

UTVIKLING AV HÅNDKONTROLLER FOR BRUK MED ILOGIKEYMETODEN

DEVELOPMENT OF HANDCONTROLLER FOR USE WITH THE ILOGIKEY METHOD

HENRIK FOLKE HOLMBERG

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2012



UTVIKLING AV HÅNDKONTROLLER FOR BRUK MED ILOGIKEYMETODEN
av
Henrik Folke Holmberg



**Masterrgradsarbeide ved Universitetet for miljø- og biovitenskap,
Institutt for matematiske realfag og teknologi
Vårsemesteret 2012**

FORORD

Denne oppgaven er utarbeidet som en avsluttende del av mastergradsprogrammet Maskin, Prosess og Produktutvikling ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT) ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB). Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng og skrives våren 2012.

Initiativet til prosjektet, og utvikling av metode for enhånds fulltastatur kommer fra Bjune Engineering. Oppgaven ser på utvikling av en håndenhet rettet mot militære avdelinger, med de særkrav som da stilles.

Fra jeg var svært liten har jeg alltid vært fascinert av maskiner og ingeniørkunster. Dette har ført til mange artige forsøk og konstruksjoner gjennom barndommen, med mer eller mindre suksess. Med årene har ikke gleden ved å nyskape blitt mindre og produktutviklingsfagene ved UMB har dermed gitt meg et fokus for utdanningen. Jeg var ikke i tvil da jeg ble kjent med Bjune Engineerings prosjekt og ba derfor om å skrive en oppgave om utformingen av systemet. Gjennom denne oppgaven har jeg hatt kontakt med Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) for å kartlegge deres tidligere samarbeid med Bjune Engineering og deres tanker om integrering av systemet i NORMANS. Dette var svært nyttig og ga meg uvurderlig innsikt i samspillet mellom statlige aktører og private innovatører.

Jeg vil takke mine veiledere Førsteamanuensis Jan Kåre Bøe, Siviløkonom Svein Hestevik ved Bjune Engineering og Forsknings og utviklingsleder i Land Tech Rec, Rolf Landaas, samt Førsteamanuensis Geir Terjesen for uvurderlig hjelp og motivasjon gjennom oppgaveskrivingen. Jeg retter også en takk til Honorata Gajda for tålmodighet og støtte, og gutta på mastersalen for godt samhold og trivsel.

Henrik Folke Holmberg

15.05.2012

SAMMENDRAG

I militære situasjoner er det vanskelig å opprettholde informasjonsflyt mellom soldater på slagmarken. Nyere militære informasjonssystemer gir mulighet for trådløs, digital informasjonsflyt og kommunikasjon. Utfordringen med mange av dagens løsninger er imidlertid at de krever full oppmerksomhet fra brukeren og tar på denne måten vekk fokuset fra stridssituasjonen. Dette er en stor utfordring for kommunikasjon i kamp og kan gå på bekostning av sikkerhet og i verste fall liv.

Bjune Engineering har utviklet en metode for å skrive tekst eller kommandoer ved bruk av én hånd, kalt iLogikey. Metoden baserer seg på seks taster som kan trykkes ned i forskjellige kombinasjoner, der hver kombinasjon av tastetrykk tilsvarer et tegn (for eksempel en bokstav i alfabetet, et tall) eller kaller opp forhåndsdefinerte kommandoer. Målet med oppgaven er å designe og styrkeberegne et tastatur for bruk med iLogikey-metoden, som vil gi brukeren en mer effektiv måte å sende informasjon på, uten å hindre bruken av våpenet. Oppgavens mål er i tillegg å analysere oppbygningen av et totalsystem for militær kommunikasjon og komme med forslag til løsning, samt å vurdere eksisterende løsninger som oppfyller kravet om stille kommunikasjon og undersøke patentkonflikter.

For å bruke iLogikey metoden i et militært kommunikasjonssystem ble det konkludert med at totalsystemet må splittes i separate moduler bestående av tastatur, data, radio og skjerm. De forskjellige modulene plasseres der de er lettest tilgjengelig for brukeren, uten å være til hinder ved våpenbruk. Skjermen må være plassert i brillene, slik at informasjonen er direkte tilgjengelig i synsfeltet. Tastaturet må være montert på selve våpenet slik at brukeren ikke trenger å flytte hendene fra våpenet, og datamodulen og radioen må være plassert på kroppen. På denne måten vil kommunikasjonssystemet kunne brukes intuitivt uten å dra vekk fokuset fra soldatens primære oppgaver. Det konkluderes i oppgaven at tastaturet må utformes som et vertikalgrep på våpenet. Fordelen med dette er at skrijving kan foregå samtidig som brukeren kan betjene våpenet og beskjeder kan skrives uten at brukeren trenger å se på tastaturet. For at informasjon skal kunne overføres fra tastaturet til datamodulen vil systemet benytte Blåtann.

iLogikey-totalsystemet løser problemet med stille kommunikasjon uten å ta vekk fokuset fra en stridssituasjon. Metoden viser derfor store fordeler framfor dagens konkurrerende løsninger. Da iLogikey totalsystemet løser de fleste av problemene ved dagens kommunikasjonssystemer, og er billig i produksjon, har løsningen etter vår vurdering et stort markedspotensial.

ABSTRACT

During combat, it is difficult to maintain the flow of information between soldiers on the battlefield. Recent military information systems allows for wireless, digital information flow and communication. Present-day military communication systems are often based on wireless transmissions, digital communication and information flow. The challenge with existing communication systems based on silent communication, is that they require full attention, and thus compromise the ability to regard combat situations, which can affect safety and in the worst cases can lead to death.

Bjune Engineering has developed a method to enter text or commands through the use of one hand, called the iLogikey method. The method is based on a keyboard with six keys, which can be pressed in different combinations. Each combination of keystrokes corresponding to a character (such as a letter in the alphabet, or a number) or pre-defined command. The goal of this thesis is to design and calculate the strength of a keyboard for the iLogikey method, which will give the user a more efficient way to send information, without compromising the use of the weapon. Secondly, to analyse and find the best solutions for the structuring of the complete information system for silent military communication, and at last investigate existing solutions and assess possible patent conflicts.

In order to apply the iLogikey method in military communication systems it was concluded that the total communication system has to be split into separate modules consisting of a keyboard, computer, radio and screen. The different modules are placed where they are most accessible to the user, without compromising the use of the weapon. The screen must be assembled into the glasses, in order to make information directly available in the field of view. The keyboard must be mounted on the weapon so that the user will not need to move his hands away from the weapon, and the computer and radio module must be placed on the body. This way, the communication system can be used intuitively without distracting the user from his primary tasks. The thesis concludes that the best way to design the keyboard is to build it into a vertical grip on the weapon. The advantage of this solution is that writing can take place while the user can operate the weapon, and messages can be written without the user having to look at the keyboard. Bluetooth will be used as the wireless transfer method between the keyboard and the computer module.

The iLogikey communication system solves the challenges of silent communication without distracting soldiers from combat situations. The method therefore shows great advantages over current competing solutions. Since the iLogikey system solves most of the problems of today's communication systems, and is cheap to manufacture, the solution has, in our opinion, a huge market potential.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	II
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	IV
1 INNLEDNING	1
1.1. Bakgrunn	1
1.2. Idébeskrivelse	2
1.3. Problemstillinger	2
2 PROSJEKTPLAN	4
2.1. Hovedmål	4
2.2. Prosesstrinn og delmål	4
2.3. Arbeidsplan	5
2.4. Begrensninger	5
3 TERMINOLOGI	6
3.1. Sentrale begreper	6
3.2. Symbolliste og enheter	8
3.3. Formler	10
4 METODEBRUK	11
5 EKSISTERENDE LØSNINGER	14
5.1. iLogikey-metoden	14
5.2. Tastaturer, keyere og inputsystemer for tekst:	15
5.3. Kommando og kontroll, Informasjonssystemer og totalløsninger:	20
5.4. Konkurrerende patenter	21
6 PRODUKTSPEISIFISERING	23
6.1. Kundens behov og rangering av viktige produkttegenskaper	23
6.2. Antropometriske variasjoner	23
6.3. Metrisk grovspeisifisering for produkttypen	25
7 IDÉ- OG KONSEPTGENERERING	26
7.1. Funksjonsanalyse for produkttypen	26
7.2. Funksjonsalternativer	29
7.3. Påkjenninger og materialvalg	41
8 KONSEPTVALG	44
8.1. Utvikling av seleksjonsmatrise	44
8.2. Egen konsepttesting	46

8.3.	Foretrukne løsninger	48
9	EKSTERN KONSEPTTESTING.....	49
9.1.	Målsettinger for testingen	49
9.2.	Valg av testpopulasjon	49
9.3.	Innhold og form på testskjemaer, kommunikasjonsform	50
9.4.	Resultater fra spørreundersøkelsen.....	51
10	GRUNNLAGSBEREGNINGER.....	54
10.1.	Hekting av vertikalgrepet ved sprang.....	55
10.2.	Fall fra 1 meter høyde	61
10.3.	Utmattingsberegning.....	63
10.4.	Etterkontroll av håndberegninger med FEM.....	66
11	PROTOTYPEDESIGN	74
11.1.	Inspirasjon	74
11.2.	Forstudie.....	78
11.3.	Design	79
12	LØSNINGSPRESENTASJON	93
13	PROSESSEVALUERING.....	100
14	KONKLUSJON	102
14.1.	Resultater og anbefalinger	102
14.2.	Videre arbeid	103
15	REFERANSER	105
	VEDLEGG.....	107

1 INNLEDNING

1.1. Bakgrunn



**Figur 1: Bildet viser en soldat fra innsatsstyrke Derby som sikrer landingsplass for helikopter.
Foto: Henrik Folke Holmberg**

Kommunikasjon i bevæpnede konflikter er helt essensielt for å unngå skade og tap av egne styrker og sivile. Dette er spesielt viktig i dagens stridsbilder, der disse ofte er preget av å endres raskt og den gamle formen for strid med oversiktlige slagmarker ikke eksisterer. Informasjonssamling og spredning har utviklet seg fra ledere som hadde skue over striden, med flagg som kunne signalere de stridende, via brevduer og kablet samband frem til dagens radiosamband. Kravene til situasjonsforståelse og oppdragsløsning av den enkelte soldat har også endret seg drastisk underveis og integrerte Kommando og Kontroll, Informasjonssystemer (KKI) er på vei inn som en ny standard for soldatutrustning. Disse systemene erstatter den gamle formen for treg kommunikasjon med et totalsystem som gir et kontinuerlig oversiktsbilde over egne styrker og ordre på enkeltmannsnivå. Denne formen for informasjonsspredning gjør at den enkelte soldat kan reagere raskere på situasjoner og ordre. I mange situasjoner er det kritisk at man ikke rører sin posisjon ved å bruke stemme, men kan sende tekst eller kommandobasert informasjon. Slike systemer er ofte utformet som Personlige Data Assistenten (PDA) med skjerm og knapper i en enkelt enhet. NORMANS er et slikt helhetlig system utviklet av Forsvarets Forsknings Institutt (FFI) i Norge.

iLogikey

Bjune Engineering ved Tore Bjune, tok i 1998 kontakt med Svein Hestvik for å utvikle en metode for fulltekst og kommandoskriving med et enhånds tastatur. Selskapet har hatt samarbeid med FFI om å utvikle metoden for militær bruk. Metoden går i dag under prosjektnavnet iLogikey og benytter kombinasjoner av taster for å kalle frem bokstaver og kommandoer.

1.2. Idébeskrivelse

Ideen er å utvikle et kommunikasjonssystem, basert på iLogikey-metoden som kan festes på eller bygges inn i et våpensystem for å gi den enkelte soldat evnen til å sende kritisk informasjon raskt og uten å fjerne fokus fra egen sikkerhet i kamp. Systemet må være laget slik at kommunikasjonen kan deles både lokalt og til sentrale enheter. Ettersom hovedvåpnene som benyttes av forsvaret i dag bruker begge hendene ser jeg for meg en form for grep som kan monteres på våpenet. Dette vil gjøre kommunikasjon til en integrert del av våpenbruken til soldaten.

iLogikey-metoden krever et tastatur med minimum seks knapper, der tastetrykk kan kalle opp forskjellige sett med tegn eller instruksjoner. Dette gir soldatene mulighet for fulltekstskrivning og benyttelse av ferdige hurtigkommandoer.

Mitt mål er derfor å designe et kommunikasjonssystem med et enhånds tastatur for bruk med iLogikey-metoden som kan integreres i mange typer våpen.

1.3. Problemstillinger

Målet med systemet er at det er optimalt for bruk med iLogikey-metoden i militæret, for at soldater kan kommunisere stille og effektivt uten å måtte rette blikket vekk fra farlige situasjoner. De fleste av dagens systemer for skriftlig kommunikasjon i militær sammenheng, benytter enten fulltastaturer, eller lignende tastaturer som er å finne på mobiltelefoner. Dersom iLogikey-metoden tas i bruk, vil dette gi soldaten evne til å respondere på situasjoner raskere, samtidig som visuell kommunikasjon opprettholdes kontinuerlig. For at enheten skal kunne benyttes av soldater i strid, er det flere viktige forhold som man må finne egnede løsninger på.

Funksjonelle problemstillinger

Enhetene på markedet i dag tar i stor grad vekk fokuset fra våpenbruken og omgivelsene rundt soldaten. For at enheten skal være en forbedring i forhold til dagens systemer må den gi en enklere og raskere måte å sende meldinger uten å begrense evnen til å overvåke området og stridssituasjonen.

iLogikey

Det er nødvendig at systemet fungerer med mange våpen for at det skal kunne benyttes som en felles standardløsning for en militær avdeling, slik at det ikke er nødvendig med spesiell opplæring eller tilpasning for hvert våpensystem.

For å kunne gi fremtidige fortrinn er det nødvendig at enheten kan kobles sammen med eksterne enheter som sensorer og annet. Det vil også være nødvendig at den kan sende meldinger over det radiosystemet som avdelingen benytter og at den er modulbasert for at den skal ha motstandsdyktighet mot utkonkurrering av nyere enheter.

Ergonomiske og designmessige faktorer

Tastaturet må være utformet på en slik måte at soldaten ikke behøver å se på knappene når han taster. Dette betyr at formen på tastaturet må gjøre at det er lett å kjenne igjen de forskjellige tastene og hvor fingrene ligger.

Fordi det er stor variasjon i dimensjonene på hendene til forskjellige soldater, må størrelsen og utformingen til tastaturet være utformet på en slik måte at det passer flest mulig.

Oppfattelsen av tastaturet er i stor grad betinget av designet. For at produktet skal appellere til soldater, stiller dette krav til farge, robusthet og overflatens følelse.

Overflaten må være slik at det er minst mulig fare for å pådra seg skader i hendene, eller å hekte våpenet ved bevegelse.

Miljø og materialer

Ved bruk i ekstremt kalde eller varme omgivelser må det ikke være fare for frostbitt eller brannskader som følge av bar hud mot tastaturets overflate. Dette betyr at tastaturets overflate må ha isolerende egenskaper.

Materialene må velges slik at de tåler å bli utsatt for korrosive miljøer der soldaten ferdes. Ved normal bruk vil svette kunne føre til korrosjon eller låsing av bevegelige deler. I tillegg forventes det at soldater utsettes for andre potensielt korrosive stoffer, som røyk fra røykgranater, sement, drivstoff og lignende.

2 PROSJEKTPLAN

2.1. Hovedmål

Følgende hovedmålsetting defineres for mastergradsprosjektet:

"Å designe og styrkeberegne et tastatur for bruk med iLogikey-metoden, som vil gi brukeren en mer effektiv måte å sende informasjon som observasjoner og oppdateringer uten å kompromittere bruken av våpenet. Analysere oppbygningen av et totalsystem for militær kommunikasjon og komme med forslag til løsning. Vurdere eksisterende løsninger som oppfyller kravet om stille kommunikasjon og sjekke patentkonflikter."

2.2. Prosesstrinn og delmål

Følgende prosesstrinn og delmål inngår i arbeidet med å oppfylle hovedmålsettingen for prosjektet:

- **Analysere problemet og løsninger**

For at den beste mulige utformingen for tastaturet til iLogikey-metoden, skal finnes, må problemet brytes opp i deler og forenkles. Potensielle løsninger vil så vurderes opp mot de konkretiserte problemer som er definert.

- **Undersøke eksisterende løsninger og patentkonflikter**

Eksisterende løsninger for tastaturer må undersøkes for å kontrollere om en ny løsning vil ha et fortrinn økonomisk eller funksjonsmessig. Det vil også være mulig å implementere andre løsninger i det totale systemet for å komme frem til et bedre produkt.

- **Velge, designe og styrkeberegne en egnet løsning**

Utvelgelse av løsning for tastaturet vil være basert på de krav som ble fremstilt under analysen av problemet, og eventuelle tilleggskrav som kommer frem ved kontroll av eksisterende løsninger. Denne løsningen vil bringes videre ved å beregne nødvendige mål og design for å se om en endelig løsning er funnet.

- **Analysere vurderinger fra potensielle brukere**

For å få tilbakemeldinger fra kundegruppen må det utføres en markedsundersøkelse som bekrefter valget av løsning, eller belyser svakheter ved denne.

- **Kostnadsanalyse og anbefaling av videre utvikling**

For å kunne anslå markedsverdi for produktet og om det vil gi inntjening, må det beregnes en kostnad for utvikling og produksjon, samt hvilke videre trinn i utviklingen som bør følges.

2.3. Arbeidsplan

Arbeidsplanen er delt inn i en fremdriftsplan som viser de generelle fasene i prosjektet, samt en arbeidsplan som definerer arbeidsoppgavene underveis.

FREMDRIFTSPLAN

Tabell 1: Fremdriftsplan for prosjektperioden fra og med januar til og med avslutning den 15. mai 2012.

Utførelse \ Periode	Januar	Februar	Mars	April	Mai
Informasjonssamling	■				
Konkurrentanalyse		■			
Konseptutvikling		■	■		
Styrkeberegning			■	■	
Oppgaveskriving			■	■	■
Redigering				■	■
Innlevering					■

ARBEIDSPLAN

Tabell 2: Arbeidsplan for prosjektperioden fra og med januar til og med avslutning den 15. mai 2012.

Utførelse \ Periode	Januar	Februar	Mars	April	Mai
Problemdefinisjon	■				
Informasjonssamling	■	■			
Konkurrentsøk		■	■		
Patentsøk		■	■		
Konkurrentanalyse		■	■		
Løsningsgenerasjon			■	■	
Konseptutvelgelse			■	■	
Styrkeberegning			■	■	
Design			■	■	
Materialvalg og økonomi				■	
Spørreundersøkelse				■	
Redesign				■	■
Visualisering				■	■
Konklusjon og anbefaling					■
Printing og levering					■

2.4. Begrensninger

Rammen for et mastergradsarbeide er normert til et halvt årsverk, eller ca. 900 arbeidstimer brutto. På grunn av begrenset tidsramme vil det derfor ikke være mulig å utvikle et totalt system som selges ut til kunden. I oppgaven vil forslag for en generell utforming av totalsystemet analyseres, og en løsning vil bli anbefalt. Tastaturets utforming og design vil utvikles til et prototypestadium og kostnadsanalyse for produksjonen vil utføres.

Eventuelle stridende patenter vil bli forsøkt avdekket og anbefaling gis som følge av resultatene.

3 TERMINOLOGI

Det forutsettes at leseren har grunnleggende kunnskap i mekanikk og grunnleggende fasthetslære. For forståelse av kravene som benyttes ved dimensjonering, forutsettes det at Eurokode 9 er kjent.

3.1. Sentrale begreper

Militær teknologi, språk og kommunikasjonsform inneholder uttrykk, begreper og forkortelser som ikke alle er kjent med. Nedenfor følger en nærmere redegjøring for noen av begrepene som blir brukt senere i tekst og beskrivelser.

- **Antropometriske mål:** Målinger av menneskers proporsjoner. Disse målene må benyttes for å kunne bestemme størrelser og utforming av ergonomisk tastatur.
- **Data Assistert Konstruksjon (DAK):** Data Assistert Konstruksjon (DAK), er betegnelsen for formgivning ved hjelp av datamaskiner. Dette benyttes i de fleste ingeniørfelter i dag.
- **Chord:** En kombinasjon av tastetrykk som tilsvarer et tegn i for eksempel alfabetet.
- **Ergonomi:** Tilpasning av systemer og produkter til menneskelige proporsjoner og oppførsel kalles ergonomi. Dette benyttes som et begrep i oppgaven for å beskrive utforming for tilpasning til hånden.
- **FEM:** Finitt element metode (FEM) er en numerisk tilnæringsmetode for å beregne spenninger i komplekse geometriske former.
- **Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI):** Forskningsinstitusjon som utvikler produkter og systemer for bruk i forsvaret.
- **Forskjefte** (se figur 14, på side 29): Fremste del av en rifle har et stykke av tre, metall eller plast, som er til for å støtte opp våpenet. Denne delen kalles forskjefte.
- **Heat Affected Zone (HAZ):** HAZ er det varmepåvirkede området med lavere bruddstyrke i aluminium som er sveiset.
- **Heimevernet:** En forsvarsgren i det norske Forsvaret, kalles Heimevernet. Denne grenen ble opprettet etter andre verdenskrig for å kunne mobiliseres hurtig ved nye angrep mot Norge som nasjon.
- **HK416:** Heckler & Koch (HK) har produsert Norges nye angrepsrifle. Riflen heter HK416.
- **Innsatsstyrken:** Innsatsstyrken er en spesialstyrke underlagt Heimevernet, som har som funksjon å kunne løse varierende oppdrag på kort tid.
- **Integrert Produktutvikling (IPD):** Integrert Produktutvikling er en metode for å organisere og planlegge trinnene i en produktutviklingsprosess.
- **Keyer:** Datainputmetode som ved hjelp av kombinasjoner av knapper kan skrive tegn.
- **KKI:** Kommando og Kontroll, Informasjonssystemer er totalsystemer for å konsolidere informasjon om en strid mellom enheter og ledelse. Disse kan være på tropp, kompani eller nasjonalt nivå.

iLogikey

- **Modul/modulbasert system/ modularisering:** Splitting av et større produkt eller system i mindre deler (moduler) kalles modularisering.
- **NAR:** NATO Accessory Rail (NAR) er navnet på tilbehørsskinnen som er standardisert av STANAG 4694. Systemet består av en skinne med riller som alle monterbare moduler og siktesystemer skal kunne monteres på.
- **NORMANS:** Norwegian Modular Arctic Network Soldier er et komplett informasjonssystem som integrerer ballistisk beskyttelse, drikkesystem og kommandobasertinformasjon i en enhet som består av skjerm og tastatur.
- **NORMANS KKI:** KKI system utviklet atbestår av to enheter: Soldatmodul (NORMANS lett) og ledermodul (NORMANS ledelse)
- **PDA:** Personlig Digital Assistent er løsninger som sender informasjon gjennom brukers radiosystem, og/eller integrert løsning for overføring av data.
- **Pughs metode**
En metode som rangerer egenskaper i en matrise for å klargjøre konkurrenter og konsepters styrke opp mot produktkrav.
- **STANAG:** Standardiseringsavtale om produkter og prosedyrer som benyttes av militæret i landene som er med i NATO.
- **Strid:** Med strid menes væpnede konflikter, enten i form av nasjoners styrker mot hverandre eller terrorgruppers anslag mot styrker.
- **Taktil tilbakemelding:** Respons på en handling eller signal ved hjelp av følelse gjennom huden. Dette kan være trykk, temperatur eller form.
- **Termisk konduktivitet:** Evnen et materiale har til å transportere varmeenergi.
- **Vertikalgrep:** Et grep som er festet vertikalt foran på våpenet.
- **Underbeslag:** Et grep som festes horisontalt under våpenets fremre del.

3.2. Symbolliste og enheter

Tabell 3: Forklaring av symboler som benyttes under beregninger i oppgaven.

Symbol	Betydning	Enhet	Kommentar
V	Hastighet	m/s	Slutthastighet ved endt sammenstøt
V_0	Hastighet	m/s	Starthastighet før sammenstøt
a	Akselerasjon	m/s ²	Akselerasjon
t	Tid	s	Sammenstøtets varighet
F_{sprang}	Kraft	N	Kraft på vertikalgrepet ved sammenstøt
m	Masse	kg	Totalmasse på bruker med utstyr
$ a $	Akselerasjon	m/s ²	Akselerasjon ved sammenstøt i absoluttverdi
$\sigma_{b,sprang}$	Bøyespennning	MPa	Bøyespennning ved innfestingen til røret
L	Lengde	mm	Avstand fra kraftens angrepspunkt til sveisen
I	Annet arealmoment	mm ⁴	Annet arealmoment
D	Diameter	mm	Ytre diameter på røret i vertikalgrepet
d	Diameter	mm	Indre diameter på røret i vertikalgrepet
y	Lengde	mm	Avstand fra angrepspunkt til nøytralakse
$F_{sprang,ED}$	Kraft	N	Dimensjonerende kraft på vertikalgrepet ved sammenstøt
γ_f	Lastfaktor	-	Dimensjonerende lastfaktor
τ	Skjærspennning	MPa	Skjærspennning
b_n	Bredde	mm	Tverrsnittets bredde ved nøytralaksen
V	Skjærkraft	N	Kraften som gir skjærspennning i materialet
S	Statisk flatemoment	mm ³	Statisk flatemoment til tverrsnittet
π	Pi	-	Forhold mellom omkretsen og diameteren til en sirkel
σ_{jf}	Jevnførende spenning	MPa	Jevnførende spenning i tverrsnittet
t	Tykkelse	mm	Tykkelse til platen
σ_{\perp}	Normalspenning	MPa	Spenninger normalt på tverrsnittet
τ_{\perp}	Normal skjærspennning	MPa	Skjærspennning normalt på tverrsnittet
τ_{\parallel}	Parallell skjærspennning	MPa	Skjærspennning parallelt på tverrsnittet
a_w	a-mål	mm	Korteste vei gjennom sveisen
t_v	Veggtkjkkelse	mm	Minste godstykkelse
w_w	Tverrsnittsmodul	mm ³	Tverrsnittsmodulen til sveisen

iLogikey

Symbol	Betydning	Enhet	Kommentar
A_w	Areal	mm ²	Effektivt areal til sveisen
$\sigma_{b,w}$	Bøyespenning	MPa	Bøyespenning i sveisen
R_m	Bruddspenning i skrue	MPa	Bruddspenningen i en skrueklasse
$F_{skrue,ED}$	Dimensjonerende kraft	N	Dimensjonerende kraft på skruen
A_{skrue}	Areal	mm ²	Tverrsnittsarealet i skruen
$R_{m,nødv}$	Spenning	MPa	Nødvendig fasthet i skruen
$m_{våpen}$	Masse	kg	Massen til våpen med ammunisjon og tastatur
g	Tyngdekraft	m/s ²	Tyngdekraften som virker på våpenet
h_{fall}	Høyde	mm	Høyden for fallet
Δl_{maks}	Maksimal bøying	mm	Maksimal bøying av stammen ved fall
k	Fjærkonstant	N/mm	Fjærkonstanten til røret ved bøying
P	Kraft	N	Kraften fra våpenet på vertikalgrepet under statisk belastning
Δl_{stat}	Bøying	mm	Bøying av røret ved statisk belastning
E	E-modul	N/mm ²	E-modulen til materialet i røret
F_{tilsv}	Kraft	N	Den maksimale kraften røret opplever ved fall.
$\sigma_{b,fall}$	Bøyespenning	MPa	Maksimal bøyespenning ved fall
$\sigma_{b,w drag}$	Bøyespenning	MPa	Bøyespenningen i sveisen ved drag mot skulder
F_{drag}	Kraft	N	Drag mot skulder ved skyting
$\sigma_{\perp,ED}$	Normalspenning	MPa	Dimensjonerende normalspenning i sveisen ved drag mot skulder
τ_{ED}	Skjærspenning	MPa	Dimensjonerende skjærspenning i sveisen ved drag mot skulder
$\sigma_{jf,n}$	Jevnførende spenning	MPa	Nominell jevnførende spenning i sveisen
r	Radie	mm	Radien i overgangen mellom rør og topplate
σ_{maks}	Spenning	MPa	maksimal spenning i ytterkant av rørveggen
K_t	Kjervfaktor	-	Spenningskonsentrasjonsfaktor for overgangen mellom rør og topplaten

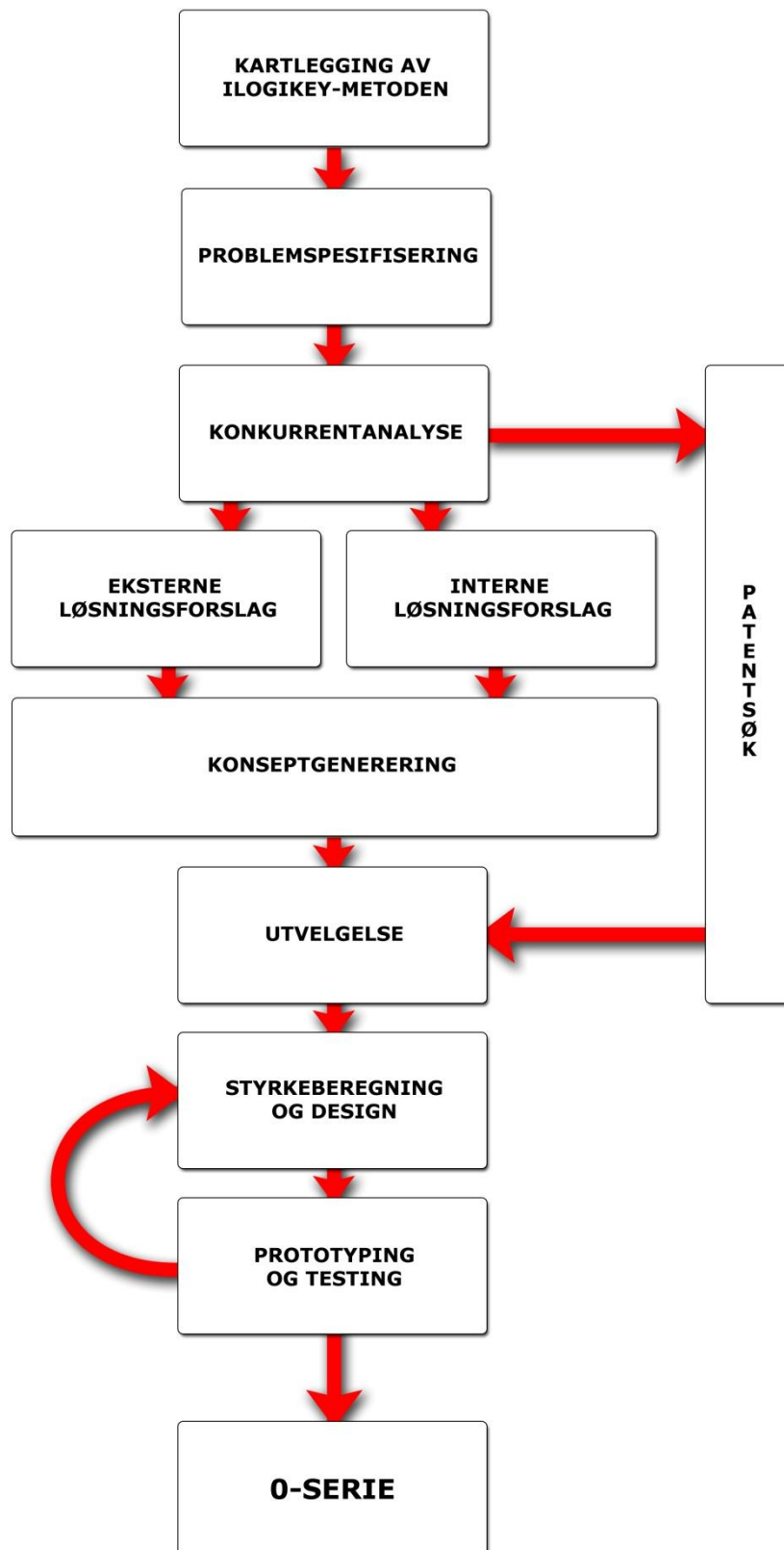
3.3. Formler

Formlene er hentet fra lærebøker for klassisk fasthetslære, Eurokode 9 og utleverte formelsamlinger under studiet ved UMB.

Tabell 4: Formler som benyttes ved beregning og dimensjonering i oppgaven.

Navn	Formel	Formel nr.
Ligning for bevegelse med konstant akselerasjon	$V = V_0 \times at$	(1)
Newtons 2. lov	$F = m \times a $	(2)
Dimensjonerende kraft	$F_{ED} = F \times \gamma_f$	(3)
Formel for bøyespenning	$\sigma_b = \frac{F \times l}{I} \times y$	(4)
Annet arealmoment for rør	$I = \frac{\pi}{64} (D_y^4 - d_i^4)$	(5)
Annet arealmoment for rektangel	$I = \frac{b \times h^3}{12}$	(6)
Jevnførende spenning i kilesveis	$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$	(7)
Generell formel for skjærspenning	$\tau = \frac{F}{A}$	(8)
Formel for energibetrakning ved sluppet last ¹⁷	$m \times g(h + \Delta l_{maks}) = \frac{1}{2} k \times \Delta l_{maks}^2$	(9)
Formel for nedbøying av bjelke	$\Delta l_{stat} = \frac{F_{stat} \times l^3}{3 \times E \times I}$	(10)
Fjærkonstant til bjelke	$k = \frac{F_{stat}}{\Delta l_{stat}}$	(11)
Maks nedbøying ved sluppet last på bjelke	$\Delta l_{maks} = \Delta l_{stat} + \sqrt{(\Delta l_{stat})^2 + 2h \times \Delta l_{stat}}$	(12)
Maksimalspenning ved kjervfaktor	$\sigma_{max} = K_t \times \sigma_n$	(13)

4 METODEBRUK



Figur 2: Figuren viser trinnene i utviklingen av kommunikasjonssystemet for iLogikey.

Integrert Produktutvikling

Som overordnet system for produktplanleggingen, vil Integrert Produktutvikling (IPD) benyttes. IPD ble laget som en metode for å organisere og planlegge trinnene i en utviklingsprosess. Til forskjell fra tradisjonelle produktutviklingsmetoder, benytter IPD seg mer av moderne datateknologi, integrasjon av prosessdesign og kontinuerlig forbedring av utviklingsprosessen.

Et viktig poeng med IPD er å involvere kunden tidlig og benytte dataverktøy der det er mulig. Dette betyr at design og styrkeberegninger simuleres ved hjelp av dataprogrammer kontinuerlig for å få rask og presis informasjon om forbedringspotensialer, som ikke ellers blir avdekket.³

Funksjonsanalyse

For å få oversikt over kravene til produktet, må funksjonene som kreves for å oppnå målet analyseres og deles opp i hovedfunksjoner og underfunksjoner. Dette gjør kravene til konsepter oversiktlige og sørger for å tydeliggjøre mulige løsninger og kombinasjoner av funksjonsløsninger.

Pughs metode

For å komme frem til en produktutforming vil Pughs metode benyttes. Denne metoden går ut på å rangere egenskaper i en matrise for å klargjøre konkurrenter og egne konsepters styrke opp mot krav som blir avdekket i funksjonsanalysen, og eventuelle tilleggskrav fra kunden. Disse kravene vil bli definert under problemspesifiseringen, slik at det er mulig å finne den mest egnede løsningen.

Computer Assisted Design

Ved å benytte dataassistert konstruksjon (DAK i Norge, CAD på engelsk), vil styrkeanalyse og design kunne utføres mer sammenhengende. Dette vil gjøres ved benyttelse av programmer som SolidWorks og Ansys Workbench, og gir en effektivere grad av kontinuerlig vurdering og korleksjon av design og styrkeberegningsvalg.

Metoden gir også fordeler i form av visualisering og testing av designet på et tidlig stadium mot forbrukergrupper, medarbeidere eller arbeidsgivere.

Patentsøk

Patentdatabasene er tilgjengelig på nett, og bør benyttes for å forsøke å avdekke eventuelle konflikter med eget produkt så tidlig som mulig. Et søk vil kunne vise muligheter for eget patent, om det er nødvendig med kjøp av patentholderes rettigheter eller samarbeid, eller om

iLogikey

patenter i konflikt er foreldet og kan ignoreres. Dersom patent allerede foreligger, kan underpatenter søkes for å hindre andre utviklere i å utnytte samme metoder som din egen løsning. I tillegg til eget søk i databasene, bør det utføres en fullstendig forundersøkelse hos et patentkontor for å få en anbefaling og eventuelle hjelp til utforming av patentsøknaden for å begrense økonomiske tap.

Kravene til et patent er at den må være en praktisk løsning på et problem, av teknisk karakter, og at den ikke er bekjentgjort før søknaden. Det må være innovasjonshøyde i løsningen, slik at den skiller seg vesentlig fra andre kjente metoder, samt at den er industrielt reproduserbar.

Dersom det ikke er mulig å innfri patentkravene, eller som et tillegg til patentering, vil det være gunstig å mønsterbeskytte forskjellige utforminger som er egnet for å konstruere ideen. Mønsterbeskyttelsen sikrer at konkurrenter ikke kan ha samme utforming og vil derfor sikre produktet.

Bjune Engineering har allerede en patentsøknad foreliggende for metoden som de benytter. Eventuell mønsterbeskyttelse vil vurderes.

Ekstern konsepttesting

Tilbakemeldinger fra potensielle eller nåværende brukere vil gi verdifull informasjon om problemer ved dagens kommunikasjonsløsninger, samt validiteten i egenutviklede løsninger. Denne informasjonen kan samles inn i form av intervjuer, nettbaserte eller fysiske skjemaer. For å nå ut til militære organisasjoner og enheter, vil et nettskjema være den beste løsningen. Dette sikrer ønsker om anonymitet og evnen til spredning med et lavt kostnadsnivå.

Nettskjemaer gjør også at hver deltager er fri til å komme med egne synspunkter, ettersom svar kan gjøres uten innflytelse fra andre i den deltagende gruppen.

