visjoner. Disse vil være gjennomgående for hele prosjektet og i hele perioden. Derfor har vi i dette dokumentet kun tatt med hovedpunktene.

## 1.2 Prosjekt mål

Grunnleggende mål for prosjektet (fra visjonsdokumentet):

- Gjennomføre prosjektet etter de mål som er satt i emnebeskrivelsen for faget.
- Oppfylle kravene fra oppdragsgiver.
- Føre dokumentasjon kontinuerlig (se Kravspesifikasjon for "Dokumentkrav").
- Jobbe for et godt gruppearbeid i hele prosjektfasen.

## 1.3 Dokumenthistorie

Dette er andre versjon av dokumentet. Vi har i denne versjonen lagt til en overordnet risikoanalyse som fremhever de viktigste faktorene for om prosjektet når sine mål eller ikke.

## 1.4 Relevante dokumenter

Dokumenter som er relevante for prosjektplanen og prosjektet generelt er følgende:

Tabell 1: Relevante dokumenter

Nr.	Tittel
1	Visjonsdokument, Q.I Tank
2	Testspesifikasjon, Q.I Tank
3	Kravspesifikasjon, Q.I Tank

## 1.5 Kontaktinformasjon

<b>Oppgavens tittel:</b> Q.I Tank				<b>Dokumentet godkjent av gruppen dato:</b> 10.02.10
				<b>Antall Sider/vedlegg:</b> 18
<b>Gruppedeltakere</b>				<b>Kontaktpersoner på Hibu:</b>  <b>Veileder:</b> Jørn Breivoll Tlf: 32869573 E-post: <a href="mailto:jorn.breivoll@hibu.no">jorn.breivoll@hibu.no</a>
<b>Navn</b> Hege Engene	<b>Ansvarsområde</b> Prosjektleder	<b>Telefon</b> 916 27 514	<b>E-post</b> <a href="mailto:hege_engene@hotmail.com">hege_engene@hotmail.com</a>	
Morten Dahlstrøm	Design	997 97 644	<a href="mailto:Morten_dah@yahoo.no">Morten_dah@yahoo.no</a>	
Geir Jonsrud	Programmering	900 15 247	<a href="mailto:Jonsrud157@hotmail.com">Jonsrud157@hotmail.com</a>	
Erlend Frøhaug	Elektronikk	977 91 330	<a href="mailto:Erlend.frohaug@gmail.com">Erlend.frohaug@gmail.com</a>	
Royer A Jenssen	Produksjon	971 33 365	<a href="mailto:royerandreas@gmail.com">royerandreas@gmail.com</a>	
<b>Institutt:</b> Høgskolen i Buskerud, avdeling Kongsberg, avdeling for Teknologi.				
<b>Oppdragsgiver:</b> Kongsberg Defence and Aerospace AS derunder Kongsberg Defence Systems.				<b>Kontaktpersoner hos oppdragsgiver:</b>  <b>Veileder</b> Stian Skancke Solberg Tlf. 97666188 E-post: <a href="mailto:Stian.skancke.solberg@kongsberg.com">Stian.skancke.solberg@kongsberg.com</a>  <b>Sensor</b> Hans Ivar Østensen Tlf. 93057438 E-post: <a href="mailto:hans.ivar.oestensen@kongsberg.com">hans.ivar.oestensen@kongsberg.com</a>

## 2 Omfang

### 2.1 Oppgavebeskrivelse

Prosjektet går i hovedsak ut på:

- Konstruksjon og produksjon av nytt tårn.
- Utvikling av systemer som skal holde kanonen i ro, uavhengig av tanksens bevegelser.
- Lage et system slik at tanksen kan styres fra en radiokontroll.
- Montering av GPS.
- Dokumentering av fremdriften til prosjektet.

### 2.2 Forutsetninger

I gjennomførelsen av prosjektet er det viktig at vi fullt ut utnytter den kunnskap og de ressurser vi besitter. Det vanskeligste aspektet med oppgaven er begrensningene som finnes med tanke på tid. I perioden fra januar til mai har vi skissert en gjennomsnittlig arbeidsmengde pr. pers i overkant av 550 timer. I noen perioder vil arbeidsbelastningen bli stor, og vi blir nødt til å strekke oss langt for å nå målene våre.

Budsjettet spiller en vesentlig rolle, da vi er avhengige av å få tildelt midler fra KDS for å gjennomføre prosjektet med de løsningene vi har sett for oss. Endringer eller kutt i budsjettet kan skape ekstraarbeid siden vi blir nødt til å se etter nye løsninger og/eller komponenter.

Erlend Frøhaug har tidligere satt sammen og programmert små radiostyrte enheter med funksjoner som kollisjonsdeteksjon og autopilot. Dette mener vi er en fordel for gruppa. Vi har selv anskaffet datamaskiner til å utføre modellering og programmering på. KDS stiller med fabrikasjon av deler vi trenger til tanksen.

Fem semestre ved HiBu har gitt oss alle et innblikk i prosjektarbeid, reguleringsystemer, programmering av mikrokontrollere, matlab og CAD. Siden vi har gått på forskjellige linjer, har vi fordypet oss på ulike områder. Det mener vi gir oss et godt utgangspunkt for å takle de utfordringene vi står foran. Vi har også fått en ekstern veileder hos KDS og en intern veileder hos HiBu som vi kan diskutere løsninger og fremskritt med.



## 2.3 Avgrensninger

Prosjektet omfatter ikke:

- Miljøkrav: Vi må ikke tenke på spesielle krav ang. miljø.
- Tekniske krav (tyngde, høyde, vekt): Vi har ingen begrensninger på dette.
- Produksjon av nytt chassis.
- Produksjon av elektriske komponenter.

## 2.4 Aktiviteter

Vi har delt prosjektet opp i fagfelt, og for å få en tydelig oversikt over hva som skal gjøres er disse igjen delt opp i aktiviteter, se vedlegg 1.

# 3 Prosjektorganisering

## 3.1 Prosjektmodell - Rational Unified Process (RUP)

Vårt prosjekt vil bli gjennomført etter RUP da vi har sett at denne er intuitiv og gir et helhetlig bilde av prosjektet mens det drives fremover. RUP er opprinnelig en prosess som ble utviklet for en best mulig konstruksjon av programvare. Prosessen kan ses på som en ramme som kan bygges videre på ut ifra hva som passer prosjektet best, denne rammen kan forandres gjennom hele prosessperioden. RUP modellen legger stor vekt på å hele tiden teste nye deler til produktet. Testingen startes i innledningsfasen. Dette er ment for å dempe risikoen for etterslep av problemer. Testingen vil bli mer intens mot slutten av byggeprosessen. Da testing alltid vil være en kontinuerlig aktivitet i RUP, gjør det at prosessen blir motstandsdyktig mot feil og tilpassningsdyktig i forhold til endringer i spesifikasjoner, implementering av nye deler og endring av behovene.

RUP er delt inn i fire overlappende og sekvensielle deler. Disse er beskrevet punktvis nedenfor. Det er også slik vi har tenkt å gjennomføre arbeidet med prosjektet:

Del 1; Innledning

- Finn kravene til brukeren og grensene for prosjektet.
- Risikoer og kostnader skal diskuteres og skrives ned.
- Design og brukervennlighet for produktet gjøres rede for.
- Planlegging.

Del 2; Utforming

- Planlegging av design og systemkrav.
- Finn problemer og farer ved designets problemstilling og løs disse før man går videre.
- Design (3D- modellering og utvikling av elektriske systemer).

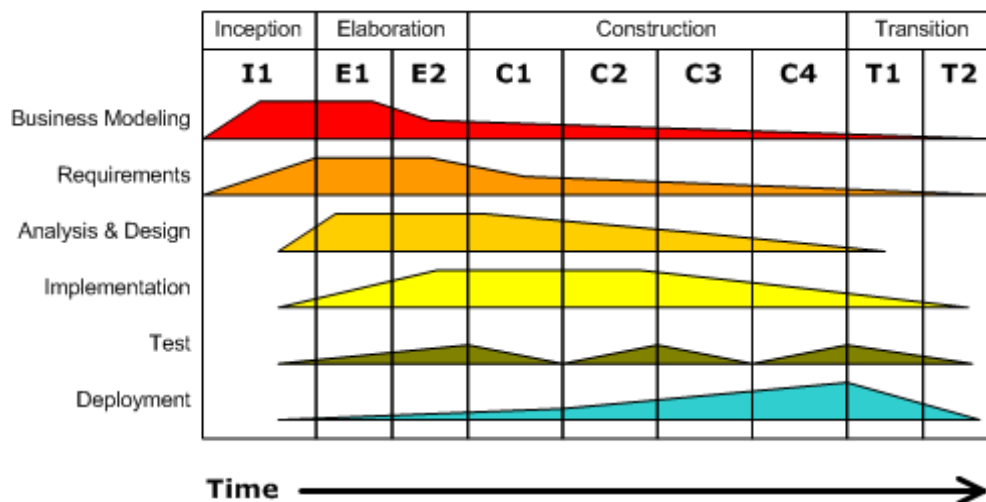
- Demonstrere produktet for "kjøper".

#### Del 3; Bygging

- Programmering og bygging av det fysiske produktet.
- Eventuell utvikling av programmer og produkt.
- Oppnå et produkt så fort som mulig. Test produktet eller få "kjøper til å teste produktet og kom med tilbakemeldinger.

#### Del 4; Overgang

- Går ut på å teste en betaversjon for å finne feil og mangler ved produktet før ferdig produksjon blir gjort.
- Opptrening av brukere og personer som står for vedlikehold av produktet.
- Rette eventuelle feil.



Figur 1: En oversikt over hvor i prosjektets tidsløp de forskjellige prosjektbitene implementeres(<http://no.wikipedia.org/wiki/RUP>).

RUP er også delt inn i ni "fagdisipliner" som beskriver arbeidsoppgavene som må utføres i prosjektet([http://no.wikipedia.org/wiki/Rational\\_Unified\\_Process](http://no.wikipedia.org/wiki/Rational_Unified_Process)):

#### Forretningsmodellering:

- Opprette en bedre forståelse og kommunikasjon mellom forretnings utviklere og produkt utviklere.
- Forstå strukturen og dynamikken til forretningen/organisasjonen/interessenten som skal bruke systemet.
- Finne nåværende problemstillinger og mulige forbedringer.

Prosjektplanen, krav og testspesifikasjon som produseres i perioden frem til første presentasjon.

#### Kravspesifisering:

- Beskrive hva systemet skal gjøre.
- Lage et bruksmønster Diagram.

Kravene settes av KDS og prosjektgruppa.

#### Analyse og design:

- Skal vise hvordan systemet vil bli realisert i gjennomføringsfasen.
- Resultere i en design og analyse modell.

Design bestemmes ut ifra krav som er satt jmf. kravspesifikasjonen, samt hva som gir best resultat sett ut ifra sammenligning av ulike designforslag.

#### Gjennomføring:

- Implementere klasser og objekter i systemet.
- Teste og utvikle komponenter til systemet.
- Sette sammen de ulike delene til et system.

Software produseres og testes ettersom delene blir satt sammen. Designet av den fysiske tanksen settes sammen og testes i et 3D modelleringsprogram ettersom delene modellert.

#### Testing:

- Bekrefte interaksjonen mellom objekter.
- Bekrefte riktig integrasjon av alle komponenter i systemet.
- Bekrefte at alle behovene i systemet er implementert riktig.
- Finne og identifisere feil i systemet og korrigere disse før utviklingsfasen.

Tester software og den fysiske tanksen før den settes sammen og etter den er satt sammen for å se at alle egenskapene svarer til kravene. Se avsnitt om milepæler.

#### Utplassering:

- Produsere en produktmodell.
- Distribuere produktet til interessenter.
- Drive support for produktet.

Distribusjon av produktet samt support er noe vi ikke skal gjennomføre i vårt prosjekt.

#### Konfigurering og endringsledelse:

- Konfigurasjonsledelse.
- Forandringsforespørsel ledelse.
- Status og mål ledelse.

Vi har en prosjektleder i gruppa som har det overordnede lederansvaret, og som skal holde oversikt over status i prosjektet.

#### Prosjektledelse:

- Risiko behandling.
- Planlegging av prosjektet.
- Overvåking av prosessens utvikling.

Dette gjennomføres av hele gruppen i starten av prosjektet.

Omgivelser:

- Beskrive aktivitetene som er nødvendig for utviklingsprosessen.
- Forberede prosjektspesifikke midler.
- Lage en utstyrsliste over nødvendig utstyr for prosjektet.

Inngår i første del av prosjektet.

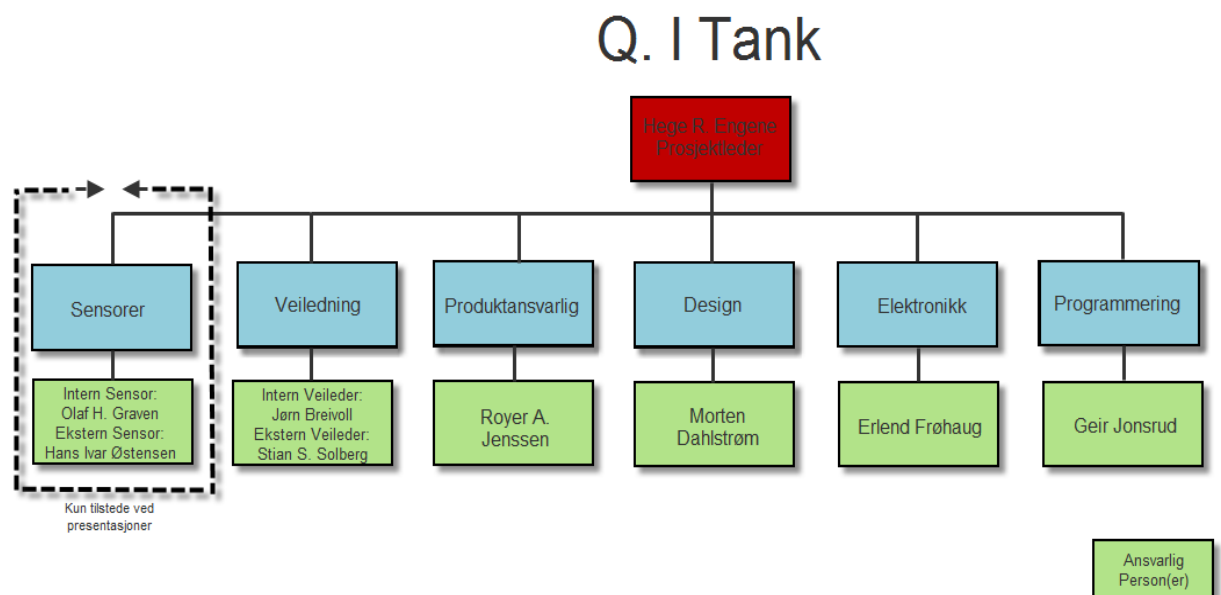
En fordel alle disse 9 disiplinene har er at de strekker seg over alle fasene i prosjektet og gjør slik at det blir lettere å følge opp prosjektplanen gjennom hele perioden.

Kort oppsummert innebærer RUP-prosessen med andre ord:

- Risikoen bak hver enkelt produktbit.
- Visualisering av programvare og produkt.
- Ledelsen har oversikt og kontroll gjennom hele prosjektet.
- Kontroll av problemer gjennom kontinuerlig testing og tilpassning av produktet.

### 3.2 Ansvarsforhold

Alle gruppemedlemmene har hver sine ansvarsområder. Vi har derfor utarbeidet et ressurskart som viser de forskjellige ansvarsområdene.



Figur 2: Ressurskart for Q.I Tank

Ansvarsområdene innebærer:

Prosjektleder:

- Styre arbeidet mot målet for prosjektet.
- Rapportere til veilederen.
- Holde prosjektet innenfor grensene for prosjektet.
- Informere veilederen om nåværende eller fremtidige overskridelser av prosjektgrensene.
- Har overordnet dokumentansvar.

Designansvarlig:

- Lede arbeidet med design.
- Koordinere dokumentasjon omkring design.
- Ha ansvar for at vi får all nødvendig dokumentasjon vedrørende komponenter vi bestiller og kjøper, og arkivere dette der det er hensiktsmessig.

Produktansvarlig:

- Ha hovedansvar for alt som blir kjøpt inn, dvs. ha kontroll på alle komponenter som blir plassert i tanksen.
- Har ansvaret for alt testarbeid i gruppa.
- Lede arbeidet med testing.
- Ansvar for at det utarbeides nødvendige testplaner.

Elektronikkansvarlig:

- Ansvarlig for den elektriske delen av tanksen.
- Har hovedansvar for kretsskjemaer/blokkskjemaer.
- Ansvarlig for webside.

Programmeringsansvarlig:

- Ansvarlig for software delen til tanksen.
- Har hovedansvar for innkjøp av datakomponenter til tanksen.
- Stå for dialog med kunden i grensesnitt/interfacespørsmål.
- Koordinere dokumentasjonen omkring grensesnitt og brukerveiledning.
- Økonomiansvarlig for prosjektet.

### 3.3 Øvrige roller

To veiledere, ekstern og intern, Stian S. Solberg og Jørn Breivoll er ment å gi oss veiledning og tilbakemeldinger på prosjektet underveis. Vi vil ha ukentlige møter med intern veileder hvor vi vil diskutere prosjektets fremgang og ta opp eventuelle spørsmål/utfordringer vi har. Det er ikke satt opp faste møter med ekstern veileder, men vi vil holde løpende kontakt og ferdige dokumenter skal sendes for gjennomlesing og evt. tilbakemelding. Vi vil sette opp møter med denne veilederen ved behov.

Vi har også ekstern og intern sensor, Hans Ivar Østensen og Olaf H. Graven, som er ment å være tilstede ved presentasjoner og som skal ha alt av dokumenter som blir produsert, for å være med å sette karakter og evt. gi tilbakemeldinger.

## 4 Gjennomføring

### 4.1 Tids- og ressursplaner

Vi har laget en tids;- og ressursplan i Microsoft Project, se vedlegg 2.

#### 4.1.1 Oppfølging av prosjektplan

Tidsplanen er satt opp som en veiledning for hvordan vi skal allokere arbeidsinnsatsen fremover i prosjektet, opp til endelig innlevering 29. mai. Vi har satt opp sannsynlige tidsestimater, men på et så tidlig stadium i prosessen er vi klar over at det fort kan oppstå forsinkelser og forskyvninger i de planlagte oppgavene. På grunn av dette er enkelte krevende oppgaver gitt litt mer arbeidstid enn det som kanskje trengs. Flere oppgaver kjøres simultant, noe som fører til at man får en mer jevn arbeidsstrøm. Dette medfører dog en del overtidsarbeid i enkelte perioder. Tidsplanen er utarbeidet i Microsoft Project og programvaren har en del begrensninger i forbindelse med allokering av ressurser. Dette fører til at ressursplanen til tider overskrider det faktiske antall timer som er satt av til å jobbe med prosjektet.

For og best mulig holde tidsplanen vil vi sette opp denne mot ukeplanen og oppfølgingsdokumenter hver uke. Ukeplanene og oppfølgingsdokument må føres nøyaktig slik at det blir greit å holde orden på aktivitetene som utføres, hva som er gjort og hva som står igjen. Denne sjekkrutinen vil tidlig gi oss en indikasjon på hvordan aktivitetene utvikler seg i forhold til tidsplanen, og om vi må iverksette tiltak for å rette opp et evt. avvik i forhold til tidsplanen.

Dersom vi henger etter tidsplanen vil dette bli oppdaget på våre ukentlige oppfølgingsmøter. Tiltak for å rette opp tidsavviket vil bli iverksatt med umiddelbar virkning og noen av løsningene vi kan anvende er:

- Hvis aktiviteten har andre aktiviteter som er avhengig av seg må det vurderes om det må jobbes overtid for å komme i rute.
- Vi må se om det er mulig å tildele aktiviteten mer tid.
- Flytte aktivitetene fremover i tid hvis mulig.
- Se om aktiviteter kan kuttet vekk eller gjøres på en enklere og mer effektiv måte.
- Om kravene til aktiviteten kan forenkles slik at tidsplanen kan bli overholdt uten at produktet tar skade av det.

Kunden vil og skal informeres dersom det oppstår brudd med tidsplanen, og skal også informeres om hvilke tiltak vi har iverksatt. Dersom kunden har innvendinger eller forslag, skal disse tas hensyn til.

Om vi ligger foran tidsplanen vil vi prøve å opprettholde dette forspranget ved å gå på neste tilgjengelige oppgave. Hvis dette ikke er mulig grunnet at oppgaver er avhengige av hverandre vil man måtte vente til andre oppgaver innhenter forspranget. Evt. dødtid fylles opp med dokumentering, rapportskrivning, assistanse til andre oppgaver, formatering av dokumenter osv.

## 4.2 Milepæler

Utdrag fra tidsplanen for å markere hvilke datoer som er de viktigste for oss å overholde i prosjektperioden.

### Presentasjon 1 (12. januar 2010):

På denne presentasjonen skal vi presentere hvordan gruppen skal gjennomføre prosjektet. Her får vi endelig godkjenning av de grunnleggende dokumentene vi har jobbet med frem til nå. Dette setter punktum for den innledende fasen, samtidig som det klart definerer prosjektets videre retning. Etter den første presentasjonen er vi klare til å begynne arbeidet med selve tanksen.

### Sammenstilling av tanks (4. mars 2010):

Sette sammen tanksen til det er et komplett produkt uten spesiell funksjonalitet. Alle fysiske komponenter skal være installert i produktet. Eksempel på dette er batteri, mikrokontrollere, motorkontrollere og ledninger.

Installasjon av system i kanontårnet (11. mars 2010):

Alle delene har ankommet og er installert i tårnet. Tårnet er nå klart til testing og programmering.

Presentasjon 2 (mellom 12. og 24. mars 2010):

I denne presentasjonen skal vi fortelle hva vi har holdt på med, hvor langt vi er kommet, og ikke minst får vi snakke om de tekniske løsningene. Design er på dette tidspunktet så godt som ferdigstilt.

FAT (30.april 2010):

FAT er siste og endelige test av det fullstendige systemet. Dette blir den viktigste testen og endelig bekreftelse på at produktet er fullstendig iht. kravspesifikasjonen.

Endelig innlevering (29. mai 2010):

På dette tidspunktet skal vi levere inn endelig dokumentasjon på prosjektet.

Presentasjon 3 (Første uken av juni 2010):

Denne presentasjonen skal inneholde 20 minutter rettet mot salg og 20 minutter rettet mot tekniske løsninger og design. Presentasjon 3 er aktiviteten som representerer slutt på prosjektet. Etter dette er det ikke noe mer arbeid å gjøre med tanksen eller med dokumentene.





## 5 Kontrakter og avtaler

### 5.1 Kontrakt med oppdragsgiver

Det er skrevet kontrakt med KDS som stadfester vilkårene for prosjektet. KDS, Hibu og veileder har kopi av denne.

### 5.2 Kontrakter med underleverandører

Vi har ikke satt opp kontrakter med underleverandører da vi kun er et veldig lite prosjekt, men kan kjøpe komponenter hos firmaer vi normalt ikke ville fått kjøpt av ved at vi representerer KDA.

## 6 Overordnet risikoanalyse for prosjektet

Denne risikoanalysen angir risikoene til de overordnede kravene KDS har satt til leveransen av vårt produkt. Den viser med andre ord hvilke faktorer som har høyest risikoverdi for å mislykkes. Da alle disse kravene fra KDS er like viktige for å oppnå målene i prosjektet vil de ikke ha veldig ulike risikoverdier, dvs. konsekvensene med å ikke nå kravene vil være kritiske.

**Sannsynlighet:** Hvor sannsynlig er det at risikofaktoren vil oppstå én eller flere ganger? Sannsynligheten er gradert på en skala fra 1 til 4.

**Konsekvens:** Hvor alvorlig er det hvis risikofaktoren inntreffer? Konsekvensen er også gradert på en skala fra 1 til 4.

For hver av risikofaktorene som er definert i prosjektet har vi altså vurdert sannsynlighet (for at risikoen kan inntreffe) samt konsekvens (for gruppen dersom risikoen inntreffer). I vurderingen har vi benyttet følgende skala og verdier:

Tabell 2: Skala for risikoverdi

Vurderingsskala	Sannsynlighet	Konsekvens
4	Svært høy	Kritisk
3	Høy	Stor
2	Moderat	Moderat
1	Lav	Liten

Basert på de to parametrene definert ovenfor og deres skalaer, kan vi beregne en **risikoverdi** for en risikofaktor. Denne fremkommer ved følgende formel:

$$\text{Risikoverdi} = \text{sannsynlighet} * \text{konsekvens}$$

Risikoverdien vil være et tall mellom 1 og 16. Vi opererer med følgende tolkning av risikoverdien:

Lav risiko:	Risikoverdi $\leq$ 2
Medium risiko:	$3 \leq$ Risikoverdi $\leq$ 6
Høy risiko:	Risikoverdi $\geq$ 7

Hvis konsekvensen av en risikofaktor er vurdert som kritisk, så vil risikoverdien aldri bli under "medium" selv om sannsynligheten for at risikofaktoren skal inntreffe er vurdert som "lav". Dette gjenspeiler behovet for at prosjekter alltid må følge opp risikofaktorer med potensielt kritiske konsekvenser og revurdere disse med jevne mellomrom, for å sikre at sannsynligheten for at de inntreffer ikke har økt.

## 6.1 Oversikt over risikofaktorer

Opprettet:	Oppdatert:	ID	Beskrivelse	Sannsynlighet	Konsekvens	Risikoverdi (= sannsynlighet x konsekvens)
02.02.10		1	Design av tårn med kanon blir ikke ferdig	1	4	4 – Medium Risiko
02.02.10		2	Løsningen av stabilisering av gyrosystemet fungerer ikke i henhold til krav	1	3	3 – Medium Risiko
02.02.10		3	Vi får ikke installert en GPS i systemet	1	4	4 – Medium Risiko
02.02.10		4	GPS'en klarer ikke å plotte systemets bevegelser	1	3	3 – Medium Risiko
02.02.10		5	Det lykkes ikke å lage et helt nytt styringssystem	1	3	3 – Medium Risiko
02.02.10		6	Systemet klarer ikke å motta radiosignaler	1	4	4 – Medium Risiko
02.02.10		7	Systemet aksepterer ikke ladning ved 230V	1	3	3 – Medium Risiko
02.02.10		8	Gruppen klarer ikke å følge opp skolens leveranser	1	4	4 – Medium Risiko

## 7 Kilder

### Nettsider:

[http://no.wikipedia.org/wiki/Rational\\_Unified\\_Process](http://no.wikipedia.org/wiki/Rational_Unified_Process)

[http://www.usit.uio.no/suf/dml/intra\\_old/prosj%20-%20LTJ/avsluttet/classfronter/mysql/rapporter-referater/prosjektplan/risikoanalyse.html](http://www.usit.uio.no/suf/dml/intra_old/prosj%20-%20LTJ/avsluttet/classfronter/mysql/rapporter-referater/prosjektplan/risikoanalyse.html)

### Dokumenter:

Strøm, T./ Graven, O.H. Prosjekthåndbok, 2009, Høgskolen i Buskerud, Avdeling for teknologi



# KRAVSPESIFIKASJON, PROSJEKTGRUPPE 1, Q. I TANK, VERSJON C

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

## Innhold

1. Introduksjon .....	3
1.1 Hensikten med dokumentet.....	3
1.2 Dokumenthistorie.....	3
1.3 Relevante dokumenter.....	4
1.4 Kontaktinformasjon.....	5
2. Tekniske Data .....	6
3. Kravspesifikasjoner.....	6
3.1 Kundens Krav (Voice of the customer).....	6
3.2 Forklaring på kravkoder.....	6
3.3 Generelt om kravene.....	7
3.4 Ikke-funksjonelle krav.....	7
3.5 Funksjonelle krav.....	8
3.6 Responskrav .....	8
3.7 Krav til brukervennlighet.....	9
3.8 Krav til dokumentasjon .....	9
4. Kilder.....	11

## Liste over tabeller

Tabell 1: Henvisninger .....	4
Tabell 2: Generelle dimensjoner .....	6
Tabell 3: Ikke-funksjonelle krav.....	7
Tabell 4: Funksjonelle krav .....	8
Tabell 5: Responskrav.....	8
Tabell 6: Krav til brukervennlighet .....	9
Tabell 7: Krav til dokumentasjon.....	9

## Forkortelser

Forkortelse	Betydning
Q.I Tank	Quite Intelligent Tank
KDA	Kongsberg Defence and Aerospace AS
KDS	Kongsberg Defence Systems
GPS	Global Positioning System
HIBU	Høgskolen i Buskerud

### 1. Introduksjon

Dette dokumentet beskriver kravene til vårt hovedprosjekt hvor vi videreutvikler en mini-tanks for Kongsberg Defence Systems (KDS), de betegnes som kunden i dette dokumentet.

#### 1.1 Hensikten med dokumentet

Dette dokumentet gir brukeren den nødvendige informasjon for å kunne forstå systemet og tanksens tiltenkte funksjonalitet.

Dokumentet er ment for å brukes av personer med teknologisk innsikt og forståelse av komplekse sammensatte systemer.

#### 1.2 Dokumenthistorie

Dette er C versjonen av dokumentet. Vi har i denne versjonen spesifisert kravene enda mer nøyaktig og lagt til noen krav vi har sett er nødvendig for systemet, samt fjernet et krav:

- Vi har lagt til krav A 203.3, som KDS kom med under siste presentasjon som omhandler å ha en egen sikkerhetsbryter for Paintballmarkøren.
- Vi har lagt til krav B 206.2, "Tårnet skal inneholde festemuligheter for kuleskrue samt motor som roterer kuleskruen".
- Krav A 206.1 er endret fra "Tårnet skal inneholde festeanheng til lasersikte, samt laser", til "Tårnet skal inneholde festeanheng til lasersikte, samt laser som skal ha mulighet for justering".
- Krav C 205.3 er endret fra "Tårnet skal inneholde festemuligheter for paintballutstyr", til "Tårnet skal inneholde festemuligheter for paintballutstyr, og evt. andre typer avfyringsmekanismer", for å spesifisere at det er mulighet for å feste andre typer løp og avfyringsmekanismer i tårnet, enn typen vi har valgt.

- Krav C 209.2, "Hurtigkoblingssystem for elektroniske komponenter skal implementeres i understellet", er fjernet da vi ser dette er unødvendig med tanke på at vi kun trenger å skru fast de elektriske komponentene rett på understellet, og sparer da også plass.
- Krav B 208.1 har fått endret ordlyd fra " Tårnets øvre flate skal minimum tåle egenvekten av tanksen" til " Tårnets konstruksjon skal minimum tåle egenvekten av tanksen".

### 1.3 Relevante dokumenter

Dokumenter som er relevante for kravspesifikasjonen og prosjektet generelt er følgende:

Tabell 1: Henvisninger

Nr.	Tittel
1	Visjonsdokument, Q.I Tank
2	Testspesifikasjon, Q.I Tank
3	Prosjektplan, Q.I Tank
4	"Prosjekthåndboka" – Olaf H.Graven/Thorbjørn Strøm, Høgskolen i Buskerud, Avdeling for Teknologi

NB! Husk å bruke siste versjon av dokumentene.



## 1.4 Kontaktinformasjon

<b>Oppgavens tittel:</b> Quite Intelligent Tank				<b>Dokumentet er godkjent av gruppen, dato:</b> 28.04.10
				<b>Antall Sider/vedlegg:</b> 11
<b>Gruppedeltakere</b>				<b>Kontaktpersoner på Hibu:</b>
<b>Navn</b>	<b>Ansvarsområde</b>	<b>Telefon</b>	<b>E-post</b>	<b>Veileder:</b>
Hege Engene	Prosjektleder	916 27 514	<a href="mailto:hege_engene@hotmail.com">hege_engene@hotmail.com</a>	Jørn Breivoll Tlf. 32869573
Morten Dahlstrøm	Design	997 97 644	<a href="mailto:Morten_dah@yahoo.no">Morten_dah@yahoo.no</a>	E-post: <a href="mailto:jorn.breivoll@hibu.no">jorn.breivoll@hibu.no</a>
Geir Jonsrud	Programmering	900 15 247	<a href="mailto:Jonsrud157@hotmail.com">Jonsrud157@hotmail.com</a>	
Erlend Frøhaug	Elektronikk	977 91 330	<a href="mailto:Erlend.frohaug@gmail.com">Erlend.frohaug@gmail.com</a>	
Royer A Jenssen	Produksjon	971 33 365	<a href="mailto:royerandreas@gmail.com">royerandreas@gmail.com</a>	
<b>Institutt:</b> Høgskolen i Buskerud, avdeling Kongsberg, avdeling for teknologi.				
<b>Oppdragsgiver:</b> Kongsberg Defence and Aerospace AS derunder Kongsberg Defence Systems.				<b>Kontaktpersoner hos oppdragsgiver:</b>
				<b>Veileder</b> Stian Skancke Solberg Tlf. 97666188 E-post: <a href="mailto:Stian.skancke.solberg@kongsberg.com">Stian.skancke.solberg@kongsberg.com</a>
				<b>Sensor</b> Hans Ivar Østensen Tlf. 930 57 438 E-post: <a href="mailto:hans.ivar.oestensen@kongsberg.com">hans.ivar.oestensen@kongsberg.com</a>

## 2. Tekniske Data

Tabell 2: Generelle dimensjoner

Element	Data
Høyde	245mm
Lengde	915mm
Bredde	450mm

## 3. Kravspesifikasjoner

### 3.1 Kundens Krav (Voice of the customer)

Vår kunde har kommet med følgende krav til tanksen (direkte kopiert fra visjonsdokumentet):

*Kravene til leveransen er:*

- *Det skal lages et nytt tårn med kanon, retningen på kanonen skal angis med en laser.*
- *Det skal lages en ny løsning for gyrostabiliseringen, av tårnet og kanonen i forhold til kjøretøyets bevegelser.*
- *Det skal legges til en GPS, som skal benyttes til å plotte kjøretøyets bevegelser.*
- *Det skal lages et helt nytt styringssystem, for alle mekanismene.*
- *Styring av selve enheten skal gjøres fra en fjernkontroll (standard radioutstyr).*
- *Systemet skal leveres komplett med alt som trengs for å styre kjøretøyet.*
- *Systemet skal være mulig å lade ved hjelp av 230V.*

Vi har lagt disse til grunn for utarbeiding av våre krav.

### 3.2 Forklaring på kravkoder

- A krav = Krav direkte fra KDS sin prosjektbeskrivelse, dvs. primærkrav.
- B krav = Krav fra KDS som vi har valgt å spesifisere mer nøyaktig, sekundærkrav.
- C krav = Krav som vi vil forsøke å innfri om vi ser vi har tid til det.

