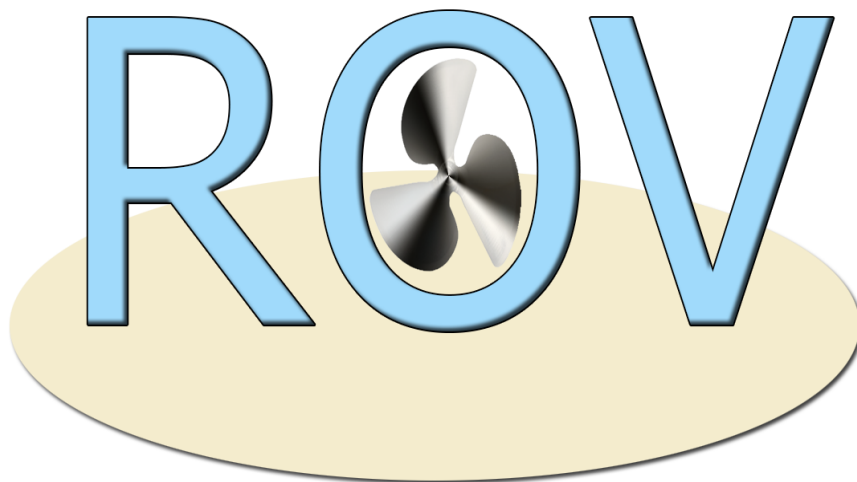


Testprotokoll
Remotely Operated Underwater Vehicle
Version 1.0

Elias Nilsson

4 december 2014



Status

Granskad	MJ	2014-11-30
Godkänd	Isak Nielsen	2014-12-04

Projektidentitet

E-post: tsrt10_rov2014@googlegroups.com

Hemsida: <http://www.isy.liu.se/edu/projekt/reglerteknik/2014/rov/>

Beställare: Isak Nielsen, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46(0) 13 282804
E-post: isak.nielsen@liu.se

Kund: Micael Derelöv, Saab Dynamics, Underwater Systems
Telefon: +46(0) 13 281165
E-post: micael.derelov1@saabgroup.com

Kursansvarig: Daniel Axehill, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46(0) 13 284042
E-post: daniel@isy.liu.se

Projektledare: Oscar Wyckman
Telefon: +46(0) 73 7338744
E-post: oscwy416@student.liu.se

Handledare: Jonas Linder, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46(0) 13 282804
E-post: jonas.linder@liu.se

Gruppmedlemmar

Namn	Roll	Telefon	E-post (@student.liu.se)
Oscar Wyckman (OW)	Projektledare	073 - 733 87 44	oscwy416
Simon Lindblom (SL)	Dokumentansvarig	070 - 576 26 64	simli427
Dennis Forsberg (DF)	Regleringsansvarig	076 - 029 08 35	denfo765
Oscar Gunnarsson (OG)	Designansvarig	073 - 837 41 92	oscgul32
Elias Nilsson (EN)	Testansvarig	073 - 729 62 47	elini289
Johan Andersson (JA)	Simuleringsansvarig	070 - 332 92 12	johan712
Sofia Larsson Cahlin (SLC)	Projektgruppsamordnare	076 - 881 40 06	sofla266
Marcus Johansson (MJ)	Mjukvaruansvarig	070 - 315 73 77	marma906

Dokumenthistorik

Version	Datum	Ändringar	Utförda av	Granskad
0.1	2014-11-26	Första utkastet	Samtliga	SL
0.2	2014-11-27	Andra utkastet	EN, SLC, JA	EN, MJ
0.3	2014-11-30	Tredje utkastet	DF, OG, OW	MJ
1.0	2014-12-04	Första versionen	Samtliga	MJ

Innehåll

1	Inledning	1
2	Översikt	1
3	Generella systemtester	1
4	Funktionella tester	6
5	Prestandatester	14
6	Säkerhetstester	21
7	Krav som ej har verifierats	21

1 Inledning

Detta dokument innehåller en detaljerad beskrivning av hur de tester som utförts under projektets gång har genomförts och även resultatet av dessa tester. I testplanen [2] är sedan tidigare testerna utformade så att kraven i kravspecifikationen [1] kan verifieras. Från dessa två dokument är även test- och kravnummer hämtade. Notera att vissa test har tagits bort, ändrats eller tillkommit. Alla krav inkluderas dock fortfarande in i detta dokument.

2 Översikt

I detta dokument presenteras först de tester som genomförts under projektets gång. Testerna kommer presenteras på följande format:

Testnummer: Vilket/vilka test som utförts.