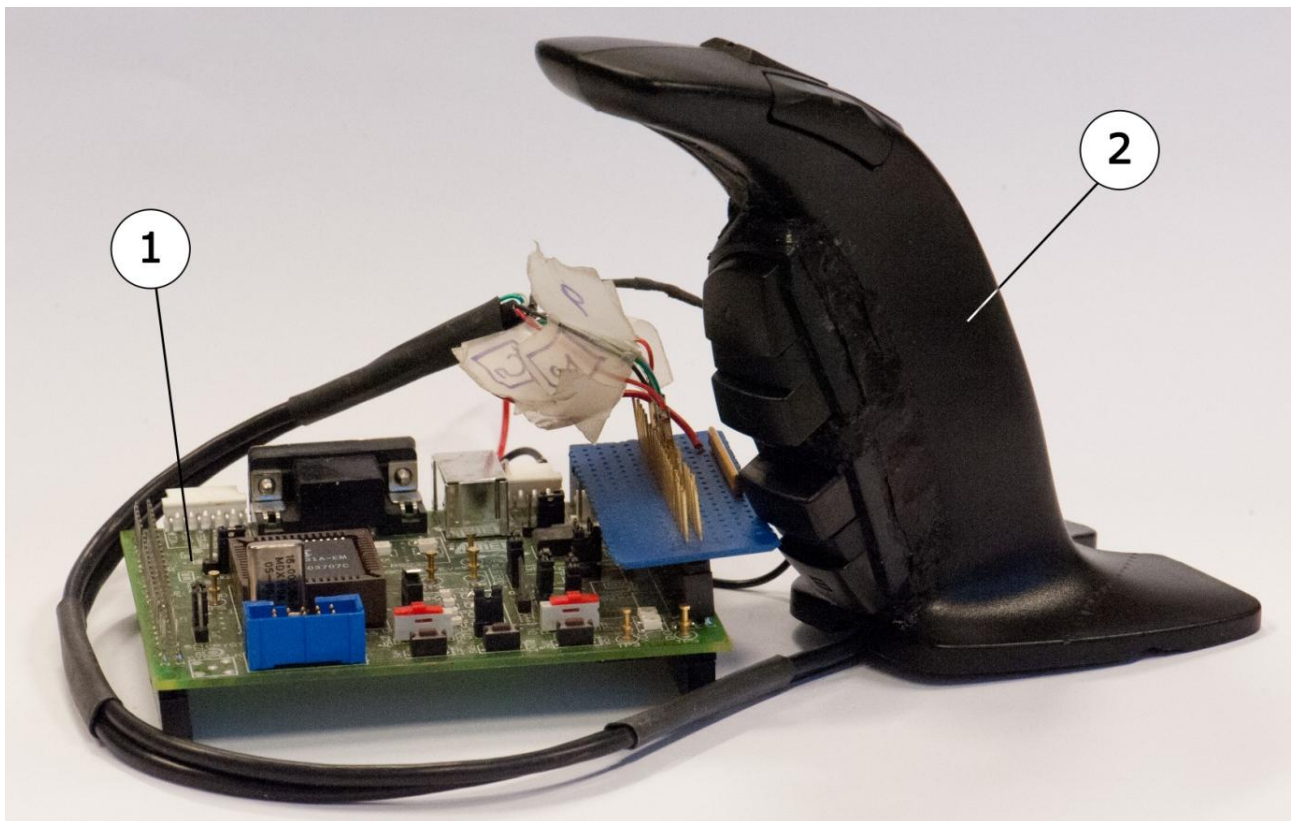
Eksisterende løsninger i dag finnes både i form av rene tastaturer og komplette kommunikasjonssystemer, med avanserte systemer for håndtering av informasjon og spredning.

5 EKSISTERENDE LØSNINGER

5.1. iLogikey-metoden

Bjune Engineering har utviklet en metode for å skrive tekst eller kommandoer ved bruk av én hånd, kalt iLogikey. Metoden baserer seg på et enhånds tastatur med minimum seks taster som kan trykkes ned i forskjellige kombinasjoner, der hver kombinasjon av tastetrykk tilsvarer et tegn (for eksempel en bokstav i alfabetet, et tall) eller forhåndsdefinerte kommandoer. På bakgrunn av de seks tastene, kan iLogikey benyttes for å kalle opp 31 forskjellige tegn eller kommandoer i 32 forskjellige sett. Metodens evne til å kalle opp hele kommandoer gjør iLogikey egnet til mange bruksområder, også der skriving ikke er viktig.

iLogikey ble vurdert av Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) under utviklingen av NORMANS KKI, og en tidlig prototyp ble laget.



Figur 3: Bildet viser en tidlig prototype bestående av et ATMEL utviklerkort (1) og en joystick (2), som ble laget i samarbeid mellom FFI og Bjune Engineering. Foto: Henrik Folke Holmberg

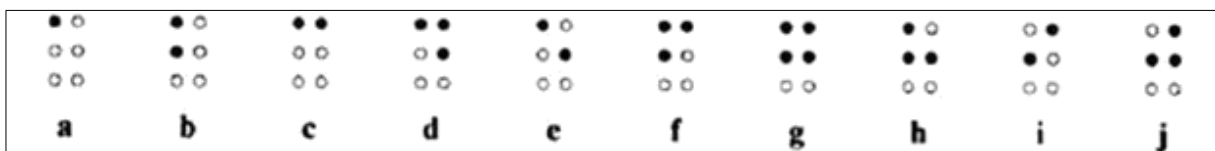
For at metoden skal benyttes i NORMANS, har FFI opplyst at det må bevises at iLogikey er enkelt og intuitivt å benytte. Under disse kravene er det derfor viktig å designe en et tastatur som er enkelt å benytte, og som passer inn i bruksområdene for NORMANS.²⁶

5.2. Tastaturer, keyere og inputsystemer for tekst:

a) Braille

Braille er et eget skriftspråk for blinde som ble utviklet av Louis Braille i 1825. Språket består av seks punkter på en overflate, som kan leses som symboler ved berøring med fingeren. Språket ble basert på et tolv punktets språk utviklet av Charles Barbier de la Serre for det franske forsvaret under Napoleon.

Braille utviklet språket slik at det skulle være mulig å lese et helt tegn samtidig uten å flytte fingeren. De seks punktene er organisert i to kolonner av tre punkter, med punktet hevet eller flatt i hver posisjon. Dette gir totalt 63 mulige kombinasjoner tilsvarende tegn i tillegg til mellomrom. Ettersom hvert punkt kun kan vises som hevet eller flatt, kan det betraktes som et binært system.¹³



Figur 4: Skriftspråket, Braille som består av kombinasjoner av hevede punkter for avlesning med en hånd.⁴⁰

b) Douglas Engelbart chorded key set

Douglas Engelbarts "chorded key set" er et enhånds tastatur som benytter fem taster og kan produsere hele det amerikanske alfabetet. Engelbart jobbet i Augmentation Research Center, ved *Stanford Research Institute (SRI)*. Tastaturet var laget for å kunne skrive samtidig som den ledende hånden benyttet seg av en datamus i et forsøk på å forbedre produktivitet og funksjonalitet ved bruk av datamaskiner. Enhåndstastaturet ble vist frem under Fall Joint Computer Conference i San Francisco 1968. Tastaturet inneholdt fem taster som kan trykkes ned i 31 forskjellige kombinasjoner. Hver kombinasjon ble kalt en "chord" og tilsvarte et tegn i alfabetet.

Ideen ble videreutviklet som en applikasjon tilgjengelig for iPhone i 2010, under navnet TipTapSpeech.⁴



Figur 5: Figuren viser tastetrykkene for å skrive bokstavene a, b og c.³⁹

c) Microwriter

Microwriter er en enhet med enhåndstastatur, prosessering og skjerm for å skrive og behandle tekst. Enheten har 6 taster, fordelt på to tommelknapper og en knapp per resterende fingre og fungerer som en komplett tekstbehandler med integrert batteri for bruk under reise. Tastene er fordelt på flaten slik at de samsvarer med fingrene når hånden hviler på bunnplaten. Fordelingen av knapper gjør at Microwriter kun kan benyttes med høyre hånd. ²⁰
Patent nummer: 4360892



Figur 6: På bildet vises Microwriters utforming. Øverst er det en skjerm (1) for å lese av og skrive tekst. Nedenfor skjermen er det en hevet plate med knapper for tommelen (2) innfelt på siden, og knapper for de øvrige fingrene innfelt på toppen (3). Under vises vesken den blir levert i (4). ⁴⁰

d) BAT

BAT er et enhånds tastatur med base der hånden hviler og syv taster i fingerkonfigurasjon med tre taster for tommelen. Tastaturet er avhengig av å være koblet til en datamaskin, eller teksttelefon med skjerm for å se hva som skrives, og er ikke selvforsynt med strøm. Enheten er markedsføres av Infogrip, som en løsning for skriving for handikappede. ²¹

Patent nummer: 5642108



Figur 7: Bildet viser utformingen til BAT tastaturet, med tre fingerknapper for tommelen (3), og en knapp for hver av de resterende fingrene. Hånden hviler mot en diamantformet hevet plate, med et antisklibelegg (2). På bildet vises en venstrehendt versjon av tastaturet. ³⁵

e) In10did

Input Nomenclature 10 Digit Interface Device (in10did) er et tohånds tastatur, som benytter 10 taster for skriving. Systemet er tenkt benyttet på de fleste flater der to hender brukes. Tastaturet kan gjøres kompakt i en enhet, eller spres utover en flate der hendene ligger. Ved mindre enheter med skjerm er det tenkt å primært benytte baksiden for knapper. Enheten er ikke foreløpig i kommersiell produksjon. ⁸

Patent nummer: 6542091

iLogikey

f) Data egg

Data egg er et system med integrert enhånds tastatur, prosessering og skjerm. Dette gjør produktet svært likt Microwriter, men skiller seg på et par punkter. Data egg, har flere knapper og kan benyttes for både høyre og venstrehendte fordi knappene er lagt opp symmetrisk om bredden. I tillegg er det lagt til rette for å styre en grafisk musepeker gjennom en integrert flerveis knapp. ²²

Patent nummer: 5432510



Figur 8: Bilde av Data egg. Nyere modell til venstre (1) og eldre modell til høyre (2). Designet har buer der knappene sitter, slik at fingrene ikke skal skli av og det nyere designet har integrert en flerveisknapp for grafisk styring. ⁴¹

g) CyKey

Cykey er et eksternt tastatur for en hånd, som en videreutvikling av Microwriter. Systemet baserer seg på ni taster som sammen trykkes ned i kombinasjoner som skal tilsvare den grafiske formen hvert tegn har. Enheten har integrert batteri og Blåtann for oppkobling mot datamaskiner, mobiltelefoner og andre enheter med skrivefunksjon. ³⁶



Figur 9: CyKey består kun av en plate med ni knapper. Disse trykkes ned i formen til bokstaven man ønsker å skrive. ²⁹

h) FrogPad

FrogPad består av en serie med enhånds tastaturer. Disse benytter flere taster som enten består av programvare og en berøringsflate, eller en mer tradisjonell utforming med fysiske knapper. Hver knapp har flere undertegn som kan hentes frem ved å holde inne en knapp for valg av tegnsystem. Systemet selges både som programvare for datamaskiner med berøringsflate eller skjerm, og som eksternt tastatur med Blåtann- tilkobling.²³

Patentsøknadsnummer: 10/272542



Figur 10: Bildet viser FrogPadtastaturet i hardware versjonen. Utformingen ser ut som et vanlig tastatur, men skiller seg ved å legge flere tegn på samme knapp (2). Disse kan benyttes ved å holde nede en modusknapp (1).³²

i) LiquidKeyboard™

LiquidKeyboard™ er utviklet av University of Technology i Sydney og UniQuest Pty Limited. Systemet går ut på å kunne bruke touch for skriving på berørings skjermer, der det ellers ikke ville vært mulig å gjøre dette. Programvare analyserer hendenes plassering og plasserer virtuelle knapper under hver finger. Fordi de fleste berørings skjermer ikke kan registrere hvor hardt det trykkes, og dermed vil tolke håndens hvile på skjermen som et tastetrykk, har de utviklet en programvare som analyserer arealet som berører skjermen for å gjenkjenne tasting. Metoden gir ingen taktil tilbakemelding, men flytter tastene etter håndens posisjon.⁶

5.3. Kommando og kontroll, Informasjonssystemer og totalløsninger:

Kommando og Kontroll, Informasjonssystemer (KKI) er systemer for ledelse og informasjonsspredning til bruk i stridssituasjoner. Disse systemene kombinerer gjerne kartdata med posisjonering og annen vital informasjon i en enhet. Totalløsninger er systemer som løser mange funksjoner under ett, og kan benyttes frittstående uten andre enheter.

j) NORMANS KKI



Figur 11: Prototyper av NORMANS KKI ledelse (1) og lett (2), vist under Defence & Security Equipment International (DSEi) i London 2011. NORMANS KKI ledelse består av en berøringsskjerm (A), modusknapper (B) og en av/på knapp (C) og er brystmontert. NORMANS KKI lett har et enklere grensesnitt, med svart-hvitt skjerm (D) og betjeningsknapper (E) og festes på håndleddet.⁵

Norwegian Modular Arctic Network Soldier (NORMANS) er et komplett system som integrerer ballistisk beskyttelse, drikkesystem og informasjon på slagmarken hos hver enkelte soldat. NORMANS Kommando og Kontroll, Informasjonssystem (KKI) består av to enheter: Soldatmodul (NORMANS lett) og ledermodul (NORMANS ledelse). Systemet integrerer posisjonering, observasjoner, ruter og kartsystem. Modulen er i hovedsak basert på input fra ledere og krever at brukeren flytter blikk og hender for å betjene panelet eller motta informasjon. Dette kommer av at enheten er arm, bryst eller håndleddsfastet og integrerer også taleknapp for kommunikasjonssystem. Systemet er fremdeles under utvikling og testing, men Thales har blitt valgt ut som leverandør for forsvaret.^{5, 18}

k) Silynx

Selskapet spesialiserer seg primært innen kommunikasjonssystemer basert på tale, og tilbyr blant annet forskjellige mikrofon og talesystemer, samt vertikalgrepsintegrert taleknapp. I henhold til selskapet selv, blir de benyttet av de fleste spesialstyrker i USA. Systemet støtter også trådløse komponenter som knapp for tale.³⁷

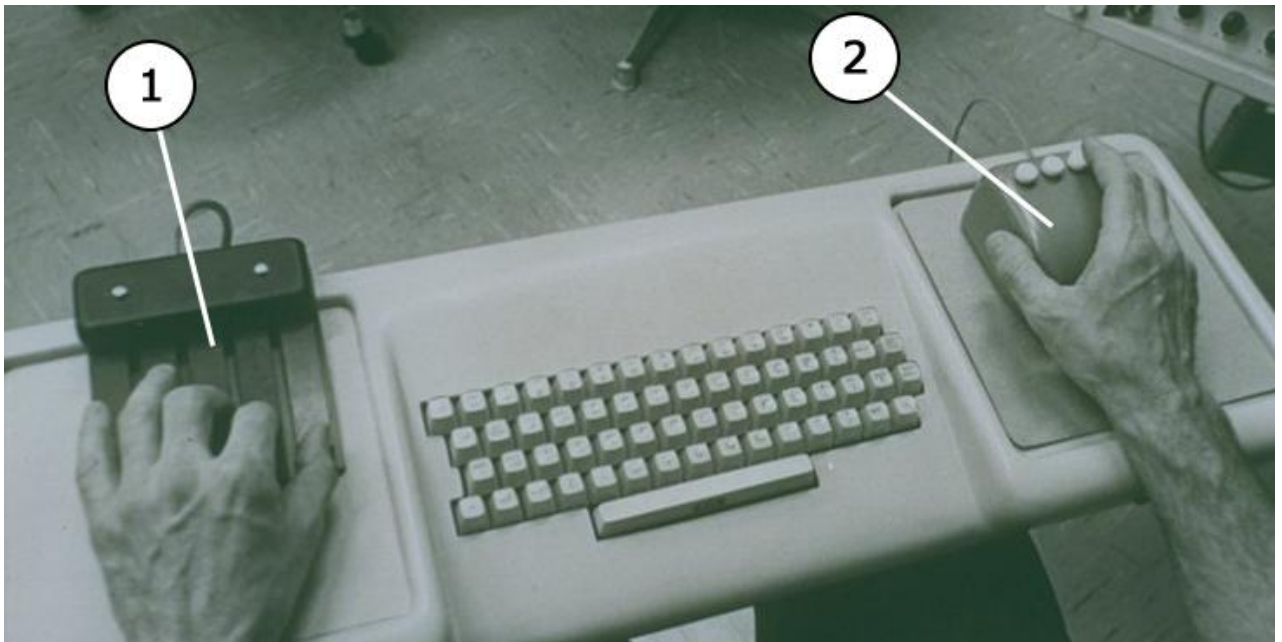
l) Diverse andre

Forsvarsindustrien er mye beskyttet av hemmelighetshold, for å beholde overlegenhet i strid. Dette gjør informasjonsinnhenting om konkurrerende systemer vanskelig og til dels mangelfull. Fordelen med dette er gjerne at patentering og andre beskyttelsesformer ikke er benyttet i like stor grad, og at bedriftshemmeligheter ikke er til hinder for egen utvikling av løsninger.

5.4. Konkurrerende patenter

Douglas Engelbart chorded key set

Systemer som benytter kombinasjoner av tastetrykk (Chording) for å kalle opp tegn, kalles Keyere. Det tidligste eksempelet på dette er keyeren som ble utviklet og vist frem av Douglas Engelbart under en teknologipresentasjon i 1968. Denne besto av fem tangenter lagt ut som på et piano, og var ment for bruk samtidig som en datamus ble benyttet i den andre hånden.



Figur 12: Douglas Engelbart benytter sin keyer (1) i samspill med en datamus (2).³⁰

iLogikey

Det har ikke blitt funnet noe patent på denne enheten, i henhold til krav om innovasjonshøyde, må en eventuell patentering ha måttet ligget til grunn før offentliggjøringen av produktet under presentasjonen. Dersom et patent ble godkjent i forkant av presentasjonen, vil dette ikke lenger begrense utnyttelse av tredjeparter fordi beskyttelse kun er gyldig i maksimalt 20 år. Eventuell mønsterbeskyttelse kan holdes på ubestemt tid, men utformingene skiller seg vesentlig fra hverandre og vil derfor ikke være i konflikt.⁷

Metoden for binær tegnkode vil ikke kunne være beskyttet av nye patenter, og antas fri for bruk i iLogikey-metoden.

Anbefaling til Bjune Engineering:

Engelbarts keyer fungerer svært likt som iLogikey-metoden. På grunn av dette vil patentering kanskje ikke være mulig og føre til unødvendige økonomiske tap. En eventuell mulighet vil være å beholde iLogikey-metoden som bedriftshemmelighet. Bjune Engineering ble varslet om dette for å avklare videre utvikling av oppgaven.

Delkonklusjon:

Bjune Engineering tok stilling til funnene, men konkluderte med at det finnes innovasjonshøyde i henhold til en tidligere patentundersøkelse, og at patentering var i beste interesse. Det ble derfor ikke gjort noen endringer i grunnlaget for utviklingen og design til tastaturet.²⁵

6 PRODUKTSPEISIFISERING

Alle funksjoner som kreves av enheten må kartlegges for å kunne finne egnede løsninger. Det er derfor viktig å definere hovedegenskaper og eventuelle krav innen størrelse og ergonomi.

6.1. Kundens behov og rangering av viktige produktegenskaper

For at iLogikey-metoden skal utnyttes er det viktig at denne opptrer som en vesentlig forbedring av dagens konkurrerende løsninger. Enten med tanke på betjening, holdbarhet, eller intuitivhet og opplæring. Løsninger som ikke kan benytte iLogikey-metoden er derfor ikke interessante for Bjune Engineering.

Primært er denne oppgavens hensikt å lage en løsning rettet mot militære formål og kunder. Pris er derfor ikke en høyt prioritert egenskap, ettersom denne skal veies opp mot tap av liv, og løsning av militære oppdrag.

Enheten må være holdbar for å kunne benyttes under de mange varierte miljøer den kan bli benyttet i, samt de belastninger den utsettes for.

Sentrale produkt og brukerkrav er:

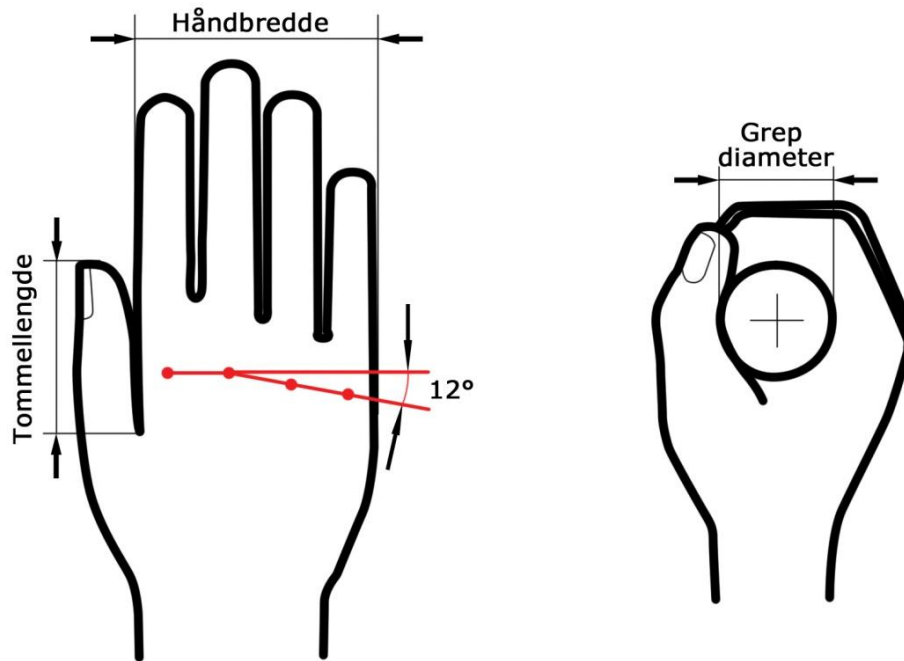
1. Enkel utnyttelse av metoden til iLogikey.
2. Muligheten for oppkobling mot KKI systemer.
3. Ergonomisk tilpasning av designet for å passe hånden.
4. Materialvalg med hensyn på varmeledning og holdbarhet.
5. Produksjons- og utviklingskostnader

6.2. Antropometriske variasjoner

For å kunne fastslå hvilke dimensjoner som må gjelde for tastaturenheten, må antropometriske mål legges til grunn. I en militær avdeling vil det være stor variasjon i soldatenes størrelse og vekt og det forventes at en soldat veier i snitt over gjennomsnittet av befolkningen, dersom befolkningen ikke har et høyt fedmenivå.

Dersom enheten skal kunne implementeres på generelt, må den kunne passe så stor mengde av soldatpopulasjonen som mulig, uten at egentilpasninger må gjøres.

Dimensjonene som benyttes vil måtte ligge i det øvre sjiktet av variasjonsbredden. Dette sikrer at brukere med større hender kan benytte grepet. De som har små hender vil dermed få plass, men det må gjøres vurderinger slik at fingerposisjon og grepsvidde ikke blir for stor for disse.



Figur 13: Hånd og grepsmål

Figuren viser hvilke mål som er lagt til grunn for utformingen av tastaturet. Disse målene dekker 99% av befolkningens håndmål og viser variasjonsbredden i dimensjoner.

Tabell 5: Antropometriske variasjoner.

Variasjonsbredde i antropometriske mål for hender				
Mål	Beskrivelse	Enhet	Verdier	Ideal verdi
Håndbredde	Total bredde for hånden	mm	79-99	99
Grep diameter, sylindere	Diameter for sylinderformet grep som passer i hånden.	mm	32-38	38
Grep diameter, kuler	Diameter for kule som passer inn i hånden.	mm	32-51	45
Tommellengde	Tommelens totale lengde	mm	48-69	69
Grepsslinje	Vinkelen mellom normalen til fingrene og leddlinjen.	°	12	12
Avtrekksfinger	Avstanden fra et greps ytterkant til gunstig ytterpunkt for avtrekker.	mm	9-13	12
Fingertykkelse	Bredden på tykkeste finger ved ytterste ledd unntatt tommel.	mm	21-15	21

19

6.3. Metrisk grovspesifisering for produkttypen

For at tastaturet skal passe alle hender er det nødvendig at store hender får plass på, og at små hender når frem til knapper. For bruk i produktet benyttes håndmålene under.

Tabell 6: Tabellen viser de valgte verdiene som grepet må oppfylle.

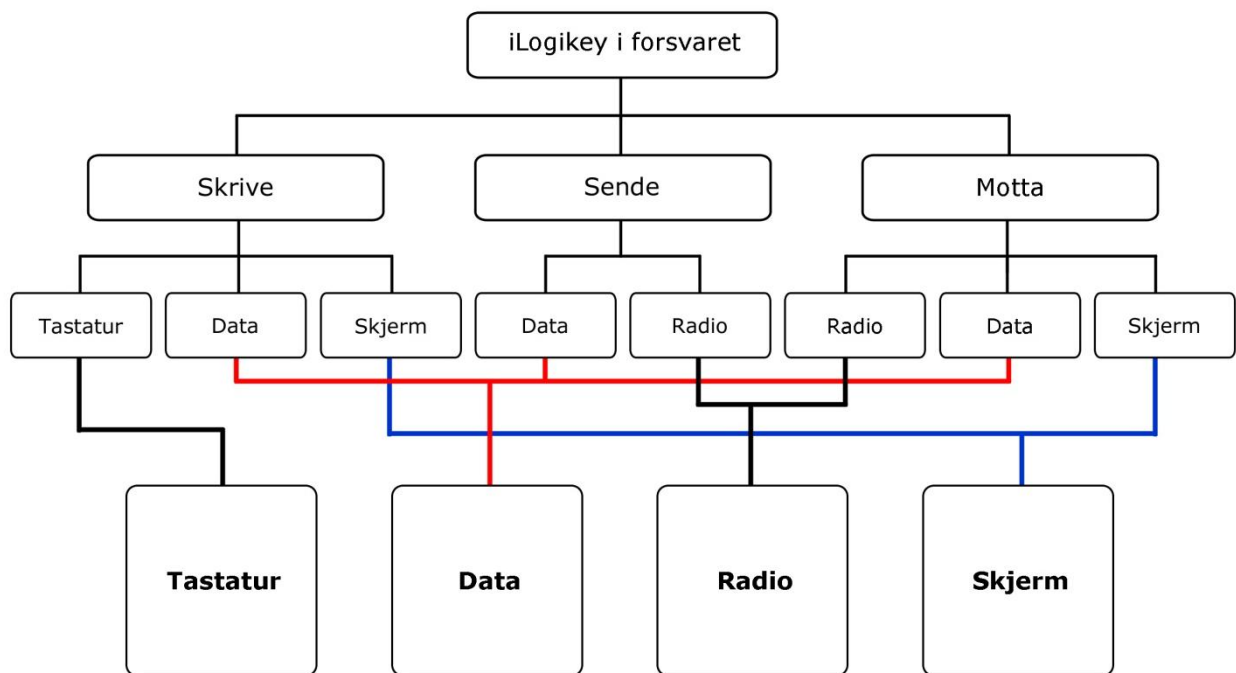
Valgte verdier for utforming av grep			
Mål	Beskrivelse	Enhet	Verdi
Håndbredde	Total bredde for hånden	mm	100
Grep diameter, sylinder	Diameter for sylinderformet grep som passer i hånden.	mm	35
Grep diameter, kuler	Diameter for kule som passer inn i hånden.	mm	45
Tommellengde	Tommelens totale lengde	mm	48
Grepelinje	Vinkelen mellom normalen til fingrene og leddlinjen.	°	12
Avtrekksfinger	Avstanden fra et greps ytterkant til gunstig ytterpunkt for avtrekker.	mm	12
Fingertykkelse	Bredden på tykkeste finger ved ytterste ledd unntatt tommel.	mm	21

7 IDÉ- OG KONSEPTGENERERING

Utvikling av ideer og konsepter som mulige løsninger for tastaturet, må være basert på oppnåelse av funksjoner tastaturet skal oppfylle. Dette vil benyttes for å rangere løsninger for utvelgelse.

7.1. Funksjonsanalyse for produkttypen

Funksjonsanalysen skal avdekke og eventuelt tydeliggjøre hvordan tastaturet kan utformes. For å oppnå dette brytes hovedfunksjonene opp i underfunksjoner.



Figur 14: Funksjonskart for iLogikey ved bruk i forsvaret. Underfunksjonene viser at det er nødvendig med tastatur, data, radio og skjerm for å kunne sende skriftlige beskjeder og kommandoer mellom soldatene.

For å kunne benytte iLogikey-metoden til stille kommunikasjon, må iLogikey-systemet ha mulighet for å skrive, sende og motta informasjon. For å oppnå dette viser funksjonskartet at iLogikey-systemet må bestå av tastatur, data, radio og skjerm.

Tastatur

Funksjonene til et tastatur består av en flate eller et grep med knapper som enten er fysiske, eller på en berøringsflate.

Data

All inntasting må tolkes av en enhet som kan behandle dataene. Denne enheten må ta seg av koding og dekoding av meldinger fra tastaturet og radionettet. Databehandlingen krever en prosessor og en krypteringsnøkkel, samt et skall som beskytter komponentene mot fukt og støt.

Radiosystem

Overføring av informasjon mellom flere soldater utrustet med hver sin enhet, krever et trådløst system. Dette kan gjøres med radiosignaler eller optisk overføring. Kablet overføring er ikke mulig, fordi systemet skal brukes under bevegelse.

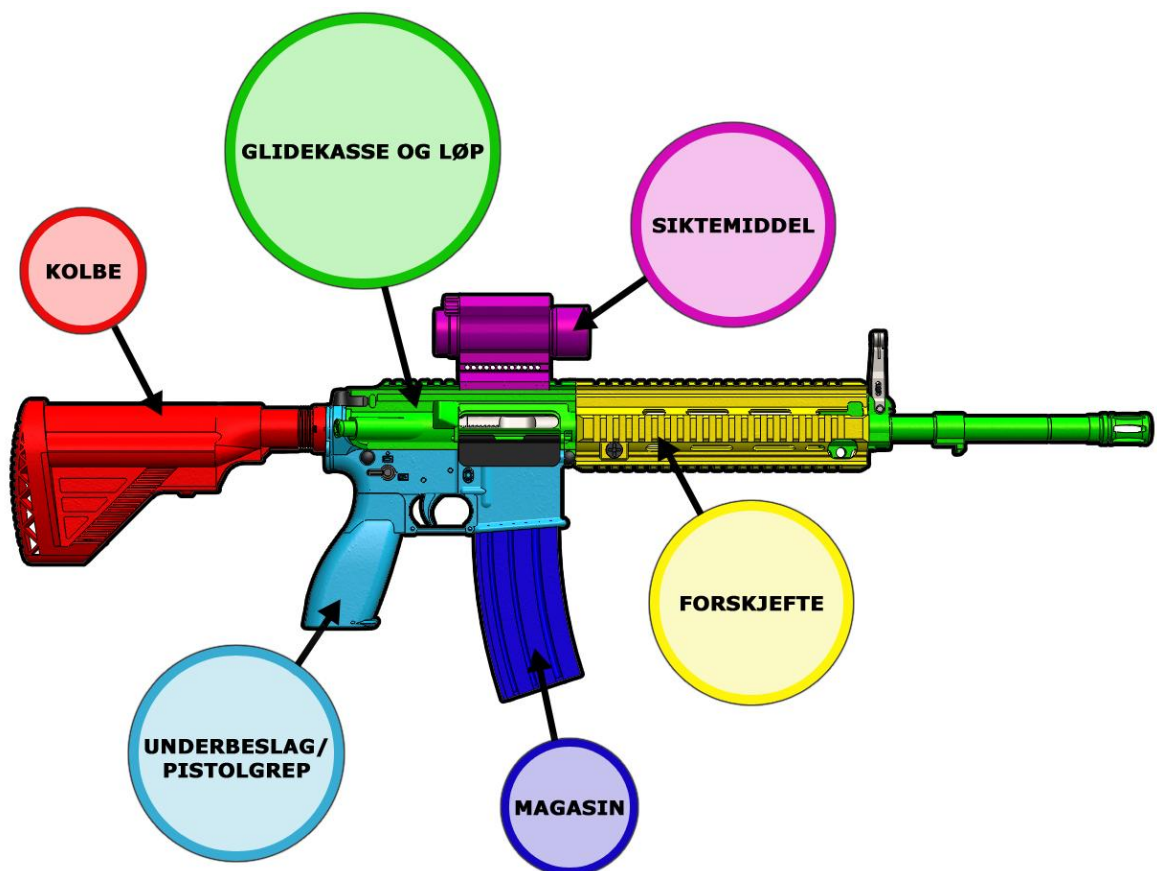
Skjerm

For tilbakemelding og kontroll hos brukeren, må det være en visuell representasjon av beskjeder tilgjengelig. Som et alternativ kan taktil tilbakemelding benyttes, ved vibrasjon, trykk eller motstand.

Montering av iLogikey-systemet

Dersom tastaturet utformes slik at den kan festes i et våpen, sikrer dette at brukeren ikke flytter fokuset og begrenser evnen til å benytte våpenet. Enheten kan formes som et trekk, en våpendel eller en modul.

Figuren under viser forsvarets nye håndvåpen, Heckler & Koch 416, med hovedkomponenter navngitt for referanse.



Figur 15: Hovedkomponenter i forsvarets rifle: HK416. Delene er markert med samme farge som forklaringen.

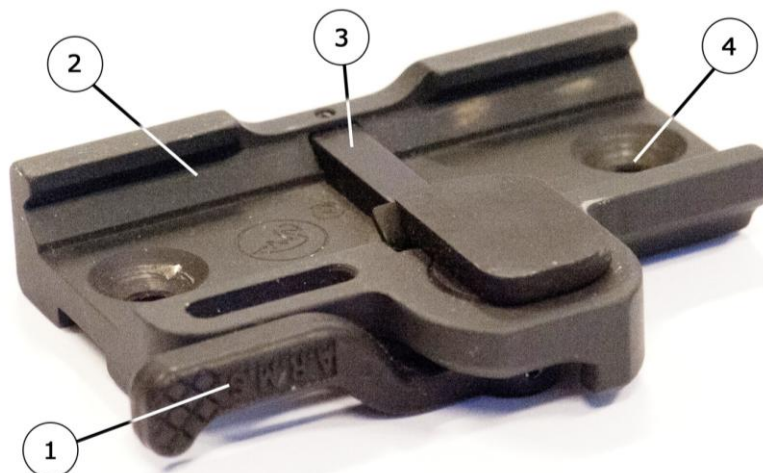
iLogikey

Ved å feste tastaturet til iLogikey-systemet med en hurtigkobling, vil det lett kunne tas av og på våpenet og også benyttes når bruken av våpen ikke er nødvendig. Samtlige nye våpensystemer som brukes av North Atlantic Treaty Organization (NATO), utføres med STANAG 4694. Dette er standarden for utforming av montasje for montering tilbehør på våpen. Denne standarden er en omgjøring av MIL-STD-1913 til metriske mål med høyere kravspesifikasjoner og går under navnet; NATO Accessory Rail (NAR). Systemet består av en skinne med riller som alle nyere våpenmonterbare moduler og siktesystemer skal kunne festes på.¹¹



Figur 16: 3D-tegning av HK416, vist med NAR systemet. Detaljvinduet viser skinnene med riller integrert i forkjefftet.

Som en følge av denne standardiseringen, vil det være gunstig å kunne montere tastaturet på et slikt system for å sikre at den passer både forskjellige eksisterende og fremtidige våpen i bruk innen NATO. En vanlig festeløsning for NAR skinne er A.R.M.S. #17, som er en hurtigkobling i aluminium, med skruefeste som kan skrues fast i tastaturet.

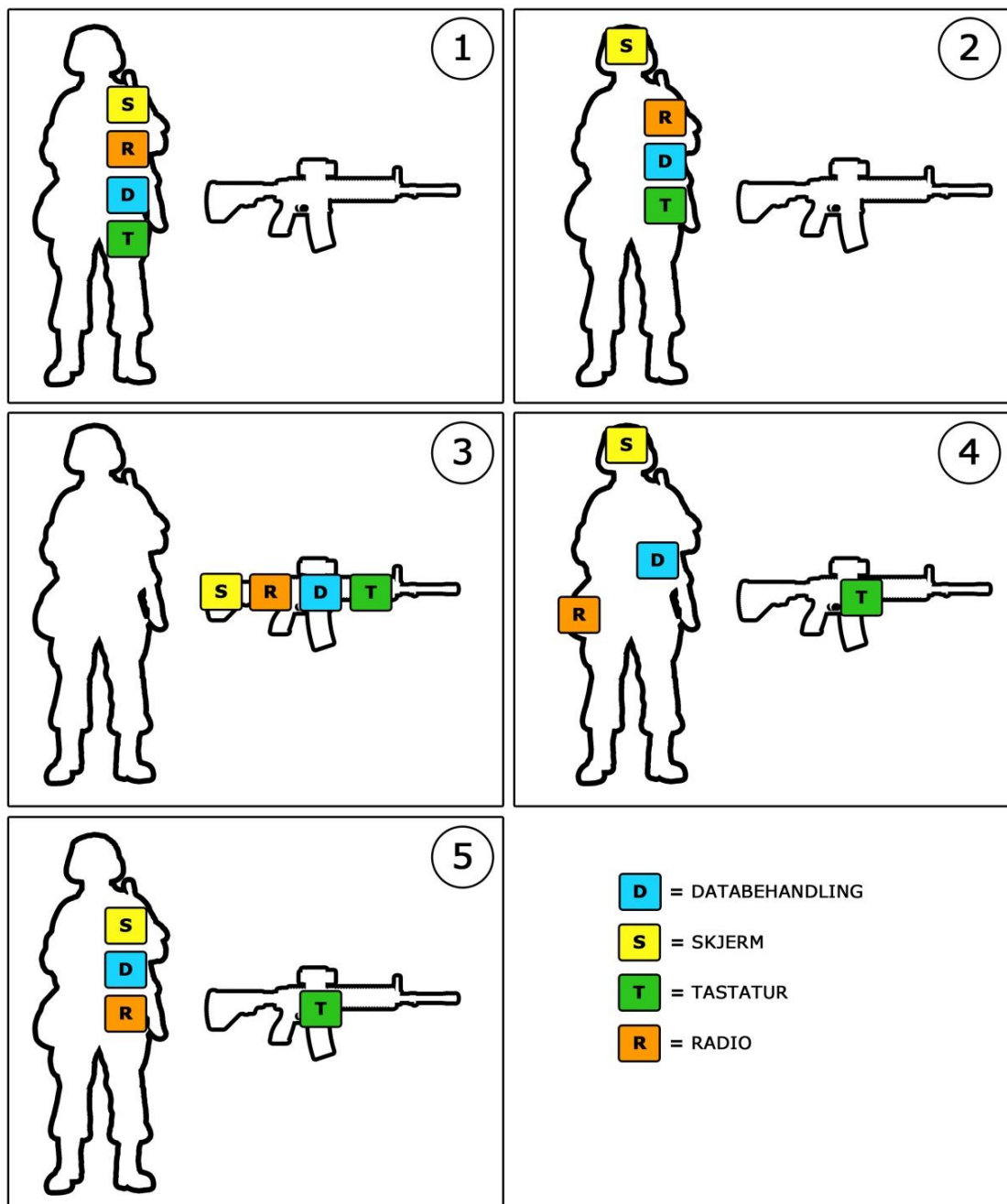


Figur 17: Bildet viser A.R.M.S. #17 hurtigkobling for NAR skinne, bestående av festearm (1), v-spor for skinnekant, splint (3) som holder posisjonen på våpenet og skruehull for festing på tastaturet (4).