Dette sier med andre ord hvilke krav vi vil prioritere først, og hvilke krav vi vil vente med til vi ser vi har tid, les mer under avsnittet om "Avgrensninger" i Prosjektplanen.

### 3.3 Generelt om kravene

Vi har valgt å dele kravene inn i funksjonelle og ikke-funksjonelle krav, responskrav, krav til brukervennlighet, budsjettkrav og krav til dokumentasjon.

Med funksjonelle krav menes krav som forklarer hva som skal gjøres, dvs. hvilke funksjoner tanksen skal kunne utføre. Med ikke-funksjonelle krav menes de krav som forteller hvordan tanksen skal bygges og hva som skal implementeres. Vi har valgt å sette opp responskrav for å spesifisere hvordan og hvor fort systemet skal respondere.

Krav til brukervennlighet er satt opp for å vise at vi ønsker at tanksen skal kunne brukes av personer uten teknologisk innsikt og/eller kompetanse.

Testspesifikasjonen gjenspeiler kravspesifikasjonen med hensyn til nummerering slik at man lett kan se hvordan kravet skal kunne testes. Krav som er satt til prosjektarbeidet fra skolens side er ikke tatt med i dette dokumentet, da de kan leses i Prosjekthåndboka. Vi har derimot tatt med krav til dokumentasjon for å tydeliggjøre hva som skal skrives og levere underveis, samt i slutten av prosjektet.

### 3.4 Ikke-funksjonelle krav

Tabell 3: Ikke-funksjonelle krav

Ikke-Funksjonelle Krav		
Krav Type	Kravkode	Krav
A	201.1	Det skal lages ny løsning for <a href="#">gyrostabiliseringen</a> av tårnet og kanonen i forhold til kjøretøyets bevegelser, som skal holde disse i ro uavhengig av understellets bevegelse, jmf krav 403.1, 302.2 og 306.1.
B	201.2	Systemet for gyrostabilisering skal være separat fra fremdrift- og GPS-styring, dvs. de skal kunne fungere uavhengig av hverandre. Spenningskilden er allikevel felles.
A	202.1	Systemet skal akseptere mottak av radiosignaler.
A	203.1	Systemet skal akseptere ladning ved 230 V.
A	203.2	Systemet skal ha en hovedstrømbryter.
A	203.3	Systemet skal ha en egen sikkerhetsbryter til Paintballmarkøren.
A	204.1	Det skal utvikles et helt nytt prinsipp for styring av alle systemer.
B	204.2	Tanksen skal ha utvendig antenne for mottak av signaler fra radiokontroll for å oppnå større rekkevidde.
A	205.1	Systemet skal bestå av et tårn med kanon.
B	205.2	Tårnet skal være balansert om tårnets rotasjonsakse.
C	205.3	Tårnet skal inneholde festemuligheter for paintballutstyr, og evt. andre typer avfyringsmekanismer.
A	206.1	Tårnet skal inneholde festeanheng til lasersikte, samt laser som skal

		ha mulighet for justering.
B	206.2	Tårnet skal inneholde festemuligheter for kuleskrue samt motor som roterer kuleskruen.
A	207.1	Hele systemet skal 3D modelleres.
B	207.2	Det skal fremstilles arbeidstegninger i 2D av deler som skal til produksjon.
B	208.1	Tårnets konstruksjon skal minimum tåle egenvekten av tanksen.
B	209.1	Flater til feste av komponenter skal implementeres i understellet.

### 3.5 Funksjonelle krav

Tabell 4: Funksjonelle krav

Funksjonelle Krav		
Krav Type	Kravkode	Krav
A	301.1	Systemets kjørerute skal kunne plottes vha. GPS.
C	301.2	Systemet skal kunne manøvrere til et gitt geografisk punkt vha. GPS.
C	301.3	Jmf. krav 301.2 skal tanksen unngå hindringer i kjørebanelen.
A	302.1	Tanksen skal visuelt angi hvor den sikter vha. laser.
B	302.2	Kanonløpet skal kunne heves/ senkes, utslaget skal være fra -8 til +20 grader i forhold til løpets horisontallinje.
A	303.1	Kanontårnet skal rotere rundt vertikalaksen.
B	304.1	Beltene skal kunne strammes fra utsiden.
C	305.1	Systemet skal kunne avfyre skudd mot et bestemt mål.
A	306.1	Tårnet skal kunne rotere minimum 720 grader rundt vertikalaksen.
B	307.1	Systemet skal kunne akseptere signaler for: Fremdrift, avfiring, gyroskop, rotasjon av tårn og heving og senking av kanon.

### 3.6 Responskrav

Tabell 5: Responskrav

Responskrav		
Krav Type	Kravkode	Krav
A	401.1	Styring via radiokontroll skal skje i sanntid, dvs. ikke større enn 1 sekunds forsinkelse.
B	401.2	Tårnet rotasjonshastighet skal overskride understellets rotasjonshastighet for at motoren skal være sterk nok for gyrostabilisering.
B	402.1	Kanonløpet skal kunne heves/senkes fra -8 til 20 grader på 3 sek.
B	403.1	Når gyroen er aktivert skal kanonen være låst i angitt retning med en toleranse på +/- 5 grader, i forhold til rotasjon på 360° og heving jmf. Krav 402.1.

### 3.7 Krav til brukervennlighet

Tabell 6: Krav til brukervennlighet

Krav til brukervennlighet		
Krav Type	Kravkode	Krav
B	502.1	Ved hjelp av brukermanualen (se krav 710.1) skal enhver person lære seg å manøvrere tanksen, og bruke tanksens funksjoner som fremdrift, rotasjon, elevasjon, gyro og GPS.

### 3.8 Krav til dokumentasjon

Tabell 7: Krav til dokumentasjon

Krav til dokumentasjon*		
Krav Type	Kravkode	Krav
A	701.1	Visjonsdokument: Dette er det første dokumentet som skal leveres for å få godkjent prosjektoppgaven. Her beskrives oppgaven, mål defineres og kort tidsplan legges ved. Ferdigdato: 15.10.09 (Alle)
A	702.1	Prosjektplan: Her beskrives prosjektperioden/oppgaven i mer detalj med bla. tids;-ressursplan, ansvarsforhold med mer. Ferdigdato: 12.01.10 (Hege)
A	703.1	Kravspesifikasjon: Dette dokumentet beskriver alle krav som er satt til oppgaven og beskriver systemet som skal konstrueres. Ferdigdato: 12.01.10 (Hege)
A	704.1	Testspesifikasjon: Her beskrives hvordan alle krav skal testes. Dokumentet er mao. avhengig av kravspesifikasjonen. Det står ikke noe om når hvert enkelt krav skal testes, men dette kan leses av tidsplanen. Ferdigdato: 12.01.10(Hege)
A	705.1	Produktdesign/kalkulasjonsdokument: I dette dokumentet oppsummeres alle kalkulasjoner som er gjort mht. tanksens oppbygging og toleranser. Dokumentet skal også forsvare hvorfor de enkelte materialer og design er valgt. Det vil bli gjort gjentatte revideringer av dokumentet ettersom man kommer lenger i prosjektet. Første ferdigdato: 04.02.10 (Morten)
A	706.1	Produktdatablad: En spesifisering av all funksjonaliteten av systemet, dvs. brukerbeskrivelse. Dette dokumentet er det som skal kunne vises til utenforstående for at de skal kunne forstå produktet. Dokumentet forklarer kun overordnet om de forskjellige systemene (dette gjelder

		også for softwaredelen til produktet) Ferdigdato til utkast: 04.02.10 (Erlend)
A	707.1	Konstruksjonsdokument: Dokumentet beskriver hvordan produktet skal utvikles, og hvilke komponenter og programvare som trengs. Det skal inneholde all nødvendig informasjon for å utforme systemet videre. Kan deles opp i flere dokumenter om man ser at dette er hensiktsmessig. Alle krav skal behandles i dette dokumentet. Ferdigdato: 01.03.10 (Geir)
A	708.1	Testprosedyrer: Det skal utarbeides 3 type testdokumenter som fylles inn under hver test.  <u>Modultest:</u> Denne testen utføres når hver enkelt komponent er ferdig. Det skal derfor lages en mal for hva som skal testes under hver modultest og fylles inn under hver enkelt test.  <u>Integrasjonstest:</u> Her gjøres samme type test som i modultesten bortsett fra at det er satt sammen med de andre komponentene. Det vil også her bli utarbeidet en mal for hva som skal sjekkes for hver komponent i integrasjonstesten.  <u>Systemtest (FAT):</u> Dette er den største og siste testen som skal utføres, og det skal derfor utarbeides en større prosedyre som tester alle krav.  Alle testdokumenter skal fylles inn manuelt under hver test før det skannes inn og legges ved som en del av prosjektdokumentasjonen. Det kan også komme tilleggsrapporter (bilder mm.) til disse om man ser dette vil være hensiktsmessig mht. testkravet. Ferdigdato: En uke før hver test. (Royer)
A	709.1	Arbeidstegningsdokument/underlag: Alle tegninger som produseres i hele perioden skal samles i dette dokumentet. Ferdigdato: 15.05.10 (Morten)
A	710.1	Brukermanual/Bruksanvisning: I dette dokumentet skal det forklares hvordan man skal styre tanksen. Dokumentet skal være lettlest slik at enhver person skal kunne lære seg å manøvrere tanksen. Ferdigdato: 29.04.10 (Royer)
A	711.1	Installasjonsveiledning: Dette dokumentet forteller hvordan man kan sette sammen tanksen fra bunn av. Skal være illustrerende slik at enhver med teknisk forståelse skal kunne sette sammen alle komponentene. Ferdigdato: 06.05.10 (Royer)
A	712.1	Oppfølgingsdokument: Det skal skrives et oppfølgingsdokument hver uke som inneholder tidligere ukes ukeplan, ukeplan og kort om hvordan man ligger ann i forhold til tidsplanen.

		Det skal lages et større oppfølgingsdokument hver 4.uke som sendes eksternt veileder som inneholder en oppsummering av de siste ukers oppfølgingsdokumenter. Ferdigdato: Hver tirsdag før påske, mandag etter påske(Hege).
A	713.1	Møtereferater: Dette skal skrives etter hver uke. Vi har laget en mal for dette som skal fylles ut etter hvert møte. Ferdigdato: Samme dag som møtet ble holdt, ansvaret går på rundgang.
A	714.1	Timelister: Det skal føres timelister hver dag man jobber med prosjektet. Dette legges med oppfølgingsdokumentet hver uke. Alle har ansvaret for å levere sine timelister før oppfølgingsdokumentet blir publisert.
A	715.1	Etteranalyse: Dette dokumentet beskriver hvordan prosjektet gikk og hvorfor det gikk slik. Ferdigdato: 21.05.10 (Hege)
A	716.1	Konseptplan: KDS ønsker at vi presenterer et konsept for hvordan vi har tenkt oss at løsninger, komponenter etc. i tanksen skal være på et overordnet nivå. Konseptdokumentet skal også forsvare de forskjellige deler vi ønsker å benytte. Konseptene forklares mer detaljert i Konstruksjonsdokumentet, se 707.1. Ferdigdato. 28.01.10 (Geir)
A	717.1	Produktrapport: KDS vil ha en avsluttende rapport som beskriver tanksen og alle dens tekniske løsninger. Dette vil bli et dokument hvor vi setter sammen flere dokumenter vi har lagd tidligere, dvs. en oppsummering av produktutviklingen, men ikke medregnet ting som angår prosjektarbeidet og hvordan det har gått. Ferdigdato: 29.05.10 (Alle)

\* Dette er krav satt av Høgskolen i Buskerud og KDS, samt krav vi har satt til dokumenter vi mener kreves i forhold til vår oppgave. Ansvarlig person står i parentes

Alle dokumenter, dvs. sertifikater, bestillingssedler, datablader og annet vi mottar ved bestilling av varer med mer, skal samles og oppbevares for å opprettholde sporbarhet på alle komponenter på tanksen, og for at kunden skal få dette overlevert komplett når prosjektperioden er over.

## 4. Kilder

### Dokumenter:

Strøm, T./ Graven, O.H. Prosjekthåndbok, 2009, Høgskolen i Buskerud, Avdeling for teknologi



**TESTSPESIFIKASJON, PROSJEKTGRUPPE 1,  
Q.I TANK, VERSJON C**

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---



## Innhold

1	Introduksjon .....	3
1.1	Hensikten med dokumentet.....	3
1.2	Dokumenthistorie.....	3
1.3	Relevante dokumenter.....	4
1.4	Kontaktinformasjon.....	5
2	Testing .....	6
2.1	Mål med testing.....	6
2.2	Våre hovedpunkter for testing .....	6
2.3	Test av ikke-funksjonelle krav .....	6
2.4	Test av funksjonelle krav .....	7
2.5	Test av responskrav .....	8
2.6	Test av krav til brukervennlighet.....	8
2.7	Test av krav til dokumentasjon .....	8
3	Teststrategier .....	9
4	Kilder.....	10

## Tabeller

Tabell 1: Relevante dokumenter .....	4
Tabell 2: Test av ikke-funksjonelle krav.....	6
Tabell 3: Test av funksjonelle krav .....	7
Tabell 4: Test av responskrav .....	8
Tabell 5: Test av brukervennlighet .....	8
Tabell 6: Test av krav til dokumentasjon.....	8

## Forkortelser

Forkortelse	Betydning
Q.I Tank	Quite Intelligent tank
KDA	Kongsberg Defence and Aerospace AS
KDS	Kongsberg Defense Systems
GPS	Global Positioning System
FAT	Factory Acceptance Test

## 1 Introduksjon

### 1.1 Hensikten med dokumentet

Dette dokumentet beskriver testing til vårt hovedprosjekt hvor vi videreutvikler en mini-tanks for Kongsberg Defence Systems (KDS). Dokumentet er basert på Kravspesifikasjonen som tidligere er skrevet. Vi tar for oss de funksjonelle testene av systemet, også kalt "black-box"tester, og også de ikke-funksjonelle testene som i hovedsak blir visuelle tester.

Etter hvert som det kommer nye krav på plass, vil det også bli utarbeidet tester for disse. Nummerering av hver test har samme nummer som kravet den tester.

Testspesifikasjonen inneholder også en overordnet beskrivelse av hvilke type tester vi har planlagt å gjennomføre, med et lite avsnitt om hvilke teststrategier vi vil bruke.

### 1.2 Dokumenthistorie

Følgende endringer er gjort på denne versjonen av dokumentet:

- Vi har lagt til A 203.3, dvs. man skal visuelt se at det er en egen hovedstrømsbryter for paintballmarkøren på tanksen.
- Testkrav B 206.2 er lagt til, " Tårnet inneholder festemuligheter for kuleskrue samt motor som roterer kuleskruen(visuelt)".
- 401.1 er endret til "mindre enn ett sekund" fra, " gi respons på ett sekund".
- Testkrav C 209.2 er fjernet.

### 1.3 Relevante dokumenter

Tabell 1: Relevante dokumenter

Nr.	Tittel
1	Kravspesifikasjon, Q.I Tank
2	Visjonsdokument, Q.I Tank
3	Prosjektplan, Q.I Tank

NB! Bruk alltid siste versjon av dokumentet.

## 1.4 Kontaktinformasjon

<b>Oppgavens tittel:</b> Q.I Tank				<b>Dokumentet godkjent av gruppen dato:</b> 28.04.10
				<b>Antall Sider/vedlegg:</b> 10
<b>Gruppedeltakere</b>				<b>Kontaktpersoner på Hibu:</b>
<b>Navn</b>	<b>Ansvarsområde</b>	<b>Telefon</b>	<b>E-post</b>	<b>Veileder:</b>
Hege Engene	Prosjektleder	916 27 514	<a href="mailto:hege_engene@hotmail.com">hege_engene@hotmail.com</a>	Jørn Breivoll
Morten Dahlstrøm	Design	997 97 644	<a href="mailto:Morten_dah@yahoo.no">Morten_dah@yahoo.no</a>	Tlf.: 32 86 95 73
Geir Jonsrud	Programmering	900 15 247	<a href="mailto:Jonsrud157@hotmail.com">Jonsrud157@hotmail.com</a>	E-post:
Erlend Frøhaug	Elektronikk	977 91 330	<a href="mailto:Erlend.frohaug@gmail.com">Erlend.frohaug@gmail.com</a>	<a href="mailto:jorn.breivoll@hibu.no">jorn.breivoll@hibu.no</a>
Royer A Jenssen	Produksjon	971 33 365	<a href="mailto:royerandreas@gmail.com">royerandreas@gmail.com</a>	
<b>Institutt:</b> Høgskolen i Buskerud, avdeling Kongsberg, avdeling for Teknologi.				
<b>Oppdragsgiver:</b> Kongsberg Defence and Aerospace AS derunder Kongsberg Defence Systems.				<b>Kontaktpersoner hos oppdragsgiver:</b>
				<b>Veileder</b>
				Stian Skancke Solberg
				Tlf.: 97666188
				E-post:
				<a href="mailto:Stian.skancke.solberg@kongsberg.com">Stian.skancke.solberg@kongsberg.com</a>
				<b>Sensor</b>
				Hans Ivar Østensen
				Tlf. 93057438
				E-post:
				<a href="mailto:hans.ivar.oestensen@kongsberg.com">hans.ivar.oestensen@kongsberg.com</a>

## 2 Testing

### 2.1 Mål med testing

Målet med testspesifikasjonen er å finne feil systematisk, dvs. teste kontinuerlig for å sjekke at hver enkelt komponent fungerer slik at vi får rettet opp feil på et tidlig stadium. Det vil si at vi skal oppdage eventuelle feil under utvikling av tanksen. Målet er også at vi har god kjennskap til kvaliteten i alle deler av systemet.

### 2.2 Våre hovedpunkter for testing

Vi har bestemt at vi skal utføre modultest, integrasjonstest og systemtest (også kalt FAT test). Disse er planlagt i henhold til Prosjektplan og skal ha egne testprosedyrer som nedtegnes på forhånd (les mer om disse under avsnitt om Teststrategier). Disse godkjennes av intern veileder, i tillegg til at ekstern veileder (kunde) må godkjenne testprosedyren til systemtesten (FAT). I tidsplanen kan man se at modultester foregår kontinuerlig dvs. når kravet er ferdig vil det bli testet, integrasjonstesting starter når vi har koblet sammen flere systemer i tanksen, og FAT gjennomføres til slutt for å sjekke at alle krav er nådd.

### 2.3 Test av ikke-funksjonelle krav

Tabell 2: Test av ikke-funksjonelle krav

Test av ikke-funksjonelle krav		
Krav Type	Kravkode	Hvordan kravet skal testes
A	201.1	Slår på systemet. Sikter inn ønsket mål. Lar tanksen roterer 360 grader og beveger underlaget til gitte grenser for elevasjonen. Løpet skal ikke avvike med mer enn 5 grader.
B	201.2	Et av systemene kobles ut. Det andre systemet skal fremdeles være fullt operasjonelt. Test med systemene utkoblet vekselvis.
A	202.1	Se at enheten responderer på signaler fra radiokontroll (visuelt).
A	203.1	Kobler 230V til laderen og måler om det går en strøm i kretsen mellom batteri og lader.
A	203.2	Se at det er en hovedstrømsbryter montert på tanksen (visuelt).
A	203.3	Se at det er en hovedstrømsbryter for paintballmarkøren montert på tanksen (visuelt).
A	204.1	Visuell test for å se at styringssystemet er på plass.
B	204.2	Tanksen mottar styringssignal fra kontrollen fra en avstand på minimum 200 meter.

A	205.1	Se at tårnet og kanonen er tilstede (visuelt).
B	205.2	Matematiske utregninger viser at tårnets (inkludert kanonens) massesenter ligger +/- fem cm (i x-y planet) fra rotasjonsakse. (matematisk).
C	205.3	Avfyringsmekanismen kan implementeres i tårnet etter ferdigstilling (mekanisk). Festemulighetene er der (visuelt).
A	206.1	Tårnet inneholder en laserpeker (visuelt).
B	206.2	Tårnet inneholder festemuligheter for kuleskrue samt motor som roterer kuleskruen(visuelt).
A	207.1	3D modell eksisterer (visuelt).
B	207.2	Arbeidstegninger i 2D eksisterer (visuelt).
B	208.1	Tanksen legges på hodet, og man kontrollerer at det ikke er noe utvendige/fysiske svikt, deretter snus den og man sjekker at konstruksjonen er intakt(visuelt).
B	209.1	Flatene er der (visuelt). Elektriske komponenter kan festes (mekanisk).

## 2.4 Test av funksjonelle krav

Tabell 3: Test av funksjonelle krav

Test av funksjonelle krav		
Krav Type	Kravkode	Hvordan kravet skal testes
A	301.1	Systemet kjøres fra et punkt til et annet. Plotting kontrolleres opp mot rute.
C	301.2	Plotter inn valgt punkt. Kontrollerer at tanksen treffer innenfor en radius på 10m.
C	301.3	Et objekt plasseres mellom tanksen og ønsket destinasjonspunkt. Tanksen skal komme seg til punktet.
A	302.1	Se at laseren peker i kanonens retning (visuelt).
B	302.2	Kanonen heves/senkes på signal (visuelt), graden av heving/senking regnes ut vha. Pythagoras (matematisk).
A	303.1	Kanontårnet roterer på signal (visuelt).
B	304.1	Beltene lar seg stramme via mekanisme på utsiden (mekanisk).
C	305.1	Kanonen siktes inn mot mål, gyrostabilisering aktiveres og signal sendes manuelt for avfyring (visuelt).
A	306.1	Roterer tårnet 720 grader og kontrollerer at det ikke skaper problemer (visuelt).
A	307.1	Tester alle gitte funksjoner via radiokontrollen.

## 2.5 Test av responskrav

Tabell 4: Test av responskrav

Test av responskrav		
Krav Type	Kravkode	Hvordan kravet skal testes
A	401.1	Alle funksjoner på radiokontrollen skal gi respons på mindre enn ett sekund.
B	401.2	Se at tårnet ikke beveger seg saktere rundt enn det selve tanksen gjør (visuelt).
B	402.1	Heve/senke kanonløpet og sjekke at det beveger seg fra -8 til 20 grader på 3 sekunder.
B	403.1	Sikter inn ønsket mål. Lar tanksen roterer 360° og beveger underlaget til gitte grenser for heving. Løpet skal ikke avvike fra målet med mer enn 5°, regnes ut vha. Pythagoras.

## 2.6 Test av krav til brukervennlighet

Tabell 5: Test av brukervennlighet

Test av krav til brukervennlighet		
Krav Type	Kravkode	Hvordan kravet skal testes
B	502.1	Lar en person utenfor gruppa teste tanksens gitte funksjoner vha. brukermanualen.

## 2.7 Test av krav til dokumentasjon

Tabell 6: Test av krav til dokumentasjon

Test av krav til dokumentasjon		
Krav Type	Kravkode	Hvordan kravet skal testes
	Alle	Alle dokumenter sjekkes visuelt.

### 3 Teststrategier

En teststrategi er en generell metode for å gjennomføre testingen. Flere metoder er utviklet for ulike typer prosjekter. De teststrategiene som er mest benyttet er:

- Top-down testing – Dette er en teststrategi der man starter med å teste de mest abstrakte modellene for systemet, og deretter bryter det mer og mer ned i sine enkeltdeler.
- Bottom-up testing – I denne strategien starter man med å teste de minste delene av et system, og deretter å slå disse sammen bit for bit, for til slutt å ende opp med et helt system.
- Inkrementell testing – En modifisert utgave av bottom-up testing. Eller en kombinasjon av bottom-up og top-down.
- Stresstesting – Denne strategien baserer seg på at man kjører systemet hardere enn det er bygget for. Dvs. gi det for mye å gjøre eller for stor belastning, og observere hvordan systemet håndterer dette.
- Back-to-back-testing – Denne metoden benyttes der det eksisterer flere like deler av et system eller systemer. Man gir da systemene samme input, og sammenligner deres output.

Da vi benytter oss av utviklingsmodellen Unified Process, der vi utvikler systemet litt av gangen, er det naturlig å velge den inkrementelle teststrategien. Da vil vi kunne begynne å teste hver modul etterhvert som de blir utviklet, for så å teste om den fungerer i samspill med resten av systemet som er utviklet. Dermed vil feil bli oppdaget på et så tidlig tidspunkt som mulig.

For å sjekke at alle testene (med henvisning til kravkode) blir utført skal det for hver enkelt test signeres i et kontrollskjema, i testprosedyren, for hvem som har utført testen, og om testen var godkjent.

Vår teststrategi innebærer følgende tester:

- Modultest
- Integrasjonstest
- Systemtest (FAT)

#### Modultest

Alle moduler som blir utviklet skal testes om de oppfyller ønsket funksjonalitet.

---



Modultesten foretas av den personen som utvikler modulen, da han/hun har størst kjennskap til denne. Men det vil også bli foretatt enkelte kontroller av andre på gruppa. Testen er en såkalt "white-box" test der det vil foreligge en del regler for hva som skal testes. En "white-box" test er en test der innholdet av modulen som testes er kjent, og derved kan den som tester analysere oppbyggingen og finne hvor mange testscenarier som er nødvendig for å sikre, inntil en viss grad, at alle feil oppdages. Dersom det oppdages feil eller mangler må dette rapporteres og gjennomgås.

#### Integrasjonstest

Denne testen utføres for å sikre seg at modulene spiller sammen med andre moduler i systemet og utføres ved at systemet bygges opp med en modul av gangen. Denne testen utføres etter hver gang en ny modul er ferdig utviklet.

#### Systemtest (FAT)

Test av hele systemet. Verifisering og validering av at hele systemet oppfyller de krav som er stilt. Dette gjøres for å verifisere at vi utvikler systemet riktig, og for å validere at vi bygger riktig system. Dette er den siste og endelige testen.

## 4 Kilder

#### Dokumenter:

Strøm, T./ Graven, O.H. Prosjekthåndbok, 2009, Høgskolen i Buskerud, Avdeling for teknologi



# Factory Acceptance Test, Prosjektgruppe 1, Q.I Tank, Versjon A

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

---

## Innhold

1	Introduksjon .....	3
1.1	Omfang .....	3
1.2	Hensikten med dokumentet.....	3
1.3	Relevante dokumenter.....	4
1.4	Dokumenthistorie.....	4
2	Tester.....	5
2.1	Visuelle tester.....	5
2.1.1	Testsekvens visuelle tester.....	5
2.1.2	Sjekkliste for visuelle tester.....	6
2.2	Test av ikke-funksjonelle krav .....	6
2.2.1	Testsekvens for ikke-funksjonelle krav.....	6
2.2.2	Sjekkliste for ikke-funksjonelle krav .....	7
2.3	Test av funksjonelle krav .....	8
2.3.1	Testsekvens for funksjonelle krav .....	8
2.3.2	Sjekkliste for funksjonelle krav .....	8
3	Test av responskrav .....	9
3.1.1	Testsekvens for responskrav .....	9
3.1.2	Sjekkliste for responskrav.....	9
4	Konklusjon .....	10

## Figurer

Figur 1: Bilde fra test .....	10
-------------------------------	----

## Forkortelser

Forkortelse	Betydning
Q.I Tank	Quite Intelligent Tank
KDA	Kongsberg Defence and Aerospace AS
KDS	Kongsberg Defence Systems
HIBU	Høgskolen i Buskerud
FAT	Factory Acceptance Test

## 1 Introduksjon

### 1.1 Omfang

Dette dokumentet beskriver prosedyrene for gjennomføring av en factory acceptance test for Q.I. Tank. FAT testen er den endelige testen av det sammensatte systemet.

### 1.2 Hensikten med dokumentet

Hovedformålet med FATen er å sjekke at det sammensatte systemet (understell og tårn med sine komponenter) yter som forventet. Testen er skreddersydd for å undersøke at systemet fungerer tilfredsstillende i henhold til kravspesifikasjonen og den tilhørende testspesifikasjonen.

FATen inneholder generelle testprosedyrer for å kontrollere riktig bruk av systemet. Den viktigste delen av dokumentet spesifiserer hver enkelt test med klare retningslinjer forbundet opp mot sine tilhørende punkter i krav- og testspesifikasjonen. Hver test skal beskrives i logisk sekvens. Resultatet av testen føres opp i dette dokumentet. Der skal også avvik fra mål, samt mulige grunner til dette føres.

### 1.3 Relevante dokumenter

Dokumenter som er relevante for FAT er følgende:

Tabell 1: Relevante dokumenter

Nr.	Tittel
1	Kravspesifikasjon Q.I. Tank
2	Testspesifikasjon Q.I. Tank
3	Brukermanual Q.I Tank

### 1.4 Dokumenthistorie

Dette er første versjon av dokumentet.

## 2 Tester

**Merk: På testtidspunktet var ennå ikke kuleskruen ankommet, tester som omhandler heving/senking av kanonløpet regnes derfor alle som feilet. Tester som kun delvis omhandler heving/senking av tårnet regnes som vellykkede dersom, og bare dersom, de andre funksjonene i testen ble godkjente. Mangelen av heving/senking vil allikevel bli kommentert der det gjelder.**

### 2.1 Visuelle tester

Denne testsekvensen skal dekke test- og kravnummer 205.1, 203.2, 203.3, 208.1, 206.1, 302.1, 202.1, 302.2, 303.1, 306.1 og 307.1. Disse testene spenner over både funksjonelle og ikke funksjonelle krav.

#### 2.1.1 Testsekvens visuelle tester.

1. Kontroller at systemet består av et understell med belter, samt et tårn med kanon. Sørg også for å ha radiokontrolleren i nærheten.
2. Undersøk om det er montert en hovedstrømsbryter på tanksens høyre side.
3. Løft opp tanksen og legg den forsiktig på hodet, snu den igjen og undersøk om det har oppstått sprekker eller deformasjoner på tårnet eller i overgangen mellom tårn og understell.
4. Skru på radiokontrolleren.
5. Skru på hovedstrømbryteren.
6. Undersøk om det er en laserpeker montert på tanksen, bestem også om denne peker i kanonens retning.
7. Bruk radiokontrolleren til å kjøre tanksen forover, bakover, samt å rotere den i begge retninger.
8. Roter tårnet en hel runde rundt i begge retninger vha. radiokontrolleren.
9. Roter tårnet to runder (720 grader) i valgfri retning. Forsøk å heve/senke tårnet.

### 2.1.2 Sjekkliste for visuelle tester

Sekvensnummer	Godkjent		
	Ja	Nei	Ikke relevant
1	x		
2	x		
3	x		
4	x		
5	x		
6	x		
7	x		
8	x		
9	x		

#### Kommentarer:

Punkt 6: Laseren er noe skjev. Dette er i ettertid rettet.

Punkt 7: Ved langvarig kjøring baklengs har beltene en tendens til å henge seg opp. Dette skal forsøkes å få rettet på ved å finne optimal stramming av beltene.

Punkt 9: heving/senking av kanonløpet ikke tilgjengelig.

## 2.2 Test av ikke-funksjonelle krav

Denne testsekvensen dekker de ikke-funksjonelle krav og tester som ikke allerede er gjennomgått i 2.1. Det vil si kravkode 201.2, 203.1 204.2 og 206.2.

### 2.2.1 Testsekvens for ikke-funksjonelle krav.

1. Med systemet operativt kobles først tårnet ut, slik at det ikke lenger svarer på signal fra radiokontrolleren. Test om understellet kan utføre sine funksjoner på signal. (Dvs. kjøre frem, tilbake og rotere. Den skal også kunne plotte til PC vha. GPS.).
2. Tårnet skrus på igjen og understellet kobles ut. Sjekk om tårnet kan utføre sine funksjoner (rotasjon, heving/senking samt avfiring av paintball).
3. Med begge systemene skrudd på igjen; sikt inn et mål og aktiver gyrostabiliseringen. Roter understellet 360 grader. Sjekk om lasermarkøren har avvekket mer enn 5 grader etter rotasjon (her kan det være en fordel å markere målet før rotasjonen begynner).
4. Skap en avstand på ca. 200 meter mellom Q.I. tanken og radiokontrolleren. Undersøk om systemet gir god respons på signaler fra kontrolleren.
5. Koble til ladeutstyr og mål om det går en strøm i kretsen mellom batteri og lader.

### 2.2.2 Sjekkliste for ikke-funksjonelle krav

Sekvensnummer	Godkjent		
	Ja	Nei	Ikke relevant
1	x		
2	x		
3		x	
4		x	
5	x		

#### Kommentarer:

Punkt 2: Heving/senking av tårnet ikke tilgjengelig.

Punkt 3: Gyrostabiliseringen lot seg ikke aktivere under factory acceptance testen. Denne fungerte innenfor kravspesifikasjonens mål tidligere på dagen. Problemet antas å være at referansen er hardkodet inn i gyrostabiliseringen. En ny løsning er under utforming, der gyroen henter referanse når gyrostabiliseringen blir aktivert.

Punkt 4: Radiokontrolleren mistet signal ved ca. 60 meter. Dette skyldes ufordelaktig plassering av antennen på tanksen.



## 2.3 Test av funksjonelle krav

Denne testsekvensen dekker de funksjonelle testene og kraven som ikke er dekket i foregående testsekvenser. Her dekkes krav- og testkode 301.1 og 305.1.

### 2.3.1 Testsekvens for funksjonelle krav

1. Sikt kanonen inn mot ønsket mål. Aktiver gyrostabilisering og send signal for avfiring. Observer at det avfyres paintball mot målet.
2. Utføres utendørs: Systemet kjøres fra et punkt til et annet, plottingen av ruten kontrolleres opp mot faktisk kjørt rute.

### 2.3.2 Sjekkliste for funksjonelle krav

Sekvensnummer	Godkjent		
	Ja	Nei	Ikke relevant
1	x		
2	x		

#### Kommentar:

Punkt 1: Ved første avfiring fungerte systemet etter kravene. Ved videre mating av kuler og avfiring tømmer systemet seg for luft. Dette antas å være grunnet litt lavt trykk inn på markøren, samt en for lang periode på signalet for avfiring.

### 3 Test av responskrav

Testsekvensen dekker alle responskravene (401.1, 401.2, 402.1 og 403.1).

#### 3.1.1 Testsekvens for responskrav

1. Gi systemet signal, se etter forsinkelser mellom gitt signal og respons. Overskrider en evt. forsinkelse en tid på ett sekund, må dette feilsøkes.
2. Roter tårnet og understellet i hver sin retning. Se at tårnet roterer minst like fort som understellet (dvs. Står i ro i utgangsposisjonen), eller roterer fortere enn understellet (dvs. Beveger seg i den retningen det blir angitt)
3. Senk kanonløpet helt ned. Mål tiden det tar fra det gis fullt utslag i retning opp, til kanonen har oppnådd maks elevasjon. Mål også tiden det tar fra det gis signal til at kanonløpet skal senkes fra maks elevasjon, til det er helt nede. Tiden skal ikke overskride 3 sekunder.
4. Beveg tanksen ved å heve/senke en side av tanksen av gangen. Dette kan gjøres ved å løfte tanksen for hånd, eller ved å sette den på et bevegelig underlag. Sjekk igjen om lasermarkøren avviker mer enn 5 grader. Det må tas hensyn til kanonløpets utslag. Resultater som viser unøyaktighet grunnet at grensene for utslag er nådd er ugyldige.