Kravnummer: Vilket/vilka krav som testet ska verifiera. Om något krav står inom parentes betyder det att testet endast delvis verifierar ett krav.

Testformulering: Vad testet ska verifiera.

Försöksnummer: Hur många gånger testet behövde utföras.

Testbeskrivning: En mer detaljerad beskrivning av hur testet genomfördes.

Testresultat: Resultatet av testet.

Godkänt: Om kravet/kraven är uppfyllda eller ej.

Utfört av: Vem/vilka som genomförde testet.

Datum: När testet genomfördes.

I slutet kommer de krav som inte har testats tillräckligt samt en motivering till varför de inte har verifierats.

3 Generella systemtester

Testnummer: 1.

Kravnummer: 4, 5, 7, 8.

Testformulering: Testa så att mjukvaran på den nya datorn kan styra och kommunicera med ROV:en. Detta görs genom att koppla in den nya externa datorn till ROV:en. En referenssignal skickas sedan till ROV:en och man ser om motorn ger önskat utslag. Sensorvärden och styrsignaler ska kunna avläsas på den nya externa datorn.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbrosimhall. Den nya externa datorn kopplades in till ROV:en. Därefter skickades en referenssignal till ROV:en varpå sensorvärden och styrsignaler avlästes i GUI:t. Dessutom utfördes ett landtest där motorerna var urkopplade och styrsignalerna mättes med multimeter.

Testresultat: Lyckat resultat. Då referenssignalen skickades gav motorerna utslag. Dessutom kunde styrsignaler och sensorfusionens skattningar avläsas i GUI:t. De styrsignaler som lästes av i GUI:t stämde överens med de spänningar som kunde mätas på styrkortet.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: SL, SLC, EN.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 3.

Kravnummer: 17.

Testformulering: Kontrollera att ett nytt styr- och mätkort är monterat och inkopplat med visuell inspektion. Kontrollera även att styr- och mätkortet är integrerat genom att testa ROV:ens funktioner och se att de fungerar som tidigare.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes på land. En kontroll för hurvida styr- och mätkortet var ordentligt ditsatt och inkopplat. För att se om styr- och mätkortet var rätt integrerat med resten av systemet så gjordes mätningar på dess pinnar. En motor aktiverades och spänningen mättes över de pinnar där motorn var inkopplad. Spänningarna över alla resterande pinnar mättes också för säkerhets skull för att se så ingen spänning hamnade över dessa. Detta upprepades sedan för alla inkopplingar på styr- och mätkortet.

Testresultat: Lyckat resultat, styr- och mätkortet är korrekt monterat och integrerat. Rätt pinne fick signal på styr- och mätkortet på alla ställen där inkopplingar sitter.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: EN, SL.

Datum: 2014-11-06.

Testnummer: 4.

Kravnummer: 18.

Testformulering: Kontrollera att en ny magnetometer är monterad och inkopplad med visuell inspektion. Kontrollera att magnetometerens data kan läsas ut av övriga systemet.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes på land. Det kontrollerades om magnetometern satt på plats och var fixt monterad. Utöver detta startas systemet upp och data från magnetometern läses genom att läsa värden från topic i ROS och ser om värdena uppdateras då man ändrar magnetometerens vinkel.

Testresultat: Lyckat resultat, magnetometern var korrekt monterad och integrerad.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: EN, SL.

Datum: 2014-11-06.

Testnummer: 5.

Kravnummer: 19.

Testformulering: All hårdvara som tillhör ROV:en ska vara fixt monterad på ROV:en.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes på land. En kontroll av all hårdvara på ROV:en gjordes för att se om den satt fast ordentligt.

Testresultat: Lyckat resultat, all hårdvara var fixt monterad.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: OW, EN, SL.

Datum: 2014-11-06.

Testnummer: 6.

Kravnummer: 21.

Testformulering: Testa att den decentraliserade regulatorn är modifierad med avseende på vinkelhastigheter. Detta kan göras genom att se om regulatortrimningen och/eller om regulatorstrukturen är modifierad och förbättrad, genom jämförelse av innan projektet given kod och av projektet färdigställd kod.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Koden kontrollerades för den decentraliserade regulatorn för att se om den ändrats mot föregående år.

