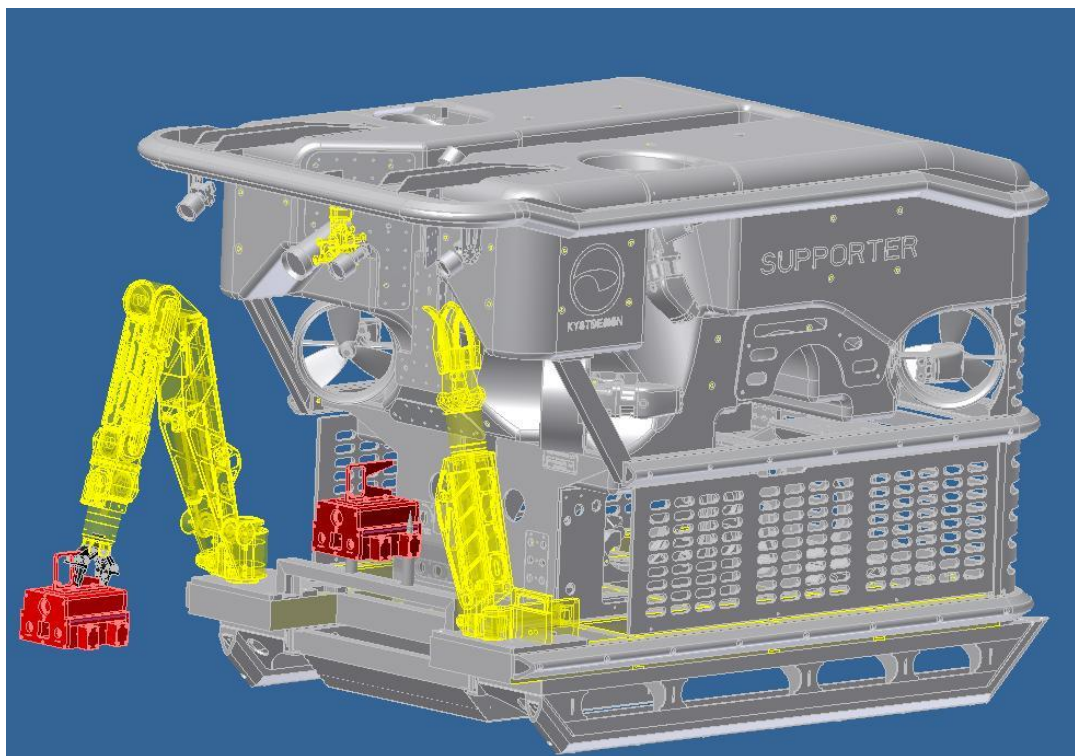


Hovedprosjekt

Kartlegging og utvikling av måleverktøy for ROV

Av:

*Kolbein Lunde, kandidatnummer 18
Jørgen Heggebø, kandidatnummer 87
Anders Vikebø, kandidatnummer 82*



HOVEDPROSJEKT

Studenten(e)s navn: Kolbein Lunde
Jørgen Heggebø
Anders Vikebø

Linje & studieretning Bachelor i Maskin, Marin Konstruksjonsteknikk

Oppgavens tittel: *Kartlegging og utvikling av måleverktøy for ROV*

Oppgavetekst:

Gruppen skal foreta en kartlegging av eksisterende måleutstyr som i dag ikke er standard ROV-utrustning for operativ bruk i Deep Ocean.

Videre, skal gruppen drøfte alternative løsninger/verktøy, og foreslå design samt utføre beregninger på ett eller flere verktøy.

Endelig oppgave gitt: *Fredag 4. mars 2011*

Innleveringsfrist: Fredag 6.mai 2011 kl. 12.00

Intern veileder Jens Christian Lindaas

Ekstern veileder Jostein Førland, Deep Ocean

**Godkjent av
studieansvarlig:**

Brit Fullø

Dato:

27. april 2011

Forord

Vi vil takke Jostein Førland og Jens Christian Lindaas for både engasjerende og innsiktsfull veiledning.

Det blir også rettet en stor takk til Deep Ocean for at vi fikk muligheten til å skrive hovedoppgaven for dem.

Firmaer som har vært behjelpelige under oppgaveskrivingen er:

- Deep Ocean for omvisning på Killingøybasen
- Imenco for demonstrasjon av undervannslasere
- Høgskolen Stord/Haugesund som stilte lab tilgjengelig for forsøk
- Westcon Yards for omvisning på laserskanneravdelingen
- Kystdesign for omvisning på elektronikkavdelingen
- 2G-Robotics for gode samtaler angående anvendelse av laserskannere.

Fagene som gruppen har hatt utbytte av i oppgaven er:

- Undervannsteknologi
- Maskinkonstruksjon 1 og 2
- Matematikk A og B
- Fysikk
- Teknisk Tegning

Gruppedeltakere	Underskrift	Dato/sted
Kolbein Lunde		
Jørgen Heggebø		
Anders Vikebø		

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag	iv
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Litt om Deep Ocean.....	1
1.3 Målsetning for oppgaven	1
1.4 Anvendt metodikk og dataverktøy.....	2
1.5 Avgrensninger og uforutsette problemer	2
2 Kartlegging av eksisterende undervannsmåleutstyr.....	3
2.1 Kartleggingens formål og krav	3
2.1.1 Krav fra Deep Ocean	4
2.1.2 Kystdesigns Supporter	4
2.2 Sonar	4
2.2.1 Beskrivelse av prinsippet	4
2.2.2 Bruksområdet	4
2.2.3 Didson US 3000	4
2.2.4 New Eclipse Multibeam Sonar.....	7
2.2.5 Blueview 5000-2250D.....	9
2.3 HD video	11
2.3.1 Beskrivelse av prinsippet	11
2.3.2 Bruksområdet	11
2.3.3 Scopos Investigator.....	11
2.4 Laser.....	12
2.4.1 Beskrivelse av prinsippet	12
2.4.2 Bruksområdet	13
2.4.3 ULS-100.....	13
2.4.4 Lumeneye.....	15
2.5 Vurdering av eksisterende måleutstyr mot spesifikasjoner.....	16
2.5.1 Spesifikasjonskrav	16
2.5.2 Vurdering av eksisterende måleutstyr.....	16
2.6 Konklusjon av kartlegging	18
3 Forslag til eget design av måleutstyr.....	19
3.1 Innledning	19
3.2 Lasertrigonometri	19
3.2.1 Generelt om lasertrigonometri.....	19
3.2.2 Følsomhetsanalyse	21

3.2.3	Lasertrigonometri: Forsøk 1	23
3.2.4	Lasertrigonometri: Forsøk 2	25
3.2.5	Lasertrigonometri: Forsøk 3	28
3.2.6	Trigonometrimetode for å eliminere avvik ved skråstilt måleobjekt	30
3.3	Laser måling ved bruk av laseravstandsmåler	33
3.3.1	Refleksjonstid: Forsøk	34
3.4	Konklusjon av forsøkene	36
4	Design/tilpassing av verktøy	37
4.1	Innledning	37
4.2	Design av utstyr	37
4.3	Komponenter utstyret bruker	43
4.3.1	Imenco kamera	43
4.3.2	Imenco laserpeker	43
4.3.3	Laser avstandsmåler	43
4.4	Materialvalg	44
4.5	Resultat av design/tilpasningsdel	46
4.5.1	Presentasjon av gruppens design	46
4.5.2	Justering av parallellitet til laserne i utstyret	47
4.6	Beregninger	48
4.7	Diskusjon av design/tilpasningsdel	54
4.8	Konklusjon av design/tilpasningsdel	57
5	Konklusjon	58
6	Liste over forkortelser	60
7	Tabell og figurliste	61
8	Referanser	63
9	Vedlegg	I

Sammendrag

Bakgrunnen for denne oppgaven var at Deep Ocean ønsket en kartlegging av eksisterende måleutstyr for undervannsbruk. Formålet med denne kartleggingen var å se om det fantes eksisterende utstyr som kunne forenkle dagens undervannsoperasjoner, som ofte baserer seg på bruk av mekaniske løsninger. Målsetningen gruppen hadde for oppgaven var å se om det utstyret som ble kartlagt passet Deep Ocean sine krav, eller om utstyr basert på et eget design var den beste løsningen.

Det ble valgt å starte kartleggingen bredt hvor det ble sett på utstyr som bygger på forskjellige måleprinsipper. Sonar, laser og video var de måleprinsippene som ble valgte å se nærmere på. Resultatet fra kartleggingen viste at utstyr som bygger på forskjellige måleprinsipper har forskjellige egenskaper. Gruppen kom frem til at det var laserskannere som hadde de egenskapene som tilfredsstilte Deep Ocean sine krav best. Blant laserskannerne var det ULS-100 fra produsenten 2G Robotics som utmerket seg som det beste alternativet. Fortrinnsmessig ble denne valgt grunnet bedre rekkevidde enn konkurrenten, men også prislappen på rundt halvparten av det tilsvarende utstyr koster var med på å trekke opp inntrykket. Ulempen med denne modellen er en begrensning på 350 m dybde, men en ny modell beregnet for 3000 m havdyp er under utvikling.

Det ble også sett på muligheten for å designe et eget til forslag til et måleutstyr. Før designprosessen ble det foretatt en rekke forsøk for å bestemme hvilket laserprinsipp designet skulle bygge på. Gjennom testing med forskjellige trigonometriske metoder kom gruppen frem til at dette prinsippet hadde ulemper når det ble for lang avstand til objektet eller når objektet var skråstilt i forhold til måleutstyret. Gjennom å ta for seg flere artikler på området kom gruppen frem til at en laseravstandsmåler for bruk under vann kunne gi en bedre rekkevidde på målingene uten at man var avhengige objektets størrelse. Prinsippet med målestokk ble tatt med videre ettersom dette førte til at utstyret ble mer fleksibelt.

Gruppen valgte deretter å designe dette utstyret med mål om å få en lengre rekkevidde i forhold til ULS-100. Dette designet baserte seg på å benytte to parallelle lasere der den ene laseren var en avstandsmåler. Ved å ha disse laserne parallelle kunne man også benytte målestokkprinsippet. Følgelig fikk man et utstyr som kunne ta både avstands og dimensjonsmålinger. Det er også montert et kamera med optisk zoom over laserne for å sikre bilder som skal brukes i målingene.

Forslaget gruppen kom opp med benytter komponenter som allerede finnes ferdigutviklet på markedet. Dette var en forutsetning ettersom det var svært lite informasjon tilgjengelig om innmaten i de forskjellige komponentene og på grunn av at det ikke var nok tid til å sette seg inn i den svært kompliserte teknologien.

Det er gjort styrkeberegninger på dette forslaget for å kunne bekrefte at det tåler de påkjenninger det utsettes for ved 2000m dyp samt at det tåler mindre kollisjoner.

Konklusjonen som ble gjort er at det er nødvendig med praktisk testing før man vurderer nytteverdiene til dette måleutstyret. Det er også nødvendig å få ned totalkostnaden, og dette vil være mulig hvis man kombinerer innmaten fra de tre komponentene inn i ett felles hus. Prinsippet gruppen har kommet frem til er uansett et reelt alternativ til eksisterende måleutstyr på markedet i dag.

Siden lærekurven under prosjektet har vært bratt, har gruppemedlemmene hele tiden tilegnet seg ny kunnskap. Dette har resultert i nye ideer om hvordan oppgaven kunne løses, dessverre har ikke tiden strukket til slik at disse ideene kunne utforskes mer. Mulige problemer og forslag til eventuell videreutvikling har også blitt diskutert.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Bakgrunnen for denne hovedoppgaven er at Deep Ocean ønsker en kartlegging av eksisterende måleverktyper for bruk under vann, dette for å kunne forenkle undervannsoperasjoner.

I dagens operasjoner er mekaniske målinger av utstyr mye benyttet. Målinger med slikt utstyr kan være til dels vanskelig å utføre, grunnet begrenset adkomst og det kan være krevende å oppnå tilstrekkelig nøyaktighet med slikt utstyr.

Dersom nøyaktige målinger skal utføres, brukes i dag fotogrammetri. Denne målemetoden er både ressurs- og tidkrevende samt økonomisk kostbar.

1.2 Litt om Deep Ocean

Deep Ocean startet opp i 1999 og ble kjøpt opp av Trico Marine i 2008. De har et nært samarbeid med Solstad Shipping og Østensjø Rederi med tanke på leie av skip.

Deep Ocean er en anerkjent aktør innenfor undervannsoperasjoner. Flåten deres består av flerfunksjonsskip som kan benyttes til forskjellige operasjoner. Deep Ocean er et allsidig selskap som foretar inspeksjoner, vedlikehold og reparasjoner, havbunnskartlegging, konstruerer undervannsutstyr/strukturer og fjerning av undervannsstrukturer/utstyr.

Deep Ocean benytter hovedsaklig Kystdesigns ROVer, "Remotely Operated Vehicle", Installer og Supporter samt de bruker HIROV 3000 MKII (Deep Ocean)^[1].

1.3 Målsetning for oppgaven

Deep Ocean ønsker seg av problemstillingene beskrevet i bakgrunnen for oppgaven et måleverktøy som er enkelt i bruk, og som kan benyttes til å måle profiler og distanser i områder hvor adkomsten er begrenset. Et konkret eksempel på en slik måleoppgave vil være oppmåling i en bunnramme.

Målet gruppen ønsker å oppnå med dette prosjektet, er et forslag til ett eller flere måleutstyr som tilfredsstillter Deep Oceans behov for undervannsmåling.

For å komme frem til et slikt forslag vil det først bli gjort en kartlegging av Deep Oceans behov og krav til et slikt måleutstyr. Videre vil det bli foretatt en kartlegging av aktuelle målemetoder, for å kunne velge ut det utstyret som best tilfredsstillter de kartlagte behovene til Deep Ocean.

Tilslutt vil det bli gjort en vurdering om det utvalgte utstyret kan modifiseres for å bedre møte de kartlagte behovene, eller om et eget utviklet design av måleutstyr vil være den mest tilfredsstillende løsningen for å dekke Deep Ocean sine behov.

Som et overordnet mål med oppgaven ønsker gruppen å tilegne seg erfaring med prosjekt arbeid. Siden oppgaven dekker et område som gruppemedlemmene har liten eller ingen erfaring med, er dette en ideell oppgave til å høste prosjekterfaring med.

1.4 Anvendt metodikk og dataverktøy

I kartleggingsfasen vil data og informasjon om de aktuelle målemetodene samles inn. I denne fasen vil Internett, e-post og telefonsamtaler spille en viktig rolle for å innhente den nødvendige informasjonen. Dataverktøy som er benyttet i oppgaven er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Dataverktøy benyttet i oppgaven

MS Word 2007	Inventor
MS Project	Skype
MS Excel	Open Office Draw
MS Paint	Ansys

1.5 Avgrensninger og uforutsette problemer

Som begrensning i oppgaven har gruppen satt at avanserte måleenheter som for eksempel laser, sonar og lignende må kunne kjøpes ferdig som en modul. Dette betyr at oppgaven ikke vil gå ut på å designe slikt måleutstyr helt fra bunnen av, men å tilpasse eksisterende utstyr til Deep Oceans behov.

Gruppen har etter beste evne prøvd å forklare en del viktige ord og prinsipper som er svært relevante for innholdet. Oppgaven er likevel først og fremst rettet mot lesere med en viss teknisk bakgrunn, og vi forutsetter derfor at lesere har kjennskap til de mest grunnleggende begrepene.

2 Kartlegging av eksisterende undervannsmåleutstyr

2.1 Kartleggingens formål og krav

Fremgangsmåten som ble valgt i kartleggingsfasen var å ha et møte med ekstern og intern veileder for å finne ut hvilke alternativer som skulle kartlegges og hvilke krav Deep Ocean stilte til måleutstyret. Per dags dato har ikke Deep Ocean et lett tilgjengelig og nøyaktig måleverktøy som standard utstyr på ROVene sine i følge Jostein Førland¹. Hvis det er krav om nøyaktige målinger blir det foretatt fotogrammetri undersøkelser. Gruppen kom derfor frem til at det skulle finnes et alternativ til fotogrammetri som ville møte kravene fra Deep Ocean. Det har derfor blitt valgt å se på utstyr som ikke blir benyttet som standardutstyr på Deep Oceans ROV'er. Ved hjelp av internett og intern veileder ble det funnet frem til forskjellige firma som kunne levere alternative metoder for undervannsmåling.

Alternativene som ble valgt å kartlegges var sonar, HD-video og laserskanning. Utvalget av måleutstyr som ble tatt med i kartleggingen har først og fremst basert på grad av tilgjengelig informasjon. Det ble i tillegg lagt vekt på at de utvalgte måleutstyrene representerte hver enkelt metode på en tilfredsstillende måte. Flere kommersielle produsenter av måleutstyr ble kontaktet ved hjelp av e-post og telefon, og etter noen uker hadde gruppen samlet nok informasjon til å sette de eksisterende måleutstyrene opp mot kravene fra Deep Ocean.

Det ble også sett på diverse mekaniske alternativer som målebånd, skyvelære og lignende, men gruppen kom frem til at disse verktøyene ofte ble veldig spesialiserte og lite fleksible. Det var også svært vanskelig å finne produsenter av mekanisk utstyr.

For å kunne sammenligne de forskjellige alternativene ble det laget en felles mal som hvert alternativ har blitt satt opp i. Etter at all tilgjengelig informasjon var innhentet ble det foretatt en karaktersetning for utstyret opp mot kravene fra Deep Ocean og en konklusjon på hvilket utstyr som etter gruppens oppfatning passet Deep Ocean best.

¹ Jostein Førland, Avdelingsleder for Struktur og Design, Deep Ocean

2.1.1 Krav fra Deep Ocean

Utstyret skal:

- kunne måle avstander i strukturer som for eksempel bunnrammer.
- kunne måle vertikalt og horisontalt.
- kunne måle dimensjoner til profiler og lengder.
- ha en nøyaktighet innenfor .
- kunne måle avstander opp til to meter.
- kunne betjenes med manipulatorarm.
- kunne brukes ned til 2000 meters dybde.
- få plass i verktøyskuffen
- ha maks vekt på 490 N i sjø.
- kunne kobles opp mot ROV
 - RS-232
 - RS-485
 - Ethernet (ikke standard på Supporter, men det kan modifiseres)
 - 24 V DC
- kunne betjenes uten mye kursing.
- kunne identifisere referansepunktet.
- kunne tåle miljøpåvirkninger (sikt, slag/støt, tilleggslaster).

2.1.2 Kystdesigns Supporter

Gruppen valgte å kartlegge utstyret med hensyn på Supporter ROVen (Vedlegg C2) til Kystdesign. Ut fra opplysninger fra Pettersen², har denne ROVen mulighet for å kunne bruke utstyr som krever RS-232 og RS-485 tilkoplinger. Noen av Deep Oceans Supportere har blitt modifisert slik at de også kan bruke utstyr som krever Ethernet tilkopling. Dette er dog ikke standard på ROVene levert fra Kystdesign.

2.2 Sonar

2.2.1 Beskrivelse av prinsippet

Sonaren virker ved at man sender ut korte lydimpulser som er sinusformet, og ved hjelp av radarprinsippet kan man regne ut hvor langt pulsen har vandret før den ble reflektert av et objekt. Ved å foreta mange slike målinger kan man få en ganske god nøyaktighet på hvor lang distanse det er fra senderen til objektet man måler til (Kleppevik et. al 1990)^[2]. Man kan da også generere 3D-modeller ut ifra disse punktene. Antall stråler og sektoren kan variere fra sonar til sonar. Didson bruker 96 stråler mens New Eclipse bruker 256 stråler. Ved å øke antall stråler får vi flere punkter og større arbeidssektor.

2.2.2 Bruksområdet

Sonarens bruksområde under vann er hovedsaklig å identifisere og registrere objekter samt bestemme lengden og størrelsen til objekter.

2.2.3 Didson US 3000

Informasjonen i denne malen er hentet fra vedlegg A1 og fra telefonsamtaler/e-post korrespondanse med Hanot³ og Ekstrøm⁴.

² Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign. Samtale 19.04.2011

³ Bill Hanot Sound Metrics Corp. E-post 27.01.2011

⁴ Mats Ekström System Sales Manager hos MacArtney, telefonsamtale 02.02.2011

Tilkobling mot rovv

Tilførselspenningen som utstyret krever er en likespenning som ligger i området 12-36V. Som signaltilkobling krever utstyret en UDP Ethernet tilkobling. Sonaren festes til en brakett som bør ha en fjernstyrt tilt/pan funksjon.

Toleranse og nøyaktighet

Nøyaktigheten av måleresultatene er avhengig av hvor langt objektet er fra sonaren. Jo nærmere man er, jo mer nøyaktige målinger kan oppnås. Nøyaktighetsmåling ned til millimetermål er vanskelig å oppnå.

Den vertikale oppløsningen er konstant og dermed en funksjon av vertikal vindu lengde.

Didson 3000m SV levers med vindu lengder på 1.25, 2.5, 5, og 10 meter med høy oppløsning. Den beste vertikale oppløsningen er tilnærmet 2,5 mm. I praksis vil det på korte avstander som 1,25 meter mellom sonar og objekt, være en "høyde nøyaktighet" på objektet på 0,25 cm.

Den dårligste vertikale oppløsning er da

Den horisontale oppløsningen med en lyd stråle på 0,3° og 1,8 MHz operasjon er .
Hvor R er lengden fra sonar til objektet. For eksempel ved en lengde R på 2 meter vil nøyaktigheten bli

Dette vil si at jo lengre avstanden til objektet er, jo mer unøyaktig blir målingen. (Sound Metrics Corp)^[3].

Rekkevidde

Minimum rekkevidde er 0,42 meter
Maksimal rekkevidde er 26,1 meter

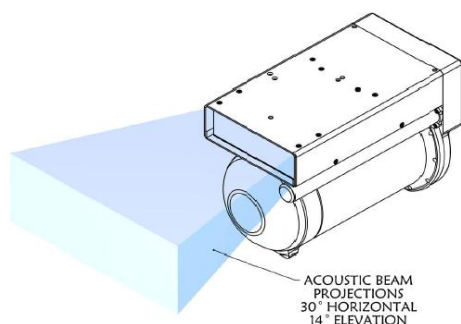
Pris

Totalprisen som inkluderer Didson US3000, Topside Box, Sonar kabel, Video Patch kabel, 10-ft Crossover Ethernet kabel, 24-V DC strømforsyning med kabel og programvaren vil være rundt 750 000 NOK.

Fysiske byggemål og vekt

Vekt i sjø er 53 N
Dimensjonene er 32.5cm x 22.4cm x 18.4cm

En skisse av Didson US3000 vises i Figur 1.



Figur 1: Skisse av Didson US3000 (Didson Operation Handbook.pdf)

Robusthet og fysiske egenskaper

Didson US 3000 tåler sjøvannedyp ned til 3000 meter. Også målinger i grumsete og skittent vann går bra. Kollisjoner og relativt kraftige fysiske støt er skadelig og derfor ikke ønsket. Rengjøring av linsen og kontakter er nødvendig vedlikeholdsarbeid.

Følsomhet for forstyrrelser som kan gi avvik ved måling

Det er blitt utført vellykkede forsøk i skittent og grumsete vann (1000 NTU). NTU står for "Nephelometric Turbidity Unit" og det beskriver hvor mye lys som slipper gjennom en vannløsning og da hvor god sikt det er. Et eksempel på NTU skalaen er vanlig drikkevann som varierer fra reneste 0,1 NTU til ureneste 5 NTU (Chattahoochee Riverway Project)^[4].

En må holde sonaren i en 15° vinkel med sjøbunn for å få den riktige avbildningen og fargekontrasten i bildet. Skarpe kanter kan forårsake uklare bilder.

Kompetansebehov for bruk

Det behøves ikke kursing siden Didson og MacArtney har kvalifisert personell med 24-timers service telefon.

Hvordan avleses resultat

Sonaren sender dataene til en PC som danner et 2D bilde. I 2D bildet kan en hente ut de ønskede distansemål. For å finne vinkler mellom objekt, og eventuelle avstandsforskjeller til objekter trenger man 3D bilder.

Kalibrering

Didson US3000 er ferdig kalibrert fra leverandør. Ved normal bruk er det derfor ikke nødvendig med mer kalibrering. Eventuell etterkalibrering utføres av kvalifisert personell fra leverandør.

Bruksanvisning

Leverandøren MacArtney, har bruksanvisning, som for eksempel håndboken Dual-Frequency Identification Sonar Operation Handbook. Den tar for seg virkemåte, bruk, vedlikehold, komponent sammenstilling, installering og bruk av programvaren.

Ekstra ressurser for bruk av utstyr

En må ha tilgjengelig en PC. Eventuelle festemekanismer til ROV leveres ikke med.

2.2.4 New Eclipse Multibeam Sonar

Informasjonen i denne malen er hentet fra vedlegg A2 og fra telefonsamtaler/epost korrespondanse med Johnston⁵ og Broadbent⁶.

Tilkobling mot rovv

Utstyret krever en tilførsel spenning på 20-28 V og krever en Ethernet (100baseT) signaltilkobling.

Toleranse og nøyaktighet

For skannede objekter har utstyret en nøyaktighet på 2,5 cm, dvs. at dimensjonene på et objekt kan variere med 2,5 cm i forhold til det reelle objektet. Nøyaktigheten på avstanden mellom det skannede objektet og skanningsutstyret ble opplyst til å være 2,5 cm.

Rekkevidde

Minimum rekkevidde er 0,4 meter.

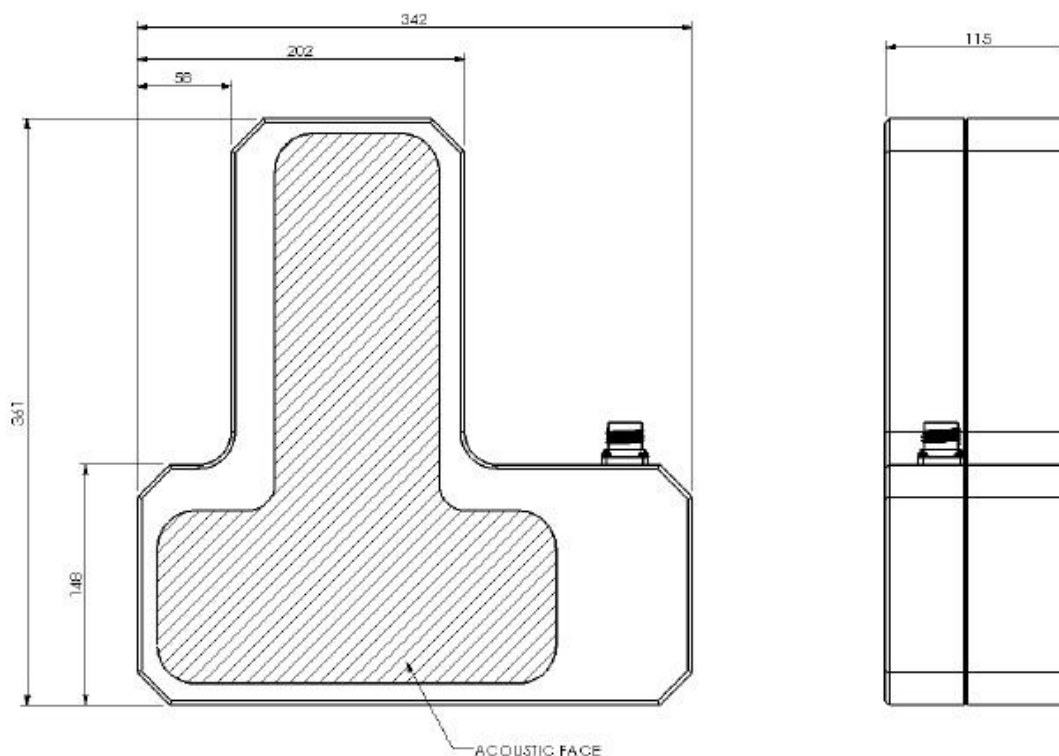
Maksimal rekkevidde er 120 meter.

Pris

Prisen på et komplett New Eclipse Multibeam sonar system er omlag 295.000 NOK.

Fysiske byggemål og vekt

Vekt i sjø er 88,3 N. De fysiske byggemålene er vist i Figur 2.



Figur 2: Ytre mål til New Eclipse Sonar i mm

Robusthet/ Fysisk egenskaper

Utstyret kan gå ned til dybder på 2500 meter.

⁵ Malcolm Johnston. Sales & Marketing Manager. E-post 27.01.2011

⁶ Mike Broadbent Business Development Manager i Tritech. E-post 25.02.11

Følsomhet for forstyrrelser som kan gi avvik ved måling

Sonaren blir ikke påvirket av forurensning i vann. Det som imidlertid kan gi problemer er avrundete og glatte måleobjekter som kan gi sterke signaler kun i en retning.

Kompetansebehov for bruk

Ingen kursing er påkrevet for å ta utstyret i bruk.

Hvordan avleses resultat

Resultatene blir avlest av programvare topside og vises på monitorer. Sonaren kommer med et eget dedikert CAD program.

Kalibrering

Kalibrering er ikke nødvendig i følge produsenten.

Bruksanvisning

Brukermanualen kan lastes ned fra nettsiden til Trittech (Trittech.co.uk)^[5].

Ekstra ressurser for bruk av utstyr

Det følger med en PC som inneholder programvaren (Trittech.co.uk)^[6].

2.2.5 Blueview 5000-2250D

Informasjonen i denne malen er hentet fra vedlegg A3 og fra telefonsamtaler/epost korrespondanse med Seawall⁷.

Tilkobling mot rovv

Utstyret opererer ved en spenning på 12-48 V DC og bruker maks 45 W. Som signalkilder krever utstyret en RS-485 tilkobling for tilt/pan funksjonen og en Ethernet tilkobling for selve sonaren.

Toleranse og nøyaktighet

Nøyaktigheten til utstyret er oppgitt til 1 cm.

Rekkevidde

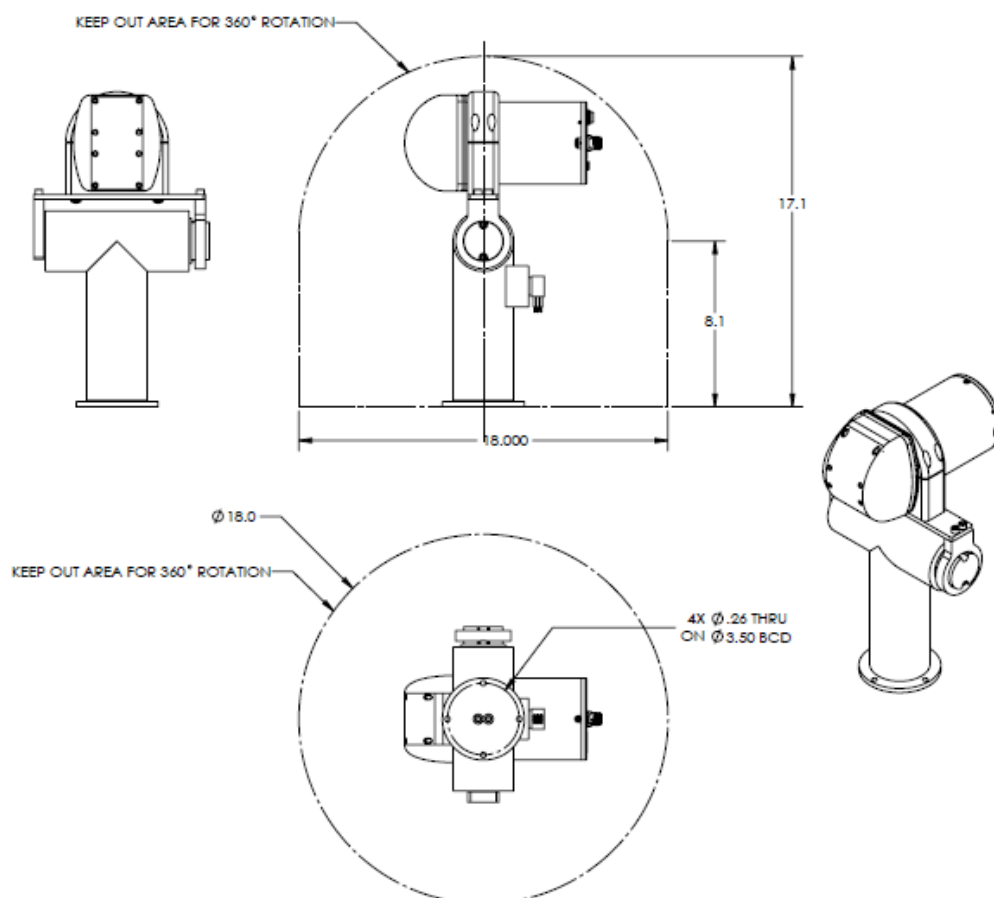
Minimum rekkevidde er 0,5 meter.
Optimal rekkevidde er 0,5 -7 meter.
Maksimal rekkevidde er 10 meter.

Pris

Prisen på et basesystem med programvare er rundt 625.000 NOK. I følge Seawall⁷ bør man også kjøpe inn programvare som for eks Leica Geosystems Cyclone Register for å behandle dataene som blir innhentet. Blueview kan tilby denne programvaren til omlag 46.000 NOK.

Fysiske byggemål og vekt

Utstyrets vekt er 36,3 N i sjø. De fysiske byggemålene er vist i Figur 3.



Figur 3: Fysiske byggemål til BV 5000-2250D (tommer)

⁷ Jason Seawall Chief Operating Officer Blueview. E-post 12.04.2011

Robusthet og fysiske egenskaper

Utstyret kan gjøre målinger ned til 4000 meters dybde.

Følsomhet for forstyrrelser som kan gi avvik ved måling

Utstyret er upåvirket av turbiditet/dårlig sikt (Blueview Product Selection guide)^[7].

Kompetanse behov for bruk?

Det anbefales et todagers kurs for å kunne benytte utstyret optimalt. Det bør også foretas kursing i programvaren, eventuelt kan man sende dataen til en tredjepart (for eks. StarNet) for prosessering.

Hvordan avleses resultatet

Resultatene fra skanningene kommer opp på monitorer topside. Resultatene kan hentes ut som .son, .off og .xyz filer.

Kalibrering

Kalibreringen er avhengig av hvordan man bruker utstyret. Hvis man skal benytte utstyret på ROV må man foreta en kalibrering etter montering for å se at det ikke er mekaniske driverfeil og lignende.

Bruksanvisning

Brukermanual kan lastes ned fra nettsiden til BlueView (Blueview.com)^[8].

2.3 HD video

Informasjonen i denne malen er hentet fra vedlegg A4 og fra telefonsamtaler/e-post korrespondanse med Hindersland⁸, samt artikler av Nakkestad^[9], Flatstad^[10] og Munksgaard^[11].

2.3.1 Beskrivelse av prinsippet

Investigator har både et høykvalitets videokamera og et 3D kamera. Dette skanner landskapet og gir ønskede x,y,z koordinater i sann tid. På dette grunnlaget kan man måle avstander, dimensjoner og vinkler på havbunnsstrukturer fortløpende.

2.3.2 Bruksområdet

Scopos Investigator er et spesialbygd kamera og måleinstrument for utforskning av moduler og installasjoner på havbunnen.

2.3.3 Scopos Investigator

Siden utstyret er under utvikling er en del av de gitte verdiene kun estimerer.

Tilkobling mot rovv

For tilkobling mot ROV kreves 1 stk Ethernet tilkobling og 2 stk 24 V tilkoblinger.

Toleranse og nøyaktighet.

Presisjonen til utstyret er 1 cm for dimensjonen til det målte objektet ved en avstand fra 0,4 – 3 m mellom objekt og kamera. Dette vil si at en avstand i en generert 3D modell kan avvike med . Kameraet måler også lengden fra kameraet til objektet, men presisjonen på dette målet er ikke spesifisert av leverandøren.

Rekkevidde

Arbeidsområdet til utstyret er 40-700 cm.

Pris

Prisen antas å være 400.000 NOK på sikt, men dette er kun et estimat siden produktet er under utvikling.

Fysiske byggemål og vekt

Vekten til den første versjonen av Investigator er estimert til 196 N i sjø. På sikt er målet at utstyret skal ha en størrelse lik en fotball, 20-25 cm diameter, men ingenting er bestemt per dags dato.

Robusthet og fysiske egenskaper

Dagens versjon kan gjøre målinger ned til 250 meters dybde. På sikt skal Investigator kunne benyttes ned til 3000 meters dybde.

Følsomhet for forstyrrelser som kan gi avvik ved måling

Programvaren sørger for filtrering av rådata for å redusere effekten av partikler og støy i vannet

Kompetansebehov for bruk

Det kreves operatør opplæring og beregnet kursingstid er fra 3-5 dager.

Hvordan avleses resultatet

Kameraet sender dataene til en PC som viser resultatet.

Kalibrering

Leverandøren står for kalibreringen av utstyret..

⁸ Grethe Hindersland, prosjekt og driftsleder. E-post 07.02.11

Bruksanvisning

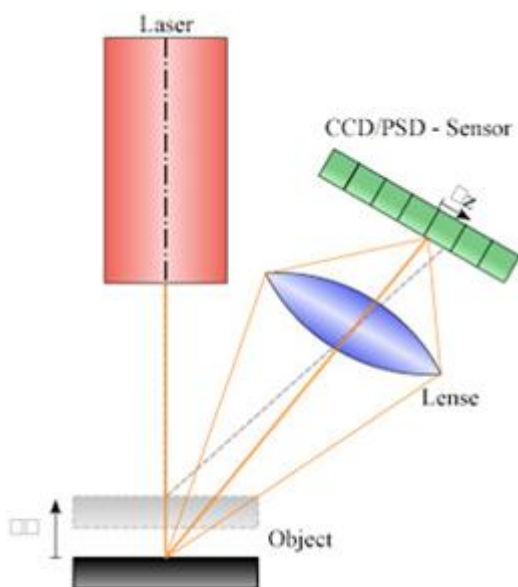
Siden utstyret er under utvikling er ikke bruksanvisning per dags dato tilgjengelig.

2.4 Laser

Laseren fungerer tilsvarende som sonaren, men her blir det sendt ut lys i stedet for lyd. De vanligste prinsippene som benyttes i laser måling er refleksjonstid, faseforskyvning og triangulering. Ved å foreta nok målinger vil man ha nok punkter samlet i en punktsky til å generere en 3D-modell. Laserne som ble kartlagt i dette prosjektet baserte seg på lasertrianguleringsprinsippet. Det finnes også laserskannere som baserer seg på de andre prinsippene, men disse er beregnet for overflate bruk.