7.2. Funksjonsalternativer

Totalsystemet

Plasseringen av de forskjellige komponentene i det totale kommunikasjonssystemet bør avgjøres først, da dette har stor innvirkning på utformingen av tastaturet. For å finne den mest egnede løsningen for plassering av komponentene brukes modulariseringsteknikk.³ Metoden går ut på å kartlegge funksjoner produktet er avhengig av, og å sette opp et kart over for å lettere se måter enheten kan bygges opp på.



Figur 18: På figuren vises fem alternativer for utforming av iLogikey-totalsystemet.

Alternativ 1:

Første alternativ viser den gjeldende oppbygningen av kommando og kontroll, informasjons-systemer (KKI) i dag. Hele systemet er kapslet inn i en boks. Dette systemet er referansen for utviklingen av iLogikey-totalsystemet.

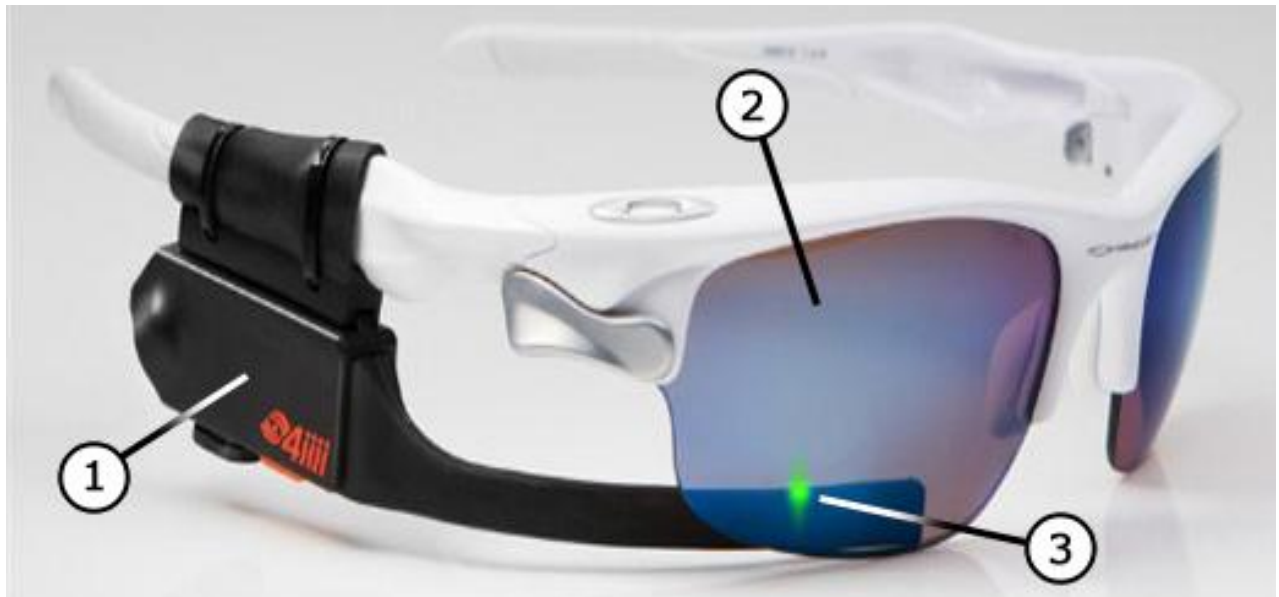


Figur 19: Dagens KKI system. NORMANS ledelse (1) er ment for ledere i militære grupper, og tilbyr utvidet funksjonalitet over NORMANS lett (2), som er ment for alle underlagte soldater som deltar i striden.

De fleste KKI løsninger på markedet i dag er Personlig Digital Assistent (PDA) lignende løsninger. Systemet er da en komplett databehandler og er en lukket enhet. Disse er ofte bestående av en berørings skjerm, GPS, kommunikasjon, kryptering, og kompass.

Alternativ 2:

Systemet består av to enheter. Skjermen er flyttet opp til synsfeltet og "databoksen" med tastatur beholdes på brystet.



Figur 20: Head Up Display fra Sportiiiis (1), montert på et sett med Oakley sportsbriller (2). Informasjonen er synlig ytterst i synsfeltet (3).²⁷

Denne måten å vise informasjon på, kalles Head Up Display (HUD) og benytter forskjellige metoder for å bringe informasjon inn i feltet brukeren ser. Metoden er mye brukt i nye biler, der det er ønsket at føreren ikke ser ned under kjøring.

Alternativ 3:

Komplett enhet plassert på våpenet. Det har ikke blitt funnet informasjon om noen slike systemer. Denne plasserer alle knapper og skjermen, slik at soldaten har det tilgjengelig uten å skifte hendene vekk fra våpenet.

Alternativ 4:

De forskjellige modulene plasseres der de er lettest tilgjengelig for brukeren, uten å være til hinder ved våpenbruk. Skjermen bygges inn i brillene, slik at informasjonen er direkte tilgjengelig i synsfeltet. Tastaturet monteres på selve våpenet slik at brukeren ikke trenger å flytte hendene fra våpenet, og databoksen og radioen plasseres på kroppen.

Alternativ 5:

Eksternt tastatur på våpenet, med oppkobling mot et totaltsystem på kroppen til soldaten. Løsningen kan benyttes som et eksternt tastatur for dagens systemer via kabel eller Blåtann.

iLogikey

Utvelgelse av totalsystemet ved hjelp av seleksjonsmatrise

For å velge hvilket totalsystem som skal bygges videre på, settes det opp en seleksjonsmatrise som vurderer fordeler i forhold til dagens løsning.

Vektingen ble gjort på grunnlag av følgende kriterier

- Knappeposisjon i forhold til skriving ved bruk av våpenet.
- Forventet kostnad for fremstilling i forhold til referansen.
- Lesing av informasjon.
- Vekt på våpenet.
- Enkelhet ved prototyping.
- Tilkobling av ekstra moduler som avstandsmålere, laser og lys.
- Om det er enkelt å produsere.

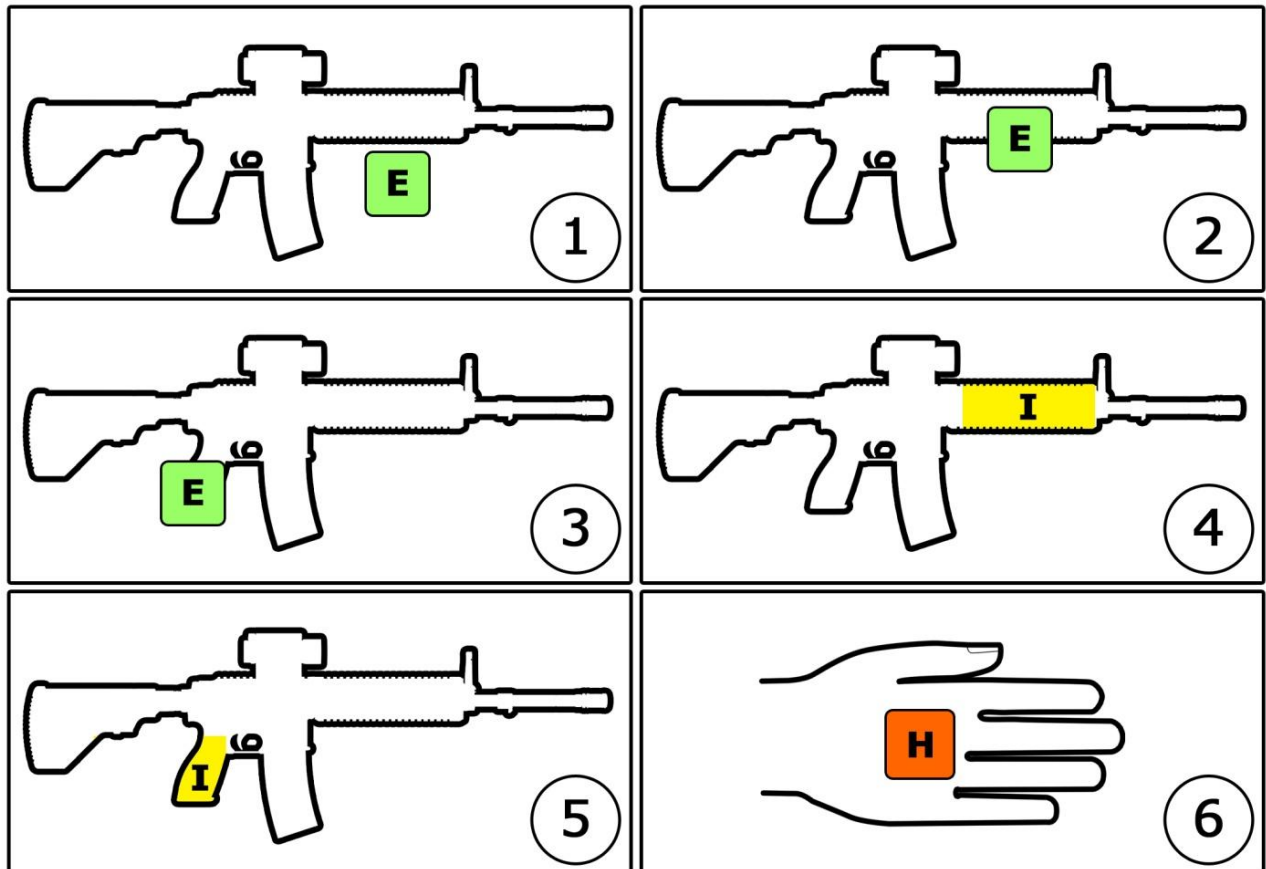
Tabell 7: Seleksjonsmatrise for utvelgelse av modulplassering. Alternativene er representert i figur 18.

		Alternativ				
Rad	Kriterium	1	2	3	4	5
1	Knappeposisjon	Referanse	=	++	+++	+++
2	Kostnad		-	-	-	-
3	Motta informasjon		+++	+	+++	=
4	Vekt på våpenet		=	---	-	-
5	Prototyping		-	=	--	--
6	Modul støtte		=	+++	+++	+++
7	Produserbarhet		-	=	-	-
Plusser		0	3	6	9	6
Minuser		0	3	4	5	5
Sum		0	0	2	4	1

Fra seleksjonsmatrisen er det funksjonsalternativ 4 som kommer best ut i forhold til forbedringer fra dagens løsning. Dette alternativet har fordeler ved at det er splittet opp i moduler og kan ha skjerm og tastatur direkte feste der brukeren drar størst nytte. Ettersom løsningen er modulbasert vil det være enkelt å tilby ekstramoduler for utvidet funksjon. Dette gjør at løsningen i alternativ 4 har større motstandsdyktighet mot utkonkurrering av nyere enheter fordi den lett kan endres og oppgraderes.

Tastaturets utforming

For å bestemme utformingen til tastaturet modulariseres funksjonene som tastaturet er avhengig av. Det er to måter å konstruere et tastatur for våpenet på: Som en ekstern enhet som festes, eller som en komplett våpendel som integrerer knapper, og byttes ut med en våpendel.

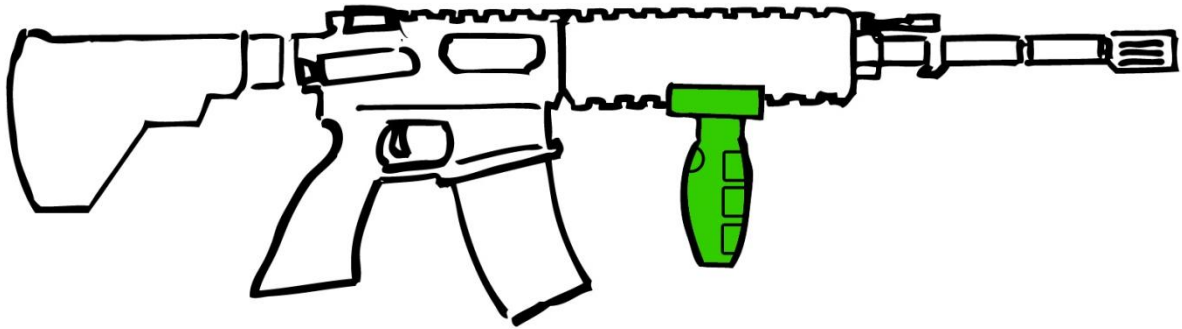


- E** = Ekstern enhet
- I** = Intern enhet
- H** = På hånden

Figur 21: Figuren viser utforming av tastaturet som vertikalgrep (1), underbeslag (2), trekk for pistolgrep (3), integrert i forskjeftet (4), integrert i pistolgrepet (5) og på hånden som en hanske (6).

Alternativ 1:

Tastaturet utformes som et vertikalgrep. Dette festes på våpenets forskjefte med hurtigkobling, og kan lett plasseres der soldaten når det best. Vertikalgrep er mye brukt av soldater i dag, fordi det gir bedre støtte for våpenet når det ikke kan legges an mot skulderen. En ulempe med vertikalgrep er at våpenet blir litt mindre treffsikkert enn ved vanlig bruk, på grunn av høyere tyngdepunkt i forhold til hendene.



Figur 22: Skissen viser utforming av tastaturet som vertikalgrep (grønt) med knapper på for og bakside.

Håndkontrolleren kan utformes som vertikalgrep ved å konstruere enheten med et rør i senter, som trekkes med et grep ergonomisk tilpasset høyre eller venstrehandte, eller personlig utforming der dette er nødvendig. Innfesting på våpenet vil da skje i form av en standard festemodul for NAR på toppen (picatinny feste).

Fordeler med vertikalgrep:

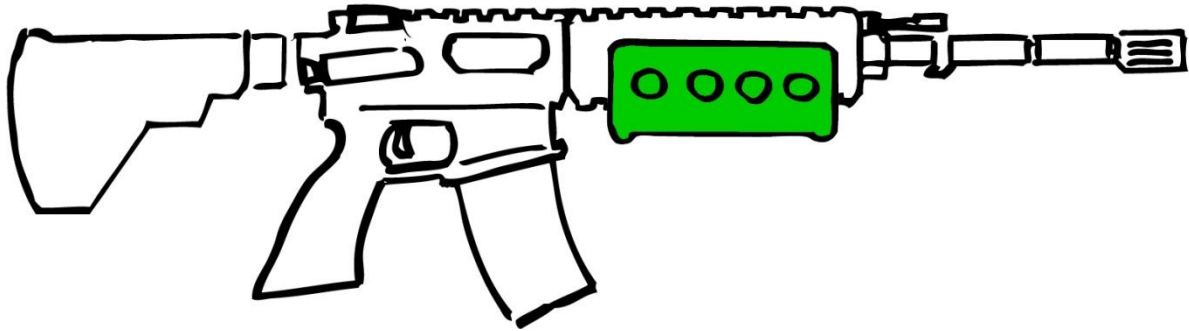
- Den bærende konstruksjonen kan være lik for alle tilpasninger og versjoner av grepet. Dette vil kunne gjøre produksjonskostnadene lave som følge av høyere produksjon av enkeltkomponenter.
- Enkel utskifting av trekk til høyre og venstrehandte.
- Forenkler bruk av våpenet der fullstendig anlegg mot skulder ikke kan oppnås og rekylen må tas opp av armene.

Ulemper med vertikalgrep:

- Forflytning av håndens posisjon vekk fra våpenets tyngdepunkt.
- Større belastning på enhetens feste, som følge av lengre arm.
- Mulighet for hekting.

Alternativ 2:

Det er mulig å utvikle tastaturet som et underbeslag for våpensystemer. Denne består da av et liggende grep, som festes under våpenets forskjefte og plasseres slik at den sammenfaller med soldatens naturlige posisjon for hånden. Knapper må ha en grov utforming for å passe forskjellige håndbredder.



Figur 23: Skissen viser utforming av tastaturet som underbeslag (grønt) foran på våpenet, med knapper på siden.

Konstruksjonen av denne løsningen vil ha behov for dobbelt sett med knapper som er like på for og baksiden, for at soldaten skal kunne bruke det med begge hender.

Fordeler med underbeslag:

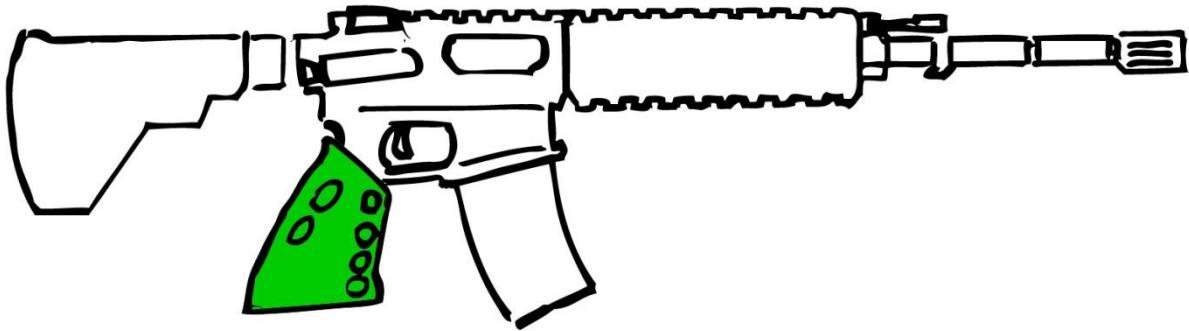
- Enheten vil ikke bygge mye utover våpenets naturlige form og gir derfor liten fare for hekting.
- Håndens posisjon forblir relativt nære våpenets tyngdeakse.

Ulemper med underbeslag:

- Enheten må tilpasses hvert våpensystem.
- Varierende håndvinkel gjør plassering av knapper vanskelig.

Alternativ 3:

Systemet kan formes som et "trekk" til pistolgrepet, der integrerte knapper ligger i skallet. Hvert våpensystem vil da benytte en unikt utformet versjon av skallet.



Figur 24: Skissen viser plasseringen av et tastatur utformet som et trekk til pistolgrepet på våpenet, med knapper integrert.

For å få plass til elektronikk i pistolgrepet, må det bygge ut en del. Med små brytere kan dette minimeres, men vil endre ergonomien i våpenets grep.

Fordeler med pistolgrep:

- Enheten kan benyttes på de fleste tohånds og enhånds våpen.
- Bygger lite ekstra på våpenet.
- Mulighet for spesialtilpassing av grepet for hver bruker.

Ulemper med pistolgrep:

- Liten plass til elektronikk internt i grepet.
- Svært lite mulighet for modularisering i produksjonen.
- Stor fare for løsløsing av skudd ved inntasting.
- Knappene kan redusere treffsikkerheten til soldaten.

Alternativ 4:

Utforming av grepet som et fullstendig pistolgrep for hvert enkelt våpensystem. Denne metoden vil gi lavest mulig vekt, men gir kompleks utforming som er unik for hver våpenmodell.



Figur 25: Figuren viser integrering av knapper i et pistolgrep. Denne løsningen var en tidlig idé fra Bjune Engineering, for benyttelse på pistoler. Fingrenes posisjon over knapper er vist med pekefinger (1), langfinger (2), Ringfinger (3), lillefinger (4) og tommel (5).
24

Fordeler med pistolgrep:

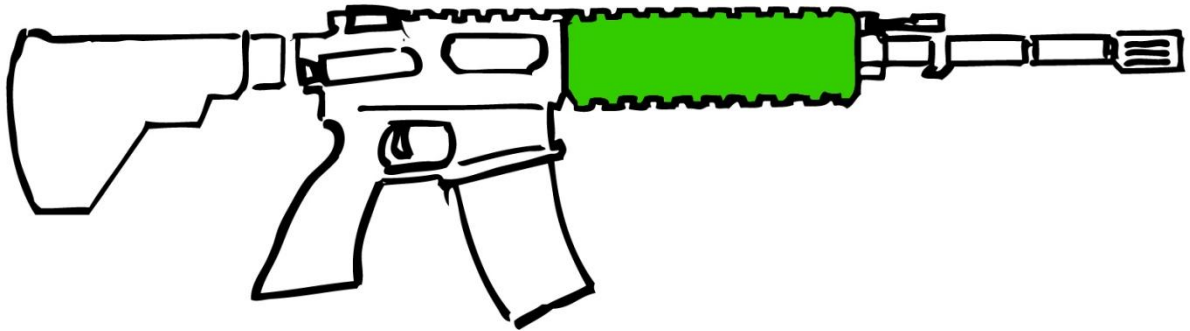
- Bygger lite ekstra på våpenet.
- Tilnærmet ingen ekstra vekt.

Ulemper med pistolgrep:

- Unike utforminger må lages for hvert enkelt våpensystem.
- Fare for å løsne skudd ved inntasting.
- Dyr fremstilling ved å modifisere enkeltvåpen.
- Liten forventet batterikapasitet.

Alternativ 5:

Utforming av grepet som et forskjefte til å erstatte forskjeftet på geværer. Denne metoden vil gi lavest mulig vekt, men gir kompleks utforming som er unik for hvert våpensystem.



Figur 26: Figuren viser forskjeftet på en HK416 (grønt). For integrering av tastaturet i forskjeftet, må det konstrueres en erstatning, fordi forskjeftet er tynnvegget aluminium.

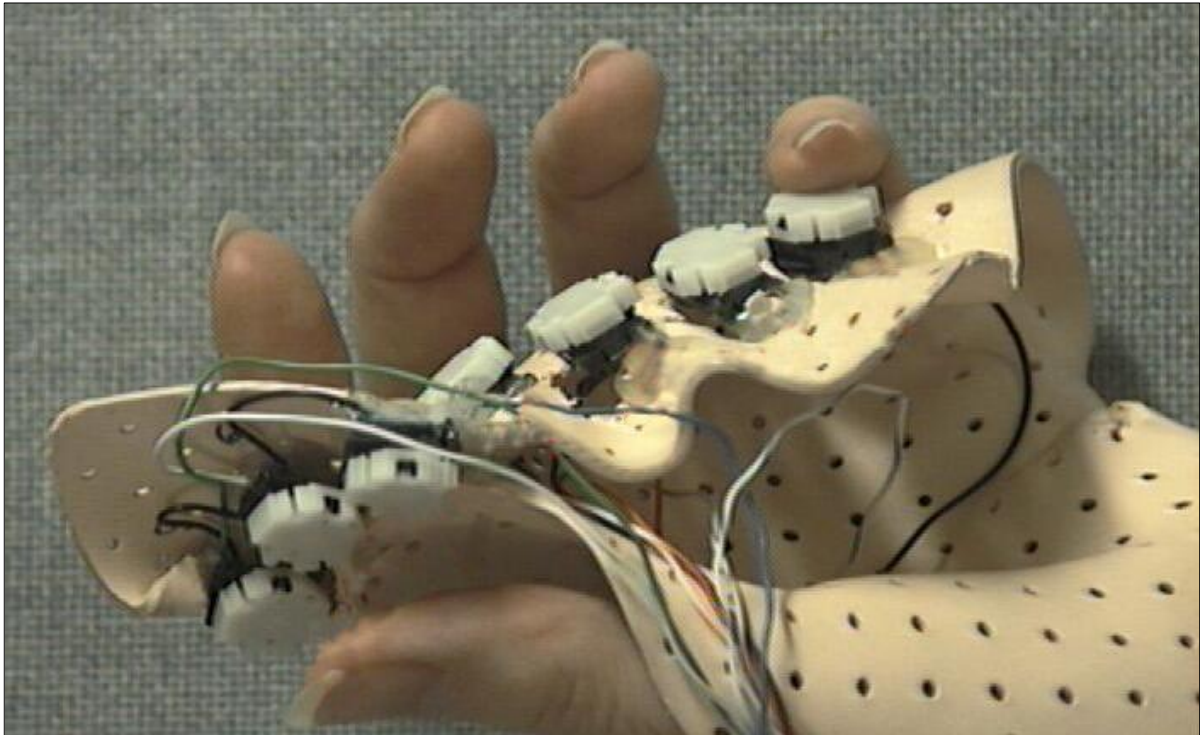
Fordeler med pistolgrep:

- Bygger lite ekstra på våpenet.
- Tilnærmet ingen ekstra vekt.

Ulemper med pistolgrep:

- Unike utforminger må lages for hvert enkelt våpensystem.
- Sikring mot varme fra løpet i våpenet på utføres.

Alternativ 6:



Figur 27: Prototype av ergonomisk utformet hanske med knapper. ⁴⁰

Tastene til systemet kan integreres i en hanske og dermed sikre perfekt posisjon for å trykke til enhver tid. Hansken vil da konstrueres slik at den har en ekstern prosessering og kun nyttes for tastene.

Fordeler med hanske:

- Enkel oppnåelse av gunstig knappeposisjon for basisknappene 1-5.
- Fungerer med alle systemer og overflater.

Ulemper med hanske:

- Må ha en ekstern flate å trykke mot.
- Kan hindre bruk av andre typer hansker der vær og situasjon gjør dette nødvendig.
- Vil lett slites ut.

Fremtidig alternativ:

Brainwave reading



Figur 28: Eksempel på hjernebølgeskanning fra Emotiv. Bilde: Emotiv.com

Metoden baserer seg på et nett eller annet hodeplagg som leser av og tolker hjerneaktiviteten til kommandoer som kan integreres i et system. Systemet tolker hjerneaktivitet som linkes opp mot meldinger eller handlinger.

Fordeler med hjerneskaning:

- Automatisert melding og observasjonssending.
- Svært lett opplæring av bruk.
- Ingen aktiv interaksjon fra bruker er nødvendig.
- Rask meldingssending.

Ulemper med hjerneskaning:

- Lett for å sende utilsiktede meldinger.
- Ikke overbyttbar mellom brukere, da hver hjerne fungerer ulikt.
- Ikke testet mot stressituasjoner.

7.3. Påkjenninger og materialvalg

Brukspåkjenninger

Drag mot skulder

Som en del av våpenet vil enheten måtte tåle drag mot skulder. Dette forekommer når våpenet føres opp til skulderen før skuddløsning. I en stridssituasjon må det forventes at brukeren ikke begrenser sitt drag inn mot kroppen, og maksimal kraft nyttes. Dette vil skje dersom tastaturet utformes som en del på våpenet.

Støt mot objekt

Støt mot objekt forekommer når våpenet benyttes til å stikke eller skyve en person eller et objekt. Tastaturet vil her bli utsatt for den maksimale kraft som personen klarer å utøve, og bevegelsesmengden som blir tilført under støt.

Fall

Dersom våpenet mistes i bakken, eller detter ned fra en høyde, vil det kunne falle ned på grepet og må derfor dimensjoneres for dette.

Miljøforhold

Temperaturpåkjenninger

Under bruk vil enheten utsettes for alle slags temperaturer som er overkommelige for et menneske å operere i. Det vil også måtte lagres. Systemet må derfor produseres av materialer som kan tåle ekstremtemperaturer under lagring og bruk uten at det kompromitterer dets funksjon og styrke.

Varmeoverføring

Ettersom enheten må ha kontinuerlig kontakt med hendene til brukeren, må materialets varmeoverførende egenskaper ikke føre til skade eller stort ubehag.

Elektriske egenskaper

For å sikre mot elektriske støt som følge av intern kortslutning eller statisk opplading, bør overflater konstrueres slik at de ikke leder strøm, for at brukeren ikke blir skadet.

Korrosjon

Enheden vil bli utsatt for korrosive væsker som svette, sjøvann og sur nedbør. Dette er uunngåelig i stridssoner. Det er derfor viktig at enheten tettes og er motstandsdyktig mot korrosjon.

Materialvalg

Utvelgelse av hvilke materialer som skal benyttes, gjøres ved å sette antatte gode kandidater opp med relevante materialegenskaper. Disse kandidatene velges ut fra diagrammer over materialegenskaper ¹ og produsenters anbefalinger.

Tabell 8: Utvalgte materialegenskaper for potensielle materialer til bruk i produksjon av iLogikey.

Materialdata	
Aluminium	
6082-T6 ¹⁵	
Flytgrense	250 MPa
Bruddgrense	290 MPa
Tetthet	2700 kg/m ³
Termisk konduktivitet	170 W/m-K
6061-T6 ¹⁵	
Flytgrense	240 MPa
Bruddgrense	260 MPa
Tetthet	2700 kg/m ³
Termisk konduktivitet	167 W/m-K
Stål	
S235 ¹⁷	
Flytgrense	235 MPa
Bruddgrense	360 MPa
Tetthet	7850 kg/m ³
Termisk konduktivitet	14 W/m-K
Slagseighet	Ja
S355 ¹⁷	
Flytgrense	355 MPa
Bruddgrense	510 MPa
Tetthet	7850 kg/m ³
Termisk konduktivitet	14 W/m-K
Slagseighet	27 J
Plast	
ABS ¹²	
Flytgrense	71 MPa
Bruddgrense	90 MPa
Tetthet	1040 kg/m ³
Termisk konduktivitet	0,2256 W/m-K
Slagseighet	18 kJ/m ²
PC/ABS ⁹	
Flytgrense	60 MPa
Bruddgrense	90 MPa
Tetthet	1200 kg/m ³
Termisk konduktivitet	0,53 W/m-K
Slagseighet	40 kJ/m ²
PPS ¹⁰	
Flytgrense	78 MPa
Bruddgrense	78 MPa
Tetthet	1420 kg/m ³
Termisk konduktivitet	0,3 W/m-K
Slagseighet	25 kJ/m ²

Valgte materialer

Aluminium

Deler som skal konstrueres av metall, vil bli konstruert av 6082-T6 Aluminium. Dette gir relativt høy styrke i forhold til vekt, og gjør at metalleder beholder sin slagseighet ved lave temperaturer. En vesentlig fordel fremfor å benytte plast i lettvektsdeler som skal ha styrke er at utvidelsen for våpenet blir lik som delen. Dette gjør at deler ikke setter seg fast, eller løsner uventet ved temperaturendringer.

Aluminium korroderer lett, med beskytter seg ved å danne en hinne av aluminiumsoksid på overflaten i løpet av noen få minutter. Dette belegget er veldig resistent mot lett korroderende væsker, som saltvann.

Plast

For produksjon av deler som ikke må tåle store påkjenninger, vil PC/ABS plast benyttes. Denne plasttypen egner seg godt til injeksjonsstøping, og har liten varmeledningsevne i tillegg til høy slagseighet og stivhet.

8 KONSEPTVALG

For å velge ut hvilke egenskaper som er viktige for produktet utvikles en seleksjonsmatrise som vil benyttes for å rangere de forskjellige konseptene med tanke på løsning av problemstillingene.

8.1. Utvikling av seleksjonsmatrise

Ved å rangere egenskaper som kan implementeres i en kommunikasjonsenhet, gjøres et valg av konsept for videreutvikling. For å få et robust valg rangerer hver av de ansatte i samarbeidet mellom Bjune Engineering og Land Defence Tech egenskapene individuelt. Disse rangeringene lages et snitt av for å kunne lage en faktor for viktigheten av forskjellige egenskaper hos konkurrenter og egne konsepter.

Tabell 9: Deltagerne i utviklingen av seleksjonsmatrisen

Person	Stilling	Kompetanse
 Siv. Øk. Svein Hestevik	Daglig Leder Bjune Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriftsledelse • Innovasjon • Økonomi
 Rolf Landaas	Forsknings og Utviklings leder, LandTech	<ul style="list-style-type: none"> • Innovasjon • Prototyping • Militær teknologi • Taktisk ledelse i spesialoperasjoner
 Henrik Holmberg	Student	<ul style="list-style-type: none"> • Innovasjon • Prototyping • Innsatsstyrkesoldat • Produktutvikling

Tabellen over viser nøkkelpkvalifikasjoner hver deltager besitter, som er av nytte for utvikling av et militært kommunikasjonsprodukt. Sammensetningen av gruppen gjør at valgene er basert på relevant militær erfaring, innovasjon, prototyping og produktutvikling.

iLogikey

Tabell 10: Internvurdering av viktigheten til mulige egenskaper i en tastaturenhet. Laveste score er 0 og 10 er høyest.

Vekting av mulige egenskaper for iLogikey som totalsystem						
Egenskap	Symbol	Vekting			Sum	Snitt
		Henrik	Rolf	Svein		
Få knapper	A	10	10	10	30	10,0
Holdbarhet	B	10	10	8	28	9,3
Grensesnitt	C	10	9	9	28	9,3
Tekstmulighet	D	10	10	7	27	9,0
Temperaturløse	E	10	10	7	27	9,0
Ergonomi	F	9	8	9	26	8,7
Vanntetthet	G	10	10	6	26	8,7
Eksterne sensorer	H	10	7	8	25	8,3
Ekstern radiomulighet	I	8	7	9	24	8,0
Batteritid	J	9	9	5	23	7,7
Lademuligheter	K	10	7	5	22	7,3
Grafisk styring	L	5	8	8	21	7,0
Lav vekt	M	7	8	5	20	6,7
Konfigurerbarhet	N	5	7	8	20	6,7
Design	O	5	5	9	19	6,3
Størrelse	P	7	5	5	17	5,7
Pris	Q	4	5	7	16	5,3
Taktil tilbakemelding	R	5	3	8	16	5,3
Talestyring	S	3	7	0	10	5,3
Talemulighet	T	3	0	5	8	2,7

For å kunne fokusere på viktige egenskaper som skal ha innvirkning på utviklingen av produktet, vil kun egenskaper med totalvekting over 6 bringes videre.

Fra den interne vektingen av egenskaper er det tydelig at et minimum av knapper, ansees som en fordel for et endelig produkt. Dette reflekterer metoden til iLogikey, som baserer seg på at alle funksjoner skal være tilgjengelig med én hånd.

8.2. Egen konsepttesting

Ved utvelgelse av funksjonsalternativ av tastaturet i iLogikeysystemet, kan ikke egenskapene benyttes direkte, ettersom utformingene ikke gir vesentlig endring i funksjon. Praktiske hensyn må derfor legges til relevante egenskaper for å komme frem til et valg. Dette kommer av endringen til et modulbasert system i seleksjonen av utforming for totalsystemet.

Tabell 11: Forklaringer rundt overføring av vektinger og særegne egenskaper som er viktig for utformingen til tastaturet.

Egenskap	Nr.	Forklaring
Skrijving	I	Hovedfunksjonen til systemet vil være å gi skriftlig informasjon. Denne egenskapen er direkte overførbar fra egenskapene i seleksjonsmatrisen.
Integrering av batteri	II	På grunn av valget om å ha enheten med trådløst tastatur, må det være plass for batteri i den valgte utformingen. Denne egenskapen overføres fra matrisen.
Integrering av chip	III	Som ved egenskapen over, må det være plass til elektronikk i tastaturet. Derfor benyttes samme vekting som over for denne.
Montering	IV	Dersom systemet skal være trådløst og komponentbasert for å øke bruksområdene til iLogikey, må det være enkelt å montere og ta av tastaturet.
Flerbruker	V	I militære avdelinger er det viktig at kritiske systemer kan benyttes av både høyre og venstrehendte, samt flere brukere av samme enhet. Dette er derfor viktig for valget.
Værtetting	VI	Denne egenskapen reflekterer valget om bruk av enheten i fuktige omgivelser og eventuelt under vann. Vektingen vil derfor være den samme som for vanntetthet.
Mus	VII	Mulighet for betjening av en form for musepeker i utformingen vil vurderes her. Denne er vektet fra seleksjonsmatrisenes vekting for grafisk styring.
Synsfelt	VIII	En av hovedfordelene med å ha et tastatur på våpenet, er å kunne holde fokus på det som skjer rundt soldaten. Dette vil derfor være viktig for valget av utforming.
Våpenbruk	IX	Dersom utformingen hindrer våpenbruken til soldaten, vil dette gjøre at systemet ikke har noen fortrinn fra NORMANS KKI. Dette er derfor en viktig egenskap.
Modularisering	X	Denne egenskapen reflekterer tilkobling for eksterne sensorer og vektet fra seleksjonsmatrisen. Poengene vil gå på mulighet for å legge inn tilkoblingspunkter enkelt.
Knappeposisjon	XI	Muligheter for plassering av knapper der det vil være lett å betjene dem går på ergonomi og vektet likt som dette fra seleksjonsmatrisen.

iLogikey

Tabell 12: Seleksjonsmatrise for utvelgelse av tastaturutforming. Alternativene er representert i figur 19.

Utforming	Egenskap											Sum
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Alternativ 1	6	5	5	10	10	10	7	10	9	10	8	6,3
Alternativ 2	6	5	5	8	10	10	5	10	10	2	5	5,3
Alternativ 3	4	1	1	4	10	10	3	10	5	1	8	4,0
Alternativ 4	6	1	1	1	10	10	5	10	10	1	5	4,3
Alternativ 5	4	1	1	1	10	10	3	10	5	1	8	3,8
Alternativ 6	9	2	2	10	10	5	1	10	5	10	10	5,3
NORMANS KKI	3	10	10	9	10	8	10	0	5	10	5	5,3
Vektingsfaktor	9	7,7	7,7	8	8	8,7	7,0	9	9	9	8,7	

For vurdering av konkurrenters potensiale til å oppfylle problemstillingene iLogikey skal løse, settes de opp i en egenskapsmatrise. Konkurrentene blir bedømt subjektivt mot relevante egenskaper og en totalsum regnes ut basert på vektingen fra rangeringen av egenskaper i tabell 10.

Tabell 13: Subjektiv vekting av aktuelle konkurrenters oppnåelse av egenskap. Summen beregnes ved hjelp av vektingsfaktoren og poengoppnåelse.

Konkurrent	Egenskap														Sum
	D	A	F	L	N	M	B	E	G	J	K	I	H	O	
Silynx	0	8	6	0	2	7	10	9	9	10	8	9	9	8	5,6
In10did	10	4	2	0	0	5	3	5	6	0	5	4	0	2	2,8
Bat	8	9	8	0	7	8	5	0	0	0	0	4	0	2	3,0
FrogPad	9	2	3	0	0	4	4	0	0	0	0	4	0	5	1,8
Microwriter	9	9	7	0	7	7	6	0	0	0	0	4	0	3	3,1
Tastatur	9	0	5	2	0	0	5	0	0	0	0	4	0	7	1,9
BrainWave	7	10	10	7	10	8	4	8	0	5	7	3	3	8	5,1
Normans	8	1	1	10	7	8	8	6	6	8	9	5	3	9	4,9
Liquidkeyboard	5	5	5	10	6	5	5	5	0	0	0	5	0	7	3,3
Vektingsfaktor	9,0	10	8,7	7,0	6,7	6,7	9,3	9,0	8,7	7,7	7,3	8,0	8,3	6,3	

Tabell 12 viser at utforming av tastaturet som et vertikalgrep (alternativ 1) er den løsningen som oppfyller egenskapene som brukerne vektlegger høyest. Vi kan se i tabell 13 at de konkurrerende løsningene som scorer høyest på tabellen, er de systemene som allerede er i bruk i forsvarsindustrien i dag. Unntaket er hjernebølge skanning, som er en ny teknologi. Dette gir validitet til våre betraktninger om de vurderte egenskapenes viktighet.