#### 3.1.2 Sjekkliste for responskrav

Sekvensnummer	Godkjent		
	Ja	Nei	Ikke relevant
1	x		
2	x		
3		x	
4		x	

**Kommentar:**

Punkt 3: Heving/senking av kanonløp ikke tilgjengelig.

Punkt 4: Heving/senking av kanonløp ikke tilgjengelig.



Figur 1: Bilde fra test

## 4 Konklusjon

Vi dekker de fleste kravene, men mange av funksjonalitetene virker dessverre ikke ennå pga. forsinkelser og streik. Vi mener allikevel det var hensiktsmessig å avholde en FAT da de fleste av funksjonene er inntakt og virker i henhold til kravspesifikasjonen. De funksjonene som mangler på dette tidspunktet vil ikke bli ferdigstilt før dokumentinnleveringsfristen, men vil forhåpentligvis bli implementert før fremvisning og presentasjon.



## Produktdatablad, Prosjektgruppe 1, Q.I Tank, Versjon D

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

---

## Innhold

1. Introduksjon .....	3
1.1 Hensikten med dokumentet.....	3
1.2 Dokumenthistorie.....	3
2. Oversikt.....	4
2.1 Nøkkelfunksjoner .....	5
2.2 Teknisk beskrivelse .....	5
2.2.1 Mekanisk beskrivelse av systemet .....	5
2.2.2 Beskrivelse av det elektriske systemet.....	6
2.3 Design mål .....	7
3. Opererbarhet.....	7
4. Grensesnitt .....	8
4.1 Elektrisk grensesnitt .....	8
4.2 Mekanisk grensesnitt .....	8
5. Referanser .....	9

## Tabeller

Tabell 1: Nøkkelfunksjoner.....	5
Tabell 2: Design mål .....	7
Tabell 3: Elektrisk grensesnitt.....	8
Tabell 4: Mekanisk grensesnitt.....	8
Tabell 5: Referanser.....	9

## Figurer

Figur 1 - Oversiktsbilde.....	4
Figur 2 - Belte .....	5
Figur 3 - System i tårn.....	6
Figur 4 - System i understell .....	6
Figur 6 - Radiokontroll.....	7
Figur 5 - Trimble GPS Monitor .....	7

## Forkortelser

Forkortelse	Betydning
Q. I Tank	Quite Intelligent Tank
KDA	Kongsberg Defence and Aerospace AS
KDS	Kongsberg Defence Systems
GPS	Global Positioning System
HIBU	Høgskolen i Buskerud

### 1. Introduksjon

Dette dokumentet er knyttet til prosjektet Q. I Tank ved Høgskolen i Buskerud. Dokumentet beskriver funksjonaliteten til produktet og inneholder all nødvendig data for å kunne forstå produktet.

#### 1.1 Hensikten med dokumentet

Dette dokumentet gir brukeren de nødvendige spesifikasjoner for å kunne forstå systemet. Det vil si mål, grensesnitt og opererbarhet, samt referanser til alle nødvendige datablader.

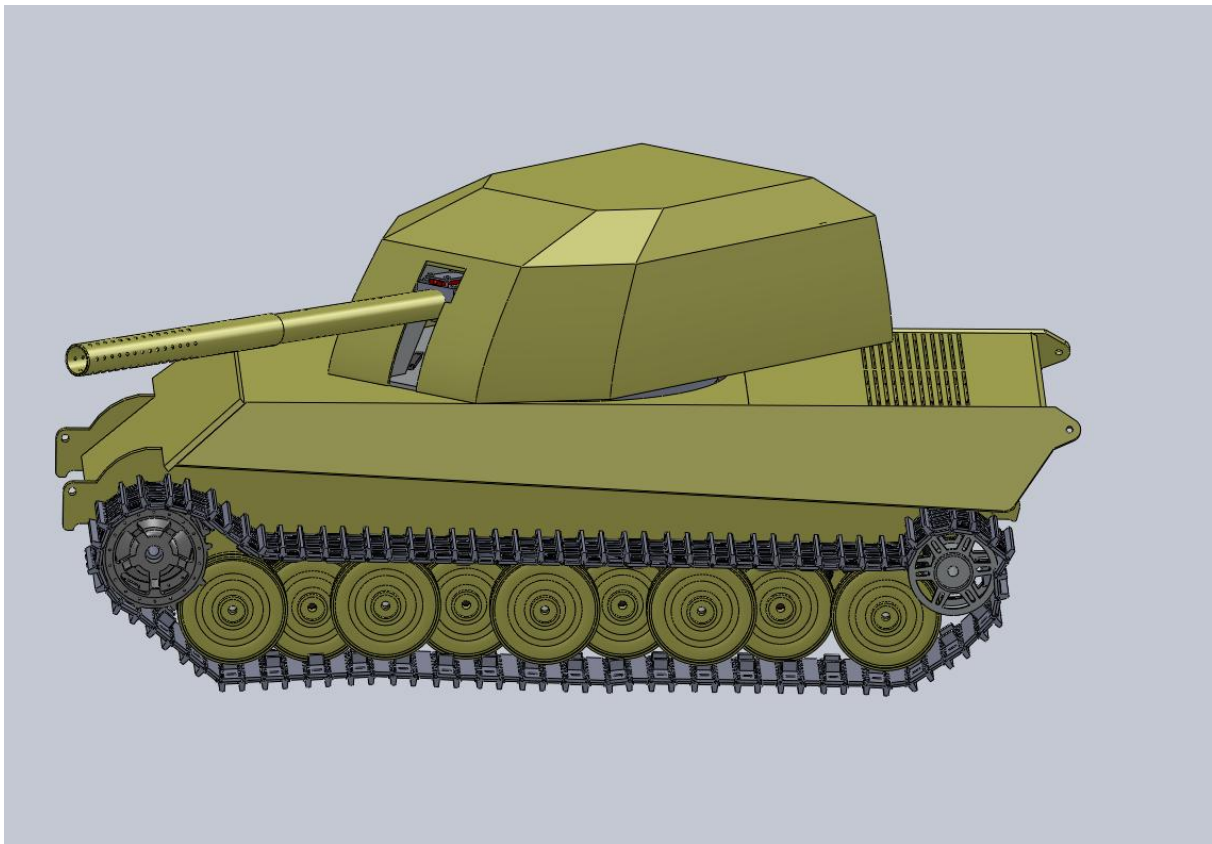
Dokumentet er ment for å brukes av personer med teknologisk innsikt og forståelse av komplekse sammensatte systemer.

#### 1.2 Dokumenthistorie

Dette er versjon D av dokumentet. Punktene nedenfor er endret fra C versjonen:

- Designmål
- Opererbarhet
- Mekanisk brukergrensesnitt
- Referanser

## 2. Oversikt



Figur 1 - Oversiktsbilde

## 2.1 Nøkkelfunksjoner

Tabell 1: Nøkkelfunksjoner

Nøkkelfunksjoner:	Beskrivelse:
Fremdrift	Systemet kan bevege seg fremover, bakover, venstre, høyere og rotere på stedet.
Bevegelse tårn	Systemet består av et understell med tårn som kan rotere. Tårnet er utstyrt med en paintballmarkør som kan heves og senkes.
Gyrostabilisering	Systemet er utstyrt med gyrostabilisering av markøren slik at det vil holde seg stabil over ulendt terreng.
GPS- plotting	Systemet har en innebygget GPS som muliggjør plotting av kjørt rute ved tilkobling til pc. Tilbakelagt rute kan fås opp i Google Earth.
Paintball	Tårnet er utstyrt med en paintballmarkør med et magasin på 5 kuler, kan utvides med større magasin på 75kuler. Markøren kan avfyres fra fjernkontroll. Markøren vil bli sikret ved en rød bryter på baksiden av tårnet som må vippes opp for å aktivere avfyring.

## 2.2 Teknisk beskrivelse

### 2.2.1 Mekanisk beskrivelse av systemet

Systemet består av et understell og et tårn. Tanksen er bygget på et understell levert av RCArmory.com. Dette er utstyrt med to Pittman girmotorer for fremdrift. Motorene driver beltene via kjeder som driver det fremste hjulsettet som drar beltene. Videre er alle støttehjulene til belte satt på fjørende armer. Det bakerste vendehjulet brukes som beltestrammer (se figur 2).



Figur 2 - Belte

Tårnet er festet til understellet med en rotasjonsring bestående av to yteringer med en indre tannring. Rotasjonen drives av en Faulhaber 1628 motor med en girutveksling. Understellet er festet til tannringen og tårnet er festet til de ytere ringene. Motoren sitter i tårnet og drar rundt seg selv. Kanonen er hengt opp som en vippe og drives opp og ned ved hjelp av en kuleskrue som drives av en Faulhaber 2057 motor.

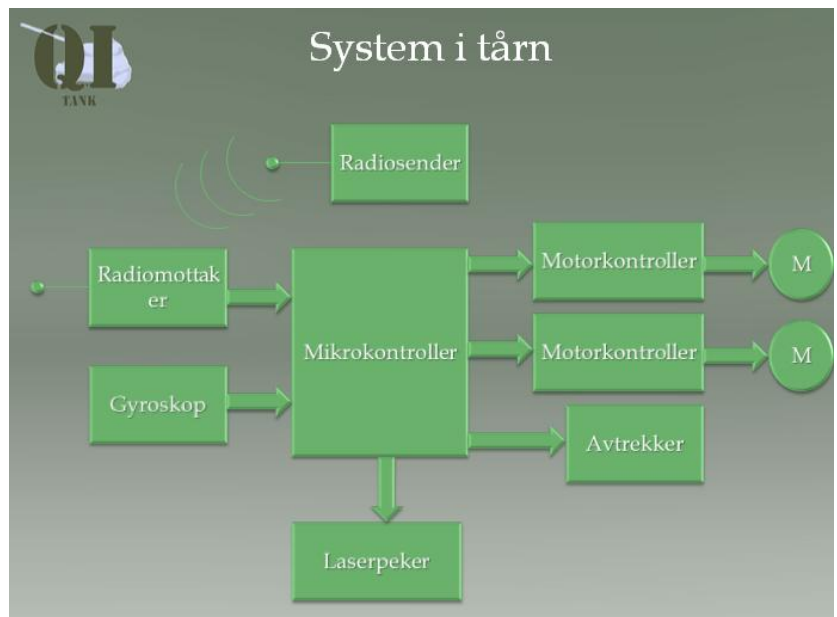


## 2.2.2 Beskrivelse av det elektriske systemet

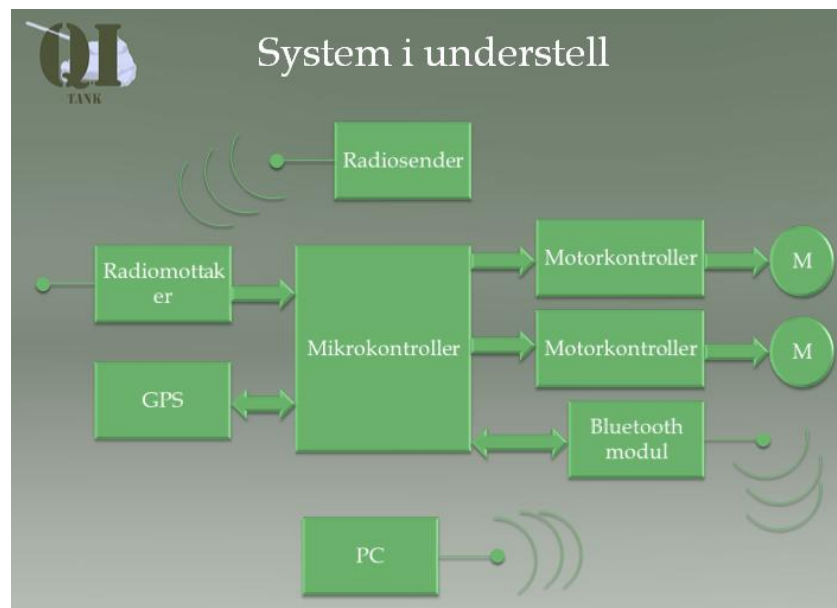
Systemet er delt inn i to hovedsystemer, de er delt slik at det ene sitter i tårnet og det andre i understellet. De har ingen kommunikasjon mellom seg og arbeider uavhengig av hverandre.

Systemet i tårnet har kontrollen over rotasjon, heving og senking av markør, gyrostabilisering og avfiring. Dette styres av en mikrokontroller som blir manuelt styrt av en radiosender. Laseren skal kun angi retningen på kanonløpet.

Systemet i understellet tar seg av fremdriften og GPS plottingen. Fremdriften styres ved en radiosender, signalene blir tolket i mikrokontrolleren og oversatt til motorkontrollerne som styrer motorene. GPS plottingen skjer ved hjelp av en GPS- modul som sender signalet gjennom en TTL til RS232 konverter og videre til en PC via bluetooth. Ved å koble seg til enheten via bluetooth kan ferden logges. Videre kan koordinatene overføres til Google Earth for avlesning i et kart.



Figur 3 - System i tårn



Figur 4 - System i understell

## 2.3 Design mål

Tabell 2: Design mål

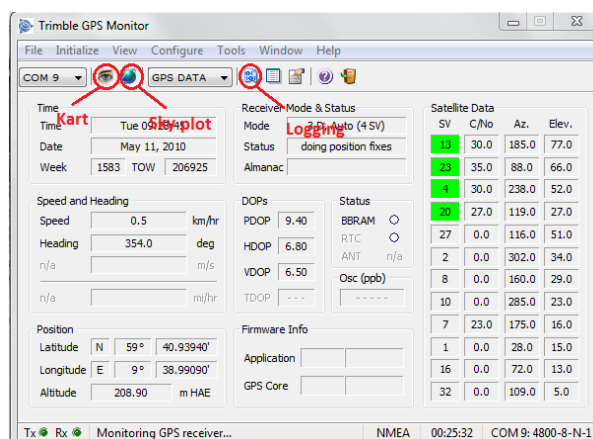
Hva:	Mål/ Beskrivelse:
Vekt	35kg
Høyde, lengde og bredde	394mm, 1075mm og 467mm
Overflatebehandling	Lakkerte overflater
Farge	Ørken kamuflasje
Materiale	Understell: Aluminium, plast og stål. Tårn: Aluminium og glassfiber.

## 3. Opererbarhet

Systemet har et brukergrensesnitt for sin bevegelse og funksjonalitet. Bevegelsene til understellet og tårnet styres med to joystickers på radiosenderen. Brems, fri, gyro og avfiring styres via brytere på den samme radiosenderen. Senderen er av typen Wfly WFT09S med 9 kanaler. Systemet for å logge ferden via GPS, opereres fra en tilkoblet pc. PCen kommuniserer med GPS via bluetooth. Denne har en teoretisk rekkevidde på Ca 100 meter i åpent terreng. For å logge ferden kan Trimble GPS monitor benyttes. Logget ferd kan vises i et kartprogram som Google Earth.



Figur 5 - Radiokontroll



Figur 6 - Trimble GPS Monitor

## 4. Grensesnitt

### 4.1 Elektrisk grensesnitt

Oversikt over hvilke grensesnitt som er brukt for kommunikasjon/signaloverføring.

Tabell 3: Elektrisk grensesnitt

Funksjon	Grensesnitt	Beskrivelse
Radiokontroll	Radiosignaler 35mhz	Kommuniserer via frekvensmodulasjon rundt 35mhz. Rekkevidde over 100meter.
Bluetooth	2,4ghz	Klasse 1 rekkevidde opptil 100m
Styring	8-bit mikrokontroller	PIC18F4550 programmeres med programmet MPLab med kode skrevet i C. C koden kompiles til et språk mikrokontrolleren forstår.

### 4.2 Mekanisk grensesnitt

Oversikt over mekaniske grensesnitt som er brukt.

Tabell 4: Mekanisk grensesnitt

Funksjon	Grensesnitt	Beskrivelse
Rotasjon tårn	Tannhjul i aluminium	Tannring 215 tenner, drivhjul 35. 1:6,14
Elevasjon tårn	Kuleskrue	8mm 2,5mm pr.runde
Beltedrift	Kjedeoverføring	Overføring 1:3,5
Fjøring	Spiralfjør	18 fjærende hjul for beltestøtte
Avfyring	Lufttrykk 200psi	1 kule/sek.

## 5. Referanser

Datablader til alle brukte deler

Tabell 5: Referanser

Komponenter:	Dokument(vedlagt på cd):
Faulhaber 1628 DC servomotor(Rotasjon tårn)	Faulhaber 1628Series.pdf
Faulhaber 2057 DC servomotor(Elevasjon kanon)	Faulhaber 2057Series.pdf
Faulhaber gearhead 16/7 series(Girhode rotasjonsmotor)	Faulhaber gearhead.pdf
Faulhaber Motion Controller MCBL 2805	Faulhaber MCBL2805.pdf
Pittman girmotor (Fremdrift)	Pittman GM14904S013.pdf
EM – 176 motorkontroller (fremdrift)	EM - 176 DC-motor controller.pdf
Kuleskrue 8x2,5	Kuleskrue39693D6Ed01.pdf
Radiosender/ mottager	Wfly WFT09Smanual.pdf
40 Pin PIC Development Board for PIC18F4550 with USB	PIC-ICSP.gif PIC-USB-4550-sch.gif PIC-USB-4550.pdf PIC18F4550 Datasheet.pdf
20 Channel EM-406A SiRF III Receiver with Antenna	EM-406A_User_Manual.pdf NMEA Reference Manual1.pdf
IDG1215 GYRO	Datasheet_IDG1215.pdf IDG1215_breakout.pdf
DC/DC-reg 12V/1,2-5,5V 6A PME8318LP	ericsson_regulator.pdf
Laser Module - Red with TTL Control	TTL-Laser.pdf
Biltema MC batteri Gel	<a href="http://biltema.no/no/Bil---MC/MC/Reservedeler/MC-batteri-gel/">http://biltema.no/no/Bil---MC/MC/Reservedeler/MC-batteri-gel/</a>
Biltema Batterilader, 6/12 V	<a href="http://biltema.no/no/Bil---MC/Biltilbehor/Bilelektrisk/Batteriverktoy-og-tilbehor/Batterilader-612-V1/">http://biltema.no/no/Bil---MC/Biltilbehor/Bilelektrisk/Batteriverktoy-og-tilbehor/Batterilader-612-V1/</a>
Prosjektspesifikke dokumenter for Q.I Tank	Skjema_tårn signal Ver.D.pdf Skjema_tårn strøm Ver.D.pdf Skjema_understell signal Ver.D.pdf Skjema_understell strøm Ver.D.pdf Avfyringsmekanisme Ver.B.pdf Konstruksjonsdokument.pdf Kalkulasjonsdokument.pdf Brukermanual.pdf Installasjonsveiledning.pdf



**TEKNISK RAPPORT, PROSJEKTGRUPPE 1,  
Q.I TANK, VERSJON A**

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

---

## Innhold

1	Introduksjon .....	4
1.1	Hensikten med dokumentet.....	4
1.2	Dokumenthistorie.....	4
1.3	Relevante dokumenter.....	5
1.4	Kontaktinformasjon.....	6
2	Konstruksjon.....	7
2.1	Generelt om Programmeringen og radiokontrolleren .....	8
2.1.1	Mekanisk .....	8
2.1.2	Elektrisk .....	9
2.1.3	Programmering.....	10
2.2	Understell .....	12
2.2.1	Fremdrift.....	13
2.2.2	GPS.....	15
2.2.3	Spenningskilde.....	17
2.3	Tårn.....	19
2.3.1	Gyro .....	20
2.3.2	Avfyring.....	22
2.4	Styring.....	24
2.4.2	Produksjon av tårndeksel .....	25

## Tabeller

Tabell 1: Henvvisninger .....	5
Tabell 2: Koblingstabell for EM-406A GPS modulen .....	16
Tabell 3: Koblingstabell for RN240 Bluetooth modulen.....	16
Tabell 4: Koblingsskjema for understell .....	18
Tabell 5: Koblingstabell for IDG1215 gyro modulen .....	20

## Figurer

Figur 1: Oversiktsbilde .....	7
Figur 2: Q.I Tank.....	7
Figur 3: RC mottaker.....	8
Figur 4: Mikrokontroller, motorkontroller og radiomottaker .....	8
Figur 5: RC mottaker koblingsskjema .....	9
Figur 6: Innlesning fra RC.....	10
Figur 7: PWM signal.....	11
Figur 8: Understell .....	12
Figur 9: Drivhjul .....	12
Figur 10: Fremdriftsmotor .....	13
Figur 11: Fremdriftssystem .....	13
Figur 12: Beltestrammer.....	13
Figur 13: Koblingsskjema for MC EM-176 .....	14
Figur 14: GPS .....	15
Figur 15: GPS plotting.....	15
Figur 16: DC-jack for endeløs rotasjon .....	17
Figur 17: Batteri, relè og sikringer .....	17
Figur 18: Styrketest av ramme .....	19
Figur 19: Tårn.....	19
Figur 20: Gyromodul.....	20
Figur 21: Reguleringsløyfe for Gyroregulering.....	21
Figur 22: Feste til paintballmarkør .....	22
Figur 23: Dreining av plastforlenger .....	22
Figur 24: Plastforlenger .....	22
Figur 25: Relèkrets.....	23
Figur 26: Avfyringspuls .....	23
Figur 27: Sikkerhetsbryter for avfyring.....	23
Figur 28: Rotasjonsring med motor.....	24
Figur 29: Glassfiberstøping.....	25

## Forkortelser

Forkortelse	Betydning
Q.I Tank	Quite Intelligent Tank
KDA	Kongsberg Defence and Aerospace AS
KDS	Kongsberg Defence Systems
GPS	Global Positioning System
HIBU	Høgskolen i Buskerud

---

GND	Ground/Jord (0v)
VCC	Driftspenning (+12V)
VDD	Driftspenning (+5V)
µC	Microcontroller(Mikrokontroller)
MC	Motor Control(Motorkontroller)
DC	Direct Current(Likespenning)
RC	Radio Control(Radiokontroller)
PWM	Pulse-width modulation(Puls Bredde Modulert)
ADC	Analog to digital converter
CCW	Counter clockwise (mot klokken)
CW	Clockwise (med klokken)
NC	Not-Connected (Ikke koblet til)

## 1 Introduksjon

Dette dokumentet er en teknisk rapport som forklarer hvilke løsninger som har blitt brukt og hvorfor. Dokumentet viser hvordan ting ble gjort til slutt med de endringene som ble gjort etter planlegging. Dokumentet er basert på konstruksjonsdokumentet.

### 1.1 Hensikten med dokumentet

Hensikten med dette dokumentet er å beskrive hvordan produktet er utviklet og produsert og hvordan komponenter, maskinvare og programvare har blitt satt sammen. Dette dokumentet gir en detaljert teknisk oversikt over hele produktet. Det inneholder ikke skjemaer, tegninger og kalkulasjoner. Disse refereres det til og finnes på vedlagt cd.

### 1.2 Dokumenthistorie

- Dette er første utgave av dokumentet.



### 1.3 Relevante dokumenter

Dokumenter som er relevante for konstruksjonsdokumentet er følgende

Tabell 1: Henvisninger

Nr.	Tittel
1.	Kravspesifikasjon, Q.I Tank
2.	Kalkulasjon og Design , Q.I Tank
3.	Skjema tårn signal, Ver.C, Q.I Tank
4.	Skjema tårn strøm, Ver.C, Q.I Tank
5.	Skjema understell signal, Ver.C, Q.I Tank
6.	Skjema understell strøm, Ver.C, Q.I Tank
7.	Avfyringsmekanisme, Ver.A, Q.I Tank

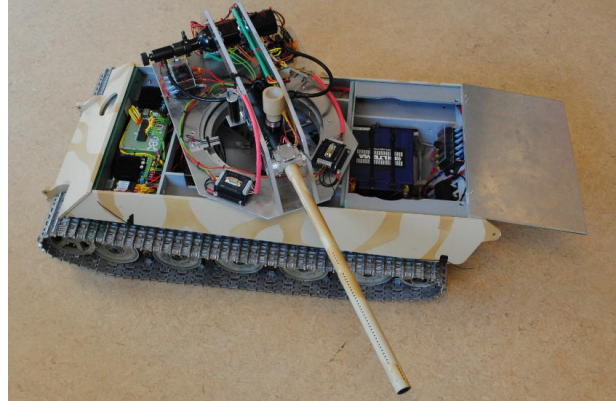
NB! Husk og bruk siste versjoner av dokumenter om ikke annet er spesifisert.

## 1.4 Kontaktinformasjon

<b>Oppgavens tittel:</b> Q.I Tank				<b>Dato:</b> 28.05.10
				<b>Antall Sider/vedlegg:</b> 25
<b>Gruppedeltakere</b>				<b>Kontaktpersoner på Hibu:</b>
<b>Navn</b>	<b>Ansvarsområde</b>	<b>Telefon</b>	<b>E-post</b>	<b>Veileder:</b>
Hege Engene	Prosjektleder	916 27 514	<a href="mailto:hege_engene@hotmail.com">hege_engene@hotmail.com</a>	Jørn Breivoll Tlf: 32869573
Morten Dahlstrøm	Design	997 97 644	<a href="mailto:Morten_dah@yahoo.no">Morten_dah@yahoo.no</a>	E-post: <a href="mailto:jorn.breivoll@hibu.no">jorn.breivoll@hibu.no</a>
Geir Jonsrud	Programmering	900 15 247	<a href="mailto:Jonsrud157@hotmail.com">Jonsrud157@hotmail.com</a>	
Erlend Frøhaug	Elektronikk	977 91 330	<a href="mailto:Erlend.frohaug@gmail.com">Erlend.frohaug@gmail.com</a>	
Royer A Jenssen	Produksjon	971 33 365	<a href="mailto:royerandreas@gmail.com">royerandreas@gmail.com</a>	
<b>Institutt:</b> Høgskolen i Buskerud, avdeling Kongsberg, avdeling for teknologi.				
<b>Oppdragsgiver:</b> Kongsberg Defence and Aerospace AS derunder Kongsberg Defence Systems.				<b>Kontaktpersoner hos oppdragsgiver:</b>
				<b>Veileder</b> Stian Skancke Solberg Tlf. 97666188 E-post: <a href="mailto:Stian.skancke.solberg@kongsberg.com">Stian.skancke.solberg@kongsberg.com</a>
				<b>Sensor</b> Hans Ivar Østensen Tlf. 93057438 E-post: <a href="mailto:hans.ivar.oestensen@kongsberg.com">hans.ivar.oestensen@kongsberg.com</a>

## 2 Konstruksjon

Dette dokumentet er delt opp i to deler på samme måte som konstruksjonsdokumentet. Vi har valgt å gjøre dette fordi produktet er basert på to delsystemer. Delsystem 1, som vi kaller understellet, består av tanksens rammeverk, rotasjonsring for tårnet, fremdrift, GPS og batteri. Delsystem 2 med navnet Tårn består av et gyrostabiliseringssystem, system for avfiring og styring av tårn. Slik ble krav 201.2 dekket på en enkel og effektiv måte. Både tårn og understell er 3D modellert i Solidworks, dette iht. krav 207.1. 3D modell av tårn er detaljert og rettet mot konstruksjon, mens 3D modell av understell har i hensikt å illustrere layout og plassering av de forskjellige komponentene.



Figur 1: Oversiktsbilde



Figur 2: Q.I Tank

## 2.1 Generelt om Programmeringen og radiokontrolleren

Dette kapittelet dekker krav 202.1, 204.1, 204.2, 307.1, 401.1 og 502.1.

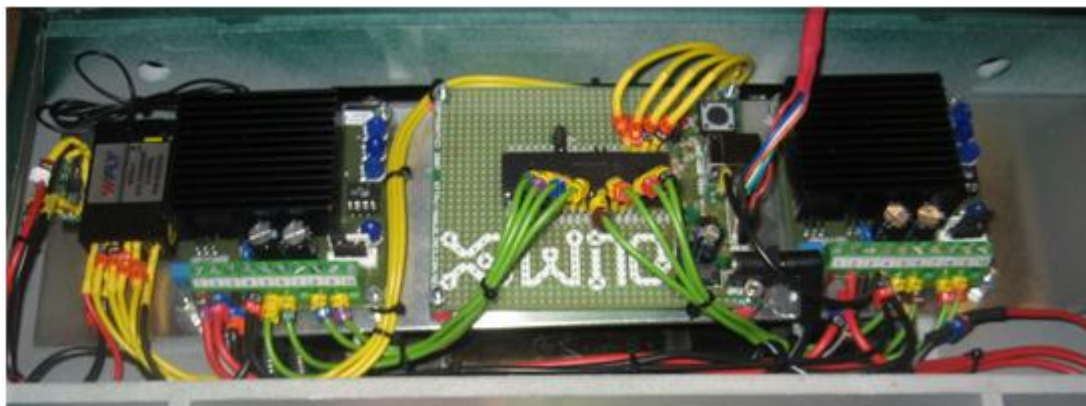
### 2.1.1 Mekanisk

I tanksen er det monter to RC mottakere, en i hvert delsystem. Mottakerne er plassert nær utkanten slik at de skal få gode signaler. Ved å ha en mottaker i hvert delsystem slipper vi unna med å dele mer en strøm mellom systemene.

Det er to  $\mu\text{C}$ , både i understellet og i tårnet,  $\mu\text{C}$  er av typen [PIC18F4550] og sitter på et prototypekort av typen [Olimex PIC-USB-4550]. I understellet er  $\mu\text{C}$  festes i en plate som igjen er festet i den fremre seksjonen av tanksen, dette for å isolere styringselektronikk og spenningskilde(jmf. kap.2.2.3). I tårnet er  $\mu\text{C}$  festes mellom veltebøylene på produserte braketter som  $\mu\text{C}$  er limt fast til.



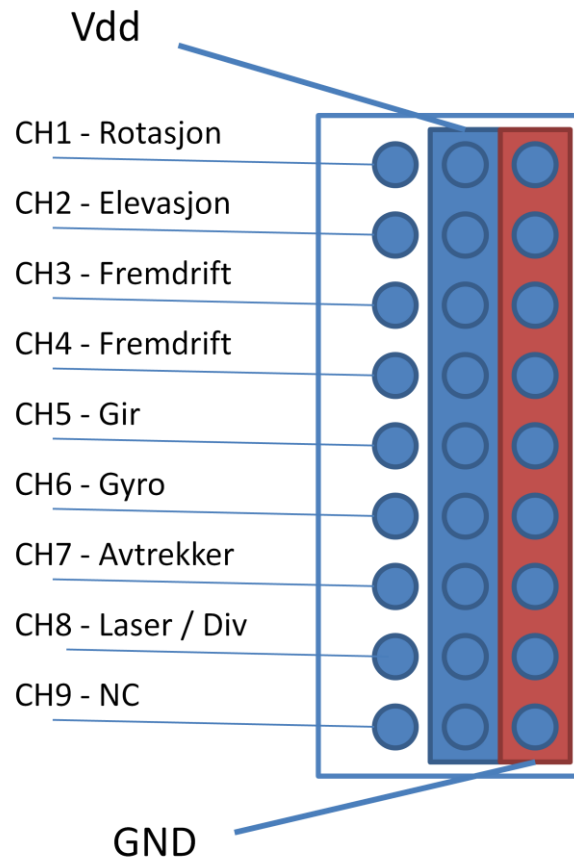
Figur 3: RC mottaker



Figur 4: Mikrokontroller, motorkontroller og radiomottaker

### 2.1.2 Elektrisk

RC mottakeren har til sammen 24 koblingspunkter hvor 8 av disse er koblet sammen og videre til GND, og 8 kobles sammen og videre til VDD. De resterende 8 koblingene representerer hver sin kanal som er kobles til inngangene på  $\mu\text{C}$ . Se figur 1 for hva de forskjellige kanalene brukes til og hva de er koblet til på  $\mu\text{C}$ . CH8 er ikke brukt til noe, men er tilgjengelig for ekstrarfunksjonalitet.



Figur 5: RC mottaker koblingsskjema

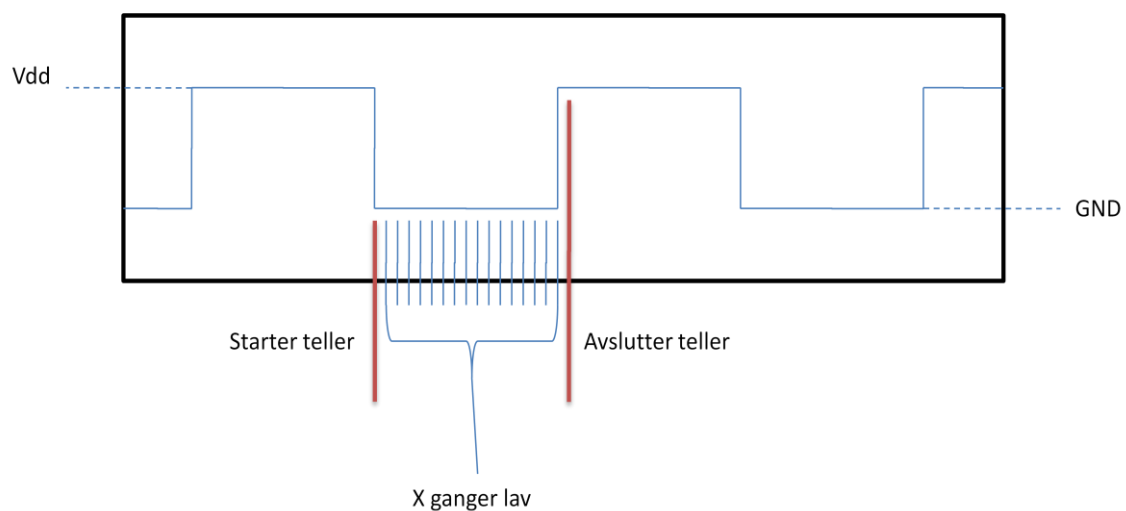
Vi har brukt et prototypekort som vi har koblet VCC til direkte. På prototypekortet er det loddet på pinner på de portene som skal brukes. For skjema over koblingsforholdene mellom de forskjellige komponentene og  $\mu\text{C}$ , se koblingsskjema for understell og koblingsskjema for tårn som er vedlagt på cd.

### 2.1.3 Programmering

Programmeringen av  $\mu C$  er gjort ved bruk av programvare fra Microchip, programmet heter MPLAB. Programmeringsspråket som er brukt er C, og er kompilert med en C18-kompilator. Begge programmene inneholder innlesningsmetoder og funksjoner for generering av PWM signaler. Programmene med kommentarer er lagt med på cden.