2.4.1 Beskrivelse av prinsippet

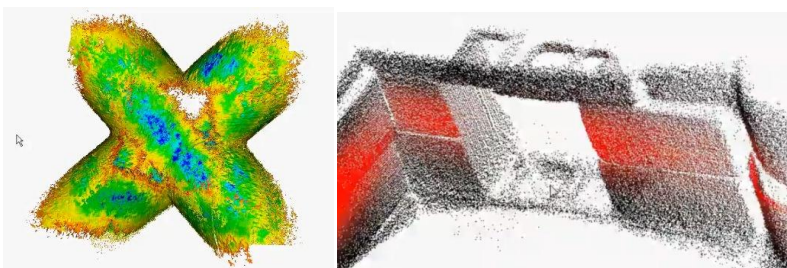
Lasertrianguleringsprinsippet utføres ved å sende ut en laserlinje på det objektet man ønsker avstanden til som vist i Figur 4.



Figur 4: Beskrivelse av trianguleringsprinsippet (Laser Scanners in Terrestrial Surveying)^[12]

Refleksjonene til laserlyset fra dette objektet fanges opp med en sensor som er plassert i en kjent vinkel med laserkilden, slik at avstanden til laserkilden kan kalkuleres. Laserkilden, objektet og detektoren former da et triangel hvor avstanden fra laserkilden til objektet kan kalkuleres.

Dersom målet endrer posisjon fra referansepunktet vil også posisjonen til det reflekterte lyspunktet på sensoren endre seg. Det reflekterte lyset detekteres av en sensor og prosesseres til en 3D punktsky som overføres til en datamaskin. Punktskyen vises så i et 3D-program, eksempler på dette er vist i Figur 5.



Figur 5: Eksempler på laserskanninger (skjermdump Youtube.com)^[13]

Siden dette måleprinsippet ikke er avhengig av tid, men kun måler posisjonen til det reflekterte laserlyset, kan denne metoden benyttes til å måle korte avstander med god presisjon. En ulempe med denne målemetoden er at nøyaktigheten avtar raskt med økende måleavstander (Klepsvik et. al. 1994) ^[14].

2.4.2 Bruksområdet

Laserskannere er et måleverktøy som benyttes hvor det er behov for en sensor som kan avgjøre detaljstrukturen og dimensjoner til et objekt. På større objekter er det behov for å dele objektet opp i flere skannesykluser, hvor resultatet av disse skanningene blir sammensatt til en 3D representasjon av objektet ved hjelp av en medfølgende programvare (2G-robotics.com) ^[15] (Savante.co.uk) ^[16].

2.4.3 ULS-100

Informasjonen i denne malen er hentet fra vedlegg A5 og fra telefonsamtaler/epost korrespondanse med Gillham⁹.

Tilkobling mot rovv

Enheten opererer ved 12-24 V og trekker maksimalt 1 A. Signaltilkoblingene utstyret krever er en RS-232 eller RS-485 tilkobling.

Toleranse og nøyaktighet

Nøyaktigheten vil variere. Utvikleren oppgav et estimat av avviket på to prosent av målt distanse ved optimal rekkevidde. Det vil si at ved optimal rekkevidde og man måler et objekt på 0,5 meter, så er det maksimale avviket . Måler man derimot et objekt på 50 mm blir dimensjonsavviket . Avviket skalerer ikke lineært så på mindre/lengre avstander fra objektet kan resultatet variere.

Rekkevidde

Minimum rekkevidde er 0,1 meter.

Optimal rekkevidde er 1 meter.

Maksimal rekkevidde er 3 meter.

Pris

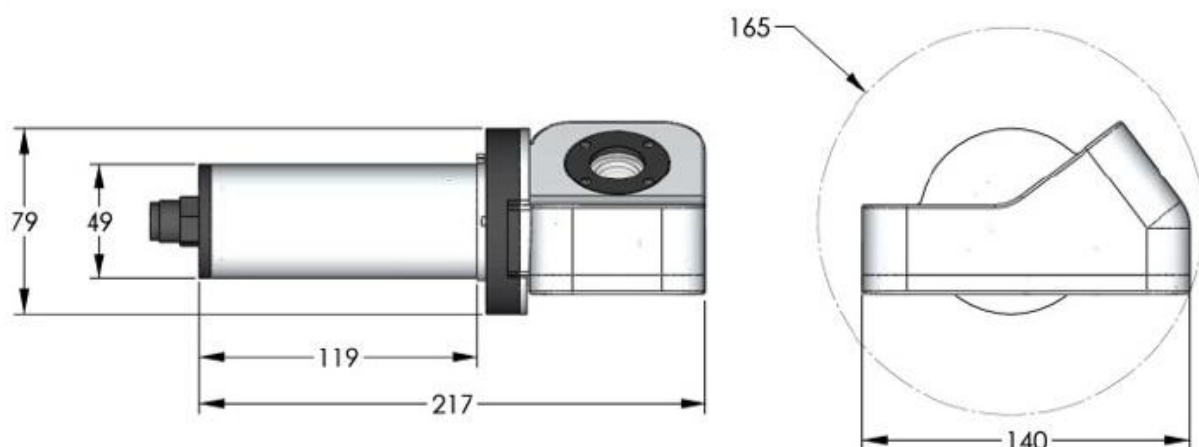
Prisen på et komplett ULS-100 system er omlag 167.000 NOK.

Fysiske byggemål og vekt

Vekt i vann er 9,8 N for versjonen med aluminiumhus. Utstyret vil bli tyngre hvis man erstatter aluminium med titan/syrefast stål for en dypvannsversjon.

Fysiske byggemål vises i Figur 6.

⁹ Jason Gillham Director of Operations ved 2G-robotics. Skypesamtaler 09.02.2011 og 08.03.2011



Figur 6: Ytre mål til ULS-100 i mm

Robusthet og fysiske egenskaper

Utstyret kan gå ned til dybder på 350 meter. Det er ingen begrensninger på selve komponentene så det er relativt enkelt å lage en versjon som går ned til 2000 meter eller dypere. Et eksempel på dette kan være å erstatte aluminium med titan eller syrefast stål.

Følsomhet for forstyrrelser som kan gi avvik ved måling

Laseren er sensitiv for forstyrrelser i vannet. Utstyret er ikke testet opp med NTU metoden, men så lenge det er sikt til målet kan utstyret brukes. Er det mindre forstyrrelser kan det aktiveres filter som kompenserer for urenheterne. Disse er brukerdefinerte og kan slås av og på ved behov. Filtrene vil senke skannehastigheten så man bør bare bruke disse hvis absolutt nødvendig.

Kompetansebehov for bruk

Det er vanlig å bruke 2-3 timer for å sette seg inn i programvaren. Programvaren er intuitiv og designet for å være enkel i bruk.

Hvordan avleses resultat

Resultatene blir avlest av programvare topside og vises på monitorer. Selve 3D-modellene blir lagd ved at forskjellige skanninger blir satt sammen. Dette er en svært krevende operasjon og tiden det tar vil være avhengig av antall skanninger som skal settes sammen, og hvor kompleks strukturen er.

Kalibrering

Kalibrering gjøres av 2G-robotics før de leverer utstyret. Det er mulig å sende inn utstyret til 2G-robotics for programvare oppdateringer for selve komponentene.

Bruksanvisning

Bruksanvisning følger med både for utstyret og for programvaren.

2.4.4 Lumeneye

Informasjonen i denne malen er hentet fra vedlegg A6 og fra telefonsamtaler/epost korrespondanse med Thomson¹⁰.

Tilkobling mot rovv

Enheten opererer ved 24 V og trekker da 0,3 A.

Toleranse og nøyaktighet

Kan få svært nøyaktige målinger. Lumeneye brukes som regel i tilfeller der man krever nøyaktighet bedre enn 10 cm, og hvis det er nødvendig kan man få nøyaktigheter opp til 0,005 mm ved for eksempel skader på rør og lignende.

Rekkevidde

Den optimale rekkevidden er 0 – 2 meter og den dekker et område på 2 x 5 meter ved skanning (Savante.co.uk)^[16].

Pris

Prisen på et totalt system er ca 280.000 NOK. Det er også mulig å leie utstyret.

Fysiske byggemål og vekt

Enheten har en vekt på 1,3 N i sjø og er formet som et rør med diameter 31 mm og har en beskyttelse konstruert av titan.

Følsomhet for forstyrelser som kan gi avvik ved måling

Så lenge målet kan sees er det mulig å måle det. Det er ikke foretatt NTU test på grunn av at dette er for tidkrevende.

Kompetansebehov for bruk

Produsenten har ikke svart på dette punktet.

Hvordan avleses resultat

Resultatene blir avlest på monitører og kan brukes på forskjellige måter alt etter hvilket program man bruker. Dataene blir lagret som x, y, z koordinater i en ASCII fil. En kan også importere dataene inn i diverse programmer som Autocad, Solidworks og Excel.

Kalibrering

Kalibrering blir gjort av Savante Offshore Services Ltd. Det må foretas kalibrering etter at utstyret er montert på ROV.

Bruksanvisning

Ingen info om dette, men vil avhenge av hvilket formål skanneren brukes til og hvilke program som er aktuelle.

¹⁰ Dr. Grant Thomson, Technical Director, Savante Offshore Services Ltd. Epost 17.01.2011 og 08.02.2011

2.5 Vurdering av eksisterende måleutstyr mot spesifikasjoner

2.5.1 Spesifikasjonskrav

Gruppen satte opp informasjonen som ble innhentet under kartleggingen mot kravene fra Deep Ocean. Scopos Investigator ble ikke tatt med i vurderingen ettersom produktet var under utvikling og det ville da vært misvisende å sette det opp mot produkter som allerede er utviklet og tatt i bruk.

Det ble satt karakterer på de forskjellige utstyrene der 6 er toppkarakter og 1 er bunnkarakter.

2.5.2 Vurdering av eksisterende måleutstyr

Vurderingen ble satt opp i Tabell 2.

Tabell 2: Vurdering av eksisterende måleutstyr

Målemetode	Laser				Akustikk						Deep Oceans krav
	Lumeneye		ULS-100		Didson		BlueView		New Eclipse		
	Fakta	Kar.	Fakta	Kar.	Fakta	Kar.	Fakta	Kar.	Fakta	Kar.	
Enkel Rov-tilkobling	Ja	3	Ja	5	Ja	3	Ja	3	Ja	3	Må integreres
Enkel Kalibrering	Ja	4	Ja	6	Ja	6	Ja	4	Ja	6	N/A
3D-modellering	Ja	6	Ja	6	Nei	2	Ja	6	Ja	6	Ønskes
Pris i antall tusen NOK	280	4	167	6	750	1	625	2	295	4	N/A
Maksimal avstand til objekt ved måling	2 m	5	3 m	5	26 m	6	10 m	6	120 m	6	N/A
Vekt i sjø	1,3 N	6	9,8 N	6	53 N	6	36,3 N	6	88,3 N	5	490 N
<i>Nøyaktighet ved:</i>											
Måling av dimensjoner på objekt	< 0,1 mm	6	0,1 mm	6	2 cm	2	1 cm	2	2,5 cm	1	1 mm (+/-)
Partikler i vann	Middels	4	Middels	4	Bra	6	Bra	6	Bra	6	N/A
<i>Robusthet</i>											
Tåler trykkbelastning	Ja	6	Nei	4	Ja	6	Ja	6	Ja	6	Trykk ved 2000 m
Totalsum		44		48		38		41		43	

Begrunnelsen for karaktersetningen blir utdypet under.

Enkel ROV tilkobling

Alle de kartlagde utstyrene er designet for bruk av ROV. I følge Pettersen¹¹ ved Kystdesign er det ikke standard med Ethernet tilkobling på Kystdesigns ROVer. Deep Ocean har dog tilpasset en del av ROVene sine til å bruke Ethernet, men siden det ikke er standardutstyr får de utstyrene som ikke har RS-232 eller RS-485 kobling litt lavere karakter på dette punktet. For laserskanneren Lumeneye fra Savante har det ikke blitt gitt spesifikasjoner på tilkoblingsmuligheter. For hvert måleutstyr kreves det mekanisk tilpasning for hver enkelt ROV type, derfor har ingen av utstyrene fått toppkarakter på dette punktet.

Enkel kalibrering

Det som skiller på dette punktet er om utstyret trenger kalibrering etter at det er kjøpt inn fra produsenten. Didson, ULS-100 og New Eclipse trenger ingen etterkalibrering og får derfor toppkarakter. BlueView og Lumeneye må kalibreres etter at utstyret er montert. Dette er relativt lite tidkrevende operasjoner, men det må uansett tas hensyn til.

¹¹ Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign. Samtale 19.04.2011

3D-modellering

Muligheten for 3D-modellering av resultatene var ønsket av Deep Ocean. Det eneste utstyret som ikke har mulighet for dette er Didson. Resten av utstyrene har mulighet for dette samtidig som resultatene kan importeres i CAD programmer og kan presenteres i diverse filtyper.

Pris

Deep Ocean gav ingen økonomiske rammer på utstyret. Det ble allikevel tatt med ettersom gruppen syntes det var interessant å se hva man fikk for pengene. Toppkarakteren ble derfor gitt til ULS-100 mens bunnkarakteren ble gitt til Didson. Et forbehold er at dypvannsversjonen til ULS-100 kan bli dyrere, men gruppen har ikke tatt særlig hensyn til dette.

Maksimal avstand til objekt ved måling

Med rekkevidden menes avstanden fra objektet til utstyret man tar målinger med. Jo større denne avstanden er, jo mer fleksibelt blir utstyret. Problemet blir at ved lengre avstand fra objektet går også nøyaktigheten ned, så lengst mulig rekkevidde trenger ikke være ubetinget positivt. Ettersom begge laserskannerne har veldig kort rekkevidde har de fått en litt lavere karakter enn sonarene.

Vekt i sjø

Kravet til Deep Ocean var på _____, og alle utstyrene er innenfor dette. New Eclipse har fått litt dårligere karakter siden det er det tyngste (_____) og følgelig kan være litt vanskeligere å håndtere enn de andre.

Nøyaktighet ved måling av dimensjoner på objekt

Nøyaktigheten på målingene vil variere veldig med avstanden fra måleutstyret til objektet. Fordelen med laserskannerne er at de får mye høyere oppløsning og de kan derfor måle med en mye bedre nøyaktighet. Laserskannerne er også bedre på avstandsmåling i forhold til sonarene. Laserskannerne har derfor fått veldig god karakter på dette området, mens sonaren ikke nådde opp til Deep Oceans krav.

Nøyaktighet ved partikler i vann

Nøyaktigheten ved måling i skittent/grumsete vann kan være en viktig faktor ved mange undervannsoperasjoner. En skala man kan bruke for å definere sikt i vann er NTU. Det er kun Didson som faktisk har kjørt forsøk i forhold til denne skalaen, men de andre sonarene oppgir at de ikke blir påvirket av dårlig sikt, og alle sonarene har derfor fått toppkarakter på dette punktet. Laserskannerne er avhengig av å se objektet de skal måle. De har filtre for å kunne eliminere ut noen forstyrrelser og har derfor fått en middels karakter.

Tåler trykkbelastning

Det er kun ULS-100 som ikke er dimensjonert for 2000 meters dyp. Produsenten¹² oppgir at en 3000 meters versjon er under utvikling, men det er ikke fastsatt en dato på når denne er ferdig. Det er kun aluminiumshuset som må erstattes for å kunne brukes på 2000 meters dybde, og dette betraktes derfor ikke som et stort problem. De resterende måleutstyrene oppfyller kravet til Deep Ocean og får derfor toppkarakter.

¹² Jason Gillham Director of Operations ved 2G-robotics. Skypesamtale 08.03.2011

2.6 Konklusjon av kartlegging

I denne kartleggingen har det blitt tatt kontakt med kommersielle produsenter av forskjellige undervannsmåleutstyr. Det har blitt sett på forskjellige måleprinsipper som akustikk, video og laserskanning. På grunn av at vi er studenter var det en del utstyr vi ikke fikk tilstrekkelig informasjon om fra produsentene. Ettersom prinsippene er relativt like og utstyret innenfor de enkelte prinsippene er relativt like både prismessig og bruksmessig, fant vi at det var nok å ha to til tre utstyr innenfor hvert måleprinsipp. Kartleggingen er derfor ikke helt representativ ettersom vi hovedsakelig fokuserte på produsenter vi fikk kontakt med og som gjorde informasjon tilgjengelig.

I denne kartleggingen kommer det relativt klart frem at det er laserskannerne som er de mest aktuelle ifølge kravene fra Deep Ocean. De har begge mulighet for 3D-modellering samt de opererer mer på detaljnivå. Fordelene til sonarene er at de har en lang rekkevidde og kan brukes ved null sikt, men nøyaktigheten/oppløsningen er betydelig lavere enn laserskannerne (Kleppevik et. al 1990)¹². Sonarene er derfor nyttige til å identifisere objekter, men kan ikke levere nøyaktige nok måleresultater.

Både ULS-100 og Lumeneye bruker det samme prinsippet. Det som skiller disse skannerne er pris, rekkevidde, dybderating og behovet for kalibrering. ULS-100 scorer best i forhold til rekkevidde, noe som gjør utstyret mer allsidig. Den har heller ikke behov for etterkalibrering noe som Lumeneye har. En ulempe til ULS-100 er at den kun kan gå til 350 meters dybde, men ifølge Gillham¹³ er en 3000 meters versjon under utvikling. Det er kun aluminiumshuset som begrenser dybden og ikke selve komponentene, så utvikling av nytt hus bør ikke ta lang tid. Det kan også nevnes at innkjøpsprisen til ULS-100 er rundt halvparten av Lumeneye.

Ut ifra kartleggingen og karakterene som ble satt, kom ULS-100 fra 2G-robotics ut som det beste måleutstyret. Selv om det ikke er utviklet en dypvannsversjon, overgår fordelene med dette utstyret denne ene haken. ULS-100 er også betydelig rimeligere enn konkurrentene og man får mye utstyr for pengene. Muligheten for å sette sammen forskjellige skanninger gjør at man kan dekke et relativt stort område hvis dette er nødvendig. Samtidig kan det foretas svært nøyaktige detaljmål på kort avstand.

Av de eksisterende måleutstyrene gruppen har undersøkt, konkluderte gruppen med at ULS-100 vil være det utstyret som imøtekommer kravene fra Deep Ocean best. Man får et fleksibelt, rimelig og nøyaktig verktøy som krever lite kursing og modifisering for å brukes av Deep Oceans ROVER.

¹³ Jason Gillham Director of Operations ved 2G-robotics. Skypesamtale 08.03.2011

3 Forslag til eget design av måleutstyr

3.1 Innledning

Gruppen har også valgt å se på et eget alternativ for design av måleutstyr. Målet var å utvikle et måleutstyr som kunne måle dimensjoner på objekt og avstanden fra måleutstyret til objektet. Utstyret skulle fremdeles følge kravene til Deep Ocean som er gitt i kapittel 2.1.1. Det første kravet gruppen hadde til måleutstyret er at det skulle basere seg på et måleprinsipp hvor det ikke var behov for fysisk kontakt med objektet som ønskes målt. Dette fordi utstyret da vil ha et større bruksområde, spesielt i tilfeller hvor adkomsten er begrenset.

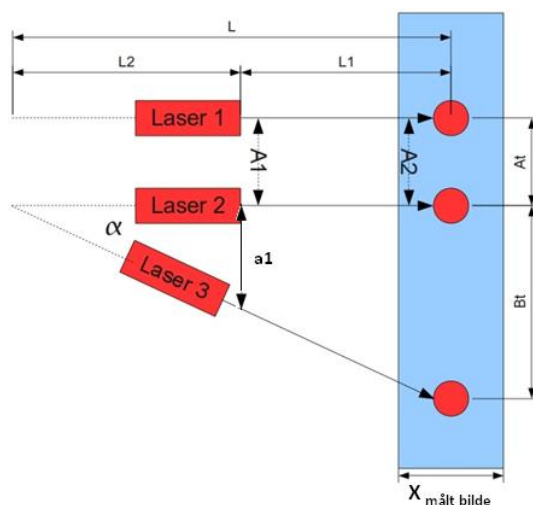
Ut fra kunnskapen tilegnet i kartleggingsfasen kan sonar utelukkes i gruppens design. Dette fordi lydølgen utvider seg når de forplantes gjennom vannet, noe som gjør at prinsippet har vanskeligheter ved detaljmåling av gjenstander. Et eksempel på dette er måling i sammensatte konstruksjoner som bunnrammer. Gruppen har dermed valgt å se på et design som baserer seg på laser avstandsmåling ved hjelp av refleksjonstidprinsippet eller trigonometriprinsippet. For å foreta dimensjonsmåling benyttes kamerabilder og målestokk. De kartlagte laserskannerne som benytter lasertriangulering hadde en rekkevidde på 2-3 meter mellom måleutstyret og måleobjektet. I enkelte tilfeller kan det være behov for et måleutstyr med en større rekkevidde enn dette. Gruppen ønsket av denne grunn å designe et måleutstyr med lengre rekkevidde, noe som gir mer fleksibilitet.

3.2 Lasertrigonometri

3.2.1 Generelt om lasertrigonometri

Innledning

Gruppen har kommet opp med et eget forslag på hvordan avstand og dimensjoner kan måles. Med avstand menes distansen mellom laserdiodene og objektet, mens med dimensjon menes måleobjektets fysiske størrelse. Forslaget går ut på å benytte tre lasere som lyser på objektet som man ønsker avstanden eller dimensjonen til. Prinsippet vises i Figur 7. Ved å ta et bilde av objektet og lasertreffpunktene, kan man benytte målestokkprinsippet til å estimere de reelle avstandene og dimensjonene til gjenstanden som befinner seg på bildet. For at utstyret skal være mest mulig fleksibelt har gruppen også sett på muligheten for å kunne justere avstanden på parallelliteten, $A1$, og vinkelen α .



Figur 7: Laser trigonometriprinsipp

Tabell 3: Symbolforklaring for lasertrigonometri

<i>Symbol forklaring</i>	
L	Total lengde
L1	Kalkulert avstand mellom laserdioden og måleobjektet
L2	Konstant lengde som fastsettes under konstruksjon av måleutstyret
A1	Konstant fysisk avstand mellom de parallelle laserne (Laser 1 og Laser 2)
A2	Konstant fysisk avstand mellom de parallelle laserstrålene på objektet
At	Målt avstand mellom de parallelle laserstrålene på bildet
	Konstant vinkel mellom skråstilt laser (Laser 3) og referanselaser (Laser 2)
Bt	Målt avstand mellom treffpunktene til skråstilt laser og referanselaser på bildet
X	Kalkulert dimensjon til måleobjektet
	Målt dimensjon til måleobjektet på bildet
a1	Avstand fra parallell laser (Laser 2) og skråstilt laser (Laser 3)

Beskrivelse

To av laserne monteres parallelt med en kjent separeringsavstand gitt ved A1 på Figur 7. Den tredje plasseres med en kjent vinkel α i forhold til de to parallelle laserne. Ved å ta et bilde av objektet og lasertreffpunktene, kan avstanden mellom treffpunktene til de to parallelle laserne måles på bildet, denne avstanden er gitt som At på Figur 7. Forholdet mellom dette målet og den kjente separeringsavstanden benyttes til å kalkulere en målestokk som vil gjelde for alle gjenstandene som befinner seg på bildet. Ved å benytte målestokken sammen med målingene som blir gjort av gjenstanden på bildet, kan et estimat på gjenstandens virkelige mål finnes.

Målestokken (S) kalkuleres som følgende:

$$S = \frac{A_1 \cdot A_t}{A_2} \quad (3.1)$$

Estimat på den reelle verdien til bredden X som vist på Figur 7, finnes som følgende:

$$X = \frac{B_t \cdot S}{A_2} \quad (3.2)$$

Målestokken kan også benyttes sammen med andre målinger gjort på bildet for å finne et estimat for avstanden mellom måleutstyret og måleobjektet. Dette gjøres ved å måle avstanden på bildet mellom referanselaseren (Laser 2) og treffpunktet til den vinklede laserstrålen. Denne avstanden er gitt ved Bt på Figur 7. Siden både målestokken og vinkelen er kjent vil man kunne finne avstanden ved bruk av trigonometrisk kalkulasjon. På Figur 7 blir dette kalkulasjoner med trekanten som dannes av L, Bt og α . I tillegg til uttrykket for målestokken gitt i (3.2) må følgende kalkulasjon gjøres for å finne avstanden mellom de parallelle laserdiodene og måleobjektet. Denne avstanden er gitt ved L1 på Figur 7:

$$L_1 = \frac{L \cdot A_2}{A_1} \quad (3.3)$$

L2 finnes ved å fysisk måle a1, og ved en kjent α kan da L2 kalkuleres ut ved hjelp av trigonometri.

3.2.2 Følsomhetsanalyse

Innledning

Det ble foretatt en følsomhetsanalyse over uttrykkene benyttet i det foreslåtte designet. Her vurderte gruppen følsomheten til variablene som har innvirkning på både dimensjons mål og avstandsmålet gitt med henholdsvis X og L1. Formålet med denne følsomhetsanalysen var å avdekke i hvilken grad de forskjellige variablene innvirket på de ulike målene.

Teori

Forslaget som er presentert baserer seg på målestokk prinsippet hvor målestokken blir funnet som forholdet mellom A_t og A₁. I en ideell verden vil A₁ være lik A₂, det vil si at laserstrålene er parallelle hele veien til måleobjektet. I et praktisk oppsett vil ikke dette være mulig, det vil alltid forekomme et avvik mellom A₁ og A₂. Av denne grunn blir det valgt å ta med endringer av A₂ også i analysen. Dette blir gjort ved å sette inn A₂ for A₁ i uttrykkene som blir sjekket i følsomhetsanalysen.

Uttrykkene som benyttes for å beregne avstanden mellom laserdiode og måleobjektet er gitt ved uttrykkene (3.1) og (3.3). Dersom disse kombineres oppnås uttrykket:

$$\text{—————} \quad (3.4)$$

Uttrykket som benyttes for å beregne dimensjonene til måleobjektet avhenger av uttrykkene (3.1) og (3.2). Ved å sette uttrykk (3.1) inn i uttrykk (3.2) oppnås uttrykket:

$$\text{—————} \quad (3.5)$$

Følsomhetsanalysen ble utført ved at en av uttrykkets variabler ble endret om gangen mens de andre variablene ble behandlet som konstanter. Dette ble gjort for å avgjøre variablenes påvirkning på målingenes nøyaktighet. For hver variable ble det utført fire endringer for å se utslaget størrelsen på endringen gav. Avvikene ble satt til -2 %, -1 %, 1 % og 2 % i forhold til variablenes referanseverdier. Verdiene som ble benyttet som referanser i følsomhetsanalysen er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Referanseverdier benyttet i følsomhetsanalysen

A1	157 mm
A2	157 mm
A_t	50 mm
B_t	97 mm
L2	340,37 mm
	40 mm

Resultat av følsomhetsanalysen

Resultatet av analysen er gitt i Tabell 5 og Tabell 6.

Tabell 5: Resultat av følsomhetsanalyse angående avstandsmål (L1)

	-2 %	-1 %	Referanse	1 %	2 %
A1	1953,2	1976,6	2000	2023,4	2046,8
At	2047,8	2023,6	2000	1976,8	1954,1
Bt	1953,2	1976,6	2000	2023,4	2046,8
	2048,3	2023,9	2000	1976,6	1953,6
A2	1953,2	1976,6	2000	2023,4	2046,8
L2	2006,8	2003,4	2000	1996,6	1993,2

Tabell 6: Resultat av følsomhetsanalyse angående dimensjonsmål ()

	-2 %	-1 %	Referanse	1 %	2 %
A1	123,1	124,3	125,6	126,9	128,1
At	128,2	126,9	125,6	124,4	123,1
A2	123,1	124,3	125,6	126,9	128,1
	123,1	124,3	125,6	126,9	128,1

I uttrykk (3.4) ser vi at vi har fem variabler som alle kan gi avvik på L1, i tillegg kommer variabelen A2. Hvis alle variablene har avvik samtidig kan det resultere i store feil på avstandsmålingen. Noen av variablene er det mulig å eliminere med tanke på avvik. Ved å låse de parallelle laserne i forhold til den skråstilte laseren kan både θ og A1 elimineres. Variabelen L2 beregnes ved kalibreringen og hvis de parallelle og den skråstilte laseren er låst vil også denne kunne elimineres med tanke på avvik. A2 vil kunne elimineres delvis gjennom kalibrering, men det er flere eksterne faktorer som kan påvirke parallelliteten til laserstrålene. De kritiske variablene ved denne målemetoden er derfor At og Bt.

Ut fra uttrykk (3.5) er det tre variabler i tillegg til A2 som kan gi avvik på dimensjonsmålet X. Dersom man også i dette tilfellet antar en fast innstilling av A1, vil man også her stå igjen med At, A2 og θ som de variablene som gir størst utslag på målingens nøyaktighet, og igjen vil de avleste verdiene være kritiske.

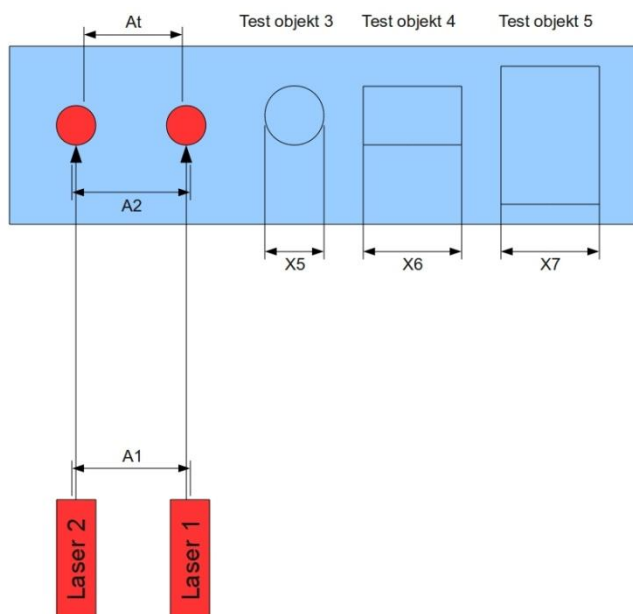
Konklusjon av følsomhetsanalysen

Resultatet fra følsomhetsanalysen viser at det er mange potensielle kilder som kan påvirke nøyaktigheten til målingene. Et forslag som er gitt er å eliminere ut θ , A1, A2 og L2. Dette kan gjøres ved å låse og kalibrere variablene. Da vil det være At, Bt og θ som vil ha den største påvirkningen på nøyaktigheten både på lengdemålet og dimensjonsmålene. For at det foreslåtte designet skal være praktisk gjennomførbart må disse verdiene kunne avleses uten for store avvik.

3.2.3 Lasertrigonometri: Forsøk 1

Innledning

Resultatet fra følsomhetsanalysen gjort i forrige delkapittel viste at det var verdiene som ble målt på bildet som er de variablene med den størst usikkerheten. For å undersøke om det foreslåtte måleprinsippet lar seg gjøre, valgte gruppen å utføre et praktisk forsøk. Forsøket går ut på å se om dimensjoner på gjenstander kan avleses gjennom bildet, uten at dette gir for store avvik i forhold til gjenstandenes reelle dimensjoner.



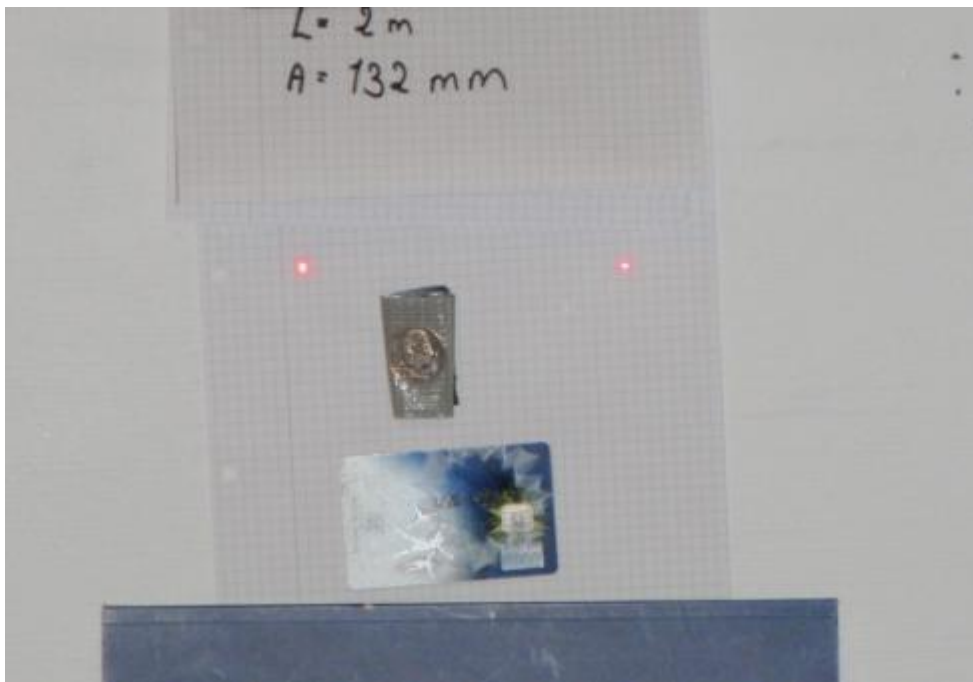
Figur 8: Illustrasjon forsøk 1

Tabell 7: Symbolforklaring til forsøk 1

<i>Symbolforklaring</i>	
A1	<i>Fysisk avstand mellom de parallelle laserne</i>
A2	<i>Fysisk avstand mellom de parallelle laserstrålene på objektet</i>
At	<i>Målt avstand mellom de parallelle laserstrålene på bildet</i>
X5-7	<i>Målte dimensjoner til måleobjektene på bildet</i>

Beskrivelse av gjennomføring

Siden formålet med forsøket var å se om måleprinsippet lar seg utføre, ble det valgt å gjøre dette forsøket i luft. Det ble rigget opp to parallelle lasere av typen Bosch PLR50 (vedlegg B6) og en laserpeker fra Clas Ohlson med en kjent separeringsavstand (A_1) mot en vegg, som vist i Figur 8. Forsøket ble delt opp i flere delforsøk hvor avstanden mellom laserne og vegg ble endret i hvert delforsøk. Et av disse delforsøkene er vist i Figur 9. Dette ble gjort for å se hvor mye denne avstanden påvirket avlesningenes nøyaktighet. Det ble benyttet tre testobjekter som referanse i dette forsøket som vist i Figur 8. Under dette forsøket ble det benyttet et digitalt kamera for å ta bilde av lasertreffpunktene og testobjektene. Ved hvert forsøk ble det tatt to bilder, et med og et uten zoom. Bildene ble så skrevet ut, og manuelle målinger av gjenstandene ble utført. Etter at de manuelle målingene var foretatt ble kontrollgjenstandene målt eksakt med skyvelære. Det ble så foretatt en sammenlikning mellom de manuelle målene og de eksakte målene til gjenstandene. Ut ifra denne sammenlikningen ble avvikene kalkulert.



Figur 9: Forsøk 1 parallelle laserstråler

Resultat

En interessant detalj er at det største registrerte avviket avtar når størrelsen på objektet øker. Fra de detaljerte resultatene gitt i vedlegg B2 kan man også se at de største avvikene forekommer når bildene blir tatt uten zoom, og testobjektene befinner seg i en avstand på eller mer fra kameraet. En oppsummering av resultatet er presentert i Tabell 8. Dersom mer informasjon om resultatene ønskes kan dette finnes i vedlegg B2

Tabell 8: Oppsummerte resultater fra laserforsøk 1

Objekt	Testobjekt 3	Testobjekt 4	Testobjekt 5
Gjennomsnittlig absolutt avvik (%)	3,3	2,3	2,5
Største registrerte avvik (%)	8,0	6,0	4,0

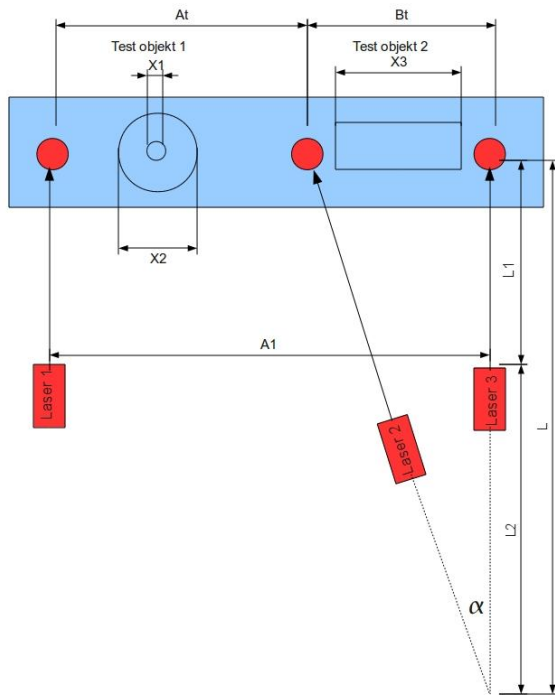
Konklusjon av Lasertrigonometri: Forsøk 1

Slutningen som gruppen trekker etter dette forsøket er at målemetoden er noe som det ønskes å se nærmere på. Et av momentene som ble avdekket under forsøket, er at muligheten for menneskelig feil er tilstedet, noe som igjen kan resultere i store avvik. Dette ble erfart flere ganger under forsøket, hvor grove feilavlesninger ble gjort. En annen detalj som gruppen bet seg merke i ved dette forsøket var at zoom på kameraet er en absolutt nødvendighet for å oppnå et tilfredsstillende resultat. Dette fordi alle de største registrerte avvikene ble gjort på bilder hvor zoom ikke ble benyttet. Ut fra Tabell 8 ser man at det største registrerte avviket avtar når størrelsen på objektet øker. Dette er også en observasjon som viser at zoom på kameraet er nødvendig, da avviket blir mindre dess større gjenstanden er på bildet. Det ble også erfart under tidlig testing at forskjellige typer laser har forskjellig spredning. Spesielt de billige laserpekerne fra Clas Ohlson hadde høy spredning. Dette kunne gjøre det vanskelig å se hva som var ytterpunkt og hva som er senter på treffpunktet. Det ble dermed konkludert med at dersom gruppen skulle gå for en slik løsning var lasere med lav spredning en nødvendighet.