8.3. Foretrukne løsninger

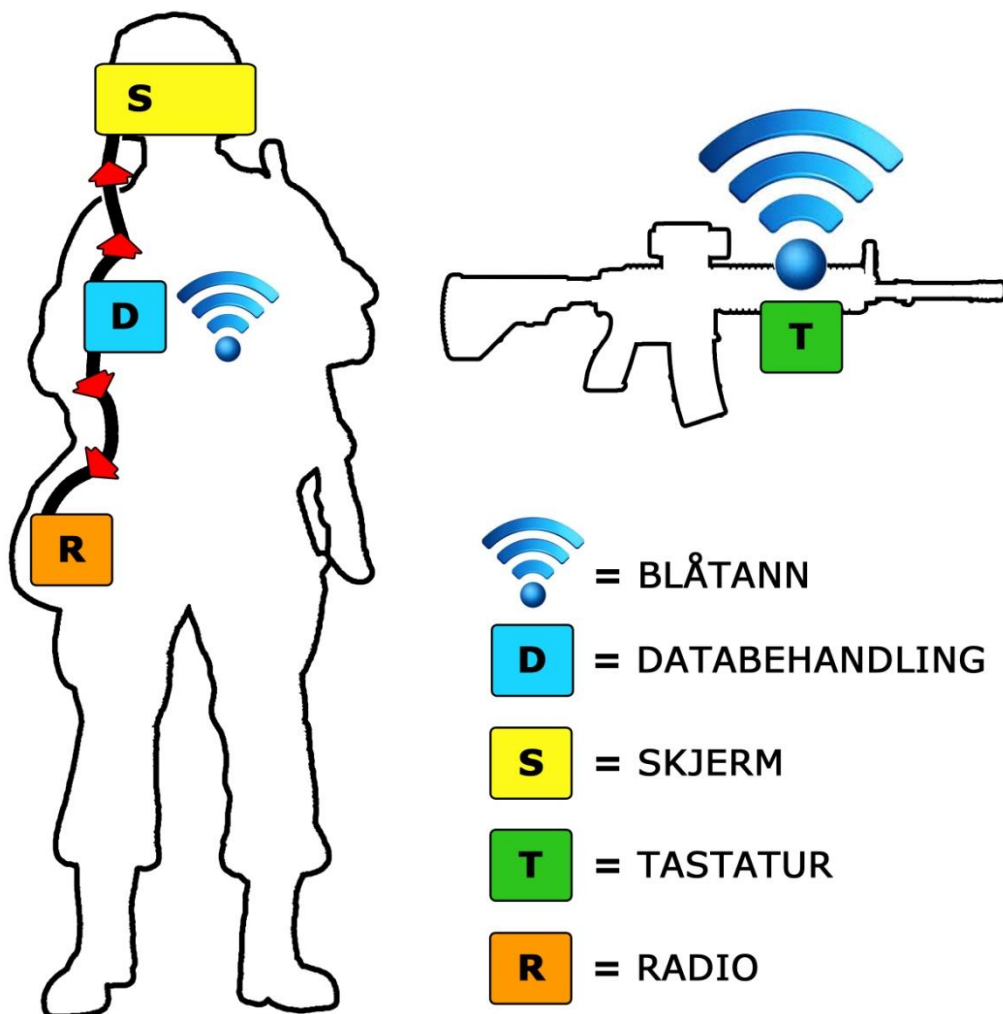
Totalsystemet

Fra vurderingene tidligere i oppgaven konkluderes det med at totalsystemet må utformes i moduler for å oppnå fordeler fremfor NORMANS KKI. Denne splittelsen i skjermdel, datadel, radio og trådløst tastatur gir store fordeler med tanke på å selge ut iLogikey til militære organisasjoner som benytter forskjellige radio og krypteringssystemer fordi militært klassifisert teknologi ikke behøver å integreres i selve pakken.

Systemet vil også være mer motstandsdyktig mot konkurrerende løsninger og utdatering ettersom deler av systemet kan oppdateres og føre til mer salg i livsløpet til totalsystemet.

Tastaturet

Utformingen til tastaturet vil være som et vertikalgrep, ettersom denne løsningen viser størst evne til å forbedre soldatens bruk av tekstsystem.



Figur 29: På figuren vises den foretrukne løsningen for totalsystemet til iLogikey rettet mot militæret. Systemet består av en databoks, med kabel til skjerm på soldatens brille, blåtann overføring til tastatur på våpenet og oppkobling til soldatens egen radio.

9 EKSTERN KONSEPTTESTING

Ved konsepttesting internt blant utviklerne i en bedrift eller et prosjekt, er det fare for å finne løsninger som ikke svarer til behovene i sluttmarkedet. Dette kan unngås ved å samle inn data fra kunder og sluttbrukere for å sjekke at de samsvarer med egne vurderinger og å justere for avdekkede avvik.

9.1. Målsettinger for testingen

Funksjonen til den eksterne konsepttesten er å finne eventuelle avvik mellom funksjonsbehovene som har blitt satt av Bjune Engineering, og sluttbrukere. Dette er nødvendig for å redusere risikoen for økonomiske tap som følge av utvikling av ugunstige konsepter og design, i tillegg til å avsløre potensielle problemstillinger som ikke er kommet frem til internt.

9.2. Valg av testpopulasjon

Norges forsvar består av soldater mellom 18 og 44 år. Testgruppen som benyttes må ha lignende aldersvariasjon for å få resultater som reflekterer erfaringene forskjellige aldersgrupper har. På grunn av den relativt lange perioden som har gått siden andre verdenskrig, har ikke den generelle befolkningen i Norge erfaringer med hva som fungerer i stridssituasjoner. Personer som har tjenestegjort i utenlandstjeneste er derfor viktig å ha med i testpopulasjonen.

Variasjon i utdanning og ferdigheter er også viktig fordi systemet må fungere for alle soldater.

Innsatsstyrken i Norge er en nylig etablert styrke underlagt Heimevernet, som har som funksjon å kunne løse varierende oppdrag på kort tid. Det nyligste eksempelet på dette er benyttelsen av styrken under terrorhandlingene 22. Juli 2011. Soldatene er godt trente og har vesentlig andel av tidligere befal fra alle forsvarsgrener i tillegg til varierende bakgrunn fra tjenestegjøring i utenlandsoperasjoner.


9.3. Innhold og form på testskjemaer, kommunikasjonsform

For å nå soldatene på en best mulig måte, og samtidig ivareta anonymiteten til hver deltager i spørreundersøkelsen, ble undersøkelsen utformet som et elektronisk skjema ved hjelp av nettjenesten SurveyMonkey (figur 30).³⁸

Det ble spurt om soldatene oppfattet grunnleggende problemstillinger, som problemer de hadde opplever i sin tjeneste og rangering av egenskaper de ville ha behov for i et ferdig produkt. I tillegg ble soldatene bedt om å velge hvilket konsept de foretrakk.

Denne spørreundersøkelsen er laget som en brukerundersøkelse for et kommunikasjonsystem under utvikling. Systemet består av et enhåndstastatur som kan integreres i våpenet for å kommunisere stille uten å trekke fokus vekk fra oppdragsløsning.

Illustrasjon av tastaturet utformet som vertikalgrep



1

1. Vil det være en fordel for deg som soldat å kunne melde inn observasjoner stille og uten å flytte fokus vekk fra våpenhåndteringen?

Ja
 Nei

2. Synes du det kan være vanskelig å opprettholde oversikt over situasjonsbildet under aksjoner idag?

Ja
 Nei

3. Vil visuell informasjon være gunstig for at situasjonsforståelsen skal bli bedre? Med visuell informasjon menes et system som viser ikoner eller tegn om området rundt deg.

Ja
 Nei

4. Ville du være villig til å lære deg et nytt skrivesystem dersom du mente dette forbedret evnen til kommunikasjon?

Ja
 Nei

5. Basert på et system som kan gi kartdata, meldinger og observasjoner, hvordan rangerer du egenskapene under?

	Ikke viktig	Litt viktig	Veldig viktig
Både knapper som mulig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Holdbarhet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grensesnitt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tilgjengelighet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Differensierbar (temperaturotoleranse)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ergonomi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vennetthet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tilkobling for eksisterende sensorer (ultralyd, funksjonsnett, som avstandsmåling osv.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tilkoblingsmuligheter (kontakter for bruk med radiosystemer)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Batterilo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lademuligheter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grafisk styring (muspeker)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vekt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Konfigurerbarhet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Design	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Ville du vært interessert i å prøve ut kommunikasjonsystemet?

Ja
 Nei

2

3

Figur 30: Utklipp fra spørreskjema om funksjon og utforming til tastaturet. Undersøkelsen ble bygget opp med en forklaring av ideen med en koseptskisse (1), en spørsmålsdel om problematikk i strid (2) og en del der deltagerne vektet forskjellige egenskaper (3).

9.4. Resultater fra spørreundersøkelsen

Totalt svarte 18 soldater på spørsmålene om problemstillingene og funksjoner som det ville være behov for i iLogikey-systemet. På spørsmålene om hvilken utforming som skulle benyttes var det 10 som svarte. Antallet svar som ble samlet inn er ikke nok til å konkludere med hva som kommer til å dukke opp av ønsker hos en reell kunde, men gir et godt innblikk i hva brukerne ønsker.

Tabell 14: Resultater fra spørsmål om problemstillinger i undersøkelsen.

Spørsmål om problemstillinger		
1. Vil det være en fordel for deg som soldat å kunne melde inn observasjoner stille og uten å flytte fokus vekk fra våpenhåndteringen?		
	Antall som svarte ja:	17
	Antall som svarte nei:	1
	Totalt antall svar	18
2. Synes du det kan være vanskelig å opprettholde oversikt over situasjonsbildet under aksjoner i dag?		
	Antall som svarte ja:	17
	Antall som svarte nei:	1
	Totalt antall svar	18
3. Vil visuell informasjon være gunstig for at situasjonsforståelsen skal bli bedre? Med visuell informasjon menes system som viser ikoner om området rundt deg.		
	Antall som svarte ja:	17
	Antall som svarte nei:	1
	Totalt antall svar	18
4. Ville du være villig til å lære deg et nytt skrivesystem dersom du mente dette forbedret evnen til kommunikasjon?		
	Antall som svarte ja:	15
	Antall som svarte nei:	3
	Totalt antall svar	18

Resultatene fra spørsmål 1-3 om problemstillinger, viser at soldatene mener de ville ha forbedret evne til å løse oppdrag, dersom de kunne utveksle visuell informasjon med hverandre underveis.

Spørsmål 4 viser uventet lav motstand mot å måtte lære seg et nytt skrivesystem. Dette viser at fulltekstfunksjonen til iLogikey-metoden ville blitt forsøkt brukt blant en stor andel av deltagerne. De som ikke er villige til dette må det legges til rette for ved hjelp av mulighet for forhåndsdefinerte kommandoer.

iLogikey

Tabell 15: Resultater av vekting av egenskaper i undersøkelsen. Egenskapene er listet etter synkende viktighet og fet skrift markerer antallet vektinger.

Egenskap	Vekting										Svar	Snitt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Holdbarhet	0	0	0	0	0	0	0	4	1	13	18	9,50
Vanntetthet	0	0	0	0	0	0	0	3	4	10	17	9,41
Batteritid	0	0	0	0	0	0	0	5	4	9	18	9,22
Temperaturløstoleranse	0	0	0	0	0	3	0	1	2	11	17	9,06
Grensesnitt	0	0	0	0	0	1	0	5	3	9	18	9,06
Ekstern radio	0	0	0	0	0	0	1	8	3	6	18	8,78
Lav vekt	0	0	0	0	0	3	1	4	1	8	17	8,59
Lademuligheter	0	0	0	2	1	0	2	2	5	6	18	8,22
Ergonomi	0	0	2	0	0	3	2	5	1	5	18	7,61
Få knapper	0	1	0	1	1	0	3	6	1	4	17	7,59
Eksterne sensorer	1	0	1	0	2	2	2	1	4	5	18	7,44
Tekstmulighet	1	1	1	0	2	1	3	3	1	5	18	7,00
Konfigurerbarhet	0	0	2	1	1	5	5	0	3	1	18	6,50
Grafisk styring	4	0	1	1	2	4	1	4	0	1	18	5,22
Design	2	2	2	1	5	1	1	3	0	1	18	4,89





Ved vektingen vises det at egenskaper som går på systemets evne til å takle påkjenninger og være pålitelig scorer aller høyest. Dette er som ventet, ettersom soldatene må kunne stole på systemet under situasjoner der livet kan være i fare.

Alternativet som gir mulighet for å benytte avdelingers egne radioer oppnår uventet høy vekting, hvilket indikerer at soldatene ønsker denne funksjonen i sluttproduktet. Dette løser problematikk rundt integrering av militære krypteringsløsninger i datasystemet, og vil gi større mulighet for produksjon av enheten hos kommersielle leverandører.

Resultatene viser at designets utseende har liten interesse hos soldatene og at utformingen derfor bør være drevet av funksjon.

Det er tilsynelatende liten interesse for å kunne styre en musepeker med iLogikey. Denne funksjonen er en viktig del for Bjune Engineering og vil derfor ikke fjernes. Det vil derfor være nødvendig å legge til rette for at funksjonen ikke er til hinder for brukere som anser den som unødvendig, samtidig som den gir tilstrekkelig kontroll for dem som drar nytte av grafisk styring.

Tabell 16: Valg av utforming for tastaturet og plassering av skjerm.

Funksjonsutforming	
Valg av utforming for tastaturet	
Utforming	Stemmer
 Underbeslag	3
 Pistolgrep	1
 Hanske	0
 Vertikalgrep	6
<i>Totalt antall svar</i>	
	10
Plassering av skjerm	
Utforming	Stemmer
På brillene	2
På hjelmen	2
Rundt siktemiddelet	2
På siden av våpenet	1
Løs skjerm	3
<i>Totalt antall svar</i>	
	10
Kommentarer	
	2

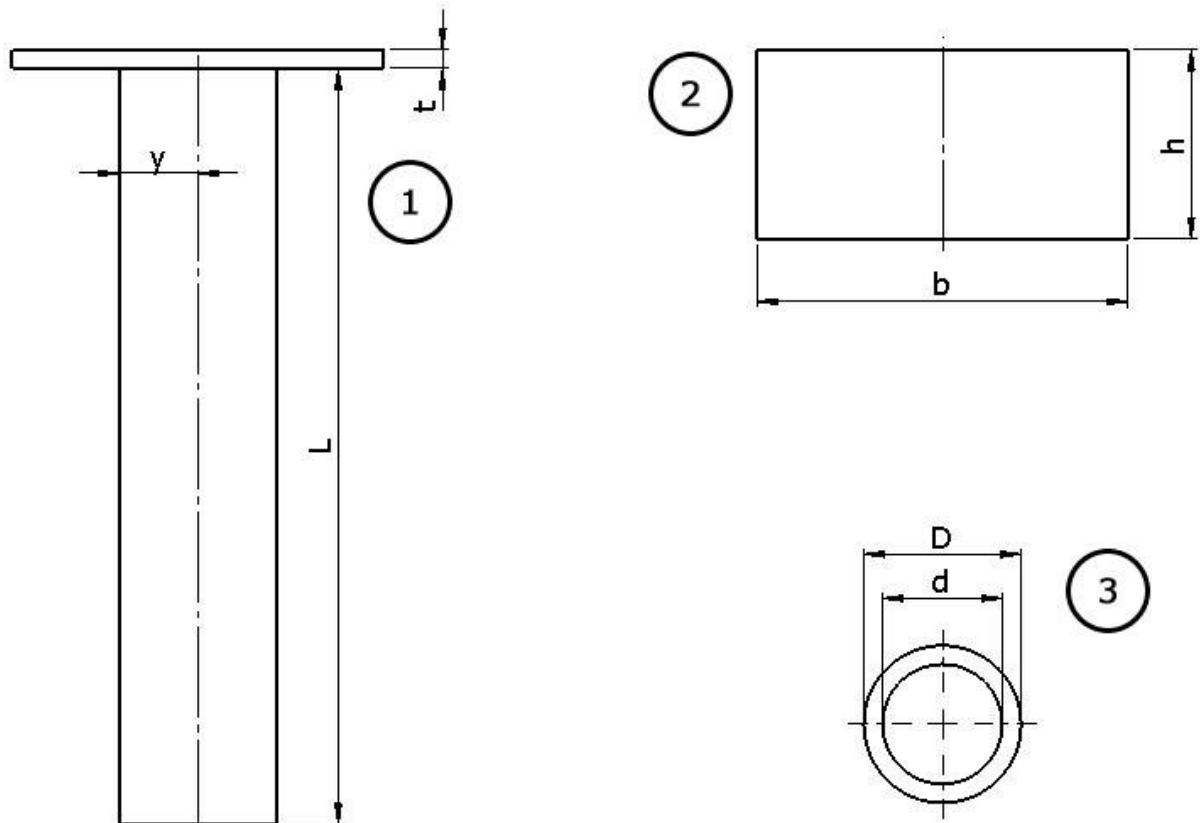
Resultatene fra utformingsdelen av undersøkelsen fikk liten deltagelse. Dette gjør resultatene usikre, men det er en tydelig trend blant deltagerne i å foretrekke vertikalgrepsløsningen for tastaturet. Denne utformingen kom også best ut i den interne konsepttestingen og vil derfor benyttes for den videre utformingen.

Et viktig punkt i undersøkelsen var å finne ut hvor skjermen bør plasseres. Dette har ikke gitt noe entydig resultat, ettersom det er relativt jevn stemmegivning blant alle de fem alternativene. Det vil derfor være nødvendig å se på løsninger som kan variere posisjonen for skjermen og komme frem til en løsning ved praktisk testing ved en senere testfase hos en brukergruppe.

10 GRUNNLAGSBEREGNINGER

For å kunne dimensjonere vertikalgrepet, forenkles grepets utforming. Grepet sees da som et rør sveiset fast på en plate. Platen er nødvendig for å kunne koble enheten til og fra våpenet raskt og sikkert ved hjelp av tredjeparts løsninger. For dimensjoneringen av platen er det tatt utgangspunkt i en hurtigkobling fra Atlantic Research Management Systems, Inc.²⁸ og 6082-T6 aluminium som materiale.

I dimensjoneringen gjøres beregninger av påkjenningene som ble utledet under kapittel 7.3, Brukspåkjenninger.



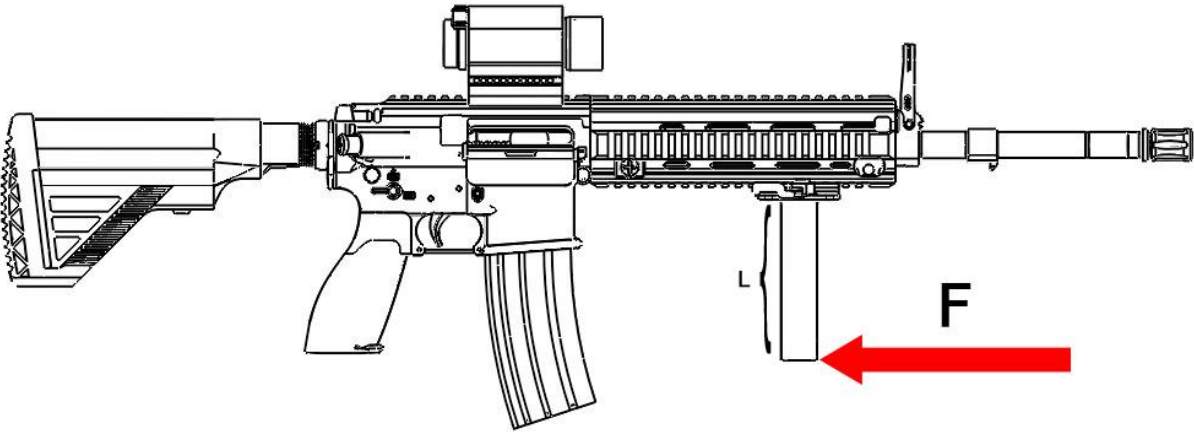
Figur 31: Figuren over viser hele vertikalgrepet som forenklet modell (1), topplaten sett ovenfra (2) og rørets tverrsnitt (3).

Tabell 17: Tabellen viser dimensjonsgivende mål for stammen i tastaturet.

Dimensjonsgivende faktorer		
Symbol	Størrelse	Beskrivelse
L	120 mm	Nødvendig lengde på stammen for å kunne designe et ergonomisk grep.
D	25 mm	Antatt maksimal diameter på røret for å kunne designe et ergonomisk grep.
b	59 mm	Bredde på hurtigkobling fra A.R.M.S.
h	30 mm	Høyde på hurtigkobling fra A.R.M.S

10.1. Hekting av vertikalgrepet ved sprang

Under våpenbruk kan det forekomme at soldaten beveger seg frem med våpenet hevet og hekter tuppen av vertikalgrepet på noe. Jeg antar derfor denne belastningen som dimensjonerende for styrken i røret.



Figur 32: Angrepspunkt for kraften påført under hekting ved sprang.

Benytter ligningen for bevegelse ved konstant akselerasjon for å finne oppbremsingen:

$$V = V_0 + at \quad (1)$$

Antar en tid for sammenstøtet på 0,5 s og en hastighet ved bevegelse på 12 km/t for å være på konservativ side.

$$a = \frac{0 - 3,33 \text{ m/s}}{0,5 \text{ s}} = -6,66 \text{ m/s}^2$$

Beregner kraften i sammenstøtet:

$$F_{\text{sprang}} = m \times |a| \quad (2)$$

Antar en totalmasse på bruker på 120kg. Dette kompenserer for eventuelle tunge brukere, samt utstyret soldaten kan ha på seg.

$$F_{\text{sprang}} = 120 \text{ kg} \times 6,66 \text{ m/s}^2 = 799,2 \text{ N} \approx 800 \text{ N}$$

Setter krav til lastfaktor $\gamma_f = 1,5$ i henhold til Eurokode 9 og beregner dimensjonerende last. Høyere faktor er ikke ønskelig ettersom beregningen gjøres plastisk for å minimere vekt og dimensjoner.

$$F_{\text{sprang,ED}} = \gamma_f \times F_{\text{sprang}} \quad (3)$$

$$F_{\text{sprang,ED}} = 1,5 \times 800 \text{ N} = 1200 \text{ N}$$

Dimensjonerer godstykkelsen i røret:

For denne belastningssituasjonen er bøyespenningen dimensjonerende. Dimensjoneringen gjøres mot flyt med sikkerhet på 1, for å redusere vekten til stammen ved å tillate lokal flyt i overflaten av røret. Finner først flytspenningen ved resttøyning fra Eurokode 9, og justerer for materialfaktoren.¹⁵

$$f_{0,2} = \frac{f_o}{\gamma_{Mo}} = \frac{250 \text{ MPa}}{1,05} \approx 238 \text{ MPa}$$

Beregner nødvendig annet arealmoment basert på bøyespenningen som tillates i røret:

$$\sigma_{b,sprang} = \frac{F_{sprang,ED} \times L}{I} \times y \tag{4}$$

$$I = \frac{F_{sprang} \times L}{\sigma_{till,flyt}} \times y = \frac{1200 \text{ N} \times 120 \text{ mm}}{238 \text{ MPa}} \times 12,5 \text{ mm} = \mathbf{7563 \text{ mm}^4}$$

Beregner nødvendig indre diameter ved hjelp av formelen for annet arealmoment til et rør:

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \tag{5}$$

$$d = \sqrt[4]{-\frac{64 \times 7563 \text{ mm}^4}{\pi} + (25 \text{ mm})^4} = \mathbf{22 \text{ mm}}$$

Beregningene viser at det er nødvendig med en indre diameter på maksimalt 22mm. For å kunne sette inn gjenger for en bunnplugg og overholde kravet til indre diameter, velges bunnpluggens gjenger til å være M22, og røret til 19 mm i indre diameter. Resterende gods etter gjenging, vil da være tilstrekkelig for minimum godstykkelse.

Beregner spenning i stammen med nytt arealtreghetsmoment:

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = \frac{\pi}{64}(25^4 - 19^4) \text{ mm}^4 = 12777,64 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{b,sprang} = \frac{F_{sprang,ED} \times L}{I} \times y_r = \frac{1200 \text{ N} \times 120 \text{ mm}}{12777,64 \text{ mm}^4} \times 12,5 \text{ mm} = \mathbf{140,9 \text{ MPa}}$$

Dimensjonerer topplaten:

For denne belastningssituasjonen er bøyespenningen dimensjonerende. Regner platen som avstivet fra kanten av røret til angrepspunktet for momentet. Benytter derfor kraftarmen $l = 10,5$ mm fordi dette er avstanden mellom skruens sentralakse og ytterkant av røret:

$$f_{0,2} = 238 \text{ MPa}$$

Generell formel for bøyespennning benyttes, der den tillatte bøyespenningen settes lik $f_{0,2}$:

$$\sigma_b = \frac{F_{ED} \times L}{I} \times y_p$$

Formel for arealtrehetsmoment til rektangelet om x-aksen:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (6)$$

Setter inn arealmomentet i bøyespenningsformelen og løser for tykkelsen til topplaten på stammen:

$$\sigma_b = \frac{F_{ED} \times L}{\frac{h \times t^3}{12}} \times \frac{t}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times F_{ED} \times L}{\sigma_b \times h}} = \sqrt{\frac{6 \times 3130 \text{ N} \times 10,5 \text{ mm}}{238 \text{ MPa} \times 30 \text{ mm}}} = 5,26 \text{ mm}$$

Velger å benytte 5,3 mm som platetykkelse for å kunne produsere med lavere presisjon.

Beregner arealtrehetsmomentet til platen med nytt mål:

$$I = \frac{30 \text{ mm} \times (5,3 \text{ mm})^3}{12} = 372,2 \text{ mm}^4$$

Beregner den resulterende kraften hver av skruene holder igjen med:

$$F_{skruer,ED} = \frac{F_{ED} \times L}{2 \times l} = \frac{1200 \text{ N} \times 120 \text{ mm}}{2 \times 23 \text{ mm}} = 3130,4 \text{ N}$$

Regner ut bøyespenningen:

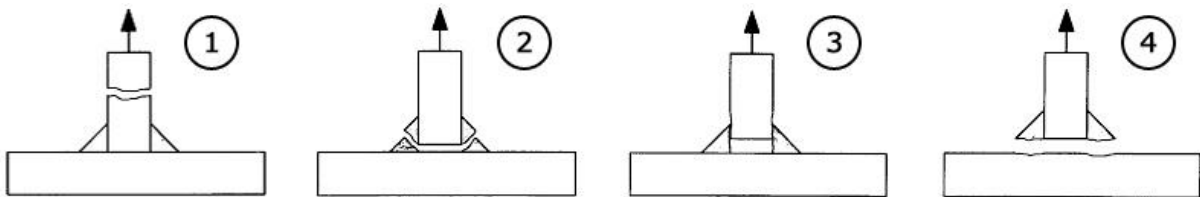
$$\sigma_b = \frac{3130,4 \text{ N} \times 10,5 \text{ mm}}{372,2 \text{ mm}^4} \times 2,65 \text{ mm} = 234 \text{ MPa}$$

Beregner nødvendig a-mål for sveis:

For produksjon av stammen i tastaturets grep, kan det freses ut av et helt stykke aluminium. Dette vil forenkle produksjonen, men gjør at det vil forekomme mye sløsing av material. Et alternativ som bruker mindre råmateriale, vil være å sveise et rør med standarddimensjoner fra leverandør, til en topplate. Ved sveising av aluminium mister det varmepåvirkede området, *Heat Affected Zone (HAZ)*, sin herding og styrke. Dette må gjenopprettes ved ny varmehending. Dersom innfestingen gjøres med en buttsveis med full gjennombrenning, kan vi beregne godset i grepet som helt, og se bort fra andre krav enn de som gjelder røret og platen.¹⁵

Beregningene under ser på dimensjonering av en kilesveis, fordi dette er et mer konservativt krav enn en fullt gjennombrent buttsveis sveis fra en side. Dersom a-målet for en kilsveis holder, vil buttsveis være sterkere for samme dimensjoner i grunnmaterialet. Det forutsettes at HAZ er gjenopprettet til T6, slik at styrken ikke er redusert.

For beregninger av sveiste konstruksjoner må brudd i grunnmaterialet, sveisen, skjæravrivning langs z og utrivning langs z kontrolleres. Dette gjøres på grunn av svekkelsen i HAZ området. På grunn av gjenoppretting av T6 varmehendingen i produksjonen av vertikalgrepet utføres kun kontroll mot brudd i sveisen.



Figur 33: Kontroller mot brudd i en varmepåvirket sveist konstruksjon. Brudd i varmepåvirket grunnmateriale (1), brudd i sveisen (2), skjæravrivning langs z (3) og utrivning langs z (4).¹⁴

Krav:

Jevnførende spenning for sveisen kan ikke overstige kravet i Eurokode 9, der dimensjoneringen skjer med flytgrensen til sveisematerialet. Egne faktorer for reduksjon av styrke i HAZ er ikke nødvendig på grunn av varmehendingen opp til T6 i etterkant av sveising.

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp} + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_w}{\gamma_{Mw}} = \frac{210 \text{ MPa}}{1,25} = 168 \text{ MPa}$$

Utregning:

Prøver med maksimalt a-mål i henhold til regel om a-måls størrelse i forhold til godstykkelse for aluminium i BS 8118. Dette gjøres fordi NS-EN 1999-1-1 (Eurokode 9: Prosjektering av aluminiumskonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler), ikke inkluderer en tilsvarende regel.

iLogikey

Regner ut maksimalt effektivt a-mål, basert på godstykkelse i røret:

$$a_w = 0,75 \times t_v = 0,75 \times 3 = 2,25 \text{ mm}$$

Bruker Lastfaktor på 1,5 for å finne dimensjonerende last:

$$F_{sprang,ED} = \gamma_f \times F_{sprang} = 1,5 \times 800 \text{ N} = 1200 \text{ N}$$

For å kunne beregne bøyepeningen i sveisen under sammenstøtet, beregnes motstandsmomentet og det effektive arealet i sveisen:

$$w_w = \frac{\pi}{32} \times \frac{(29,5^4 - 25^4) \text{ mm}^4}{29,5 \text{ mm}} = 1220,4 \text{ mm}^3$$

$$A_w = \frac{\pi}{4} \times (D_w^2 - d_w^2) = \frac{\pi}{4} \times (29,5^2 - 25^2) \text{ mm}^2 = 192,6 \text{ mm}^2$$

Bøyepeningen regnes ut:

$$\sigma_{b,w} = \frac{F_{sprang,ED} \times L}{w_w} = \frac{1200 \text{ N} \times 120 \text{ mm}}{1220,4 \text{ mm}^3} = 118 \text{ MPa}$$

Ved bruk av kilesveis er strekkspenningen og skjærspenningen normalt på a-målet i sveisen, like:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{b,w}}{\sqrt{2}} = \frac{118 \text{ MPa}}{\sqrt{2}} = 83,4 \text{ MPa}$$

Regner ut den parallelle skjærspenningen i sveisens tverrsnitt:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{sprang,ED}}{A_w} = \frac{1200 \text{ N}}{192,6 \text{ mm}^2} = 6,23 \text{ MPa}$$

Beregner den jevnførende spenningen i sveisen med von Mises kriterium:

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \quad (7)$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{83,4^2 + 3 \times (83,4^2 + 6,23^2)} = \mathbf{167,15 \text{ MPa}}$$

I henhold til kravet i Eurokode 9 om å ikke overskride 168 MPa, holder sveisen akkurat.

Forventet brudd:

For å oppnå at enheten ikke ødelegges dersom den overbelastes, beregnes nødvendig fasthetsklasse for en valgt M5 skrue, som holder enheten fast i koblingen til våpenet. Denne må da gå til brudd før grunnmaterialet skades vesentlig. På denne måten kan enheten lett repareres med nye skruer. Denne formen for valgt styrke i essensielle deler, kalles fail-safe.

Beregner skrukraften:

Det antas at platen roterer seg om midtpunktet, slik at den totale armen til kraften er avstanden fra nøytralaksen i røret til skruens senterakse.

$$F_{skrue,ED} = \frac{M_{ED}}{n \times l_{arm}} = \frac{1200 \text{ N} \times 120 \text{ mm}}{2 \times 23 \text{ mm}} = \mathbf{3130,4 \text{ MPa}}$$

Beregner nødvendig fasthetsklasse i skruen:

$$A_{skrue} = \pi \times r^2 = \pi \times (2 \text{ mm})^2 = 12,57 \text{ mm}^2$$

Setter $\sigma_{brudd,skrue}$ lik $R_{m,skrue}$:

$$F_{skrue,ED} = R_{m,skrue} \times A_{skrue}$$

$$R_{m,skrue} = \frac{3130,4 \text{ N}}{12,57 \text{ mm}^2} = \mathbf{249 \text{ MPa}}$$

Ved å velge fasthetsklasse 3.6 på skruen vil den altså ryke dersom bruksgrenselasten overskrides med mer enn 20%. Fasthetsklassen er ikke mye brukt i Norge, men er nødvendig for å sikre at grepet løsner fra våpenet før det svikter på måter som kan være farlig for brukeren.

Kontroll mot avskjær i skruen:

Skjærspenningen beregnes med grunnformelen for skjærspenning:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (8)$$

Skjærkraften per skrue er den dimensjonerende kraften delt på antall snitt skruene går gjennom:

$$V_{per \ skrue} = \frac{F_{ED}}{n} = \frac{1200 \text{ N}}{2} = 600 \text{ N}$$

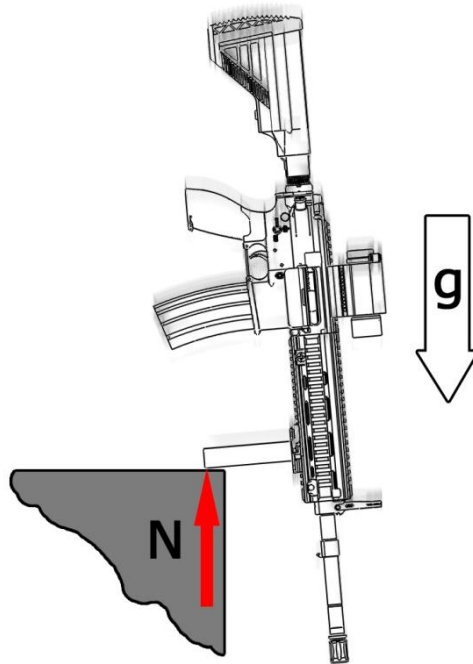
Regner ut skjærspenningen.

$$\tau = \frac{600 \text{ N}}{12,57 \text{ mm}^2} = \mathbf{47,7 \text{ MPa}}$$

På grunn av den lave skjærspenningen vil det ikke være fare for avskjær av skruene.

10.2. Fall fra 1 meter høyde

Dersom våpenet mistes eller faller ned på verst tenkelige måte, vil det oppleve et fall på 1 meter med sammenstøt normalt på tuppen av grepet.



Figur 34: Belastningssituasjon for vertikalgrepet under fall med sammenstøt mot stammen. N er normalkraften fra kontaktflaten og g er tyngdekraften.

Det er ikke mulig å fastslå tiden for sammen støtet, fordi det vil være svært kort og gir høy feilmargin. Ved å benytte energiligningen for en fjær sammen med energien i fallet beregnes dermed energien som tas opp av grepet. Dette vil gi kraften grepet opplever.

Benytter energibetraktningen for å finne kraften stammen blir utsatt for:

$$m \times g(h + \Delta l_{maks}) = \frac{1}{2} k \times \Delta l_{maks}^2 \quad (9)$$

Beregner den statiske kraften på stammen dersom våpenet sto på det.

$$F_{stat} = m \times g = 5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 49 \text{ N}$$

Beregner arealtregningsmomentet til røret, med dimensjonene som ble valgt i støtberegningen:

$$I = \frac{\pi}{64} (D_y^4 - d_i^4) = \frac{\pi}{64} (25^4 - 19^4) \text{ mm}^4 = 12777,6 \text{ mm}^4$$

iLogikey

Regner ut nedbøyningen til grepet under statisk kraftpåvirkning med den generelle formelen for nedbøyning:

$$\Delta l_{stat} = \frac{F_{stat} \times l^3}{3 \times E \times I} \quad (10)$$

$$\Delta l_{stat} = \frac{49 \text{ N} \times (120 \text{ mm})^3}{3 \times 70000 \text{ N/mm}^2 \times 12777,6 \text{ mm}^4} = 0,0316 \text{ mm}$$

Finner fjærkonstanten til grepet i det elastiske området. Dette er fjærkonstanten for bøyning av røret langs senteraksen:

Generell formel for fjærkonstant til en bjelke:

$$k = \frac{N_{stat}}{\Delta l_{stat}} \quad (11)$$

$$k = \frac{49 \text{ N}}{0,0316 \text{ mm}} = 1550,6 \text{ N/mm}$$

Beregner maks nedbøyning etter fall:

$$\Delta l_{maks} = \Delta l_{stat} + \sqrt{(\Delta l_{stat})^2 + 2h \times \Delta l_{stat}} \quad (12)$$

$$\Delta l_{maks} = 0,0316 \text{ mm} + \sqrt{(0,0316 \text{ mm})^2 + 2 \times 1000 \text{ mm} \times 0,0316 \text{ mm}} = 8 \text{ mm}$$

Finner den tilsvarende kraften grepet opplever:

$$N_{tilsv} = k \times \Delta l_{maks} = 1550,6 \text{ N/mm} \times 8 \text{ mm} = 12404,8 \text{ N}$$

Regner ut bøyespenningen grepet utsettes for ved sammenstøtet:

$$\sigma_{b,fall} = \frac{F_{tilsv} \times l}{I} \times y = \frac{12404,8 \text{ N} \times 120 \text{ mm}}{12777,6 \text{ mm}^4} \times 12,5 \text{ mm} = \mathbf{1456,2 \text{ MPa}}$$

Forventet brudd:

Denne bøyespenningen er mer enn fem ganger høyere en bruddspenningen til 6082-T6 Aluminium. Det vil ikke foretas noen form for omdimensjonering for å kompensere for dette fordi enheten må forventes å gå i stykker under så store påkjenninger. For at det kommunikasjonskritiske grepet i ILogiKey ikke skal gå i stykker vil boltene som fester det mot våpenet gå i brudd. Det ble sikret i beregningene over ved valg av fasthetsklassen for disse.