#### 2.1.3.1 Innlesing

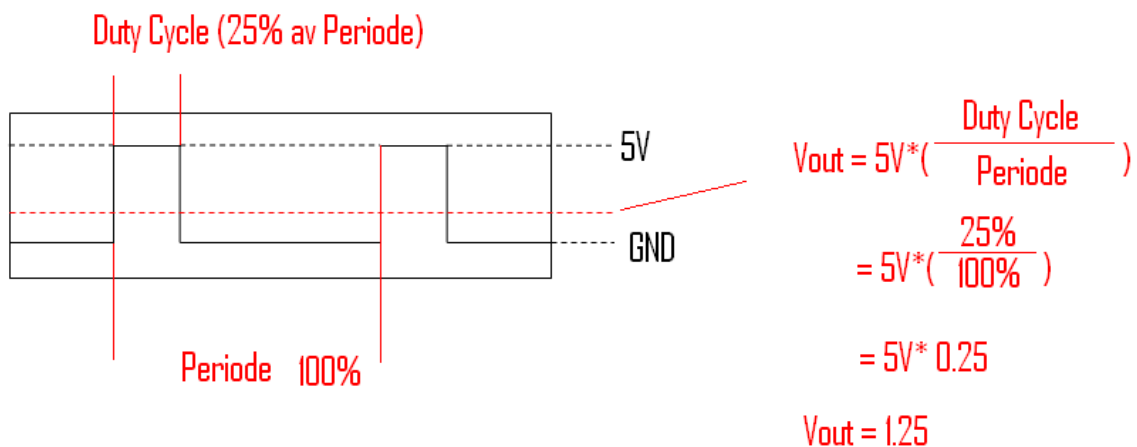
Signalene fra RC mottakeren er frekvensmodulert. Det er derfor implementert en egen funksjon i  $\mu C$  som leser inn det frekvensmodulerte signalet. Innlesningen skjer ved å lese hvor lenge signalet er lavt, dette tallet er da halve perioden. Det tallet som er lest inn skaleres og brukes videre i beregning av pådrag til motorene og aktivering av de forskjellige prosessene i tanksen.



Figur 6: Innlesing fra RC

### 2.1.3.2 PWM styring

For hastighetsstyring av motorkontrollerne er det brukt PWM signaler. I understellet styres hastigheten ved å variere en spenning fra 0-5V som gjøres ved å bestemme hvor stor del av perioden signalet er høyt. I tårnet styres motorkontrollerne via PWM der de står stille ved en duty cycle på 50%. Under er det illustrert hvordan hastighetskontrollen fungerer i understellet.



Figur 7: PWM signal

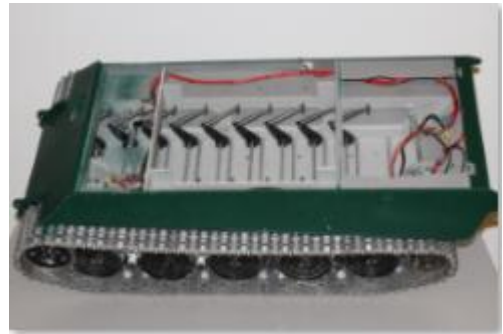
Da det er begrensninger på frekvensen i denne metoden har vi brukt den integrerte PWM funksjonen i C18 biblioteket (jmf. MPLAB C18 C COMPILER LIBRARIES, side.48-51) til generering av PWM signal for tårnet. Det er satt opp en egen timer [TIMER2] som er dedikert til PWM funksjonen. (jmf. MPLAB C18 C COMPILER LIBRARIES side 61-69). For flere detaljer, se tårn.c som er lagt ved på cd.



## 2.2 Understell

Understellet er et eget system som styrer fremdriften til tanksen ved bruk av RC. I tillegg er det funksjonalitet som gjør det mulig å plote den tilbakelagte ruten i et kart. Dette gjøres via GPS signal som overføres via bluetooth (jmf. Kap.2.1.2). Tårnet har strømkilde i form av batteri med tilhørende sikring og ladepunkter (jmf. Kap.2.1.3) i understellet. Batteriet er plassert i understell for å få tyngdepunktet så lavt som mulig. Hele understellet er modellert i 3D for å ha et utgangspunkt å bygge tårnet på og for å kunne prøve ut plasseringer av komponentene. Tegningene ligger ved på cd.

Selve understellet har vi fra hovedprosjektet Minitank fra 2007. Det ble den gang bestilt fra RCarmory i USA. Understellet som ble levert den gang og som vi har brukt som base for vårt prosjekt består av følgende: rammeverk, akslinger, hjul, hjuloppheng, belter, beltedrift, drivmotorer med kontrollere. Dette har vi gitt et nytt strøk med ørkenkamouflasje lakk. Vi har også satt inn bolter i den ytterste ringen på drivhjulet slik at det ikke spinner.



Figur 8: Understell



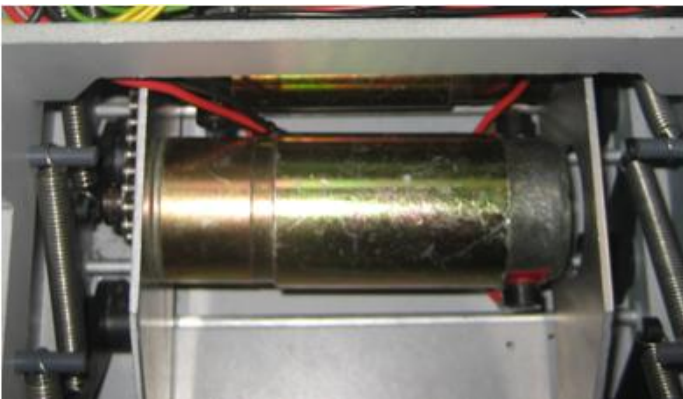
Figur 9: Drivhjul



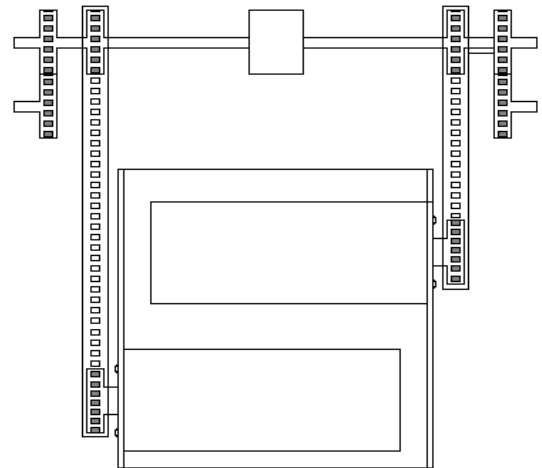
## 2.2.1 Fremdrift

### 2.2.1.1 Mekanisk

Fremdriften til tanksen er styrt av to elektromotorer i understellet. Disse motorene er av typen [Pittman Express GM14904S013]. Hver motor er koblet til hvert sitt belte med kjeder og tannhjul. Dette gjør at det blir en nedgiring mellom rotasjonen fra motoren og beltene på 1:3,5.

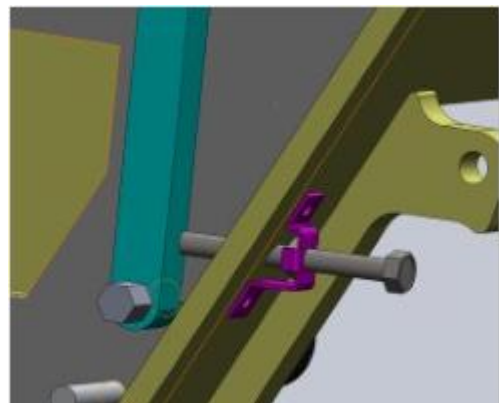


Figur 10: Fremdriftsmotor



Figur 11: Fremdriftssystem

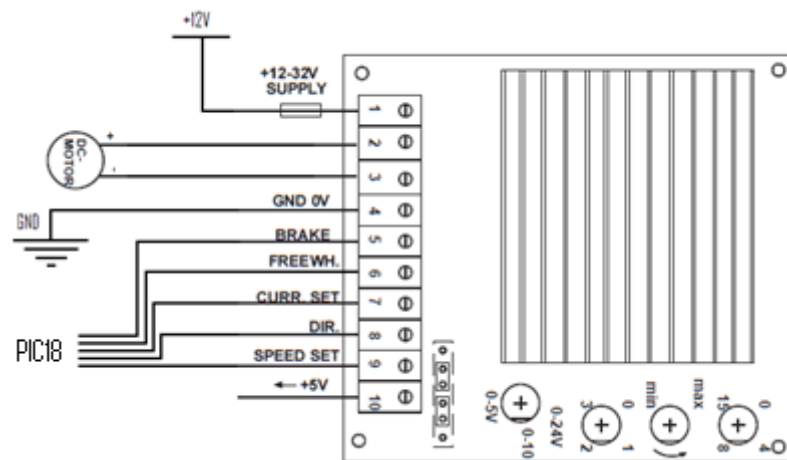
Krav 304.1 sier at det skal være strammemekanismer for beltene på utsiden av tanksen. Vi har løst dette ved å montere to mutterholdere som fører et gjengestag inn på strammearmene. Disse kan enkelt justeres utenfra slik at det blir lettere å stramme beltene utenifra.



Figur 12: Beltestrammer

### 2.2.1.2 Elektrisk

Hver fremdriftsmotor blir drevet av en MC av typen [Electromen oy EM-176], disse MC er litt underdimensjonert i forhold til motorene vi bruker, men de har gjort jobben under testing. Ved hjelp av denne fremdriften holder tanksen en fart på 3,6km/h og den holdes tross store motbakker. Motorkontrolleren er utstyrt med muligheten for brems og fri. Disse portene kan settes høye ved en bryter på RC- senderen. Dette er gjort slik at man kan låse systemet når det står aktivt, slik at man ikke kjører ved et uhell. Under er det vist hvordan kontrolleren er koblet, for flere detaljer se skjema understell som er lagt ved på cden.



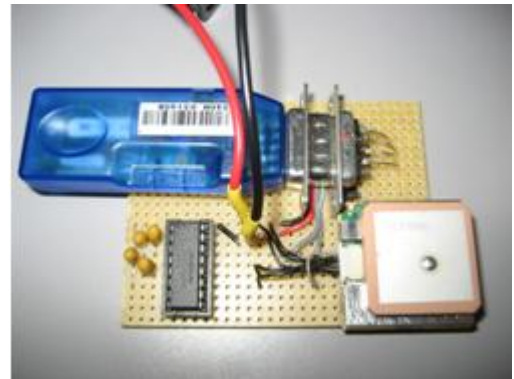
Figur 13: Koblingsskjema for MC EM-176

### 2.2.1.3 Programmering

I programmet er det sett opp en rutine som leser periodetiden inn fra 3 innganger på  $\mu C$  en inngang for hver kanal. (jmf. Kap. 2.1). Det er designet en matematisk modell mellom inngang og utgang for fremdriften av tanksen, hvor inngangen er den faktiske posisjonen av styrestikken og utgangen er rotasjonshastigheten til de to beltene (jmf. Kalkulasjonsdokument side 22). Til hastigheten brukes inngangen [SPEED SET], og hvert belte blir styrt av dutycyclen til et PWM signalet(jmf. Kap. 2.1.3.1). Retningene på beltene har vi programmert ved å sette utgangen som går til [DIR] lav eller høy.

## 2.2.2 GPS

Delsystemet understell er utstyrt med et system for å kunne logge ferden. Dette dekker kravene 301.1, 301.2 og 301.3 som er satt til GPS systemet.



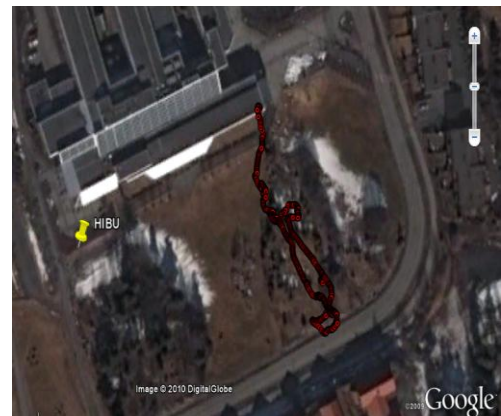
Figur 14: GPS

### 2.2.2.1 Mekanisk

Siden GPS modulen [USGlobalSat EM-406A] er avhengig av å få kontakt med fire eller flere satellitter for å få en posisjon har vi plassert GPS modulen i frontplaten til tanksen der det er et hull, dette er tildekket med en plexiglassplate. Bak denne platen er GPS modulen festet slik at antennen peker ut. Plexiglass platen er deretter farget slik at GPS modulen ikke er synlig fra utsiden.

### 2.2.2.2 Software

Til å plote de geografiske GPS koordinatene til tanksen er det brukt Trimble GPS Monitor. For kommunikasjon med datamaskinen brukes bluetooth som opptrer som en COM port (jmf. Kap. 2.2.2.3). Programmet som brukes er gratis og er lagt med på cden som følger tanksen. Programmet gir muligheten til plotting i kart og logging til fil slik at det kan overføres til Google Earth. Hvordan man oppnår kontakt med enheten og bruker programmet er beskrevet i brukermanualen.



Figur 15: GPS plotting

### 2.2.2.3 Elektrisk

GPS modulen sender signalene Tx og Rx gjennom en MAX232 [Max232ECPE+] brikke som gjør om fra TTL signal til RS232 signal. Koblingstabellen for denne koblingen er vist i tabell 2. Alle komponentene er festet på et laboratoriekort slik at GPS modulen, bluetooth modulen og MAX232 danner et isolert system som bare trenger driftspenning VDD. Systemet er også tenkt for å kunne koble signalet fra GPS til  $\mu\text{C}$  slik at den kan brukes til posisjonsstyring. Dette er dessverre noe vi ikke fikk tid til å implementere.

Tabell 2: Koblingstabell for EM-406A GPS modulen

Pin	Funksjon	Beskrivelse	Kobles til
1	GND	Drift og signal jord	GND
2	VCC	Power	VDD
3	Rx	Serial port receive	T1_In (Max232)
4	TX	Serial port transmit	R1_In (Max232)
5	GND	Drift og signal jord	GND
6	1PPS	Puls-Per-Second	NC

Koblingen mellom MAX232 og RS232 Bluetooth modemmet [Roving Network RN240] er vist i tabell 3. Her er det brukt koblinger av type DE-9, siden RS232 Bluetooth modemmet allerede har denne koblingen.

Tabell 3: Koblingstabell for RN240 Bluetooth modulen

Pin	Funksjon	Beskrivelse	Kobles til
1	NC	Not Connect	NC
2	Rxd	Serial port receive	T1_Out (Max232)
3	Txd	Serial port transmit	R1_Out (Max232)
4	NC	Not Connect	NC
5	GND	Drift og signal jord	GND
6	NC	Not Connect	NC
7	RTS	Request to send	NC
8	CTS	Clear to send	NC
9	4-11VDC	Driftspenning	VDD

### 2.2.3 Spenningskilde

Som spenningskilde i tanksen brukes et MC gelebatteri fra biltema som er felles for begge delsystemene. Dette dekker kravene 203.1, 203.2 og 209.1.

#### 2.2.3.1 Mekanisk

Over akslingene i bunnplaten er det lagt en plate, denne holder batteriet på plass i bakre del av understellet, og er festet med lange og solide strips. På bunnplaten er det også skrudd fast en DC-jack som overfører DC-spenning opp til tårnet. Denne DC-jacken gjør at krav 306.1 blir oppfylt fordi tårnet da kan teoretisk rotere uendelig mange ganger.



Figur 16: DC-jack for endeløs rotasjon

Noe tester også tyder på at det kan. Bryteren er på høyre side siden da det allerede var hull der. På den bakre platen er det festet et panel for sikringer og to relè. Disse komponentene er festet slik at de ikke er i veien for strammemekanismen til beltene. Batteriet er et gelebatteri som er valg for å kunne ha muligheten til å montere det liggende.

#### 2.2.3.2 Elektrisk

Fra ladepunktet er den positive strømførende lederen trukket til batteri og til sikringsboksen gjennom relèer slik at bryteren ikke blir overbelastet. Sikringsboksen har seks plasser for sikringer. Fire av disse er bruket til komponenter i understellet, mens en er trukket opp til tårnet. Den siste er brukt til jord, dvs. den har funksjon som en hovedsikring.



Figur 17: Batteri, relè og sikringer

Se koblingsskjema for understell for mer detaljert beskrivelse av spenningskilden og hvordan kursene er satt opp. Batteriet har en kapasitet på 12Ah som bør holde til over 30min kjøring ved stor belastning.

Batteriet egner seg godt til å stå over tid og er derfor ideelt til dette formålet.

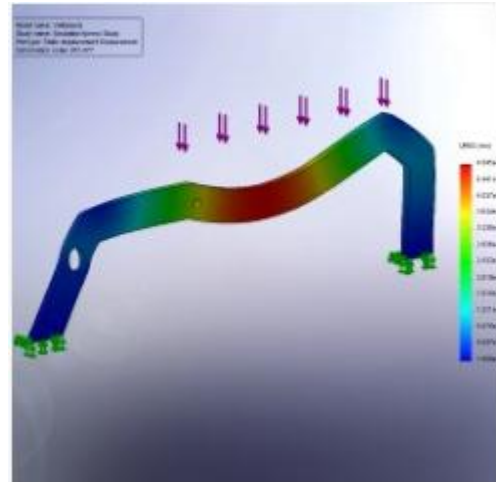
Sikring	Størrelse	Beskrivelse
1	30A	GND
2	20A	Tårn
3	10A	MC1
4	10A	MC 2
5	5A	Spenningsregulator
6	3A	µC

Tabell 4: Kablingsskjema for understell

## 2.3 Tårn

Tårnet har en integrert paintballmarkør med mulighet for avfiring av paintball, det er også designet en festemekanisme for festing av en lasermodul (jmf. krav 302.1). Krav 208.1 er dekket ved å implementere veltebøyler i tårnet, som tåler egenvekten til tanksen. En styrketest i Solid Works ble gjennomført før produksjon for å konstantere at veltebøylene tålte tanksens egenvekt. Tårnets deler er produsert i aluminium og er produsert av KDS. Produksjonen tok utgangspunkt i fra 2D

arbeidstegninger laget ut i fra 3D modellen som ble utarbeidet i Solid Works. Disse dekker krav 205.1, 206.1, 207.2 og 205.3.



Figur 18: Styrketest av ramme

Innsettingen av komponentene i tårnet er gjort for best mulig å kunne nå krav 205.2. Plasseringene ble først simulert i Solid Works, deretter ble komponentene satt inn i tårnet. Da det er mye elektrisk utstyr som er satt inn, måtte vi også ta hensyn til elektrisk forstyrrelse mellom komponentene. Det viste seg at det eneste problemet med forstyrrelser kom fra avfiringen som forstyrret innlesningen. Dette ble løst ved å koble på en egen spenningskilde. Festingen av alle komponentene gjøres ved at vi skrur fast komponentene til rammen. Trykk tanken er festet med "stropper" av metallbånd som er skrudd fast i veltebøylene.



Figur 19: Tårn



### 2.3.1 Gyro

Tanksen inneholder et gyrostabiliseringssystem for å holde kanonen stabilt over ulent terreng. Dette systemet virker i både rotasjonsretning og elevasjonsretningen til kanonen. Dette dekker krav A 201.1.

#### 2.3.1.1 Mekanisk

For å få en gyroskopisk stabilisering av kanonløpet er det satt inn to gyromoduler av typen [IDG1215]. Plasseringen er gjort slik at den ene har samme akse som rotasjon og den andre samme akse som elevasjonen. Styringen av stabiliseringen skjer ved hjelp av de samme motorene som selve styringen. Se styring for mer detaljer.



Figur 20: Gyromodul

#### 2.3.1.2 Elektrisk

Ledningsføring mellom gyro og  $\mu\text{C}$  er vist i tabell 4. Modulen drives av en spenning som ligger mellom 3 - 7 volt, vi har derfor koblet den til VDD.

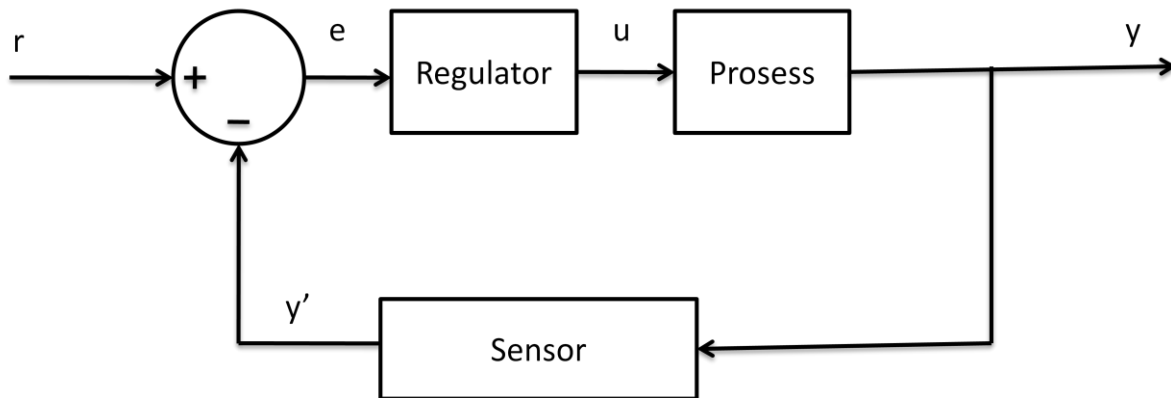
Tabell 5: Koblingstabell for IDG1215 gyro modulen

Pin	Funksjon	Beskrivelse	Kobles til
1	VIN	Driftspenning	VDD
2	XOUT	x-akse output	$\mu\text{C}$ (RA1/AN0)
3	YOUT	y-akse output	$\mu\text{C}$ (RA2/AN1)
4	VREF	Referanse output	NC
5	PTATS	Temperatursensor output	NC
6	AZ	Nullstilling av x- og y-aksene	NC
7	GND	Drift og signal jord	GND



### 2.3.1.3 Programmering

I figur 6 er det en skisse over reguleringsløyfen for gyrostabilisering. Referansen er betegnet med  $r$ ,  $\bar{y}$  er målt verdi,  $y$  er virkelig verdi,  $r - \bar{y} = e$ . Denne er feilen og den sendes inn i regulatoren, hvor det blir tolket og sendt ut et pådrag til motorene som er prosess i denne figuren. Sensoren er gyro modulene og regulatoren er  $\mu C$ .



Figur 21: Reguleringsløyfe for Gyroregulering

I programmet er det satt opp en rutine, i denne rutinen brukes det en ADC for å lese inn verdiene fra gyro modulene. Den verdien som leses inn skaleres slik at den er i samme målestokk som referansen. I programmet blir verdien fra gyro modulen trukket i fra referanseverdien. Resultatet blir pådraget til motoren. Programmet gjør om dette til et PWM signal (jmf. Kap. 2.2.3.3).

## 2.3.2 Avfyring

Tårnet har et system for avfyring av paintball. Dette dekker kravene 203.3, 205.3, 206.1 og 305.1.

### 2.3.2.1 Mekanisk

Festemekanismen til paintballmarkøren har vi valgt å ha så enkel som mulig for gjøre produksjonen så rask og enkel som mulig. Dette har vi gjort ved å konstruere festemekanismen som en klemme bestående av tre deler som holder fast markøren og laseren ved hjelp av åtte skruer. Klemmen fungerer slik at laseren alltid peker i samme retning som løpet. Klemmen gir også muligheter for å feste fast paintballmarkøren med andre dimensjoner. Festet er videre skrudd fast i veltebøylene og roterer lett ved hjelp av kulelager. Kulelagrene er nødvendige for at kraften som trengs for å heve/senke løpet blir minimal. Dette gjør at kuleskruen får mindre motstand og er derfor mer nøyaktig. En annen viktig egenskap som festemekanismen til paintballmarkøren har er å minimalisere rekylen som kommer når man avfyre paintballmarkøren. Dette fordi kuleskruen er sensitiv for slag fra siden og hvis slagene blir for sterke kan skruen bøye seg og mutteren kan bli unøyaktig eller ødelagt. Kuleskruen henger fra veltebøylene og er festet i et rotasjonspunkt et stykke bak på markøren. Dette punktet vil også ha kulelager for å minske friksjonskraften som oppstår når kanonen heves og senkes.

Tårnets design fører til at det blir konflikter mellom paintballmarkørens magasin og veltebøylene når paintballløpet eleveres. Et alternativ vi vurderte var å droppe hele magasinet. Dette førte imidlertid til at tanksen aldri kunne ha med seg mer enn tre kuler av gangen. Derfor konstruerte vi et rør som økte kulekapasiteten fra tre til fem kuler. Med dette røret er

det også mulig å benytte magasinet uten at det forekommer konflikter med veltebøylene. Røret er dreid ut av PVC plastikk og gir ikke noen nevneverdig vektøkning i tårnet.



Figur 22: Feste til paintballmarkør



Figur 23: Dreining av plastforlenger



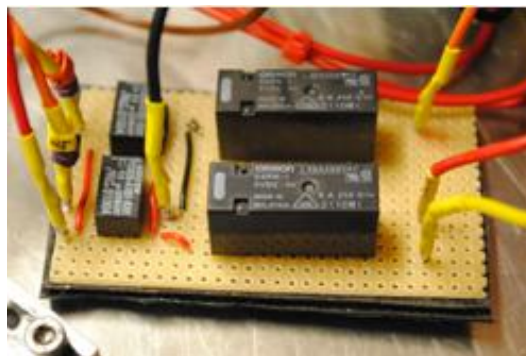
Figur 24: Plastforlenger

### 2.3.2.2 Elektrisk

Signalet som er vist i figuren under er det som sendes til avtrekkeren for at det skal bli avfyrt skudd på en ordentlig og riktig måte.



Figur 26: Avfyringspuls



Figur 25: Relèkrets

En slik puls oppnår vi ved å lage en krets satt sammen av relè, koblingsskjema for relèkretsen er vist i dokumentet Avfyringsmekanisme. Funksjonstabellen for kretsen (jmf. Avfyringsmekanisme) er vist i tabell 5. På grunn av sikkerhet har tårnet en rød markert og tilgjengelig bryter som deaktiverer hele avfyringssystemet, dette gjøres ved å koble strømmen til markøren gjennom bryterne. Selve relekretsen er montert på et laboratoriekort som vist på figur over.



Figur 27: Sikkerhetsbryter for avfyring

Tabell 5: Funksjonstabell for Relèkrets

RC1	RC2	Sikkerhetsbryter	Utgang
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
1	1	0	0
0	0	1	0
1	0	1	0
0	1	1	Armering
1	1	1	Avfyring

### 2.3.2.3 *Programmering*

Programmering av styringen av avfyringsmekanismen skjer ved å bruke to utganger på  $\mu\text{C}$ , disse to utgangene varierer slik at pulsen i figur 7 blir resultatet ut fra relèkretsen. For å oppnå dette brukes to utganger fra  $\mu\text{C}$ , den ene utgangen aktivere relèkretsen, mens den andre trigger avfyringen.

## 2.4 **Styring**

Tårnet kan rotere og kanonen har muligheten for å elevere. Dette dekker krav 206.1, 302.2, 303.1, 401.2, 402.1 og 403.1.

### 2.4.1.1 *Mekanisk*

Rotasjon av kanontårnet blir drevet ved hjelp av en motor av typen [Faulhaber 1628], denne passer iht. krav 401.2 som er satt og det som er kalkulert i kalkulasjonsdokumentet side 7. Tårnet sitter på en rotasjonsring som er festet til understellet. Rotasjonsmotoren er festet til gulvet i tårnet ved hjelp av motorholderen (side 18-19 i kalkulasjon og produktdesign dokumentet).



Figur 28: Rotasjonsring med motor

paintballmarkøren blir hevet og senket ved hjelp av en kuleskrue. Dette er et avansert gjengestag med mutter hvor de innvendige gjengene i mutteren er byttet ut med et kulelager som sklir opp og ned på gjengene. En kuleskrue har mye lavere friksjon enn et vanlig gjengestag og vil derfor gjøre at elevasjonsmotoren vil kunne jobbe lettere og elevasjonen vil bli mer nøyaktig. Elevasjonsmotoren er av typen [Faulhaber 2057] og er koblet til kuleskruen og kuleskruens mutter er koblet til paintballmarkøren. Motoren er festet i den ene veltebøylen i tårnet ved hjelp av en spesiallaget brakett.

### 2.4.1.2 *Elektrisk*

Mellom rotasjon/elevasjon motorene og MC er det åtte kabler. Disse kablene er koblet til de tilhørende koblingene på både motor og MC. Disse ledningene er fargekodete, og vi følger denne kodingen. MC har innebygd regulator, denne brukes for å få jevne pådrag. Av de resterende koblingene er AGND og GND er koblet til GND, +24v er koblet til VCC, AnIn er koblet til  $\mu\text{C}$ .

### 2.4.1.3 *Programmering*

MC er drevet av et PWM signal som er sentrert rundt 50% dutycycle. Med dette menes det at 50% dutycycle ikke gir noe rotasjon av motoren. Hvis dutycycle øker til f.eks 75% så roterer motoren med en hastighet på 50% av maks hastighet, retningen er da CW. I tilfelle hvor dutycyclen < 50% så er retningen på rotasjonen CCW. Frekvensen til PWM signalet er mellom 100Hz og 2KHz som er påkrevd fr motorkontrolleren (jmf. Faulhaber MCBL 2805 Instruction Manual) . I motsetning til understellet så skal PWM signalet i tårnet lages ved å bruke den integrerte PWM funksjonen i C18 biblioteket (jmf. MPLAB C18 C COMPILER LIBRARIES side 61-69). Det er en separat prosess for elevasjon og en for rotasjon, dette gjør programmeringen enklere og mer robust.

### 2.4.2 **Produksjon av tårndeksel**

Tårnets deksel har vi produsert i glassfiber. Ut i fra 3D tegninger laget vi en form på rammen til tårnet. Denne ble laget ved hjelp av isoporplater og tape. For å hindre at glassfiberen skulle feste seg til tårnet ble det dekket av tape. Papp ble brukt til å forme de store hullene til løp og ammunisjon. Glassfiberduk fra Biltema ble tilpasset og lagt i to lag innsurt med epoksy. Ferdig tørka ble formen fjernet og dekselet pussa og finskjært. Det hele ble avsluttet med kamuflasjelakk på samme måte som på understellet.



Figur 29:Glassfiberstøping



**KALKULASJON OG PRODUKTDESIGN,  
PROSJEKTGRUPPE 1, Q.I TANK, VERSJON C**

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

## Innhold

1	Introduksjon .....	4
1.1	Hensikt med dokumentet.....	4
1.2	Dokumenthistorie.....	4
1.2	Relevante dokumenter.....	4
2	Kalkulasjoner .....	5
2.1	Kanonens rotasjonspunkt.....	5
2.2	Gjengestykket på kuleskruen .....	6
2.3	Heve/senke motor .....	7
2.4	Rotasjonshastigheten til tårn .....	8
2.5	Maksimal fremdriftshastighet .....	9
2.6	Maks rotasjonshastighet til understellet.....	10
2.7	Beltestramming .....	10
3	Materialvalg.....	12
3.1	Valg av materialer til kanontårn.....	12
4	Design .....	13
4.1	Design av tårn.....	13
4.2	Markørholder .....	14
4.3	Strammesystem for belter.....	15
4.3	Holder for rotasjonsmotor .....	16
4.4	Holder for kuleskrue.....	17
4.5	Trykksystem.....	19
5	Elektronikk.....	20
5.1	Fremdriftssystemet.....	20
5.2	GPS.....	21
5.3	Batteri og spenningsoverføring .....	22
5.4	Motorer og styring i tårn .....	23
5.5	Avfyringsmekanisme .....	24
6	Programmering.....	25
6.1	Programmering av fremdriftssystem .....	25
7	FEM.....	28
7.1	Veltebøylene .....	28

7.2	Bunnplaten til tårnet .....	30
7.3	Strammesystem for beltene .....	32
7.4	Feste for rotasjonsmotor.....	34

## Figurer

Figur 1: Figur som viser kreftene i systemet og hvor de virker .....	11
Figur 2: Figur viser design av markørholder .....	15
Figur 3: Strammearm.....	16
Figur 4: Beltestramming .....	16
Figur 5: Rotasjonsmotorholder .....	17
Figur 6: Stående system .....	18
Figur 7: Hengende system .....	19
Figur 8: Skalering, samt de forskjellige områdene styrestikken kan befinne seg i.....	26
Figur 9: Arbeidsområder til styrestikke .....	27
Figur 10: Viser resultatet fra test 1.....	29
Figur 11: Viser resultatet fra test 2.....	29
Figur 12: Viser resultatet fra test 3.....	30
Figur 13: Figuren viser hvor på platen stresset er høyest .....	31
Figur 14: Figuren viser hvor platen deformeres mest.....	31
Figur 15: Resultatet fra stress testen .....	33
Figur 16: Resultatet fra forflytningstesten .....	33
Figur 17: Stresstest .....	35
Figur 18: Forskyvningstest.....	35

## Tabeller

Tabell 1: Henvisninger .....	4
------------------------------	---

## Forkortelser

Forkortelse	Betydning
FEM	Finite element method



## 1 Introduksjon

Dette dokumentet er et analysedokument som oppsummerer alle kalkulasjoner og utregninger som er gjort mht. tanksens oppbygning og toleranser.

### 1.1 Hensikt med dokumentet

Dokumentet har som hensikt å gi en enkel oversikt over de forskjellige beregningene og designvalgene som er gjennomført i prosjektet samt forklaringer på hvorfor de forskjellige materialene og beregningene er brukt. Dokumentet forsvarer med andre ord våre material og designvalg.

### 1.2 Dokumenthistorie

Dette er tredje versjon av dokumentet. I denne versjonen er det laget en ny layout. Det er lagt til design av tårn, markørholder, strammesystem for beltene, holder for rotasjonsmotor, holder for kuleskrue system og trykksystem, valg av system for den elektriske avfiringen av paintballmarkøren, beregningene til heve/senke motoren er forandret, lengde av gjengestykke på kuleskruen er forandret, programmering av understell er lagt til og det er lagt til FEM analyser av veltebøylene, gulvet i tårnet, strammeanordningen til beltene og festebarketten til rotasjonsmotoren. Sveising av skall til kanontårn er fjernet siden det er besluttet å lage dette av glassfiber istedenfor aluminium. Kapittel 5.1 til 5.4 er nye og 5.5 er endret.

### 1.2 Relevante dokumenter

Dokumenter som er relevante for Kalkulasjon og Produktdesign dokumentet er følgende:

Tabell 1: Henvvisninger

Nr.	Tittel
1	Kravspesifikasjon, Q.I Tank
2	Testspesifikasjon, Q.I Tank
3	Prosjektplan, Q.I Tank
4	Konstruksjonsdokument , Q.I Tank
5	Produktdatablad, Q.I Tank

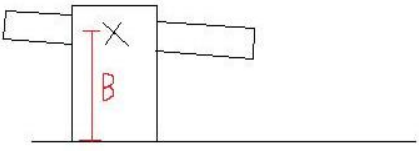
NB! Husk å bruke siste versjoner av dokumentene.