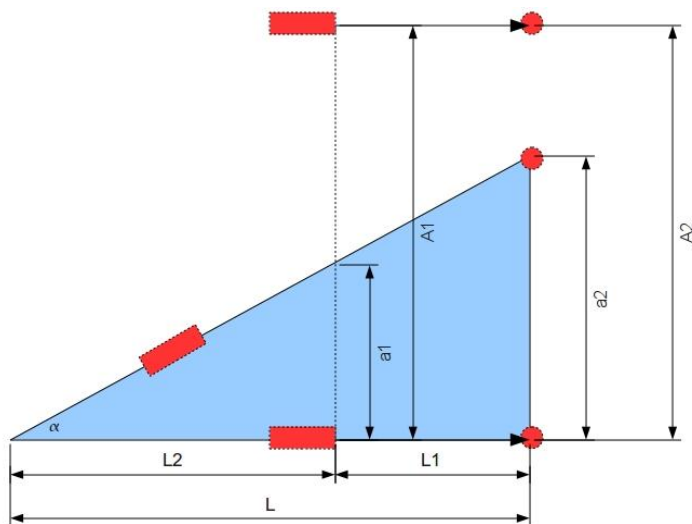
3.2.4 Lasertrigonometri: Forsøk 2

Innledning

Resultatene fra det første laserforsøket avdekket at forslaget som er presentert, kan gjøres i praksis uten å gi for store avvik. Det ble valgt å gjøre et nytt forsøk for å avdekke om det var mulig å også måle avstanden til et objekt uten for store avvik i forhold til den reelle avstanden. Også dette forsøket ble utført i luft.



Figur 10: Illustrasjon forsøk 2



Figur 11: Innjustering laser forsøk 2

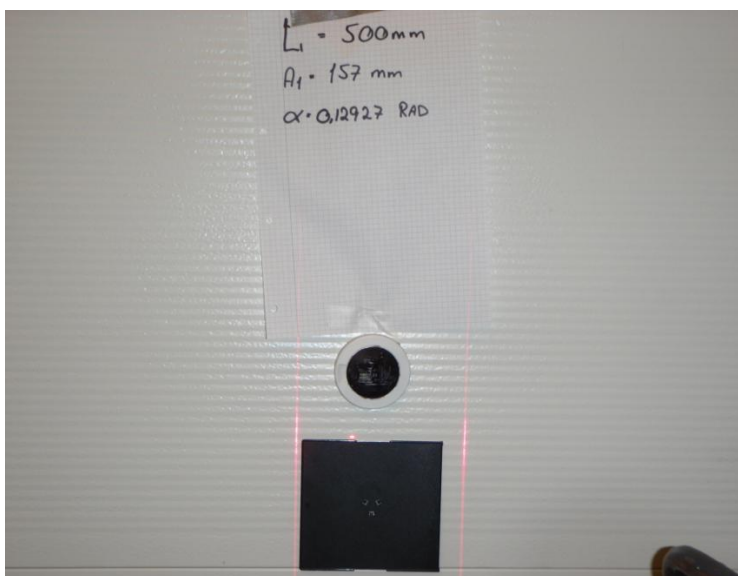
Tabell 9: Symbolforklaring forsøk 2

Symbolforklaring	
L	Total lengde
L1	Kalkulert avstand mellom laserdiode og måleobjektet
L2	Konstant lengde som fastsettes under konstruksjon av måleverktøyet
A1	Fysisk avstand mellom de parallelle laserne
A2	Fysisk avstand mellom de parallelle laserstrålene på objektet
a1-a2	Målt avstand benyttet for innjustering av skråstilt laser
	Vinkel mellom skråstilt laser og referanselaser
At	Målt avstand mellom de parallelle laserstrålene på bildet
Bt	Målt avstand mellom treffpunktene til den skråstilte laseren og referanselaseren på bildet
X1-3	Målte dimensjoner til måleobjektene på bildet

Beskrivelse av gjennomføring

I dette forsøket ble det benyttet tre lasere, hvor to lasere av typen BDL 120 (vedlegg B7) ble satt opp parallelt mens den tredje laseren av typen Bosch PLR50 (vedlegg B6) ble satt opp i en vinkel i forhold til den ene av disse, oppsettet av laserne er vist i Figur 10. Det ble valgt å benytte tre delforsøk, med henholdsvis 0,5, 1 og 3 m avstand mellom laserne og testobjektene. I hvert delforsøk ble testobjektene mål benyttet til å kalkulere et estimat for avstanden. Under dette forsøket ble det benyttet et digitalt kamera med zoom for å ta bilde av lasertreffpunktene og testobjektene, da det ble konkludert i det første laserforsøket at det var behov for å benytte et kamera med zoom. Som i det forrige forsøket ble de manuelle målingene sammenlignet opp mot testobjektene eksakte mål slik at avvik kunne kalkuleres.

Ved å se på Figur 12, ser man de to parallelle laserstripene og den vinkelstilte laserprikken. I dette tilfellet var det den høyre parallelle stripen som ble benyttet som referansestripe. Figuren viser også objektene som det ble funnet dimensjonene og avstandene til.


Figur 12: Forsøk 2 med to parallelle laserstråler og en vinkelstilt laserprikkk

Først ble de parallelle laserstrålene justert. Dette ble gjort ved å måle avstanden mellom laserstrålene ved laserdiodene og i lasernes treffpunkt (A1 lik A2), slik at parallellitet ble oppnådd. Den siste laseren ble plassert i en tilfeldig vinkel med den ene av de parallelle laserne som vist på Figur 11. Verdiene a_1 , a_2 og L_1 ble målt, og ved å benytte formlikhet ble vinkelen beregnet.

Resultat

Tabell 10 viser en oppsummering fra dette forsøket. Her har vi valgt å ta med både gjennomsnittlig og største avvik som ble registrert under forsøket. Dette gjelder både for avstands og dimensjonsmålinger. Resultatet viser en bekreftelse på erfaringen som ble gjort i forsøk 1, med at størrelsen på objektet påvirket nøyaktigheten til dimensjonsmålingene. Avstandmålingene i dette forsøket viste seg å gi tilfredsstillende resultater. Dersom mer informasjon om resultatene ønskes, henvises det til vedlegg B3.

Tabell 10: Oppsummerte resultater laser forsøk 2

Objekt	X1	X2	X3
Gjennom snittlig absolutt avvik dimensjon (%)	2,67	2,33	0,33
Største avvik dimensjon (%)	4,00	3,00	1,00
Gjennom snittlig avvik avstand (%)	1,33	1,00	1,00
Største avvik avstand (%)	2,00	2,00	2,00

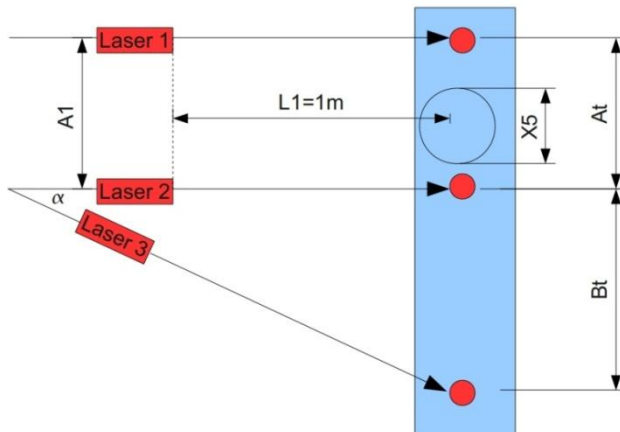
Konklusjon av Lasertrigonometri: Forsøk 2

Ut fra dette forsøket konkluderer gruppen med at nøyaktigheten på avstandsmålingene er bra, men bruk av denne metoden krever at måleutstyret står vinkelrett på måleobjektet. Dette er noe som kan være vanskelig å oppnå ved mange ROV operasjoner. I en oppmålingsoperasjon er det ikke alltid sikkert at ROVen kan manøvreres slik at den blir stående vinkelrett på objektet, samt at ROVpiloten kan ha problemer med å vite hvordan han er orientert i forhold til objektet som skal måles. Utslaget som et skråstilt objekt har på nøyaktigheten er derfor noe som må undersøkes grundigere.

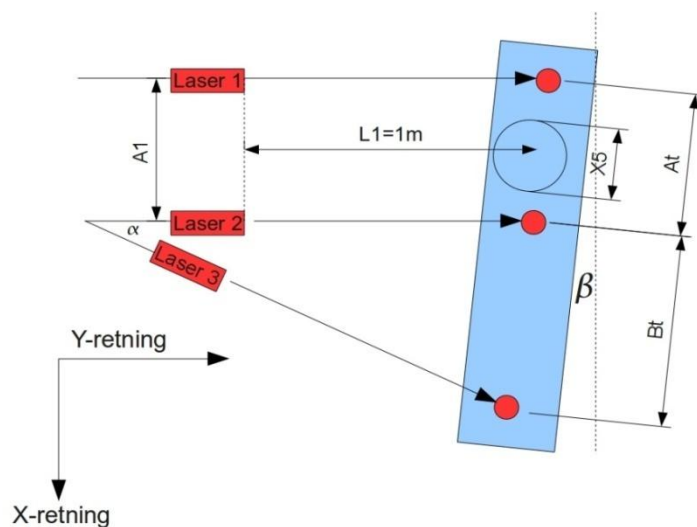
3.2.5 Lasertrigonometri: Forsøk 3

Innledning

Dette forsøket ble valgt å gjennomføres for å sjekke hvor mye skråstillingen av objektet påvirker nøyaktigheten på måleresultatet. Dette er en problemstilling som kom frem i konklusjonen til Laser forsøk 2. Gruppen valgte derfor å gjøre et forsøk for å sjekke påvirkningen av dette. Som i de foregående forsøkene ble dette også gjort i luft.



Figur 13: Illustrasjon referanse forsøk 3



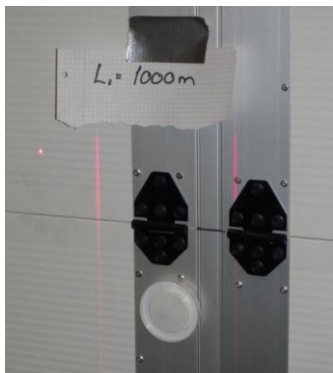
Figur 14: Illustrasjon skråstilt objekt forsøk 3

Tabell 11: Symbolforklaring forsøk 3

Symbolforklaring	
L1	Kalkulert avstand mellom laserdiode og måleobjektet
A1	Fysisk avstand mellom de parallelle laserne
	Vinkel mellom skråstilt laser og referanselaser
	Vinkel som beskriver skråstillingen av måleobjektet
At	Målt avstand mellom de parallelle laserstrålene på bildet
Bt	Målt avstand mellom treffpunktene til den skråstilte laseren og referanselaseren på bildet
X5	Målt dimensjon til måleobjektet på bildet

Beskrivelse av gjennomføring

I dette tilfellet ble laseroppsettet fra forsøk 2 beholdt. Siden forsøkets hovedformål kun var å sjekke påvirkningen ved vinkelendring ble det valgt å benytte ett testobjekt. De ble gjort tre delforsøk. Det første delforsøket ble utført uten at objektet var vridd, dette for å danne et sammenlikningsgrunnlag for de to andre delforsøkene. De to siste delforsøkene ble utført med en vinkel, α , på henholdsvis 15° og 30° som vist i Figur 14. Figur 15 viser forsøket ved en α på 15° . Det ble benyttet en kjent referanseavstand på 1 meter mellom referanselaseren (Laser 2) og måleobjektet ved alle delforsøkene. Ut ifra bilder ble verdien L_1 lest av og deretter benyttet til å kalkulere dimensjonene til måleobjektet ved hjelp av (3.2). Avstandsestimatene ble kalkulert ved bruk av Bt og uttrykkene (3.1) og (3.3).



Figur 15: Oppsett laserforsøk 3 vridd

Resultat

Tabell 12 viser en oppsummering av resultatet fra dette forsøket. I denne tabellen fremkommer de prosentvise avvikene som ble registrert under de ulike delforsøkene. Avvikene som er gitt på dimensjonen er delt opp i x-retning og y-retning. Gruppen brukte et sirkulært objekt til målingene og det viste seg at ved skråstilling fikk objektet en ellipseform på bildene. Dersom mer informasjon om resultatene ønskes, henvises det til vedlegg B4.

Tabell 12: Oppsummerte resultater laser forsøk 3

Forsøk	Beskrivelse	Avvik avstand (%)	Avvik dimensjon y-retning (%)	Avvik dimensjon x-retning (%)
Delforsøk 1	Måleobjekt normalt på	-1	-2	-2
Delforsøk 2	Måleobjekt skråstilt	-4	0	4
Delforsøk 3	Måleobjekt skråstilt	-6	4	7

Konklusjon av Lasertrigonometri: Forsøk 3

Ut fra dette forsøket konkluderte gruppen med at måleutstyret må stå tilnærmet normalt på måleobjektet for at en tilfredsstillende avstandsmåling skal oppnås. Dette ses ut fra Tabell 12: Ved 15° har avviket for avstandsmålingen økt fra -1% til -6% , og ved 30° er avviket oppe i -6% sammenliknet med den eksakte avstanden. En annen observasjon som ble gjort i dette delforsøket var at når måleutstyret står vridd i forhold til objektet vil man også få endringer i dimensjonsmålene. Måleobjektet i dette forsøket var sirkulært, men når dette ble vridd i forhold til laserdiodelene ble det ikke lenger oppfattet som sirkulært på bildene som ble tatt. Resultatene viser også at dette er tilfellet. Siden det kan være vanskelig i praksis å ha måleutstyret og måleobjektet vinkelrett på hverandre, er dette en problemstilling som man må ta hensyn til ved bruk av utstyret.

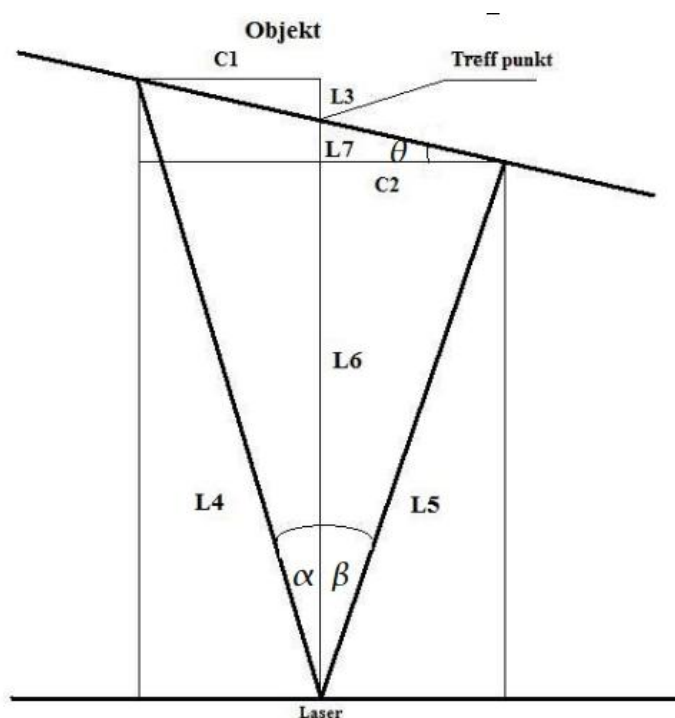
3.2.6 Trigonometrimetode for å eliminere avvik ved skråstilt måleobjekt

Innledning

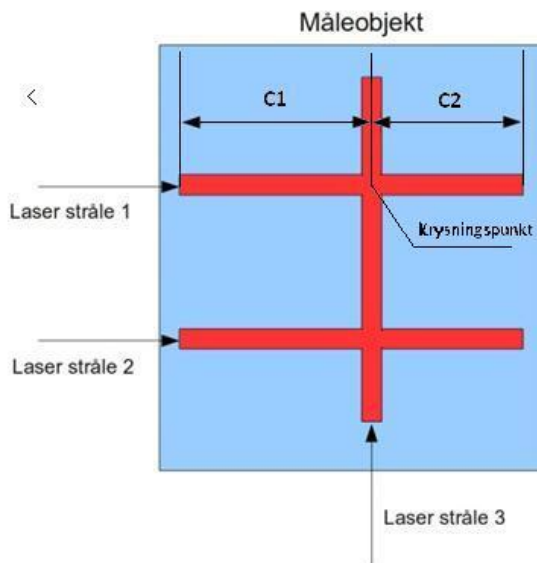
Konklusjonen gruppen tok etter Lasertrigonometri: Forsøk 3 var at gruppen ville se på en mulig løsning for eliminering av avviksmåling når utstyret ikke står normalt på objektet man måler. Gruppen har ikke foretatt praktiske forsøk, men foretatt en teoretisk vurdering av dette problemet. Dette fordi gruppen manglet tilgang til det nødvendige utstyret for å utføre dette forsøket.

Beskrivelse av forslaget

Løsningen som er foreslått går ut på å benytte tre lasere som sender ut konstante vinkelstråler som vises som striper på objektet. To av disse vinkelstrålene settes parallelt opp (laserstråle 1 og 2) slik at man kan hente ut målestokken (S) og dermed finne de reelle verdiene på C1 og C2 som vist i Figur 16. Den tredje strålen (laserstråle 3) settes slik at den deler disse to parallelle strålene som vist i Figur 17. Ved kalibrering står laserne normalt på en plan flate og vi justerer laserstråle 3 slik at vinklene α og β blir like store. For å finne den ønskede avstanden L () må et treffpunkt på objektet defineres. I dette forslaget blir treffpunktet definert som krysningspunktet mellom laserstråle 1 og laserstråle 3 som vist i Figur 17. For den matematiske fremgangsmåten for å finne avstanden L når objektet er skråstilt henvises det til Vedlegg B5.



Figur 16: Prinsippkjema teoretisk forslag



Figur 17: Illustrasjon av laserstråler på objekt i teoretisk forslag

For at denne metoden skal kunne fungere må en del betingelser være oppfylt:

1. Åpningsvinkelen (summen av α og β) må være konstant. Et avvik på denne vinkelen vil gi et stort utslag på avstandsmålets avvik.
2. Lengdene til laserstrålene må ikke være større enn objektet som måles. Det designede måleutstyret ønskes benyttet til å måle relativt små objekter på en maks avstand over 2 meter. Av denne grunn bør ikke åpningsvinkelen til laserstrålene være større enn 30° . En åpningsvinkel på dette ved en avstand på 2 meter fra objektet vil føre til at selve måleobjektet ikke kan være mindre enn 0,18m.
3. Avslutningene på laserstrålene må være tydelige slik at avstandene C1 og C2 tydelig kan avleses fra bildet som blir tatt.
4. Det må være parallellitet mellom laserne, og mellom hver enkelt laser og dens laserhus.
5. Er det andre elementer som kan gi avviksmåling?

Resultat

For å hjelpe oss med svar på disse punktene oppsøkte vi Arnfinn Klingsheim¹⁴ for intervju og en demonstrasjon av undervannslasere Dusky Shark (Vedlegg B8). Ut ifra dette fikk gruppen følgende informasjon:

1. Åpningsvinkelen er konstant, men kan variere fra laser til laser. Grunnen er at det ligger et prisme som fordeler laserstrålen ut som en stripe. Sliping av vinkelen til prismet kan variere med α .
2. Imenco leverer undervannslasere med åpningsvinkel 30,45,60 og 90° noe som gjør at vi får lange laserstriper og noe som gjør det vanskelig å samle de på objektet. Det er mulig å få spesialslipete prizmer til ønsket vinkel.
3. Endepunktene er veldig tydelige, som Figur 18 viser.

¹⁴ Arnfinn Klingsheim, Elektroniker hos Imenco. Samtale 09.03.2011

4. Imenco har ikke sjekket parallelliteten mellom laserhuset og laserstrålen. Det er derfor nødvendig å kunne ha en justeringsmulighet på laserhuset, slik at vi kan stille laserstripene parallelle.
5. Laserstrålen vil forandre retning på grunn av temperaturen fra kald når den skrues på, til den har fått endelig driftstemperatur. Det vil si at verktøyet må kalibreres og brukes når den endelige temperaturen er nådd.



Figur 18: Endepunkt til laserstripe

Konklusjon av trigonometrimetode for å eliminere avvik ved skråstilt måleobjekt

Det har blitt foreslått en løsning på problemstillingen med skråstilt objekt. Denne løsningen er kun gitt teoretisk da gruppen ikke har det nødvendige utstyret tilgjengelig for å fysisk utprøve dette. Ved disse betingelsene må gruppen gjøre noen modifikasjoner for å tilfredsstillere kravene fra Deep Ocean. En av betingelsene er for eksempel at laserstripene må treffe innenfor måleobjektets dimensjoner for at det skal gi korrekte målinger. Dette kan sette begrensinger på størrelsen til objektene utstyret kan måle. Ferdige lasere som tilfredsstiller betingelsene i dette designet er ikke standardvare hos Imenco, men ved modifikasjon av disse laserne kan dette la seg gjøre.

Dersom gruppen skulle vurdert å basere sitt eget design på noen av Imencos lasere, ville en passende laser i følge salgsavdelingen hos Imenco¹⁵ være Dusky Shark. Denne koster 23.900 NOK, og til et eventuelt design ville gruppen behøvd tre slike. I tillegg til laserne måtte et lokalt kamera ha blitt montert på verktøyet, og videre ville det ha kommet andre kostnader knyttet til fundamentet, elektrisk tilførsel osv. I henhold til konklusjonen ovenfor, mener gruppen derfor at man i teorien kunne ha designet et passende utstyr for en total kostnad på omlag 100.000 NOK.

¹⁵ Arnfinn Klingsheim, Elektroniker hos Imenco. Samtale 09.03.2011

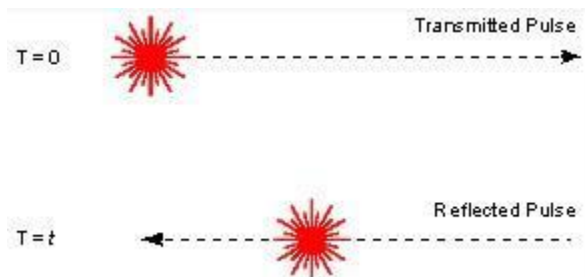
3.3 Laser måling ved bruk av laseravstandsmåler

Innledning

I forsøkene gjort i delkapittel 3.2 eksperimenterte gruppen med bruk av lasere og trigonometriske kalkulasjoner for både avstand- og dimensjonsmålinger. Gjennom disse eksperimentene ble det avdekket svakheter med dette prinsippet, dette gjelder spesielt når måleobjektet er skråstilt i forhold til måleutstyret. Det ble også avdekket svakheter med de kartlagte laserskannerne i kapittel 2. Siden laserskannerne baserer seg på lasertriangulering prinsippet, gir de god nøyaktighet ved korte avstander, men både avstands- og dimensjonsavviket øker med økt avstand fra objektet. Dette gir ikke den fleksibiliteten gruppen ønsket av det designede måleverktøyet.

For å finne et mer fleksibelt avstandsmålings alternativ til både lasertrigonometri og utstyr basert på lasertriangulering, ble det valgt å se om landbaserte laseravstandsmålere var anvendelige under vann. En landbasert avstandsmåler av typen BOSCH PLR50 har en oppgitt rekkevidde på 100 m med et avvik på $\pm 1\text{ mm}$. Erfaringer fra tidligere forsøk var at praktisk utprøving av det aktuelle prinsippet gav problemstillinger som ikke ville blitt oppdaget uten praktisk utprøving. Det ble av denne grunn også i dette tilfellet valgt å utføre praktiske forsøk.

Generelt om refleksjonstidsprinsippet



Figur 19: Illustrasjon av refleksjonstidsprinsippet

Refleksjonstidsmåling er en teknikk som ofte benyttes ved avstandsmåling. Her sendes det ut en kort puls med laserlys som vil reflekteres når det treffer objektet man ønsker å måle avstanden til, dette er vist i Figur 19. Refleksjonen blir detektert med en sensor, og tiden pulsen bruker til refleksjonen av den detekteres, benyttes sammen med lysets hastighet i det aktuelle mediet, til å kalkulere avstanden til objektet (Paschotta)^[17].

3.3.1 Refleksjonstid: Forsøk

Innledning

Hensikten med dette forsøket var å avdekke om sedimenter/partikler i vannet vil gi forstyrrelser som fører til feilmålinger. Det var også ønskelig å finne ut hvor mye forstyrrelsene har å si på målingenes rekkevidde. Bakgrunnen for dette temaet er at det kan bli virvlet opp sedimenter ved undervannsoperasjoner. Disse faktorene kan påvirke både bruken og nøyaktigheten til et slikt måleutstyr.



Figur 20: Testrigg for avstandsmåling

Beskrivelse

Det ble laget en testrigg med mulighet for måling av tre forskjellige avstander, henholdsvis , og . Testriggen ble bygget med gjennomsiktige endeplater for å visuelt kunne undersøke sikten i vannet. En illustrasjon av testriggen er vist i Figur 20. Det ble valgt å dele forsøket opp i fem delforsøk.

- Delforsøk 1: Måling av avstand i ferskvann.
- Delforsøk 2: Måling av avstand i ferskvann tilsatt fin sagspon.
- Delforsøk 3: Måling av avstand i ferskvann tilsatt grov sagspon.
- Delforsøk 4: Måling av avstand i ferskvann tilsatt konditorfarge.
- Delforsøk 5: Måling av avstand i ferskvann tilsatt evje.

I delforsøkene hvor det ble tilsatt forstyrrelser i vannet, ble disse virvlet opp under omrøring slik at disse var jevnt fordelt i vannet ved avstandsmålingen.



Figur 21: Måling i klart vann



Figur 22: Måling i vann tilsatt konditorfarge

Resultat

Følgende observasjoner ble gjort:

Delforsøk 1: Det ble observert at alle målingene hadde en lengde lik 1,34 ganger av lengden i luft. Dette kommer av at lyset beveger seg med en annen hastighet gjennom vann sammenliknet med luft. Alle målingene som ble gjort var innenfor det oppgitte avviket på

Delforsøk 2: I dette delforsøket hvor det ble tilsatt fin sagspon, viste det seg at sagsponet ikke hadde påvirkning på måleresultatene. Dette selv om selve sikten i vannet ble dårligere. Alle målingene hadde et mindre avvik enn de oppgitte

Delforsøk 3: Her ble det tilsatt grovt sagspon. Målingene ble til tider påvirket av de største sagsponpartiklene som ble tilsatt vannet. Det ble observert feilmåling grunnet at disse partiklene reflekterte laserstrålen tilbake til måleutstyret før strålen nådde måleobjektet. De andre målingene som ikke ble påvirket av sagsponpartiklene hadde et avvik mindre enn

Delforsøk 4: Den tilsatte konditorfargen gav så uklar sikt at lasermåleren ikke klarte å gjøre noen målinger. Den målte sikten var 200 mm.

Delforsøk 5: I dette delforsøket ble det tilsatt evje. Resultatet fra dette forsøket viste også at lasermåleren ikke klarte å gjøre noen målinger når sikten var uklar (sikt mindre enn 100mm). Ved å vente til sikten bedret seg kunne målinger gjøres der hvor måleobjektet var visuelt synlig. Disse målingene var innenfor det gitte avviket.

Konklusjon Refleksjonstid: Forsøk

Konklusjonen gruppen trekker fra dette forsøket er at så lenge man ser det man ønsker å måle avstanden til, kan denne avstanden måles med god nøyaktighet. Større partikler i vannet kan gi feilmålinger, men på de aktuelle dypene som utstyret skal opereres på vil det sjelden forekomme så store partikler i følge Lindaas¹⁶. Det vil derimot forekomme mindre partikler forårsaket av oppvirling av sjøbunn og ut fra forsøkene viser det seg at disse mindre partiklene ikke gir feilmeldinger, men påvirker rekkevidden til målingene.

¹⁶ Jens C. Lindaas. Førsteamuensis Høgskolen Stord/Haugesund

3.4 Konklusjon av forsøkene

I dette kapitlet har det blitt utført en rekke praktiske forsøk for å teste ideer gruppen har til undervanns måleutstyr. I løpet av disse forsøkene har det dukket opp en rekke problemstillinger som vi må ta hensyn til når gruppen skal designe et måleutstyr.

Nøyaktig avlesning av laserpunktene/stripene er en viktig faktor for nøyaktigheten til både avstands og dimensjonsmålingen ved bruk av trigonometrisk kalkulasjon. Det er derfor en stor fordel å ha et kamera med zoom slik at man lettere kan registrere laserpunktene/stripene. I denne sammenhengen viser det seg at spesialtilpasset programvare for gjenkjenning kan gi mer eksakte avlesninger på bildene. En annen ting gruppen har erfart er at spredningen til laserne kan gjøre nøyaktige avlesninger vanskelig.

Gruppen foreslo også å bruke lasere sammen med trigonometriske beregninger til å kalkulere både avstands- og dimensjonsmål. I løpet av forsøkene viste det seg at denne tilnærmingen fungerer bra når måleutstyret står normalt på måleobjektet, men ved skråstilte måleobjekt reduseres nøyaktigheten både på avstand- og dimensjonsmålingene. En annen ulempe med forslaget er at objektet må øke i størrelse til lengre distansen blir mellom utstyret og objektet. Dette på grunn av at den ene laseren står i vinkel til de andre vil det kunne være vanskelig å treffe innenfor objektet med alle laserstripene, noe som er kriteriet for at metoden skal fungere.

Etter at forsøkene var gjennomført fant gruppen produktet VMS 3000 fra utstyrsleverandøren Tritech, som baserer seg på de samme prinsippene som har blitt testet ut i forsøkene. Tritech VMS 3000 er et måleutstyr som benytter seg av et høyoppløselig kamera med fem laserdioder plassert rundt linsen. For mer informasjon om dette utstyret se vedlegg B1. Dette produktet som allerede eksisterer på markedet, har også begrensninger ved skråstilte måleobjekt.

I delkapittel 3.3 ble det gjort praktiske forsøk med landbasert laseravstandsmåler. Dette forsøket avdekket at disse også kan benyttes under vann, men man er avhengig av å se objektet som skal måles. Det ble også funnet en prototype av en avstandsmåler for bruk under vann utviklet av Kongsberg Seatex (Kleppsvik et al 1994)^[14].

Ut fra forsøkene har gruppen kommet frem til et design som ønskes å se nærmere på. Dette designet benytter seg av en laseravstandsmåler for avstandsmåling, kombinert med en enkel parallell laser for å benytte målestokkprinsippet til å måle dimensjoner med. Årsaken til at gruppen valgte en avstandsmåler over trigonometriprinsippet er at man ikke lenger er avhengig av størrelsen på måleobjektet ved økt avstand. I lasertrigonometri forsøk 3 ble det påvist at også nøyaktigheten på dimensjonsmålene avtar ved bruk av målestokkprinsippet når objektet står skråstilt i forhold til måleutstyret. Gruppen har uansett valgt å ta målestokkprinsippet med da dette gir et mye mer fleksibelt måleutstyr.

4 Design/tilpassing av verktøy

4.1 Innledning

Hensikten med dette kapitlet er å forklare hvordan gruppen kom frem til et forslag på et designet måleutstyr. I forrige kapittel ble det trukket en slutning om at gruppen å utvikle et måleutstyr bestående av en laserpeker parallell til en laseravstandsmåler og et kamera. Videre skal design forslaget tilpasses ROVen Supporter fra produsenten Kystdesign. Det vil også bli gjort relevante beregninger på dette. Designet som er lagt til grunn for designet bygger på de opprinnelige kravene til Deep Oceans opprinnelige gitt i kapittel 2.1.1. Vi har også fått råd og informasjon fra veilederne. Mye av designet til dette utstyret kommer fra erfaringer gjort under kartleggingen og forsøkene som har blitt foretatt. Design av utstyr

4.2 Design av utstyr

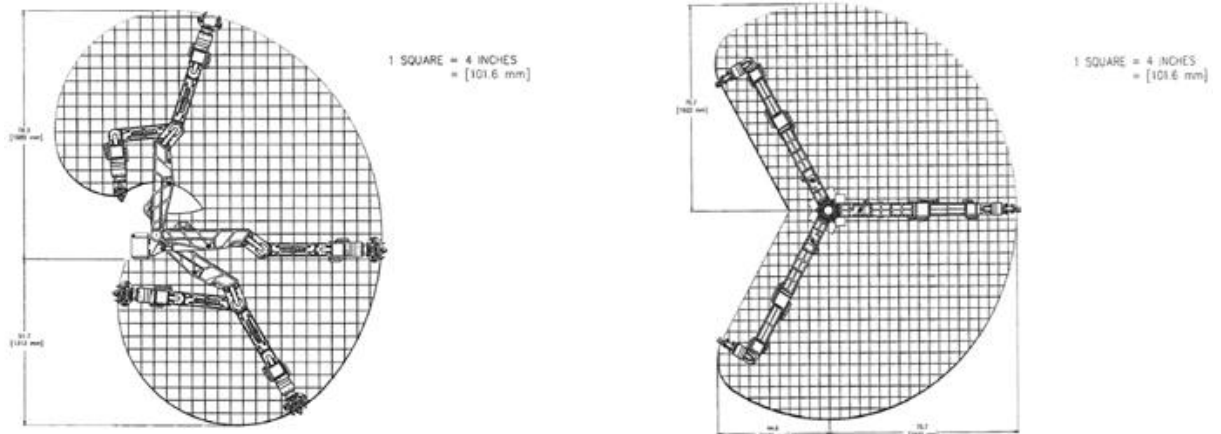
Kriteriene for tilpassing av utstyret er fortsatt det samme som i kapittel 2.1.1 med punktene som omfatter form og styrke.

Utstyret skal:

- kunne betjenes med manipulatorarm.
- få plass i verktøyskuffen.
- være mulig å feste utstyret på ROV-skroget.
- kunne brukes ned til 2000 meters dybde.
- ha maks vekt på 490 N i sjø.
- kunne kobles opp mot ROV
 - RS-232
 - RS-485
 - Ethernet (ikke standard på Supporter, men det kan modifiseres)
 - 24 V DC
- kunne identifisere referansepunktet.
- kunne tåle miljøpåvirkninger (sikt, slag/støt, tilleggslast)
- Gruppen skal se på muligheten for å koble til og fra strømtilførsel og signalkabler fra ROV til utstyr under vann.
- Gruppen skal se på muligheten for å bygge utstyret modulbasert.

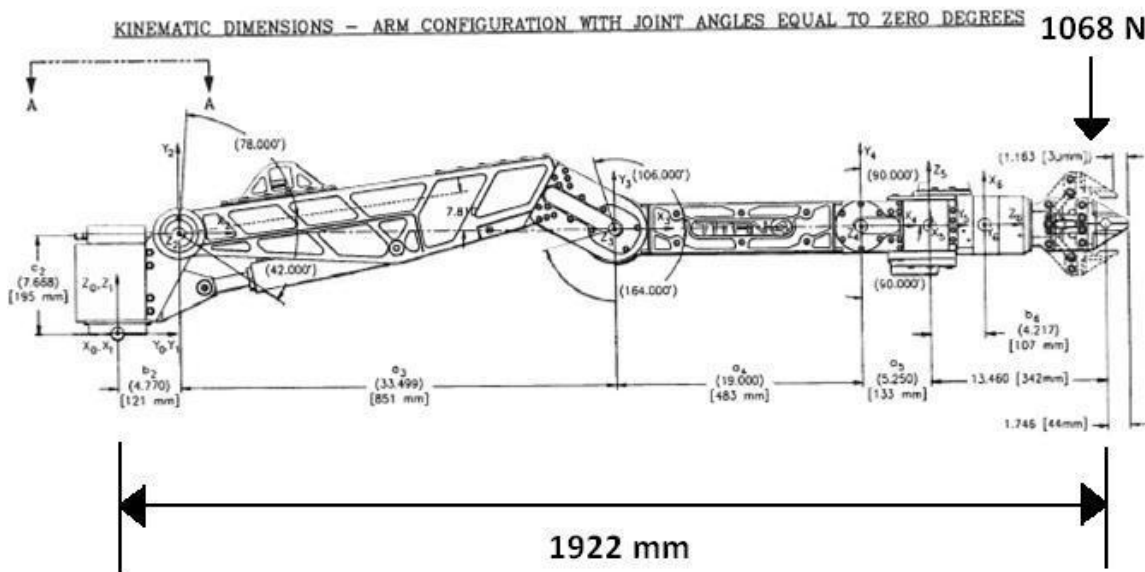
Utstyret skal kunne betjenes med manipulatorarm

ROVen Supporter er utstyrt med manipulatorarmen T4 levert av Schilling Robotics. For at utstyret skal kunne flyttes under vann er man avhengig av at manipulatorarmen kan håndtere den. T4 har sju frihetsgrader som vil si at armen har totalt sju bevegelige ledd, og den har et arbeidsområde som vist i Figur 23. Fordelen med å kunne benytte manipulatorarmen er at utstyret kan føres inn i strukturer og ta målinger der det er vanskelig å komme til med ROVen. Det er også en fordel at utstyret kan hentes inn og ut av verktøyskuffen.



Figur 23: Arbeidsområdet til manipulatorarmen sett ovenfra og fra siden

Når manipulator armen er fullstendig utstrekt i horisontal retning kan denne belastes med som vist i Figur 24. Dette er over dobbelt så mye som det gitte vektkriteriet på 490 N i sjø.



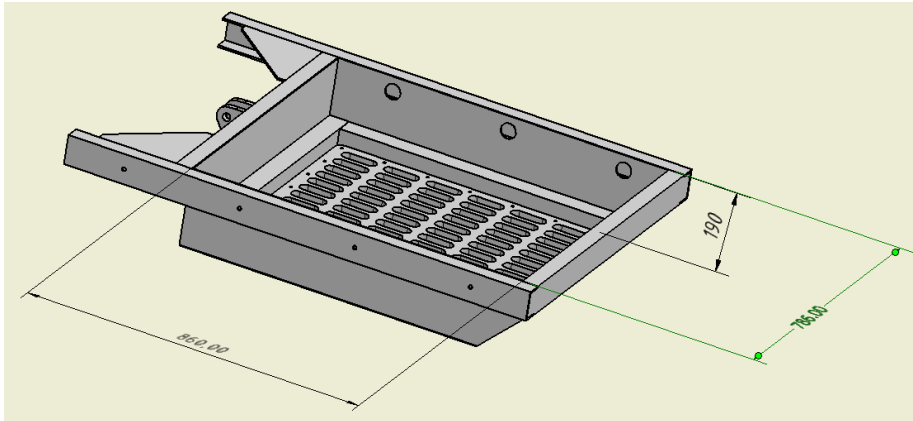
Figur 24: Lastkapasitet ved maksimalt utstrekt arm

I enden av armen er det plassert en gripeklo. Det er derfor nødvendig å ha et egnet håndtak på utstyret som gjør det mulig for gripekloen å oppnå et fast og stabilt grep. Gripekloen til armen har en gripekraft på . Det er derfor nødvendig å velge en materialtype som er passende til dette formålet. Skulle det oppstå en situasjon hvor utstyret løsner fra gripekloen, bør det være montert en sikringswire mellom utstyret og ROV skroget. Gruppen fikk den tekniske informasjonen om manipulatorarmen fra Jostein Førland¹⁷. Mer detaljerte skjema på Schilling Robotics T4 armen kan finnes i vedlegg C5.