Testresultat: Lyckat resultat, koden har ändrats. Skalningskoefficienten för de vertikala motorerna har ändrats för att ROV:en ska kunna gå ner på djupet i horisontell orientering utan att ändra pitchvinkel. Regulatorkonstanten för djuphållning har även denna ändrats eftersom ROV:en tidigare långsamt flöt uppåt när den skulle hålla djupet.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: DF, EN, SLC, SL

Datum: 2014-11-25.

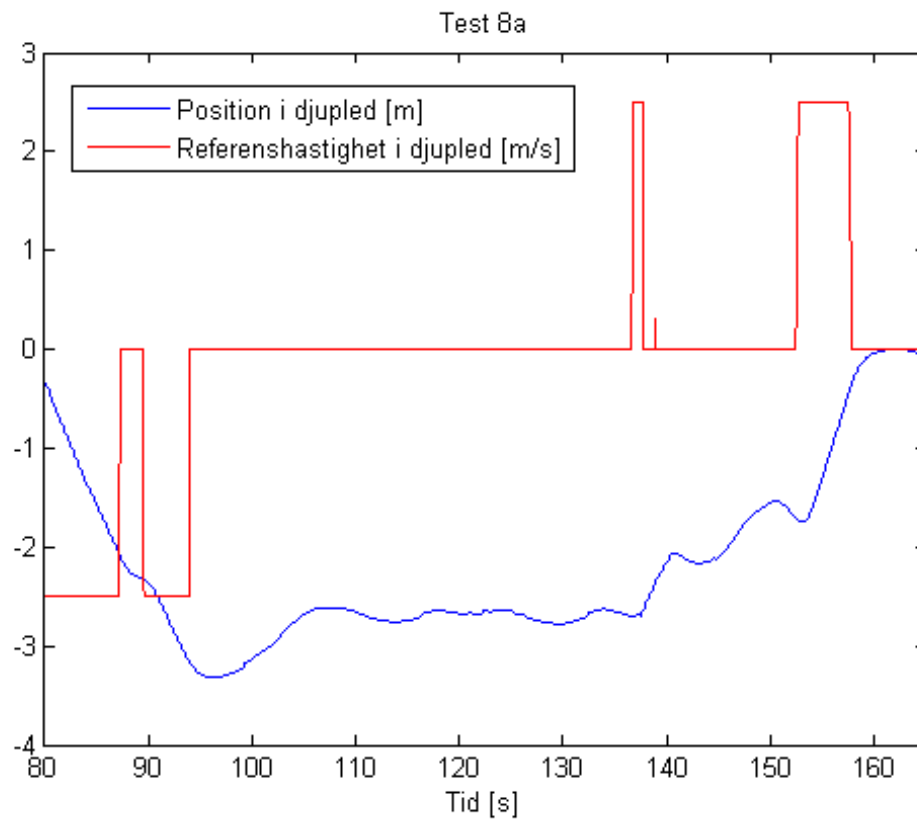
Testnummer: 8a.

Kravnummer: 23, 32.

Testformulering: ROV:en ställs in på decentraliserad regulator och man testar att låta ROV:en ligga stilla i djupled där regulatorn ska hålla ROV:en stilla då ingen referens skickas. Sedan utvärderas prestandan på regulatorn utifrån hur ROV:en betar sig.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i bassäng i Ljungsbro simhall. ROV:en sattes igång och den decentraliserade regulatorn valdes. Därefter kontrollerades att den decentraliserade regulatorn kan hålla ROV:en på ett kontant djup om ingen annan referenssignal skickas.



Figur 1: Plot över data som loggades då test 8a gjordes. Den blå linjen är det aktuella djupet och den röda linjen referens för djuphastigheten. I intervallet från 100 sekunder till och med 130 är hastighetsreferensen noll och under den tiden kan regulatorn hålla ett konstant djup.

Det syns i Figur 1 att regulatorn kan hålla ett konstant djup då referensen är noll. Då någon annan referens skickas stängs regulatorn av.

Testresultat: Detta test är bara delvis uppfyllt eftersom att ROV:en enbart kan hålla en djuphastighet då referensen till denna är noll.

Godkänt: Detta test är delvis uppfyllt.

Utfört av: EN, SL, SLC.

Datum: 2014-11-24.