Enheden vil derfor bli knekt løs ved "fail-safe" og kan skrues fast på nytt med nye skruer.

10.3. Utmattingsberegning

For konstruksjoner utsatt for belastningssykluser, må det beregnes levetid før utmattingsbrudd. Dette kommer av sprekkdannelser i materialet som vokser til spenningene i det gjenværende tverrsnittet gir brudd.

Vertikalgrepet utsettes for et drag (bøyenspenning) hver gang soldaten legger an geværet for å sikte eller skyte. Denne belastningen antas å ikke overskride $F_{drag} = 200N$.

For utmattingen vil det ikke tas hensyn til HAZ, ettersom stammen i vertikalgrepet vil bli herdet opp til T6 etter sveising. Sveisingen vil utføres med en buttsveis med full gjennomtrengning. Det vil legges på en kilesveis som slipes ned til konkav form med en radius på 3mm og poleres for å sikre minst mulig feil i overflaten. Poleringen gjør at det ikke er nødvendig å korrigere for overflateruhet, fordi eventuelle sprekker er minimert.

Beregner spenningsvariasjonen i sveisen:

$$\sigma_{b,w drag} = \frac{F_{drag} \times l}{w_w} = \frac{200 N \times 120 mm}{1022,2 mm^3} = 23,5 MPa$$

$$\sigma_{\perp,ED} = \frac{\sigma_{b,w drag}}{\sqrt{2}} = \frac{23,5 MPa}{\sqrt{2}} = 16,6 MPa$$

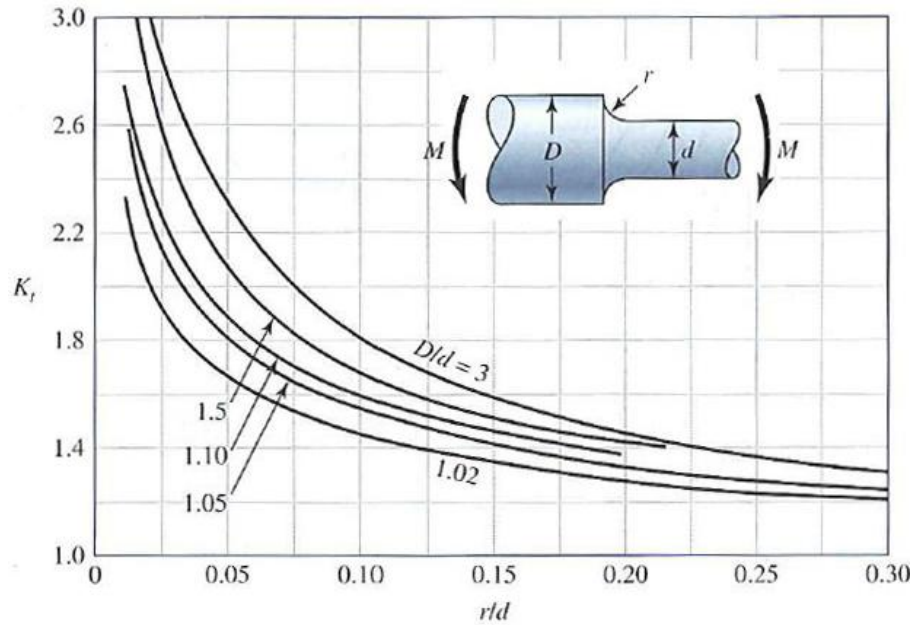
Regner ut skjærspenningen i sveisens tverrsnitt:

$$\tau_{ED} = \frac{F_{sprang,ED}}{A_w} = \frac{200 N}{207,3 mm^2} = 1 MPa$$

Beregner den jevnførende nominelle spenningen i sveisen:

$$\sigma_{jf,n} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times \tau_{ED}^2} = \sqrt{16,6^2 + 3 \times 1^2} = 16,7 MPa$$

Finner formfaktoren dannet av sveisens utforming ved å benytte kurven for konsentrasjonsfaktor ved bøying av aksel med kjerv:



Figur 35: Kurver for formfaktor ved kjerv fra Shigley's Mechanical Engineering Design.²

Regner ut forholdene mellom rørets diameter og kjerven, og rørets diameter og platens bredde:

$$\frac{r}{d} = \frac{3}{25} = 0,12$$

$$\frac{D}{d} = \frac{59}{25} = 2,36$$

For forholdet mellom platens bredde og rørets diameter benyttes 3, for å være på konservativ side. Leser av spenningskonsentrasjonsfaktoren til å være $K_t \approx 1,7$.

Regner ut den maksimale spenningen i ytterkant av rørveggen ved dynamisk belastning:

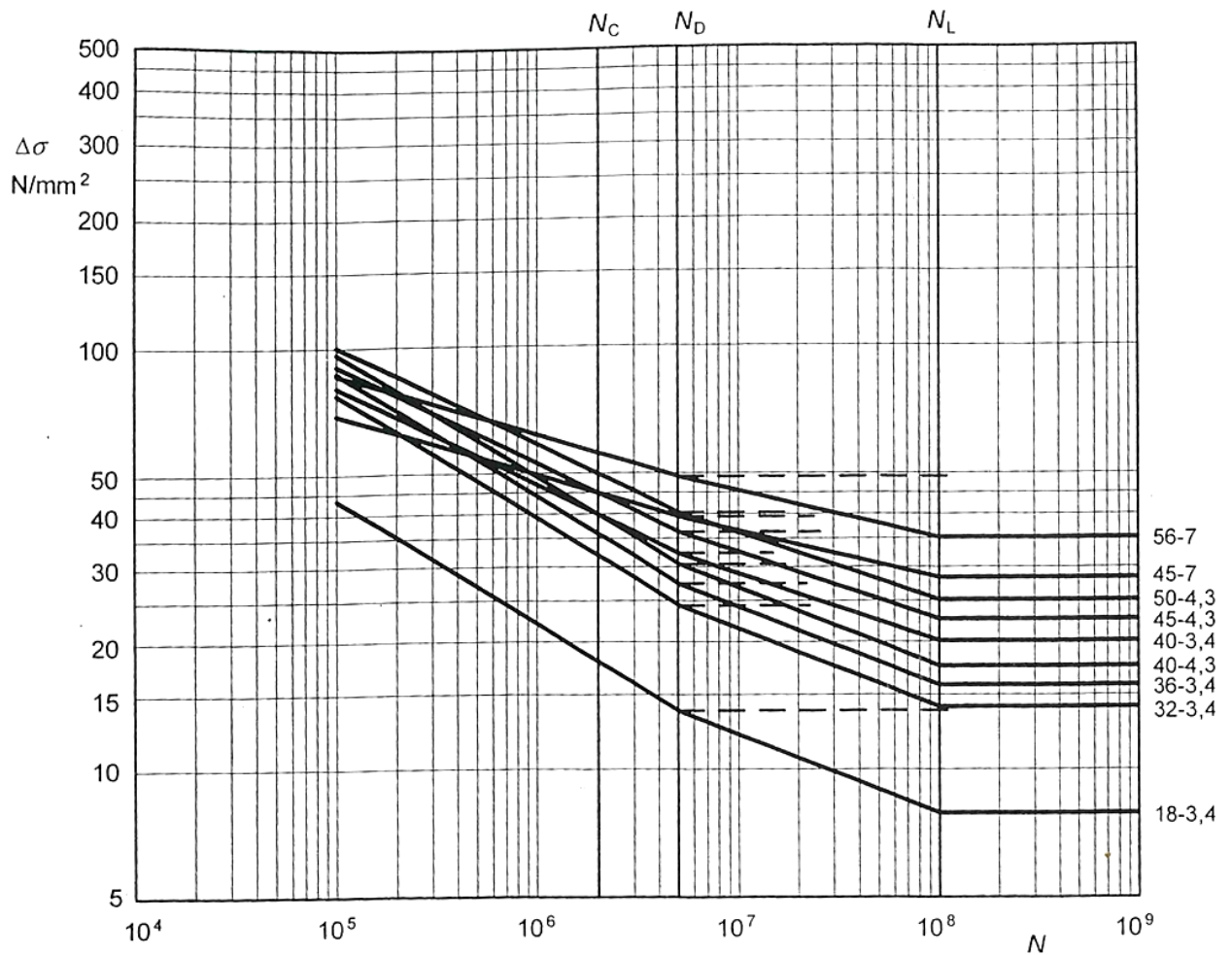
$$\sigma_{max} = K_t \times \sigma_n = 1,7 \times 16,7 \text{ MPa} = 28,4 \text{ MPa} \quad (13)$$

Finner kurveklassen for tilsvarende sveis påført hovedspenning fra Eurokode 9, Part 1-3:

7.4.1	45-4.3	<p>Weld toe</p>	Welded one side only, full penetration without backing	Flats, solids
7.4.2	40-4.3			Open shapes, hollow, tubular
7.4.3	32-3.4			

Figur 36: Kurveklasse 32-3,4 for lastbærende sveiser.¹⁶

Belastningssituasjonen tilsvarer kurveklasse 32-3,4 fra Eurokode 9. Kurven for denne klassen leses av for spenningsamplituden, for å anslå antall sykluser til brudd.¹⁶



Figur 37: SN-diagram J-7 for hovedlastbærende aluminiumsveiser. ¹⁶

Fra tabellen forventes grepet å tåle 1200000 belastninger av denne størrelsen. Dette er et svært usikkert tall, men det kan konkluderes med at vertikalgrepet holder ut levetiden til våpenet. Dersom belastningen antas å gjentas 200 ganger per dag, vil utmatting forekomme etter ca 16 år. Ved en så hyppig bruk, vil våpenet måtte byttes ut før grepet.

10.4. Etterkontroll av håndberegninger med FEM

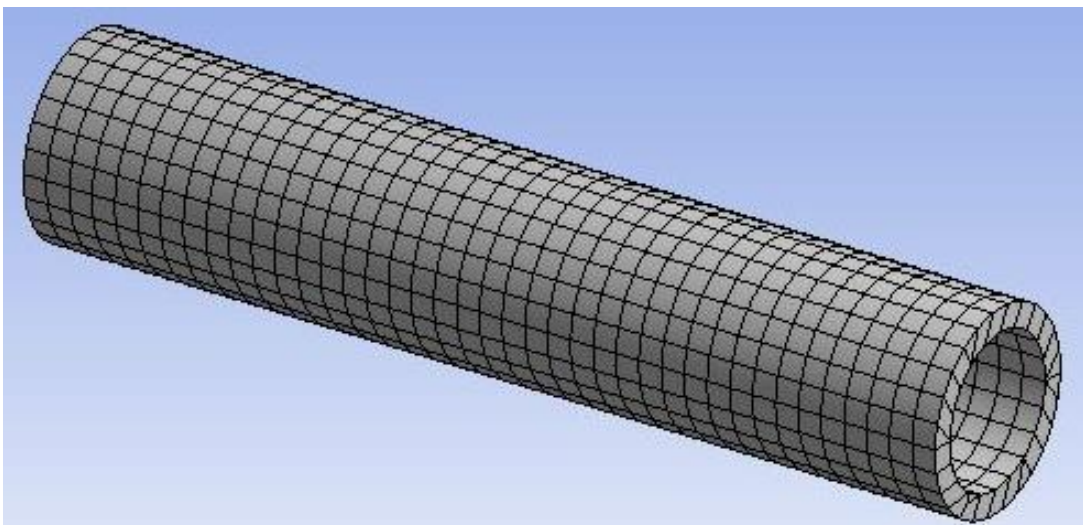
Finitt element metode (FEM) er en numerisk tilnæringsmetode for å beregne spenninger i komplekse geometriske former. Metoden går ut på å bryte opp konstruksjonen i en mengde elementer som approksimerer den totale geometrien. Overføringen av krefter mellom de individuelle elementene og de resulterende spenningene, kan deretter beregnes numerisk ved hjelp av dataprogrammer. For analysen av grepet benyttes Ansys Workbench til å beregne spenningene. Utformingen av grepets deler tegnes i modelleringsprogrammet Solidworks og importeres til Ansys for analyse.

For at resultatene skal være gyldige, må oppdelingen i elementer (meshing) gjøres slik at man får mest mulig gode elementer i områdene av interesse. Elementer med kubisk utforming gir høyest nøyaktighet, men tar lang tid å tilpasse til geometrien. Tetrahedere elementer kan raskt tilpasses geometrien, men gir lavere nøyaktighet. Ansys benytter en kombinasjon av elementformer for å spare tid og gi nøyaktigere resultater enn ved ren tetrahedral meshing. Kontroll av meshets gyldighet gjøres ved å forfine meshet og kontrollere om spenningene endrer seg vesentlig.

Kontroll av spenningen i stammen ved støy:

Analysen av spenninger i røret gjøres ved å tegne en modell av et rør som er fastspent i enden. Den dimensjonerende kraften på 1200 N, settes til å virke på endearealet til røret. Dette er en forenkling av den reelle belastningen, men kan benyttes fordi vi kun er interessert i spenningen ved innfestingen til røret, der det er størst moment.

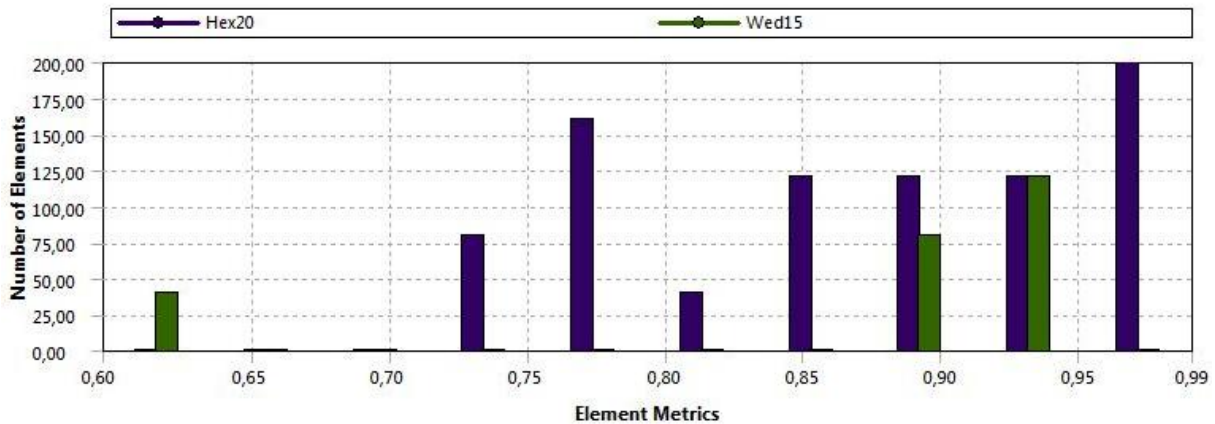
For å oppnå mest mulig nøyaktige resultater, vil et finest mulig mesh være det beste alternativet, men ta svært lang tid. Meshet utføres derfor først grovt og forfines der det er nødvendig å ha høyere nøyaktighet. For å kontrollere om elementenes utforming er god, benyttes funksjonen "mesh metrics" i Ansys Workbench.



Figur 38: Figuren viser meshet av røret. Meshet er jevnt og behøver ikke forfining.

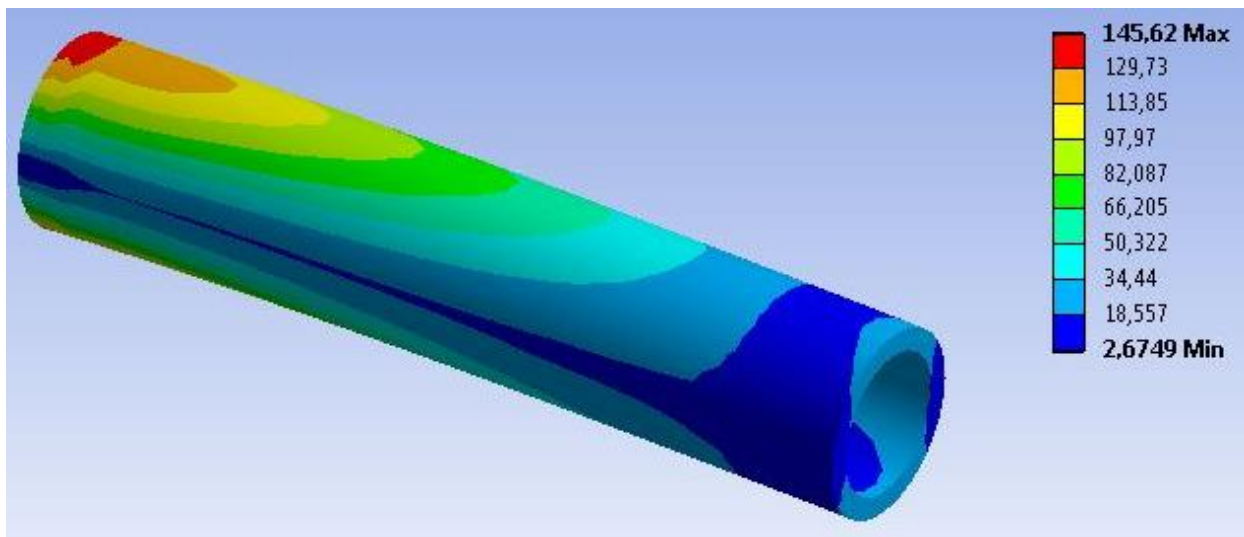
iLogikey

Visualisering av elementenes relative formkvalitet gjøres med Mesh metrics i Ansys Workbench. Elementene er av høy kvalitet fordi det primært benyttes kubiske elementer og det ikke finnes elementer under 0,5 i relativ kvalitet på utformingen.



Figur 39: Utsnitt av området på toppen av røret, der største bøyespenning opptrer. Meshet er jevnt i interesseområdet, og antas derfor å være godt.

Meshets form indikerer at analysen vil gi pålitelige resultater og mesh metrics bekrefter dette fordi det er høy andel av elementer som har formfaktor over 0,75. Analysen kan kjøres med meshet.



Figur 40: Spenningsplott ved støtbelastning på stammen i grepet. Maksimal spenning opptrer innerst ved innfestingen av røret, og er på 145,62 MPa. Dette stemmer godt med håndregningen.

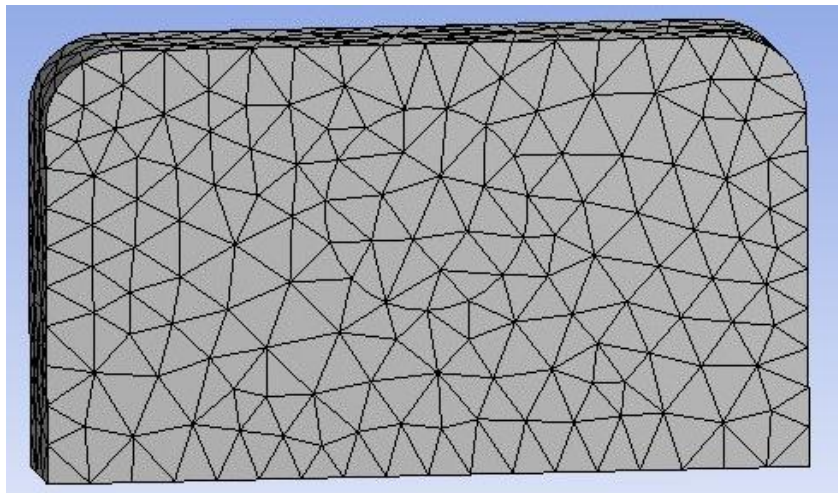
Analysen viser gir spenning innerst på røret på 145,62 MPa. Forfining av meshet gir 145,65 MPa. Simuleringen av spenningen i røret gir derfor gyldige resultater.

Delkonklusjon:

FEM analysen samsvarer godt med de beregnede spenningene i røret. Den minkede indre diameteren gir høyere sikkerhet mot flyt i godsveggen enn nødvendig, og røret kunne vært erstattet med en kon utforming for å spare vekt og materiale. Dette er ikke gunstig med tanke på enkelhet i prototyping og produksjon. Fra spenningsplottet er det tydelig at eventuelle hull for gjennomføring av antenne og ledninger, bør gjøres lengst mulig ned på stammen, 90° på belastningen. Avviket mellom håndberegningene og analysen, kommer av det opptredende skjærspenningene håndberegningene ikke tar høyde for.

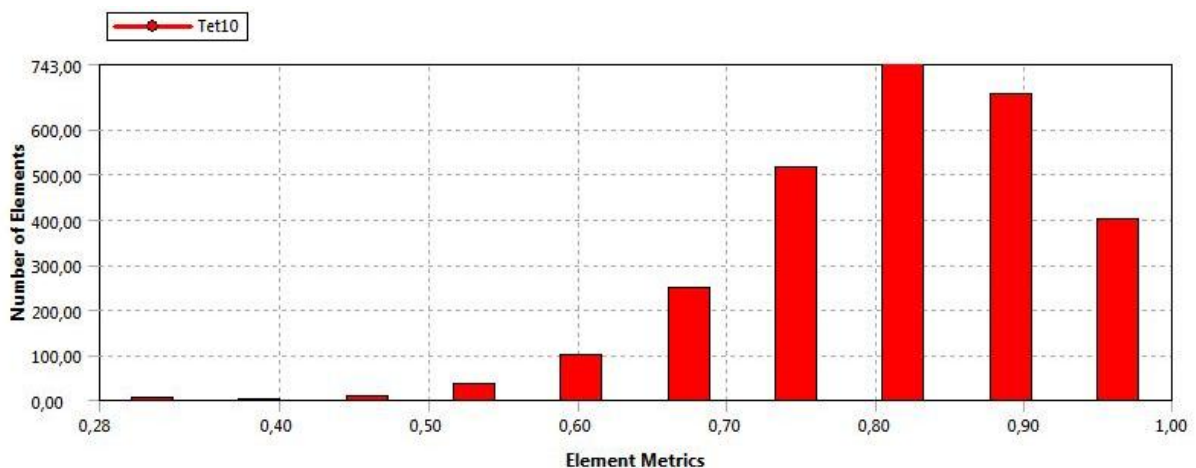
Kontroll av spenningen i topplaten ved støt:

For kontroll av dimensjonering av topplaten, modelleres kun biten fra røret og ut. Dette gjøres fordi håndberegningene ser platen som fullstendig avstivet fra rørets kant inn til rørets nøytralakse. For meshingen kontrolleres det at det ligger jevne elementer langs bunmlinjen til platen, der vi er interessert i spenningene.

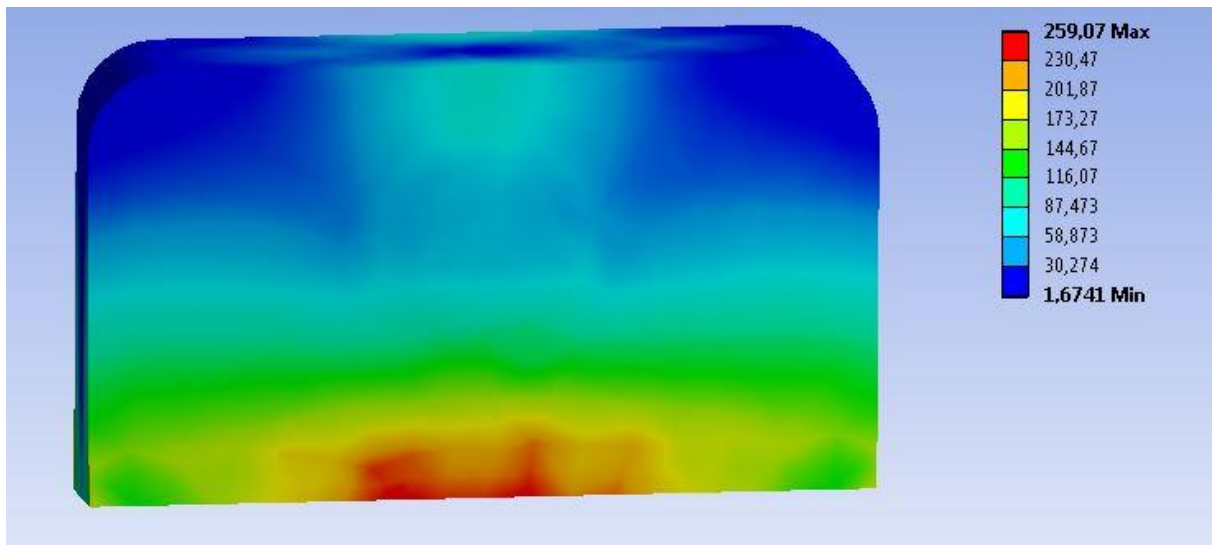


Figur 41: Mesh av topplaten for analyse av spenningene ved rørets innfesting.

Kontroll av meshets kvalitet gjøres med mesh metric funksjonen for å bekrefte at elementene har god form.



Figur 42: Vurdering av mesh metric viser at meshet består av gode elementer. Resultatet av analysen bør derfor gi gyldige resultater.



Figur 43: Spenningsplott av støtbelastning på stammen i grepet. Her vises spenningene i topplaten som kontrolleres mot håndberegningene. Maksimal spenning er 259,07 MPa.

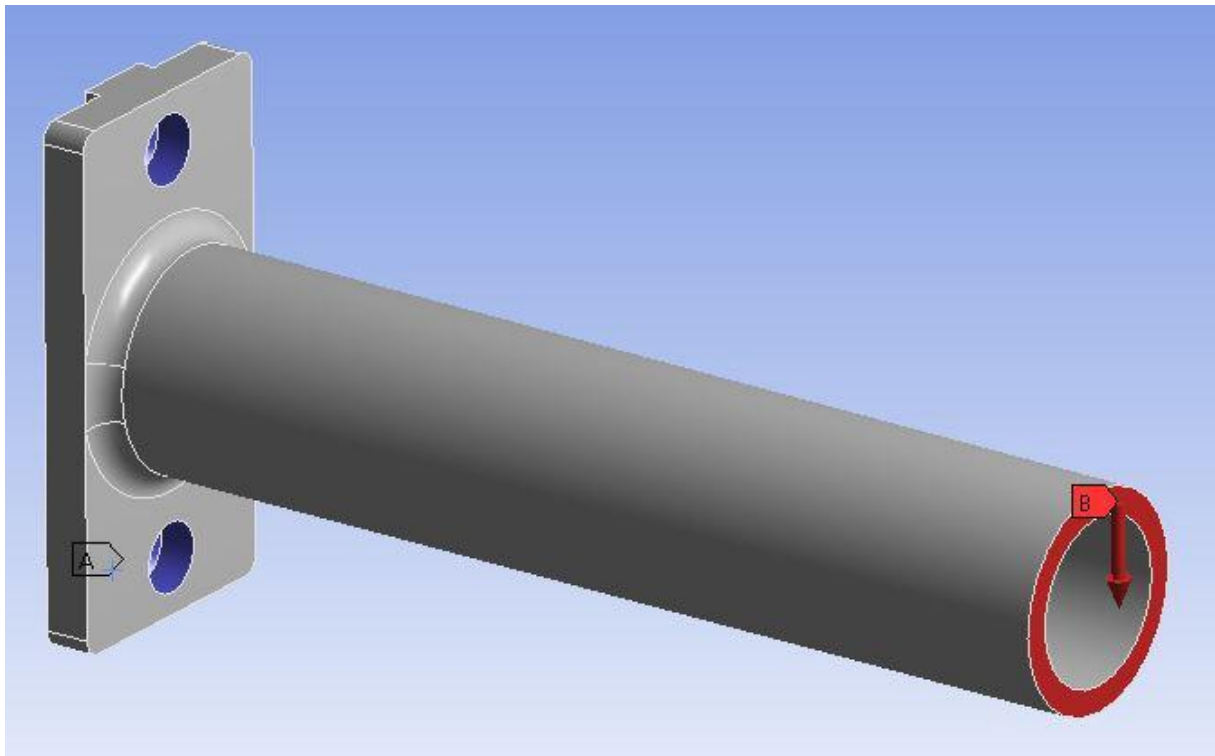
Delkonklusjon:

Håndberegningene ga 250 MPa. Avviket fra håndregningen antas å komme fra den avstivende effekten til fastlåsing i hullkanten, og spenningekonsentrasjon fordi det kun er skruen som overfører kreftene. Den reelle spenningen forventes å være noe lavere, fordi topplaten ligger an på baksiden. Elementer som overskrider flytgrensen ligger i overflaten og er ikke interessante for dimensjoneringen. Resultatene bekrefter at en 5,2 mm plate vil holde for utformingen av topplaten.

Kontroll av den reelle utformingen til stammen:

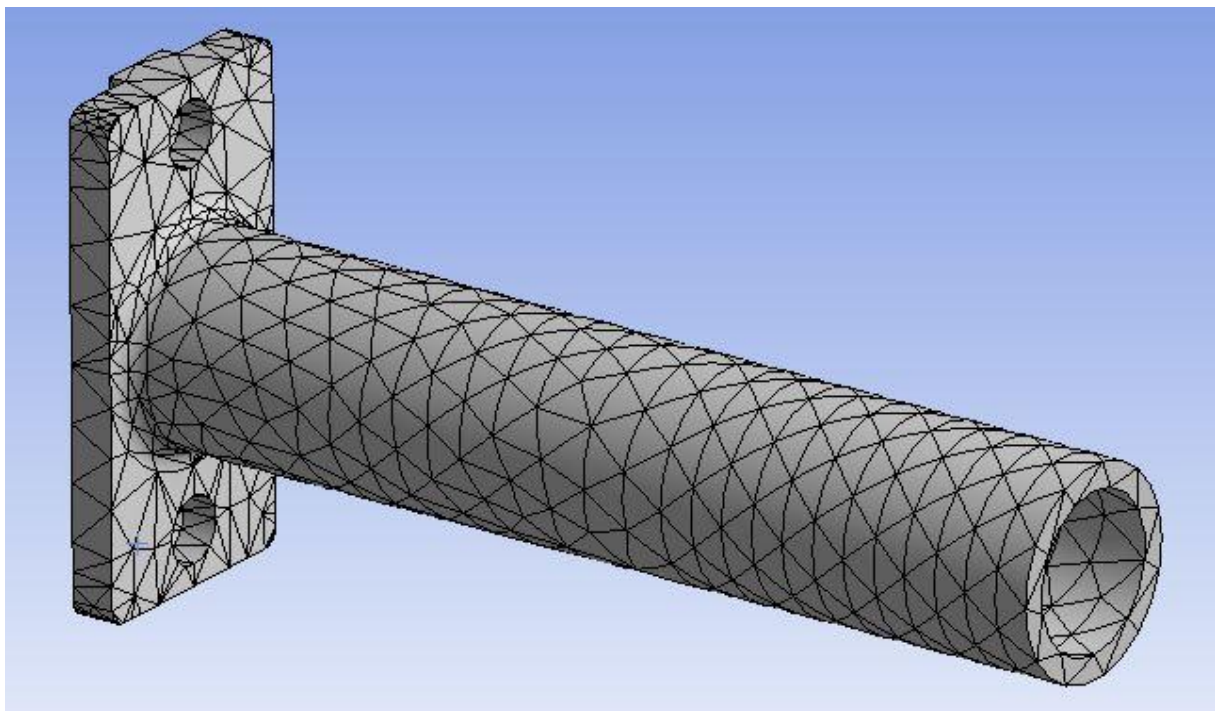
For å kontrollere de reelle spenningene i stammen, settes den fullstendige utformingen inn for å kontrollere spenningskonsentrasjoner og eventuelle muligheter for å optimalisere designet. Den reelle utformingen har en hevet skinne i bakkant og hull for gjengesyndere, for å monteres på A.R.M.S hurtigkobling. Produksjonen av stammen vil enten foregå ved utfresing av et helt stykke aluminium, eller benyttelse av k-sveis for å feste sammen et rør og en topplate. Begge produksjonsmetodene utføres med en radie på 3 mm overgangen mellom plate og rør.

Analysen av stammen settes opp ved å legge på støtbelastningen på endearealet av røret, og fastlåsing i hullene for gjengesyndere.



Figur 44: Figuren viser reell utforming av grepet, med støtbelastningen (rød) lagt på enden av røret og fastlåsing (blå) i hullene for gjengesylindrene.

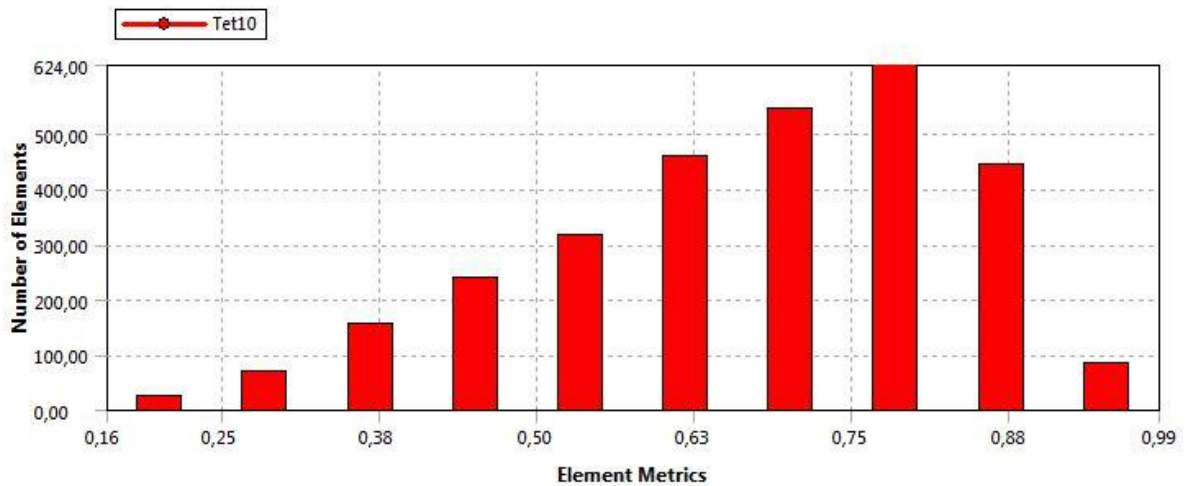
Meshingen gjøres først grovt for å færrest mulige noder å beregne i Ansys Workbench. Vurdering av meshet gjøres med mesh metric kommandoen for å avsløre svakheter med meshet.



Figur 45: Figuren viser den reelle utformingen av stammen i grepet, meshet med standardinstillinger.

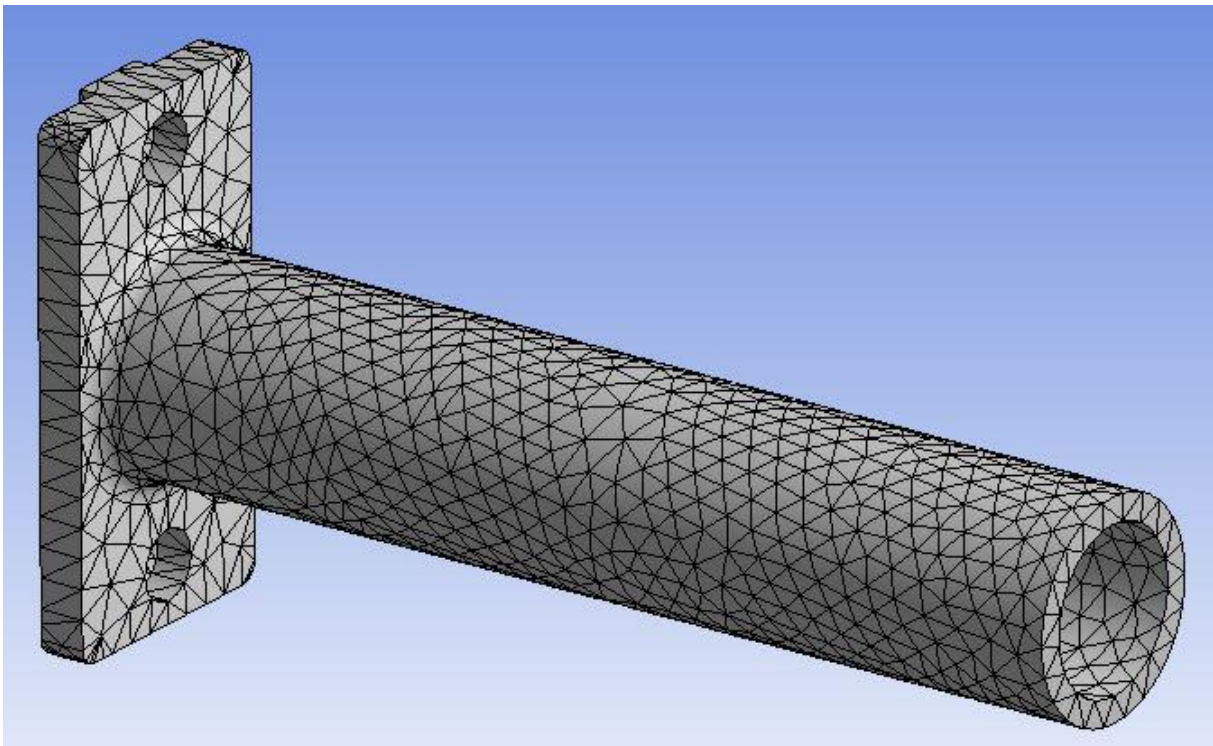
iLogikey

For å kontrollere meshets kvalitet, benyttes mesh metric funksjonen. Dette avslører at meshet har mange noder av relativt lav kvalitet, som vil gi ugyldige spenninger i områdene som er av interesse på stammen.



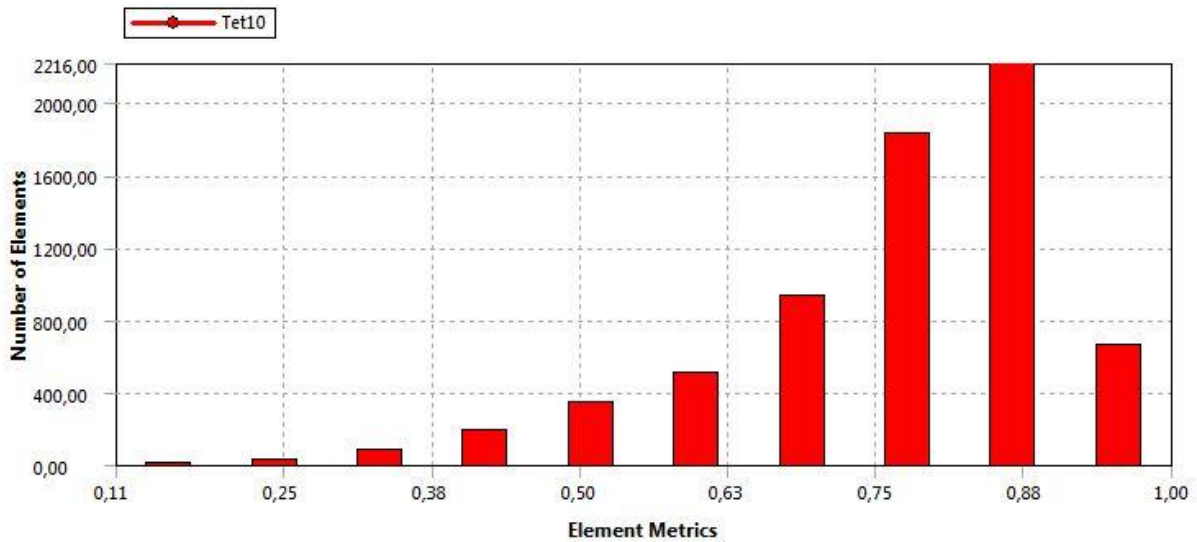
Figur 46: Visualisering av elementenes kvalitet, ved hjelp av mesh metric i Ansys Workbench. Figuren viser at mange av elementene i meshet har relativt lav kvalitet.