¹⁷ Jostein Førland, Avdelingsleder for struktur og design, Deep Ocean. E-post 12.04.2011

Utstyret skal få plass i verktøyskuffen

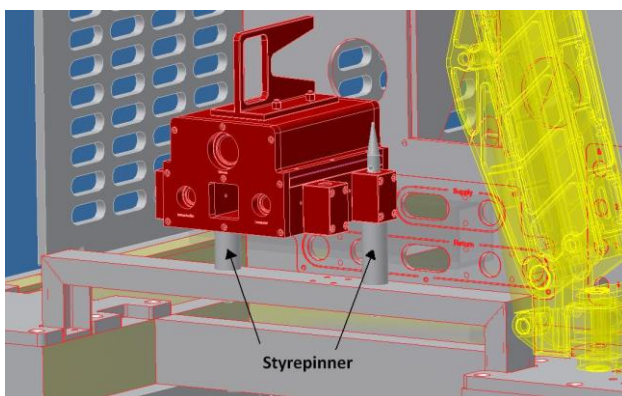
Verktøyskuffen for Supporter er plassert nede og framme på ROVen. Verktøyskuffen kan skyves ut ved hjelp av en hydraulisk sylinder slik at det blir bedre tilkomst for manipulatorarmen til å nå utstyret. For at ROVen skal kunne benytte utstyret ved behov, er det veldig praktisk at det kan oppbevares i verktøyskuffen. Det er også ofte nødvendig å ha med seg andre verktøy ved operasjoner, så utstyret bør ikke oppta all plass i skuffen. Det vil si at verktøyskuffen bestemmer byggemålene til utstyret. Verktøyskuffen har disse innvendige byggemålene: høyde , bredde , lengde . En skisse av skuffen vises i Figur 25.



Figur 25: Skisse av verktøyskuffen til Supporter

Gruppen skal se på muligheten for å feste utstyret på ROV-skroget

En fordel med å feste utstyret til ROV-skroget er at man frigjør begge manipulatorarmene. Målet her vil da være at utstyret kan ligge i verktøyskuffen og så hentes opp av manipulatorarmen, som deretter kan feste utstyret på skroget. Det er viktig at plasseringen av utstyret ikke hindrer ROVen og således kan være en ulempe ved andre operasjoner. Gruppens forslag til festing av utstyret er å bruke to styrepinner festet på skroget kombinert med fester på utstyret. Ideen er da at utstyret kan føres ned over styrepinnene, og eventuelt festes med en låsesplint. Plasseringen av styrepinnene vises i Figur 26.



Figur 26: Utstyr montert på skroget med styrepinner

Utstyret skal kunne brukes ned til 2000 meters dybde

For at utstyret skal kunne brukes ned til 2000 meters dybde er det viktig å se om det er nødvendig med lukkede rom i utstyret. På grunn av at vi benytter komponenter som alle er designet for trykket ved 2000 meter eller mer, er ikke trykket noe stort problem for utstyret. Huset vi designer er kun der for å feste komponentene til hverandre, samtidig som

det beskytter de forskjellige komponentene bedre ved slag/støt og lignende. Ved å plassere hull på de rette stedene kan eventuelle luftlommer fjernes og vi oppnår samme trykk inne i huset som omgivelsene rundt. Ulempen med å ha hull er at det kan komme sedimenter og andre forurensninger inn i huset. Det har blitt foretatt beregninger i kapittel 4.5.1 på huset ved trykk på 2000 meters dybde.

Utstyret skal ha maks vekt på 490 N i sjø

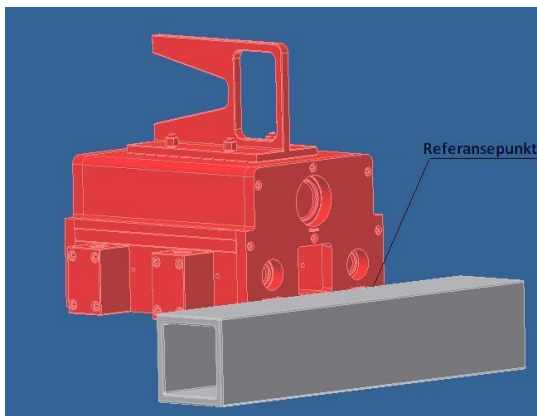
I følge Deep Oceans krav kan ikke vekten til utstyret overskride 490 N i sjø. De forskjellige komponentene gruppen bruker har en svært lav vekt på samlet rundt 16 N i sjø. Gruppen er derfor avhengige av at huset som komponentene festes sammen i ikke overskrider 470 N i sjø. Det er foretatt en total vektberegning på utstyret i kapittel 4.5.1.

Utstyret skal kunne kobles opp mot ROV

Gruppen er avhengig av at utstyret skal kunne kobles opp mot Supporter ROVen. Kravene fra Deep Ocean er at utstyret må kunne benytte RS-232, RS-485 eller Ethernet til signaloverføring og tilførselspenning på 24 V DC. Komponentene gruppen bruker og deres tilkoblingsalternativer er beskrevet i kapittel 4.3.1.

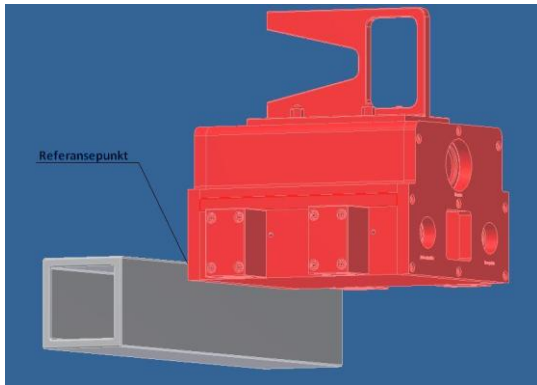
Utstyret skal kunne identifisere referansepunktet

For at målene som utstyret tar ut skal være korrekte med tanke på avstandsmålinger, må det tas hensyn til hvor referansepunktet er. Det vil si hvor målingen tas fra. Hvis man har referansepunktet i fremkant av utstyret, kan den rettes mot et objekt med deler av fremsiden når den er betjent av manipulatorarmen. Deretter måles avstanden fra dette objektet til et annet ønsket objekt (Figur 27).



Figur 27: Illustrasjon av utstyret med referansepunkt i fremkant av utstyret

Referansepunktet kan også være i bakkant av utstyret ettersom man da kan sette baksiden mot et objekt og ta en måling til et annet ønsket objekt. Fordelen med å bruke bakkant er at man ikke trenger å vite tykkelsen på objektet når man skal ta innvendige målinger. Ulempen er at på baksiden av utstyret kan det være elektriske og signalførende kabler. (Figur 28).



Figur 28: Illustrasjon av utstyret med referansepunkt i bakkant av utstyret

Det som kan være en utfordring med å benytte referansepunkt på denne måten, er at man må vite at man har kontakt med objektet man setter utstyret opp mot. Det kan derfor være nødvendig med en trykksensor eller eventuelt et kamera som kan fortelle ROV-piloten at det er kontakt før målingene utføres.

Det er derfor en stor fordel at utstyret blir benyttet ved hjelp av manipulatorarmen. Når utstyret er fastmontert på ROV-skroget kan det være vanskelig å finne referansepunkt, men man kan fremdeles benytte utstyret til måling ved hjelp av målestokk.

Utstyret skal kunne tåle miljøpåvirkninger (sikt, slag/støt, tilleggslast)

utstyret må kunne tåle både siktproblemer, mindre slag/støt og eventuelle tilleggslast. Mer om disse beregningene i kapittel 4.6. Angående siktproblemer viste det seg i kapittel 3 at dette kan gi problemer ved avlesning på kamerabilder. Utstyret vil derfor bare fungere ved tilfeller der man kan se objektet man ønsker å måle.

Gruppen skal se på muligheten for å koble til og fra strømtilførsel og signalkabler fra ROVen til utstyr under vann

Gruppen skulle se på muligheten for å kunne koble utstyret til og fra ROVen med tanke på elektriske og kommunikasjonssignaler under vann. Hvis dette var mulige trengte man ikke å ha disse kablene permanent oppkoblet. Utstyret kan da kobles til og fra ved behov og man frigjør også andre koblinger som annet utstyr kan behøve. Disse koblingene blir kallet ”hot stabs”. Oceaneering har utviklet en ”hot stab” som vist i Figur 29. Den har mulighet for å koble hydraulikk, elektrisk strøm og kommunikasjon i et stikk. Mer informasjon om dette produktet kan finnes i vedlegg C4.

Det er vanlig at elektrisitet og sjøvann kan gi kortslutninger som ofte fører til driftproblemer. I følge Pettersen¹⁸ er elektriske ”hot stabs” svært lite gunstige, og kan ofte føre til driftsproblemer under operasjoner.

¹⁸ Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign samtale 19.04.2011



Figur 29: Hot Stab hann og hunn

Gruppen skal se på muligheten for å bygge utstyret modulbasert

utstyret vil bestå av enkeltkomponenter som består av en avstandslaser, en laserpeker og et kamera. Siden vi ikke har funnet et utstyr som har disse komponentene i et felles hus, ble det vurdert som mest gunstig å sette disse sammen i en felles konstruksjon. Dette gir fordeler med utskiftning av defekte komponenter. De kan da enkelt byttes ut uten å påvirke de andre komponentene. Modulene må plasseres slik at man enkelt kan komme til og justere parallelliteten mellom laserne. Gruppen vurderte skrudde forbindelser som det beste sammenføyningsalternativet, siden det er nødvendig med enkel tilkomst til komponenter.

4.3 Komponenter utstyret bruker

Til utstyret vil gruppen benytte et kamera, en laserpeker og en laseravstandsmåler. Det finnes flere leverandører på markedet som selger slike komponenter. Gruppen tar utgangspunkt i Imenco og Savante Offshore sine produkter i gruppens design av måleutstyret.

4.3.1 Imenco kamera

Ved valg av kamera brukte gruppen erfaringene fra kapittel 3 om at zoom var nødvendig. Kameraet gruppen valgte å benytte i designet ble derfor Whitetip Shark (Vedlegg C1). Den kan overføre god videokvalitet med 10 x optisk zoom. Dette kameraet har en vekt på 9,8 N i sjø og en diameter på . Enheten opererer ved 24 Volt, 6 Watt og kobles opp med RS-232 og er derfor kompatibelt med Supporter ROven. Whitetip Shark er designet for 3000 meters dybde.

4.3.2 Imenco laserpeker

Ved valg av laserpeker bestemte gruppen seg for en laser med bølgelende på 532 nm. Fordi grønt lys har minst demping på dybdene utstyret skal benyttes på (Klepsvik et al 1994)^[14]. Laserpekeren som gruppen benytter i designet er produsert av Imenco og heter Dusky Shark (Vedlegg B8). Denne laseren har en vekt på i sjø og en diameter på . Den opererer ved 12- 32 Volt og 2 Watt, og er derfor kompatibel med Supporter ROven. Dusky Shark er designet for 3000 meters dybde.

4.3.3 Laser avstandsmåler

Gruppen har ikke funnet detaljerte datablader av en laser avstandsmåler som kan benyttes under vann. Savante Offshore hevder de har utviklet et utstyr av denne typen, og har også gitt gruppen et prisoverslag på utstyret (Vedlegg C3). Gruppen vet uansett at denne teknologien eksisterer ettersom Klepsvik ved Kongsberg Seatex utviklet en prototype som brukte dette prinsippet på nittitallet. (Klepsvik et al 1994)^[14]. Siden gruppen ikke fikk byggemål og teknisk informasjon av Savante Offshore sin avstandsmåler, tok gruppen derfor utgangspunkt i at laser avstandsmåleren hadde byggemål og vekt tilsvarende Imencos Dusky Shark.

4.4 Materialvalg

Gruppen har valgt å se på fire forskjellige materialer som vil være aktuelle for bruk i utstyret. Materialenes positive og negative egenskaper har blitt sammenlignet, videre har gruppen valgt ut det materialet som etter vår mening gir det beste kompromisset opp mot de ønskede egenskapene.

Følgende egenskaper har blitt vurdert ved valg av material:

- Fasthet
- Vekt
- Bearbeidbarhet
- Korrosjonsbestandighet
- Pris

For å få et bra sammenligningsgrunnlag ble materialene satt opp i Tabell 13.

Tabell 13: Oversikt over egenskapene til forskjellige materialer

Materiale	Positive egenskaper	Negative egenskaper
Stål (konstruksjonstål)	Pris Bearbeiding Flytegrense	Korrosjon Egenvekt
Syrefast stål (NS EN10088)	Korrosjon Flytegrense Pris	Egenvekt Bearbeiding
Titan	Egenvekt Flytegrense Korrosjon	Pris Bearbeiding
Aluminium (legering 5083)	Pris Korrosjon Egenvekt Bearbeiding	Flytegrense

Ut fra egenskapene gitt i Tabell 13 har gruppen valgt å benytte aluminiumslegering 5083 som materiale i det eget utviklede designet av huset. Dette fordi dette materialet gir det beste kompromisset med tanke på de egenskaper som ønskes. Det som gjør aluminiumslegeringene spesielt gunstig å bruke sammenlignet med for eksempel stål er de gode korrosive egenskapene materialet har.

Stålet kan naturligvis beskyttes med overflatebehandling eller offeranoder, men sammenlignet opp mot aluminiumslegeringene krever denne løsningen mer vedlikehold. De andre materialene har gode korrosive egenskaper, men velges bort til fordel for aluminium da bearbeidingen av aluminiumet er mindre krevende (Waløen)^[18].

For gripehåndtaket ("fishtailen") trengs det litt andre egenskaper enn huset. Det må ha en høyere flytegrense samt tåle mer trykk og strekk. Ettersom utstyret skal benyttes i sjøvann er det også viktig at materialet har gode korrosive egenskaper. Materialvalget for gripehåndtaket ble derfor syrefast stål (NS EN10088).

Boltene som benyttes er av typen A4 syrefast stål ettersom de tåler vesentlig mer strekk enn aluminiumsbolter. Disse boltene er også bedre enn vanlige stålbolter med tanke på korrosjon.

Det bør ikke være noen problemer med å kombinere syrefast stål og aluminium i dette utstyret. Ettersom det er vesentlig mer aluminiumsgods i forhold til syrefast stål vil det ta svært lang tid før aluminiumen vil korrodere i en slik grad at det vil påvirke utstyret. Det kan også benyttes nylonskiver for å skille metallene elektrisk.

4.5 Resultat av design/tilpasningsdel

4.5.1 Presentasjon av gruppens design

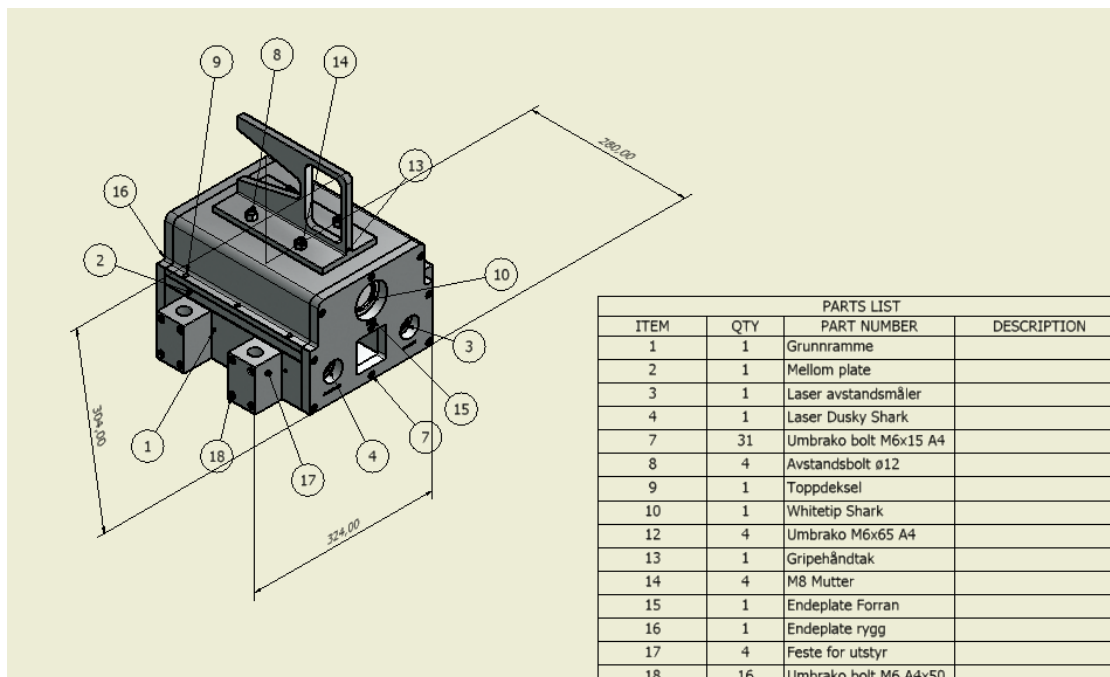
Gruppen har kommet med et forslag til et solid måleutstyr som vist i Figur 30. utstyret er konstruert av aluminiumseksjoner (pos: 1,2,9,15,16 og 17) og syrefaste A4 bolter (pos:7, 8, 12 og 18) blir brukt til sammenføyning av seksjonene.

Laserne (pos: 3 og 4) er plassert i bunnen av huset for at man lettere skal komme til ved kalibrering, det vil si å justere parallelliteten mellom laserne. Kameraet (pos: 10) blir plassert i midten over laserne for å spare bredde samt å få tyngdepunktet i midten

Det har blitt montert fire fester (pos: 17) og to av festene blir benyttet når utstyret blir plassert på ROV-skroget. Har man fire fester gir det i tillegg mulighet for å henge på tilleggsutstyr på utstyret, om det skal settes fast på en konstruksjon. Et tilleggsutstyr kan for eksempel være en magnet eller en tripod.

På toppen av utstyret er det montert et gripehåndtak (pos: 13). Dette skaper problemer med det tillatte høydemålet for verktøyskuffen. Gripehåndtaket må derfor flyttes eller designes på en annen måte.

Byggemålene til utstyret blir høyde , bredde , lengde .

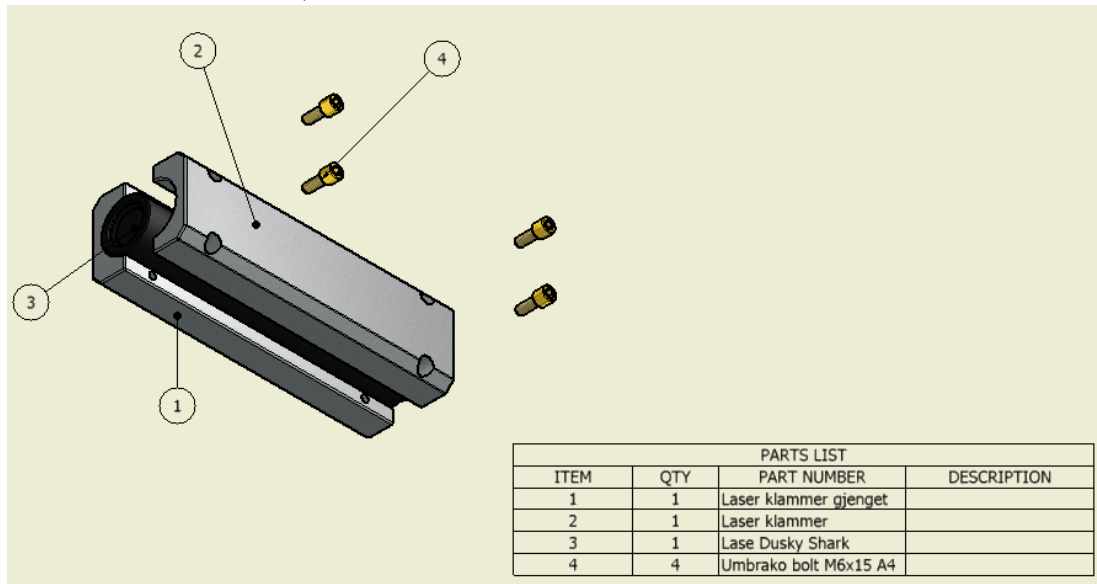


Figur 30: Forslag av måleutstyr

Gruppen tar forbehold om designendringer som kan fremkomme etter ferdige beregninger og testing i fullskala.

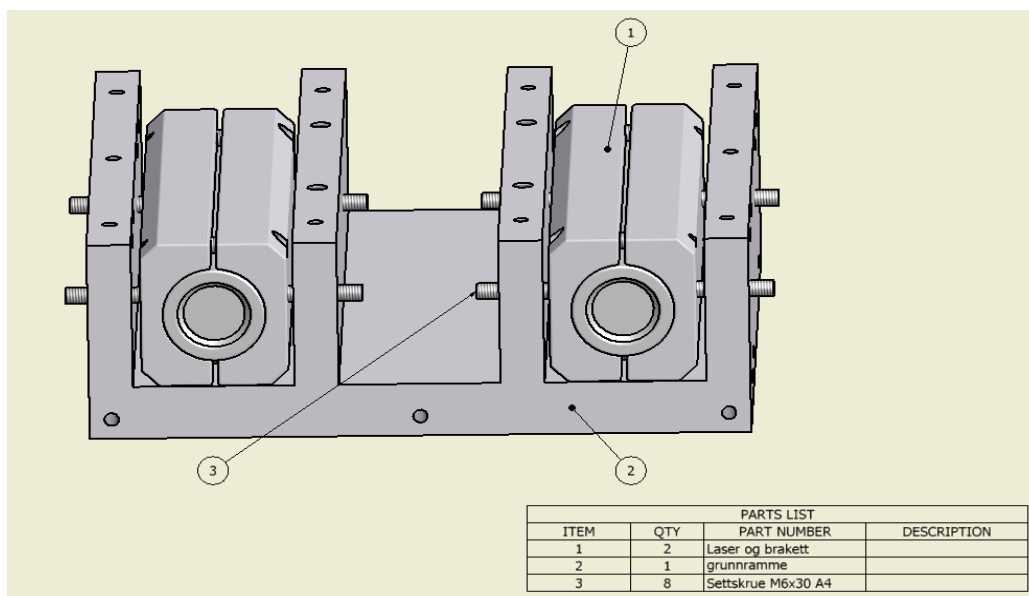
4.5.2 Justering av parallellitet til laserne i utstyret

Ved montering av utstyret må man ta hensyn til at det må være parallellitet mellom laserne. Derfor må klammene (pos: 1 og 2) som skal holde laserne på plass være maskinert slik at laserne ligger plant og fastlåst som vist i Figur 31. Det er fire A4 bolter i syrefast stål (pos: 4) som holder laseren fast i klammene. Disse boltene blir påført Locktite 243 (vedlegg C6) for å hindre at boltene løsner.



Figur 31: Montering av laser i klammer

Det må også være en mulighet for å justere parallelliteten til laserne. Gruppen har løst denne utfordringen ved at man har fire bolter (pos: 3) for hver laser som man kan bruke til å justere laserne med som vist i Figur 32. Utstyret har blitt designet på en sãnn måte at man kan justere parallelliteten selv når hele utstyret er ferdigmontert. Tilkomsten til disse boltene er gjennom firkanthull i endeplatene. Selve justeringen bør utføres ved normal driftstemperatur for laserne under vann. Parallelliteten er oppnådd når som vist på Figur 8.



Figur 32: Laser i grunnrammen

4.6 Beregninger

Innledning

Siden kamera, laserne og en eventuell koblingsboks er designet for dyp ned til 2000 meter, er det de andre delene gruppen må se nærmere på. I dette kapitlet vil gruppen se på noen beregninger til forslaget av måleutstyret. Først må gruppen finne de dimensjonerende lastene () som virker på utstyret, og foreta noen håndberegninger for boltforbindelsene til gripehåndtaket. Den dimensjonerende belastningen er relevant når vi skal se på om konstruksjonen er sterk nok. Gruppen vil også beregne vekten til utstyret i luft og i sjø.

Dimensjonerende last

Med dimensjonerende last menes hvilke laster og krefter utstyret må kunne oppta. Det kan være flere typer lastkombinasjoner utstyret blir utsatt for. Det kan være lastkombinasjoner som skyldes hydrostatisk trykk, krefter som blir overført med manipulatorarmen og krefter som skyldes kollisjon. Krefter som blir overført til utstyret ved løft med manipulator og ved kollisjon vil ikke opptre samtidig.

Hydrostatisk last

I følge Deep Ocean skal måleutstyret brukes ned til 2000 meters havdyp, som betyr at vi har et hydrostatisk trykk på ca 200 bar. Utstyret er designet slik at vi ikke får noen innelukkede rom. Har man åpninger i grunnrammen slik at trykket fordeler seg inne og rundt i rammen, vil ikke dette gi noen konsekvens for utbøying av utstyret. Gruppen må finne kraften som virker på utstyret som følge av det hydrostatiske trykket. Trykket på 200 bar som tilsvarer vil si at det er kraft på som virker på hver . Utstyret består hovedsakelig av aluminiumslegering 5083 som har en flytegrense på 240 (Azom.com)^[19]. Trykket fra sjøen ved 2000 meters dyp overstiger derfor ikke flytegrensen til aluminiumen som da er et egnet material.

Krefter som blir overført med manipulatorarm

For å se hvilke krefter som blir overført på utstyret ved hjelp av manipulatorarmen kan en i vedlegg C5 se at T4 har et maksimalt løfte kapasitet på . opptre som en punktlast som kan treffe alle utvendige steder på utstyret. Gruppen mener at utstyret bør kunne oppta denne belastningen med en sikkerhetsfaktor () på 1,5. Dimensjonerende kraft som skyldes T4:

Gripekloen til T4 har en gripekraft på . Denne kraften virker kun på gripehåndtaket. Bruker man den samme sikkerhetsfaktoren vil den dimensjonerende kraften som forårsakes av gripekloen bli:

Krefter forårsaket av kollisjon

I bruk kan måleutstyret kollidere mot faste strukturer. En mulig risikabel situasjon kan være når ROVen Supporter oppnår maks hastighet på 3 knop. Massen til Supporter er 3000

kg i følge Olaisen¹⁹, og vekten ved 2000 meters dyp er 24 kN. Supporter vil da oppnå en kinetisk energi (E_k) før kollisjon på:

Hvordan Supporter kolliderer har betydning for kreftene og energien som blir overført til Supporter og eventuelt til måleutstyret. Den kinetiske energien på _____ er så høy at den kan ha en ødeleggende effekt på Supporter. Utstyret vil ikke bli dimensjonert mot så kraftige slag og støt siden dette vil ha ødeleggende effekt på de elektriske komponentene og sannsynligvis gi avvik på parallelliteten mellom laserne.

Jostein Førland²⁰ oppgir at det kan være relevant med en situasjon hvor Supporter kolliderer med en hastighet (v) på _____. Videre mener han at denne energien stoppes på en avstand (S) 10 mm. Denne stopplengden kommer av bøyning eller defleksjon i manipulatorarmen.

Den kinetiske energien i dette tilfellet:

En kan se på formelen for arbeidet (W) som må ta opp denne energien _____.

Gruppen ser at _____ noe som betyr at det er _____ som vil være den dimensjonerende lasten som vil virke på utstyret i ulike retninger.

Vektberegning

Gruppen har valgt å bruke aluminiumsplater av legering 5083 og syrefast stål av typen NS EN 10 088 for gripehåndtaket og avstandsboltene, og A4 for boltene. For å beregne vekten til utstyret ble en Inventorfunksjon for å finne volum benyttet. Ved å benytte materialtetthetene funnet fra Inventor kunne da vekten i luft kalkuleres. Tetthetene er ikke helt korrekte ettersom Inventor benytter en annen aluminiumslegering og ståltype enn 5083 og A4, men avviket var så lavt at forskjellen kunne neglisjeres.

For å finne vekt i sjø må man ta hensyn til oppdrift. Ved å benytte Arkimedes' formel for oppdrift kom man da frem til hvor mye oppdrift hver del hadde, og følgelig vekten i sjø. Det ble benyttet en gjennomsnittlig tetthet for sjø på _____.

¹⁹ Håkon Olaisen, mekaniker Kystdesign, telefonsamtale 27.04.2011

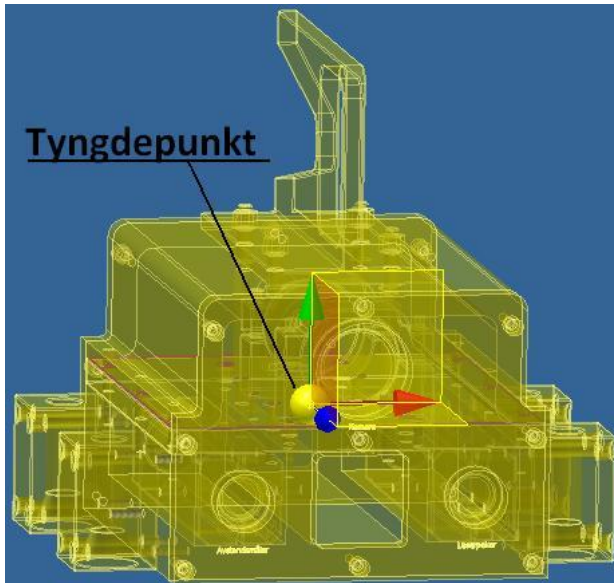
²⁰ Jostein Førland, Avdelingsleder for Struktur og Design, Deep Ocean. E-post 02.05.2011

Tabell 14 viser en total oversikt over hvor mye hver enkelt del veier og da totalvekt i luft og sjø. Totalvekten til utstyret blir da omtrent i sjø.

Tabell 14: Vektberegning av måleutstyr

Vektberegning av måleutstyr						
Delenavn	Antal	Materialtype	Volum	Tetthet	Vekt i luft (N)	Vekt i sjø (N)
Avstandsbolt M8	4	NS EN 10 088	0,106	8,08	33,6	32,6
Gripehåndtak	1	NS EN 10 088	0,333	8,08	26,4	23,0
Umbrako bolt M6x65 A4	8	A4	0,002	8,08	1,4	1,4
Umbrako bolt M6x50 A4	16	A4	0,002	8,08	2,4	2,3
Umbrako bolt M6x15 A4	24	A4	0,001	8,08	1,7	1,6
Mutter M8 A4	4	A4	0,001	8,08	0,3	0,3
Endeplate rygg	1	Aluminium 5083	0,479	2,71	12,7	7,9
Endeplate foran	1	Aluminium 5083	0,419	2,71	11,1	6,9
Grunnramme	1	Aluminium 5083	1,933	2,71	51,4	32,0
Laserklammer gjenget	2	Aluminium 5083	0,161	2,71	8,6	7,0
Laserklammer	2	Aluminium 5083	0,157	2,71	8,3	6,8
Kameraklammer	2	Aluminium 5083	0,880	2,71	46,8	37,9
Feste for påhengt verktøy	4	Aluminium 5083	0,149	2,71	15,8	14,3
Toppdeksel	1	Aluminium 5083	1,276	2,71	33,9	21,1
Mellomplate	1	Aluminium 5083	0,829	2,71	22,0	13,7
Laseravstandsmåler	1	N/A	N/A	N/A	3,9	2,9
Laserpeker	1	N/A	N/A	N/A	3,9	2,9
Kamera	1	N/A	N/A	N/A	12,8	9,8
Totalvekt					297,2	224,6

Tyngdepunktet i utstyret ble funnet ved hjelp av Inventors ”centre of gravity” funksjon og vises i Figur 33.

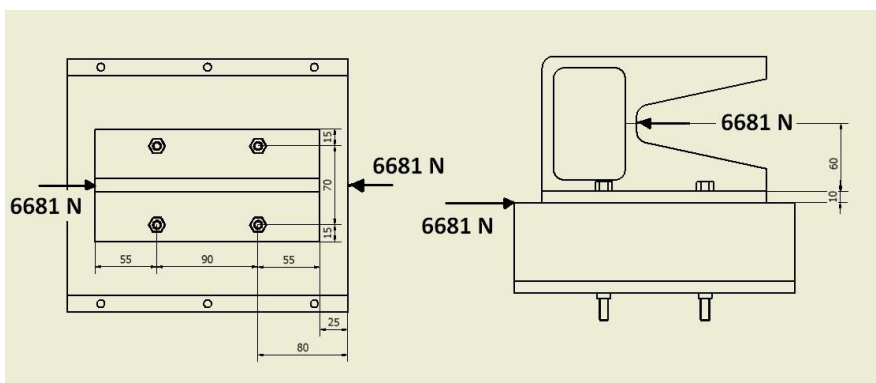


Figur 33: Tyngdepunktet i utstyret

Beregning av bolter M8 A4 Gripehåndtak

Beregningene som er utført er basert på NS-EN 1993-1-8:2005+NA:2009 og formlene er hentet fra Stål håndbok (Aasen)^[20].

Det er mange bergninger som skulle vært utført på utstyret siden den dimensjonerende kraften vil kunne treffe på ulike steder på utstyret. Gruppen har derfor valgt å se på en situasjon hvor man får den dimensjonerende kraften i forkant av utstyret som vist i Figur 34. Mutterne er ikke forspente slik at det er kun skjærkrefter som virker på de fire boltene. Gruppen vil beregne kapasiteten for en skrue med hensyn til avskjæring av bolt og hullkantrykket til gripehåndtaket. Det vil også bli sett på skrueforbindelsens kapasitet. Beregningene blir utført manuelt og vil deretter undersøkes opp mot beregningsprogrammet Ansys.



Figur 34:Oversikt over hvilke krefter som virker

Informasjon om boltene, gripehåndtaket og sikkerhetsfaktorene vises i Tabell 15, Tabell 16 og Tabell 17.

Tabell 15: Generell informasjon om boltene

Bolter M8 A4		
	Symbol	Verdi
Strekkfasthet		
Flytegrense		
Bolt tverrsnitt		
Antall bolter		
Reduserende faktor		

Tabell 16: Generell informasjon om gripehåndtaket

Gripehåndtak		
	Symbol	Verdi
Diameter hull		
Lengden fra endekant til senter av hull		
Lengden fra nedre kant til senter av hull		
Avstand mellom hull i lengderetning		
Avstand mellom hull i bredderetning		

Tabell 17: Sikkerhetsfaktorer benyttet i beregningene

Sikkerhetsfaktorer		
	Symbol	Verdi
Sikkerhetsfaktor		1,05
Sikkerhetsfaktor		1,25

Avskjæringskapasiteten

I eurokoden EC3-1-8:tab.3.4 vil bolter som tilsvarer en 8.8 kvalitet ha en reduserende faktor på 0,6. Avskjæringskapasiteten for en M8 A4 blir beregnet som følger:

$$F_{v.RD} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 800 \frac{N}{mm^2} \times 37 mm^2}{1,25} = 14208 N$$

Hullkantrykket i gripehåndtaket

For å sjekke at vi har nok styrke mot forlenging av skruehullet og at ikke skruen rives ut av grunnmaterialet må gruppen derfor sjekk hullkantrykket. Etter formelen EC3-1-8: tab.3.4.

$$F_{b.RD} = \frac{K_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t_p}{\gamma_{M2}}$$

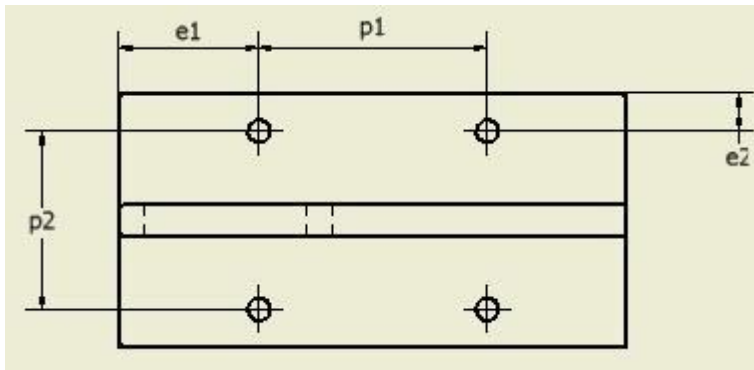
En må først beregne K_1 som er en parameter som tar hensyn til forbindelsens geometri normalt på kraftretningen, dvs. enten kantavstanden e_1 eller skrueavstanden e_2 .

$$K_1 := \min \left(2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \times \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5 \right)$$

$$K_1 := \min \left(2,8 \times \frac{15}{9} - 1,7, 1,4 \times \frac{70}{9} - 1,7, 2,5 \right)$$

$$K_1 := \min \ 2,97 \ 9,2 \ 2,5 = 2,5$$

Også parameteren $\alpha_{b,1}$ må bestemmes. Denne parameteren tar hensyn til forbindelsens geometri i kraftretningen, det vil si enten endeavstanden e_1 eller skrueravstanden p_1 som vist i Figur 35. Figur 1



Figur 35: Definisjon av hull- og kantavstander

Skrue nr.1:

$$\alpha_{b,1} := \min \left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right)$$

$$\alpha_{b,1} := \min \left(\frac{55}{3 \times 9}, \frac{90}{3 \times 9} - \frac{1}{4}, \frac{800}{640}, 1 \right)$$

$$\alpha_{b,1} := \min \ 2,02 \ 3,08 \ 1,25 \ 1 = 1$$

$$F_{b,1.RD} = \frac{K_1 \times \alpha_{b,1} \times f_u \times d \times t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1 \times 640 \text{ N/mm}^2 \times 8 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}}{1,25} = 102400 \text{ N}$$

Skrue nr.2:

$$\alpha_{b,2} := \min \left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right)$$

$$\alpha_{b,2} := \min \left(\frac{55}{3 \times 9}, \frac{90}{3 \times 9} - \frac{1}{4}, \frac{800}{640}, 1 \right)$$

$$\alpha_{b,2} := \min \ 2,02 \ 3,08 \ 1,25 \ 1 = 1$$

$$F_{b,2.RD} = \frac{K_1 \times \alpha_{b,2} \times f_u \times d \times t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1 \times 640 \text{ N/mm}^2 \times 8 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}}{1,25} = 102400 \text{ N}$$

Skrueforbindelsens strekkapasitet

$$N_{b,RD} = n \times F_{v,RD} \quad \text{når } F_{b,RD} > F_{v,RD}$$

$$N_{b,RD} = 4 \times 14208 \text{ N} = 56832 \text{ N}$$

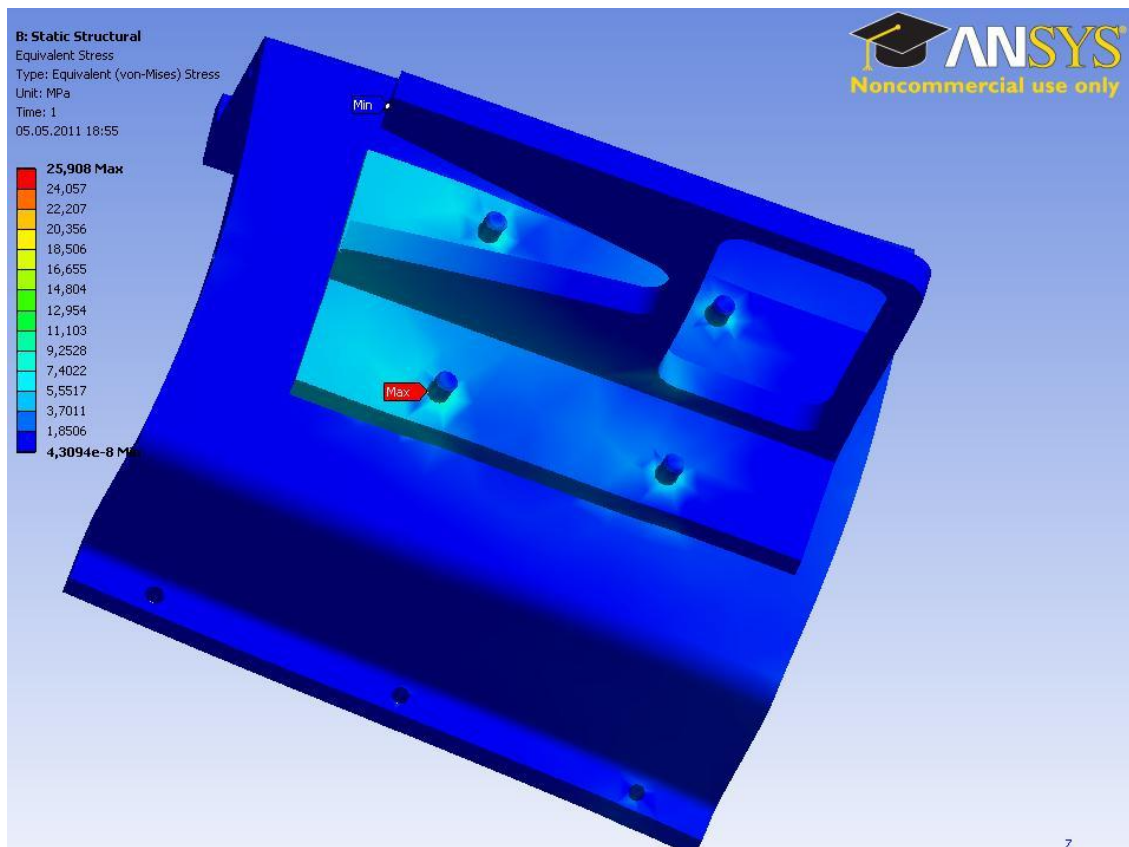
Gripehåndtaket blir festet med fire bolter. De blir ikke forspent slik at kreftene overføres som skjærkrefter på M8 boltene med A4 kvalitet. Denne kvaliteten tilsvarer en 8.8 kvalitet. Man får derfor følgende skjærspenning per bolt.

$$\tau = \frac{F}{A_s \times n} = \frac{6681N}{37mm^2 \times 4} = 45,15 N/mm^2$$

Skjærspenningen må deretter settes inn i jevnføringspenningen (σ_{if}).

$$\sigma_{if} = \sqrt{3 \times \tau^2} = \sqrt{3 \times 45,14 N/mm^2^2} = 78,2 N/mm^2$$

Gruppen beregnet så skjærspenningen på boltene ved hjelp av beregningsprogrammet Ansys. Den største spenningen i boltene ble da beregnet til å være . Dette utgjør kun 30 prosent av gruppens håndberegninger, men begge beregningene er under flytegrensen til boltene som er . Resultatet av Ansys analysen er vist i Figur 36.