## 2 Kalkulasjoner

### 2.1 Kanonens rotasjonspunkt

Beskrivelse: Beregning av hvor stor avstanden mellom toppen av understellet og rotasjonspunktet til paintball løpet må være for at de ikke skal kollidere under rotasjon.	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Formeler og parametere som er brukt:	
$\tan(v) = \frac{b}{a}$	
v=8 ° (vinkelen som kanonen må klare for at krav B302.2 skal bli godkjent)	
a= 35 cm (avstand fra enden av topp platen til feste for kanon)	
b er avstanden fra toppen av understellet til rotasjonspunktet til kanonen.	

Hva som er gjort:
<ul style="list-style-type: none"><li>- Oppmåling av kanonløp og topp platen på understellet.</li><li>- Beregning av minimumsavstanden fra understellet til rotasjonspunktet til kanonen ved hjelp av formelen: <math>\tan(8) = \frac{b}{35 \text{ cm}}</math></li></ul>

Svar:
Avstand fra toppen av understellet til rotasjonspunktet til kanonen må minimum være 4,9 cm for at en -8 graders vinkel (fra kravet B302.2) skal kunne gjennomføres. Det må også tas med i betraktningen at løpet har en diameter som virker inn på denne lengden. Vi antar i disse beregningene at løpets diameter er på 3 cm. Dette vil si at høyden må minst være 6,4cm.


## 2.2 Gjengestykket på kuleskruen

Beskrivelse: En beregning av hvor langt gjengestykket til kuleskruen må være for at krav B302.2 skal kunne imøtekommes	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Formeler og parametere som er brukt:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Mutteren på kuleskruen beveger seg langs en bue og derfor må formelen <math>b = 2\pi * r * (\frac{n}{360})</math> brukes for å regne ut denne buelengden.</li><li>- a er avstanden fra rotasjonspunktet til der markøren er festet til kuleskruen.</li><li>- b er lengden på veien kuleskruens mutter skal bevege seg for å heve kanonløpet fra <math>-8^\circ</math> til <math>20^\circ</math>.</li><li>- Kanonløpet skal totalt bevege seg <math>28^\circ</math></li><li>- Avstand fra rotasjonssenter og til feste for kuleskrue er 20 cm.</li></ul>	

Hva som er gjort:
<ul style="list-style-type: none"><li>- Oppmåling av avstander fra paintballmarkørens rotasjonspunkt og til feste for kuleskrue</li><li>- Beregninger er gjort for å finne lengden av gjengestykket som skal til for at kuleskruen skal klare å heve/senke paintball løpet i henhold til krav B 302.2.</li><li>- Beregningene som ble gjort er:</li></ul> $b = 2 * \pi * 20cm * (\frac{28}{360})$

Svar:
Gjengestykket på kuleskruen må være minimum 9,8 cm for å nå krav B 302.2.

## 2.3 Heve/senke motor

Beskrivelse: En beregning som viser hvor mange rotasjoner per. minutt motoren må klare for at krav B 402.1 skal kunne oppnås	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Formeler og parametere som ble brukt:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuleskruemutteren skal bevege seg med 0,5 mm per rotasjon</li> <li>- For å kunne nå krav B 302.2 må kuleskruen kunne bevege seg min. 9,8 cm (ref. utregning 2.2 side 6)</li> <li>- Løpet skal gå fra <math>-8^\circ</math> til <math>20^\circ</math> på 3 sek.(ref. Responskrav B 402.1)</li> <li>- Motorens maksimale rotasjonshastighet er 60000rpm men begrenset til 15000rpm pga. motorkontrolleren</li> <li>- Avstand fra markørens rotasjonspunkt til festepunktet for kuleskruen er 20cm.</li> <li>- Omkrets av en sirkel: <math>2\pi r</math></li> </ul>	

Hva ble gjort:
<p>Motoren bruker svært kort tid på å akselerere fra stillestående og til maks hastighet. Derfor er denne akselerasjonen sett bort ifra i beregningene. Vekten som skal flyttes av kuleskruen er også sett bort fra siden denne er såpass lav.</p> <p>Buelengden festepunktet til kuleskruen beveger seg:</p> $2 * \pi * 20cm * \left( \frac{28^\circ}{360^\circ} \right) = 9,77cm$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beregninger av rotasjoner fra bunn til topp: <math>97,7mm * 2,5 \text{ runder per. mm} = 244,25 \text{ runder}</math></li> <li>- Motorens rotasjon per. sekund: <math>\frac{15000rpm}{60sek} = 250 \text{ per. sekund}</math></li> <li>- Minimum rotasjonshastighet som trengs for å nå mål B402.1:  <math>\left( \frac{244,25 \text{ runder}}{3 \text{ sek}} \right) * 60sek = 4885rpm</math></li> </ul>

Svar:
<p>Motoren vi har til rådighet for bruk til heving og senking av kanonløpet passer utmerket sammen med spesifikasjonene til kuleskruen vi har valgt. Teoretisk sett vil vi klare å heve kanonløpet fra <math>-8^\circ</math> til <math>20^\circ</math> på under et sekund. Det vil si at teoretisk sett skal krav B 402.1 være mulig å oppnå med god margin.</p>

## 2.4 Rotasjonshastigheten til tårn

Beskrivelse: En beregning av den maksimale teoretiske rotasjonshastigheten til tårnet uten last.	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Formeler og parametere som er brukt:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Tannringen har 215 tenner.</li><li>- Tannhjulet på rotasjonsmotoren har 35 tenner.</li><li>- Ønsket antall rotasjoner per minutt: 20</li><li>- Tårnets er beregnet til ca. 6 kg.</li><li>- Giring på motor: 66:1</li><li>- Motorens maks rotasjonshastighet er på ca 10000 RPM uten giring.</li></ul>	

Hva som er gjort:
<p>Motoren som tidligere er brukt til rotasjon av tårnet er en Faulhaber 1628 012B med gir 43:1 og motorkontrolleren som brukes er MCBL2805. I et tidligere hovedprosjekt ble det påvist at motoren var for svak til at den kunne akselerere og bremse opp tårnets rotasjon. Systemet vi produserer skal være gyrostabilisert og krever derfor god respons fra motoren. Vi må derfor bytte til en sterkere motor. Et grovt overslag av hvor mye kraft som trengs for å dra i gang og stanse rotasjonen viste at vi trenger omtrent 0,3 Nm fra motoren.</p> <p>Utveksling mellom tannringen og tannhjule: <math>\frac{215 \text{ tenner}}{35 \text{ tenner}} = 6,14 \text{ tenner}</math></p> <p>Rotasjon som trengs fra giret: <math>20 * 6,14 = 122 \text{ RPM}</math></p> <p>Rotasjon som trengs ut fra motor: <math>122 \text{ RPM} * 66 = 8052 \text{ RPM}</math></p> <p>Rotasjonen motoren klarer med 66:1 giring: <math>\frac{10000 \text{ rpm}}{66} = 151 \text{ rpm}</math></p> <p>Kraft fra motor med 66:1 giring: <math>16,5 \text{ mNm} * 66 = 1089 \text{ mNm}</math></p>

Svar:
<p>Ut ifra disse beregningene ser vi at det antatte kraftbehovet vårt på 0,3Nm vil bli dekket av motoren med 66:1 giring. Motorens maksimale rotasjonshastighet er også innenfor hva vi trenger for å klare målet vårt om at tårnet skal rotere en runde på tre sekunder.</p> <p>Etter testing av Faulhaber 1628 fant vi ut at denne møter de kravene KDS har stilt og vi velger å ikke kjøpe noen ny motor.</p>

## 2.5 Maksimal fremdriftshastighet

Beskrivelse: En beregning av den maksimale hastigheten fremdriftsmotorene klarer å oppnå uten last.	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Formeler og parametere som er brukt:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Omkrets av en sirkel: <math>2\pi r</math></li><li>- Hastighetsformel: <math>S = L \cdot T</math></li><li>- <math>S</math> = fart målt i meter per. sekund</li><li>- RPS = rotasjoner per. sekund</li><li>- <math>L</math> = lengde målt i meter</li><li>- <math>T</math> = tid målt i sekunder</li><li>- <math>r</math> = radius av drivhjul målt i meter = 0,05m</li><li>- Maks rotasjon på motor er 179 runder per minutt (RPM)</li><li>- Giring mellom motor og drivhjul: 3,5:1</li></ul>	

Hva som er gjort:
Omkrets av drivhjul: $2\pi \cdot 0,05\text{m} = 0,31\text{m}$
Runder drivhjulene roterer per. sekund: $\frac{179}{3,5 \cdot 60 \text{ sek}} = 0,85\text{rps}$

Svar:
Hastigheten til tanksen; $0,31\text{m} \cdot 0,85\text{RPS} = 0,26 \text{ m/s}$ eller ca <u>0,94 km/t</u>

## 2.6 Maks rotasjonshastighet til understellet

Beskrivelse: En beregning som viser den maksimale teoretiske rotasjonshastigheten til understellet dersom fremdriftsmotorene drar hver sin vei uten last.	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Formeler og parametere som er brukt:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Omkrets av en sirkel: <math>2\pi r</math></li> <li>- Avstand fra rotasjonspunkt til belte <math>= r = 17,5 \text{ cm}</math></li> <li>- Maksimal hastighet på belte: <math>0,26 \text{ m/s}</math>. Se utregning 2.4</li> </ul>	

Hva som er gjort:
<p>Omkrets av rotasjonssirkel: <math>2\pi * 0,175\text{m} = 1,1 \text{ meter}</math></p> <p>Maks rotasjonshastighet: <math>\frac{1,1\text{m}}{0,26\text{m/s}} = 4,23 \text{ sekunder per runde}</math></p>

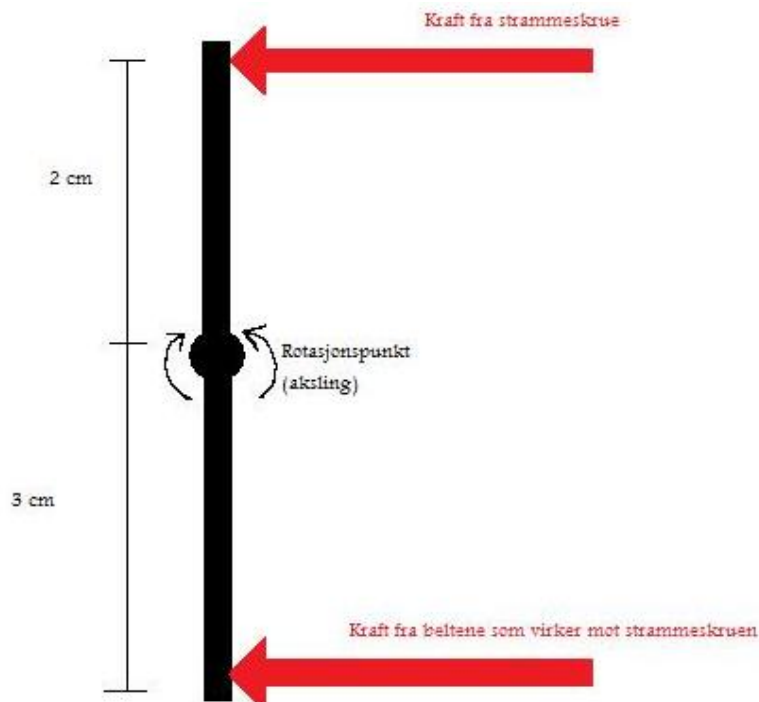
Svar:
<p>Understellet vil bruke ca. 4,2 sekunder på å rotere en runde. Dette vil si at tårnets maksimale rotasjonshastighet er godt innenfor kravet om at det skal klare å følge rotasjonen til understellet. Dette vil si at når vi legger på vekt i både tårn og understell vil vi klare å innfri krav 401.2.</p>

## 2.7 Beltestramming

Beskrivelse: En beregning av kreftene som vil påvirke strammesystemet når beltene blir strammet	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Parametere og formeler:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lengde av arm som skruen dytter på = <math>2\text{cm}</math></li> <li>- Lengden av arm til strammehjul = <math>3\text{cm}</math></li> <li>- Kraft som virker fra beltene og på armen til strammehjulet = <math>3,5\text{kg} = 34,4 \text{ N}</math></li> <li>- Rotasjonskraft (Nm) = Kraft(N) * Arm(m)</li> </ul>	

Hva ble som ble gjort:

Kraften som virker på strammesystemet fra beltene ble målt med en fjørvekt, og armene som er festet til rotasjonspunktet ble målt. Til slutt ble kraften som virker på strammeskruen regnet ut. Dette ble gjort for å finne hvor høy kraft skruen og skrueholderen måtte motstå. Disse kreftene ble så brukt i en FEM prosess (se FEM analyse punkt 7.3) for å se at designet tålte kreftene før systemet ble produsert.



Figur 1: Figur som viser kreftene i systemet og hvor de virker

Moment fra beltene om rotasjonspunktet:  $34,4\text{N} \cdot 0,03\text{m} = 1,03\text{Nm}$

Kraften momentet skaper på strammeskruen:  $\frac{1,03\text{Nm}}{0,02\text{m}} = 51,5\text{N}$

Festene som strammeskruen skal festes i må kunne stå imot 51,5N. Denne kraften vil kunne bli mindre hvis en lengre avstand fra rotasjonspunktet og til strammeskruen blir valgt.

Konklusjon:

Festene til strammeskruen må kunne stå imot minimum 51,5 N. Denne kraften vil kunne bli forminskert ved å velge en lengre avstand fra rotasjonspunktet og opp til strammeskruen, dette vil føre til at vi trenger en vesentlig lengre skrue for å få stramme beltene.



### 3 Materialvalg

#### 3.1 Valg av materialer til kanontårn

Beskrivelse: Kanontårnet skal produseres av KDS. Det må derfor være klart hvilke materialer de skal bruke til de forskjellige delene	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Formeler og parametere som er brukt:	
Yield strenght:	Aluminium- 50000000- 240000000 N/m <sup>2</sup>
	Stål - 275000000- 862000000N/m <sup>2</sup>
	Vekt: Aluminium- 27 g/cm <sup>3</sup>

Hva som er gjort:
Vi har tatt utgangspunkt i materialets yield styrke og satt den opp mot materialets vekt per cm <sup>3</sup> . Tårnets konstruksjon er så testet ut i Solid Works for å se om den klarer å stå imot kraften som inntreffer når tanksen ligger på hodet.

Svar:
<p>Tårnet skal tåle at tanksen ligger på hode uten at deformasjoner oppstår (Krav B 208.1). Derfor ville en stålramme være ideell siden denne kunne bli laget mindre og fortsatt stå imot kreftene. Når det kommer til vekten av dette metallet så vil ikke stål være ideelt med tanke på motorkraften som må til for å rotere og stoppe rotasjonen raskt uten at vi må bruke en stor motor.</p> <p>Siden tanksen skal kunne brukes ute og inne er det en selvfølge at vi tar hensyn til korrosjon i materialene som brukes. Fuktigheten i luften (eller en annen kilde for fuktighet) fungerer som en elektrolytt når det kommer i kontakt med et metall, dette fører videre til korrosjon.</p> <p>Rotasjonsringen som skal feste tårnet til understellet er produsert i aluminium, en sammenkobling av denne ringen med et tårn av stål vil kunne føre til galvanisk korrosjon* siden det også er fare for at metallene vil få elektriske ladninger fra ledninger og lignende. Dette vil føre til at en stålramme vil bli ødelagt.</p> <p>Etter å ha tatt disse punktene i betraktning har vi valgt å få produsert tårnet i aluminium siden dette metallet har en lav vekt og det kan stå imot de ytre kreftene vi utsetter konstruksjonen for. Ekstern veileder Stian Solberg foretrakk også at det ble produsert i aluminium siden dette er noe som er lett tilgjengelig i KDS siden verksteder. Aluminium er også et såpass bløtt materialet at det ikke vil være noe problem for oss og borre hull eller lage kutt i konstruksjonen.</p> <p>*Galvanisk Korrosjon: Når to ulike metaller kobles sammen elektrisk oppstår korrosjon mellom dem når en elektrolytt er med i bilde. Strømmen som går igjennom materialene vil da få metallene til å korrodere.</p>

## 4 Design

### 4.1 Design av tårn

Beskrivelse: En forklaring på hvorfor vi har designet tårnet slik vi har.	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Egenskaper som forventes av designet:	
Tårnets oppgaver er å beskytte innmaten for ytre påkjenninger, gi festemuligheter for alle komponenter samtidig som det gir tanksen et flott utseende.	

Hva som er gjort:
Under designprosessen hadde vi flere punkter vi måtte ta hensyn til. Designet var avhengig av at delene skulle være så enkle som mulig å produsere, dette for å spare tid og resurser. Det måtte også være plass og festemuligheter for alle våre komponenter samt avsatt plass til eventuelle nye komponenter som måtte komme til etter at tårnet er produsert. Tårnet skulle også ha muligheten for videre utvikling utover våre krav og visjoner ref. krav A 205.1, B 205.2, C 205.3, A 205.1 og B208,1.

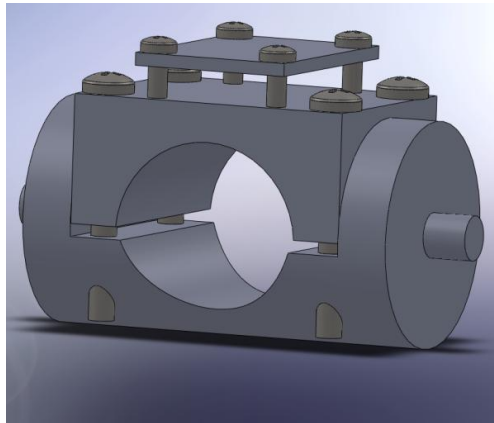
Designet som ble valgt:
Som begrunnet under punkt 3.1 så skal alle deler produseres i aluminium. Dette fordi aluminium er så bløtt at det vil være mulig for oss å borre, gjenge opp hull og gjøre forandringer på designet etter at delene er produsert.
Designet vi har kommet opp med har utspring fra flere forkastede design som ble produsert tidlig i prosjektet. Det kom også et forslag fra KDS om at delene burde produseres ut ifra platemetall som skulle skrus fast siden dette er enkelt å produsere, lett å forandre og styrken ville være høy nok til at vi kunne bruke det. Rammen som ble valgt for tårnet består kun av 3 deler som skrus fast til hverandre. Siden designet har store og åpne flater det ved en senere anledning være mulig å utvide designet ved å legge til nye komponenter. Veltebøylene er også dimensjonert slik at de vil beskytte tanksen hvis den ruller rundt og blir liggende på hode. Videre skal bunnplaten produseres i en 4mm aluminiumsplate som gir oss et design som blir motstandsdyktig mot vridning når ytre påkjenninger kommer inni bilde. Tårnets skall vil bli laget i glassfiber fordi det er et solid materiale som er enkelt å forme samtidig som egenvekten av skallet vil bli liten. Noen tidligere designforslag har vært avhengige av at skallet skulle være med på å holde vekten til tanksen hvis det skulle rulle rundt. Men siden vårt endelige design har sterke veltebøyer som tar imot all påkjenningen som vil oppstå hvis tanksen ruller rundt så sparer vi mye vekt og produksjonstid på å lage skallet i glassfiber

## 4.2 Markørholder

Beskrivelse: En forklaring på hvorfor vi har brukt dette designet.	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Egenskaper som forventes av designet:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Markørholderen skal holde fast markøren og laserpekeren slik at de til en hver tid peker i samme retning.</li><li>- Holde fast markør og laser uten å skade komponentene på noen som helst måte.</li><li>- Designet skal være så enkelt som mulig slik at det vil være raskt og enkelt å produsere komponenten.</li><li>- Det skal være mulig å bytte paintballmarkør uten å bytte markørholder.</li></ul>	

Hva som er gjort:
<p>Mål et tatt av markøren og laseren for å kunne designe et system som er så nøyaktig som mulig. Videre ble et system bestående av tre deler valgt. Dette systemet gir oss muligheten til å sette fast forskjellige typer markører ved at diameteren på klemmen ble gjort større enn hva diameteren på de fleste markører er, samtidig som enkelte klaringer er gjort ekstra store slik at både større og mindre markører kan festes. Lasersiktet er festet mellom en metallplate og en gummlist og dette gjør det mulig å stille inn lasersiktet uten å måtte skru fra hverandre hele holderen. Justering av laseren fungerer ved at man skrur på de fire skruene som holder metallplaten, dette fører til at laseren vipper på gummlisten.</p>

Designet som ble valgt:
<p>Designet vi kom frem til (figur 2) svarer veldig bra til kravene vi satte i starten av design prosessen. Det består av tre separate deler som er skrudd sammen hver for seg, noe som gjør det mulig å forandre en del uten å måtte forandre hele designet ved en senere anledning. Delene skal produseres i aluminium og er bygd opp med svært enkle design som gjør produksjonen raskere og enklere.</p>



Figur 2: Figur viser design av markørholder

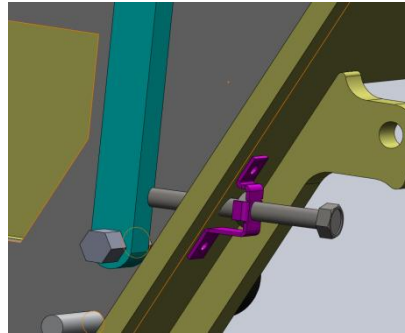
### 4.3 Strammesystem for belter

Beskrivelse: En forklaring på hvorfor vi har brukt vårt design	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Egenskaper som forventes av designet:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Det skal være mulig å stramme beltene fra utsiden av tanksen</li> <li>- Strammingen på beltene skal være separat fra hverandre slik at man får den mest ideelle strammingen av hvert belte.</li> <li>- Delene skal ha en enkelt design slik at vi kan produsere det selv.</li> </ul>	

Hva som er gjort:
<p>Under designprosessen ble det lagt vekt på å få designet så enkelt som mulig siden vi skulle produsere delene selv. Vi valgte å bruke strammearmene som satt i tanksen fra før (se figur 4) og heller konsentrere oss om å finne en god løsning på hvordan vi skulle kunne få strammebolten på utsiden av tanksen. Forskjellige design ble produsert og satt på vårt Solid Works assembly av tanksen for å se hvordan de ville fungere. Et system som strammet begge beltene på en gang ble også sett litt på. Men etter en rask titt på tanksen så vi at beltene og hjulopphengene ikke var identiske på begge sider, altså ville man med dette systemet ikke få beltene like stramme.</p>

Designet som ble valgt:
<p>Designet vi endte opp med består av en metallplate som er bøyd til for å kunne festes til bakplaten på tanksen (se figur 3) samtidig som den klemmer fast mutteren som strammeskruen skal festes i. Strammeskruen skal skrues igjennom mutteren og dytte på strammearmene (figur 4) som igjen er festet til strammehjulene. Kraften som presser tilbake på skruen fra strammearmen er med på å holde mutteren fast i et spor, dette gjør at vi kan eliminere all sveising i systemet. Systemet består</p>

også kun av 3 deler hvor 2 kan kjøpes ferdig. Dette gjør at vi bare trenger å produsere 1 del til hvert belte, noe som gjør at vi sparer mye tid.



Figur 3: Strammearm



Figur 4: Beltestramming

### 4.3 Holder for rotasjonsmotor

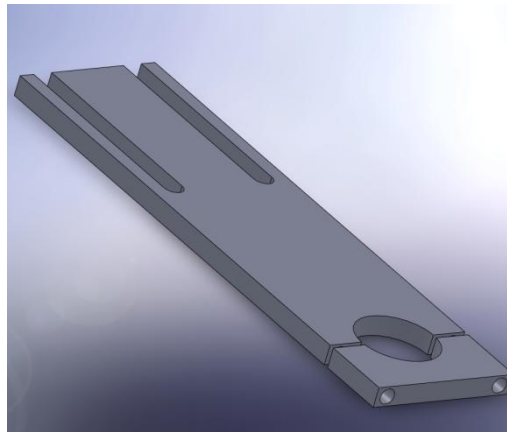
Beskrivelse: En forklaring på hvorfor vi har brukt dette designet	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Egenskaper som forventes av designet:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Skal bestå av få deler.</li><li>- Må tåle kraften som settes på den når tårnet skal akselereres fra stillestående til maks rotasjonsfart og fra maks rotasjonsfart og til stillestående.</li><li>- Ha justeringsmuligheter som gjør det mulig å få en optimal klaring mellom tannhjulet på rotasjonsmotoren og rotasjonsringen.</li></ul>	

Hva som er gjort:

Flere design ble vurdert opp mot hverandre for å se hvilke som møter egenskapene som forventes av designet. En FEM test av festet ble gjennomført for å se hvor mye kraft den vil tåle.

Designet som ble valgt:

Designet vi gikk for består kun av 2 deler som holder fast motoren ved hjelp av to skruer. Festingen til bunnplaten i tårnet foregår ved hjelp av 4 skruer og muttere som sklir på to skinner. Dette systemet gjør det enkelt for oss å justere avstanden fra rotasjonsringen og til tannhjulet på motoren.



Figur 5: Rotasjonsmotorholder

#### 4.4 Holder for kuleskrue

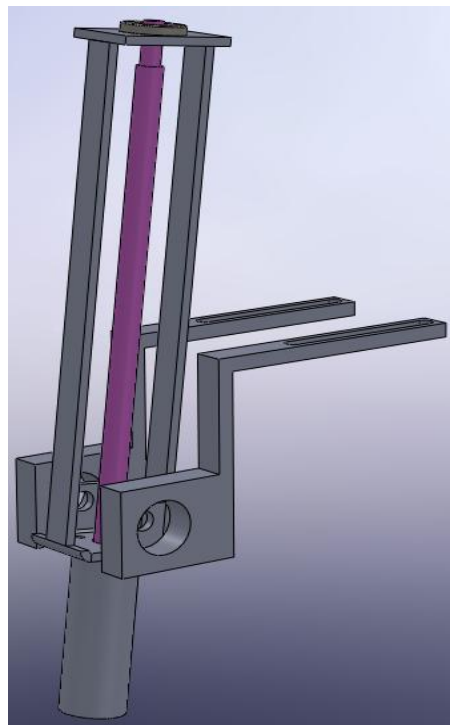
Beskrivelse: En forklaring på hvorfor vi har valgt dette designet	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Egenskaper som forventes av designet:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Bestå av få deler.</li><li>- Simpelt design.</li><li>- Tar opp liten plass.</li><li>- Holder fast motoren.</li><li>- Rotere fritt om y-aksen.</li></ul>	

Hva som ble gjort:

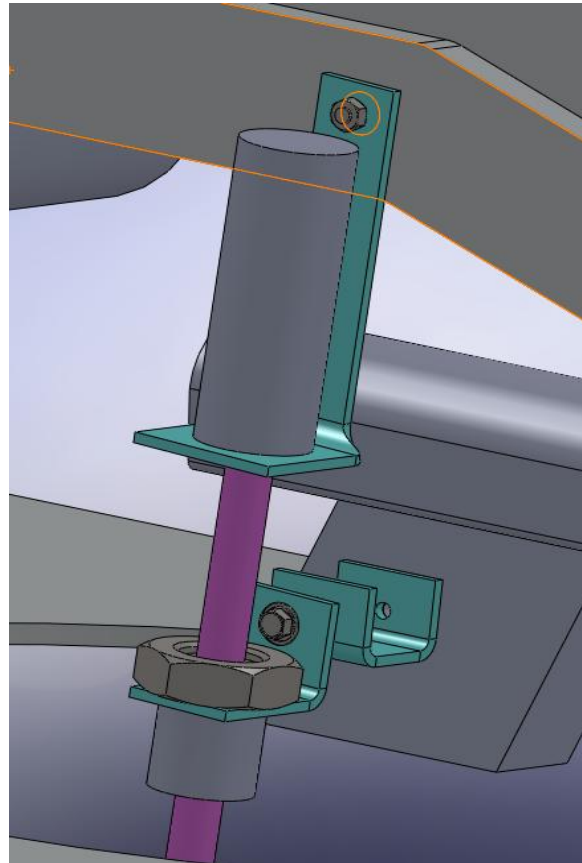
Produsenten av kuleskruen anbefalte oss å lage en stående ramme (se figur 7) som holdt fast kuleskruen i begge ender slik at bøyning og vridning av skruen ikke ville kunne oppstå. Vårt første design besto av en ramme som kunne festes til gulvet i tårnet ved hjelp av to braketter, motoren for heving og senking av løpet kan da festes direkte til undersiden av rammen. Andre design hvor vi ikke tok hensyn til produsentens forslag ble også produsert for å se hvilke muligheter dette gav oss. De forskjellige designene ble satt opp mot hverandre og plassen de tok opp, hvor enkelt designet var og kom designet i konflikter med andre systemer på tanksen var punkter som ble sett på.

Designet som ble valgt:

Et design med en stående støtteramme (se figur 7) for kuleskruen ville gi et solid design som tåler rekyl fra geværet og andre påkjenninger. Dette vil derimot føre til problemer med at heve/senke motoren vil slå i fremdriftsmotoren når tårnet står i enkelte posisjoner. Etter en diskusjon med KDS kom vi frem til at det vil være minimalt med krefter som vil virke inn på kuleskruen siden paintballmarkøren er godt festet i veltebøylene til tårnet. Derfor valgte vi å gå bort ifra et system med en stående støtteramme og heller gå for et system som henger fra taket i tanksen uten noen form for ramme (se figur 8). Dette systemet sparer mye produksjonstiden siden vi da går fra å ha 6 avanserte deler til å ha 3 enklere deler samt at konfliktene mellom heve/senke motoren og fremdriftsmotorene ville forsvinne.



Figur 6: Stående system



Figur 7: Hengende system

## 4.5 Trykksystem

Beskrivelse: En beskrivelse av trykksystemets design	
Status: Ferdig	Utført av: Royer Jenssen og Morten Dahlstrøm
Egenskaper som forventes av systemet:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Systemet skal bestå av komponenter som tåler lufttrykket markøren trenger for å operere normalt.</li><li>- Systemet skal tåle å stå med trykk på over en lengre periode uten lekkasjer.</li><li>- Slangene i systemet må være elastiske slik at det er mulig å heve/senke markøren uten at slangene bryter eller blir dratt av i fester.</li><li>- Vi har begrenset plass i tårnet. Derfor er det viktig at systemet er så lite som mulig.</li></ul>	



Hva ble gjort:

Først ble det sett på hvor mye plass vi hadde til rådighet for slanger, trykkregulator og trykktank. Da markøren skal kunne heves og senkes var det viktig å passe på at ikke trykksystemet ville slå borti andre komponenter eller bli ødelagt under operasjon av tanksen. Derfor ville det være en fordel å ha små og bøyelige slanger til å føre trykket fra trykktanken og inn til paintball markøren. Av sikkerhetsmessige årsaker ville vi også ha med en manuell ventil som kunne stenge igjen lufttrykket hvis feil skulle oppstå i avfyringssystemet. Enkelte av trykkslangene måtte også være bøyelige hvis vi skulle kunne heve og senke løpet på tanksen. For å få dette til var vi nødt til å finne slanger som tålte trykke, hadde samme indre diameter som vår regulator og som var bøyelige nok slik at det var mulig å bevege på markøren.

Designet som ble valgt:

Designet som til slutt ble valgt, og testet, besto av den opprinnelige markøren men uten håndtak og avtrekker, dette ble fjernet for å få plass til nye trykkrør. Videre ble trykkrørene skrudd fast langs gulvet i tårnet for å forhindre at ved et eventuelt uhell hvor slangene ville ryke så ville ikke komponentene rundt ta skade av dette på noen som helst måte. Trykktanken ble plassert lengst bak i tårnet for å ballansere ut vekten som sitter foran i tårnet. Ut ifra tanken har vi en trykkslange med en manuell lukkemekanisme som kan brukes hvis feil skulle oppstå i deler av systemet. Videre er det satt på en trykkregulator som regulerer luft trykket som skal komme inn i markøren. Denne er forhåndsinnstilt for å få optimal hastighet på kulene som blir avfyrt. Fra regulatoren går det bøyelige trykkrør som er festet til markøren og regulatoren med slangeklemmer.

## 5 Elektronikk

### 5.1 Fremdriftsystemet

Beskrivelse: En vurdering av GPS og fremdriftsystemet

Status: Ferdig

Utført av: Erlend Frøhaug, Geir Jonsrud og Hege Engene

Alternativer som er vurdert:

Motorene og motorkontrollerne fulgte med da vi overtok tanksen fra den forrige prosjektgruppa. Derfor var det kun interessant å se på hva vi ville bruke for å kontrollere kontrollerne. I tillegg har vi krav fra kunde om at den skal kunne styres via en radiokontroller. Dette gjorde mikrokontrollere til det naturlige valget. Følgende ble vurdert.

- BasicStamp2 tar seg av innlesningen og signalet ut til motoren. GPS systemet kobles utenom
- PIC32 ny og rask prosessor som kunne ta seg av innlesning, signalet ut, GPS og bluetooth

<p>kommunikasjon og navigering.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PIC18 med samme funksjonalitet som over.</li></ul> <p>Alternativene er vurdert ut ifra plassen som er stilt til rådighet, og funksjonen som forventes av systemet.</p>
--

<p>Hva som avgjorde valget:</p>
<p>Etter utforskning av datablader og rådføring med lærere ble BasicStamp forkastet da den mangler muligheten for interrupt. PIC32 ville fungere meget fint ut fra datablader, men denne ble forkastet til fordel for PIC18 da denne skulle være mye lettere å programmere.</p>

<p>Designet som ble valgt:</p>
<p>En PIC18F4550 40pin ble valgt for å styre systemet. Den skal i første omgang brukes til å lese inn 4 radiokanaler fra RC mottakeren og styre 8 utganger til motorkontrollerne. GPS systemet har blitt koblet utenom med den tanken at det skal oppfylle det grunnleggende kravet om plotting og heller bli lagt til i navigeringssystemet hvis tiden strekker til.</p>

## 5.2 GPS

<p>Beskrivelse: En vurdering av GPS</p>	
<p>Status: Ferdig</p>	<p>Utført av: Erlend Frøhaug, Geir Jonsrud og Hege Engene</p>
<p>Alternativer som er vurdert:</p>	
<p>Valget av selve GPS- modulen ble gjort ut fra den mest brukte og brukervennlige modulen som ble selges til formålet. Alternativene sto på hvordan kommunikasjon vi skulle ha med PC.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ved å bruke adam moduler som kommuniserte over Wlan. Disse hadde vi fra forrige prosjektgruppe og de ville gi oss en rekkevidde på ca 200meter.</li><li>• Ved å bruke mikrokontrolleren til å lagre GPSdata og overføre den ved å koble til en PC.</li><li>• Trådløs overføring med bluetooth som logger i sanntid.</li></ul>	

Hva som avgjorde valget:

Siden vi allerede hadde Adam modulene startet vi med å teste disse. Disse viste seg å være svært ustabile og ha langt dårligere rekkevidde en det som vi hadde fått oppgitt. De ble derfor forkastet. Planen om å lagre dataen på mikrokontrolleren fant vi ut at ville gjøre systemet lite fleksibelt og vi valgte derfor å se nærmere på bluetooth alternative.