Forfining av meshet gjøres for å oppnå høyere kvalitet på elementene i områder av interesse. Ny vurdering ved hjelp av mesh metric gjøres for å kontrollere at elementene vil gi gyldige spenninger.



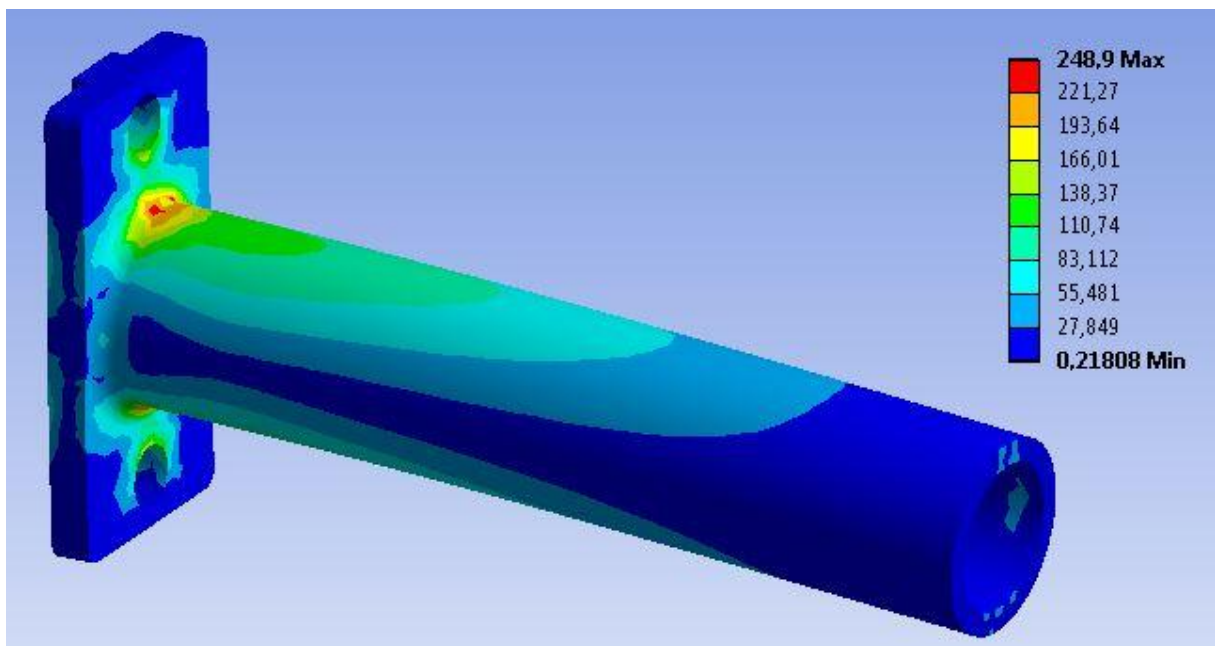
Figur 47: Visning av forfinet meshing av stammen. Meshet har jevner størrelse og form på elementene i overgangen mellom topplaten og røret.

iLogikey



Figur 48: Figuren viser visualisering av elementkvaliteten ved forfinet mesh på stammen. Forfiningen av meshet har gitt langt flere elementer med høyere kvalitet i området av interesse på stammen.

Modellen simuleres for å beregne spenningene i stammen, for å avdekke eventuelle avvik mellom dimensjoneringens forenkling og den reelle utformingen.



Figur 49: Spenningsplottet for den totale utformingen viser spenninger på 248,9 MPa i radien til sveisen.

Analysen gir maksimal spenning på 248,9 MPa i radien mellom topplaten og røret. En ytterligere forfining av meshet gir 250,32 MPa som maks spenning i samme område. Resultatene forventes derfor å være gyldige og tilsvarer håndberegningene godt. Eventuell lokal flyt kan forekomme i overflaten av radien, men kan sees bort fra fordi dette ikke svekker styrken i stammen.

Delkonklusjon:

Analysen viser at de kritiske elementene som ble dimensjonert ved håndberegninger samsvarer med området som har høyest spenning ved FEM analyse. Stammen har derfor god utforming for å motstå de forventede påkjenningen den vil utsettes for. Topplaten har lavere spenninger enn den dimensjonerte forenklingen på grunn av avstivende effekt av radien og skinne på baksiden.

Det vil være mulig å gå ned på tykkelsen til topplaten, dersom tester av ferdig produsert produkt utføres for å bekrefte resultatet, men dette vil gi liten innsparing i vekt og produksjonskostnader.

Utformingen av stammen bør derfor gjøres med samme dimensjoner som ved de forenklete modellene for å komme på konservativ side, og ha større sikkerhet mot uforutsette situasjoner.

11 PROTOTYPEDESIGN

For å kunne utforme et grep som kan benyttes i lengre tid, og som kunne fungere som erstatning for et vertikalgrep til våpen, ble det utført en studie av hvilke former som ville støtte opp hånden uten å bygge for mye ut. Inspirasjon ble hentet fra diverse spillkontrollere, vertikalgrep, og grep på forskjellige verktøy. Deretter ble erfaringene fra denne studien lagt til grunn for å utforme et design som passer for alle brukere.

11.1. Inspirasjon

Flystikke:



Figur 50: Joystick fra Logitech, utformet som en stikke fra fly, med knapper for tommelen både på toppen og på siden (1), samt en knapp for pekefingeren (ikke synlig her). Grepet har en bue som passer inn i håndflaten (2), og gir en flate å hvile hånden mot på bunnen (3).⁴²

Designet gir en avslappet bruk ved å la hånden hvile på bunnplaten. Dette er fordelaktig der det kan avlastes med slike tiltak, men vil ikke fungere for et våpen, der brukeren bærer vekten selv. Flere tommelknapper er nok en god ide, ettersom tommelen er raltivt sterk i forhold til de andre fingrene. Designet her har en stor ulempe, ved at det ikke er mulig å benytte for både høyre, og venstrehandte. Dette hindres av at knapper kun er lagt på den ene siden til joysticken, og av buen i stammen lener seg mot siden i stedet for fremover.

Formendring for å tilpasses begge hender kan gjøres ved å ha knappene i midten, og å la buen gå langs våpenets retning.

Vertikalgrep:



Figur 51: Vertikalgrep fra Heckler & Koch. Formen er rotasjonssymmetrisk og er tykkere på midten (2) for at hånden ikke skal gli av. Det er lagt inn riller i bunnen som kan gi høyere friksjon (1) og potensielt lede vekk svette fra hånden under bruk. Toppen gir en flate som kan ligge an mot oversiden av hånden for å bære vekten til våpenet (3).

Grepet fra Heckler & Koch, er produsert hovedsaklig i plast. Dette gir en lav vekt og pris. Andre tiltak for å redusere kostnadene, ser ut til å være rotasjonssymmetri, som forenkler produksjonen. Dette grepet benyttes i dag av de militære styrkene i Norge, og blir levert med det nye HK416. Rillene i grepet gir høyere friksjon enn et glatt grep, og kan bidra til å lede vekk svette og annen fukt fra hånden.

Rotasjonssymmetrien til grepet gjør at det er mulig å benytte det med begge hender, eller å holde inn fra en tilfeldig vinkel, når dette er nødvendig. For å bære vekten av våpenet, ser det ut til å være satt inn et større areal på toppen.

Batteri drill:



Figur 52: Hitachi batteridrill. Grepet er utformet for å ta høyde for de to forskjellige knekkvinklene (2) mellom leddet til lillefinger-ringfinger og pekefinger-langfinger. Drillen har uthevet avtrekker (1), en flate for å bære vekten til drillen (3) og en buet form for å passe inn i hånden (4).³⁴

Hitachi har designet grepet i sine batteridriller til å ta høyde for endringen i fingrenes knekkvinkel mellom lillefinger-ringfinger og pekefinger-langfinger. Utformingen ser ellers ut til å være slik at vekten i batteridrillen holdes igjen med en ru overflate øverst på grepet ved tommelens feste, samtidig som vekten hviler på oversiden av hånden for å la fingrene få avlastning. Avtrekkeren er bygget ut fra grepet. Dette gir høyere grad av bevissthet og kontroll ved aktivering av drillen, og gir taktil tilbakemelding om hvor hånden er på grepet.

På grunn av de lignende kravene til bæring av vekt og aktivering av knapper, forventes det at mye av designet til iLogikey-tastaturet, vil måtte ligne Hitachi drillen.

Kontrollstikke for skip:

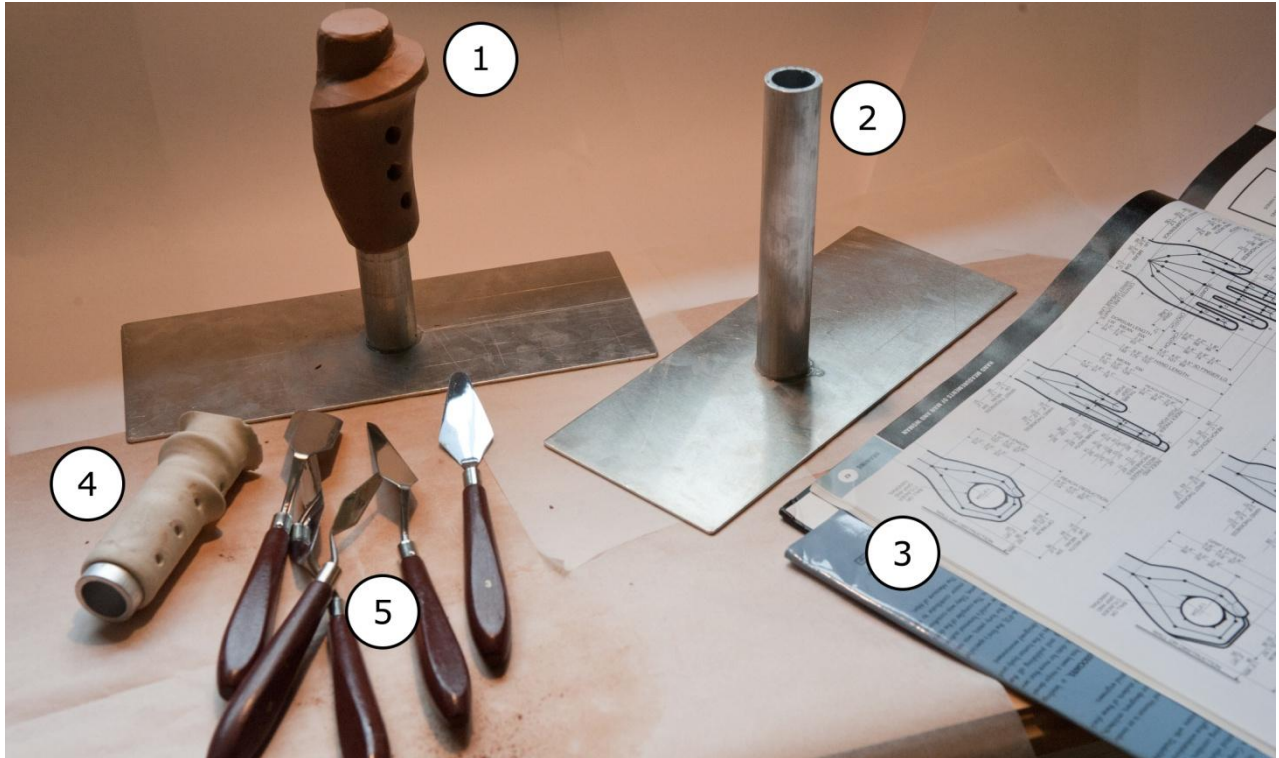


Figur 53: Joystick fra Lilaas AS, for styring av skip. Stikken har integrert en tommelknapp på toppen (1) og er pæreformet for å passe de fleste hender (2). Stikken integrerer torsjonskontroll og normal 4-akset styring. ⁴³

Joysticken fra Lilaas AS, er til bruk på større båter, og gir støtte til hånden ved å være utformet som et kule med et tårn. Dette gjør at varierende størrelse av hender kan gripe joysticken i forskjellige høyder og dermed få større eller mindre grepsdiameter samtidig. Det er en tommelknapp på toppen for å kunne aktivere sekundærfunksjoner, og støtte for torsjonsstyring er lag inn ved vridning av joysticken mot sidene.

11.2. Forstudie

Forskjellige utforminger for et vertikalgrep ble modellert i leire over et rør med ytre diameter satt til 25mm. Studien ble utført før funksjonsanalysen var ferdig, og ble basert på den første prototypen av iLogikey, for å se hvilke formendringer som ville være nødvendig.



Figur 54: Bildet viser leiremodellering av ergonomisk grep (1) ved hjelp av et rør med riktig dimensjon (2), antropometribok (3), tidlig 3D-print (4) og formingsverktøy (5). Foto: Henrik Folke Holmberg.

Modellen ble utformet for å stemme med middelverdiene for antropometriske mål i befolkningen. Dette valget ble tatt for at jeg skulle kunne vurdere hvor anstrengende det var å holde et grep med perfekt passform over lengre tid. Det ble ikke gjort noen målinger på anstrengelse, men utformingen så ut til å løse kravet svært godt. En viktig erfaring fra modelleringen var at det er gunstig med en kul på siden av grepet som vender inn mot håndflaten. Denne sikrer at grepet ligger godt i hånden selv om det ikke gripes hardt. Dette gjør også at håndens plassering er lik hver gang.

Ved fremvisning av alternativet for Bjune Engineering, ved Svein Hestvik, passet ikke størrelsen hans hender. Det ble derfor klart at middelverdiene for antropometriske mål ikke ville kunne benyttes av mennesker med store hender. Designet ble ellers vurdert som godt.

11.3. Design

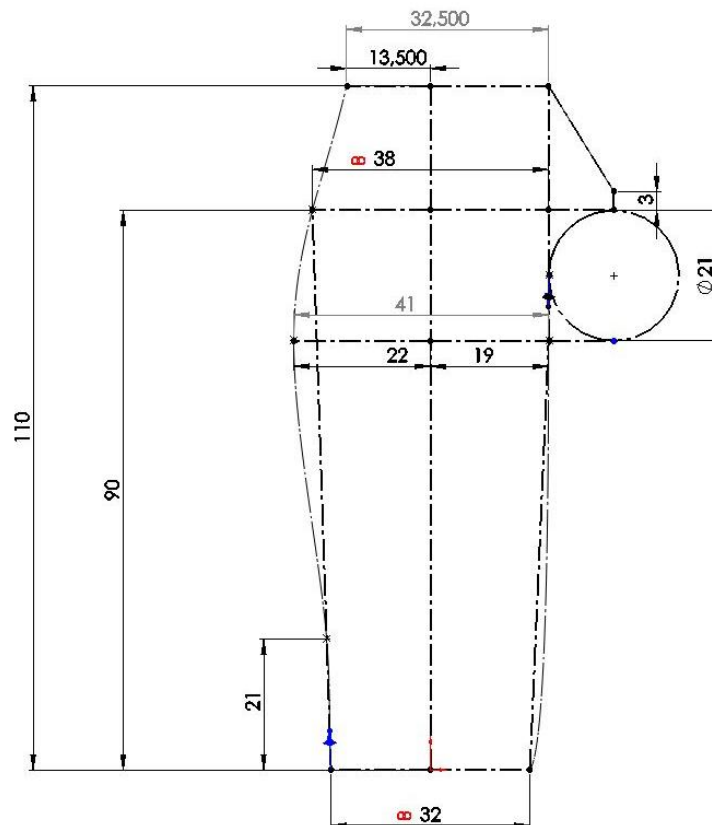
Utformingen av den endelige prototypen forklares ved hjelp av trinnene som blir gjort i formgivingen. Grunnleggende antagelser og følgende krav til elektronikkens størrelse blir summert opp underveis.

Design av vertikalgrepstastatur

Design av hovedformen

Resultatene fra egenskapsvektingen tidligere i oppgaven viste at designet ikke er tillagt noen viktighet i kravene. Tilnærmingen til utformingen gjøres derfor som en funksjonsutforming, basert på ergonomiske krav som har blitt definert, samt de funksjoner som er nødvendig for iLogikey-metoden.

Den bærende stammen i tastaturet ble dimensjonert til å være 120 mm høy, med en diameter på 25 mm. F



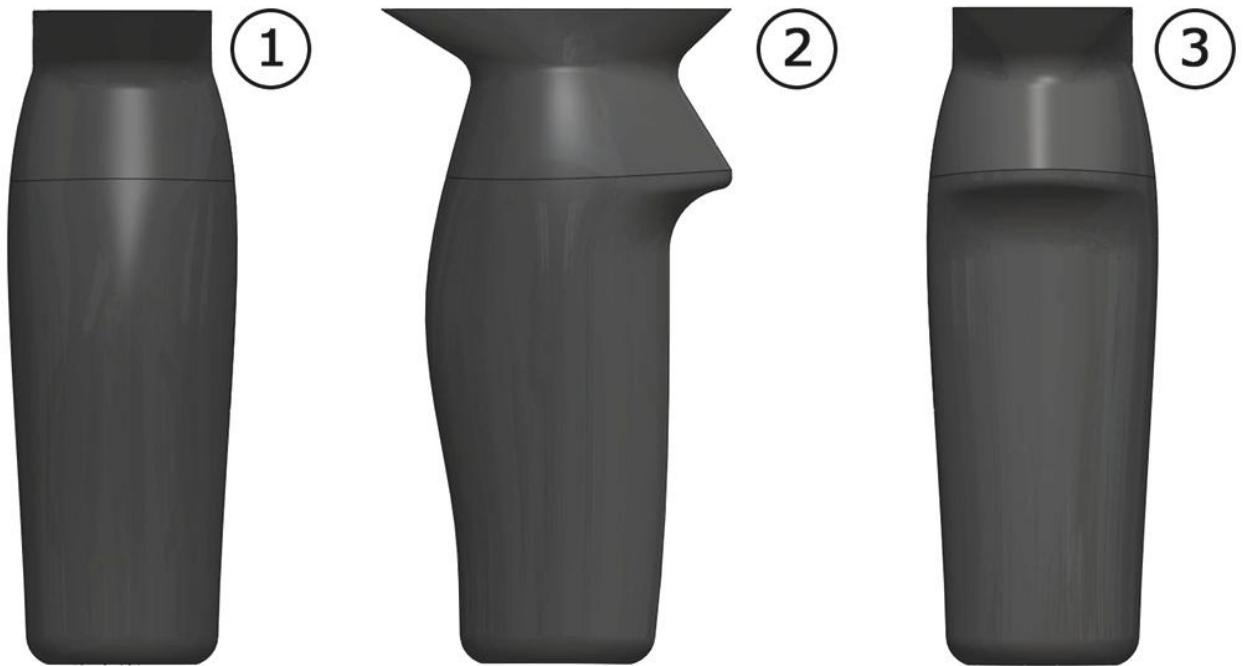
Figur 55: Hovedmål for grepet i ILogiKey, basert på metriske grensebetingelser.

For at brukeren skal kjenne igjen håndens posisjon i mørke omgivelser, eller uten å måtte se ned på tastaturet, må det gis et distinkt trekk som gjenkjennes lett ved berøring. Dette gjøres ved å lage en hylle for pekefingeren. Denne utformingen vil gi soldaten lettere bruk av hurtigkommandoer som blir lagt på pekefingerknappen, og hjelper til med å støtte opp våpenet.

iLogikey

Grunnformen til tastaturet ble laget ved å sveipe en ellipse langs ytterkanten til de ergonomiske grunnmålene. Dette sikrer at de ytre målene ikke blir større enn det som er nødvendig for å gi best mulig grep til soldaten.

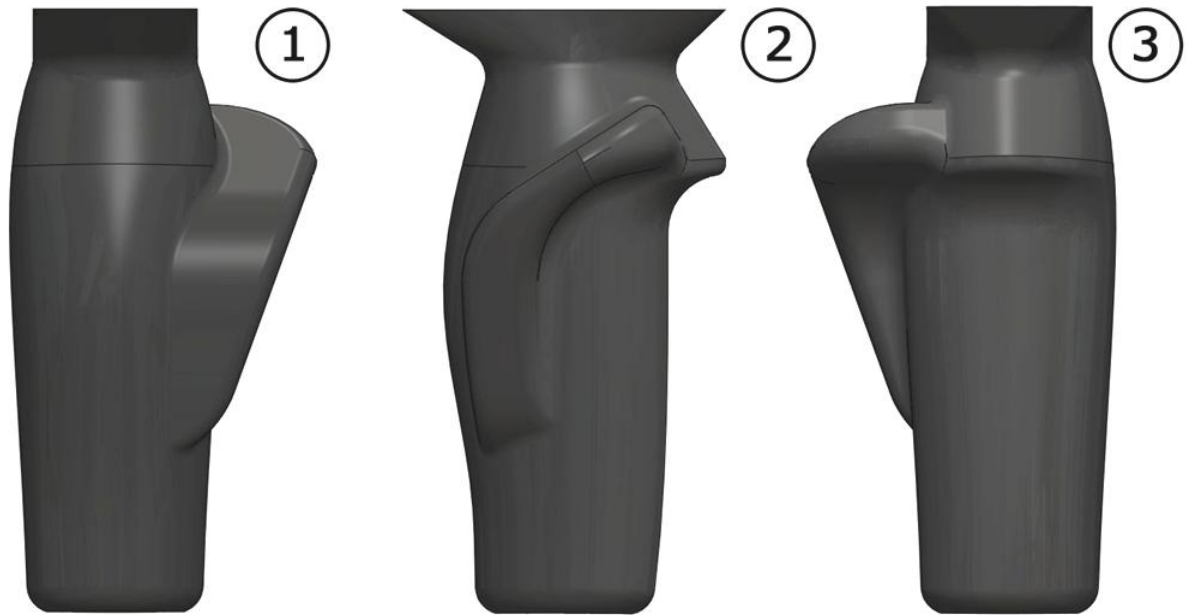
Ved bruk må det ikke være fare for skade på soldatens hender i form av klemming eller kutt. Dette løses ved å la tastaturet endre form for å passe med toppen på stammen, og å lage en avrunding på bunnen av grepet.



Figur 56: Grovformen til tastaturet med sikring mot skade på kanter. Sett fra: baksiden (1), siden (2), og forfra (3).

For å gi beste mulige tilpasning til hånden, er det mulig å utforme tastaturet med en støtte for tommelen på tommelsiden eller begge sider. Et design med denne løsningen ble laget, men blir ikke benyttet videre fordi det hindrer soldaten i å bytte skulder og hånd. Utforminger med sideplasserte knapper kan speiles til begge sider av tastaturet, men øker da faren for at våpenet hefter seg fast under bevegelse.

iLogikey



Figur 57: Grovformen til med "vinge" for tommelen. Sett fra: baksiden (1), siden (2), og forfra (3).

Tilpasning til nødvendige knapper:

Bjune Engineering ønsker å implementere mulighet for grafisk styring i grepet. Ved å benytte en 5-veis bryter på grepet kan denne funksjonen integreres uten å kreve for mange knapper på det ferdige produktet. Tastaturet må da ha mulighet for et minimum av 6 knapper og en flerveis bryter.

For å kunne utforme et skall som ikke bygger mye ut, må små brytere tas i bruk. Ved søk etter slike komponenter er det kun komponenter fra mobilindustrien som tilfredsstillere kravet til størrelse.

Designet videre er basert på dimensjonene til knappene som er beskrevet under:

5-veis taktill knapp, COM-10063

Figur 58: Bildet viser en 5-veis taktill bryter fra Sparkfun Electronics (1) og en femtiøring for størrelsesreferanse (2). Foto: Henrik Folke Holmberg

For mer detaljerte spesifikasjoner, se vedlegg.

Tabell 18: Dimensjonerende mål for hull til 5-veis bryteren.

Dimensjonerende mål for COM-10063		
Beskrivelse	Størrelse	Enhet
Lengde på bunnen	7,6	mm
Bredde på bunnen	7,6	mm
Høyde på bunnen	1,8	mm
Totalhøyde	5,1	mm
Krav til åpning for styrepinne	5	mm
Maksimalt utslag i bøying	8	°
Vandring ved trykking	0,25	mm

Mini push button switch, COM-08720

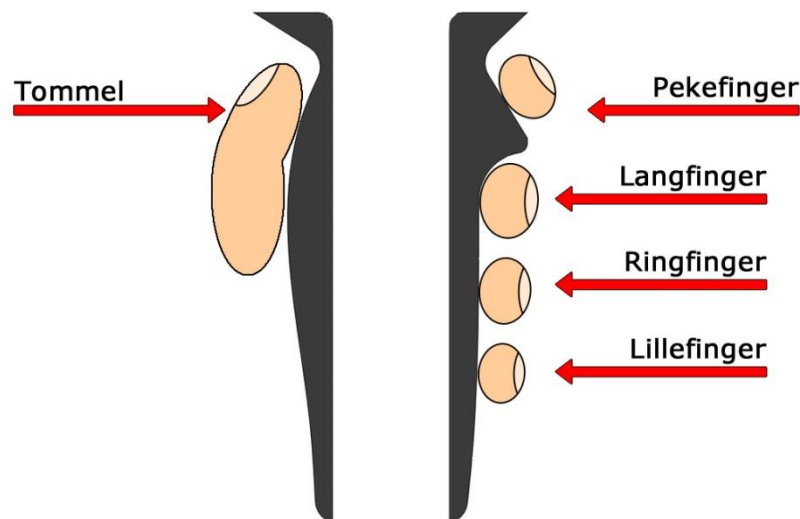
Figur 59: Bildet viser en Mini push button switch fra Sparkfun Electronics (1) og en femtiøring for størrelsesreferanse (2). Foto: Henrik Folke Holmberg

For mer detaljerte spesifikasjoner, se vedlegg.

Tabell 19: Dimensjonerende mål for hull til trykkbryterne.

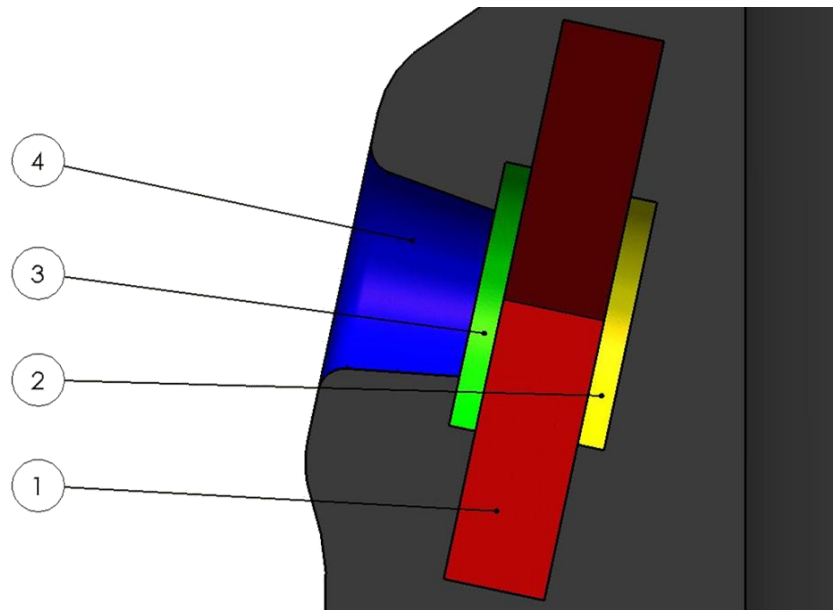
Dimensjonerende mål for COM-10063		
Beskrivelse	Størrelse	Enhet
Lengde på bunnen	6,4	mm
Bredde på bunnen	5,2	mm
Høyde på bunnen	0,8	mm
Totalhøyde	1,6	mm
Krav til åpning knapp	4,5	mm
Vandring ved trykking	0,35	mm

På grunn av de små bryterne som må brukes, er det nødvendig at knappene har større vandring enn bryternes egen vandring. Dette kan gjøres ved at knappene er fjærbelastet og trykker ned bryteren i siste del av vandringen. Knappene må da være støttet opp langs vandringen for å gli lett uten å vri seg. Tastaturet har ikke nok godstykkelse for dette og må derfor bygges opp rundt steder knapper skal settes inn.



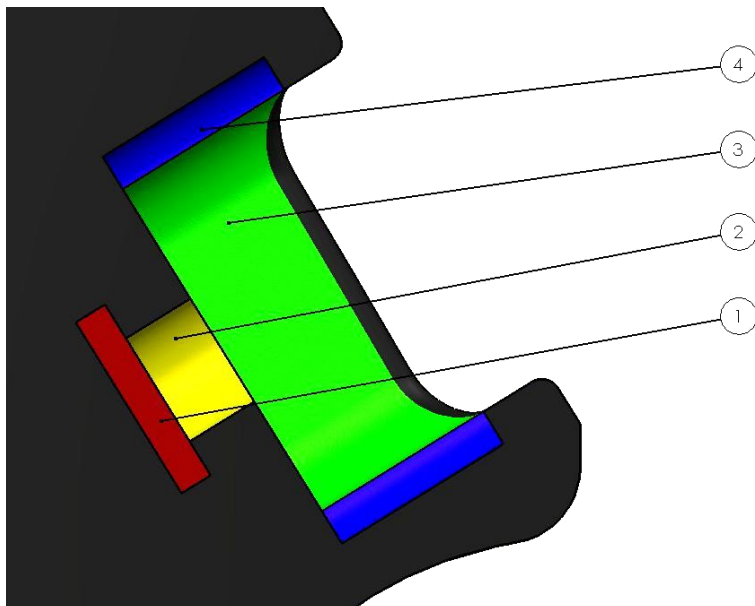
Figur 60: Figuren viser tastaturets trekk i snitt, med plasseringen av knapper for fingrene på tastaturet.

For å plassere knappene på grepet ble knappene på forsiden av tastaturet spredt ut med en avstand tilsvarende maksimalbredden (tabell 6). Tommelen må betjene knapper på baksiden av tastaturet for å fungere med både høyre og venstre hånd.



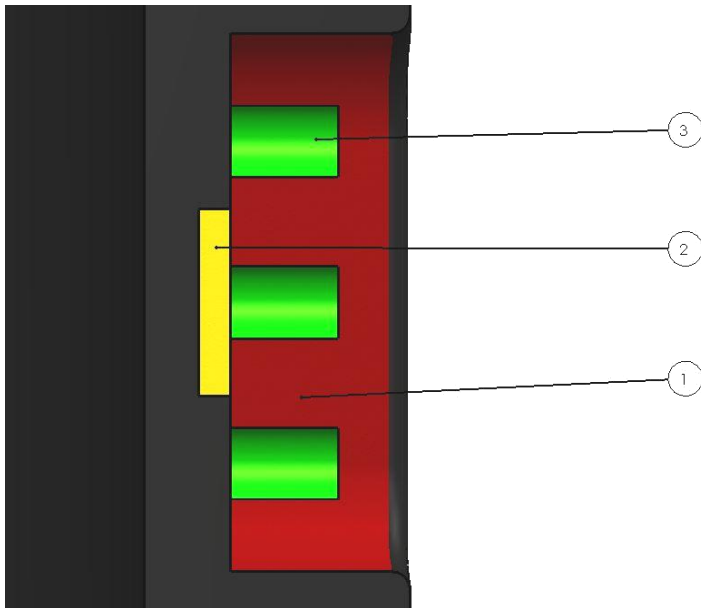
Figur 61: Bildet viser de nødvendige hulrommene for den 5-aksede bryteren. De fargede områdene viser hulrommet for brikken (1), rom for bunnpinner (2), rom for krage (3) og rom for styrepinnen (4).

For at den 5-aksede bryteren skal fungere logisk ved grafisk styring, må hulrommet for brikken være rotert 45°. I tillegg må det være en åpning med 8° vinkel rundt styrepinnen. Gods som sørger for at pinnen ikke knekkes ved hekting ble lagt til rundt åpningen og ble avrundet.



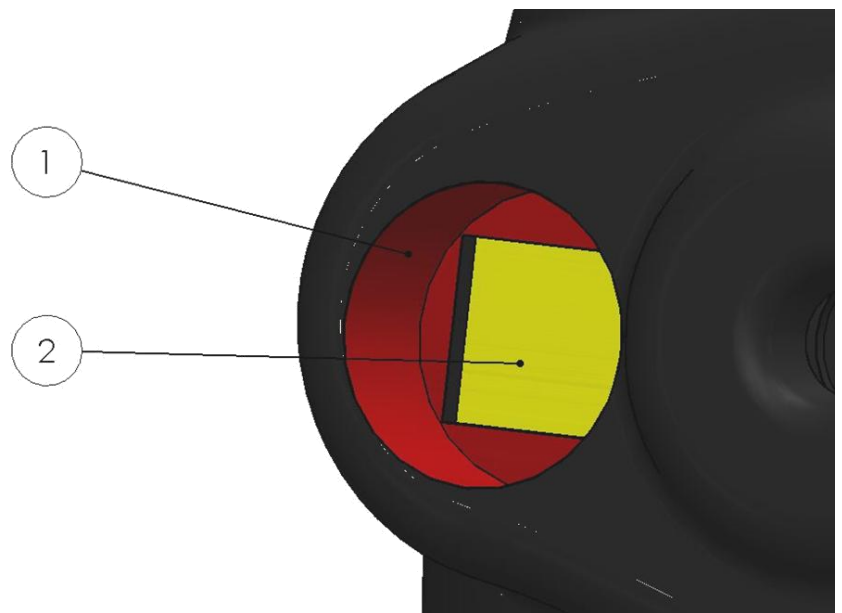
Figur 62: Bildet viser nødvendig utforming av hulrommet for avtrekkerknappen. De fargede områdene viser hulrom for bryteren (1), hull for trykkepinne (2), Hulrom for knappen (3) og styrespor for knappen (4).

Avtrekkerknappens hulrom består av et rom for bryteren, et hull for pinnen på knappen som trykker ned bryteren, og hulrom for knappen med styrespor.



Figur 63: Bildet viser nødvendig utforming av hulrommet for de øvrige fingerknappene. De fargede områdene viser hulrom for knappen (1), hull for bryteren (2) og styrespor for knappen (3).

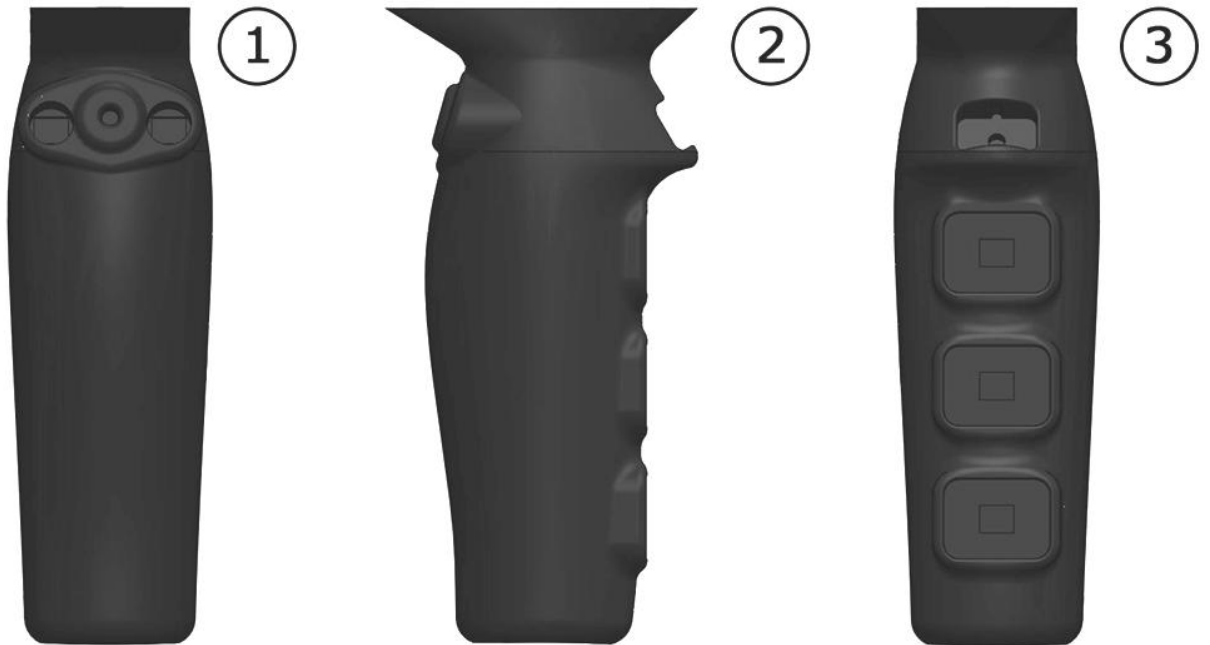
Sideknappene for tommelen ble laget ved å heve opp materiale rundt den 5-aksende bryteren, og lage hull med en firkantet forsenkning i for plass til bryteren. Knappen holdes på plass av en propp med hull.



Figur 64: Figuren viser hulrommet for sideknappene ved tommelen. Hulrommet for knappen (1) er sylinderformet, og hulrommet for bryteren (2) er nedsenket i bunnen.

Den totale utformingen av tastaturet består av to enkle brytere på hver side av tommelens 5-veis knapp, samt en avtrekkerknapp for pekefingeren og flate knapper for de øvrige fingrene.