Figur 36: Ansys analyse på bolter

4.7 Diskusjon av design/tilpasningsdel

Ved utviklingen av eget design har gruppen møtt på flere utfordringer. Det har vært svært mange punkter gruppen har ønsket å se videre på, men tiden har ikke strukket til. Det har uansett komt frem et godt forslag til et design som beskriver de prinsippene gruppen ønsker å bruke.

Kombinasjonen av en laseravstandsmåler og en laserpeker gir gode muligheter for å ta ut både avstands og dimensjonsmål. Et av hovedproblemene har vært å få tak i tilstrekkelig informasjon om laseravstandsmåleren. Klepsvik ved Kongsberg Seatex utviklet en prototype på dette på nittitallet, men produktet ble aldri kommersielt.

Gruppen har funnet et utstyr som baserer seg på disse prinsippene fra Savante Offshore, men det var svært vanskelig å få tak i detaljert informasjon. Gruppen har fått tilsendt et formelt tilbud på utstyret, men byggemål og andre spesifikasjoner var det ikke mulig å oppdrive. I og med at gruppen har tatt utgangspunkt i at denne avstandsmåleren er av samme vekt og dimensjon som Imencos Dusky Laser, er ikke designet fullkomment. Det gruppen uansett ville frem til var at ved å kombinere forskjellige utstyr kunne man få et enklere utstyr enn en laserskanner.

Det ble valgt å bygge tre ferdige komponenter inn i ett felles hus på grunn av at det var vanskelig å få tak i detaljerte spesifikasjoner for innmaten i de forskjellige komponentene. Det hadde sannsynligvis vært mer gunstig å samle all innmaten i ett felles hus for å kutte ned på byggemålene til utstyret. Dette hadde også mest sannsynlig vært gunstigere økonomisk med tanke på at man kun behøver å konstruere ett hus i forhold til tre som er tilfellet med dagens løsning.

Et av målene for dette utstyret var at det skulle få plass i verktøyskuffen. Dette målet har ikke gruppen oppnådd da utstyret ble for høyt. En mulig løsning på dette kan være å utforme gripehåndtaket slik at det går ut på siden istedenfor oppover. Dette kan igjen føre til at utstyret blir litt vanskeligere å håndtere.

Utstyret kan også ha problemer med referansepunkt når det er fastmontert på ROV-skroget. Det bør derfor hovedsakelig benyttes ved hjelp av manipulatorarmen med tanke på avstandsmålinger. Og i disse tilfellene kan det også være vanskelig å vite om utstyret er i kontakt med objektet det bruker som referanse. Derfor bør det undersøkes grundigere om det er mulig å sette inn en trykksensor eller eventuelt et kamera som kan bekrefte/avkrefte kontakt med referansepunktet.

Utstyret kan kobles opp mot ROVen uten store problemer. Gruppen har ikke fått informasjon om hvilke tilkoblinger Savante Offshore bruker på sin laseravstandsmåler, men i og med at Supporter ROVen har flere mulige tilkoblingsalternativer og i tillegg kan modifiseres med ekstra tilkoblinger bør ikke dette være et problem i følge Pettersen. Selve kablene til utstyret har ikke gruppen tatt med i designet. Det kan være flere utfordringer med tanke på at kabler kan sette seg fast eller bli klemt siden utstyret skal benyttes med manipulatorarmen og dette bør derfor sees nærmere på.

Når det gjelder ”hot stabs” har gruppen valgt å ikke ta dette med i designet. Fra erfaringer gjort av Pettersen²¹ og andre i bransjen er det svært lite gunstig å benytte dette i forhold til de fordelene man oppnår. De er også dyre i kostnad og store i byggemål i følge Pettersen. De elektriske og signalførende kablene må derfor kobles til ROVen før operasjonen starter.

²¹ Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign samtale 19.04.2011

Utstyret er beregnet til _____ i sjø som er mindre enn Deep Oceans Krav på _____ i sjø. Det har ikke blitt tatt hensyn til eventuelle kabler og mulig tilleggsutstyr hvis utstyret må modifiseres.

Når det gjelder hvilken dybde utstyret kan benyttes på, har gruppen undersøkt at materialet gruppen benytter (A1 6082 og A1 5083) tåler belastningen ved 2000 meters dybde. Komponentene i utstyret tåler allerede dybder til 2000 meter eller mer så disse forårsaker ikke problemer i denne forstand. Gruppen har også sett at det kan være en mulighet for at det kan samle seg luft i hulrom i utstyret. Det bør derfor plasseres strategiske hull slik at hele utstyret blir fylt opp med vann og følgelig utjevner trykket og eventuell ekstra oppdrift. Den ekstra oppdriften vil sannsynligvis være neglisjerbar, men det bør uansett tas hensyn til.

Gruppen har sett på skjærkraften i boltene ved statisk belastning påført av manipulatorarmen. Angående støt/slag kan de være de dimensjonerende kreftene hvis kollisjonshastigheten økes. Utstyret ble ikke dimensjonert for kollisjoner ettersom store slag og støt kan ødelegge utstyret. Flere kalkulasjoner bør utføres ettersom gruppen kun har sett på ett lasttilfelle.

Det har ikke blitt sett på eventuell programvare utstyret vil benytte. Ut ifra erfaringer i markedet og Harry Berg²² er gjenkjenningsprogramvare lett tilgjengelig og utviklet i forskjellige former. En eventuell pris på programvaren er vanskelig å estimere før ekstensiv testing har blitt foretatt.

Utstyrets pris kan være vanskelig å estimere på dette tidspunktet. Gruppen har fått tilbud på alle de ferdige komponentene som skal benyttes i utstyret. Totalkostnaden for laseravstandsmåleren, laserpekeren og kameraet kommer på om lag 155.000 NOK. Gruppen har ikke fått formelle tilbud på materialet og antall arbeidstimer med maskinering utstyret vil behøve. Et uformelt estimat basert på norsk ståls varesortiment gir at materialene vil komme på om lag 1.500 NOK. Det vil også behøves maskinering noe som vil utgjøre en tilleggskostnad. Eventuelle kabler og annet utstyr har ikke blitt tatt med i dette estimatet. Totalprisen på utstyret vil da bli rundt 160.000 NOK og da er ikke programvaren, maskinering, kabler/kontakter og eventuelle topside enheter inkludert.

²² Harry Berg, Survey Manager Westcon Yards, 11.04.2011

4.8 Konklusjon av design/tilpasningsdel

Formålet med dette kapitlet var å designe og tilpasse et forslag til et måleutstyr. Gruppen reflekterte rundt forskjellige utfordringer med i forhold til design og videre utvikling. En konklusjon gruppen har trukket ut fra arbeidet med forslaget til eget design er at det er svært mange hensyn å ta når man skal konstruere ett utstyr. Det har ikke vært tilstrekkelig med tid til å utforske alle muligheter og eventuelle problemer, men i diskusjonen har flere svakheter blitt tatt opp.

Det har også vært problemer med å innhente nok informasjon om laseravstandsmåleren. Dette førte til at gruppen måtte bruke Imencos Dusky Shark som mal for denne. Antageligvis vil utformingen på denne variere fra Dusky Shark, og følgelig vil designen måtte endres tilsvarende.

Hadde gruppen hatt nok informasjon tilgjengelig om innmaten i de forskjellige komponentene hadde det vært bedre både kostnads og byggemålmessig og designe utstyret i ett felles hus. Kostnaden hadde med stor sannsynlighet blitt betraktelig lavere og det utstyret kunne blitt designet som et smidigere utstyr med en god del lavere vekt.

Konklusjonen gruppen har trukket fra dette kapitlet er at det har blitt designet et måleutstyr som bør kunne være et nyttig verktøy med tanke på avstands og dimensjonsmålinger. Angående nøyaktigheten på målingene er det svært vanskelig å trekke så mange slutninger uten å ha testet utstyret i praksis. Kapittel 3 viste dog at det ble svært lave avvik ved bruk av målestokkprinsippet og laseravstandsmålerne som Klepsvik og Savante Offshore har utviklet bør være nøyaktige nok med tanke på avstandsmålinger.

5 Konklusjon

For å forenkle undervannsoperasjonene sine ønsket Deep Ocean en kartlegging av eksisterende måleutstyr for undervanns bruk. Målsetningen som ble satt for prosjektet var å komme opp med forslag til et eller flere måleutstyr som tilfredsstillter Deep Oceans krav. Kartleggingen som ble gjennomført tok for seg utstyr innenfor forskjellige måleprinsipp. Dette viste seg å være en utfordrende oppgave da forskjellig utstyr har sine fordeler og ulemper, men gjennom kartleggingen av eksisterende utstyr kom det klart frem at det var laserskannerne som var best egnet i forhold til Deep Oceans krav. Kartleggingen er ikke helt representativ ettersom gruppen måtte fokusere på utstyr fra produsenter som gjorde informasjon tilgjengelig, men gruppen føler at utvalget av utstyr som ble kartlagt var tilfredsstillende for å gi en god oversikt over tilgjengelig utstyr på markedet.

Laser skanneren som kom best ut i kartleggingen var ULS-100 fra 2G-robotics. Denne gir god nøyaktighet og detaljert informasjon ved korte avstander til objektet, men utstyrets rekkevidde begrenser bruksområdene. Skittent vann og dårlig sikt kan også være faktorer som påvirker negativt på bruken av verktøyet. Forslaget til eget design gir et enklere verktøy som også baserer seg på bruk av laser, men dette gir en bedre rekkevidde. Gruppens design kan også avvike med mer enn på nøyaktigheten til målingene, men det er vanskelig for gruppen å fastslå hvilken nøyaktighet utstyret opererer på uten testing i praksis. Dette gjelder spesielt når måleutstyret danner en vinkel i forhold til måleobjektet.

I løpet av oppgaven har stadig nye problemstillinger kommet opp. Gjennom de praktiske forsøkene ble det erfart at feilavlesninger kunne forekomme. Dette medførte store avvik på de målte dimensjonene. Her har de blitt foreslått å bruke dataprogram for å gjøre avlesningene. Forslaget går ut på å benytte et program som gjenkjenner lasertreffpunktene på bildet for å så kalkulere målet på avstanden brukeren spesifiserer. Det kom også frem at det allerede var utstyr som for eksempel Tritechs VMS 3000 som brukte de prinsippene gruppen hadde foretatt praktiske forsøk på.

Det designede forslaget er bygget opp modulbasert ved hjelp av komponenter som er hyllevare. Ved å utvikle disse komponentene selv kan man få plassert alle komponentene i et hus, dette vil gi et smidigere og mer kompakt verktøy som da vil vær mer brukervennlig, samt totalkostnaden vil bli redusert.

Konklusjonen til gruppen i forhold til å finne et passende måleutstyr i forhold til Deep Oceans krav er derfor at ULS-100 er det best egnende utstyret per dags dato. Gruppens eget design vil trenge store mengder testing, og før man bygger det inn i ett felles hus vil totalkostnaden være for høy i forhold til eksisterende utstyr på markedet. Gruppen føler allikevel at det eget designede utstyret har beskrevet et prinsipp som eksisterende utstyr ikke benytter. Med nok ressurser og tid ville derfor gruppens design kunne blitt videreutviklet til å bli et svært nyttig måleutstyr til undervannsoperasjoner der målinger behøves.

Et overordnet mål med oppgaven var å høste erfaring med prosjektarbeid. Læringsutbytte på dette området har vært stort med denne oppgaven. I løpet av prosjektperioden har gruppen fått innsikt og erfaring med alt fra prosjektstruktur til innhenting av informasjon. Særlig delen med å lete opp og hente inn relevant informasjon fra underleverandører har vært tidkrevende, men allikevel lærerik. Kort oppsummert har prosjektet og arbeidet med

dette fått gruppen til å innse at vi har mye å lære om ingeniøryrket, men gjennom dette prosjektet har vi tilegnet oss god kunnskap om prosjektarbeid som vi vil dra nytte av i arbeidslivet.

6 Liste over forkortelser

NOK – Norske kroner

NTU - Nephelometric Turbidity Unit (Skala som beskriver hvor mye lys som slipper gjennom en vannløsning)

ROV – Remotely Operated Vehicle (Fjernstyrt undervannsfarkost)

7 Tabell og figurliste

Tabell-liste

Tabell 1: Dataverktøy benyttet i oppgaven	2
Tabell 2: Vurdering av eksisterende måleutstyr	16
Tabell 3: Symbolforklaring for lasertrigonometri	20
Tabell 4: Referanseverdier benyttet i følsomhetsanalysen	21
Tabell 5: Resultat av følsomhetsanalyse angående avstandsmål (L1)	22
Tabell 6: Resultat av følsomhetsanalyse angående dimensjonsmål ()	22
Tabell 7: Symbolforklaring til forsøk 1	23
Tabell 8: Oppsummerte resultater fra laserforsøk 1	24
Tabell 9: Symbolforklaring forsøk 2	26
Tabell 10: Oppsummerte resultater laser forsøk 2	27
Tabell 11: Symbolforklaring forsøk 3	28
Tabell 12: Oppsummerte resultater laser forsøk 3	29
Tabell 13: Oversikt over egenskapene til forskjellige materialer	44
Tabell 14: Vektberegning av måleutstyr	50
Tabell 15: Generell informasjon om boltene	52
Tabell 16: Generell informasjon om gripehåndtaket	52
Tabell 17: Sikkerhetsfaktorer benyttet i beregningene	52

Figurliste

Figur 1: Skisse av Didson US3000 (Didson Operation Handbook.pdf)	6
Figur 2: Ytre mål til New Eclipse Sonar i mm	7
Figur 3: Fysiske byggemål til BV 5000-2250D (tommer)	9
Figur 4: Beskrivelse av trianguleringsprinsippet (Laser Scanners in Terrestrial Surveying) ^[12]	12
Figur 5: Eksempler på laserskanninger (skjermdump Youtube.com) ^[13]	12
Figur 6: Ytre mål til ULS-100 i mm	14
Figur 7: Laser trigonometriprinsipp	19
Figur 8: Illustrasjon forsøk 1	23
Figur 9: Forsøk 1 parallelle laserstråler	24
Figur 10: Illustrasjon forsøk 2	25
Figur 11: Innjustering laser forsøk 2	25
Figur 12: Forsøk 2 med to parallelle laserstråler og en vinkelstilt laserprikk	26
Figur 13: Illustrasjon referanse forsøk 3	28
Figur 14: Illustrasjon skråstilt objekt forsøk 3	28
Figur 15: Oppsett laserforsøk 3 vridd	29
Figur 16: Prinsippkjema teoretisk forslag	30
Figur 17: Illustrasjon av laserstråler på objekt i teoretisk forslag	31
Figur 18: Endepunkt til laserstripe	32
Figur 19: Illustrasjon av refleksjonstidsprinsippet	33
Figur 20: Testtrigg for avstandsmåling	34
Figur 21: Måling i klart vann	34
Figur 22: Måling i vann tilsatt konditorfarge	34
Figur 23: Arbeidsområdet til manipulatorarmen sett ovenfra og fra siden	38
Figur 24: Lastkapasitet ved maksimalt utstrekt arm	38
Figur 25: Skisse av verktøyskuffen til Supporter	39
Figur 26: Utstyr montert på skroget med styrepinner	39
Figur 27: Illustrasjon av utstyret med referansepunkt i fremkant av utstyret	40
Figur 28: Illustrasjon av utstyret med referansepunkt i bakkant av utstyret	41
Figur 29: Hot Stab hann og hunn	42
Figur 30: Forslag av måleutstyr	46
Figur 31: Montering av laser i klammer	47
Figur 32: Laser i grunnrammen	47

Figur 33: Tyngdepunktet i utstyret	51
Figur 34: Oversikt over hvilke krefter som virker	51
Figur 35: Definisjon av hull- og kantavstander	53
Figur 36: Ansys analyse på bolter	54
Figur 37: Utregning av L ved skeivstilt objekt	XXIV

[13] Underwater Laser Scan of Cinder Block Wall [Bilde]. (23.02.2011). Skjermdump hentet fra: <http://www.youtube.com/watch?v=BPcPEF8LzX4&feature=related>

[14] Klepsvik, Bjarnar, Brosstad, Brænd, Westrum (1994) A novel laser radar system for subsea inspection and mapping. *Oceans* 94 Vol. 2 p 700-705.

[15] 2G-robotics (2010) ULS-100 Underwater Laser Scanner hentet fra <http://www.2grobotics.com/products/uls-100-underwater-laser-scanner>

[16] Savante.co.uk (2010) Laser Scanner. Hentet fra <http://www.savante.co.uk/index.php/2011/02/laserprofiler>

Kap 3:

[17] Dr. Rudiger Paschotta/RP Photonics Consulting GmbH. (a) (03.04.2010). *Time-of-flight Measurements*. Hentet fra: http://www.rp-photonics.com/time_of_flight_measurements.html

Kap 4:

[18] Waløen, Åge, (1994) *Maskindeler bind 1*. Trondheim: Tapir forlag.

[19] Mekaniske egenskaper til aluminiumslegering 5083. Hentet fra; <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2804#> Mechanical Properties of

[20] Bjørn Aasen, Stål håndbok del 3:2010 3 utgave

Fotnoter:

- ¹ Jostein Førland, Avdelingsleder for Struktur og Design, Deep Ocean
- ² Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign. Samtale 19.04.2011
- ³ Bill Hanot Sound Metrics Corp. E-post 27.01.2011
- ⁴ Mats Ekström System Sales Manager hos MacArtney, telefonsamtale 02.02.2011
- ⁵ Malcolm Johnston. Sales & Marketing Manager. E-post 27.01.2011
- ⁶ Mike Broadbent Business Development Manager i Tritech. E-post 25.02.11
- ⁷ Jason Seawall Chief Operating Officer Blueview. E-post 12.04.2011
- ⁸ Grethe Hindersland, prosjekt og driftsleder. E-post 07.02.11
- ⁹ Jason Gillham Director of Operations ved 2G-robotics. Skypesamtaler 09.02.2011
- ¹⁰ Dr. Grant Thomson, Technical Director, Savante Offshore Services Ltd. Epost 17.01.2011 og 08.02.2011
- ¹¹ Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign. Samtale 19.04.2011
- ¹² Jason Gillham Director of Operations ved 2G-robotics. Skypesamtale 08.03.2011
- ¹³ Jason Gillham Director of Operations ved 2G-robotics. Skypesamtale 08.03.2011
- ¹⁴ Arnfinn Klingsheim, Elektroniker hos Imenco. Samtale 09.03.2011
- ¹⁵ Arnfinn Klingsheim, Elektroniker hos Imenco. Samtale 09.03.2011
- ¹⁶ Jens C. Lindaas, Førsteamanuensis Høgskolen Stord/Haugesund
- ¹⁷ Jostein Førland, Avdelingsleder for Struktur og Design, Deep Ocean. E-post 12.04.2011
- ¹⁸ Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign samtale 19.04.2011
- ¹⁹ Håkon Olaisen, mekaniker Kystdesign, telefonsamtale 27.04.2011
- ²⁰ Jostein Førland, Avdelingsleder for Struktur og Design, Deep Ocean. E-post 02.05.2011
- ²¹ Einar Pettersen, Elektroingeniør ved Kystdesign, samtale 19.04.2011
- ²² Harry Berg, Survey Manager Westcon Yards, 11.04.2011

9 Vedlegg

Innholdsfortegnelse over vedlegg

Vedlegg A: Datablader på eksisterende måleutstyr	II
Vedlegg B: Beregninger og forsøksresultater fra kapittel 3	XXVIII
Vedlegg C: Diverse utstyr og beregninger fra kapittel 4	XXVIII
Vedlegg D: 2D-tegninger av måleutstyret	XLV
Vedlegg A1: Didson datablad	II
Vedlegg A2: New Eclipse datablad	III
Vedlegg A3: BlueView datablad	V
Vedlegg A4: Scopos datablad	IX
Vedlegg A5: ULS-100 datablad	XII
Vedlegg A6: Lumeneye datablad	XVI
Vedlegg B1: Trittech Typhoon VMS	XXVIII
Vedlegg B2: Laserforsøk 1	XXI
Vedlegg B3: Laserforsøk 2	XXII
Vedlegg B4: Laserforsøk 3	XXIII
Vedlegg B5: Trigonometrisk metode for å eliminere avvik ved skråstilt objekt	XXIV
Vedlegg B6: Bosch PLR50	XXV
Vedlegg B7: BDL 120	XXVI
Vedlegg B8: Dusky Shark	XXVII
Vedlegg C1: Whitetip shark datablad	XXVIII
Vedlegg C2: ROV-Supporter	XXIX
Vedlegg C3: Tilbud på en laser avstandsmåler fra Savante	XXX
Vedlegg C4: Hotstab fra IFOKUS/Oceaneering	XXXI
Vedlegg C5: Manipulatorarm av typen T4 fra Schilling Robotics.	XXXIII
Vedlegg C6: Loctite til festing av bolter	XLIII
Vedlegg D1: Sammenstilling av måleutstyr	XLV
Vedlegg D2: Grunnramme	XLVI
Vedlegg D3: Mellomplate	XLVII
Vedlegg D4: Avstandsbolt	XLVIII
Vedlegg D5: Toppdeksel	XLIX
Vedlegg D5: Gripehåndtak	L
Vedlegg D6: Endeplate foran	LI
Vedlegg D7: Endeplate rygg	LII
Vedlegg D8: Feste for utstyr	LIII

Vedlegg A: Datablader på eksisterende måleutstyr

Vedlegg A1: Didson datablad

Hentet fra: http://www.didson.com/PRODUCTS/SPECS/PR_SPECS_US3000_SV.pdf



Specifications US3000

DIDSON 3000m SV

Depth rated to 3000 meters

Detection Mode

Operating Frequency	1.1 MHz
Beamwidth (two-way)	0.4° H by 14° V
Number of Beams	48
Beam Spacing	0.6°
(Extended) Window Start	0.83m to 52.3m in 0.83m steps
(Extended) Window Length	5m, 10m, 20m, 40m
Range Bin Size (relative to window length)	10mm, 20mm, 40mm, 80mm
Pulse Length (relative to window length)	18µs, 36µs, 72µs, 144µs

Identification Mode


Operating Frequency	1.8 MHz
Beamwidth (two-way)	0.3° H by 14° V
Number of Beams	96
Beam Spacing	0.3°
(Extended) Window Start	0.42m to 26.1m in 0.42m steps
(Extended) Window Length	1.25m, 2.5m, 5m, 10m
Range Bin Size (relative to window length)	2.5mm, 5mm, 10mm, 20mm
Pulse Length (relative to window length)	4.5µs, 9µs, 18µs, 36µs

Both Modes

Max Frame Rate (range dependent)	4-21 frames/s
Field-of-view	29°
Remote Focus	1m to Infinity
Control & Data Interface	UDP Ethernet
Aux Display	NTSC Video
Max cable length (100/10BaseT)	61m/152m (200ft/500ft)
Max cable length (twisted pair, Patton Extender)	1220m (4000ft)
Max cable length (fiber optics)	kilometers
Power Consumption	25 Watts typical
Weight in Air	13.2 kg (29.0 lb)
Weight in Sea Water	5.4 kg (12.0 lb)
Dimensions	32.5cm x 22.4cm x 18.4cm
Topside PC Requirements	Windows (XP, Vista, 7), Ethernet
Optional	NTSC video monitor

Vedlegg A2: New Eclipse datablad

Hentet fra <http://www.tritech.co.uk/products/datasheets/eclipse.pdf>



innovative underwater technology

www.tritech.co.uk

NEW

ECLIPSE

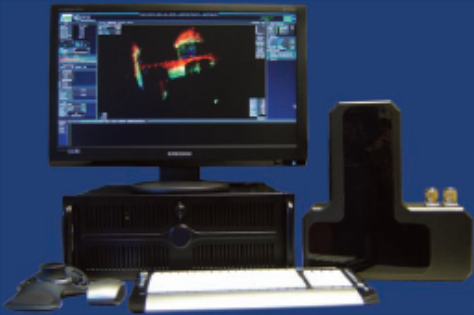
MULTIBEAM SONAR

Features

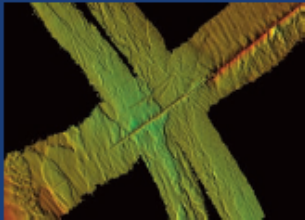
- High resolution bathymetry
- Obstacle avoidance - forward looking mode
- Not affected by poor visibility
- True time-delay beamforming
- Electronic beam steering
- High speed data acquisition
- Up to 140Hz scan-rate
- 2500m depth rated
- ROV or vessel deployed
- Real time 3D imaging & measurement

Applications

- Bathymetry survey
- Mattress laying in zero visibility
- Construction support
- Search and salvage operations
- Pipeline inspection
- Pipeline touchdown monitoring
- Dredging and rock dumping
- Harbour wall inspection



System comprises Eclipse sonar, surface control unit, cables, keyboard, mouse and 3D pointer. (Monitor not included)



Seabed Bathymetry data collected using Multibeam EchoSounder mode.

With true time-delay beamforming and electronic beam steering technology, Eclipse is the most flexible, cost-effective multibeam sonar available today.

Not only is Eclipse a very capable Multibeam EchoSounder, it can also be deployed on an ROV at depths down to 2500m in Forward Looking Navigation and 3D Volume Visualisation modes.

Multibeam EchoSounder

Utilising 256 focused receive beams across a 120° wide swathe, Eclipse Multibeam data can be visualised as a real-time, 3D motion corrected waterfall display. It can also be interfaced to industry standard survey software to obtain geodetically correct, high resolution, hydrographic bathymetry data.

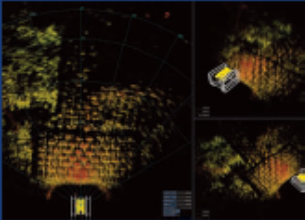
3D Volume Visualisation

By electronically sweeping the 1.5° profiling beam, a 120° by 45° volume can be imaged ahead of the Sonar. At 10m range and 1° sweep steps, Eclipse can scan a complete volume in less than 1 second.

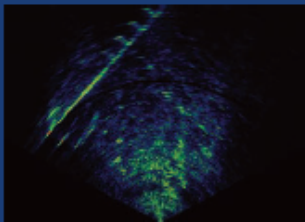
The 3D Volume can also be digitised into a points cloud and embedded tools allow measurements to be taken in 3D including range, bearing, horizontal and vertical distance and slope angle between any two points of interest.

Forward Looking Navigation

By mounting the sonar looking ahead of the ROV in either profile (120° x 1.5°) or forward-looking (120° x 45°) mode, the Eclipse can be used to measure and aid navigation towards targets requiring further detailed inspection. Eclipse can then be switched to 3D Volume mode for advanced visualisation of the target of interest.



Mattress laying in bad visibility displayed clearly using 3D Volume Visualisation



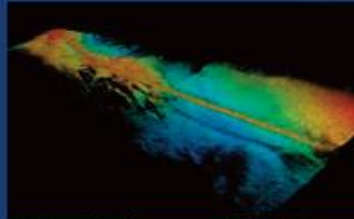
Forward Looking Navigation toward target of interest for further inspection.

the finest range of high technology subsea products in the world

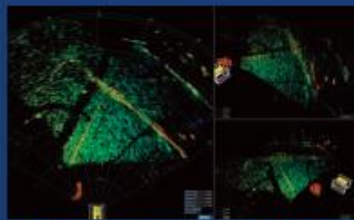


innovative underwater technology

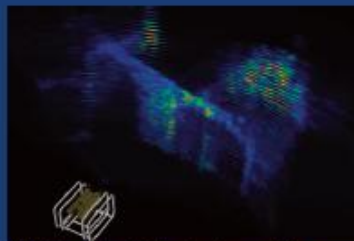
www.tritech.co.uk



Real-time 3D Bathymetry waterfall display in Multibeam EchoSounder mode.



Subsea structure inspection using 3D Volume Visualisation.

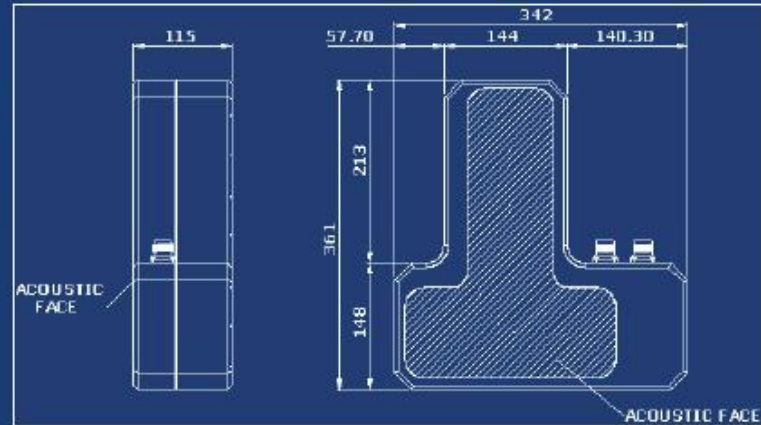


3D Volume Visualisation of archways during a harbour wall inspection.



3D Volume Visualisation of underwater pilings

Specifications



Acoustic Specifications

Operating Frequency	240 kHz
Beam Width	120°
Number of Beams	256
Acoustic Angular Resolution	1.5°
Effective Angular Resolution	0.5°
Depth/Range Resolution	2.5cm (0.98")
Maximum Range	120m (393ft)
Minimum Focus Distance	0.4m (1.31ft)
Scan Rate	140Hz @ 5m, 7Hz @ 100m

Physical Specifications

Width	342mm (13.5")
Height	361mm (14.2")
Depth	115mm (4.53")
Weight Wet / Dry	9kg (19.8lb) / 19kg (41.9lb)
Depth Rating	2500m (8202ft)
Power Consumption	60W
Supply Voltage	Nominal 20-28 VDC
Connectivity	Ethernet (100baseT)

Surface Control Unit

Eclipse is provided with a powerful multi-processor PC with advanced graphics. The PC contains dedicated hardware required to communicate with the Eclipse sonar head and run the Eclipse software package.

All specifications are subject to change in line with Tritech's policy of continual product development.

Ref. EDS-MLT-001.0



Tritech International Limited
Peregrine Road • Westhill Business Park • Aberdeen
AB32 6JL • United Kingdom

T: +44 (0)1224 744111
F: +44 (0)1224 741771
E-mail: sales@tritech.co.uk
Website: www.tritech.co.uk

Marketed by:

Vedlegg A3: BlueView datablad

Hentet fra http://www.blueview.com/media/Data_Sheet_-_BV-5000_v71.pdf

BV5000

BlueView[®]

TECHNOLOGIES

3D Mechanical Scanning Sonar

BlueView's BV5000-1350 and BV5000-2250 3D mechanical scanning sonar create high-resolution imagery of underwater areas, structures, and objects. With the touch of a button, these new 3D mechanical scanning sonar create 3D point clouds of an underwater scene with minimal training required. The compact, lightweight units are easily deployed on a tripod or an ROV. The scanning sonar head and integrated mechanical pan and tilt mechanism generate both sector scans and spherical scan data. For the first time, get 3D laser-like scanning capabilities underwater, even in low and zero visibility conditions and seamless integration with traditional laser scan imagery.



APPLICATIONS

- 3D site survey
- 3D structure inspection
- Rig decommissioning
- Bridge inspections
- Underwater metrology

BENEFITS

- Easy, one touch scan function
- 3D mosaic imaging without position info
- Easily combined with laser scan imagery
- Compact size fits into tight spaces
- Operates in low & zero visibility conditions

FEATURES

- 2 model options (1.35 & 2.25 MHz)
- Standard Ethernet/RS485 interface
- Easy Windows based software
- Leica Cyclone data compatible
- Sector & Spherical Scans

Inclusions

Included	BV5000-1350	BV5000-2250
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> • MB1350-45 Sonar • Pan & Tilt w/ mounting hardware • Sonar, Pan & Tilt junction box • Shipping case • Accessory kit* 	<ul style="list-style-type: none"> • MB2250-45 Sonar • Pan & Tilt w/ mounting hardware • Sonar, Pan & Tilt junction box • Shipping case • Accessory kit*
Software	<ul style="list-style-type: none"> • RS485 to USB drivers • ProScan 1.3 (or current) • MeshLab (included w/ ProScan) 	<ul style="list-style-type: none"> • RS485 to USB drivers • ProScan 1.3 (or current) • MeshLab (included w/ ProScan)
Manuals	<ul style="list-style-type: none"> • BV5000 User Handbook • Quick Start Guide 	<ul style="list-style-type: none"> • BV5000 User Handbook • Quick Start Guide
Warranty	<ul style="list-style-type: none"> • 1 year 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 year

*Accessory kit includes: Retract-A-Bit Hex Driver; 7 ft. Cat 5 Ethernet Cable; 15 ft. Sonar/Pan & Tilt Cable; 2 m USB Cable; 15A US Power Cord; RS485 to USB driver CD; ProScan 1.3 (or current) + MeshLab CD

BV5000
 Options

3D Mechanical Scanning Sonar

Optional	BV5000-1350 & BV5000-2250
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> • 15 ft. Sonar, Pan & Tilt Cable (1 included w/ BV5000 Accessory Kit) • 200 ft. Sonar, Pan & Tilt Cable Assembly (needed for tripod and fixed mount systems) • 4 ft. Sonar, Pan & Tilt Cable Whip Kit w/ Wiring Diagram (needed for ROV mount systems) • EXC500 Ethernet Extender Kit (includes 500 ft. Cable Assembly)
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Leica Cyclone Register • Leica Cyclone Model • Leica Cyclone Register Customer Care Package (CCP) • Leica Cyclone Model Customer Care Package (CCP)
Manuals	• Cyclone/BlueView (ships with Cyclone software)
Training	<ul style="list-style-type: none"> • On-Site "Getting Started" hardware/Software (per day) • Leica Cyclone "On-Site" Training (2-day)
Warranty	<ul style="list-style-type: none"> • BV5000-1350 Extended Warranty (per year) • BV5000-2250 Extended Warranty (per year)

Specifications

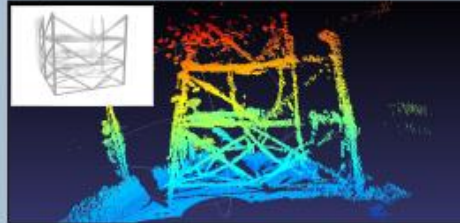
	BV5000-1350	BV5000-2250
Sonar & Software		
Sector/Spherical Scan Area (°)	45 - 360	45 - 360
Sonar Field of View (°)	45 x 1	45 x 1
Update Rate (Hz)	Up to 40	up to 40
Frequency (MHz)	1.35	2.25
Maximum Range	30 m (98 ft.)	10 m (32 ft.)
Optimum Range	1 - 20 m (3.2 - 65 ft.)	0.5 - 7 m (1.6 - 23 ft.)
Number of Beams	256	256
Beam Width (°)	1 x 1	1 x 1
Beam Spacing (°)	0.18	0.18
Time Resolution	0.015 m (0.59 in.)	0.010 m (0.39 in.)
Data Output Format	.son, .off and .xyz files	.son, .off and .xyz files
Mechanical		
Size (L x W x H in inches)	10.5 x 9.2 x 15.4	8.9 x 8.6 x 15.4
Weight in Air/Water(lbs.)	21.7/8.2	19.1/6.0
Depth Rating	300 m (1,000 ft.)	300 m (1,000 ft.)
Coms (Sonar/Pan & Tilt)	Ethernet/RS485	Ethernet/RS485
Power Consumption (W)	45 max.	45 max.
Power Requirement (V DC)	20- 29	20- 29

BV5000
Applications



3D Mechanical Scanning Sonar

High resolution 3D imagery made easy for a wide variety of underwater applications. Visit www.blueview.com to view our collection of 3D sonar case studies, movies and imagery.