Designet som ble valgt:

Det ble valgt å bruke FireFly bluetooth modul. Denne lovet en rekkevidde på 100 meter i åpent terreng. Sammen med GPS modulen måtte det til en MAX232 som endrer nivået på utgangen fra 3 til 5 volt slik at vi kunne lese det som et rs232 signal. Bluetoothenheten virker som en virtuell comport. Denne søkes opp med en pc og ved hjelp av programmet Trimble GPS Monitor kan ferden logges.

### 5.3 Batteri og spenningsoverføring

Beskrivelse: En vurdering av type batteri og spenningsoverføring til tårn

Status: Ferdig

Utført av: Erlend Frøhaug, Geir Jonsrud og Hege Engene

Alternativer som er vurdert:

- Et stort batteri i understellet og sleperinger for overføring av strøm opp
- To batterier et i understell og et i tårnet

I tillegg måtte vi vurdere hvordan vi kunne løse problemet med sleperinger.

Hva som avgjorde valget:

En standard DC-jack kom fort opp som en ide til en billig slepering. Det ble gjort en test på en DC-jack og det viste seg at det tålte 7500omdreininger før den feilet.

Designet som ble valgt:

Siden testen av DCjack var vellykket valgte vi å gå for et stort batteri i bunn. Et gelebatteri på 12 Ah ble valgt da det kunne monteres i 90 graders vinkel, noe som gjorde at vi kunne få et størst mulig batteri. En DC-jack ble valgt for å føre spenningen opp.

## 5.4 Motorer og styring i tårn

Beskrivelse: En vurdering av motorer og styring i tårn.

Status: Ferdig

Utført av: Erlend Frøhaug, Geir Jonsrud og Hege Engene

Alternativer som er vurdert:

Her fulgte det med 2 motorer fra forrige prosjektgruppe med motorkontrollere. Det ble derfor i hovedtrekk bare vurdert styringsenhet.

- PIC32 for innlesning og regulering.
- PIC18 for innlesning og regulering.

I tillegg skulle en laser som viser kanonen retning vurderes.

Hva som avgjorde valget:

Etter anbefalinger og på bakgrunn av valget i understellet ble samme mikrokontroller valgt. Vi var også innom å bytte rotasjonsmotor for å få bedre respons, men etter drøfting med oppdragsgiver kom vi til enighet om at den vi hadde var bra nok. Laseren ble valgt med tanke på sikkerhet. En laser med lav effekt vil ikke kunne skade øyer uten at man stirrer lenge på den.

Designet som ble valgt:

En PIC18F4550 40pin ble valgt for å styre systemet. Den skal i første omgang brukes til å lese inn 4 radiokanaler fra RC mottakeren og styre 2 utganger til motorkontroller. I tillegg skal systemet lese inn signaler fra gyroskop som behandles og brukes til å holde kanon stabil. Den vil i tillegg styre avfyringsmekanismen. Laseren ble en rød på 3mW.

## 5.5 Avfyringsmekanisme

Beskrivelse: En vurdering av avfyringsalternativene vi har med vårt elektriske avtrekkersystem	
Status: Ferdig	Utført av: Erlend Frøhaug og Morten Dahlstrøm
Alternativer som er vurdert:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- En mekanisk avtrekker bestående av en servomotor som trykker på avtrekkeren</li><li>- Sende signaler direkte fra et batteri og inn til solenoiden som står for avfyring</li><li>- La mikrokontrolleren i tårnet styre en elektrisk krets som igjen styrer avfyrings solenoiden.</li><li>- Sende et signal inn på kretskortene i geværet som styrer avfyringsmekanismen</li></ul>	
Alternativene er vurdert ut ifra plassen som er stilt til rådighet, og funksjonen som forventes av systemet.	

Hva som er gjort:
Etter en gjennomgang av brukermanualen ble geværet plukket fra hverandre slik at vi kunne se hvordan avtrektermekanismen fungerte. Testing av de forhåndsprogrammerte modusene ble gjort samtidig som vi målte strømmen som gikk inn til avfyringssolenoiden.

Designet som ble valgt:
I avtrektermekanismen til geværet sitter det en magnet som sender en elektrisk puls igjennom to kretskort og til avfyringssolenoiden hver gang man trykker på avtrekkeren. Når avfyringen har skjedd sendes et motsatt signal inn i solenoiden for å lade solenoiden på nytt. Kretskortenes oppgaver er å bestemme antall kuler per sekund, detektere at avtrekkeren blir trykket på og om det ligger kule i kammeret. Siden vi verken har behov for en hyppig avfyring har vi heller ikke behov for å se om det ligger en ball i kammeret, siden denne funksjonen er til for å forhindre at geværet avfyre før ballen ligger stille i kammeret. Derfor har vi valgt å gå utenom kretskortene på geværet og heller bruke mikrokontrolleren til å styre avfyringsmotoren via en krets bestående av 4 releer. Dette vil fungere på den måten at når mikrokontrolleren sender et signal til relekretsen så vil denne sender et signal videre til avfyringssolenoiden. Når avfyringssignalet er sendt til solenoiden må også relekretsen sende et motsatt signal til avfyringssolenoiden for å gjøre den klar til neste skudd.

## 6 Programmering

### 6.1 Programmering av fremdriftssystem

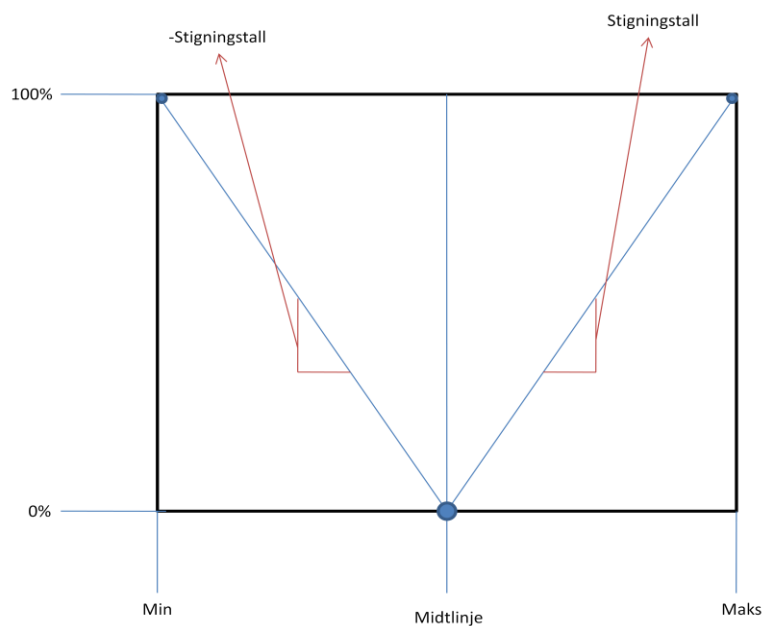
Beskrivelse: Formler til programmering av fremdriftssystem	
Status: Ferdig	Utført av: Geir Jonsrud
parametere og formeler som er brukt:	
<p>Formel for å skalere innlest signalet fra radiokontrolleren, <math>x</math> er verdien som er avlest, <math>x_{midtlinje}</math> er verdien som leses av når stikken står i senterposisjon. <math>f(x)</math> vil da variere mellom 0 og 100.</p> $f(x) = \begin{cases} stigningstall * (x - x_{midtlinje}), & x > x_{midtlinje} \\ -stigningstall * (x - x_{midtlinje}), & x < x_{midtlinje} \end{cases}, x \in [x_{min}, x_{max}]$ <p>Formel for å bestemme retning på beltedriften for de to motorene. <math>DirH</math> er høyre belte, mens <math>DirV</math> er venstre belte.</p> $d(x) = \begin{cases} DirH = 1, & DirV = 0, & Område1 \\ DirH = 1, & DirV = 0, & Område2 \\ DirH = 1, & DirV = 1, & Område3 \\ DirH = 1, & DirV = 1, & Område4 \\ DirH = 0, & DirV = 1, & Område5 \\ DirH = 0, & DirV = 1, & Område6 \\ DirH = 0, & DirV = 0, & Område7 \\ DirH = 0, & DirV = 0, & Område8 \end{cases}$ <p>Formel for pådrag til motor som driver høyre belte. <math>CH3</math> og <math>CH4</math> er skalerte variabler.</p> $h(x) = \begin{cases} CH4 & Område1 \\ CH4 - CH3 & Område2 \\ CH3 & Område3 \\ CH3 & Område4 \\ CH4 & Område5 \\ CH4 - CH3 & Område6 \\ CH3 - CH4 & Område7 \\ CH3 - CH4 & Område8 \end{cases}$ <p>Formel for pådrag til motor som driver venstre belte. <math>CH3</math> og <math>CH4</math> er skalerte variabler.</p>	

$$v(x) = \begin{cases} CH4 - CH3 & \text{Område1} \\ CH4 & \text{Område2} \\ CH3 - CH4 & \text{Område3} \\ CH3 - CH4 & \text{Område4} \\ CH4 - CH3 & \text{Område5} \\ CH4 & \text{Område6} \\ CH3 & \text{Område7} \\ CH3 & \text{Område8} \end{cases}$$

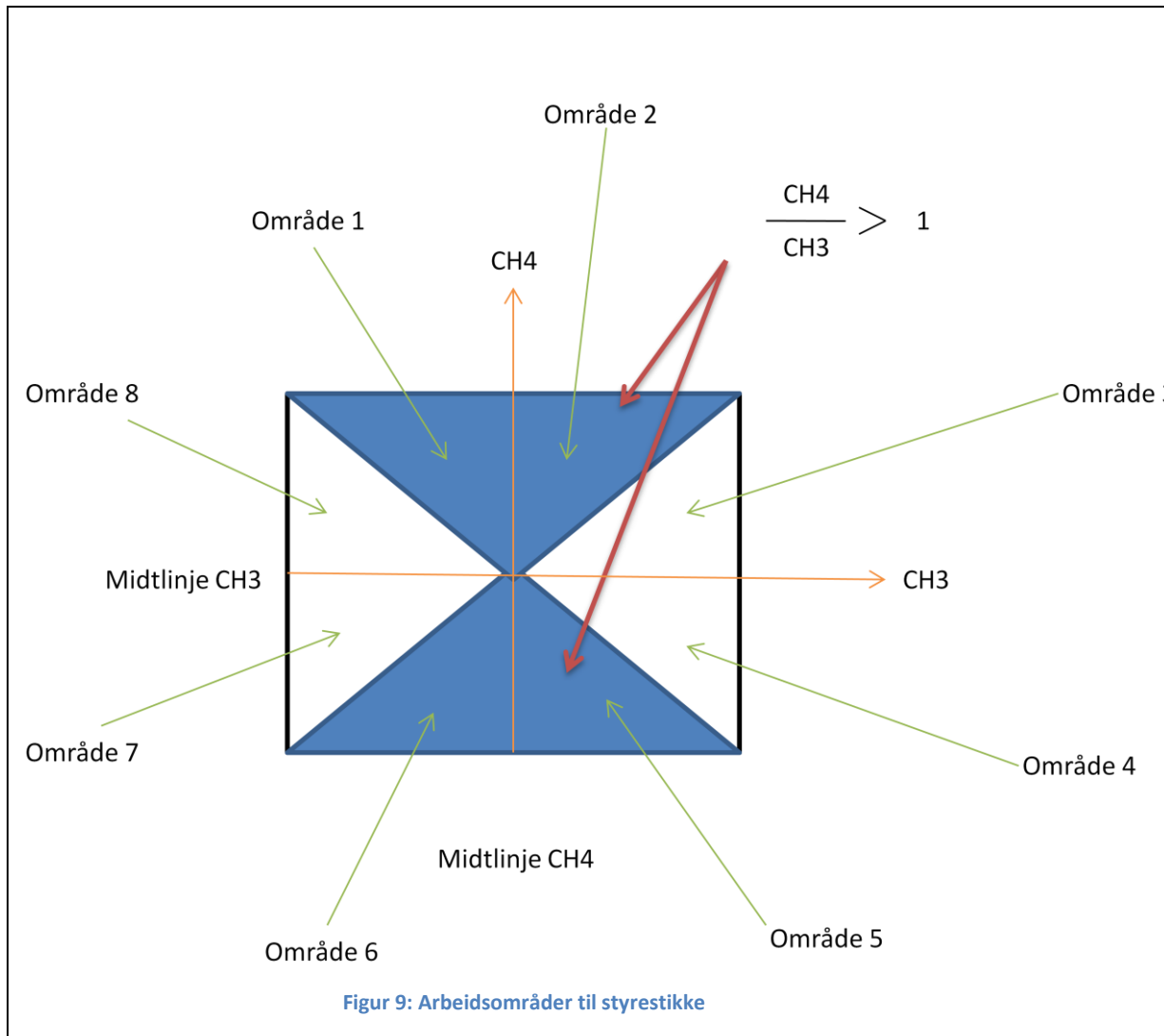
Verdiene fra  $h(x)$  og  $v(x)$  sendes videre til puls bredde generator.

Beskrivelse og tilleggsinformasjon:

Det er laget fire funksjoner som skal brukes i programmeringen av fremdriften til understellet. Formlene er laget ut ifra ideer om hvordan fremdriften skal styres ut ifra posisjonen til styrestikken på radiokontrolleren.



Figur 8: Skalering, samt de forskjellige områdene styrestikken kan befinne seg i



Konklusjon:

Området styrestikken kan befinne seg i må deles opp i åtte deler hvor hver del har sine egne regler for hvordan pådraget til høyre og venstre motor skal være. Programmering er ferdig og det som står i denne kalkulasjonen gjorde slik at tanksen reagerte akkurat slik som tiltenkt.

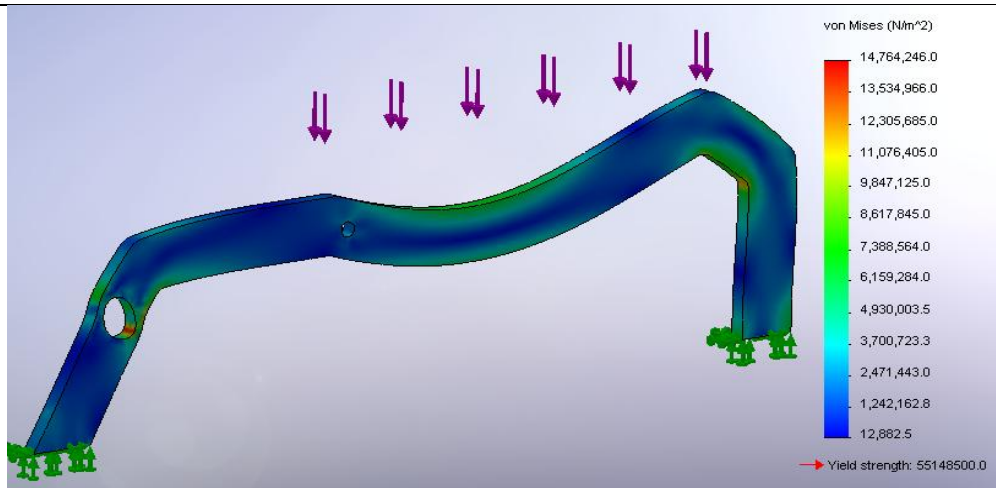


## 7 FEM

### 7.1 Veltebøylene

Beskrivelse: FEM analyse av veltebøylene til tårnet	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Parametere som ble brukt:	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Programvaren som ble brukt i testen er Solid Works Simulation Xpress.</li><li>- Aluminium med yield styrke* på <math>55000000\text{N/m}^2</math> ble brukt som materiale.</li><li>- Tanksen vekt er satt til 35 kg.</li><li>- Kraften som ble påført hver bjelke tilsvarer 35 kg eller ca. 345N.</li><li>- Sikkerhetsfaktor på 1.</li></ul> <p><i>*Materialets yield styrke er definert som punktet hvor materialet begynner å deformere seg plastisk. Hvis den påførte kraften er høyere enn materialets yield styrke så vil materialet få en permanent deformasjon etter at kraften er fjernet.</i></p>	

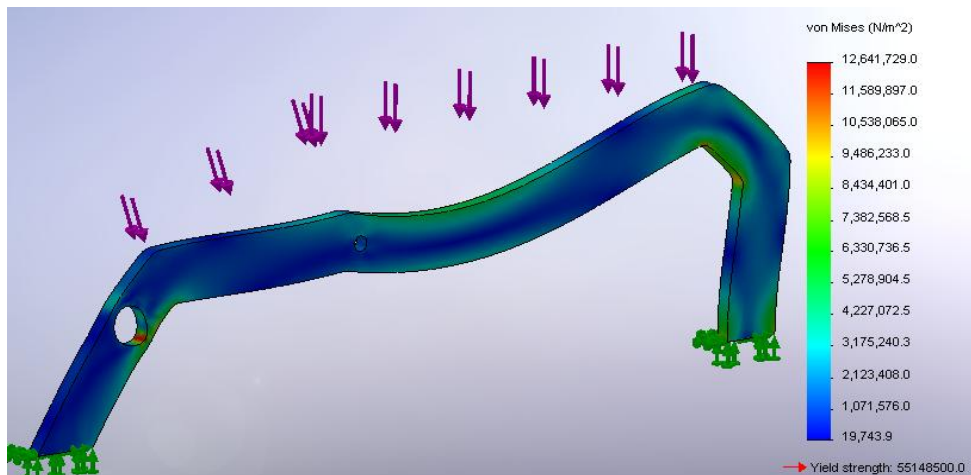
Hva ble gjort:
FEM testingen ble utført på en av veltebøylene i tre forskjellige steg hvor lasten ble lag på forskjellige steder.
Test 1: Lasten ble lagt direkte på toppen av veltebøylen.
<ul style="list-style-type: none"><li>- Det maksimale stresset oppsto rundt rotasjonspunktet til paintballmarkøren og var på <math>14,764,246\text{N/m}^2</math></li><li>- Den høyeste forflytningen ble påvist i toppen av bjelken og var på <math>5,57 \cdot 10^{-2}\text{mm}</math></li></ul>



Figur 10: Viser resultatet fra test 1

Test 2: Lasten ble fordelt på de to toppflatene til veltebøylen

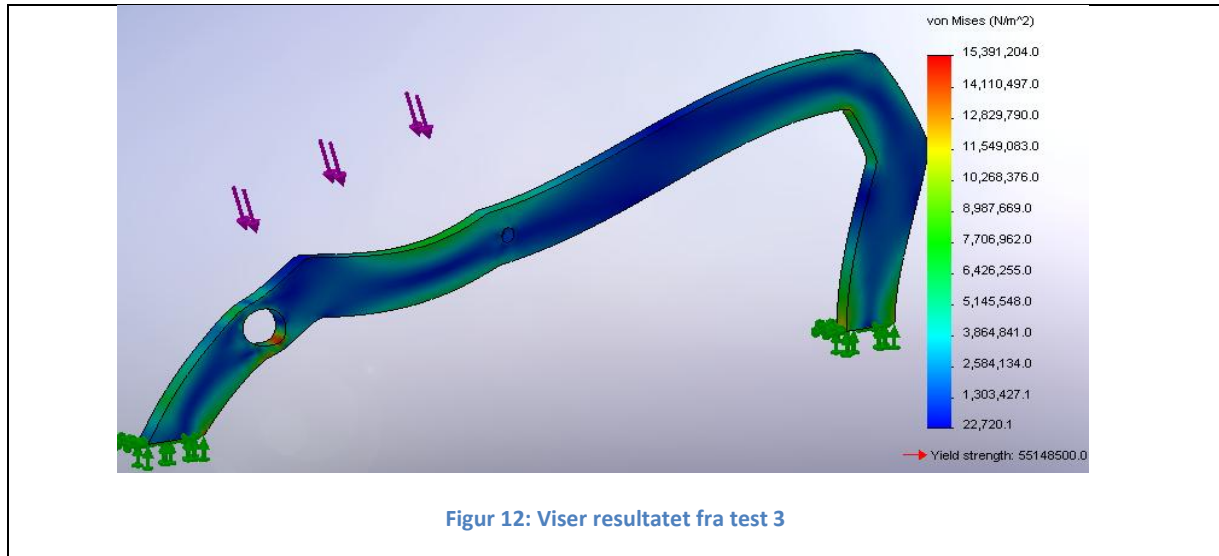
- Det maksimale stresset oppsto rundt rotasjonspunktet til paintballmarkøren og var på  $12,641,729\text{N/m}^2$
- Den høyeste forflytningen ble påvist i toppen av bjelken og var på  $4,9 \cdot 10^{-2}\text{mm}$



Figur 11: Viser resultatet fra test 2

Test 3: All Lasten ble lagt på den fremre toppflaten til bjelken.

- Det maksimale stresset oppsto rundt rotasjonspunktet til paintballmarkøren og var på  $15,391,204\text{N/m}^2$
- Den høyeste forflytningen ble påvist i bøyen mellom den fremre og den øvre toppflaten og var på  $6,01 \cdot 10^{-2}\text{mm}$



**Konklusjon:**

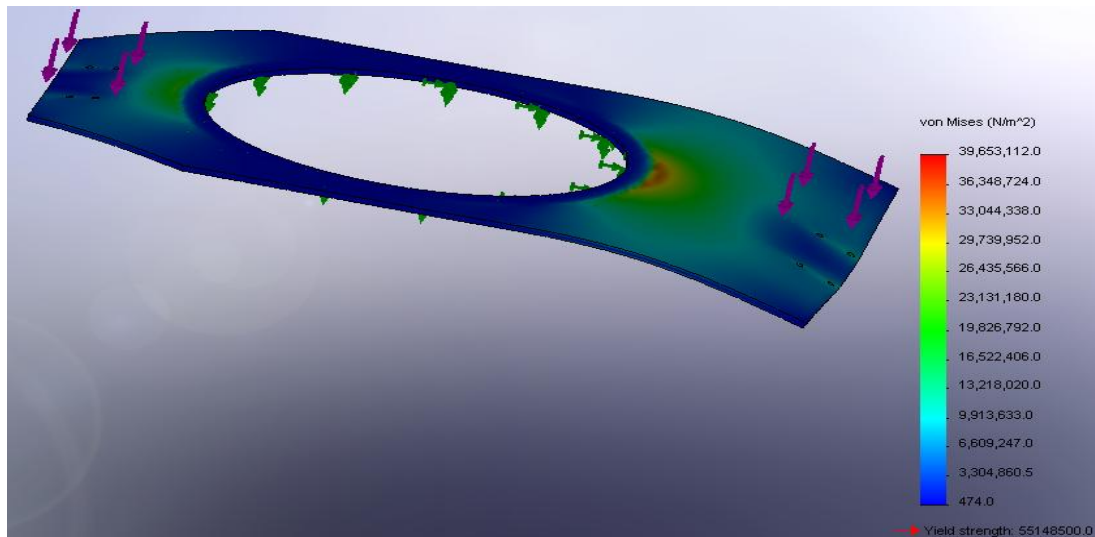
Alle tre testene viser at bjelken tåler en kraft på 35kg uten å være i nærheten av sin yield stress grense. Det vil si at bjelkene er overdimensjonerte og kan i teorien konstrueres med mindre dimensjoner for å spare vekt. Dette har vi sett bort ifra siden det skal være mulig å borre hull i bjelkene for utviding av designet, noe som vil føre til ytterligere svekking av bjelkene. Denne testen ble utført på en bjelke, derfor vil det endelige systemet faktisk tåle det dobbelte av hva denne testen viser.

## 7.2 Bunnplaten til tårnet

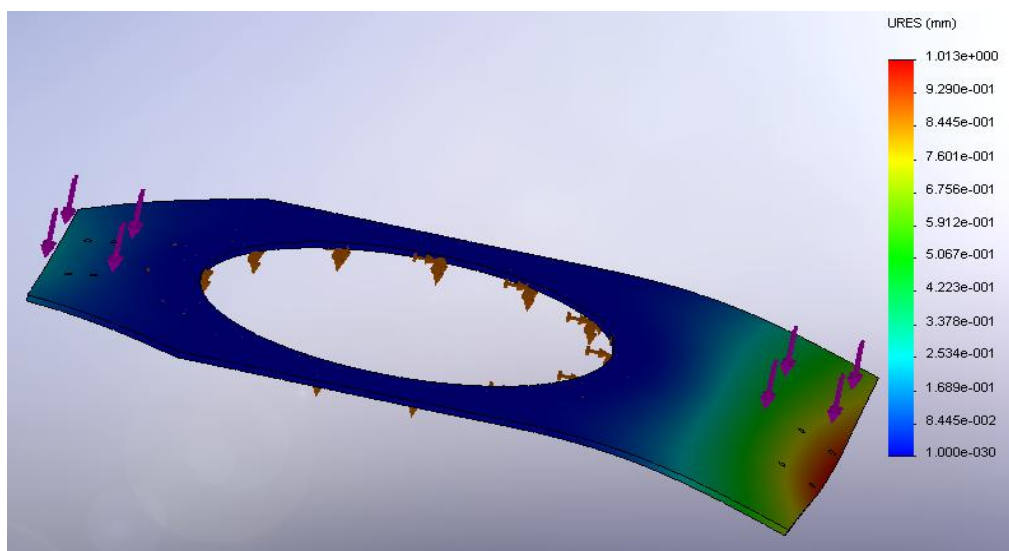
Beskrivelse: FEM analyse av bunnplaten til tårnet	
Status: Ferdig	Utført av: Morten Dahlstrøm
Parametere som ble brukt:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programvaren som ble brukt i testen er Solid Works Simulation Xpress.</li> <li>- Aluminium med yield styrke (ref. *side 26) på 55000000N/m<sup>2</sup> ble brukt som materiale.</li> <li>- Lasten ble satt totalt til 345N (ca. 35kg).</li> <li>- Sikkerhetsfaktoren ble satt til en.</li> </ul>	

Hva ble gjort:

Lasten ble fordelt på de fire punktene hvor veltebøylene er festet til bunnplaten, holdepunktene ble satt på flaten som møter rotasjonsringen. Det ble sett på hvor det største stresset oppstår og hvor den største deformasjonen oppstår i platen. Det forventes ut ifra materiale som er valgt og kreftene som er satt på at platen vil klare stresset uten å bli deformert pga. tykkelsen som er valgt på platen. Det forventes også at den største bøyningen vil skje på bakkdelen av platen siden dette punktet er lengst fra festepunktet til rotasjonsringen.



Figur 13: Figuren viser hvor på platen stresset er høyest



Figur 14: Figuren viser hvor platen deformeres mest

Konklusjon:

- Stresstesten viser at det maksimale stresset som oppstår i platen befinner seg i kanten av festepunktet mellom platen og rotasjonsringen (se figur 12) og er på  $39653112\text{N/m}^2$ . Dette resultatet viser at designet av platen vil kunne stå imot kreftene som kommer til å bli satt på den uten å bli deformert eller knekke.
- Deformasjonstesten av platen viser at den maksimale deformasjonen befinner seg i bakre del av platen (se figur 13), lengst vekk fra festepunktet mellom platen og rotasjonsringen. Dette resultatet er i samsvar med forventningene med tanke på kraft\* arm prinsippet. Den maksimale deformasjonen er på 1,01mm og vil ikke være skadelig for konstruksjonen. Denne analysen viser også at det må være en klaring mellom toppen av understellet og bunnplaten til tårnet på minimum 1,01mm.

*Det skal nevnes at i en virkelig test av denne platen vil den oppføre seg noe annet siden vi da har festet fast veltebøylene som er med på å stive opp konstruksjonen og gjøre den mer motstandsdyktig imot ytre påkjenninger.*

### 7.3 Strammesystem for beltene

Beskrivelse: FEM analyse av strammesystemet for beltene.

Status: Ferdig

Utført av: Morten Dahlstrøm

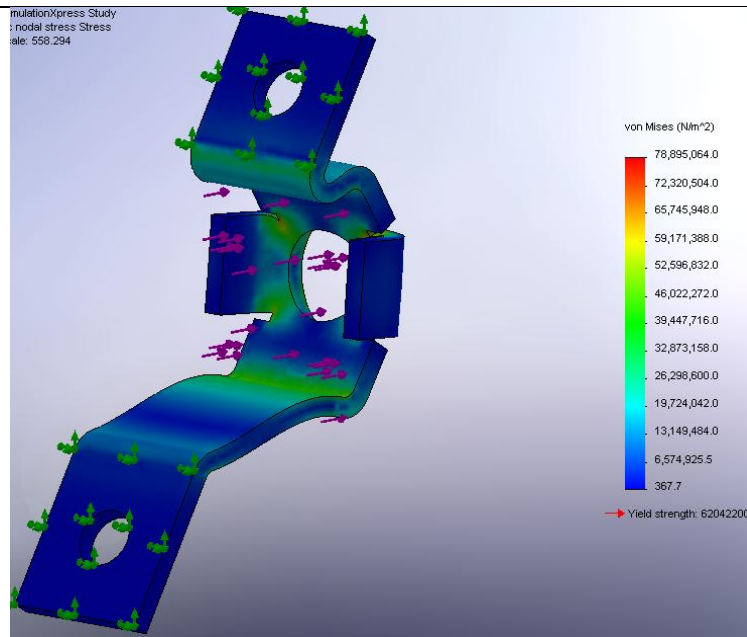
Parametere som ble brukt:

- Programvaren som ble brukt i testen er Solid Works Simulation Xpress.
- Måling og beregninger av kreftene som oppstår i systemet ble gjort (punkt 2.7 )
- Sikkerhetsfaktoren ble satt til en.
- Testen ble utført på braketten som holder strammeskruen siden dette er den delen som vil få mest påkjenning i hele systemet.

Hva som ble gjort:

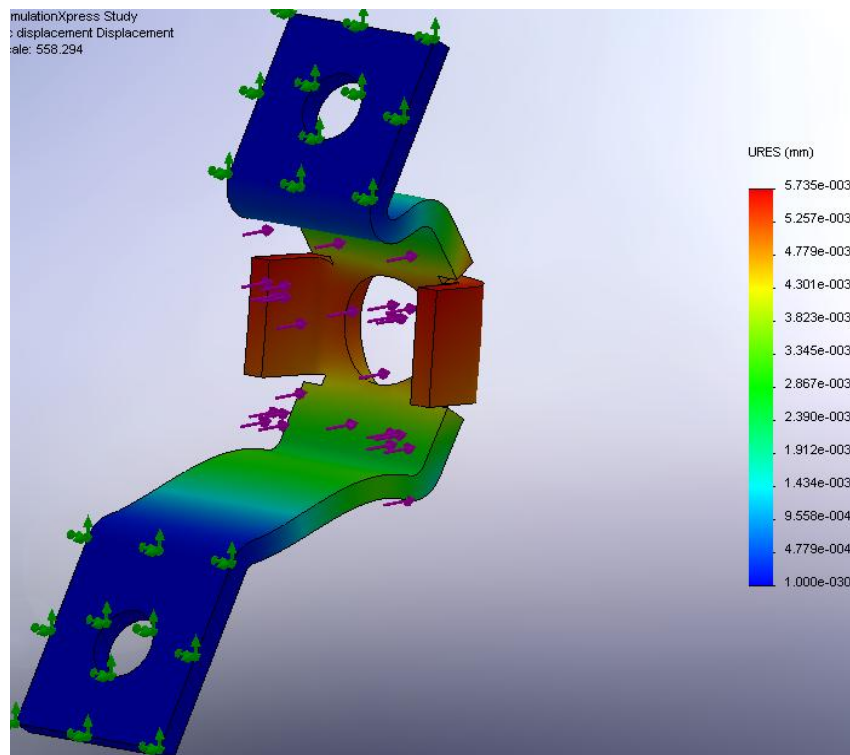
Denne FEM testen ble utført før systemet ble produsert for å se om designet ville tåle kreftene som ville bli påført.

Lasten ble påført over hele flaten som holder fast strammeskruen, holdepunktene ble satt på flatene som er skrudd fast til tanksen. Det ble så sett på hvor de største stressene oppsto på delen og hvor delen ble mest forskjøvet.



Figur 15: Resultatet fra stress testen

- Dette resultatet viser at delen kunne motstå kreftene som kommer til å virke i systemet uten problemer. Det høyeste stresset vil oppstå der hvor delen er bøyd men vil ikke være i nærheten av yield styrken til materialet delene produseres ut ifra.



Figur 16: Resultatet fra forflytningstesten

- Resultatet viser at den største forflytningen vil være på  $5,7 \cdot 10^{-3}$  mm. Det vil si at vi ikke vil få noe nevneverdig forflytning i designet når beltene strammes.

Konklusjon:

Denne FEM analysen av strammesystemet for beltene viser at det ikke vil være noe problem og konstruere systemet slik som vi har designet det.

## 7.4 Feste for rotasjonsmotor

Beskrivelse: FEM analyse av festebrakketten til rotasjonsmotoren for å se at den vil tåle kreftene som blir påført den under akselerasjon og bremsing av tårnet.

Status: Ferdig

Utført av: Morten Dahlstrøm

Parametere som ble brukt:

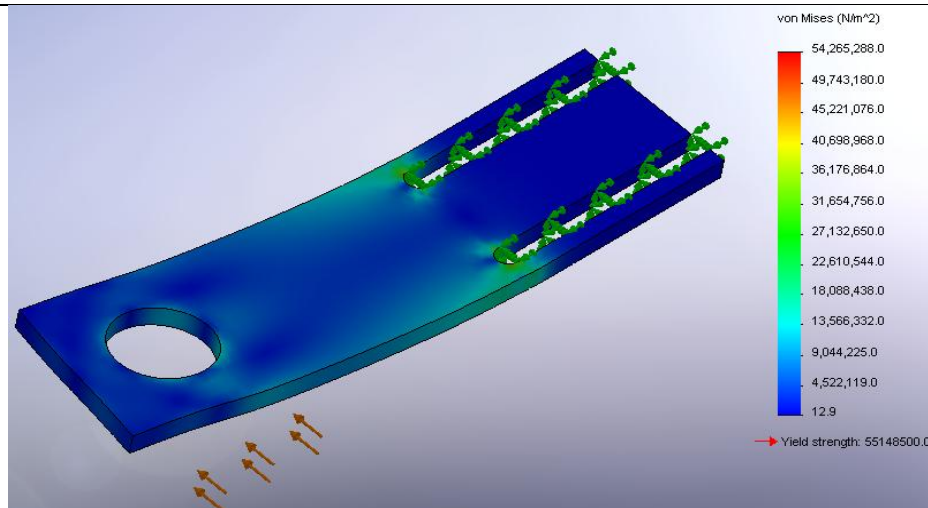
- Programvaren som ble brukt i testen er Solid Works Simulation Xpress.
- Aluminium med yield styrke (ref. \* side 26) på  $55148500\text{N/m}^2$ .
- Maks kraft ble satt til 170N.
- Sikkerhetsfaktor på 1

Hva som ble gjort:

FEM analyser ble utført på vårt endelige designvalg. Analysen ble gjort for å se hvor mye kraft delen klarer å stå imot og hvor mye forskyvning som oppsto i delen under akselerasjon og nedbremsing av tårnet. Forskjellige krefter ble prøvd ut for å finne kraften som var nærmest yield styrken til materialet som ble brukt. Kraften på 170N er langt over kraften som kommer til å oppstå under akselerasjon og nedbremsing av tårnet.