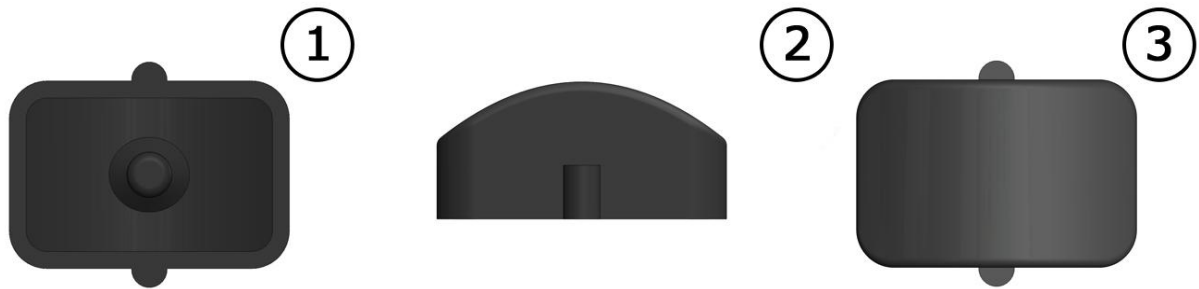
iLogikey



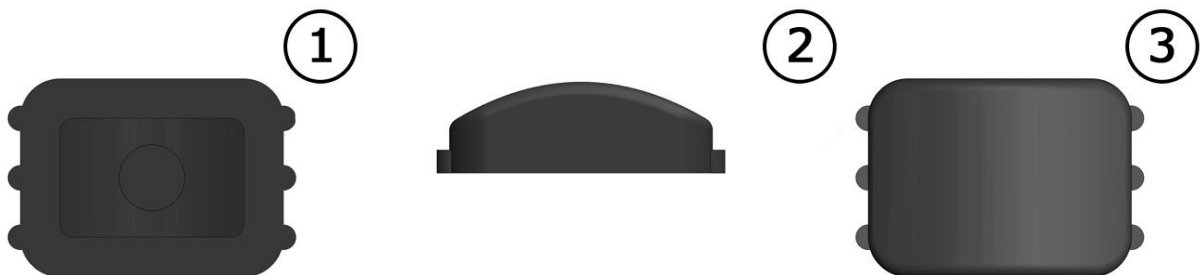
Figur 65: Figuren viser den endelige formen til tastaturet bakfra (1), fra høyre (2) og fra forsiden (3).

Utforming av knapper

Formen til knappene er gjort lik hulrommet de skal sitte i, med styrepinner og buet topp, samt en pinne for å trykke ned bryteren. Alle knappene har klaring på 0,1 mm til sideveggen for å kunne produseres ved toleransene i injeksjonsstøping.

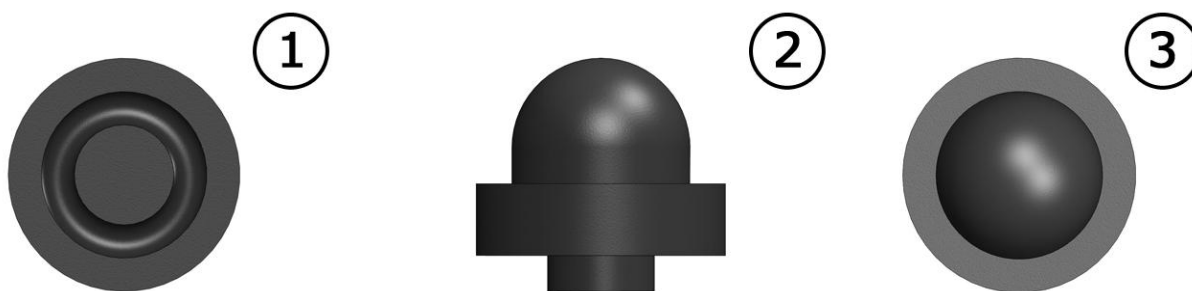


Figur 66: Figuren viser avtrekkerknappens utforming sett fra undersiden (1), forfra (2) og ovenfra (3).



Figur 67: Figuren viser fingerknappenes utforming sett fra undersiden (1), forfra (2) og ovenfra (3).

iLogikey



Figur 68: Figuren viser modusknappenes utforming sett fra undersiden (1), forfra (2) og ovenfra (3).



Figur 69: Figuren viser utformingen for hylsene til modusknappene sett fra undersiden (1), forfra (2) og ovenfra (3).

Sammenstillingen av totalsystemet for tastaturet vises til slutt for å vise det helhetlige inntrykket av skallet montert på stammen.



Figur 70: Figuren viser det totale designet for tastaturet satt sammen med alle deler. Visningene er tastaturet sett bakfra (1), fra høyre (2) og forfra (3).

iLogikey

For å kunne vurdere utformingens følelse og form, ble det foretatt en utskrift av modellen i 3D. Denne metoden for fremstilling av fysisk modell kalles 3D-printing og foregår ved å bygge opp modellen lagvis av et materiale. For denne modellen ble en pulverprinter fra Z-corp benyttet.

Ved ferdig utskrift var modellen relativt skjør. Den ble derfor dyppet i cyanoakrylat for å øke styrken slik at den kunne håndteres under vurderingen av designet. Tilbakemeldingene fra Svein Hestvik og Rolf Landaas viser at de mener dette er et godt design som de ønsker å gå videre med og undersøke muligheter for prototyping.



Figur 71: Bildet viser 3D modell av vertikalgrepsformet tastatur for testing av ergonomi. Foto: Henrik Homberg

iLogikey

Omgjøring av skalldesign til støpbare deler

Det endelige designet til tastaturets skall, må splittes opp i 2 deler for å injeksjonsstøpes. Det er da viktig å ta hensyn til at modellen må løsne fra støpeformen etter hvert støp. Dette gjøres ved å gi alle kritiske kanter en liten vinkel. Denne refereres til som slippvinkel innen støping, og er ofte på 1° .

Delingen av skallet blir gjort slik at det er mulig å sette inn de indre bryterne under sammenstillingen, og tapper som sikrer sidenes tilpasning til hverandre settes inn. Sammenstillingen av tastaturet må til slutt limes for at det ikke skal kunne løsne eller vri seg under bruk.



Figur 72: Skallet i tastaturet, slik det deles opp for støping og montering. Tallene viser venstre del (1), Hull for sentrering (2), Spor for ledninger og Blåtann antenne (3) og høyre del (4).

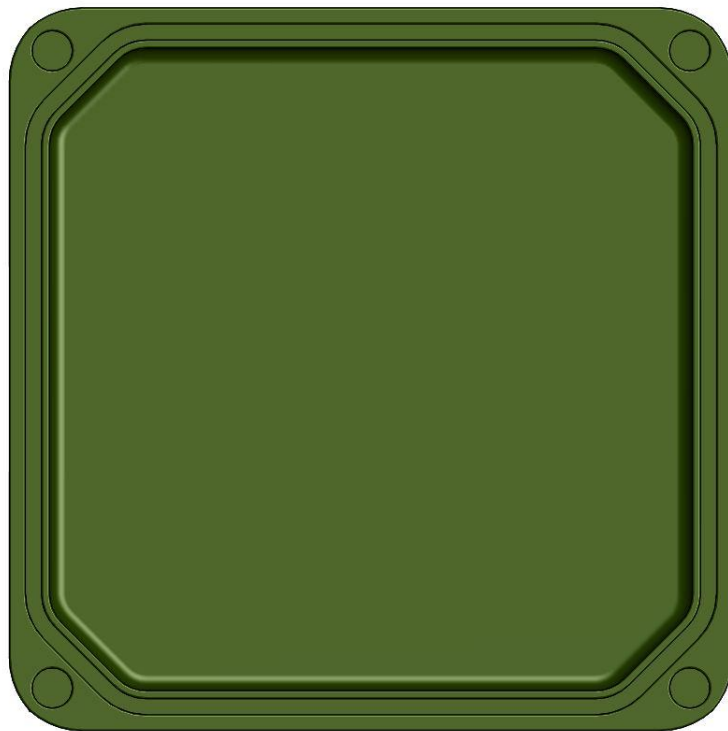
Forslag til design av datahus

Totalsystemet for iLogikey-metoden består av et tastatur, datahus, skjerm og ekstern radioløsning. Datahuset er en viktig del av totalsystemet da alle elektriske komponenter og programvare for bruk av tastaturet vil være inkorporert i denne delen. Datahusets dimensjoner er basert på spekulasjon om at de elektroniske komponentene kan krympes til de får plass. De valgte dimensjonene tilsvarer at datahuset opptar tre fester på soldatens bæreutrustning, for at soldaten skal kunne bære annet vitalt utstyr på kroppen.

Tabell 20: Dimensjonerende mål for datahuset til iLogikey

Dimensjonerende mål for datahuset		
Beskrivelse	Størrelse	Enhet
Lengde på en molle strip	1,5	tomme
Høyde mellom mollerader	1	tomme

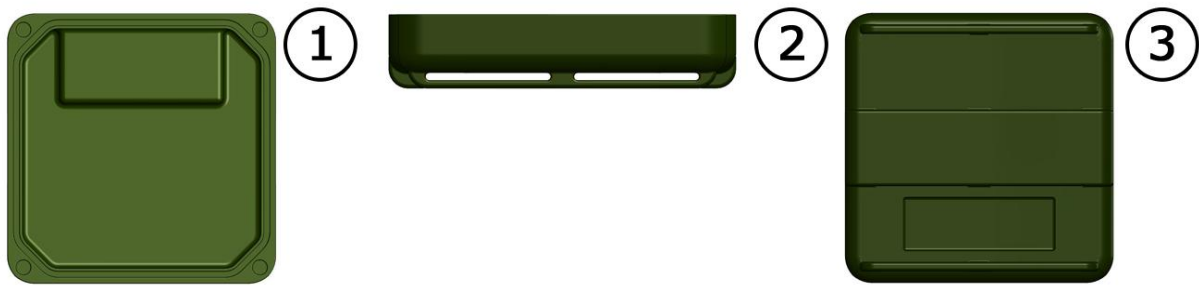
Basert på de dimensjonerende målene for huset må boksen være 90 mm bred og høy. For å kunne forsegles mot vanninntrengning, lages et spor rundt kanten av boksen på innsiden av skruefestene. Denne vil holde en gummilist som trykkes sammen av lokket ved montering.



Figur 73: Figuren viser boksens hovedform sett ovenfra. Spor for tettende gummilist er lagt langs kanten på innsiden av skruehullene.

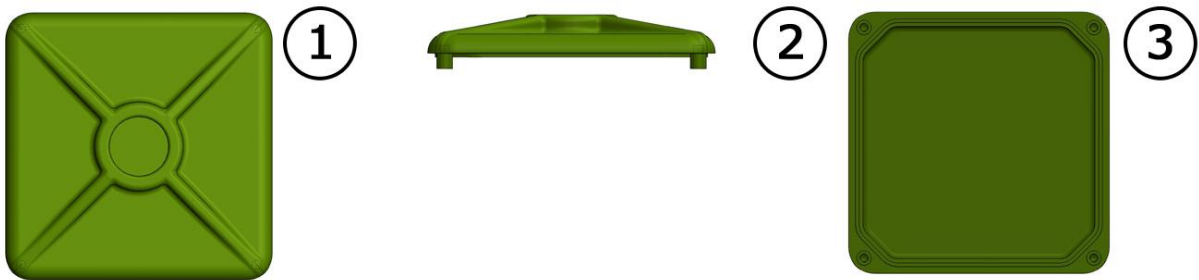
For å kunne bytte batterier uten å åpne lokket til elektronikken integreres et batterikammer i boksen. Dette bidrar til å holde vann ute fra hovedkammeret og tillater bytting av batteri via undersiden av boksen.

iLogikey



Figur 74: Figuren viser databoksens bunn slik den er tenkt før tilpasning til konkret elektronikk. Bunnen sett ovenfra (1), bunnen sett forfra (2) og boksens bunn sett underfra (3).

Lokket databoksen utformes med like bredde og høydemål som bunnen, men forsterkes på toppen ved hjelp av ribber som strekker seg ut til hjørnene, fra en sylinder midt på lokket. Sylindere er ment å være satt inn knapp for talekommunikasjon koblet opp mot radiosystemet til soldaten. For holde vann ute er lokket forsynt med en utstikkende kant på undersiden. Denne trykker ned i gummilisten på bunnen til databoksen for å tette.

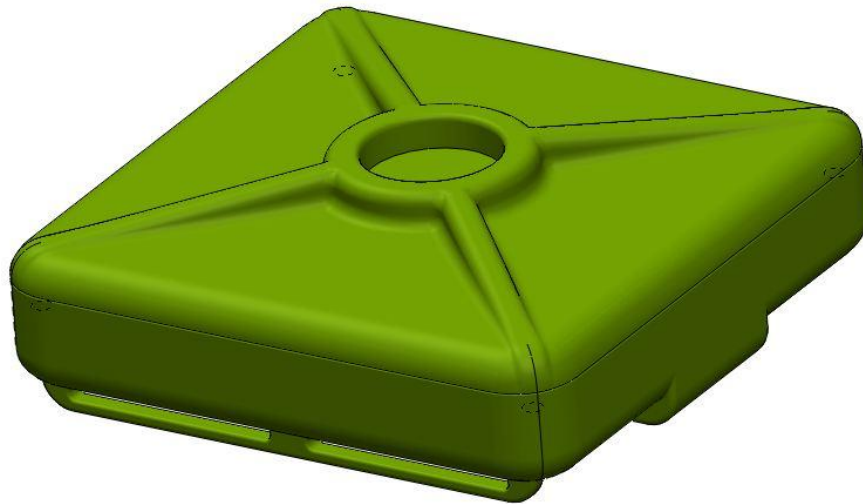


Figur 75: Figuren viser lokket til databoksen sett ovenfra (1), forfra (2) og underfra (3).

Utformingen til boksen er gjort slik at veggtykkelsen skal kunne holdes tynn, og boksen skal kunne tåle å bæres under vann eller ligges på av soldaten. Utformingen og gjennomføringer for kabling må designes etter valg av elektroniske komponenter på et senere tidspunkt i utviklingen av det totale systemet.

Under vises boksens satt sammen av lokket og bunne for å få et helhetsinntrykk av designet.

iLogikey



Figur 76: Figuren viser boksen satt sammen, slik den vil se ut på brystet til soldaten. Gjennomføringer for tilkobling av radio og kabling til skjerm må lages basert på den senere utvalgte elektronikken.

Forslag til utforming av skjerm

Skjermen i systemet vil være en taktisk brille med gjennomsiktig fleksibel OLED skjerm på innsiden. Designet her vil være avhengig av hvilken brille som blir godkjent for bruk etter testing av den komplette prototypen.

Under vises et sett taktiske briller for illustrasjon utformingen.



Figur 77: Bildet viser en typisk taktisk brille som kan benyttes for å montere en fleksibel OLED skjerm.³¹

12 LØSNINGSPRESENTASJON

Det totale kommunikasjonssystemet, basert på iLogikey vil bestå av tre moduler som kommuniserer med hverandre. Hjernen i systemet, som tar seg av oppkalling av tegn og kommandoer, er en data plassert på brystet til soldaten. Denne vil inneholde koden for å bruke iLogikey, prosessor, Blåtann, GPS, gyro og andre nødvendige komponenter for informasjonsinnsamling. Informasjonen presenteres på en skjerm i briller, for at den skal være tilgjengelig i synsfeltet til soldaten uten å måtte flytte fokuset vekk fra stridsbildet. Overføring av bilder mellom skjermen og datamodulen, vil måtte skje med kabel for at overføringshastigheten skal være høy nok og energibruk skal holdes på et lavt nivå. Tastaturet er utformet som et vertikalgrep, med integrert Blåtann, og passerer på forskjeftet til våpenet.

For å kunne kommunisere informasjonen mellom soldatene og ledere, vil datamodulen kobles opp mot soldatens radiosystem. Dette reduserer behovet for intern kryptering av data før overføring via radionett.

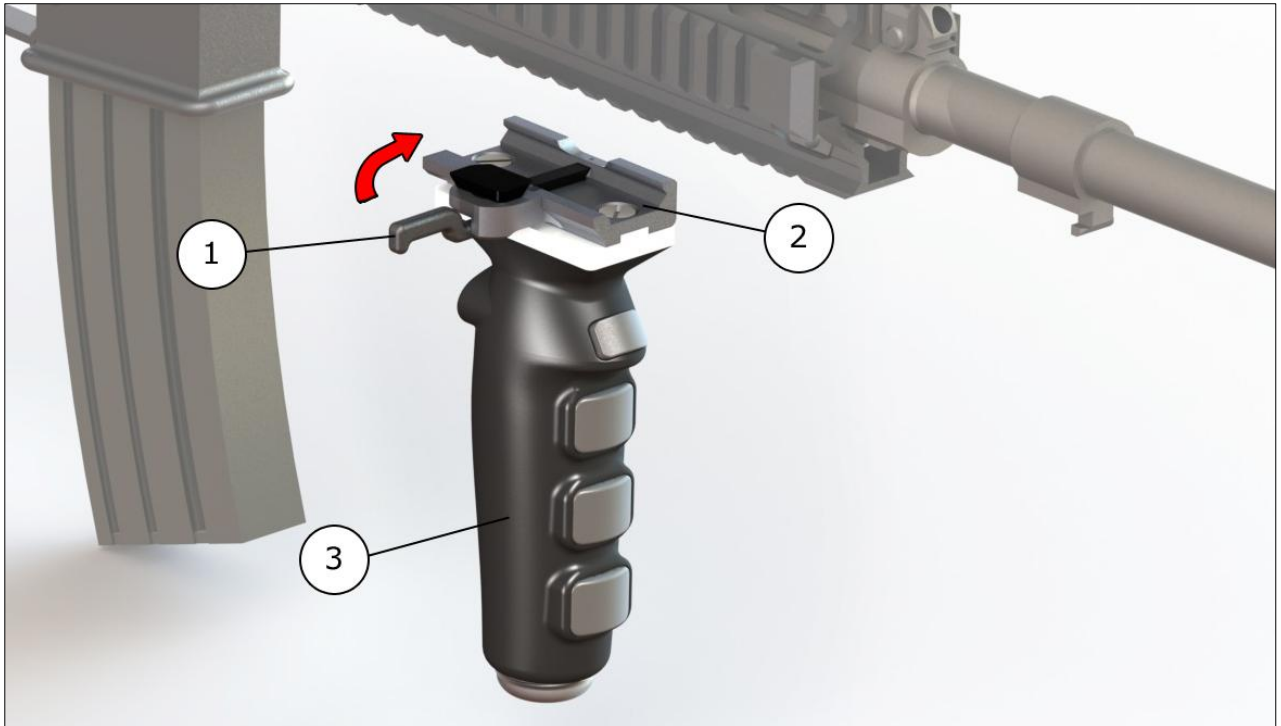
Tastaturets reduserte funksjon gjør at det er mulig å kvitte seg med defekt våpen i strid, uten at dette medfører tap av sensitivt militært elektronisk materiell, og gjør overtagelse av andre soldaters våpen under strid enklere ettersom personlige tilpasninger ligger lagret på kroppen.



Figur 78: Det totale kommunikasjonssystemets oppbygging, bestående av ekstern radio (1), datamodul (2), skjermbrille (3) og tastatur (5) med blåtann på våpenet (5).

iLogikey

Vertikalgrepets hurtigkobling gjør at det er enkelt å koble av og på tastaturet fra våpenet, og benytte den som et trådløst tastatur med systemer som er kompatibelt med iLogikey-metoden. Dersom det er ønskelig å benytte tastaturet for å kontrollere andre systemer, er dette mulig å gjøre ved å koble det til med Blåtann funksjonen og tillegge de forskjellige tastetrykkene kontroll over systemspesifikke funksjoner.

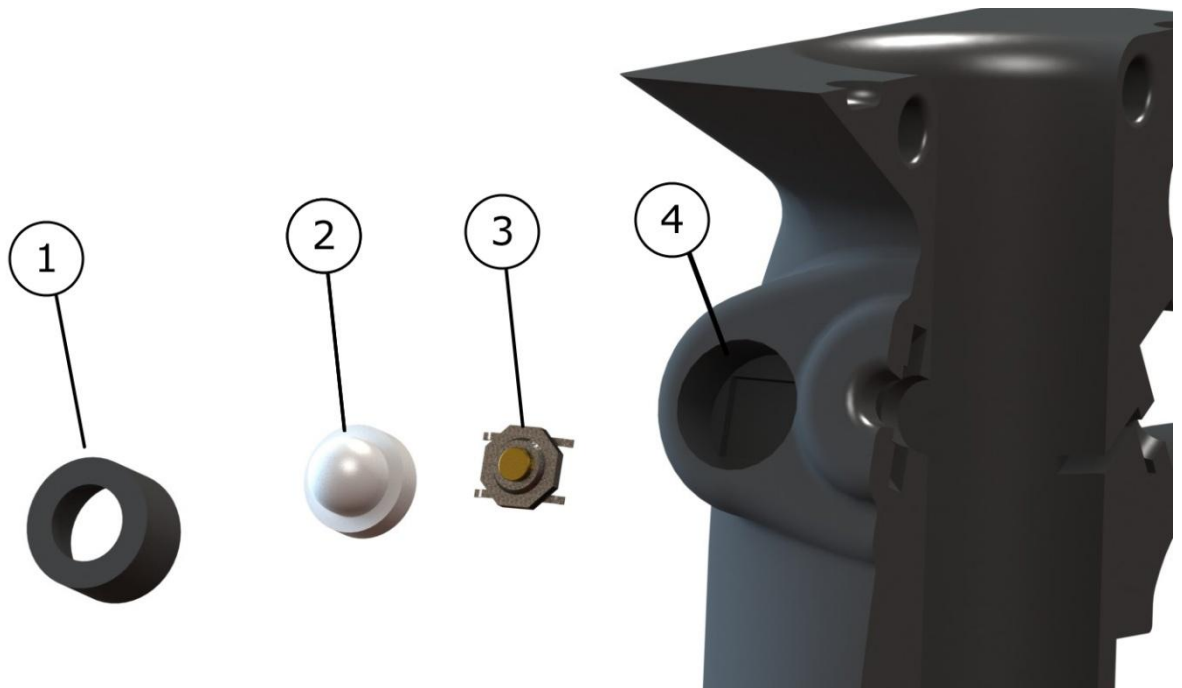


Figur 79: Figuren viser låsearm (1) til hurtigkoblingen (2) på tastaturet. Denne festemetoden gir rask mulighet for å flytte eller ta av tastaturet.

Oppbygging av tastaturet:

Tastaturets er oppbygd som en bærende stamme i midten med ergonomisk skall rundt, for å sikre høy nok styrke mot påkjenninger, og sikring av elektroniske komponenter mot skade fra vann og andre korrosive væsker.

Før tastaturets skall settes sammen på stammen, må de to modusknappene settes inn i hver sin skalledel. Disse sitter fast ved hjelp av liming rundt hylsene til knappen, og ledninger føres gjennom skallet til ledningsbanene. Dette trinnet kan gjøres ferdig for sluttsammenstilling for å forenkle produksjonen til tastaturet.



Figur 80: Figuren viser monteringen av modusknapp i venstre skalldel. Hull for ledning borres i bunnen og ledninger trekkes gjennom før bryteren (3) limes fast. Deretter settes knappen (2) ned i uthulingen for modusknapp (4) og pluggen (1) for modusknappen limes inn.

På bildet under er hovedkomponentene representert ved å vise en side av skallet og bryterne som settes inn før sammensetting av de to skalldelene. Stammen har en bunnplugg med spor som gjør at den kan skrues inn og ut ved hjelp av improviserte skruverktøy i felten. Dette er viktig for å kunne bytte batteri under strid, der det ikke alltid er mulig med tilgang til riktige verktøy. Bunnpluggen tetter stammen ved hjelp av en o-ring som er utbyttbar ved slitasje.

Sammenstillingen av ergonomigrepet til tastaturet gjøres enkelt ved å sette inn alle knapper og brytere med fastloddede ledninger lagt ned i ledningssporene.

iLogikey



Figur 81: Bildet viser delene som settes inn i tastaturet før liming av de to skalldelene. Delene som inngår i sammenstillingen er; Stammen (1), Gjengehylser (2), Bunnplugg (3), knapp for joystick (4), 5-veis bryter/joystick (5), Venstre skall (6), avtrekkerknapp (7), fingerknapp (8) og lavprofilbrytere (9).

Bryterne som benyttes i tastaturet er fra mobilindustrien og er derfor svært billige i innkjøp. De er av typer som gir en taktil tilbakemelding når de trykkes ned, men har svært liten vandring. For at soldaten skal kjenne tastetrykkene ved bruk av hansker, eller i situasjoner med høyt stressnivå, er knappene fjærbelastet (ikke vist på bildet), og har lengre vandring enn bryterne. Det blir da lettere å unngå feiltasting, ved at man må trykke ned knappen noen millimeter før bryteren trykkes aktiveres.

Tastaturet kompletteres ved å settes inn elektronikken med holder i stammen, sammen med batteri. Tastaturet kan nå pares opp mot en data ved hjelp av Blåtann.

iLogikey

Renderinger

For å representere det endelige designet til tastaturet, produseres datagenerte renderinger av modellen. Disse gir et inntrykk av hvordan sluttproduktet vil se ut etter produksjon.



Figur 82: Render av iLogikey tastaturet, slik det vil se ut montert på en HK416 angrepsrifle.



Figur 83: Rending av iLogikey-tastaturet i mørke omgivelser.

iLogikey

Produksjonsangivelser:

Konstruksjonen av delene i iLogikey-systemet som er vist i denne oppgaven vil gjøres ved fresing av stammen i grepet for å opprettholde størst mulig styrke og simpelhet i produksjon. og plaststøping av tastaturets deler, samt databoksens lokk og bunn. Skallet og de store knappene i tastaturet må sandblåses lett etter støping for å oppnå en matt overflate og øke friksjonen i grepet. Ved mindre skala produksjon, der en 0-serie er ønskelig vil stammen kunne produseres av en frest topplate sveist sammen med ferdigproduserte rør av dimensjonen som er gitt under dimensjoneringen. Produksjonen av tastaturets skall kan produseres ved hjelp av 3D-printemaskiner, men vil gi en svært høy enhetspris.

Kostnadsanalyse for totalsystemet til iLogikey

Tabell 21: Oversikt over kostnadene ved utvikling og produksjon av iLogikey-systemet. Summene som er merket med stjerne er estimater. Alle priser er i norske kroner.

Kostnadsanalyse				
Forarbeide		Enheter	Pris	Sum
	Analyse av metoden i ILogiKey	75	600	45000
	Konkurrentanalyse	112,5	600	67500
	Løsningsutvikling	300	600	180000
	Dimensjonering	112,5	600	67500
	Konseptscreening	112,5	600	67500
	Utvelgelse av løsning	40	600	24000
	Rapportering	150	600	180000
	Delsum	902,5	600	541500
Produksjon av prototype x2				
	3D-print av plastdeler	2	2500	5000
	Produksjon av stammen	2	7940	15880
	Innkjøp av elektronikk*	1	10000	10000
	Sammenstilling*	20	600	12000
	Delsum	-	-	42880
Totalkostnad for utvikling og produksjon av prototypen				
	Sum	-	-	584380
Produksjon av 5000 enheter				
	Produksjonsformer for plast	1	110000	110000
	Plastdeler	5000	20	100000
	Stammer	5000	200	1000000
	Diverse elektronikk*	5000	1500	7500000
	Sammenstilling*	5000	300	1500000
	Delsum	-	-	10210000
Totalkostnad				
	Utvikling	1	541500	541500
	Prototyping	1	42880	42880
	Produksjon	1	10210000	10210000
	Delsum	-	-	10794380
Kostnad per enhet ved produksjon av 5000 enheter				
	Kostnader	1/5000	5794380	2160

iLogikey

I henhold til kostnadsanalysen vil enheten komme til å koste under NOK 2200,- i produksjon ved salg av 5000 enheter. Dette bør være overkommelig for de fleste avdelinger i forsvaret dersom konseptet selges ut. Eventuelle situasjoner der produktet produseres og selges inn av en ekstern produsent, burde tåle god provisjon på hver enhet.

13 PROSESSEVALUERING

Kartlegging av iLogikey-metoden

Ved skisseringen av denne oppgaven var målet å designe og fremstille en komplett fungerende prototype på et kommunikasjonssystem med komponenter og kode fra Bjune Engineerings tidlige prototype som kjerne.

Dette gikk ikke som forventet, da det ble funnet feil ved prototypekortet til iLogikey. Et nytt kort ble kjøpt inn, og deler ble overført fra dette for å få i gang den originale prototypen. Ved testing av funksjonene for å sette meg inn i metodens anvendelse, ble det oppdaget etter noe tid at koden ikke stemte med iLogikey-metodens fullstendige anvendelse. For å forsøke å rette opp feilen ble Lars Erik Olsen ved FFI, som hadde produsert den opprinnelige prototypens kode, kontaktet og det ble satt opp et møte. Ved gjennomgang av koden kom det frem at fullstendig kode aldri ble skrevet og at funksjonene som lå i prototypen var det eneste som var laget.

Hovedmålet i oppgaven ble på bakgrunn av dette omdefinert til å utvikle systemets funksjoner, samt design og dimensjonering av tastaturet til iLogikey.

Analyse av eksisterende løsninger og patentkonflikter

Under konkurrentanalysen ble det avdekket mye eldre teknologi med tilhørende patenter, som kunne være til hinder for patentering av iLogikey-metoden. Det ble derfor fokusert mye på innsamling av informasjon om konkurrerende løsninger, for å avdekke potensielle økonomiske tap som følge av videreutvikling av iLogikey.

Drøfting med Svein Hestevik og Tore Bjune om dette, konkluderte med at metoden var patenterbar på grunnlag av innovasjonshøyde, og at utredning av dette var gjort på et tidligere tidspunkt.

Denne fasen i utviklingen kunne vært kortet ned dersom jeg hadde kartlagt forarbeidet med patenteringen bedre tidlig i prosjektet.

Valg av konsept og dimensjonering

Ved utførelsen av funksjonsanalysen ble det tydelig at det beste alternativet for formgivingen til det totale systemet er oppdeling i moduler. Dette er nødvendig for å kunne ha skjermen i synsfeltet, samtidig som skriving skal være ved den. Modulene må være et tastatur på våpenet, en dataenhet på brystet, og en skjerm montert i synsfeltet til soldaten. På grunn av denne utspreidningen og manglende utviklede elektroniske komponenter og kode var det kun tastaturet som kunne bli designet ferdig med nøyaktige mål og utformingsvalg.

iLogikey

Modulariseringen av systemet og bruk av Blåtann som tilkoblingsteknologi, gjør utvikling av ekstrafunksjoner til systemet relativt kostnadseffektivt å fremstille. Flere gode ideer for økt funksjonalitet ble funnet og bør vurderes videre for å kunne øke interessen blant potensielle kunder.

Dimensjoneringen av stammen i tastaturet viste at sikkerhet mot skade ved fall ikke var mulig fordi vekt og utforming ville gjøre enheten dårlig ergonomisk tilpasset og øke vekten kraftig. Løsningen som ble funnet er å dimensjonere for brudd i skruene, for å sikre at tastaturet ikke tar skade, og kan festes igjen etter en overbelastning.

Analyse av vurderinger fra potensielle brukere

Totalt deltok 18 soldater fra Innsatsstyrken i Heimevernet i spørreundersøkelsen som ble satt opp for å samle inn brukerkrav og erfaringer. Av disse var det kun 10 som ga tilbakemeldinger på designet til tastaturet og skjermplasseringen. Dette kan komme av lite konkretisering av konseptene før undersøkelsen ble laget. Disse tilbakemeldingene utgjør derfor ikke tilstrekkelig stor andel av soldatpopulasjonen, men generelle trekk ble vurdert opp mot valget av konsept for å kontrollere dette.

Tilbakemeldingene viste samsvar mellom soldatenes vurderinger og de interne valgene, med unntak av viktigheten til designet, som soldatene vektet svært lavt. Dette ble tatt videre ved å designe formen til vertikalgrepsløsningen av tastaturet utelukkende basert på ergonomi og funksjon.

Kostnadsanalyse og videre utvikling

For å kunne gi et overslag på hva en prototype og eventuell serie vil koste, ble det hentet inn prisoverslag for produksjon av stammen og skallet med knapper på tastaturet. Det måtte gjøres antagelser om kostnader for å skrive kode og innkjøp av elektronikk, samt sammenstilling av disse. Totalkostnadene er derfor kun gyldig dersom disse estimatene stemmer. Summen i kostnadsanalysen viser relativt lav enhetskostnad, og antas derfor å være interessant for potensielle kunder.

På grunnlag av den manglende programkoden og design av elektronikkomponenter, må disse utvikles snarest mulig for å kunne sette opp en prototype som kan demonstrere fordelene iLogikey-metoden for inntasting. Dersom metoden kun føres videre som et eksternt tastatur for NORMANS KKI, vil det ikke være nødvendig å utvikle et fullstendig kommunikasjonssystem med data og skjer, og en prototype av tastaturet med Blåtann vil kunne ferdigstilles innen kort tid.

14 KONKLUSJON

I denne oppgaven har det blitt utformet et system for skriftlig kommunikasjon med iLogikey-metoden. Som en del av dette har konkurrerende løsninger og patenter blitt forsøkt avdekket, og anbefaling til tiltak gitt. Dimensjonering og styrkeberegning av tastaturet er gjort for å oppnå en ergonomisk riktig form og erfaringer fra soldater har blitt vurdert for å bestemme krav til egenskaper og funksjoner. Utviklings- og produksjonskostnaden til systemet er beregnet, basert på innsamlede prisoverslag, samt grovestimater for utvikling og design av nødvendig elektronikk.

14.1. Resultater og anbefalinger

Eksisterende løsninger

Gjennom patentsøket har det blitt avdekket potensielt hinder for oppnåelse av eget patent, på grunn av Douglas Engelbarts keyer fra 1968, men teknologien generelt ansees ikke å lenger være beskyttet som følge av foreldelse av patenter. Bjune Engineering har konkludert med at det er innovasjonshøyde i metoden, og at det ikke er konflikt med eksisterende patenter.

Utforming av militært kommunikasjonssystem, basert på iLogikey

For å bruke iLogikey-metoden i et militært kommunikasjonssystem må totalsystemet splittes i separate moduler bestående av tastatur, data, radio og skjerm. De forskjellige modulene plasseres der de er lettest tilgjengelig for brukeren, uten å være til hinder ved våpenbruk. Skjermen må være plassert i brillene, slik at informasjonen er direkte tilgjengelig i synsfeltet. Databoksen og radioen må være på kroppen, men det ble vurdert som mest hensiktsmessig å bruke eksterne radioløsninger. På denne måten vil kommunikasjonssystemet kunne brukes intuitivt uten å ta fokus vekk fra soldatens primære oppgaver.

Utforming av tastatur for iLogikey

Tastaturet bør utformes som et vertikalgrep, med en bærende stamme i midten og et skall med integrerte knapper. Den bærende stammen består av et rør på en plate og kan freses ut som en hel enhet eller sveises sammen med kilesveis. Fordelen med vertikalgrepsutformingen er at skriving kan foregå samtidig som brukeren kan betjene våpenet, samtidig som den vil mange våpentyper. I tillegg kan den tas av for å bruke håndholdt når det er hensiktsmessig. For at informasjon skal kunne overføres fra tastaturet til datamodulen vil systemet benytte Blåtann.

Hovedmål og materialer som er funnet for tastaturet er listet opp i tabell 22, og beskrevet mer detaljert i konstruksjonstegningene i vedleggene.

Tabell 22: Hovedmål for totalt grep

Hovedmål	Størrelse	Enhet	Beskrivelse
Total høyde	134	mm	Høyden på tastaturet
Total tykkelse	39	mm	Maksimal tykkelse på tastaturet
Total bredde	60	mm	Maksimal bredde på tastaturet
Topplattens tykkelse	5,2	mm	Topplattens minimumstykkelse.
Materialer	Type	Beskrivelse	
Aluminium	6082-T6	Aluminium fra 6000 serien, med høy herding.	
Termoplast	PC/ABS	Støpeplast med høy slagstyrke og ripefasthet.	

Vurderinger fra potensielle brukere

17 av 18 deltagende soldater mener at de hadde dratt nytte av iLogikey-systemet i strid.

Resultatene av soldatenes funksjonskrav viste at valgene som ble gjort i den interne konsepttestingen stemmer med behovene og preferansene hos potensielle brukere. Designet var ikke viktig for soldatene.

Kostnadsanalyse

Totalkostnaden for utviklingen og produksjon av 2 prototyper av tastaturet har vært NOK 584380,-. For serieproduksjon av 5000 enheter av iLogikey-systemet er enhetskostnaden estimert til NOK 2160,-. Usikkerheten kommer av manglende informasjon om kostnadene til det elektriske systemet, og eventuell videreutvikling av dette.

14.2. Videre arbeid

Den eksterne konsepttestingen viser at det er stor interesse for denne typen produkter blant soldater. Problemstillingen er derfor høyst aktuell og produktet bør utvikles snarest mulig for å unngå at markedet lukker seg på bakgrunn av lanseringen til NORMANS KKI.

- **Anskaffelse av fjærer for knapper i tastaturet**

Det ble ikke funnet korrekte fjærer for knappene i denne oppgaven. Disse må ha tilstrekkelig motstand til å hindre feiltasting på knapper, og passe inn i skallet.

- **Skriving av programkode**

Systemets programkode må produseres før det er mulig å vise fordelene ved metoden til militære avdelinger. Dette er derfor det viktigste videre arbeidet i utviklingen.

iLogikey

- **Design av elektronikkomponenter**

Endelige formgivinger til datahuset kan ikke utføres før elektronikken er størrelsesbestemt, og eventuelle krav til kjøling og batterikapasitet er gjort.

- **Dimensjonering av skjerm og datahus**

Styrkeberegning av datahuset må gjøres så snart det er mulig å bestemme størrelser for nødvendig elektronikk i datahuset, slik at tester i på soldater i felt kan utføres.

- **Redesign av systemet og komponenter**

Basert på tilbakemeldinger etter prototypetester, må nødvendig redesign utføres for å optimalisere produktet.