Detailed 3D Structure Inspection - on demand point cloud generation delivers new levels of data quality with less work.



Full View Imagery - easily add underwater details to above-water laser scan data for full, detailed 3D viewing of structures, objects and sites.

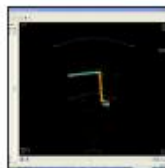


Modeling, Rendering, and Object Identification - improve efficiency and save time by using common laser scanning measurement techniques underwater.

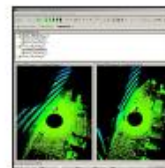


High Resolution Mapping & Imaging - quickly create high-resolution 3D maps and images of underwater scenes for accurate analysis and effective planning.

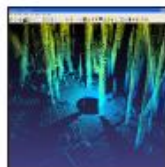
Software



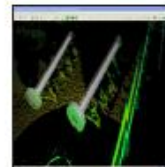
ProScan
BlueView's real-time scan control, monitoring, and post processing software. Exports industry standard point clouds. Comes standard with BV5000 systems.



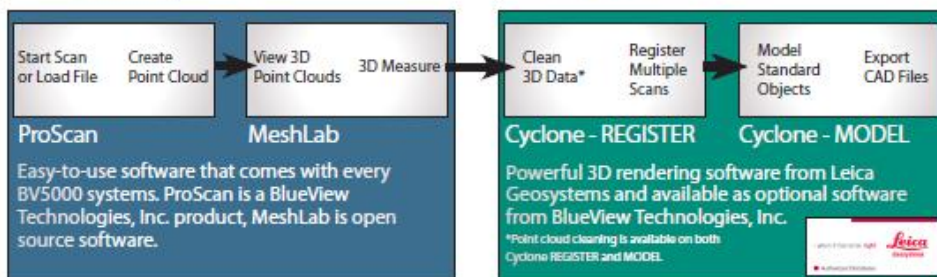
Cyclone-REGISTER
Leica Geosystems' software used to quickly clean 3D data and combine multiple scans together. Optional software for BV5000 systems.



MeshLab
An easy-to-use point cloud viewer with point-to-point measurement capabilities. Included with BV5000 systems.



Cyclone-MODEL
Leica Geosystems' software used to model standard components and export a CAD file. Optional software for BV5000 systems.



BV5000 3D Mechanical Scanning Sonar

Diagrams

DIAGRAM OF BV5000-1350

Dimensions are in inches

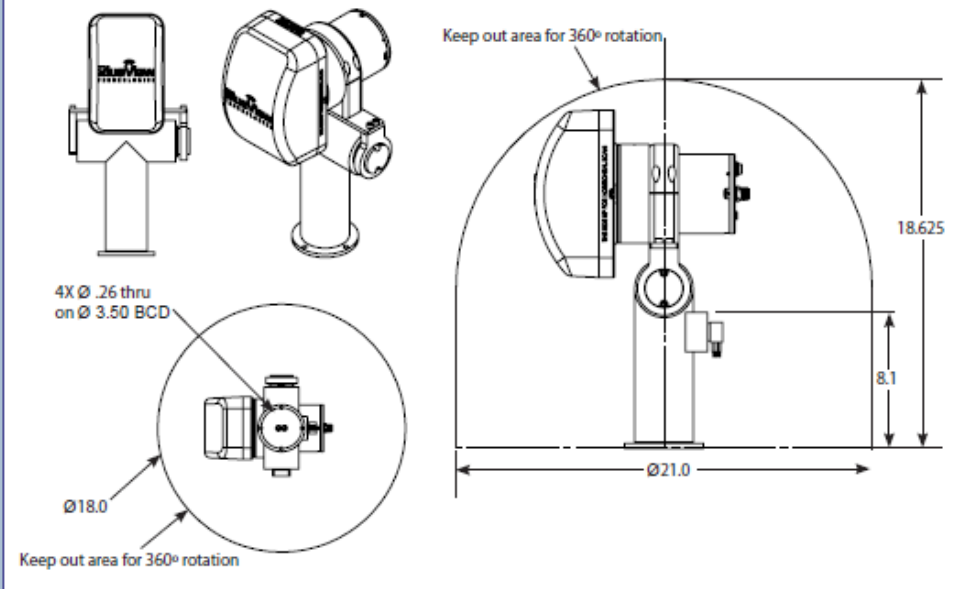
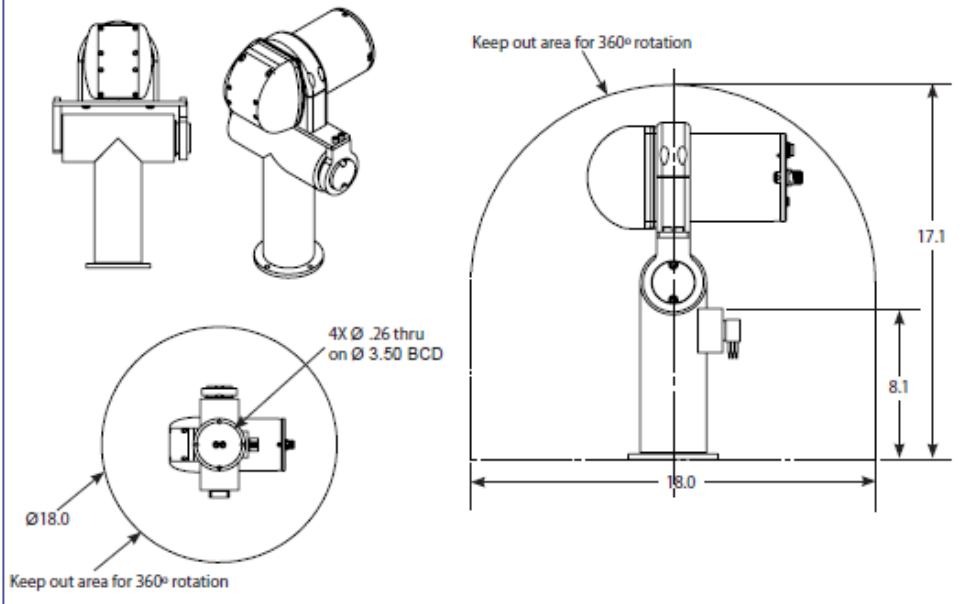


DIAGRAM OF BV5000-2250

Dimensions are in inches



Vedlegg A4: Scopos datablad
Hentet fra: Tilsendt på mail fra Nakkestad.

SCOPOS

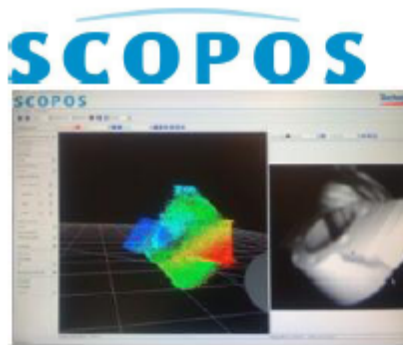
SCOPOS Investigator

SCOPOS Investigator er et spesialbygd kamera og måleinstrument for utforsking av moduler og installasjoner på havbunnen. I tillegg til et høykvalitets videokamera, har Investigator et 3D kamera. Dette skanner landskapet og gir ønskede x, y, z koordinater i sann tid. På dette grunnlaget kan man måle avstander, dimensjoner og vinkler på havbunnsstrukturer fortløpende.



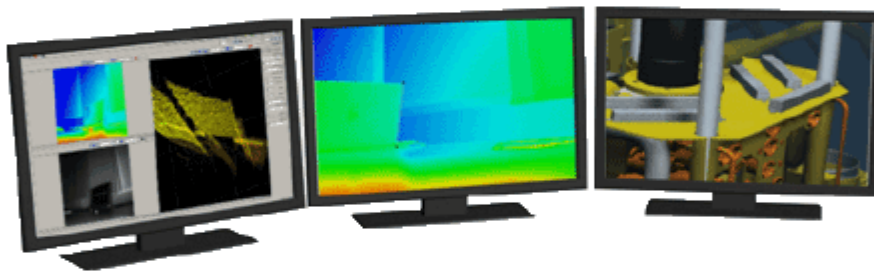
Kamera

Det brukes lyspulser for å kartlegge det 3-dimensjonale landskapet foran kameraet. Innenfor et arbeidsområde på 40 til 700 cm blir objekter og installasjoner avlest i sann tid og presenteres som dybdekart og navigerbar 3D punktsky. Ved hjelp av 3D visningen er det mulig å flytte seg rundt for å velge presise posisjoner for å foreta dybde- vinkel og dimensjonsmålinger. Bølgelengden på belysning til 3D kamera er optimalisert for forholdene på under vann, og glasset er kompensert for lysbrytning mellom luft og vann. Programvaren sørger for filtrering av rådata for å redusere effekten av partikler og støy i vannet



SCOPOS Investigator er bygd med tanke på å overvåke eller undersøke vanskelig tilgjengelig enheter. Derfor er den bygget så smidig og liten som mulig for lett å komme i posisjon selv gjennom svært trange passasjer. Den er utstyrt med en egen arm og har med dette et utvidet arbeidsområde utover armlengden til ROV.

All data fra Investigator blir sendt til SCOPOS Bluebox og presentert for visning og videre bearbeiding. Materialet fra kamera kan også lagres og brukes i ettertid til nye målinger og som dokumentasjon for rapporter. Bluebox kan presentere materialet på tre flatskjermer eller via en serie med projektorer mot et buet panoramalerret.



SCOPOS Bluebox er basisplattformen som brukes til alle SCOPOS produkter. Den muliggjør blant annet rask og effektiv installasjon av store sømløse HD panoramaskjermer. Produktet bygger på standard maskinvare, og støtter de fleste typer projektorer. Programvaren muliggjør effektiv og nøyaktig kalibrering av projektorer mot lerret for å sørge for et jevnt og sømløst bilde, hvor det kompenseres for geometri, overflate- og intensitetsforskjeller i lerretet samt ujevn belysning fra omgivelsene. Resultatet er en høykvalitets, høydefinisjons panorama skjermflate med mulighet for flere DVI/HDMI innganger som kombineres og vises som en hel og sømløs skjerm.

Programvaren som brukes er skreddersydd for SCOPOS Investigator. Den gir de verktøy og funksjoner som trengs for å kartlegge landskapet og gjøre målinger med presisjon ned til under 1 cm. Programvaren er skalerbar og kan bygges ut med spesialfunksjoner etter behov. Man kan for eksempel se for seg en funksjon hvor vinkel og avstand mellom rør leses ut. En annen tilleggsfunksjon kunne være å generere en korrekt 3d-modell av ønsket objekt ved at kamera filmer denne fra alle vinkler.

SCOPOS

Tilkobling ROV



Investigatoren er designet for å kobles til ROV via Subcon med 1 ethernet + 2 ganger 24 volt.

Som beslutningsstøtte vil SCOPOS Investigator være et uvurderlig verktøy.

Kontaktinfo:

SCOPOS as
Kjell Rune Nakkestad
Daglig leder
+4790096609
mail: km@scopos.no
web: www.Scopos.no

Vedlegg A5: ULS-100 datablad

Hentet fra: Tilsendt på epost fra Jason Gillham.

Underwater Laser Scanner



Precision
Underwater
Measurements



ULS-100
"Details Matter"

Benefits of the ULS-100

- **Fine detail measurement**
– capabilities well beyond sonar or video
- **Fast scan time**
- **Easily deployed by divers, ROVs or AUVs.**

Detailed and Accurate Underwater Inspection



Initially designed for inspection of potable water infra-structure the ULS-100 can provide previously unattainable detail of underwater assets

When inspecting underwater assets, it is critical to collect precise information. When details matter, the ULS-100 Underwater Laser Scanner outperforms sonar and video inspection technologies.

Designed to be used independently or in conjunction with an AUV or ROV, the ULS-100 Underwater Laser Scanner is capable of detecting very fine dimensional variances of underwater surfaces including cracks and pits, providing dimensional information about underwater environments not previously available through sonar and video inspections.

Quantify Damage



Verify Installation



Defer Maintenance

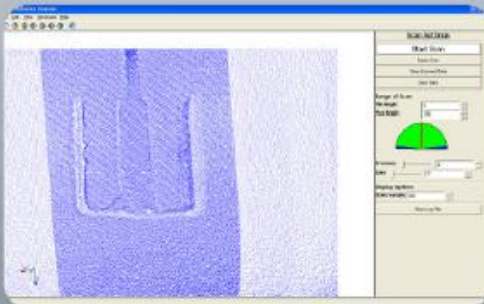


How the ULS-100 Operates

The ULS-100 works by emitting a laser line onto the target surface, and reflected light is detected by the sensor. Circuitry built into the ULS-100 then processes the return signal to measure the distance at hundreds of points along the line, creating a two-dimensional profile. An internal motor rotates the laser and sensor in unison to obtain adjacent profile lines. Specialized compression algorithms transmit these measurements to a PC on the surface where adjacent profile lines are combined to create a complete understanding of the scanned surface or object.



Powerful CAD Software for Underwater Surface Measurement and Modelling



Using the 2G Robotics Scan Viewer, engineering teams can accurately and immediately measure and collect data, or generate a complete model of an object or a large surface, by merging multiple scans into a single large representation of the underwater environment.

The 2G Robotics Scan Viewer has the capability to export data for further work in other CAD packages, or to export raw point cloud data for further detailed analysis.

The 2G Robotics Scan Viewer software is a CAD package specifically designed for interfacing with 2G Robotics Underwater Laser Scanners. Using this specialized CAD package, an operator can collect measurement data.

Obtain Measurements



Prevent Failures



Ensure Safety



CAD Software

Rotate, Zoom
Merge Multiple Scans
Measure Distances Between Points
Export to Other CAD Packages As .stl
Export as Data Points as .csv

Scan Specifications

Adjustable Step Size (0.0563° minimum step)
Adjustable Sensor Gain
Adjustable Scan Sector (170° Max Range)*
Range (0.1m Min, 1m Ideal, 3m Max)

Mechanical

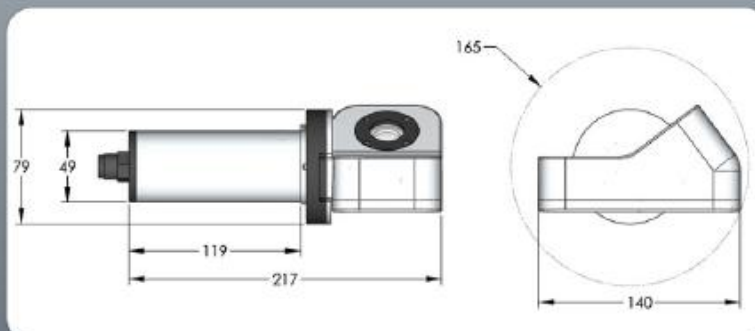
Depth Rating 350m

Electrical

Power 12VDC to 24VDC 1A max
Telemetry RS-232 or RS-485



2-614 Colby Dr.
Waterloo ON,
Canada
N2V 1A2
(519) 886-8859
www.2grobotics.com



*Continuously Rotating Version Under Development

Vedlegg A6: Lumeneye datablad

Hentet fra: <http://www.savante.co.uk/wp-content/uploads/2011/02/Lumeneye.pdf>

SAVANTE

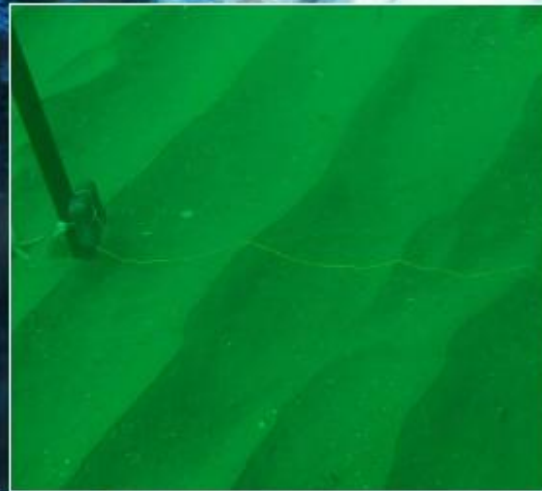
LASER INSPECTION & MEASUREMENT

LUMENEYE

The all new Savante Lumeneye laser is the latest in subsea laser metrology tools designed specifically for use in the inspection and measurement of subsea assets.

Available for diver (eyesafe) or ROV operation, Lumeneye can be integrated into any inspection program providing high resolution metrology, something that was not previously possible using acoustic technologies.

The speed and precision of pipeline or trenching surveys can be dramatically enhanced with the laser profiler which has been optimised for operations in turbid water.



Laser profile on seabed

Benefits

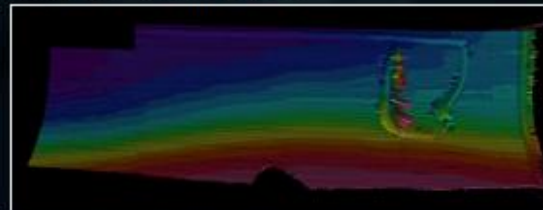
- Subsea metrology to <math><0.1\text{ mm}</math> resolution and accuracy
- Higher resolution than sonar
- Faster than sonar profilers
- Fine laser line reveals subtle surface defects
- 4000m depth rated as standard
- 3D rendering capability
- Immune to acoustic noise.



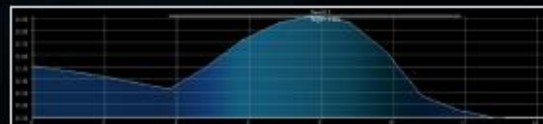
Subsea Pipeline surface damage (above) and 3D rendered laser model (below)

Applications

- Pipeline ovality – out of straightness measurements
- Pipeline damage metrology
- Ranging to structures
- Spool piece modelling



Measurements and profiles can be extracted from rendered laser model. Pipeline scar shown is 0.7mm deep and 8mm wide.



FIND US

Savante Offshore Services Ltd.
Riverside House
Riverside Drive
Aberdeen
AB11 7LH

CONTACT US

MOB: +44 7776 188 119 (24hr contact)
TEL: +44 1224 224 336
EMAIL: sales@savante.co.uk
WWW.SAVANTE.CO.UK

Registered with First Point Assessment 10050744

Savante Offshore Services Ltd. reserves the right to change the above specifications without notice.

SAVANTE

LASER INSPECTION & MEASUREMENT

Specifications

Environmental

Water depth: 4000m
Temperature: (operating) 1° - 35° C
Shock: 3 axis (operating) 30g peak,
6ms half-sine pulse

Optical

Window: Sapphire
Fan Angle: 40 degrees
Laser wavelength: 635nm (red) or 532nm (green)
Power: 20mW - Class IIIA (Max 35mW)

Mechanical

Maximum diameter: 31mm (1.2")
Length: 133mm (5.2") excluding connector
Weight in air: 240g excluding connector
Weight in water: 130g
Standard housing: Titanium
Standard connector: Wetcon BH-3-MP

Electronic

Voltage: 24V DC
Current: 0.3 A
Time to emission: under 10 seconds

Vedlegg B: Beregninger og forsøksresultater fra kapittel 3

Vedlegg B1: Trittech Typhoon VMS

Hentet fra: <http://www.tritech.co.uk/products/datasheets/typhoon-vms.pdf>

I forbindelse med eget design har gruppen kommet over en leverandør med utstyr som bygger på de samme prinsippene som ble benyttet under de praktiske forsøkene. VMS 3000 fra utstysleverandøren Trittech, er et måleutstyr som benytter seg av et høyoppløselig kamera med fem laserdioder plassert rundt linsen. Dette måleutstyret gir både avstand- og dimensjonsmål med millimeternøyaktighet på avstander opptil 3 m. For avstander over 3 m vil nøyaktigheten på både avstands- og dimensjonsmål avta. Den medfølgende programvaren tillater målinger av objekt som befinner seg i kameraets synsfelt. Det er likevel praktiske grenser som påvirker bruken av dette måleutstyret. For å virke korrekt må alle lasertreffpunktene treffe gjenstanden, dette betyr at gjenstanden som ønskes målt må ha en overflate som er stor nok til å dekke en sektor med diameter på 130 mm. Det settes også krav til at gjenstanden som ønskes målt må ha en plan overflate, noe som vil si at kurveformede gjenstander som for eksempel en sylinder, ikke kan måles med den oppgitte nøyaktigheten. Utstyret har en prislapp på ca 80000 kr i følge selskapets selger²³.

²³ Nisha Roychoudhury, salgsrepresentant Trittech. E-post 07.04.11.



innovative underwater technology

www.tritech.co.uk

Typhoon VMS

Video Measuring System

Features

- High quality camera and laser combination
- Millimetric accuracies
- 470 line resolution, 0.1 lux sensitivity
- Water corrected view port
- Distance and scaling measurements
- User friendly PC software
- 3000m depth rating
- PAL or NTSC options

Applications

- Damage surveys
- Environmental research
- Oceanographic studies



Tritech has developed a laser camera system designed to provide images for capture and subsequent post processing measurements.

The camera has a set of five red laser beams arranged to allow captured images to be calibrated using Tritech's own Video Measuring System (VMS) software.

The Typhoon VMS measures planar targets in the camera's field of view. At its heart is Tritech's Typhoon high resolution colour zoom camera. The red laser diodes surrounding the camera are clearly visible on the operator's monitor. The system software is calibrated by selecting each laser image on the display after which the software allows measurement with high accuracy, within a few minutes of any object in the field of view.

The Typhoon VMS encompasses a 22:1 auto focus zoom lens protected by a 3000m rated hard anodised aluminium housing. Manual focus and zoom may be controlled using analogue signals or via the integrated RS232 interface. It has an angular view in air 47deg (wide) or 2.2deg (telephoto). It has 752 horizontal by 582 vertical sensing pixels.

'The importance of a high quality view port is commonly overlooked in underwater cameras,' said a spokesman. 'The acrylic view port is water corrected, which is the preferred type of lens for underwater applications.'

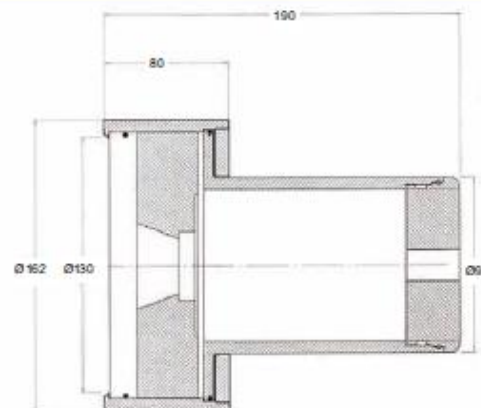
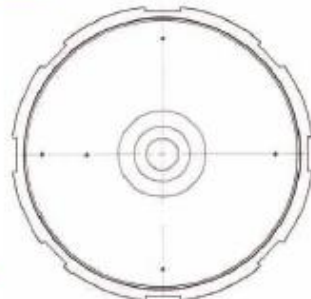
This view port design reduces the effects of refraction and also removes chromatic aberrations, resulting in a camera that provides a clear and sharp picture during close proximity viewing. This is absolutely essential for accurate subsea metrology.

The camera is available in PAL as standard but NTSC can also be provided. The camera has a minimum scene illumination sensitivity requirement of 0.1Lux, and gives a horizontal resolution output of more than 460 TV lines.



innovative underwater technology

www.tritech.co.uk



Specifications

Optics	
Pick-up element Sensor	1/4inch Interline Transfer CCD Image
Number of pixels	795H x 596V
Number of sensing Pixels	752H x 582V
Scanning	2:1 Interlace PAL CCIR 50hz 625 lines
Lens	F1.6 F=4-88mm; High durability x 22 Zoom lens (x14 usable). Auto Focus option.
Angular view in air	47° (Wide); 2.2° (Tele)
Horizontal resolution	More than 470 TV lines
Minimum illumination	0.1Lux (1/2s), 0.2Lux (1/4s)
Laser Array	
Quantity	5
Class	3R
Wavelength	635nm
Electrical	
Connector	Burton 1508
Power	Nominal 12 -28VDC @ 10W
Video line drive	3 stage amplifier (max 1500m 75 Ohm low loss coax)
Focus & zoom control	Analog and RS232 serial controls available
Pressure housing	
Mechanical	
View port	Hard Anodised Aluminium
Max Diameter	Acrylic, water corrected
Length	165mm
Weight (Air)	190mm (excluding connector)
Weight (Water)	3.9Kg
Environmental	1.4Kg
Depth rating	3000m
Operating temperature	-5 to +40°C
Storage temperature	-10 to +50°C
Video frame capture	Customer PC or Laptop and frame capture card
VMS software features	
File functions	File recall and save of processed image
Picture calibration	Manual computer aided marking, auto calibration
Measurement	Linear to better than 1mm resolution Area measurement Plan view mode
Picture annotation	Measurements overlaid and saved to file
Image enhancement	Spot enhancement, edge detection, colour balance, contrast

This camera is not designed for use in a helium/oxygen atmosphere

Vedlegg B2: Laserforsøk 1

Objekt	L	DL	DLB	S	MOB	MO	RMO	A
Mynt zoom	1000	106	65,4	1,6	14,5	23,5	24,0	2 %
Kort zoom	1000	106	65,4	1,6	52,4	84,9	85,4	1 %
Mynt ikke zoom	1000	106	24,2	4,4	5,5	24,1	24,0	0 %
Kort ikke zoom	1000	106	24,2	4,4	19,0	83,2	85,4	3 %
Mynt zoom	1500	119	54,2	2,2	10,4	22,8	24,0	5 %
Kort zoom	1500	119	54,2	2,2	38,4	84,3	85,4	1 %
Mynt ikke zoom	1500	119	16	7,4	3,4	25,3	24,0	-5 %
Kort ikke zoom	1500	119	16	7,4	11,2	83,3	85,4	2 %
Mynt zoom	2000	132	49,7	2,7	8,9	23,6	24,0	2 %
Kort zoom	2000	132	49,7	2,7	31,7	84,2	85,4	1 %
Bok zoom	2000	132	49,7	2,7	109,2	290,0	296,0	2 %
Mynt ikke zoom	2000	132	15,3	8,6	3,0	25,9	24,0	-8 %
Kort ikke zoom	2000	132	15,3	8,6	9,7	83,7	85,4	2 %
Bok ikke zoom	2000	132	15,3	8,6	32,8	283,0	296,0	4 %
Mynt zoom	2500	146	46,4	3,1	7,6	23,9	24,0	0 %
Kort zoom	2500	146	46,4	3,1	27,0	85,0	85,4	1 %
Bok zoom	2500	146	46,4	3,1	93,0	292,6	296,0	1 %
Mynt ikke zoom	2500	146	13,8	10,6	2,4	25,4	24,0	-6 %
Kort ikke zoom	2500	146	13,8	10,6	8,3	87,8	85,4	-3 %
Bok ikke zoom	2500	146	13,8	10,6	27,5	290,9	296,0	2 %
Mynt zoom	4000	160	33,3	4,8	5,1	24,5	24,0	-2 %
Kort zoom	4000	160	33,3	4,8	17,2	82,6	85,4	3 %
Bok zoom	4000	160	33,3	4,8	59,5	285,9	296,0	3 %
Mynt ikke zoom	4000	160	9,7	16,5	1,5	24,7	24,0	-3 %
Kort ikke zoom	4000	160	9,7	16,5	5,5	90,7	85,4	-6 %
Bok ikke zoom	4000	160	9,7	16,5	17,4	287,0	296,0	3 %

Symbolforklaring

L	Lengde
DL	Distanse laser plot
DLB	Distanse laserplot bilde
S	Skaleringsfaktor
MOB	Mål objekt bilde
MO	Mål objekt
RMO	Reelt mål objekt
A	Avvik

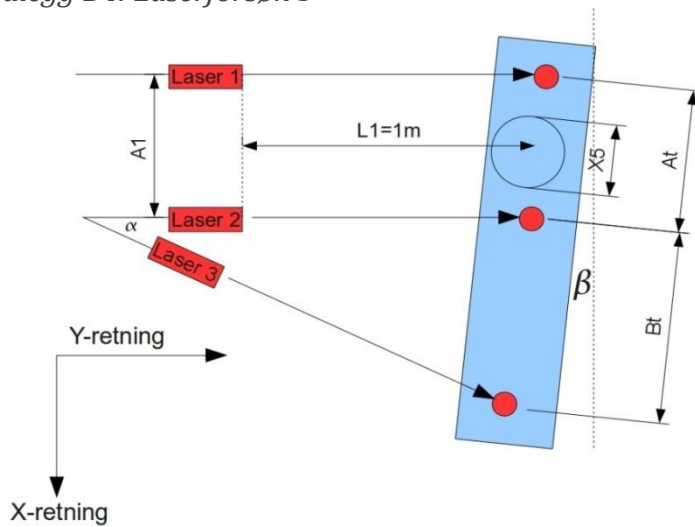
Vedlegg B3: Laserforsøk 2

Objekt	Lengde	A1	At	S		Bt	B	L2	L1	L1	Avlest	K2	Ref	Avvik	
											Avvik				
X1	500	157	57,9	2,71	0,13	38,6	104,7	307,7	496,6	1 %	17,7	47,99	49,1	2 %	
X2	500	157	57,6	2,73	0,13	38,5	104,9	307,7	498,7	0 %	26,5	72,23	70,0	-3 %	
X3	500	157	57,6	2,73	0,13	38,5	104,9	307,7	498,7	0 %	48,2	131,38	131,3	0 %	
X1	1002	157	51,0	3,08	0,13	55,6	171,2	307,7	1007,5	-1 %	16,6	51,10	49,1	-4 %	
X2	1002	157	51,0	3,08	0,13	55,6	171,2	307,7	1007,5	-1 %	23,0	70,80	70,0	-1 %	
X3	1002	157	51,0	3,08	0,13	55,6	171,2	307,7	1007,5	-1 %	42,3	130,22	131,3	1 %	
X1	1998	157	50,0	3,14	0,13	97,0	304,6	307,7	2032,7	-2 %	16,0	50,24	49,1	-2 %	
X2	1998	157	50,0	3,14	0,13	97,0	304,6	307,7	2032,7	-2 %	23,0	72,22	70,0	-3 %	
X3	1998	157	50,0	3,14	0,13	97,0	304,6	307,7	2032,7	-2 %	42,0	131,88	131,3	0 %	

Symbolforklaring

X1	Innvendig diameter testobjekt 1
X2	Utvendig diameter testobjekt 1
X3	Lengde testobjekt 2
A1	Fysisk avstand mellom de parallelle laserne
At	Målt avstand mellom de parallelle laserstrålene på bildet
S	Målestokk
α	Vinkel mellom skråstilt laser og referanselaser
Bt	Avstand mellom Ref Laser til vinkellaser målt skjerm
B	Avstand mellom Ref Laser til vinkellaser fysisk målt
L2	Konstant lengde som fastsettes under konstruksjon av måleutstyret
L1	Kalkulert avstand mellom laserdiode og måleobjektet
Avlest	Avlest dimensjonsmål av objekter på bildet
K2	Kalkulert dimensjonsmål av testobjektene
Ref	Referansemål objekter benyttet i forsøket
Avvik	Avvik kalkulasjon på dimensjonsmål

Vedlegg B4: Laserforsøk 3



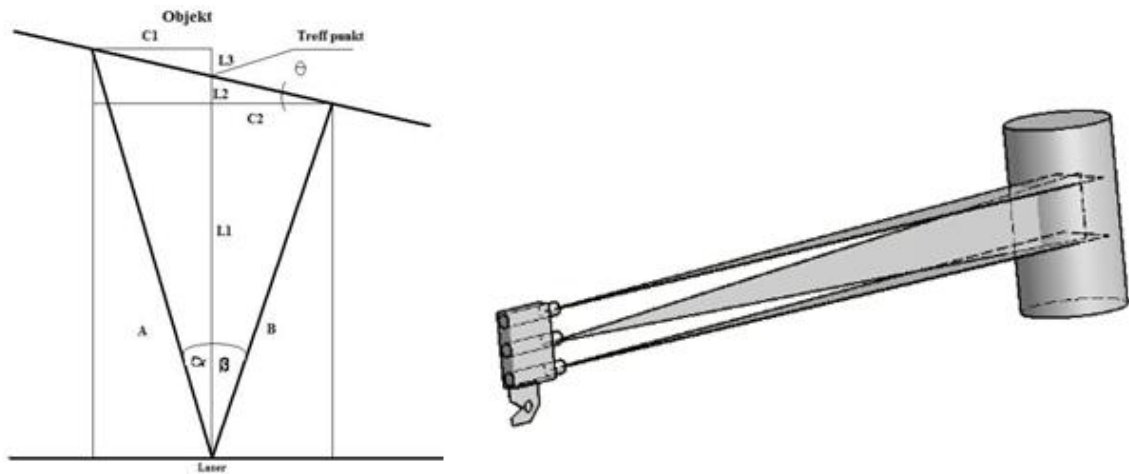
Beskrivelse	Lengde	A1	At	S	α	Bt	L1	L1 Avvik	X5R	Avik y	Avik x
Måleobjekt normalt på	1000	150	74	2,03	0,15	101	1006	-1 %	69,9	-2 %	-2 %
Måleobjekt skråstilt	1000	150	69	2,17	0,15	96	1042	-4 %	69,9	0 %	4 %
Måleobjekt skråstilt	1000	150	64	2,33	0,15	91	1055	-6 %	69,9	4 %	7 %

Symbolforklaring

X5	Utvendig diameter
A1	Distanse mellom parallelle laserer
At	Distanse mellom parallelle lasere på foto
S	Skaleringsfaktor
α	Vinkel (radianer)
Bt	Avstand mellom referanse laser til vinkel laser målt på foto
L1	Kalkulert lengde mellom transmitter og objekt
X5R	Reelt mål objekt

Vedlegg B5: Trigonometrisk metode for å eliminere avvik ved skråstilt objekt

Utregning av lengden L som vist i Figur 37: Utregning av L ved skeivstilt objekt.



Figur 37: Utregning av L ved skeivstilt objekt

1. Vi finner verdien A.

$$\sin \alpha = \frac{C1}{A} \Rightarrow A = \frac{C1}{\tan \alpha}$$

2. Vi finner verdien (L1+L2+L3).

$$\tan \alpha = \frac{C1}{L1 + L2 + L3} \Rightarrow L1 + L2 + L3 = \frac{C1}{\tan \alpha}$$

3. Vi finner verdien B.

$$\sin \beta = \frac{C2}{B} \Rightarrow B = \frac{C2}{\tan \beta}$$

4. Vi finner verdien L1.

$$\tan \beta = \frac{C2}{L1} \Rightarrow L1 = \frac{C2}{\tan \beta}$$

5. Vi finner vinkelen θ .

$$\tan \theta = \frac{(L1 + L2 + L3) - L1}{C1 + C2} \Rightarrow \theta = \arctan \frac{(L1 + L2 + L3) - L1}{C1 + C2}$$

6. Vi finner verdien L2.

$$\tan \theta = \frac{L2}{C2} \Rightarrow L2 = C2 \times \tan \theta$$

7. Vi kan så finne verdien L.

$$L = L1 + L2$$

Vedlegg B6: Bosch PLR50

Hentet fra: <http://www.bosch-do-it.no/boptocs2-no/Hobbysnekker/Verkt%C3%B8y/NO/no/hw/Avstandsm%C3%A5lere/95299/PLR+50/24116/index.htm>

PLR 25 og PLR 50 – laseravstandsmålerne fra Bosch

- Det nøyaktige **målepunktet** angis med laserpunktet på avstander opptil 25 m (PLR 25) eller 50 m (PLR 50).
- Alle måleresultatene kan enkelt leses av i det **store displayet**.
- Måling fra **forsiden eller baksiden** gjør at PLR 25 og PLR 50 også kan brukes på vanskelig tilgjengelige steder.
- **Softgrip** sørger for et sklisikkert grep og at apparatet ligger godt i hånden.
- Den integrerte **siktehjelpen** hjelper til med å sikte på målepunktet ved større avstander.
- Praktiske **funksjonsknapper** med selvforklarende symboler gjør betjeningen enklere, for eksempel ved beregning av arealer eller volum.
- **Svært kompakt** – PLR 25 og PLR 50 passer i enhver lomme.



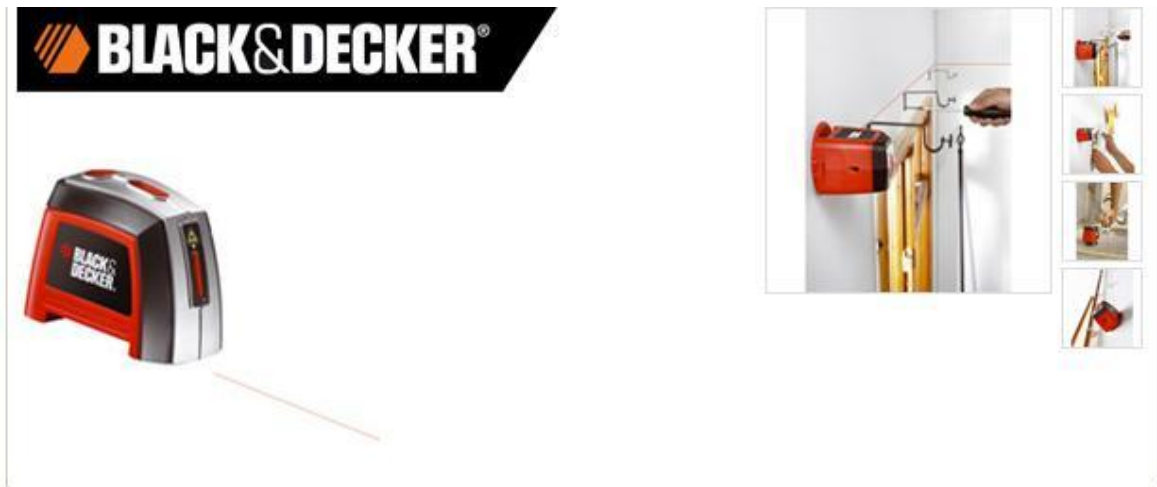
Nyhet!

PLR 25

Mål (H x B x D)	100 x 55 x 25 mm
Arbeidsområde	0,05 – 25 m
Målenøyaktighet	±2 mm
Lasertype	635 nm, klasse 2
Referansepunkt for målingen	baksiden, forsiden
Areal- og volumberegning	ja
Addisjon, subtraksjon	ja
Kontinuerlig måling	ja
Pythagoras-funksjon	nei
Minnefunksjon	ja
Batterier	inkl.
Oppbevaringsveske i høy kvalitet	inkl.