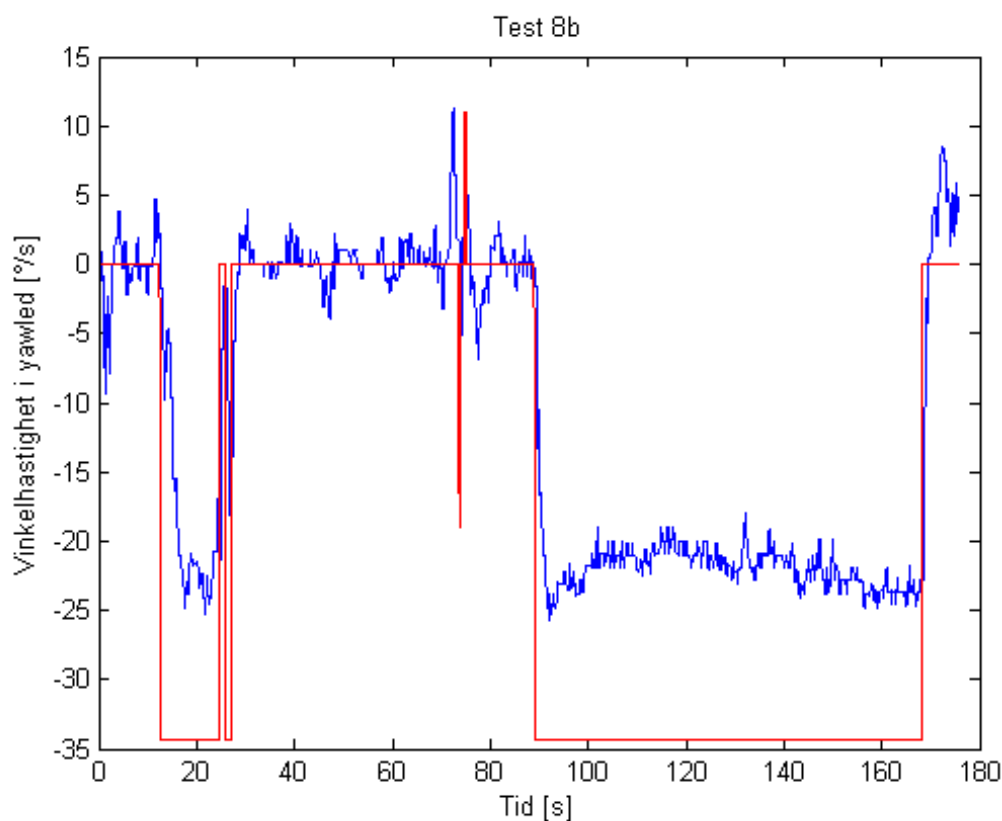
Testnummer: 8b.

Kravnummer: 23, 32.

Testformulering: ROV:en ställs in på decentraliserad regulator och en referens ställs in på yawhastigheten. Sedan utvärderas prestandan på regulatorn utifrån hur ROV:en beter sig.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i bassäng i Ljungsbrosimhall. ROV:en sattes igång och den decentraliserade regulatorn valdes. Därefter kördes ROV:en i yawled och det kontrollerades om den decentraliserade regulatorn kan reglera mot det satta referensvärdet för vinkelhastighet i yawled.



Figur 2: Plot över data som loggades då test 8b gjordes. Den blå linjen är den aktuella vinkelhastigheten i yawled och den röda linjen är referenser för densamma.

I Figur 2 kan man se att den decentraliserade regulatorn reglerar mot referenshastigheterna i yawled.

Testresultat: Lyckat resultat. Den decentraliserade regulatorn reglerade mot de satta referensvärdena för vinkelhastigheten i yawled.

Godkänt: Detta krav är helt uppfyllt.

Utfört av: EN, SL, SLC.

Datum: 2014-11-24.

4 Funktionella tester

Testnummer: 9.

Kravnummer: 1, 65.

Testformulering: Testa att ROV:en kan köras i både manuellt och autonomt läge genom att ställa in detta i GUI:t på den externa datorn. Om detta lyckas medför det att delsystemet Kommunikation kan ta emot data från den externa datorn. Ifall delsystemet Kommunikation kan skicka data till den externa datorn verifieras genom att observera om thrusterspänningar, batterispänningar eller tillståndsskattningar uppdateras i GUI:t.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbro simhall. ROV:en lades i bassängen. Därefter testades om den kunde köras i manuellt respektive autonomt läge när man väljer dessa lägen i GUI:t, detta märks då kontrollerna för ROV:en ska ändras från att styra motorerna individuellt till att i stabilt läge styra hastigheter. Samtidigt som den kördes observerades att thrusterspänningar, batterispänningar eller tillståndsskattningar uppdateras i GUI:t.