15 REFERANSER

Skriftlige kilder:

1. Ashby, M. F. & Johnson, K. (2010). *Materials and design: the art and science of material selection in product design*. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann. 331 s. s.
2. Budynas, R. G., Shigley, J. E. & Nisbett, J. K. (2008). *Shigley's mechanical engineering design*. New York: McGraw-Hill. XXV, 1055 s. s.
3. Bøe, J. K. (2009). *Temahefte 1: Videregående produktutvikling*. Upublisert manuskript.
4. Engelbart, D. C. & English, W. K. (1968). A research center for augmenting human intellect. 20.
5. Forsvarets Forsknings Institutt. (2010). NORMANS KKI. *FFI fakta*. FFI: Forsvarets Forskningsinstitutt. 2 s.
6. Gosier & Guadeloupe. (2011). *LiquidKeyboard: An Ergonomic, Adaptive QWERTY Keyboard for Touchscreens and Surfaces*. ICDS 2011 : The Fifth International Conference on Digital Society, France: IARIA. 6 s.
7. *Patentloven (1967)*. (1992). Oslo: Grøndahl Dreyer. 26 s. s.
8. Rasanen, W. A. (2003). *Method for encoding key assignments for a data input device*. USA. 6542091.
9. Perrite. (2009). *Ronfalin C*. 1 s.
10. Vink A/S. (2010). *Teknisk datablad - PPS*. Randers, Danmark. 1 s.
11. Council, N. A. (2009). *Nato Accessory Rail*: North Atlantic Council. 9 s.
12. JGP Perrite. (2006). *TERLURAN GP35*. 1 s.
13. Jiménez, J., Olea, J., Torres, J., Alonso, I., Harder, D. & Fischer, K. (2009). Biography of Louis Braille and Invention of the Braille Alphabet. *Survey of Ophthalmology*, 54 (1): 142-149.
14. Rørvik, T. (1997). *Aluminiumkonstruksjoner: innføring i material- og konstruksjonslære*. Håndbok, b. 46, 1997. Oslo: Instituttet. 120 s. s.
15. Standard, N. (2009). *Eurokode 9: Prosjektering av aluminiumskonstruksjoner, Del 1-1, Allmenne regler*. Lysaker: Standard Norge. 207, 26, 5 s. s.
16. Standard, N. (2010). *Eurokode 9: Prosjektering av aluminiumskonstruksjoner, Del 1-3, Utmattingspåkjente konstruksjoner*. Lysaker: Standard Norge. 96, 4 s. s.
17. Terjesen, G. (2012). *Formler og Tabeller*: Institutt for Matematiske realfag og Teknologi, UMB. 2 s. Upublisert manuskript.
18. Thales. (2011). The Norwegian MoD chooses Thales for realisation of NORMANS digitised soldier system. FFI: Forsvarets Forskningsinstitutt.
19. Tilley, A. R. & Associates, H. D. (2002). *The measure of man and woman*. Revised Edition utg.: John Wiley & Sons. 94 s.
20. Endfield, C. (1982). *Portable Word-Processor*. 36 s.
21. Gopher, D., Hilburn, J. & Vicknair, D. (1997). *Chordic keyboard system for generating a signal in response to a chord that is assigned using a correlation based on a composite chord-difficulty index*. United.
22. Matthews, W. S. (1995). *Ambidextrous single hand Chordic data mangement device*. USA.
23. Tsubai, K. & Marroquin, L. (2004). *System and method for entering and interpreting a truncated alphanumeric keyboard entry*. USA.

Personlige meddelelser

24. Hestevik, S. (2004). *Pistolgrep*.
25. Hestevik, S. (2012). *Patentkonflikt*.
26. Lausund, R. & Olsen, L. E. *Researcher*. FFI.

Nettkilder

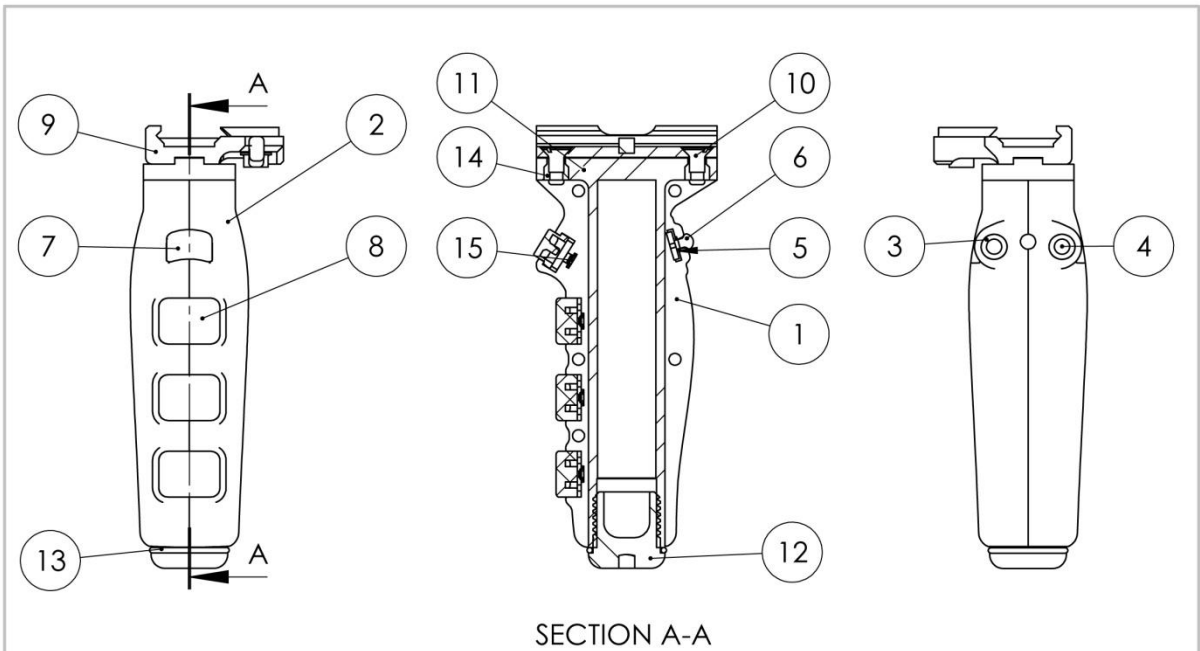
27. 4iiii.com. *Sportiiiis* (lest 08.05).
28. Atlantic Research Marketing Systems, I. (1992). *A.R.M.S. INC*:. Tilgjengelig fra: <http://www.armsmounts.com/>.
29. CyKey. *CyKey*. Tilgjengelig fra: <http://www.cykey.co.uk/> (lest 08.05).
30. Engelbart, D. *Douglas Engelbart Institute*. Tilgjengelig fra: www.dougenelbart.org (lest 08.05).
31. Equipnor. (2012). *EquipNor*. Tilgjengelig fra: www.equipnor.no.
32. Frogpad.Com. *FrogPad*. Tilgjengelig fra: <http://www.frogpad.com/> (lest 08.05).
33. Heckler & Koch. (2012). *HK*. Tilgjengelig fra: www.hk.com.
34. Hitachi. (2012). Tilgjengelig fra: www.hitachi.com.
35. Infogrip.Com. Tilgjengelig fra: www.infogrip.com (lest 8.05.).
36. Rainey, C. (2009). *CyKey*. Tilgjengelig fra: <http://www.cykey.co.uk/> (lest 16.04.2012).
37. Silynx Communications, I. (2011). *Silynx*. Tilgjengelig fra: <http://www.silynxcom.com>.
38. SurveyMonkey. (2009). *SurveyMonkey* [Nettbaserte spørreundersøkelser]. Tilgjengelig fra: www.surveymonkey.com.
39. TipTapSpeech. (2010). *Tip Tap Speech*. Tilgjengelig fra: <http://tiptap.mobi>.
40. Wikipedia. (2001.01.15). *Wikipedia*. Tilgjengelig fra: www.wikipedia.com.
41. Xaphoon.Com. *Data Egg*. Tilgjengelig fra: <http://www.xaphoon.com/dataegg/> (lest 08.05).
42. Logitech. Tilgjengelig fra: www.logitech.com.
43. Norsk Design. (2012). Tilgjengelig fra: www.norskdesign.no.

VEDLEGG

- T001 - Tastatursammenstilling
- T002 - Eksplosjonstegning av tastatur
- T003 - Tastatur skall hovedmål
- T004 - Konstruksjonstegning stamme
- T005 - Konstruksjonstegning gjengeplugg
- T006 - Konstruksjonstegning endeplugg

- D001 - 5-veis bryter
- D002 - SMD-knapp
- D003 - Dataark ABS
- D004 - Dataark PC/ABS
- D005 - Dataark PPS

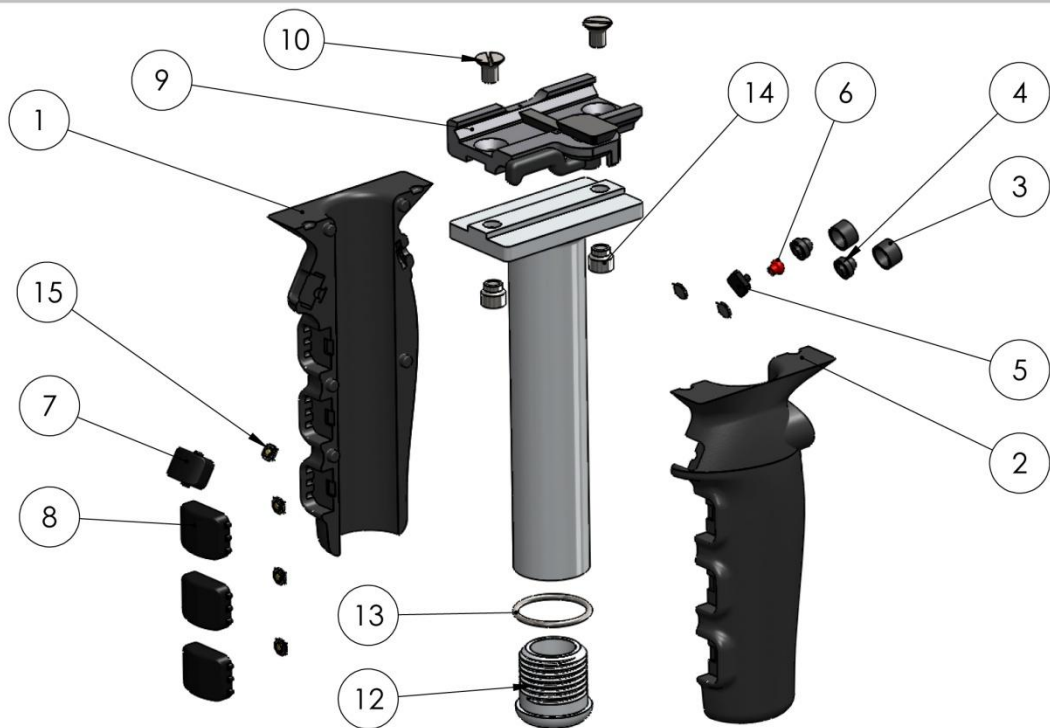
T001 - Tastatursammenstilling



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Grep_solid_v0.2.2_h oyre_skall	Høyre skall	1
2	Grep_solid_v0.2.2_v enstre_skall	Venstre skall	1
3	Plugg for modusknapp	Plugg for modusknapp	2
4	Modusknapp	Modusknapp	2
5	5-way switch	Joystick	1
6	5-way_knott	Joystick knapp	1
7	Avtrekker_knapp_v. 0.1.6	Avtrekker knapp	1
8	Fingerknapp	Fingerknapp	3
9	Sammenstilling A.R.M.S. #17	Hurtigkobling #17 fra A.R.M.S.	1
10	ISO 2009 - M5 x 8 --- 8N	Skruer for feste av hurtigkobling	2
11	Stamme_120mm	Stamme	1
12	Endeplugg	Endeplugg stamme	1
13	O-ring 22.4x1.8-A- ISO 3601-1	O-ring	1
14	Gjengeplugg	Gjengeplugg for topplate	2
15	Mini push button	Bryter	6

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN H.F.H.		10.05	Sammenstillingstegning av grepet i iLogikey			
CHK'D			DWG NO. Tastaturassembly A4			
APPV'D			SCALE:1:2			
MFG			SHEET 1 OF 1			
Q.A.			WEIGHT:			

T002 - Eksplosjonstegning av tastatur



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Grep_solid_v0.2.2_h oyre_skall	Høyre skall	1
2	Grep_solid_v0.2.2_v enstre_skall	Venstre skall	1
3	Plugg for modusknapp	Plugg for modusknapp	2
4	Modusknapp	Modusknapp	2
5	5-way switch	Joystick	1
6	5-way_knott	Joystick knapp	1
7	Avtrekker_knapp_v. 0.1.6	Avtrekker knapp	1
8	Fingerknapp	Fingerknapp	3
9	Sammenstilling A.R.M.S. #17	Hurtigkobling #17 fra A.R.M.S.	1
10	ISO 2009 - M5 x 8 --- 8N	Skrue	2
11	Stamme_120mm	Stamme	1
12	Endeplugg	Endeplugg stamme	1
13	O-ring 22.4x1.8-A- ISO 3601-1	O-ring	1
14	Gjengeplugg	Gjengeplugg for topplate	2
15	Mini push button	Bryter	6

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	H.F.H.		11.05		
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A.					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

DWG NO.

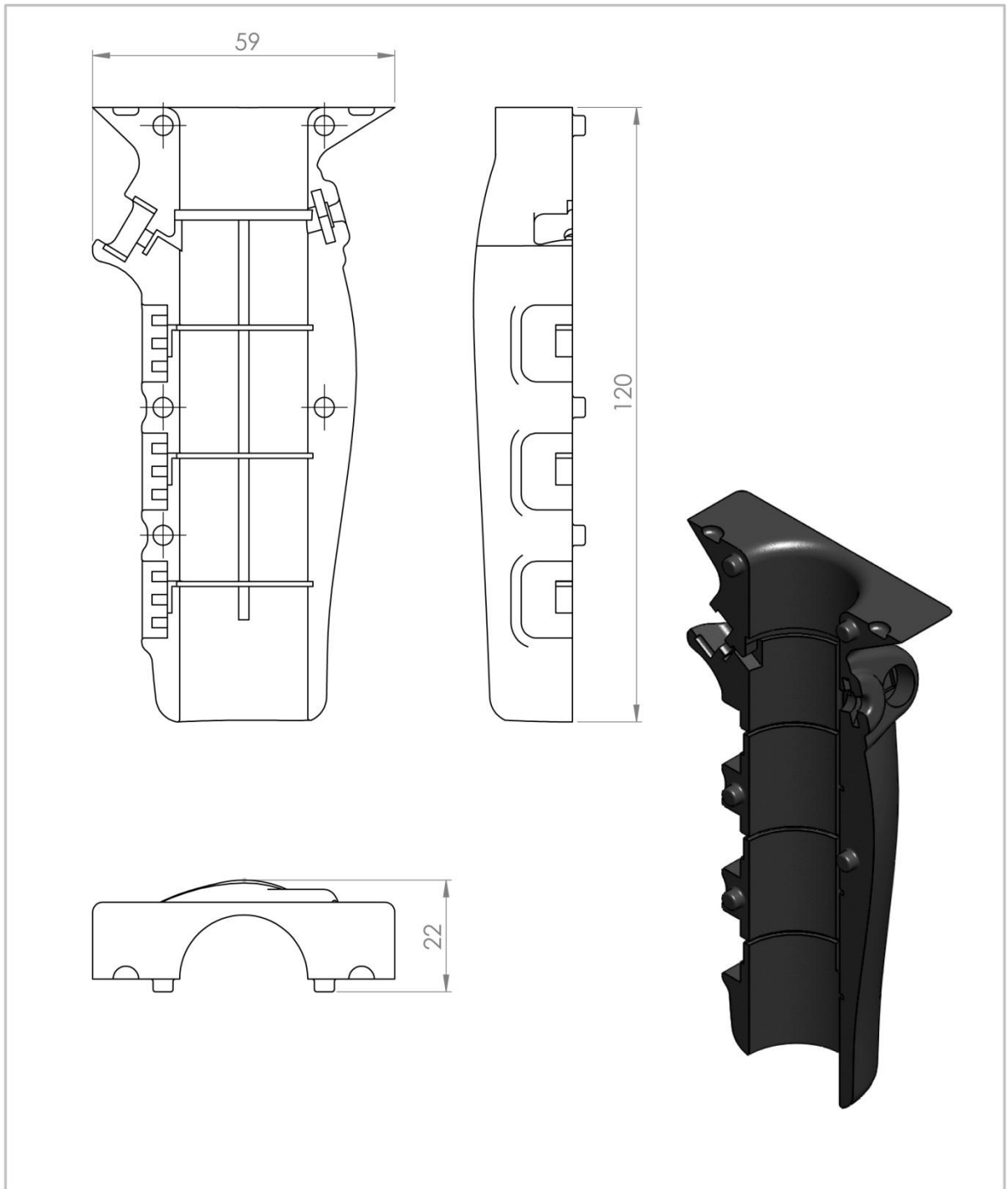
Tastaturassembly_eksplosjon

A4

SCALE:1:5

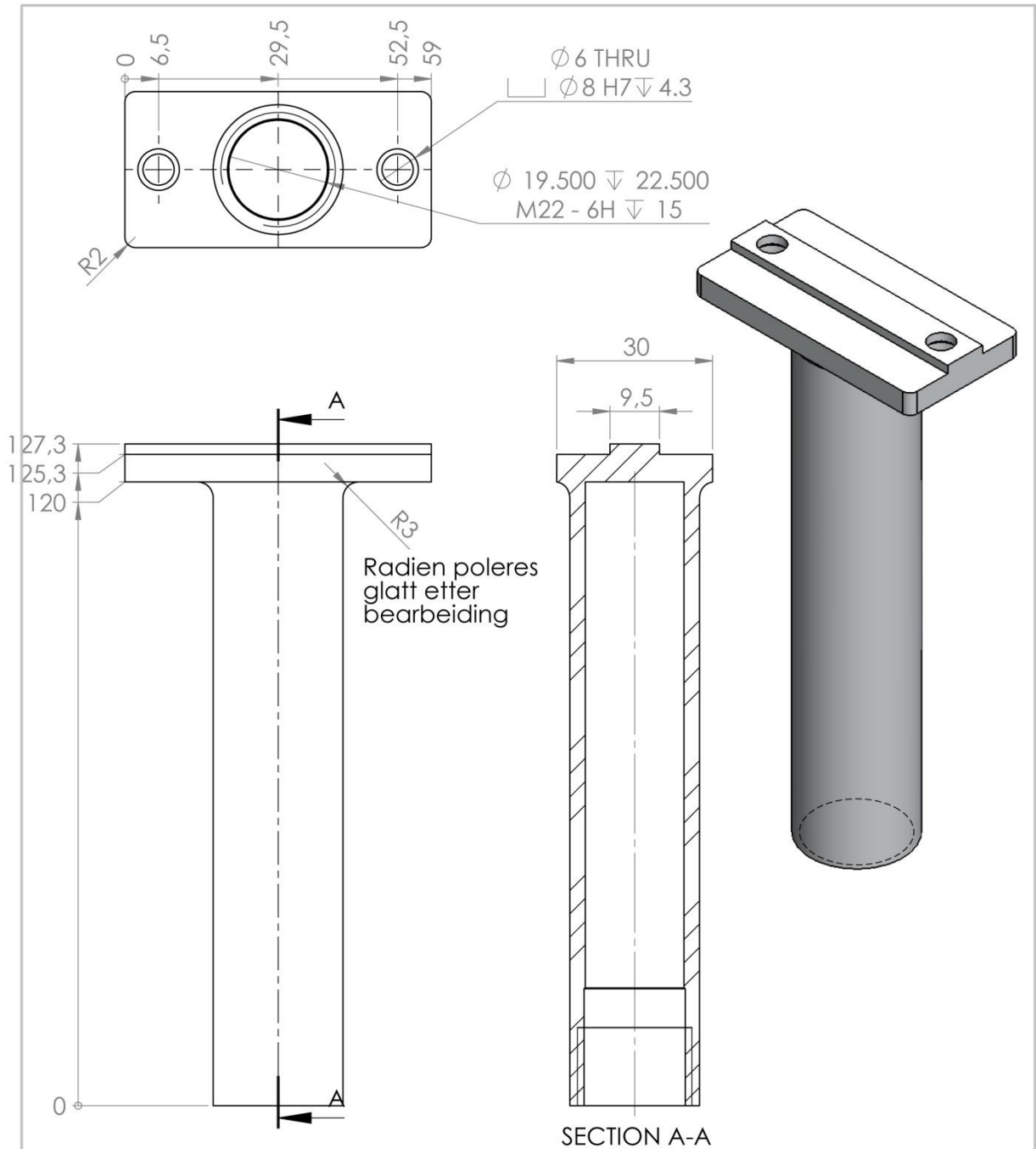
SHEET 1 OF 1

T003 - Tastatur skall hovedmål



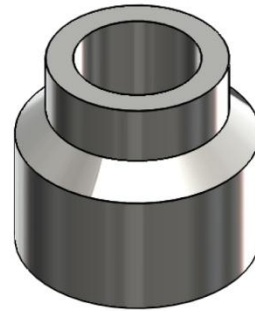
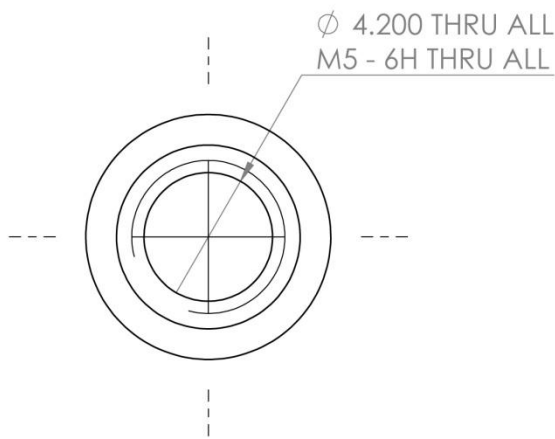
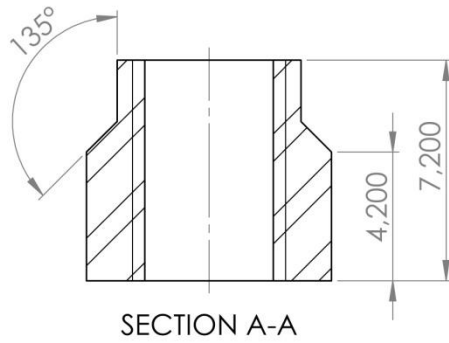
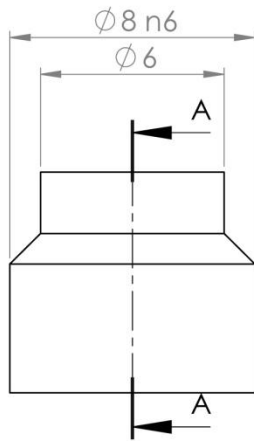
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN NAME H.F.H			SIGNATURE		DATE 8.05		TITLE: Høyre skall				
CHK'D							DWG NO. Hovedmål skaldeler				
APP'VD							SCALE:1:1				
MFG							SHEET 1 OF 1				
Q.A							A4				
					MATERIAL: PC/ABS						
					WEIGHT:						

T004 - Konstruksjonstegning stamme



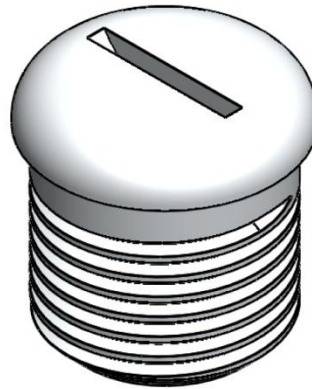
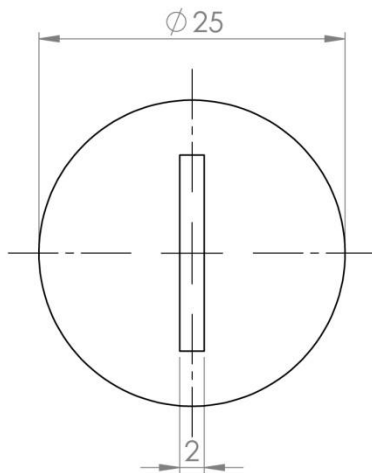
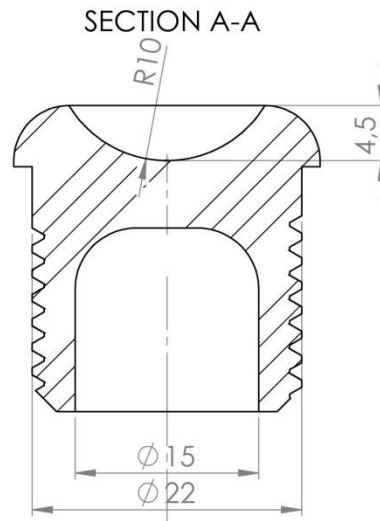
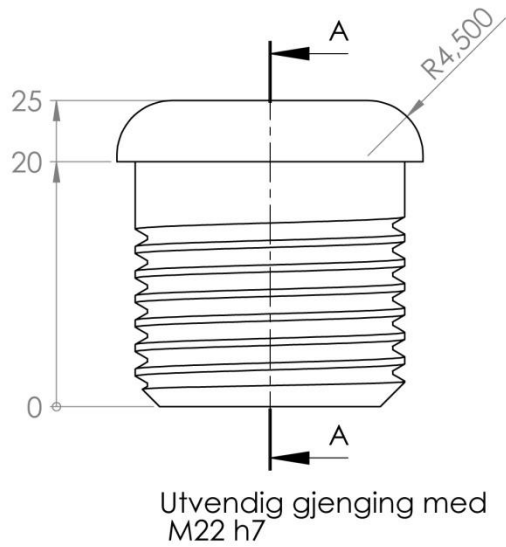
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN H.F.H				SIGNATURE		DATE 08.05		TITLE: Stamme for iLogikey tastatur			
CHK'D				MATERIAL: 6082-T6 Alu		DWG NO. Stamme				A4	
APPV'D				WEIGHT:		SCALE:1:1				SHEET 1 OF 1	
MFG											
Q.A											

T005 - Konstruksjonstegning Gjengeplugg



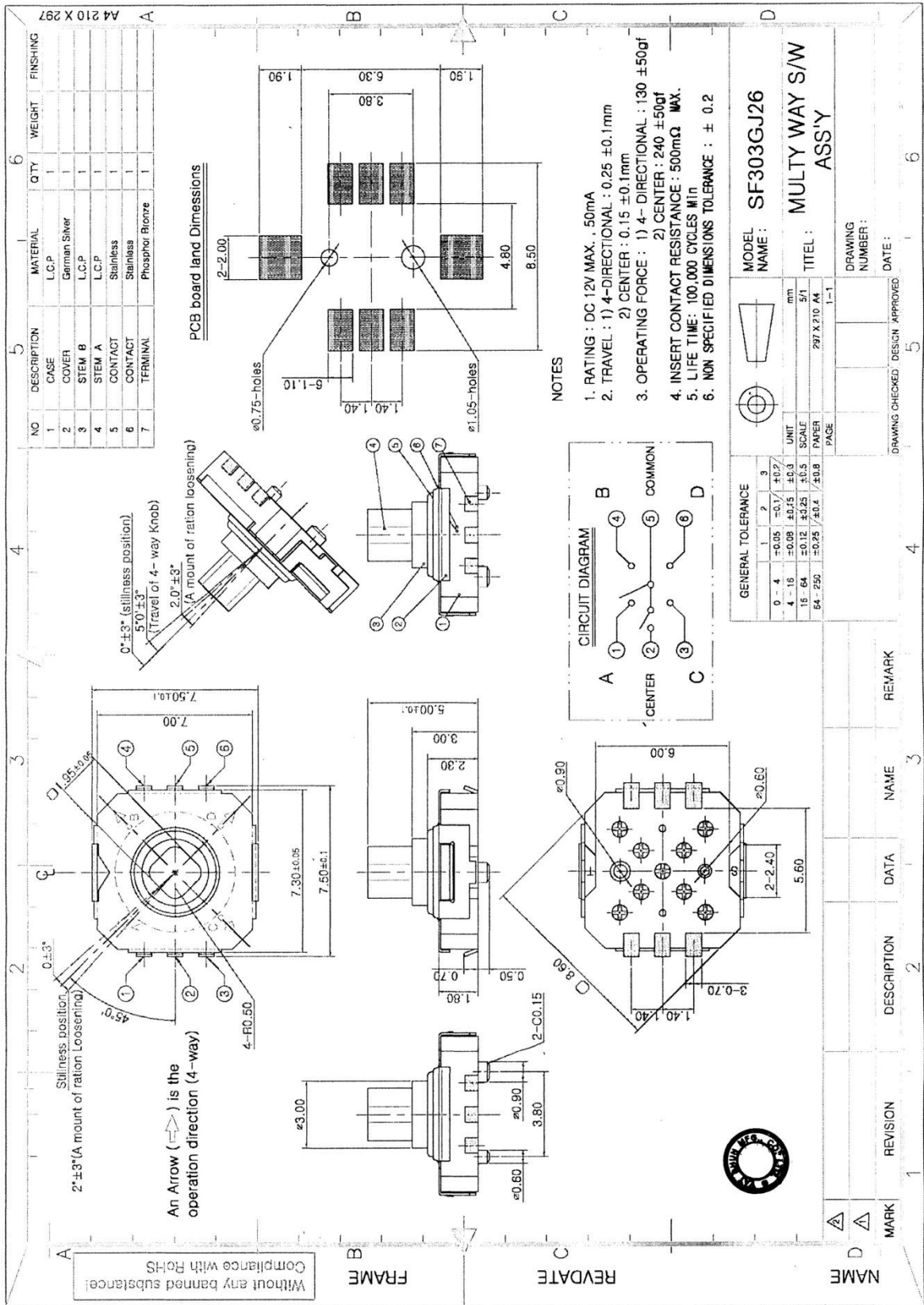
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			SIGNATURE		DATE		TITLE:				
H.F.H					08.05		Gjengeplugg for topplate				
CHK'D							DWG NO. Gjengeplugg A4				
APP'VD											
MFG							SCALE:5:1 SHEET 1 OF 1				
Q.A											
							MATERIAL: S355 Stål				
							WEIGHT:				

T006 - Konstruksjonstegning endeplugg

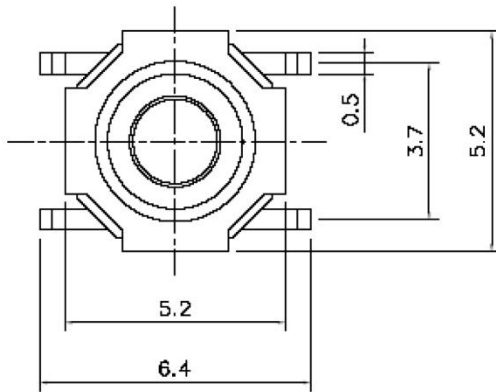


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		
CHK'D			H.F.H				08.05		Endeplugg stamme		
APPV'D									DWG NO.		
MFG									Endeplugg		
Q.A									A4		
					MATERIAL:		6082-T6 Alu		SCALE:2:1		
					WEIGHT:				SHEET 1 OF 1		

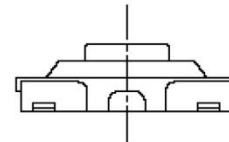
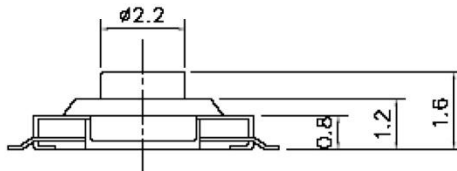
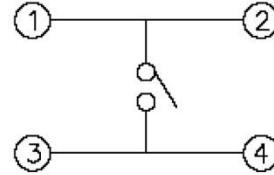
D001 - 5-veis bryter



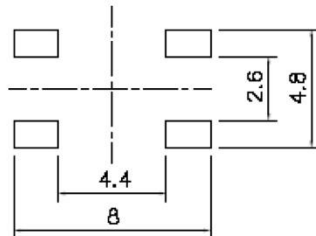
D002 - SMD-knapp



CIRCUIT DIAGRAM



P.C.B LAND DIMENSION



SPECIFICATIONS

1. RATING : DC 12V, 50mA Max
2. CIRCUIT : 1C - 1P
3. OPERATING FORCE : 160±30gf, 250±50gf
4. CONTACT RESISTANCE_Ω: 100mΩ Max
5. TRAVEL : 0.25±0.1mm
6. LIFE : 100,000Cycles Min
7. TOLERANCE : ±0.2

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	SPECIFICATION	TREATMENT	REMARK		
④			APPROVAL	CHECK	DESIGN	TACT SWITCH	
③							TITLE
②							MODEL
①						DRAW' No	
MARK	DATE	REVISION	SIGN				

ON SHINE ENTERPRISE CO., LTD.

JGP PERRITE**TERLURAN GP35****TECHNICAL DATA SHEET****Product Description**

Antistatic general purpose moulding grade of ABS

<i>PROPERTY</i>	<i>TEST METHOD</i>	<i>UNITS</i>	<i>VALUE</i>
Flexural Yield Strength	ISO 178	Mpa	71
Tensile Modulus	ISO 527	Mpa	2500
Tensile Strength at Break	ISO 527	Mpa	35
Izod Impact (notched) @ 23°C	ASTM D256	Kj/m ²	18
Density	ISO 1183	g/cm ³	1.04
Melt Flow Rate (220°C / 10 Kg)	ISO 1133	g/10min	35
Heat Distortion Temperature - @ 0.45Mpa	ISO 75-2	°C	93
Heat Distortion Temperature - @ 1.8 Mpa	ISO 75-2	°C	86
Vicat Softening Point (5Kg/50°C/Hr)	ISO 306 B	°C	95
Flammability @ 1.6mm thickness	UL94 EQUIVALENT	Rating	HB

Additional Information

JGP/Perrite manufacture a wide range of engineering thermoplastic compounds with filled flame retardant, impact modified variants available. All grades can be colour matched to meet specific customer requirements.

The information in this publication is based on our present technical knowledge and experience. In view of the large number of factors which may influence the processing and use of our products, the present information does not relieve processors and manufacturers of the need to carry out their own tests and experiments.

Print date: 08/09/2006
Issue no: 1

Perrite Plastic Compounds is a Division of Vita Thermoplastic Compounds
Tel: 01925 810608 Fax: 01925 840001

D004 - Dataark PC/ABS



PC/ABS C110FR

UL listed VO and 5VA listed FR PC/ABS file reference E132739

Physical Properties	Test Method	SI Units
Density	ISO 1183	1.20 g/cm ³
Melt Flow Rate (240 °C / 5.0Kg)	ISO 1133	20 g/10min
Melt Flow Rate (260 °C / 5Kg)	ISO 1133	45 g/10min
Mechanical Properties	Test Method	SI Units
Flexural Modulus	ISO 178	2600 Mpa
Flexural Yield Strength	ISO 178	90 Mpa
Tensile Modulus	ISO 527	2700 Mpa
Tensile Yield Strength	ISO 527	60 Mpa
Impact Properties	Test Method	SI Units
Izod Impact (notched) @ 23 °C	ASTM D256	40 KJ/m ²
Izod Impact (unnotched) @ -20 °C	ASTM D256	20 KJ/m ²
Thermal Properties	Test Method	SI Units
Heat Distortion Temperature - @ 1.8 Mpa	ISO 75-2	90 °C
Vicat Softening Point (5Kg/50 °C/Hr)	ISO 306 B	110 °C
Flammability	Test Method	SI Units
Flammability @ 1.6mm thickness	UL94 EQUIVALENT	V0 Rating
Flammability @ 3.2mm thickness	UL94 EQUIVALENT	5VA Rating
Glow Wire Test	IEC 695	1mm@960ÅC
Electrical Properties	Test Method	SI Units
Dielectric Constant	ASTM D150	3
Dielectric Strength	ASTM D149	>2.5Å ² KV/mm
Volume Resistivity	ASTM D257	>10Å ² Ohm.cm

Non chlorine and non bromine FR system fully RoHS and WEEE compliant
--

Additional Information:

Perrite manufacture an extensive range of engineering thermoplastic compounds. All grades can be colour matched to meet specific customer requirements. Test values: Unless otherwise stated all test values have been established using standard test specimens, in natural colour, at 23°C. These are typical values and are not intended to be used as sales specifications. The information in this publication is based on our current technical knowledge and experience. In view of the large number of factors that may influence the processing and use of our products, the present information does not relieve processors and manufacturers of the need to carry out their own tests and experiments. Contact Perrite for MSDS, general guides and/or additional information.

Print date: 16/11/2009

Issue no: 9

www.perrite.com

Perrite is a Division of Vita Thermoplastic Compounds

Tel: +44 (0)1925 810608 Fax: +44 (0)1925 840001

Teknisk datablad - PPS

Egenskaber	Test metode ISO (IEC)	Enhed	Techtron HPV PPS
Farve			blå
Densitet	1183-1	g/cm ³	1,42
Fugtoptagelse:			
- 24/96 timer i vand ved 23°C	62 62	mg %	1 / 2 0,01 / 0,02
- mættet i luft ved 23°C/50% RH		%	0,05
- mættet i vand ved 23°C		%	0,2
Termiske egenskaber			
Smeltetemperatur	11357-1/-3	°C	280
Glas overgangs temperatur	11357-1/-2	°C	
Varmeledningevne		W/(°C x m)	0,3
Linear termisk udvidelseskoefficient:			
- middelværdi mellem 23°C og 100°C		m/(m x °C)	50 x 10 ⁻⁶
- middelværdi mellem 23°C og 150°C		m/(m x °C)	60 x 10 ⁻⁶
- middelværdi over 150°C		m/(m x °C)	100 x 10 ⁻⁶
Tilladelig anvendelsestemperatur i luft:	75-1/-2	°C	115
- max. kortvarigt			
- max. vedvarende 20000 h		°C	260
- minimum		°C	220
Min. tilladelig anvendelsestemperatur i luft		°C	-20
Brandbarhed:			
- ilt index	4589-1/-2	%	44
- iht. UL 94 (3/6 mm tykkelse)			V-0 / V-0
Mekaniske egenskaber			
Trækforsøg:			
- trækstyrke ved svigt / brud	527-1/-2	N/mm ²	- / 78
- forlængelse ved brud	527-1/-2	%	3,5
- E-modul	527-1/-2	N/mm ²	4000
Trykforsøg:			
- 1% offset trykstyrke	604	N/mm ²	33
- 2% offset trykstyrke	604	N/mm ²	65
Slagstyrke:			
- Charpy uden kær	179-1/1eU	kJ/m ²	25
- Charpy med kær	179-1/1eA	kJ/m ²	4
Kugletrykshårdhed - tørt materiale	2039-1	N/mm ²	160
Rockwell hårdhed - tørt materiale	2039-2		M 82
Elektriske egenskaber			
Dielektrisk styrke	(60243-1)	kV/mm	24
Specifik gennemslagsmodstand	(60093)	Ω x cm	> 10 ¹⁴
Overflademodstand	ESD STM 11.11	Ω/sq	> 10 ¹³
Dielektrisk konstant: - ved 100 Hz	(60250)		3,3
- ved 1 MHz	(60250)		3,3
Dielektrisk tabstal tan: - ved 100 Hz	(60250)		0,003
- ved 1 MHz	(60250)		0,003
Krybestrømsmodstand index (CTI)	(60112)		100

Note: 1 g/cm³ = 1,000 kg/m³; 1 N/mm² = 1 MPa; 1 kV/mm = 1 MV/m

Alle informationer er givet ud fra vor bedste viden og uden ansvar for Vink AS. Tekniske oplysninger bygger på informationer fra forskellige råvareleverandører. Randers, juli 2010.

Vink A/S · Kristrup Engvej 9 · 8960 Randers SØ · tlf. 89 110 100 · fax 86 415 890 · www.vink.dk