Vedlegg B7: BDL 120

Hentet fra: <http://www.blackanddecker.no/powertools/productdetails/catno/BDL120/>



Details

- Manual levelling laser projects a laser line along the wall
- Large bubble vials with back lights allow for levelling in both Horizontal and Vertical modes
- The unit will rotate 360 degrees on the wall - allows for line generation in any direction

Specifications

Class	2
Levels automatically	Manual
Accuracy	+/-1mm @ 1M °
Total visible line span (varies with lighting & surface conditions)	3 Metres
Voltage	3 V
Metal pipe & live wire indicator	No

Uses

- Installing Shelves
- Hanging curtain rods and blinds
- Hanging Pictures
- Hanging a series of pictures up / down a stairwell at an angle
- Hanging ornamental objects at the same level

Vedlegg B8: Dusky Shark

Hentet fra: <http://www.imenco.no/doc//SharkRange.datasheet/Dusky%20Laser.pdf>



Green Line Laser

Small size, low weight and very price competitive. A competitive green line laser for Subsea measurements, when size and weight combined with price are important.



The Dusky laser is a green line laser used when measurements are needed from video images. The green light ensure good visibility due to reduced absorption of green light in water.

Wavelength: 532nm	Diameter: 35 mm
Output: 30mW	Length ex. con: 195 mm
Lens: 60° (30°, 45°, 90° on request)	Weight: 0.4 / 0.3 kg
Housing: High Grade Aluminium	Depth rating: 3,000 msw
	Power: 12 - 32VDC / 2 W
	Std. Connector: MCBH4M

Vedlegg C: Diverse utstyr og beregninger fra kapittel 4

Vedlegg C1: Whitetip shark datablad

Hentet fra: Tilsendt på e-post fra Kim Bylund Breda, Sales Engineer ved Imenco.



Tool Camera + LED

The An ideal inspection colour camera for any ROV work that require close-up LED illumination and inspection with high quality video images.

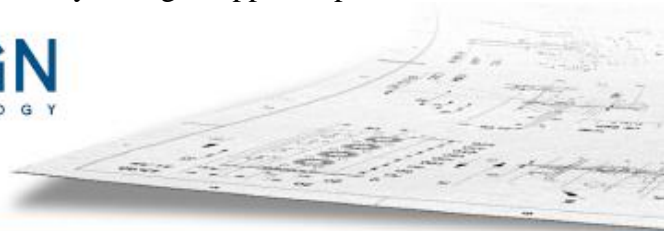


The Whitetip is a colour camera with dimmable LED's and often used as a tool camera for close-up inspections where illumination is needed. Producing excellent quality video images with 10 x optical zoom.

Sensor: 1/4" Exview HAD CCD	Diameter: 58 mm
Resolution: 470 TVL	Length ex. con: 143 mm
Lens: 4.2 - 24 mm / F1.8 - 2.9	Weight: 1.3 / 1.0 kg
Sensitivity: 1.5 Lux	Depth rating: 3,000 msw
Focal length: 10x Zoom (optical)	Power: 24V / 6W
Focus: Auto / manual	Std. Connector: Mini Burton 5506-1508
Housing: Duplex Stainless Steel	Lights: LED dimmable
RS 232 Control	

Vedlegg C2: ROV-Supporter

Hentet fra: http://www.kystdesign.no/f/507_kystdesign-supporter.pdf



SUPPORTER work class ROV



LOW WEIGHT AND POWERFULL

- 2500x1700x1650mm (LxBxH) excl. Skid
- 2450 kg w/ 2000m Buoyancy, excl. Manips, Skid and ballast
- 125 Shaft Hp, Dual Pump System
- >3knots, >530kg bollard pull

EASY INTERFACE FOR TOOLING AND WORK MODULES

- 4 attachment point for underslung work modules
- 20x Proportional directional valves with proportional pressure control on supply line
- 4x 75 l/min proportional pressure and flow controlled valves
- 20x Survey Connectors

HIGH PAYLOAD AND "THROUGH FRAME LIFT" CAPABILITY

- SWL 8 Te Aluminium Frame w/ movable lift point
- 3 Te Through Frame Lift capacity
- 220 kg payload w/ manips, skid and tooling basket fitted

ERGONOMIC AND FUNCTIONAL PILOT INTERFACE

- Touch Screen, Joysticks and Computer Control built into the chair armrests
- Single or dual control station running real-time system

Vedlegg C3: Tilbud på en laser avstandsmåler fra Savante
Hentet fra: tilsendt på e-post fra Grant Thomson Savante Offshore



Savante Offshore Services Ltd,
www.savante.co.uk

Quotation:

Date:	Friday, 22nd April 2011				
Quotation No:	R-1104221				
From:	Savante Offshore Services Ltd, Riverside House, Riverside Drive, Aberdeen, AB117LH		To:	Trond Hagland, DeepOcean AS, Stoltenberggt 1, Postbox 2144, Postterminalen, N- 5504 Haugesund, Norway	
Further to your recent enquiry, we have pleasure in submitting our quotation as follows:					
Sales Contact	Project/Vessel	Shipping Method	Transit terms	Payment terms	On-hire date
Grant Thomson	TBA	TBA	TBA	With PO.	NA
Description:					Unit cost:
Laser subsea rangefinder system. Maximum range dependent upon water clarity. Whip not included.					9800 GBP
Rangefinder Topside SCU interface unit					1200 GBP
Apologies for the delay, if I can be of any further assistance, please don't hesitate to ask.					
Kind regards,					
Grant Thomson					

This offer is quoted in UK pounds sterling (GBP) ex works Aberdeen, Savante standard terms and conditions and is exclusive of delivery charges, any taxes, customs duties, import and export taxes and any fiscal imposts or fees levied by any organisation or authority outwith the UK.

Vedlegg C4: Hotstab fra IFOKUS/Oceaneering

Hentet fra: http://www.oceaneering.no/media/688705/3-stab_web.pdf



ALL ELECTRIC!

www.ifokus.no

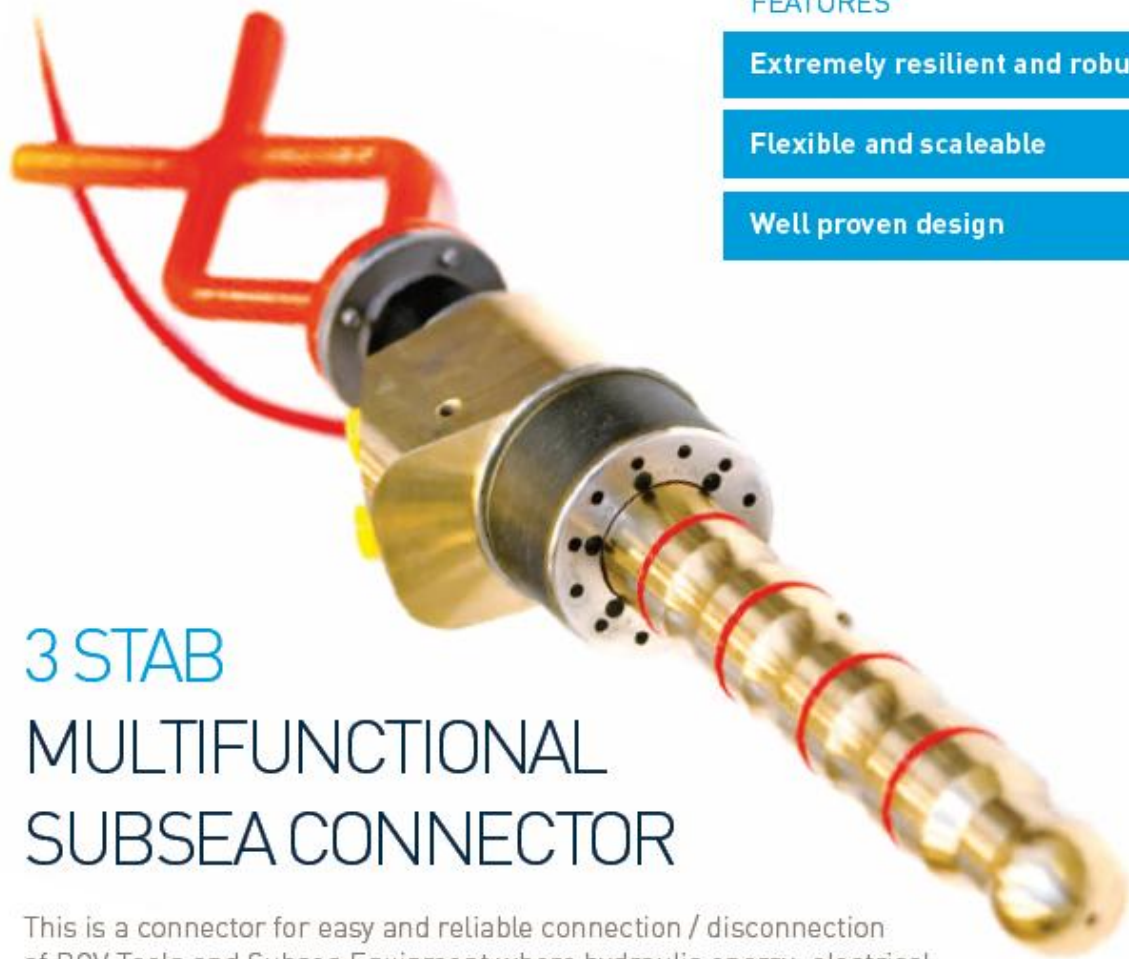
PRODUCT SHEET: 200100-PSH-A00001

FEATURES

Extremely resilient and robust

Flexible and scaleable

Well proven design



3 STAB MULTIFUNCTIONAL SUBSEA CONNECTOR

This is a connector for easy and reliable connection / disconnection of ROV Tools and Subsea Equipment where hydraulic energy, electrical power and communication are required or desired.



ALL ELECTRIC!

www.ifokus.no

PRODUCT SHEET: 200100-PSH-A00001

Based on the qualified and well proven API17D/ISO13628 Hydraulic Hot Stab design, Ifokus Engineering has developed a multifunctional Subsea Connector 3 Stab for easy and reliable connection of ROV Tools and Subsea Equipment where hydraulic energy, electrical power and communication are required.

The system is designed without any electrical contact surfaces and utilizes a patented inductive technology for transferring both electrical power and communication with an efficiency significantly better than obtainable by conventional inductive technology. Hence the system and design is perfect for ROV operations due to extreme resilience and guidance offered by the Hot Stab design.

The 3 Stab is expected to revolutionize both design and planning of ROV tools, equipment and operations due to the flexibility offered and the possibility of subsea change-out of complex hydraulic/ electrical tools. This is especially beneficial as the oil industry goes deeper and the complexity of ROV tools are increasing. No need to pull the ROV to deck to do a tooling change-out.

Applications

The 3 Stab can be used for connecting all types of hydraulic and electrical tooling which requires hydraulic and/ or electrical power and communication, typically:

- » ROV Torque Tools
- » Connection Tools
- » Sensors
- » Skids
- » Remote Operated Controller Units
- » Analog video
- » Ethernet 10Mbit



Technical specifications

Triple Hydraulic Port Design

Max Hydraulic Pressure:	300 bar
Hydraulic Connection:	1/2" BSP
Input Voltage:	110VAC 50-60Hz
Output Voltage:	24VDC
Max Electrical Power:	7 Amp @ 24VDC
Communication:	120kbs full duplex (RS232 or RS485 half duplex)
Dept Rating:	3000 m

Features

Design based on well proven and qualified Hot Stab design
ROV friendly and easy to connect/ disconnect
Extremely resilient and robust
Both Electrical power, Hydraulic and communication connected in one operation
All Ifokus Engineering Hot Stab features available [integrated check valves, special developed seal system, available up to four hydraulic ports etc.]
Available for both permanent or temporary applications

Vedlegg C5: Manipulatorarm av typen T4 fra Schilling Robotics.
Hentet fra: Tilsendt på e-post fra Jostein Førland.

- Specifications

Vegetable-based Fluids

Hydro-Safe ISO VG 32

3 Slave Arm

3.1 Functions

Table 2 Slave Arm Functions

Function	Actuator	Mechanical Range	Position Sensor
Azimuth	Rotary	240°	Resolver
Shoulder pitch	Linear	120°	Resolver
Elbow pitch	Rotary	270°	Resolver
Wrist pitch	Rotary	180°	Resolver
Wrist yaw	Rotary	180°	Resolver
Wrist rotate	Gerotor	360° continuous, 8-35 rpm	Resolver
Jaw	Linear	9.7cm (3.8-in.)	LVDT

3.2 Characteristics & Performance Specifications

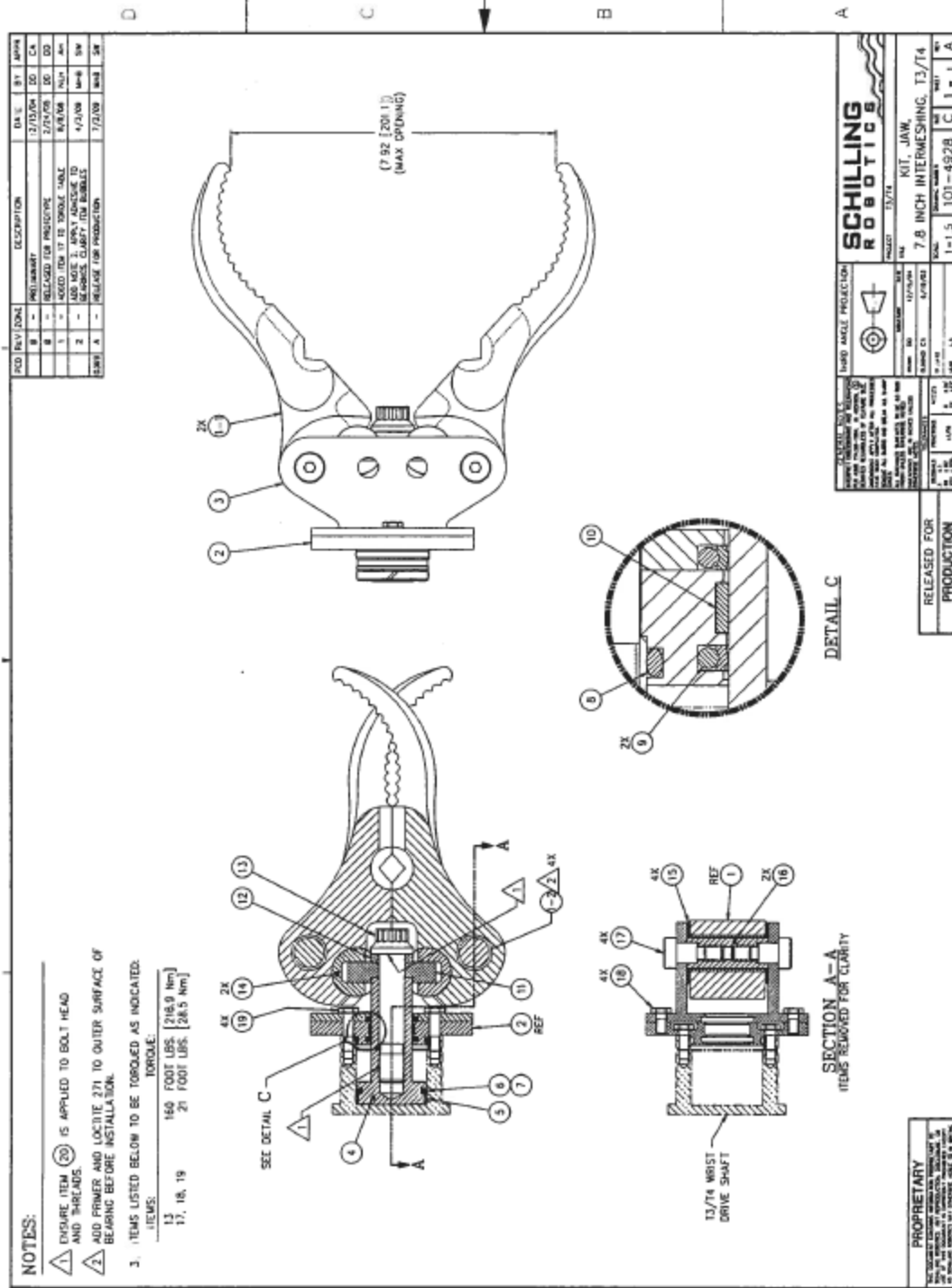
Depth rating: 4,000 msw (13,124 fsw)
Maximum reach 1,916 mm (75.4-in.)**
(from azimuth pivot to standard gripper T-bar slot)
Weight in air 97 kg (213 lbs)
Weight in seawater 76 kg (168 lbs)
Lift at full extension, nominal 122 kg (270 lbs)*
Maximum lift, nominal 454 kg (1,000 lbs)*
Maximum gripper opening (standard gripper), nominal 97 mm (3.8-in.)*
Grip force, nominal 4,448 N (1,000 lbf)*
Wrist torque, nominal 170 Nm (125 ft-lbs)*
Wrist rotation speed 360°, 6-35 rpm*

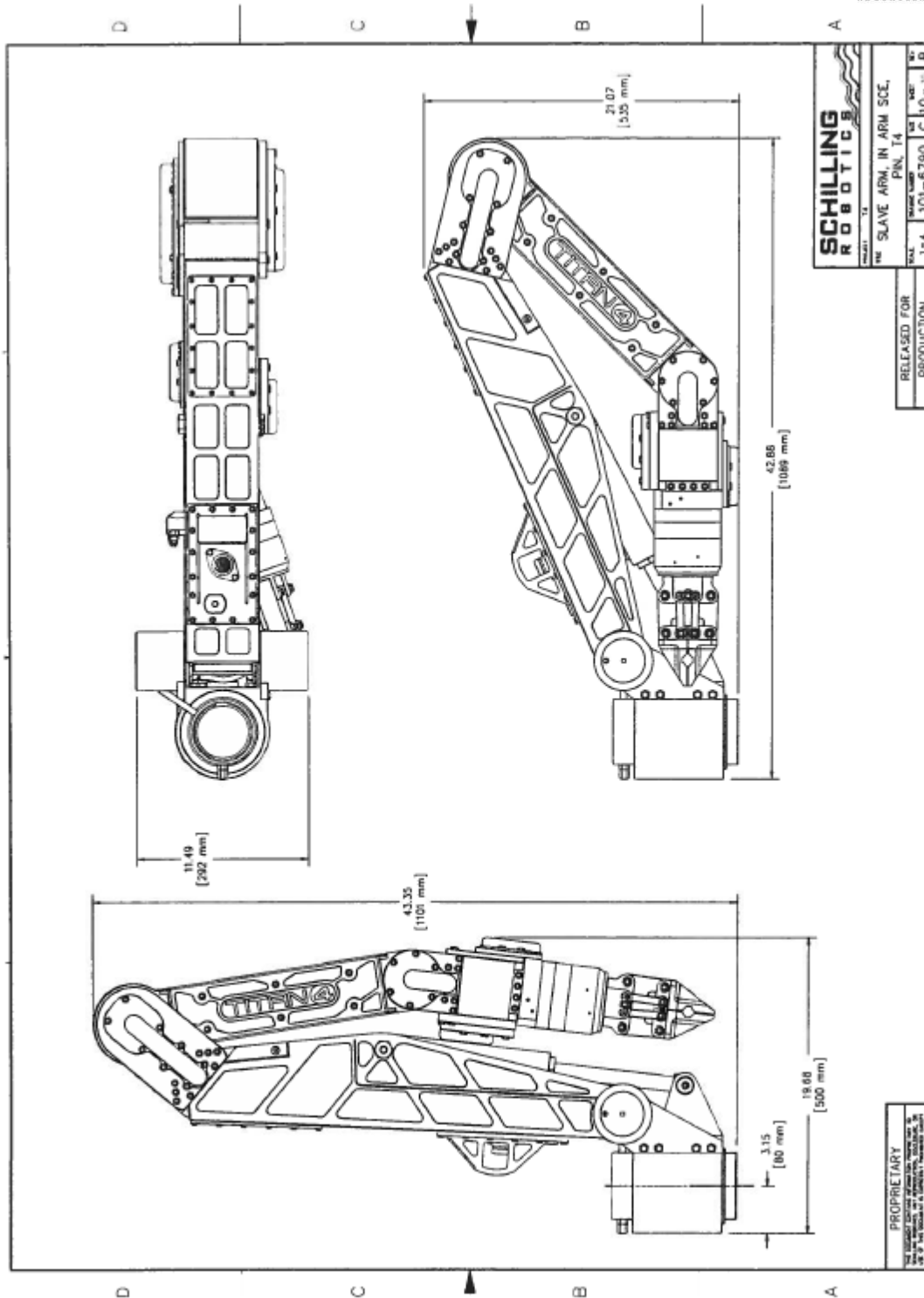
* Using Shell Tellus 32 hydraulic fluid at 3000 psi, 5 gpm

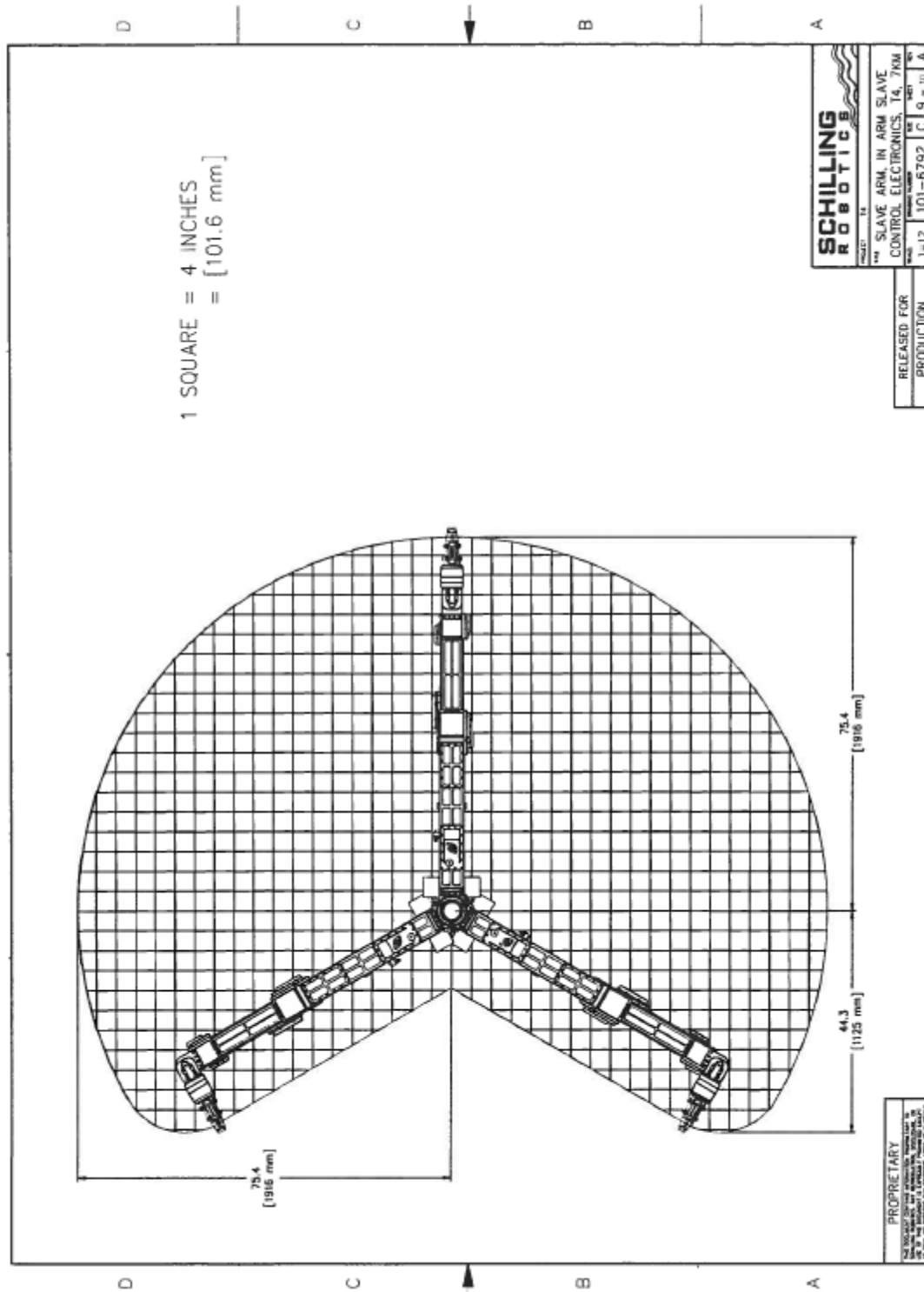
** Reach varies slightly with type of jaw

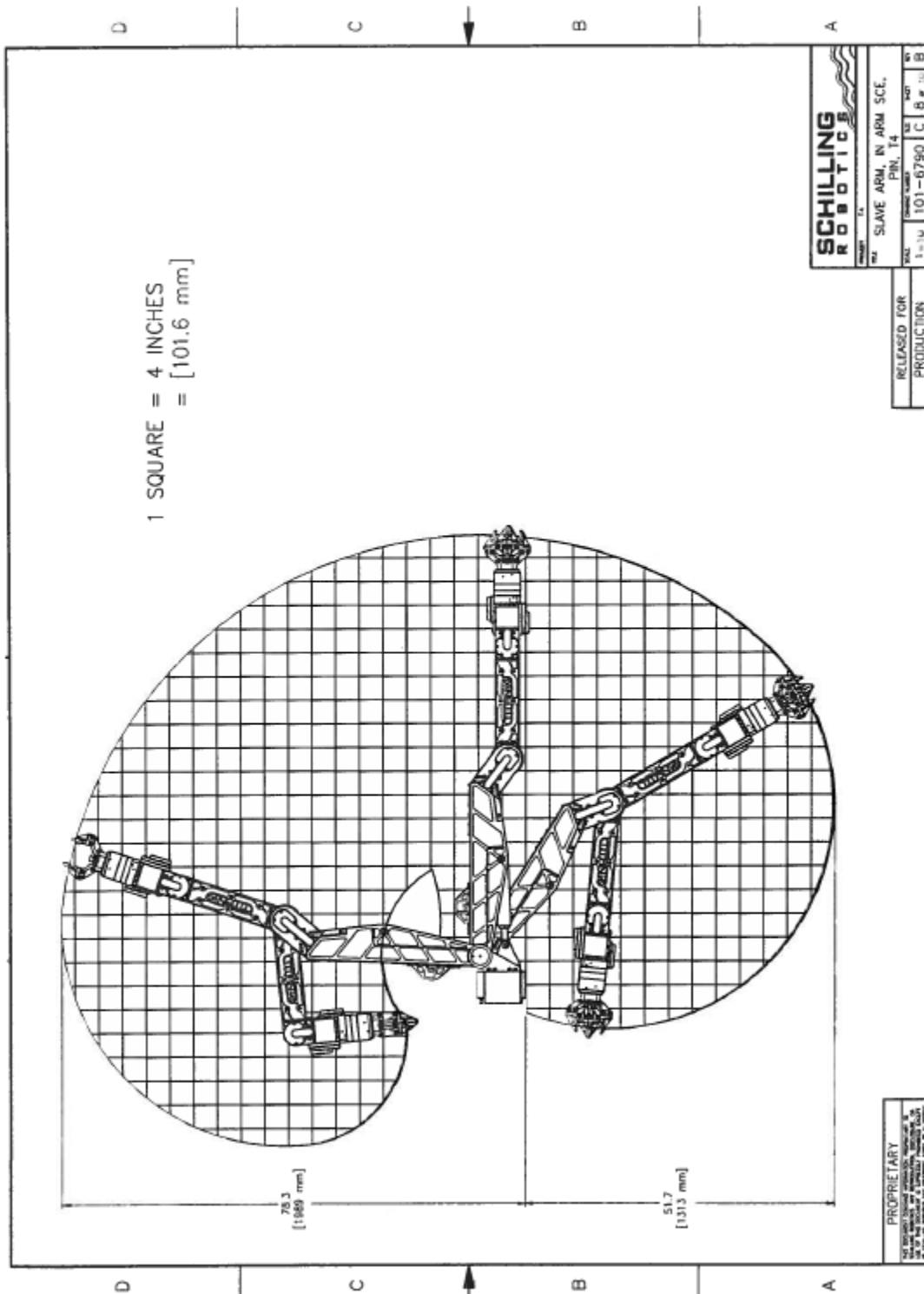
3.3 Range of Motion

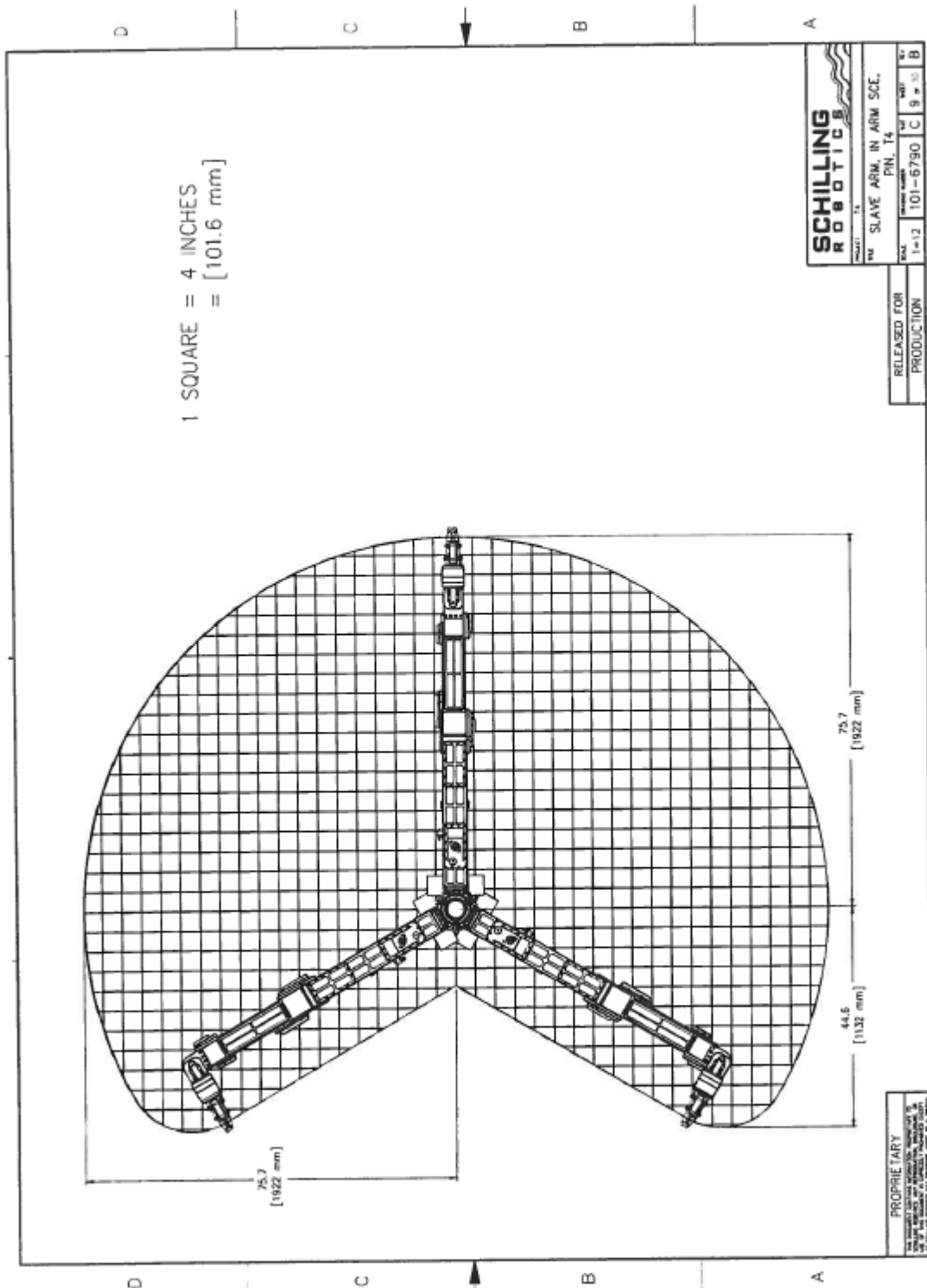
Refer to [Figure 1](#) and [Figure 2](#).

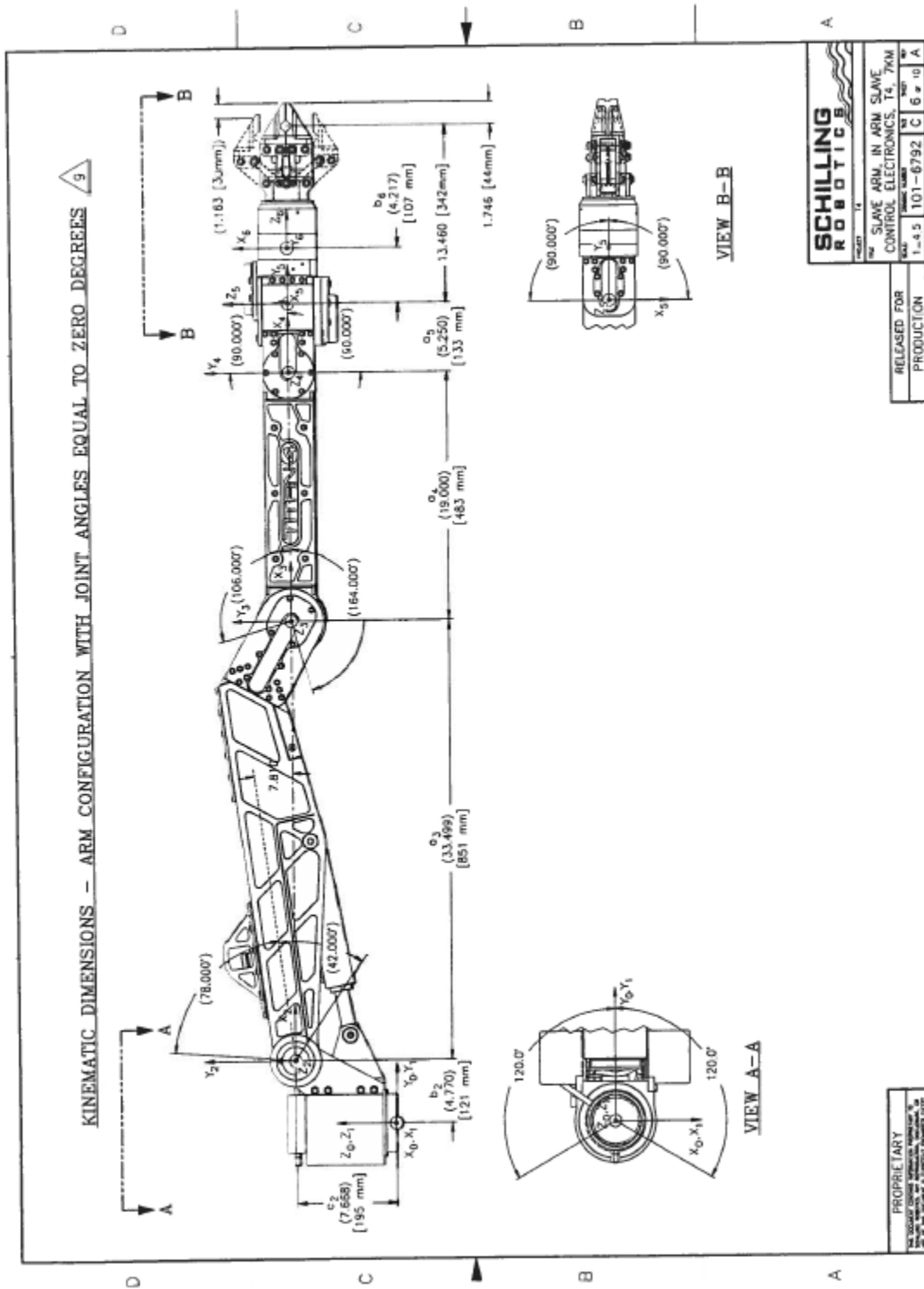


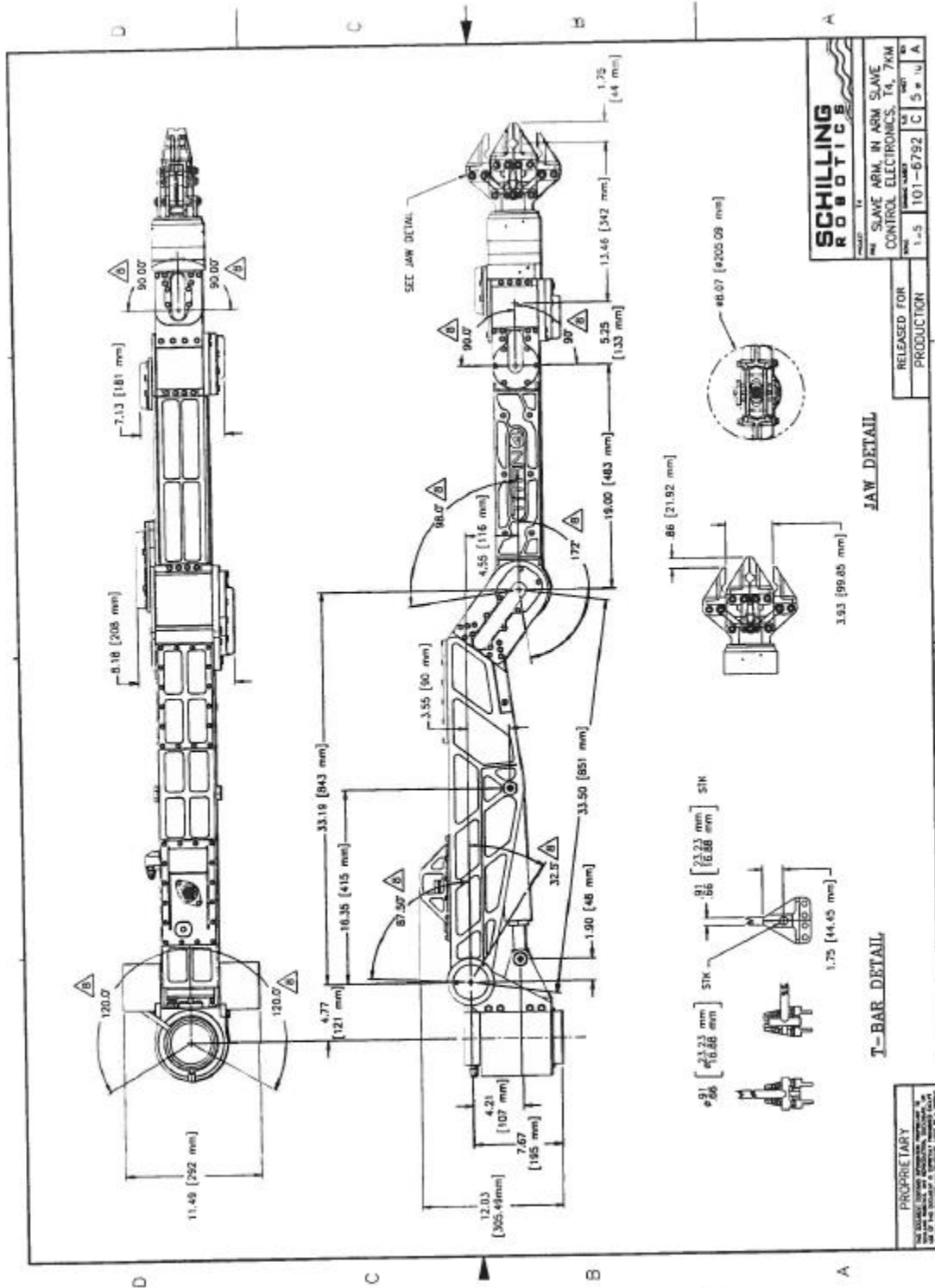


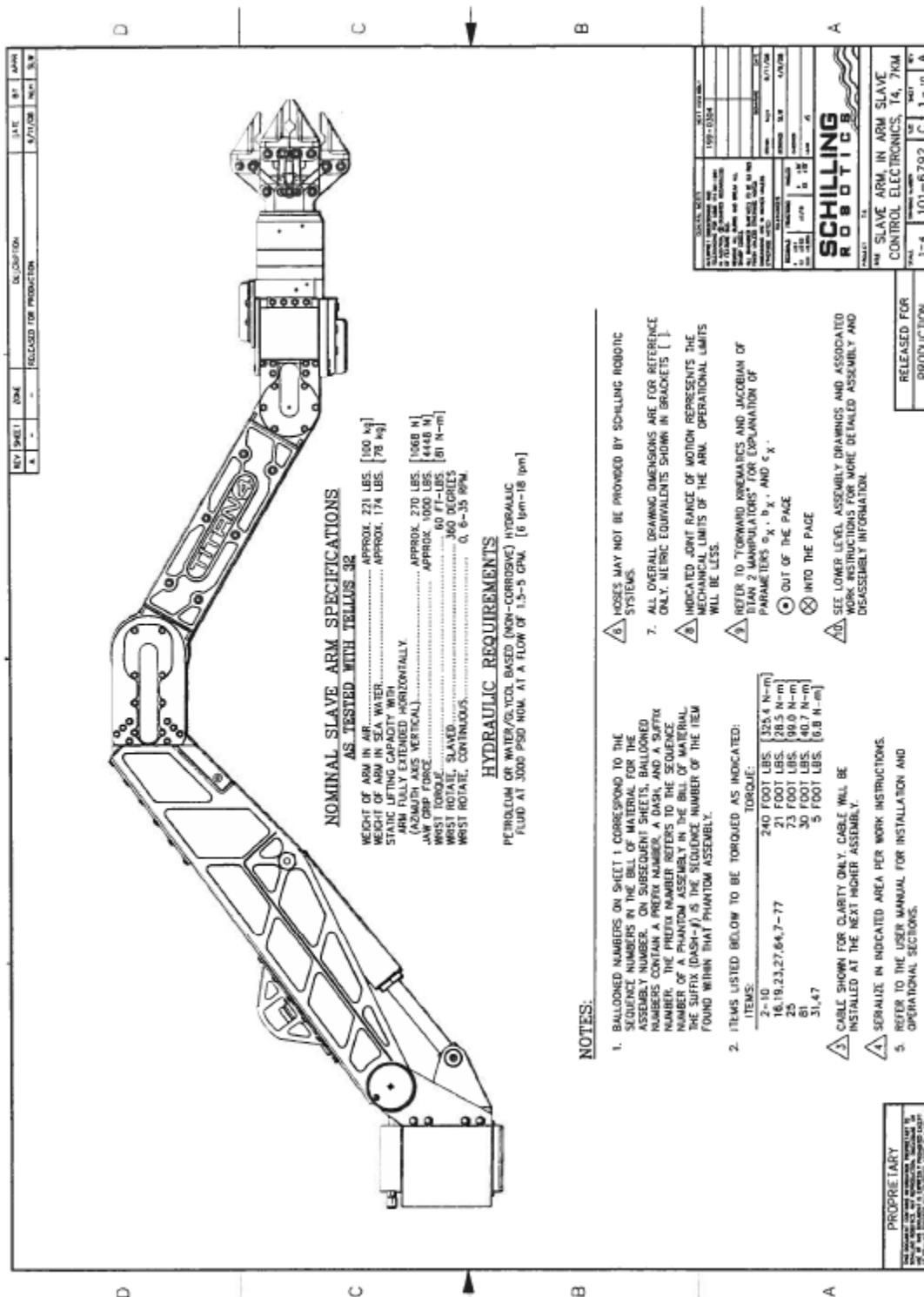












Vedlegg C6: Loctite til festing av bolter

Hentet fra: http://www.loctite.sg/sea/content_data/93815_243EN.pdf

LOCTITE®

LOCTITE® 243™

January 2008

PRODUCT DESCRIPTION

LOCTITE® 243™ provides the following product characteristics:

Technology	Acrylic
Chemical Type	Dimethacrylate ester
Appearance (uncured)	Blue liquid ^{MS}
Fluorescence	Positive under UV light ^{MS}
Components	One component - requires no mixing
Viscosity	Medium, thixotropic
Cure	Anaerobic
Secondary Cure	Activator
Application	Threadlocking
Strength	Medium

LOCTITE® 243™ is designed for the locking and sealing of threaded fasteners which require normal disassembly with standard hand tools. The product cures when confined in the absence of air between close fitting metal surfaces and prevents loosening and leakage from shock and vibration. Particularly suitable for applications on less active substrates such as stainless steel and plated surfaces, where disassembly with hand tools is required for servicing. The thixotropic nature of LOCTITE® 243™ reduces the migration of liquid product after application to the substrate.