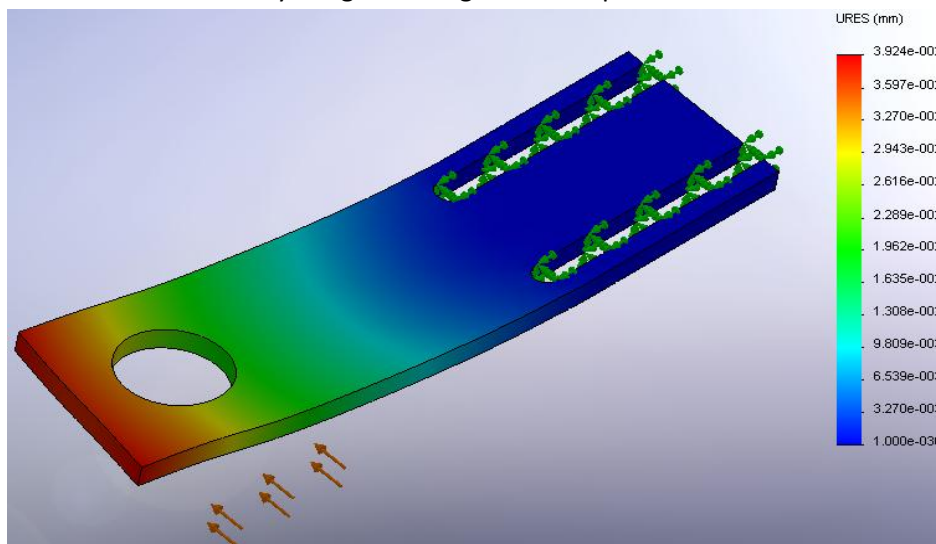
Stresstest: Det maksimale stresset oppstår i enden av festehullene hvor delen er festet til tårnet





Figur 17: Stresstest

Testen viser at den største forskyvningen er lengst vekk fra punktet hvor delen er festet til tårnet.



Figur 18: Forskyvningstest

#### Konklusjon:

Stresstesten viser at det maksimale stresset i delen ved 170N påkjenning er på 54265288N/m<sup>2</sup> og oppstår i skruefestene hvor delen er festet til tårnets bunnplate. Den maksimale forskyvningen i delen er på  $3,91 \cdot 10^{-2}$ mm og vi kan derfor se bort ifra at delen kommer til å bøye seg. Disse resultatene er innenfor hva delen tåler og vi kan derfor bruke vårt design videre i prosjektet. Kraften på 170N er langt over kreftene som kommer til å oppstå i delen, så tykkelsen til delen kunne vært gjort mindre uten at delen ville bli ødelagt under bruk. Vi har allikevel valgt å la dimensjonene i designet være som de er siden delen skal tåle hardt bruk over lengre tid.





# **Brukermanual, Prosjektgruppe 1, Q.I Tank, Versjon A**

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

## Innhold

1	Introduksjon .....	3
1.1	Hensikten med dokumentet.....	3
1.2	Dokumenthistorie.....	3
1.3	Relevante dokumenter.....	3
2	Oversikt over systemets funksjoner .....	4
3	Radiokontrolleren.....	5
4	Ikke funksjonelle funksjoner .....	6
4.1	Understellet.....	6
4.1.1	Ytre funksjoner .....	6
4.1.2	Indre funksjoner .....	8
5	Slik bruker du Q.I. tanksen .....	9
6	GPS og bluetooth.....	10
7	Feilsøking.....	15
8	Vedlikehold.....	16

## Tabeller

Tabell 1: Relevante dokumenter .....	3
Tabell 2: Radiokontrollerens funksjoner .....	5
Tabell 3: Feilsøking .....	15

## Figurer

Figur 1: Radiokontroller.....	5
Figur 2: Bakside understell .....	6
Figur 3: Hovedstrømsbryter .....	7
Figur 4: Sikringer.....	8
Figur 5: Satellittkart .....	14
Figur 6: Plotting i kart .....	14

# 1 Introduksjon

I denne brukermanualen vil vi gjennomgå hvordan du kan bruke Q.I.tanksen. Det vil bli lagt vekt på hvordan systemet betjenes ved hjelp av radiokontrolleren, prosedyrer for ladning og enkel feilsøking, vedlikehold samt fylling og bruk av paintballutstyret.

## 1.1 Hensikten med dokumentet

Brukermanualen skal gjøre enhver med eller uten tidligere kjennskap til systemet i stand til å betjene det.

## 1.2 Dokumenthistorie

Dette er første versjon av dokumentet.

## 1.3 Relevante dokumenter

Dokumenter som er relevante for brukermanualen er følgende:

Nr.	Tittel
1	Installasjonsveiledning, Q.I Tank

Tabell 1: Relevante dokumenter

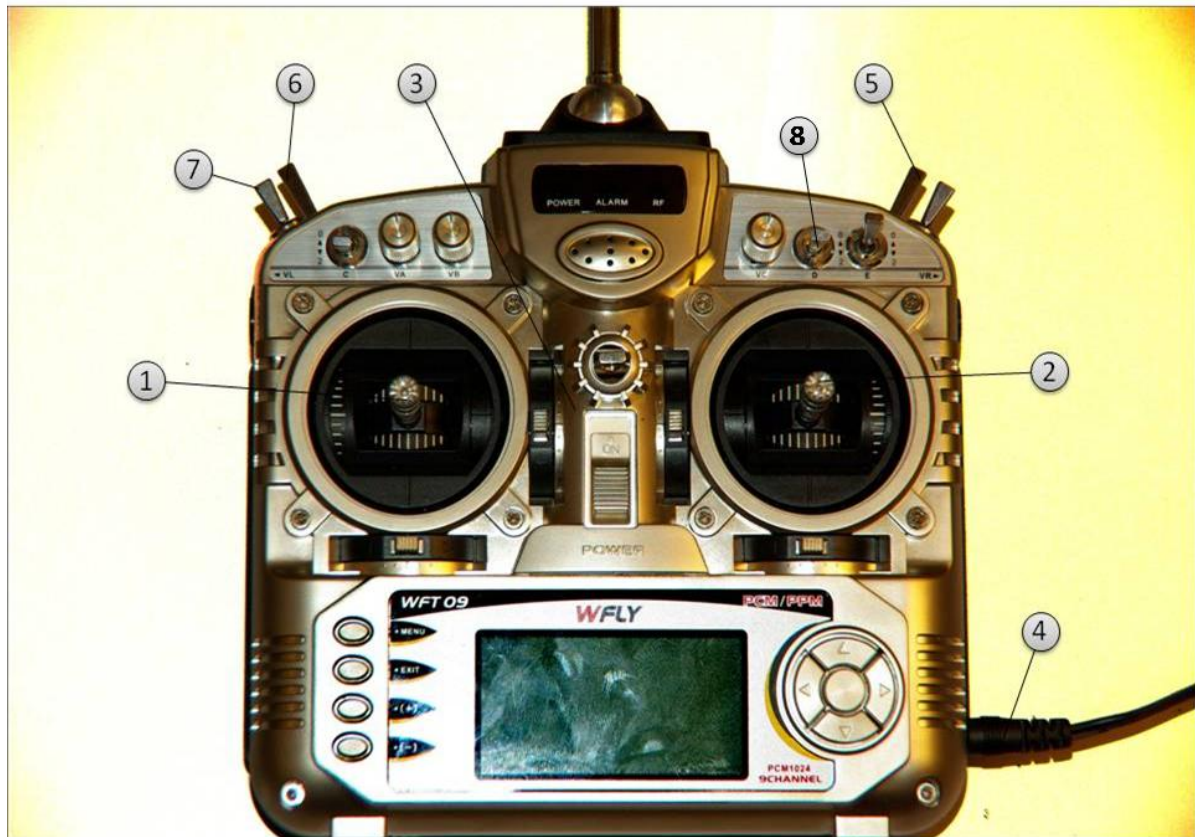
## 2 Oversikt over systemets funksjoner

Q.I. Tanksen kan kjøre i alle retninger og rotere rundt sin egen akse. Tårnet kan rotere rundt sin egen akse, heve og senke kanonløpet samt avfyre paintballskudd mot mål. Videre kan systemet aktivere gyrostabilisering av tårnet, slik at tårnet holder seg sikket inn mot et mål mens understellet er i bevegelse. Tanksens bevegelser utendørs kan også plottes inn på en pc vha. GPS og Bluetooth.

Merk at denne brukermanualen dekker alle tanksens funksjoner, samt enkelt vedlikehold av systemet. Brukermanualen dekker **ikke** følgende:

- Programmering av mikrokontrollere og lignende.
- Ting som er dekket i komponentenes egne brukermanualer.
- Installasjonsveiledning, utenom det som regnes som nødvendig for å kunne betjene systemet.

### 3 Radiokontrolleren



Figur 1: Radiokontroller

Nummer - Navn	Funksjon
1 - Venstre stikke	Styrer tanksens understell
2 - Høyre stikke	Høyre/venstre styrer tårnets rotasjon. Opp/ned styrer kanonens heving/senking
3 - On/Off button	Skrur radiokontrolleren av/på
4 - Ladepunkt	Lader radiokontrollerens batterier, sett at disse er oppladbare.
5 - Avfiring	Fjærbelastet bryter for avfiring av paintball.
6 - Training button	Må stå i posisjon "ned" for at kontrolleren skal fungere!
7- Gir	Velger mellom "brake" (opp), "freewheel" (ned) og "drive" (midtposisjon).
8-Gyro	Velger mellom gyrostabilisering av (opp) og på (ned)

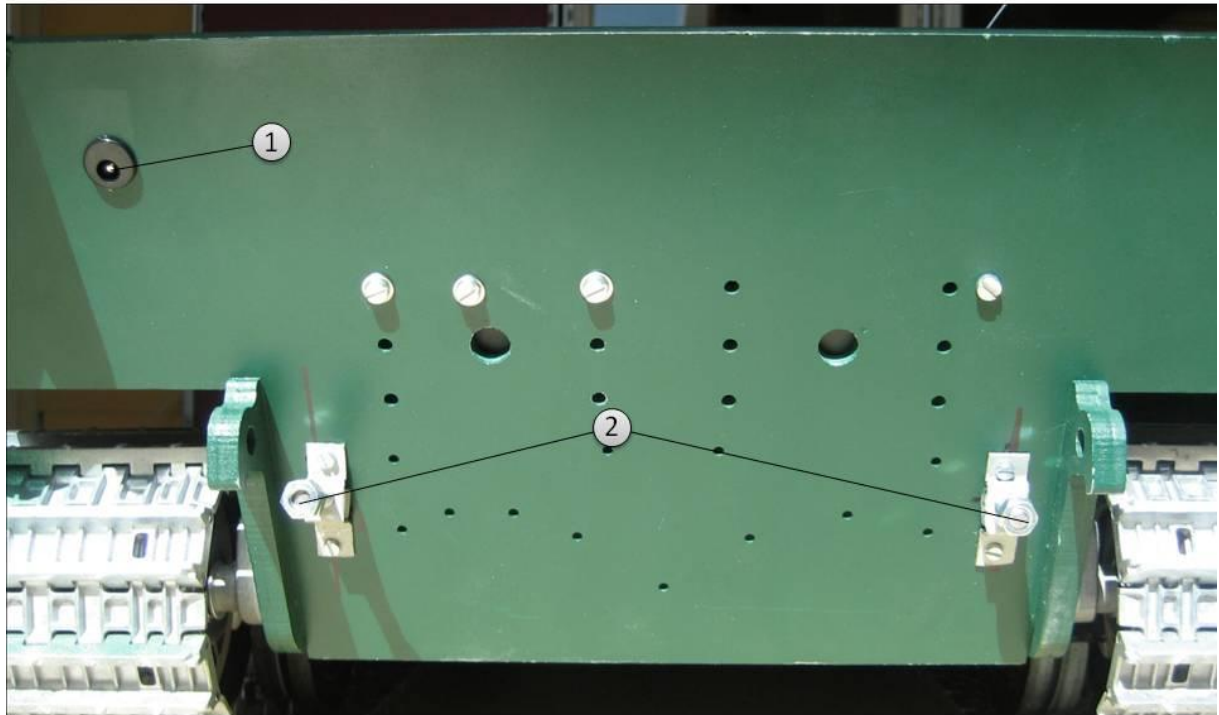
Tabell 2: Radiokontrollerens funksjoner

For konfigurasjon av kontrolleren, bytte av batteri med mer, se radiokontrollerens manual.

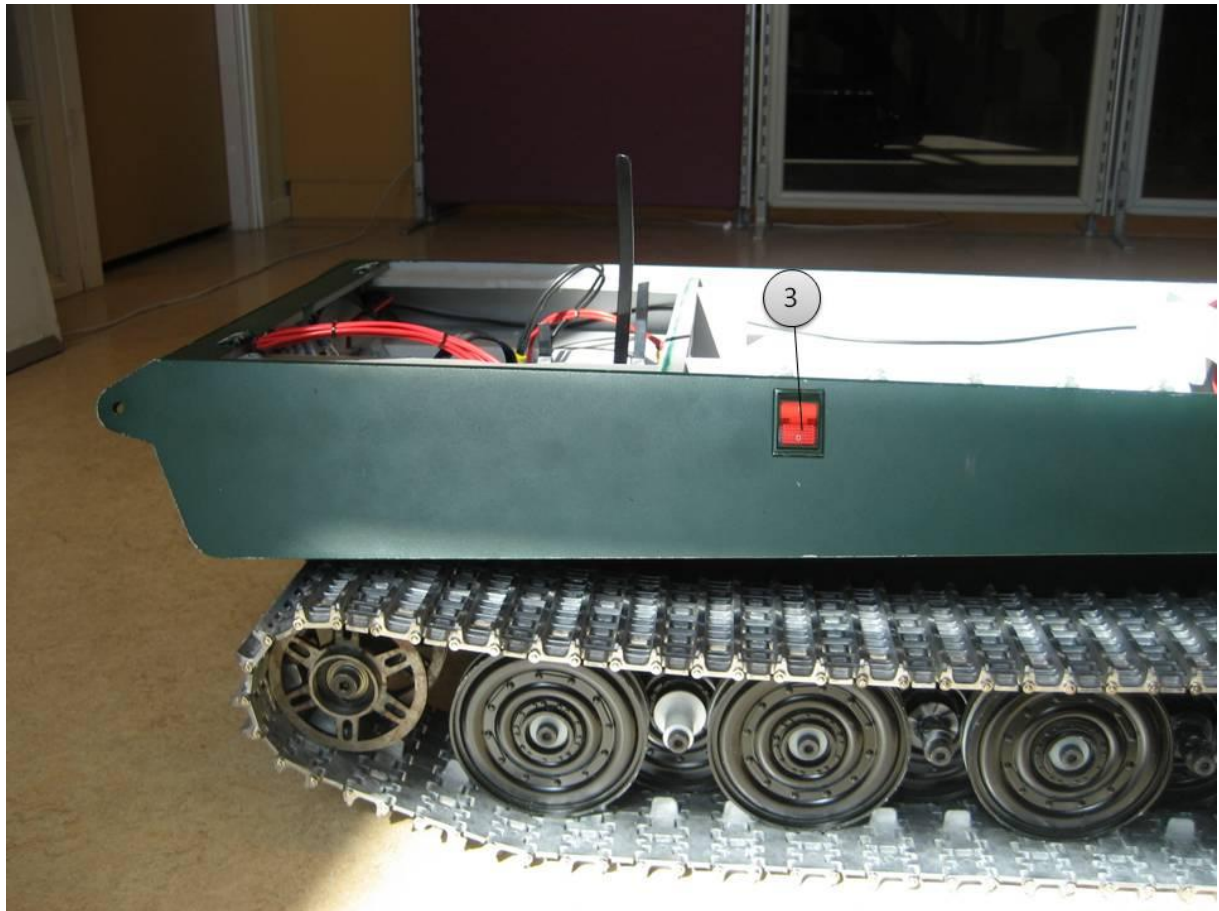
## 4 Ikke funksjonelle funksjoner

### 4.1 Understellet

#### 4.1.1 Ytre funksjoner



Figur 2: Bakside understell

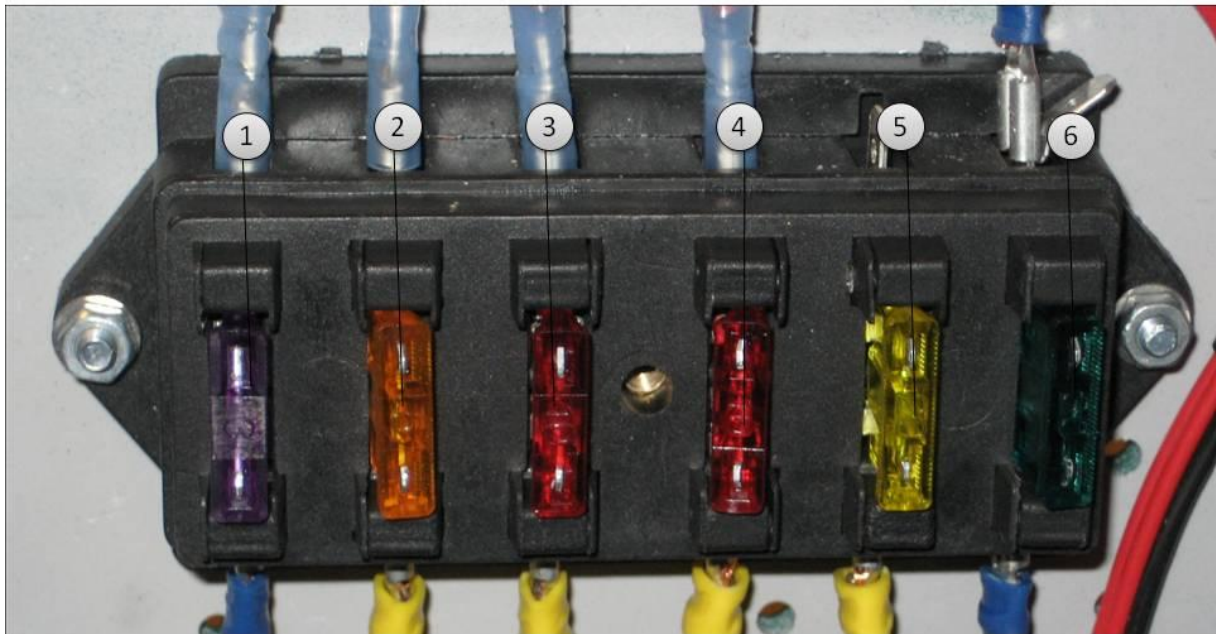


Figur 3: Hovedstrømsbryter

Nummer	Funksjon
1 - DC-jack	Inngang for lading av tanksens batteri
2 - Strammeanordning	Her strammes/slakkes beltene.
3- Hovedstrømsbryter	Skrur av/på tanksen og dens undersystemer



#### 4.1.2 Indre funksjoner



Figur 4: Sikringer

Nummer	Funksjon
1 (3A)	Mikrokontroller
2 (5A)	5-volts spenningsregulator
3 (10A)	Høyre Beltedrift
4 (10A)	Venstre Beltedrift
5 (20A)	Tårnet
6 (30A)	Hovedsikring til jord.



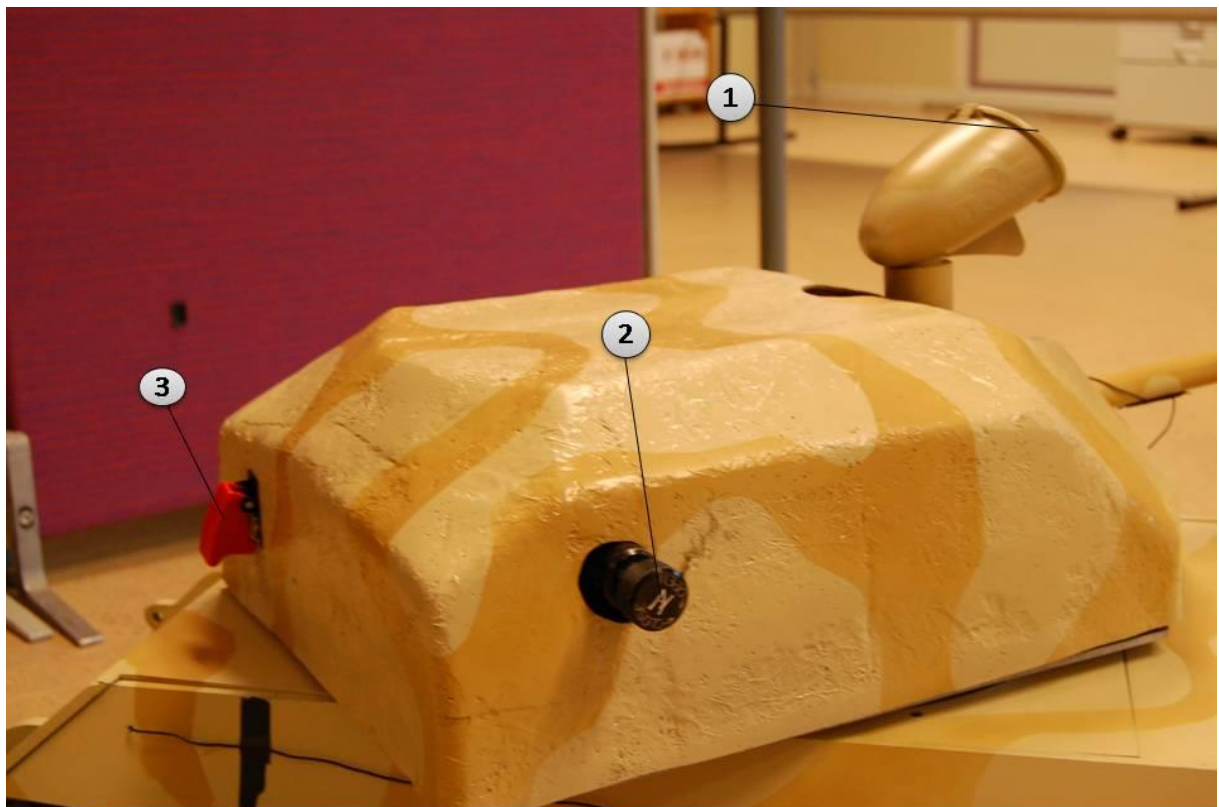
## 5 Slik bruker du Q.I. tanksen

Først skrur du på radiokontrolleren (Fig.1, nummer 3), så skrur du på tanksen (Fig.3, nummer 3). Nå er tanksen og tårnet klar for å styres vha. henholdsvis høyre og venstre analogstikke.

NB! Når du skal slå av systemet, må tanksen skrus av først, deretter kan du slå av kontrolleren.

Skal du benytte deg av paintballmarkøren må du først legge på kuler i mateluken (Fig. 5, nummer 1), så skru på trykktanken (Fig. 5, nummer 2). Deretter aktiverer du bryteren i bakkant av tårnet (Fig. 5, nummer 3). Nå kan bryteren på radiokontrolleren (fig.1, nummer 5) benyttes for å avfyre skudd mot mål. Når du er ferdig med å bruke paintballmarkøren **må** du skru av trykket (Fig. 5, nummer 2), forsikre deg om at magasinet og geværet er tomt for kuler og så skyte til trykket i trykkslangene er fjernet.

Om gyrostabiliseringen av tårnet skal aktiveres, sikter du inn ønsket mål og vender over bryteren for gyrostabilisering (fig.1, nummer 8). Ønsker du å slutte og bruke gyrostabiliseringen vender du bryteren tilbake i utgangsposisjon. Vi anbefaler alltid å ha bryteren i posisjon "av" før du slår av tanksen og kontrolleren.



Figur 5: Paintball

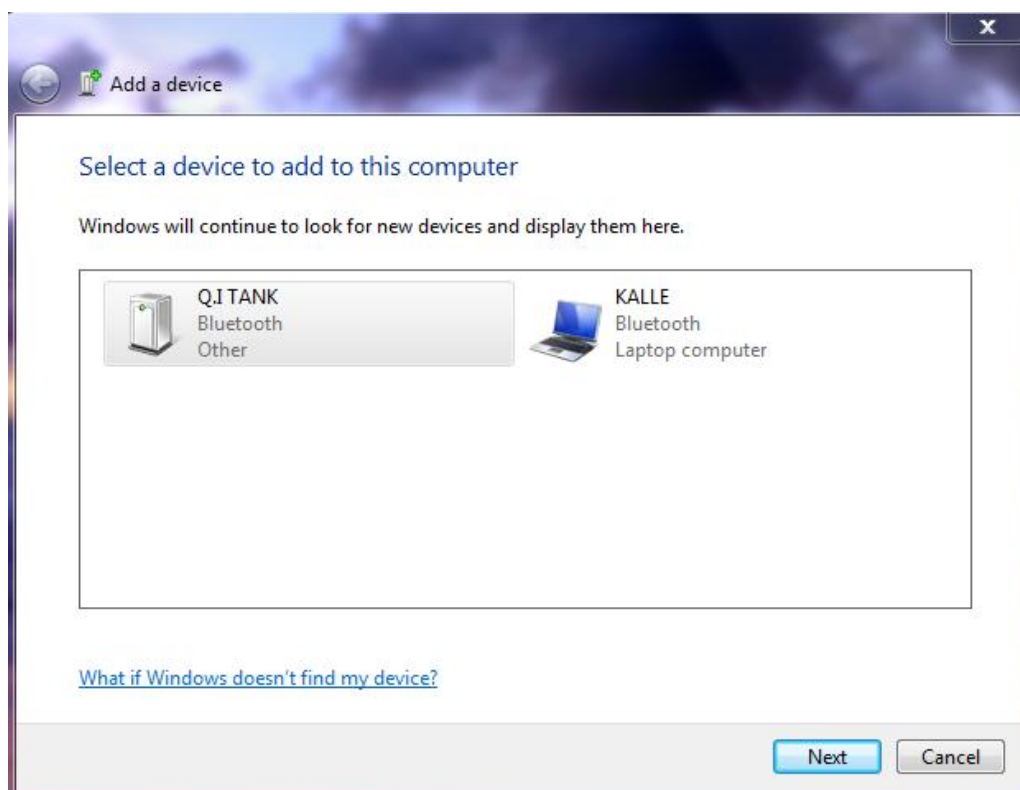
## 6 GPS og bluetooth

Q.I Tank inneholder et GPS- system som kan logge ferden. Systemet er utstyrt med bluetooth slik at man kan koble det til en bærbar pc eller PDA. Ved hjelp av GPSprogrammet Trimble GPS Monitor kan man få ut all informasjon om posisjon, høyde og hastighet. Programmet kan vise posisjon i Microsoft Virtual Earth. Dette programmet kan enten vise veikart, eller satellitt bilder, men disse er av dårlig oppløsning over store deler av Norge. Loggen kan også lagres som en kml fil slik at tilbakelagt rute kan vises i Google Earth.

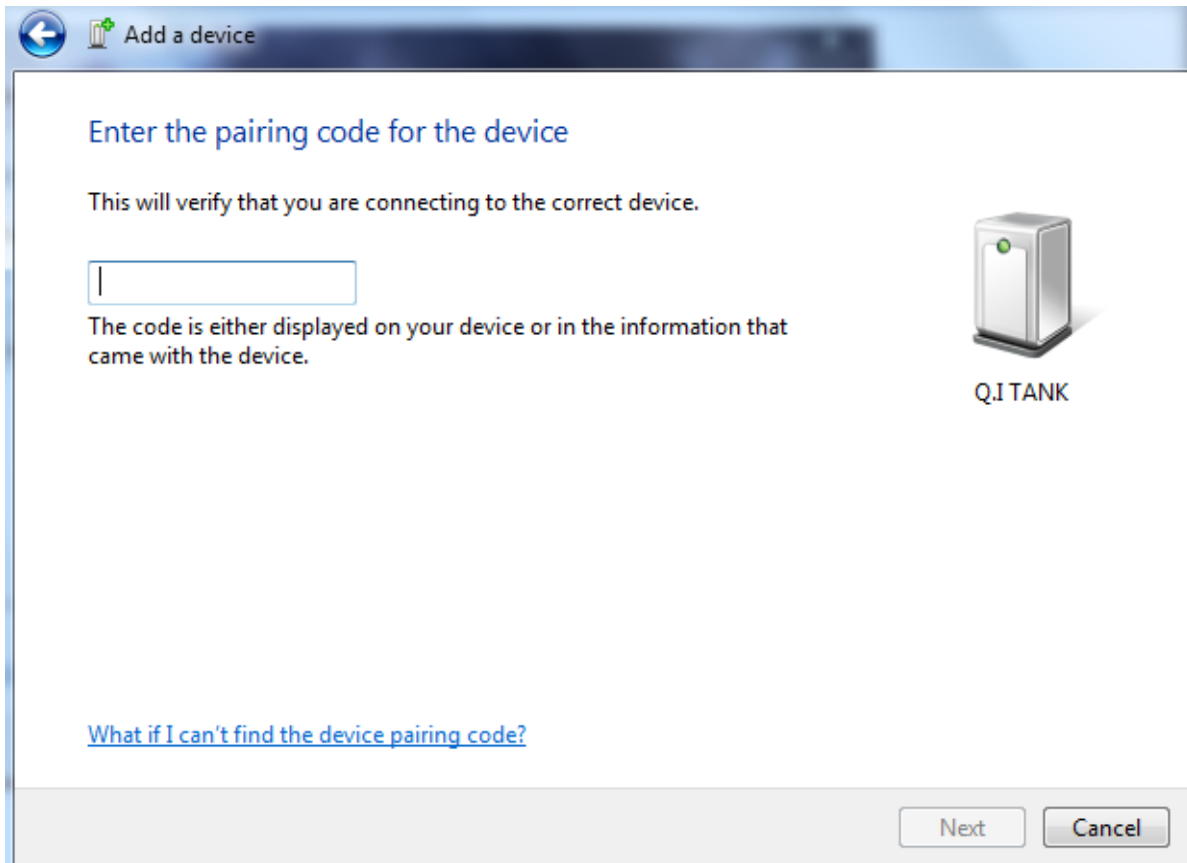
Slik bruker du loggeren.

Konfigurering:

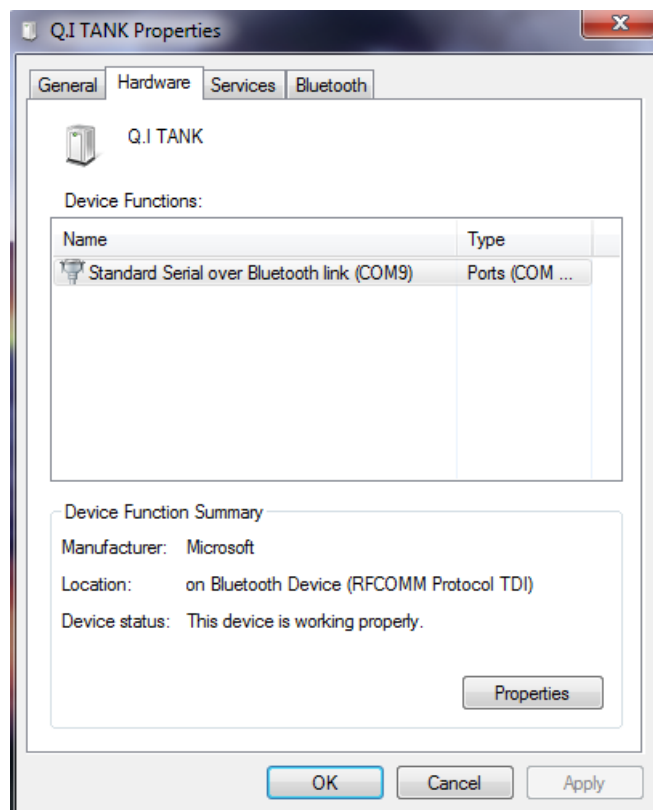
- 1 Sørg for at radiokontrolleren er slått på før du skrur på tanksen.
- 2 Søk etter nye bluetooth enheter(add device)
- 3 Velg Q.I TANK og trykk Next



- 4 Velg : Enter the pairing code for the device.

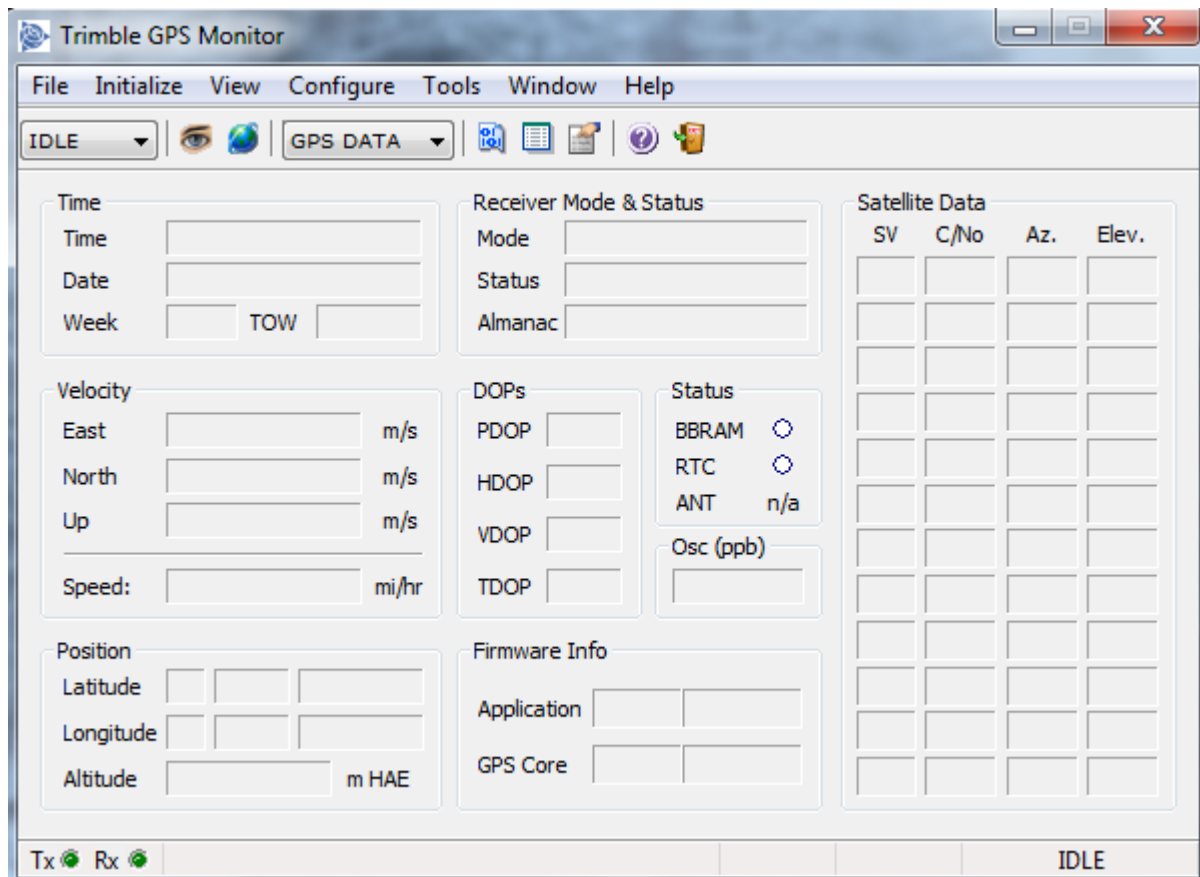


- Koden til enheten er: **1234**, velg *Next* og trykk *Close*.
- Enheten er nå lagt til.
- Ved å gå på *Properties* finner du hvilken port den er koblet til.