Testresultat: Lyckat resultat. Då manuellt läge valdes kunde man styra ROV:en vilket gav upphov till att motorer rörde sig. Dessutom erhöles kontinuerligt uppdaterade motor-, batteri- och tillståndsvärden i GUI:t. Även i autonomt läge ("stable") gav motorer utslag.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: OG, SLC.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 10.

Kravnummer: 2.

Testformulering: När delsystemet Reglering är i autonomt läge testas att man kan välja mellan den decentraliserade regulatorn och LQ-regulatorn.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbro simhall. I GUI:t valdes det autonoma läget, det vill säga körläget "stable", varpå man kollade om det gick att välja mellan den decentraliserade regulatorn och LQ-regulatorn. Regulatorns x-terminal (som presenterar data från den externa datorn) visas sedan i förgrunden för att se vilken regulator som körs.

Testresultat: Lyckat resultat. I GUI:t kunde man välja mellan den decentraliserade regulatorn och LQ-regulatorn då körläget "stable" var aktiverat.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: OG, SLC.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 11.

Kravnummer: 3.

Testformulering: Testa att den externa PC:n kan ta emot styrsignaler från handkontrollen. Detta görs genom att varje funktion på handkontrollen testas och signalen läses av på den externa datorn.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes på land. ROV:en startades och handkontrollen anslöts till den externa datorn. Alla styrkommandon utfördes och deras respektive styrsignaler utlästes i GUI:t på den externa datorn.

Testresultat: Lyckat resultat i och med att samtliga avlästa styrsignaler stämde väl överens med de styrkommandon som utfördes med handkontrollen.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: OG, JA.

Datum: 2014-11-03.

Testnummer: 13.

Kravnummer: 10, 12, 15.

Testformulering: Testa så att magnetometern och läckagesensorn kan skicka data till styr- och mätkortet. Magnetometern testas genom att röra på magnetometern och se om man får något utslag på den externa datorn. Läckagesensorn sänks ner i vatten för att se om den ger något utslag.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes på land. Magnetometern kopplades in i styr- och mätkortet som i sin tur kopplades in i en extern datorn med USB. Magnetometern utsattes för rörelse varpå mätvärden avlästes på den externa datorn. Läckagesensorn testades sedan genom att den fuktades av en projektmedlems finger varpå läckagesensorns värden utlästes både på den interna PC:n, till vilken styr- och mätkortet via USB var inkopplad, och i GUI:t på den externa datorn.

Testresultat: Lyckat resultat. Styr- och mätkortet gav olika värden vid olika positioner och orienteringar för magnetometern så styr- och mätkortet kan ta emot data från denna. Det observerades att läckagesensorns spänning sjönk markant och att GUI:t larmade för läckage då den blev fuktad vilket betyder att styr- och mätkortet kan ta emot data även från denna. Eftersom GUI:t ger utslag betyder det att styr- och mätkortet kan skicka data till den interna PC:n som i sin tur skickar det vidare till den externa datorn.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: OG, JA, DF, SL.

Datum: 2014-11-06.

Testnummer: 14.

Kravnummer: 13, 14.

Testformulering: Testa så att styr- och mätkortet kan skicka data till motorerna. Detta testas i bassäng genom att försöka köra alla motorer en och en en kort stund.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i den uppblåsbara poolen. Alla motorer testades var för sig via xbox-kontrollen och resultatet verifierades genom att se vilken motor som roterade och hur ROV:en rörde sig i vattnet.

Testresultat: Lyckat resultat. Alla mototer roterade då de fick styrsignal och ROV:en rörde sig åt rätt håll vilket betyder att motorerna roterade åt rätt håll.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: SL, SLC, EN.

Datum: 2014-11-23.

Testnummer: 15.

Kravnummer: 25.

Testformulering: Testa att delsystemet Reglering kan skicka styrsignaler till motorerna via styr- och mätkortet. Detta görs genom att först sätta igång den decentraliserade regulatormed olika referensvärden som den ska följa. Därefter ses så att ROV:ens motorer ger utslag, vilka aktiveras genom signal från styr- och mätkortet.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Saabs bassäng. I GUI:t valdes den decentraliserade regulatormed olika referensvärden sattes. Därefter kontrollerades att motorerna snurrade. Genom att studera ROV:ens rörelse i vattnet kunde det verifieras att motorerna snurrade åt rätt håll.