NSF International

Certified to ANSI/NSF Standard 61 for use in commercial and residential potable water systems not exceeding 82° C.

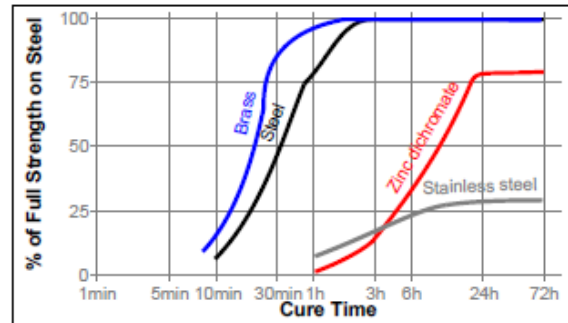
TYPICAL PROPERTIES OF UNCURED MATERIAL

Specific Gravity @ 25 °C	1.08
Flash Point - See MSDS	
Viscosity, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Spindle 3, speed 20 rpm	1,300 to 3,000 ^{MS}
Viscosity, EN 12092 - MV, 25 °C, after 180 s, mPa·s (cP):	
Shear rate 129 s ⁻¹	350

TYPICAL CURING PERFORMANCE

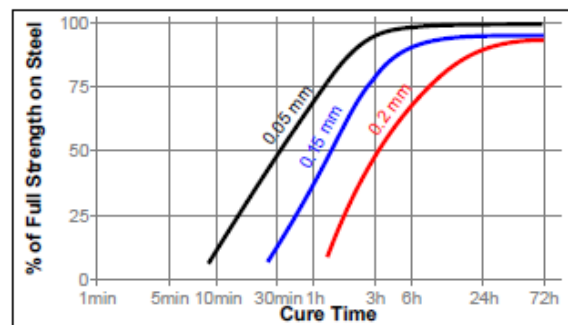
Cure Speed vs. Substrate

The rate of cure will depend on the substrate used. The graph below shows the breakaway strength developed with time on M10 steel nuts and bolts compared to different materials and tested according to ISO 10964.



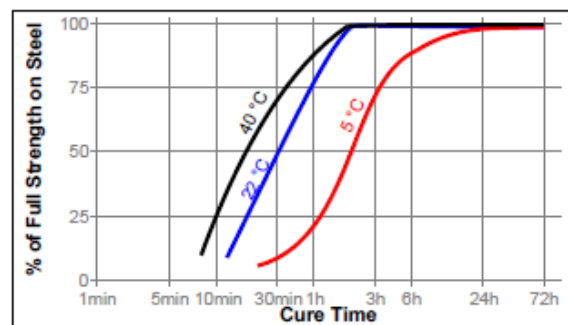
Cure Speed vs. Bond Gap

The rate of cure will depend on the bondline gap. Gaps in threaded fasteners depends on thread type, quality and size. The following graph shows shear strength developed with time on steel pins and collars at different controlled gaps and tested according to ISO 10123.



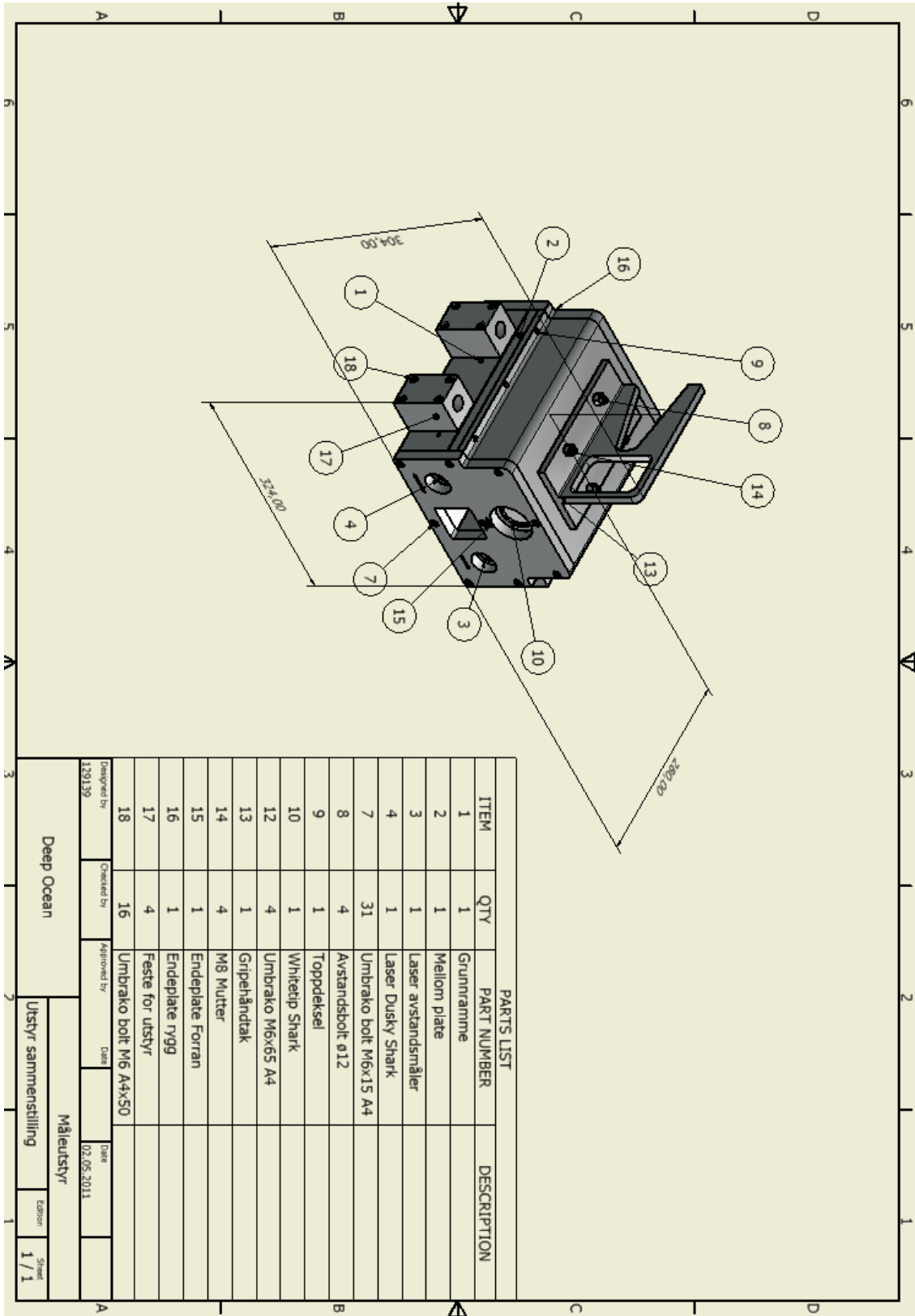
Cure Speed vs. Temperature

The rate of cure will depend on the temperature. The graph below shows the breakaway strength developed with time at different temperatures on M10 steel nuts and bolts and tested according to ISO 10964.

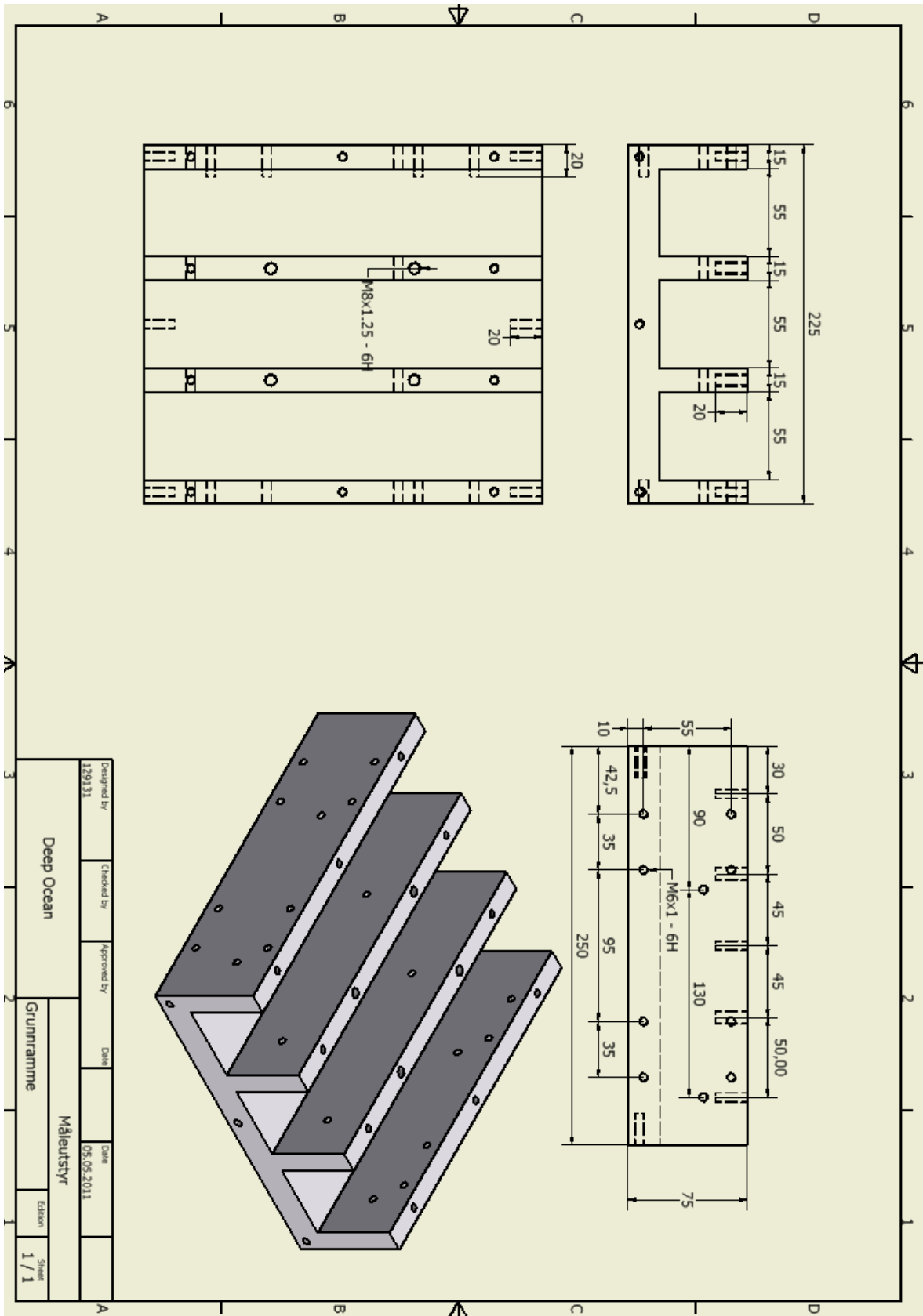


Vedlegg D: 2D-tegninger av måleutstyret

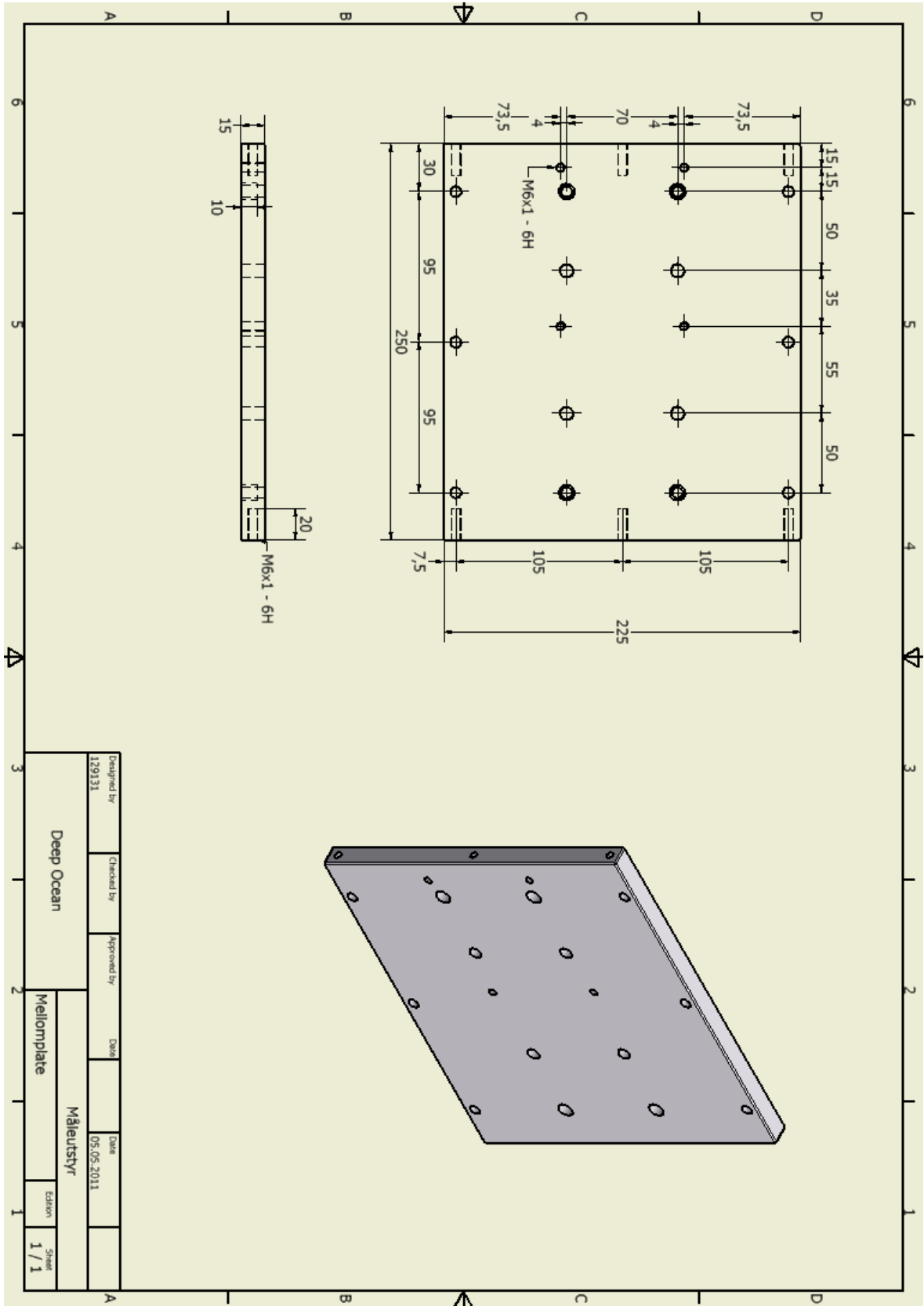
Vedlegg D1: Sammenstilling av måleutstyr



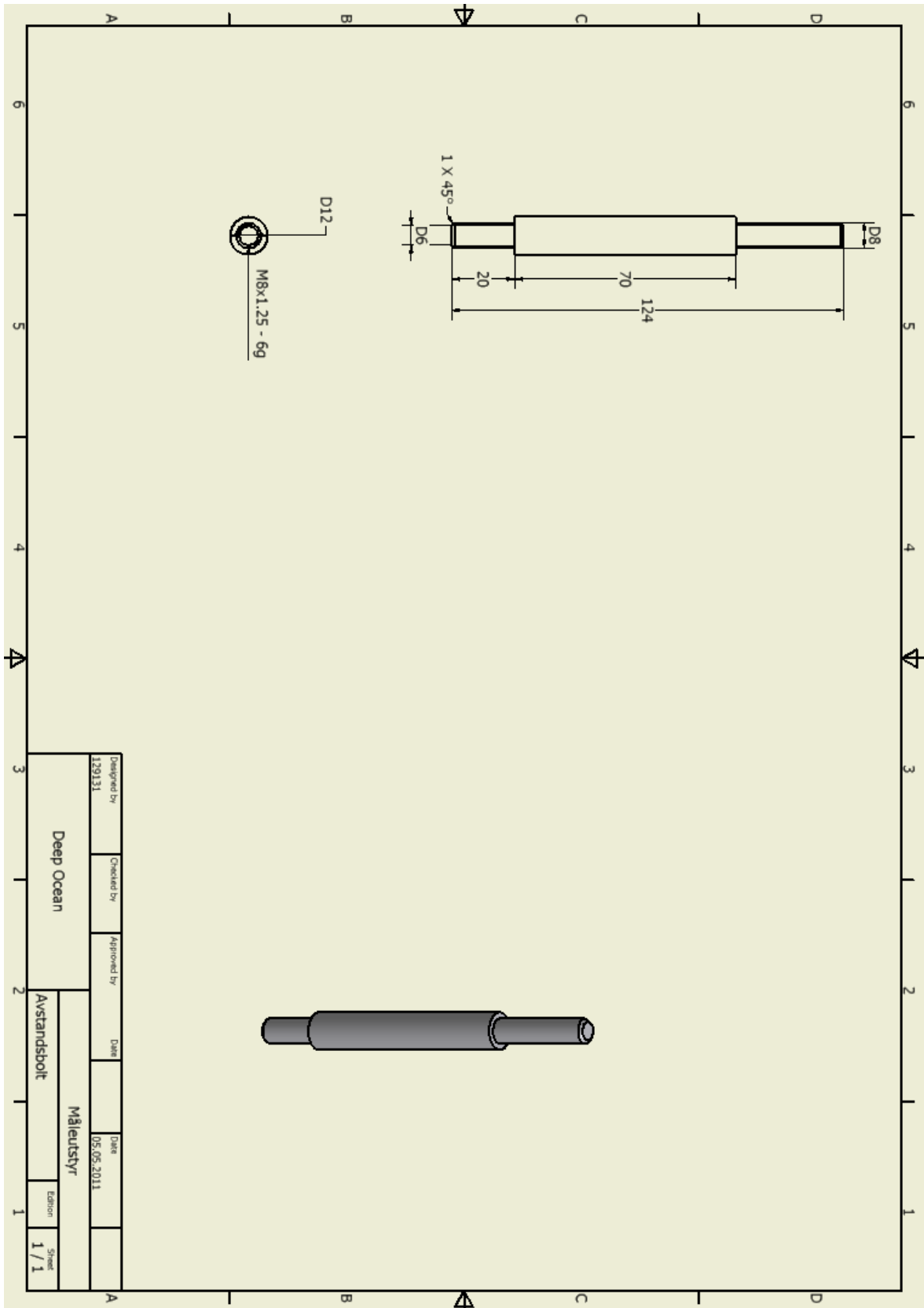
Vedlegg D2: Grunnramme



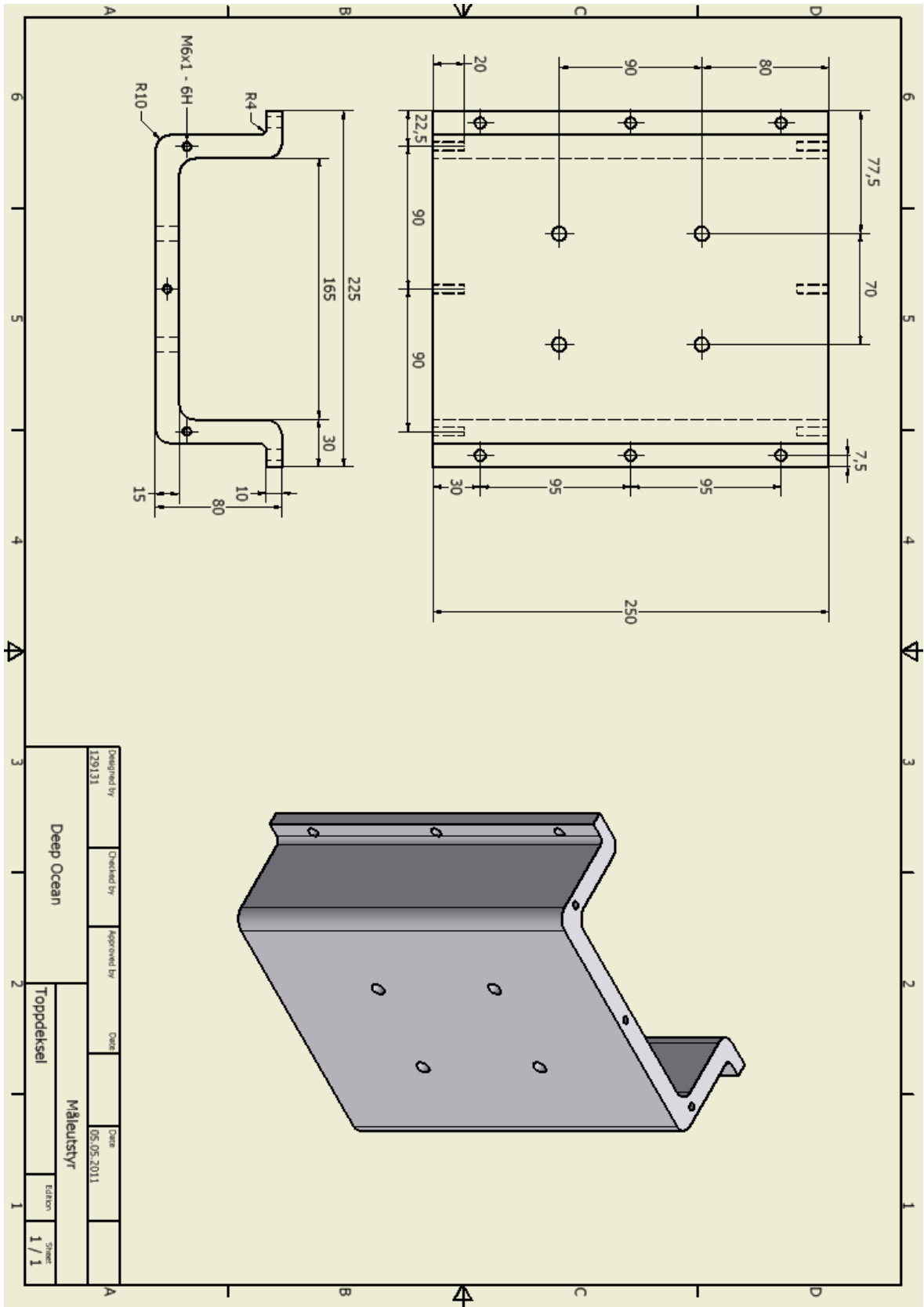
Vedlegg D3: Mellomplate



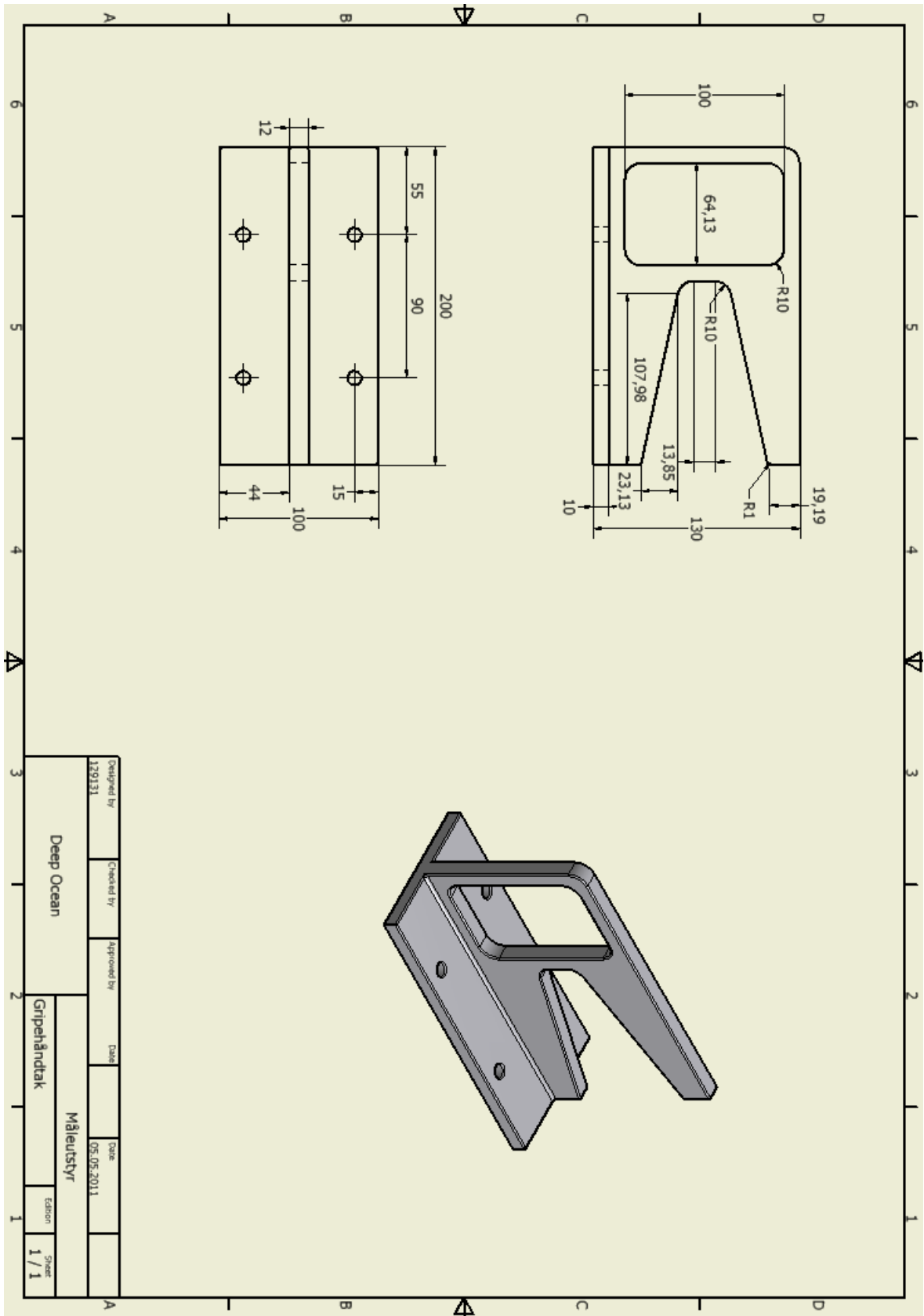
Vedlegg D4: Avstandsbolt



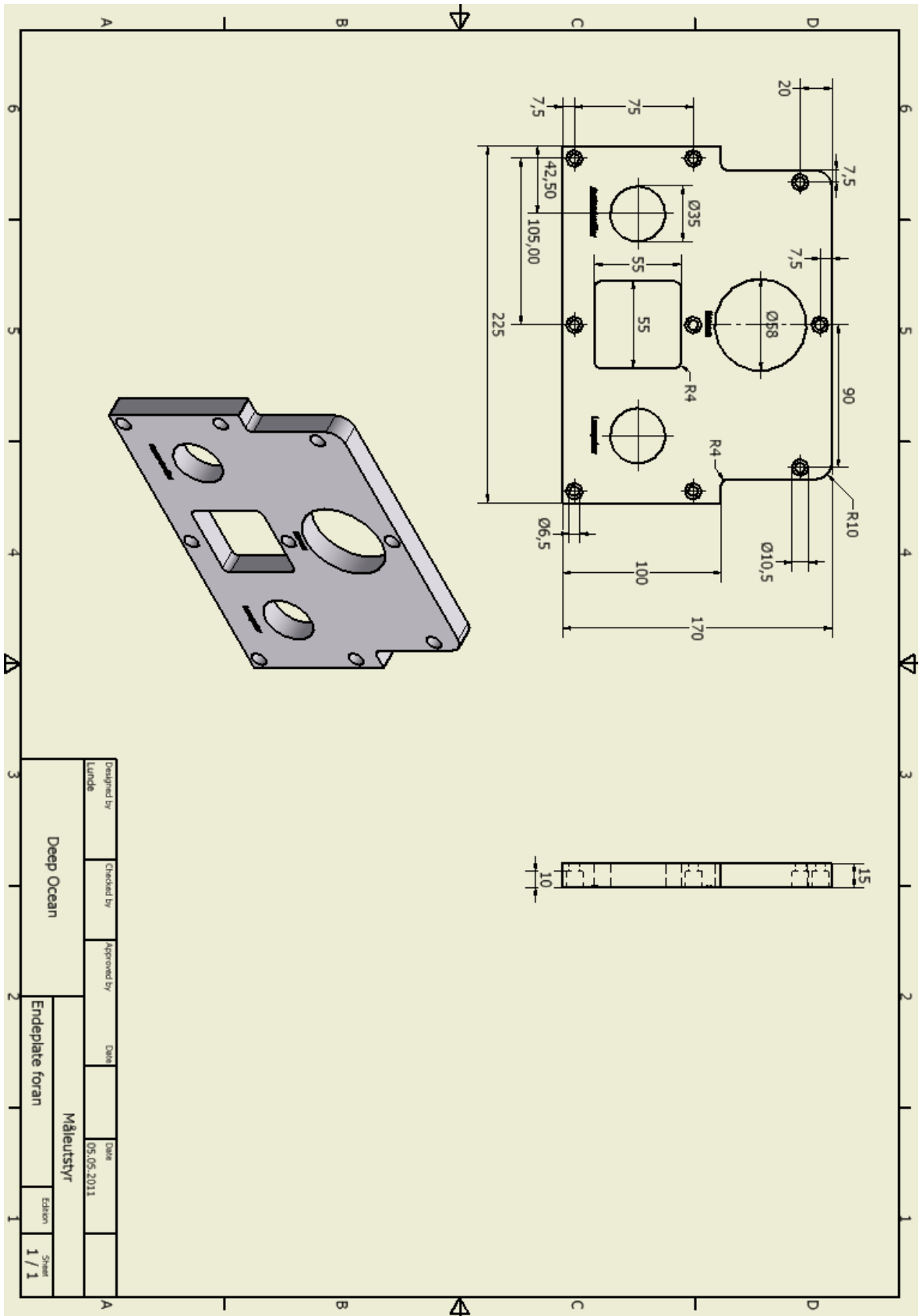
Vedlegg D5: Toppdeksel



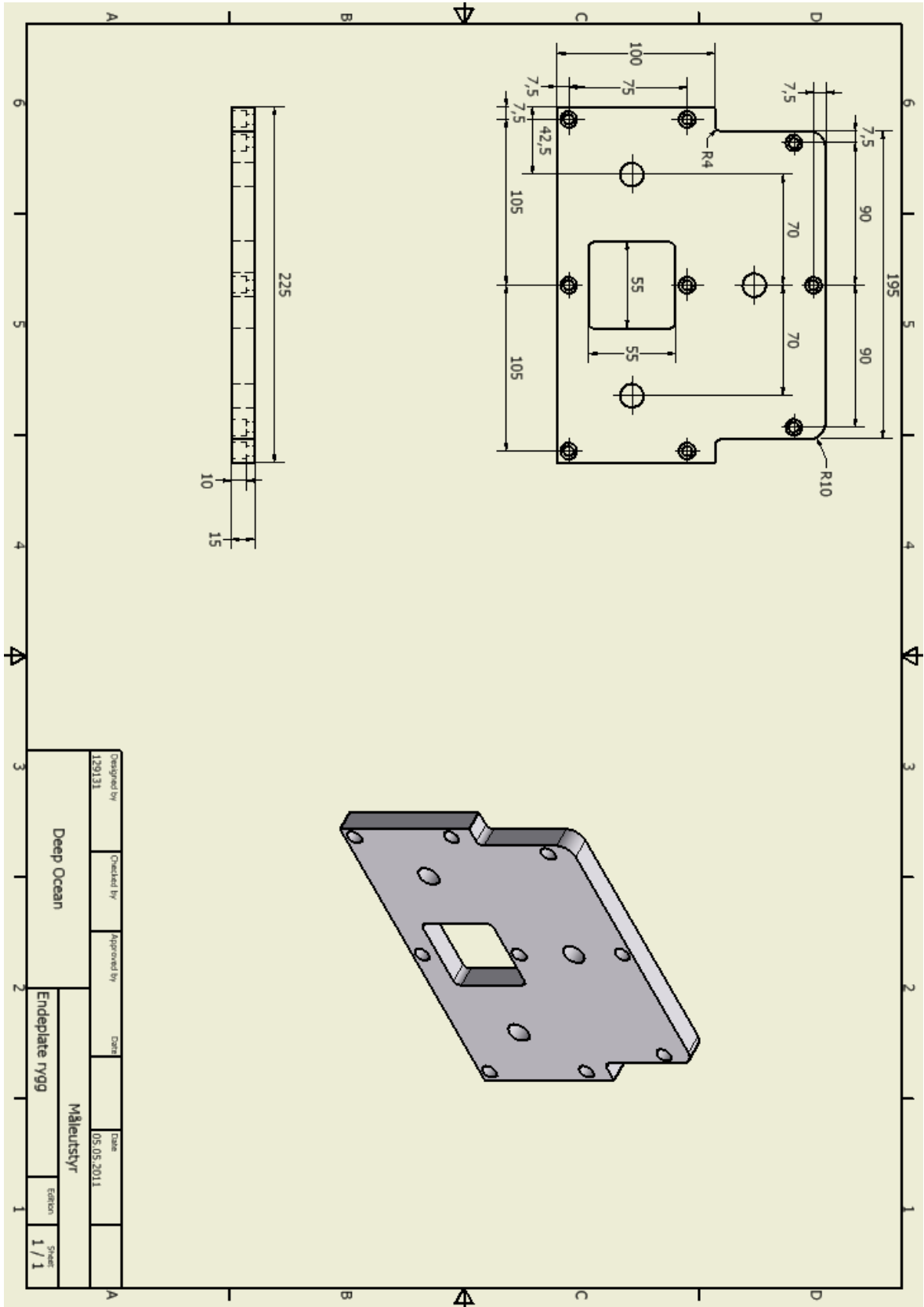
Vedlegg D5: Gripehåndtak



Vedlegg D6: Endeplate foran



Vedlegg D7: Endeplate rygg



Vedlegg D8: Feste for utstyr