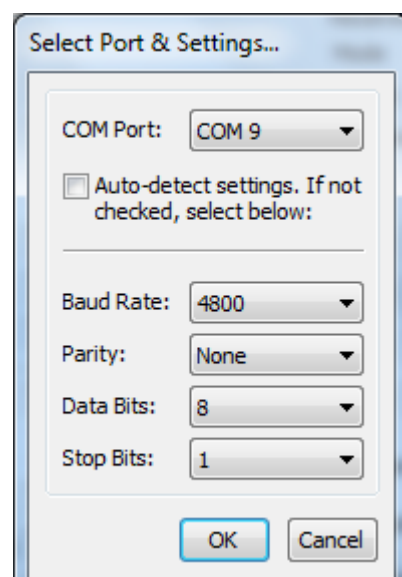


Programmet for logging:

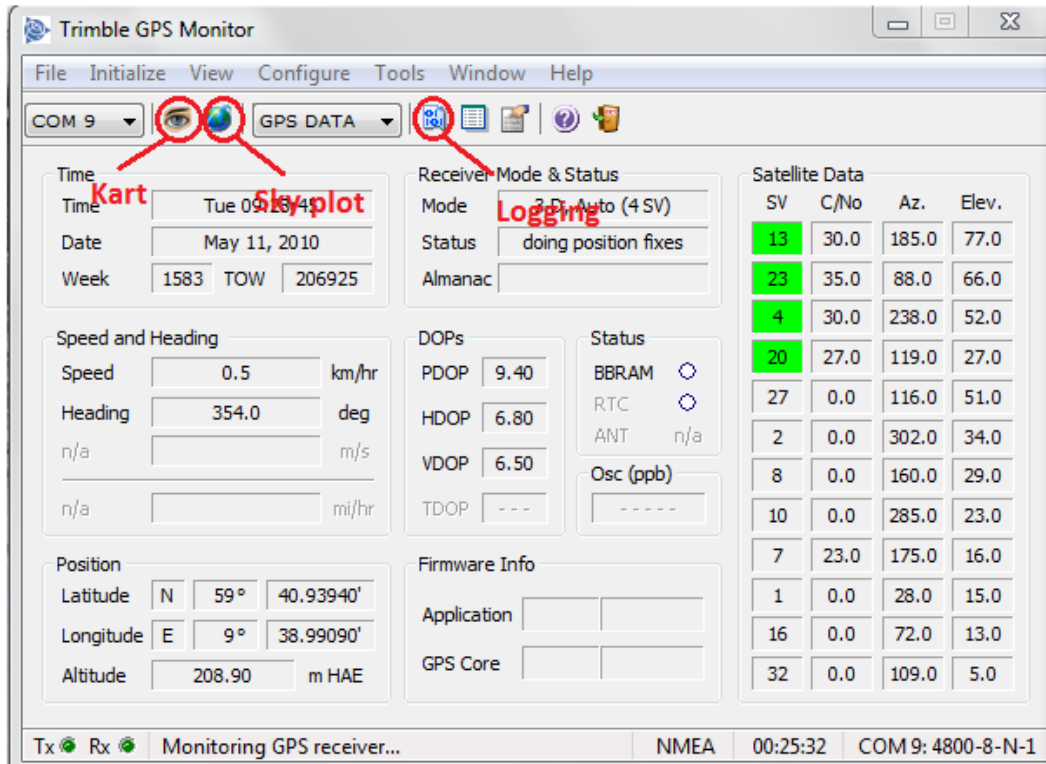
I tanken ligger det en cd med nødvendig programvare. På denne finner du en mappe med navnet *Trimble GPS Monitor*. Start filen *TrimbleMon\_V1-05-0*.

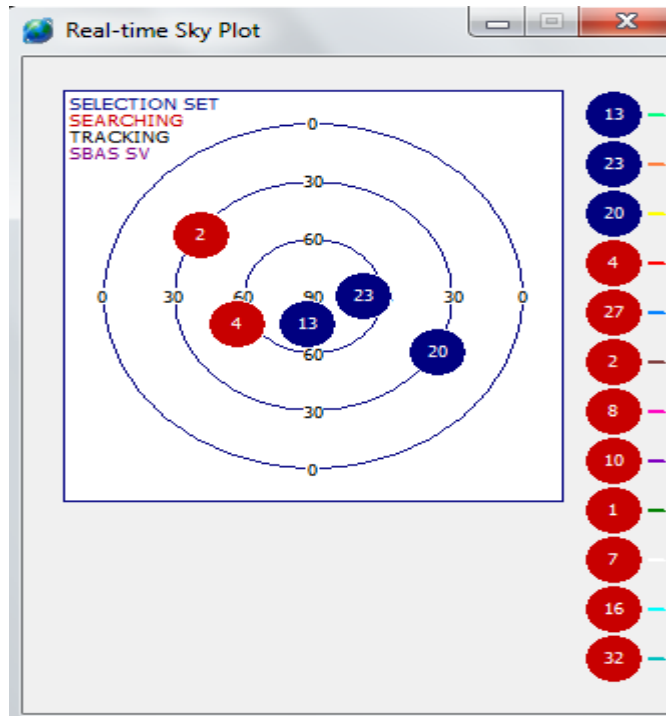


- Velg Initialize og Connect.
- Velg riktig COM Port, ellers samme innstillinger som på bilde.
- Trykk OK for å bekrefte.

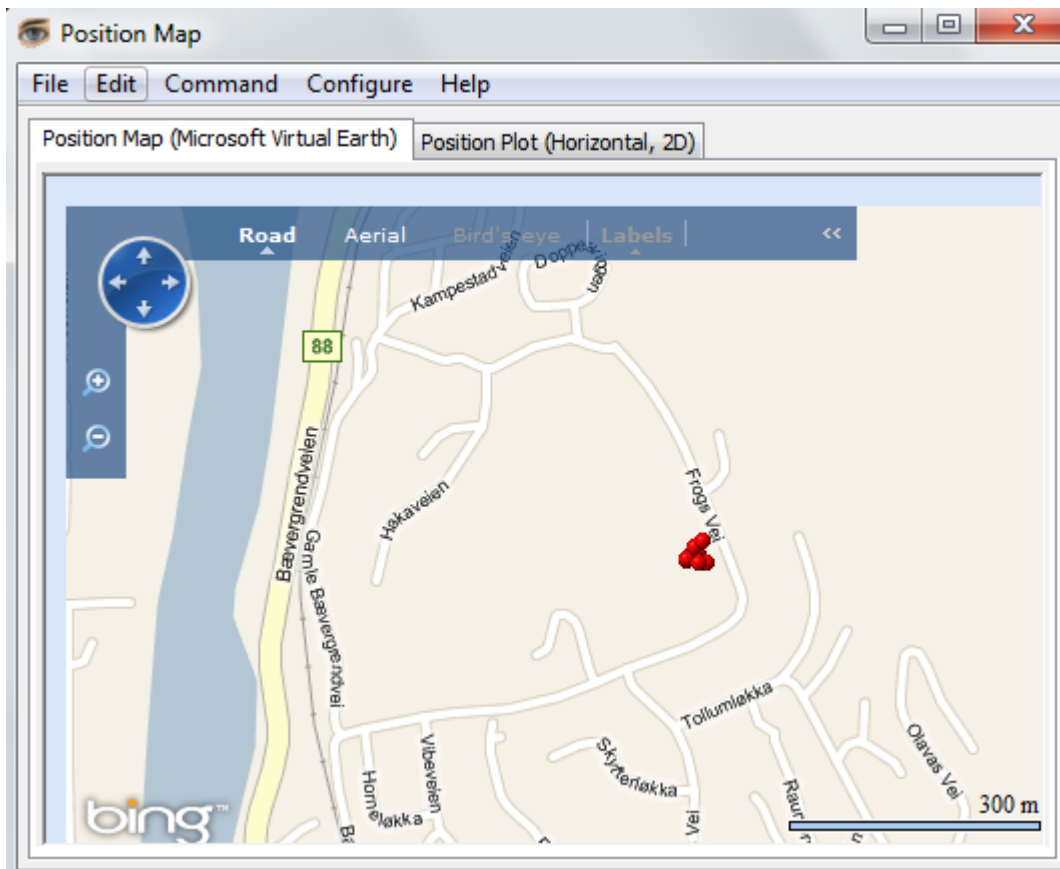


Etter ca. 40sekunder vil GPS systemet ha bestemt posisjonen. Da vil de satellittene som den har kontakt med bli grønne og informasjon om posisjonen vil komme opp. Fra panelet kan man få frem kart, sky plot og logging. Loggingen lagres i .kml format, denne filen kan åpnes i Google Earth. Ved hjelp av kartfunksjonen i programmet kan man følge bevegelsene direkte i kartet.





Figur 5: Satellittkart



Figur 6: Plotting i kart

## 7 Feilsøking

Tabell 3: Feilsøking

Problem	Mulig løsning
Understellet beveger seg ikke, selv om både kontroller og hovedstrømsbryter er på.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sjekk om understellet står i "Brake" eller "Freewheel" jmf. fig.1, nummer 7.</li><li>- Sjekk at både kontroller og understellet er oppladet.</li></ul>
Paintballmarkør avfyrer ikke	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se at sikkerhetsbryter for avfiring er skrudd på.</li><li>- Sjekk at ventilen på trykktanken er skrudd opp.</li><li>- Se at trykkregulatoren på markøren viser mellom 180 og 200 psi.</li><li>- Sjekk at det ligger kule i kammeret.</li><li>- Hør om avfiringssystemet klikker.</li><li>- Undersøk at det er strøm på batteriene.</li><li>- Se at sikringen ikke har gått.</li></ul>
Belte har sporet av	<ul style="list-style-type: none"><li>- Slakk opp beltestrammeren.</li><li>- Legg tanksen over på siden.</li><li>- Kjør beltet forsiktig fremmover til tennene på drivhjulet treffer hullene i tanksen.</li><li>- Stram så beltet igjen.</li></ul>
Tårnet roterer ikke	<ul style="list-style-type: none"><li>- Undersøk at det er strøm på batteriet.</li><li>- Undersøk at rotasjonsmotoren står inntil rotasjonsringen.</li><li>- Sjekk at DC jacken sitter i koblingen i senter av rotasjonsringen.</li><li>- Undersøk om alle ledningene fra motorkontrolleren og til rotasjonsmotoren er festet fast.</li><li>- Sjekk at sikringen ikke har gått.</li></ul>
Elevasjonen av løpet fungerer ikke	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sjekk at alle ledningene mellom elevasjonsmotoren og motorkontrolleren er festet fast.</li><li>- Undersøk at kuleskruen er festet fast til paintballmarkøren.</li><li>- Sjekk at kuleskruen er festet til elevasjonsmotoren.</li></ul>
Paintballmarkøren treffer ikke punktet lasersiktet peker på	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sett bremsen på tanksen og hold tårnet stabilt mot et mål. Avfyr så en paintballkule. Hold tårnet i ro mens man stiller inn lasersiktet slik at det står på punktet kula traff ved hjelp av skruene på lasersiktet.</li></ul>

## 8 Vedlikehold

### Generelt

- Batteriet bør lades opp hver 3 måne når tanksen ikke er i bruk. Dette for at batteriet ikke skal tape effekt over tid.
- Paintballmarkøren skal skrus fra hverandre, vaskes og smøres opp etter det er skutt 400-500 baller. Les i Invert Mini sin bruksanvisning for nærmere informasjon.

### Før bruk

- Sjekk at skruene som holder bunnplaten i understellet er skrudd ordentlig fast.
- Sjekk at rotasjonsmotoren og elevasjonsmotoren er skrudd ordentlig fast.
- Sjekk at luftsystemet ikke lekker.
- Undersøk at beltene er like stramme som når tanksen ble levert.

### Etter Bruk

- Undersøk etter bruk at alle hjulene er skrudd ordentlig fast.
- Sjekk etter bruk at leddene i trykkørerne ikke har løsnet og sklidd fra hverandre.
- Sjekk at luftsystemet ikke lekker





## **Etteranalyse, Prosjektgruppe 1, Q.I Tank, Versjon A**

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS

This document, and any authorized reproduction thereof, must not be used in any way against the interest of Kongsberg Defence & Aerospace AS.

This content must not be published or disclosed to a third party, in whole or in part, without the written consent of Kongsberg Defence and Aerospace AS.

Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend.

---

## Innhold

1	Introduksjon .....	3
1.1	Hensikten med dokumentet.....	3
2	Teknisk konklusjon på prosjektet.....	3
2.1	Maskin .....	3
2.2	Programmering.....	4
2.3	Elektro .....	5
3	Konklusjon på prosjektet.....	6
3.1	Generelt.....	6
3.2	Design .....	7
3.3	Elektro og programmering .....	7
4	Drøfting.....	8
5	Avsluttende regnskap.....	10

## 1 Introduksjon

### 1.1 Hensikten med dokumentet

Dette dokumentet er ment for å gi en helhetsvurdering av hovedprosjektet Q. I Tank ved Høgskolen i Buskerud.

Vi ønsker i gjennomføringen av vårt hovedprosjekt å takke alle våre samarbeidspartnere for den hjelp og støtte vi har fått.

Spesielt ønsker vi å takke Stian S.Solberg, vår eksterne veileder og Jørn Breivoll, vår interne veileder, for deres innsats for at vi skulle nå våre mål.

Videre vil vi takke KDS for deres samarbeidsvilje omkring hovedprosjektet og for deres sponning av vårt prosjekt.

Gruppen har bestått av fem personer; to fra linjen Mekatronikk (Hege Engene og Erlend Frøhaug), en fra linjen Kybernetikk (Geir Jonsrud) og to fra linjen Produktutvikling (Morten Dahlstrøm og Royer A. Jensen).

## 2 Teknisk konklusjon på prosjektet

### 2.1 Maskin

Alle A krav som ble satt til den maskinelle delen av prosjektet ble nådd. Krav B 205.2 (Se kravspesifikasjon) ble ikke tatt hensyn til under designprosessen da matematikken og fysikken som ville inngått i beregningene for å nå dette målet går over våre fagkunnskaper. Krav A 209.1 (Se Kravspesifikasjon) ble også sett bort ifra siden dette ville bli mye mer tidkrevende med tanke på 3D modellering og produksjon av deler. Dette var noe vi ikke hadde tid til i vår tidsplan.

Under 3D modelleringsprosessen kunne vi ha hatt ett noe tettere samarbeid med vår eksterne veileder. Dette ville kanskje ha ført til at vi på et tidligere tidspunkt kunne funnet gode løsninger på hvordan designene burde ha vært i forhold til hvilke produksjonsmetoder KDS ville bruke. Et eksempel på dette er en kuleskrueramme som det ble brukt mye tid på å konstruere og komme frem til en god løsning for (denne rammen ble designet på oppfordring fra importøren). Etter en samtale med Stian S. Solberg kom vi frem til at det ikke

var behov for en slik ramme. Denne konklusjonen gjorde at mange timers arbeid ble forkastet for et mye enklere forslag.

## 2.2 Programmering

Programmeringen viste seg å gå noe fortere enn planlagt. Det som tok mer tid enn forventet var å ta i bruk de integrerte funksjonene i mikrokontrolleren og sette seg inn i hvordan de skulle brukes. Selve programmeringa gikk ganske greit og fortere enn forventet. Noe av det som tok litt mer tid igjen var fininnstillingen, ferdigstilling og kommentering av programmene.

### Mikrokontroller

I slutfasen av programmeringen til tårnet ble det foretatt en restarting av maskinen som ble brukt til programmering. Etter denne restartingen ble alle innleste verdier doblet opp, antall avbrudd ble doblet opp og systemet ble ustabil. Etter flere dager med feilsøking begynte vi å tilpasse systemet til de nye verdiene. Igjen etter noen dager kom det et tips om at preskaleringen og postskaleringen kunne blitt endret av rebootingen. Vi tok dette tipset til oss og sjekket hva mikrokontrolleren var innstilt til. Da viste seg å stemme. Vi stilte da skaleringene tilbake til slik de skulle være i utgangspunktet og stilte tilbake alle variablene som var endret. Etter disse endringene fungerte systemet akkurat slik som det gjort før feilen oppstod. Dette problemet ga ca. 5 dager med liten fremdrift på programmeringsdelen, som vi igjen merket på slutten av prosjektet.

I starten av prosjektet var det en stor utfordring å få programmert mikrokontrolleren. Da ingen på gruppen hadde programmert en slik mikrokontroller fra før. Vi trodde at det bare var å knytte noen linker filer og biblioteker til prosjektet. De linker filene vi fant som var med i Mplab programmet viste seg og ikke fungere. Dermed ble det noen utfordringer med å få dette til å virke. Denne utfordringen ble til slutt løst ved at vi lastet ned en demo som var knyttet til prototypekortet fra sparkfun.com, med denne linker filen fungerte programmeringen av mikrokontrolleren og programmering av understell kunne starte.

### Radioinnlesning:

Når vi skulle begynne å teste og programmere tårnet fikk vi fort problemer med at det innleste signalet ble ustabil når motorkontrolleren MCBL2805 var tilkoblet. Dette ordnet seg da vi begynte å bruke analog jord i tillegg til den på tilførselen. Den tidligere antatte sammenkoblingen i motorkontrolleren var ikke slik vi trodde og vi fikk derfor ingen stabil jordtilkobling før vi benyttet begge punktene.

## 2.3 Elektro

### GPS:

GPS systemet benytter en GPSmodul av typen EM-406A levert av GlobalSat. Denne skulle det i utgangspunktet bare være å koble spenning til, så skulle den finne sin posisjon. Signalet ut fra denne er et TTL signal som vi overførte til en PC via en FIRFLY bluetoothmodul. Det så ut til at vi kunne klare å lese signalene fra GPSmodulen uten å ha noen omformer til RS232, men vi fikk ikke kommunisert den andre veien. Da den likevel skulle kunne finne sin posisjon ble det brukt mye tid på å prøve å få dette til. Da dette mislyktes bestilte vi en oversetter fra TTL til RS232. Med denne delen på plass ordnet ting seg fort, og det viste seg at lampen skulle blinke når den hadde bestemt posisjon, istedenfor og kun lyse slik vi hadde trodd.

### Rotasjonssystemet:

Under testing av rotasjonssystemet for tårnet som drives av en Faulhaber 1628, begynte motoren å gi fra seg en lyd som hørtes ut som tannhjul som sluret. Motoren ble tatt ut og testet. Den hadde de symptomene en girmotor med slitte tannhjul har. Dette førte til at vi begynte å se på alternativer som kunne leveres på kort tid. Vi var også i kontakt med importøren for å høre på leveringstid på en ny motor fra samme merket. Etter å ha brukt en del timer på dette ble vi obs på et brudd i en ledning til en av hallsensor på motoren. Etter å ha loddet denne på plass igjen virket motoren som den skulle. Vi snakket med importøren senere samme dag og fikk bekreftet symptomene som motoren hadde hatt.

### Fremdriftssystemet:

Et av problemene vi hadde med fremdriftssystemet i understellet var at under testkjøring fikk vi ikke beltene til å stoppe før vi endret retning på dem. Etter å ha målt utgangene viste det seg at når mikrokontrolleren skulle ha lavt nivå på utgangen målte vi 0,78V. Vi diskutert dette med en annen gruppe som mente det var normalt og at vi ikke kunne forvente 0V på utgangen. Dette førte til at det ble utarbeidet en løsning for å trekke fra 0,7V på utgangen ved hjelp av en OPAMP. Etter mye om og men viste det seg at det også var 0,78V mellom jord på systemet og jord på mikrokontrolleren. Dette fikk oss til å ha se nøyer på skjemaet over spenningsregulatoren som satt på kortet til mikrokontrolleren. Det viste seg at den også var beregnet for AC noe som betyr at det var en likeretterbru der. Dette betyr at det mellom jord på tilførsel og mikrokontrolleren var en diode som det vil legge seg 0,7volt over. Ved å jorde direkte til mikrokontrolleren fikk vi 0,09v på utgangen og problemet var løst.

## 3 Konklusjon på prosjektet

### 3.1 Generelt

Vi mener prosjektet gikk svært bra. Alle gruppelemmene fikk tydelige områder å ta ansvar for helt fra starten. Dette gjorde at det var lett for oss videre i prosjektet da vi visste hvem som hadde hovedansvar for hvilke områder. En streng oppmøtepolitikk var med på å holde strukturen i gruppen og gjorde at man følte et ansvar for å møte til rett tid.

Oppmøtereglene gjorde også at alle var på skolen samtidig og kunne diskutere problemer med en gang de oppsto.

RUP modellen passet godt til vårt prosjekt siden denne modellen gjør det mulig å gå tilbake og rette opp og forandre på krav og annet underveis. Det var også positivt med tanke på at vi ikke har noe større erfaring med hvordan et prosjekt skal gjennomføres fra tidligere.

Prosjektet har gitt oss en god erfaring i mange av aspektene man kommer innom i et prosjekt. Feilberegninger, misforståelser, leveringsproblemer, naturkatastrofer og streik er bare noen av tingene vi har fått kjennskap til.

Gruppen brukte mye tid i starten på å vurdere flere alternativer for hvordan vi kunne løse de ulike kravene. Vi diskuterte alternativene med ekstern veileder og valgte løsningene i samråd med han. Dette fordi han var prosjektleder på tanksen sist den var prosjektoppgave og satt med en del erfaring omkring løsninger med mer. Etter å ha valgt løsninger brukte vi mye tid på å finne de riktige komponentene, men dette mener vi at vi fikk betalt for da alle komponentene fungerte som vi ønsket og vi slapp å bestille flere ganger.

Gruppen er i det hele fornøyd med prosjektets gang, og syntes vi har gjort en god innsats for å få gjort det ferdig. Likevel ser vi nå i ettertid at vi kunne vært enda tidligere ute med alt. KDS var klare på at det ville være en stor fordel om vi kunne bestille alle deler før jul, noe vi ser i ettertid at det også ville vært. Dette fikk vi dessverre ikke gjort da det ikke var lagt opp til å bruke så mye tid før jul. I tillegg var presentasjonene lagt opp slik at vi egentlig ikke skulle starte med bestillinger før etter andre presentasjon. Selv om vi flyttet denne fram i tid for å få bedre tid gikk dessverre ikke alt helt smertefritt. En påskeferie, misforståelser, forsinkelser, aske og streik gjorde at leveringen av store deler av systemet ble forsinket. Vi syntes det er synd at produktet ikke skal bli 100 % ferdig på grunn av slike ting som er vanskelige å forutsette. Vi håper nå likevel at vi skal klare å stable elevasjonen av løpet på beina til siste presentasjon, men det er vanskelig å si når transportstreiken frigir pakken vår.

## 3.2 Design

Designprosessen var lang og lærerik. Maskinstudentene måtte benytte seg av mye metodikk i forhold til CAD og PLM for å kunne modellere og vedlikeholde et såpass stort system. Noen fallgruver har det vært i forbindelse med uforutsette bindinger mellom forskjellige .prt filer, samt andre småproblemer relatert til arbeidsmetodikk.

3D modelleringsprosessen av understellet gikk mye raskere enn hva vi først hadde beregnet. Dette førte til at vi hadde en del mer tid til rådighet for design og utforming av 3D modellene til tårnet. Utarbeidingen av 2D tegninger til produksjon ble gjort i samråd med ekstern veileder, da gruppa ikke hadde erfaring med inndatabehandlingen til CNC- maskiner. De ferdige produktene ble som spesifisert. Bortsett fra to hull som vi måtte bores på nytt, og vi måtte lage senkingen i senkehullene manuelt.

Ikke alle hull og gjenger var spesifiserte på arbeidstegningene. Disse valgte vi å unnlate da vi så det formålmessig å kunne tilpasse festene til hver enkel komponent på et senere tidspunkt da vi på produksjonstidspunktet ikke hadde alle komponentenes spesifikasjoner tilgjengelige. Bak vår endelige design ligger det mange timer med forslag og utarbeiding av alternativer til hvordan delene burde være. Dette gjenspeiler seg kanskje ikke så godt i vår endelige design siden disse er ser enkle ut. Mange alternativer til alle våre produserte deler ble utarbeidet for at vi skulle komme frem til enkle design som var effektive og ville møte alle våre krav.

Ut ifra hele vår designprosess har vi lært at man får mye igjen for å bruke litt ekstra tid på og gå igjennom flere alternativer til et produkt, det første designet som fungerer er nødvendigvis ikke det beste. Å spørre leverandører om de kan komme og fortelle om produktene sine er en god ide, noe vi dessverre ikke fikk nok tid til. Vi fikk tilbud om at noen kunne komme og prate, men dette var på et så seint tidspunkt at det ikke lenger var aktuelt for oss.

Vi valgte å produsere delene til strammemekanismen for beltene selv da vi så dette ville gå fortere enn å sende tegninger til KDS for at vi deretter måtte vente på at de skulle lage dem. På denne måten sparte vi både kostnader og tid. Løsningen vi utviklet var enkel, men både hensiktsmessig og god til sitt bruk.

## 3.3 Elektro og programmering

De tekniske utfordringene har vært mange. Vi har fått nytte av mange av de tingene vi har lært, og fått satt disse ut i praktisk. Vi har fått erfare en del momenter som ikke eksisterer i teorien, for eksempel grunnet forstyrrelser. Radiosystemet viste seg å være svært følsomt.

I programmeringsdelen har det vist seg at programmering tar tid, og at det inngår mye testing i denne delen. I hovedsak så har vi sett hvor stor innflytelse programmeringen og dens begrensinger har på et slikt system, samtidig har vi også lært om våre egne begrensninger når det kommer til programmering.

## 4 Drøfting

Vi opplevde både oppturer og nedturer i prosjektperioden. Vi forsøkte hele tiden å holde god kontakt med KDS, men kunne vært flinkere med tanke på at vi måtte vente i 8 uker på å få delene som de skulle produsere. Vi måtte pga. dette forskyve tidsplanen flere ganger og fikk derfor ganske dårlig tid i slutten av perioden. Tidsplanen har blitt fulgt veldig bra utenom dette og vi klarte å nå alle milepæler som ikke angår komponenter med mer, som ble levert av KDS.

Samarbeidet med kunde har med andre ord fungert bra, med et par kommunikasjonsutfordringer, og vi har fått gode svar på alle spørsmål vi har hatt, og forhåpentligvis er dette gjensidig. Med hensyn til gruppe-medlemmenes fagområder mener vi at gruppen var veldig bra sammensatt for oppgaven og prosjektet. Det var bra med 2 maskinstudenter da det ble større rom for å drøfte løsninger i designprosesser, og med 2 mekatronikkstudenter ble det en bra fordeling på jobbing med det elektriske. Geir var da den eneste som studerer kybernetikk og fikk mye ansvar for programmeringen av gyrostabiliseringen, men da Erlend har litt kunnskap til dette ble de også 2 til å jobbe med dette. Vi brukte mye tid på å fordele ansvarsområder og legge rammene for prosjektet tidlig i prosessen og dette hjalp oss veldig underveis.

Om vi skulle gjort noe annerledes fra starten av måtte det være at vi kunne kommet mye fortere i gang med dokumentasjonen før jul da vi fikk veldig mye jobb rett etter jul og før første presentasjon. Gruppen har vært veldig selvgående og prosjektleder har ikke hatt noe vanskelig jobb med å lede gruppa. Alle har også tatt ansvar med hensyn til dokumentasjonen noe som har resultert i mye dokumenter og en god progresjon gjennom hele perioden. Vi har oppdatert de fleste dokumenter 3 til 4 ganger og har derfor også fått vist god utvikling. Ved andre presentasjon og andre innlevering leste vi både på Fronter og i Prosjekthåndboka at produserte dokumenter skulle leveres, men ved presentasjonen ble vi opplyst om at vi bare skulle ha levert de dokumentene vi mente var viktige for vårt prosjekt. Vi oppfattet dette da som litt uklart da det kun sto en av tre steder (det sto viktige dokumenter i kompendiet: "Veiledning for hovedprosjekter"). Vi mener derfor at alle veiledningsdokumenter fra skolens side burde være oppdatert og formidle det samme. Ble noe diffust når det var 3 steder vi måtte gå inn for å undersøke ting.



Alle komponenter vi ønsket å bestille ble kjøpt inn av KDS slik at vi kun sendte bestillingen til de for deretter at gjorde de resten. Dette gikk greit, men det ble et par misforståelser som førte til at ting ikke ble bestilt og ting tok veldig mye lenger tid enn om vi hadde gjort hele arbeidet selv. Vi hadde allikevel gjort en avtale på at alt skulle gå gjennom dem og kjøpte da ingenting selv. Noe annet som var vanskelig med denne måten å kjøpe inn på var at vi ikke fikk fulgt opp bestillingene så godt vi ønsket. Vi hadde liten kontroll på når ting ble bestilt og fikk derfor ikke satt datoer på når vi kunne forvente oss å motta ting. Vi erfarte med andre ord at leverandører må følges opp for å være sikker på at ting ble gjort. Det spesiallagde paintballøpet var askefast i USA i rundt 2 uker og vi måtte derfor vente litt ekstra på det. Første bestillingen vi gjorde av kuleskruen ble sendt inn til Aratron, men etter å ha ventet to uker uten å høre noe for deretter å ringe de, fant vi ut at de hadde sendt feil tegninger til sin underleverandør slik at kuleskruen vi hadde bestilt var blitt produsert i feil størrelse. Vi valgte derfor å bytte leverandør og heller bestille av SKF pga. tidsproblemer, men da de sendte denne kom den midt i streiken til Tollpost og ble da liggende innelåst på lageret deres i Oslo.

Den tekniske rapporten ble skrevet på et tidspunkt før vi mottok kuleskruen, da det ennå virket sannsynlig at vi ville få den.

Når det kommer til vårt endelige produkt så er tanksen nå operativ men fungerer ikke helt i henhold til hvordan vi hadde sett for oss det i starten av prosjektet. Rekevidden på radiokontrolleren og stabiliteten til systemet i tårnet er to av punktene som ikke ble helt som forventet. Dette er altså to punkter som kanskje kunne blitt forbedret ved en senere anledning. Vi har igjennom prosjektperioden også kommet på flere andre ting som kunne vært forbedret og lagt til i tanksen. Dette for å gi produktet flere egenskaper, bedre stabilitet.

Disse punktene er:

- Forbedre gyrostabiliseringen.
- Få tanksen til å kjøre til et bestemt punkt ved å plote inn GPS koordinater.
- Et system som gjør at tanksen på egenhånd kan unngå hindringer.
- Kamera med bildegjenkjenning.
- Designe et sterkere understell som tåler bedre å bli brukt i kupert terreng.
- Sterkere og raskere fremdriftsmotorer.
- Avstandsmåler som gjør at tanksen kan regne ut vinkelen den må skyte i for å treffe målet på lang avstand.

## 5 Avsluttende regnskap

Dette viser vårt endelige regnskap med oppsatt budsjett. Vi holdt oss som man kan se, langt under det vi hadde budsjettet med.

Leverandør	Budsjettet	Endelig kostnad
Sparkfun (Styre elektronikk)	2 376,00	2 407,00
TESS (Slanger og rør)	500,00	177,67
Biltema og elfa (Diverse)	3 000,00	2 920,23
Throttlestore (Radioutstyr)	2 540,00	1 735,00
ED Sport (Paintballutstyr)	4 700,00	4 810,00
Aratron/SKF (Kuleskrue)	5 500,00	1 135,00
<b>Sum:</b>	<b>kr 18 616,00</b>	<b>kr 13 184,90</b>

Grunnen til at vi ligger under er hovedsakelig fordi noen av bestillingene er blitt rabatterte. I tillegg ble prisen på kuleskrue mye billigere når vi byttet leverandør etter problemer med Aratron.

## På den medfølgende cd-en kan du finne følgende:

- Konstruksjonsdokument, Versjon A, og C
  - Kalkulasjon og Produktdesign , versjon A, B og C
  - Kravspesifikasjon versjon A, B og C
  - Produktdatablad versjon A, B og C
  - Brukermanual Q.I Tank, Versjon A
  - Installasjonsveiledning, Versjon A
  - Etteranalyse, Versjon A
  - Teknisk Rapport, Versjon A
  - Visjonsdokument, Versjon A og B
  - Testspesifikasjon, Versjon A,B og C
  - FAT, Versjon A
  - Prosjektplan, Versjon A, B og C
  - Aktivitetsbeskrivelser, Versjon A og B
  - 2D tegninger av tårn og understell, Versjon A
  - Testprosedyrer og rapporter
    - GPS modul
    - IDG1215
    - Avfyringsmekanismen
    - Faulhaber motor
    - Invert mini paintballmarkør
    - Laser
    - Motorkontrollere EM-176
    - PIC18F4550
    - Radiokontrollere med mottakere
    - RN240 Bluetooth modul
    - DC – Jack
    - Trykkmåler
  - Kretsskjemaer Understell, Tårn og avfyringsmekanisme A, B og C versjon
  - Grupperegler for og rutiner ved hovedprosjekt
  - Konseptplan, Versjon A
  - Kildekode for Tårn og Understell, Versjon A
  - Tidsplan, Versjon A, B, C og D
  - Detaljert tidsplan for uke 13-21, Versjon A
  - Timelister for høstsemesteret 2009 og Uke 1-21 , 2010
  - Timelisteoppsummering
  - Oppfølgingsdokumenter for Uke 1-21
  - Møtereferater
-