Testresultat: Lyckat resultat. Alla motorer roterade under någon tidpunkt då den decentraliserade regulatormed var igång och följde referensvärden. Detta innebär att delsystemet Reglering skickar styrsignaler till samtliga motorer via styr- och mätkortet. Dock bör det noteras att ROV:en försöker stiga om man ställer in ett positivt djup i GUI:t, men dyker om man för x-boxspaken neråt, vilket betyder att det finns ett teckenfel någonstans. Detta upptäcktes tyvärr väldigt sent och felet har inte hunnit identifieras och åtgärdas.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: DF, JA.

Datum: 2014-11-25.

Testnummer: 16.

Kravnummer: 28, 31.

Testformulering: En visuell kontroll av koden görs för att se om en LQ-baserad regulator för styrning av djup och orientering är implementerad. Sedan ställs GUI:t in på LQ-regulator och referenser ställs in på djupet och orienteringen var för sig. En kontroll görs i GUI:t för att se om rätt motor får en styrsignal.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Koden kontrollerades för att se om LQ-regulatormed var implementerad. Sedan startades ROV:en upp och referenser för djup respektive orientering ställdes in. Därefter noterades spänningen som skickades ut till varje motor i GUI:t. Spänningarna analyserades sedan för att se så att rätt motor aktiverades.

Testresultat: Delvis lyckat resultat. LQ-regulatormed var implementerad i koden. Rätt motorer aktiverades när ett referensvärde sattes i pitchled dvs LQ-regulatormed reglerar mot satta referensvärden i pitchled. Däremot fungerade inte djup- och yawled. Vid referenser i dessa led aktiverades inga motorer alls.

Godkänt: Krav 28 är uppfyllt. Krav 31 är delvis uppfyllt.

Utfört av: OG, EN.

Datum: 2014-11-26.

Testnummer: 17.

Kravnummer: 6.

Testformulering: Kontrollera loggen StatesCallbackLog från regleringen och se om det finns värden från Sensorfusionen.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes genom att gå in i den nämnda logfilen och kontrollera så att värden för ROV:ens orientering finns i denna.

Testresultat: Lyckat resultat. Värden finns i logfilen StatesCallbackLog.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SL, EN.

Datum: 2014-11-26.

Testnummer: 18.

Kravnummer: 29, 30.

Testformulering: Kontrollera så att koden för den decentraliserade regulatorm och LQ-regulatorm är modulbaserad.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes genom att gå igenom koden för att verifiera modularitet av den decentraliserade regulatorm samt LQ-regulatorm.

Testresultat: Lyckat resultat. Båda regulatorerna var modulbaserade.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: JA.

Datum: 2014-11-25.

Testnummer: 19.

Kravnummer: 33

Testformulering: Test för att integratormuppvridding inte förekommer vid användning av den decentraliserade regulatorm. Detta görs genom att studera koden för decentraliserade regulatorm.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Genom att studera koden kunde man verifiera att I-delen i den decentraliserade regulatorm var borttagen i pitchled, därför kan inte integratormuppvridding förekomma där. I djupled finns ingen I-del heller eftersom det bara är en P-regulator som reglerar djupet. Test för yawled har inte hunnit göras.

Testresultat: Delvis lyckat resultat. Integratormuppvridding kan inte förekomma i pitch- eller djupled.

Godkänt: Kravet är delvis uppfyllt.

Utfört av: JA.

Datum: 2014-11-25.

Testnummer: 20.

Kravnummer: 34, 35, (68).

Testformulering: ROV:en körs i bassäng inställd på LQ-regulatorm. Aktermotorm testas att köras framåt och bakåt och det utvärderas om ROV:en rör sig åt rätt håll. Detta görs 10 gånger. Samma test görs sedan för den decentraliserade regulatorm.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i bassängen på skolan. ROV:en startades upp och ställdes in på LQ-regulatorm. Därefter kördes aktermotorm framåt och bakåt och det kontrollerades att ROV:en rörde sig åt rätt håll. Detta testades 10 gånger. Därefter ändrades moden till den decentraliserade regulatorm och samma test gjordes sedan om 10 gånger.

Testresultat: Lyckat resultat. Aktermotorm körde åt rätt håll 10 av 10 gånger först när LQ-regulatorm var aktiverad och sedan när den decentraliserade regulatorm var aktiverad.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: SL, EN.

Datum: 2014-11-23.

Testnummer: 21.

Kravnummer: 47, 48.

Testformulering: Testa att delsystemet Sensorfusion skattar vinklar och vinkelhastigheter i roll-, pitch- och yawled genom att för hand störa ROV:en från stillastående läge. Fås utslag på dessa värden i GUI:t eller i ett terminalfönster (via utskrifter med ROS) fungerar detta. I terminalfönstret ska även sensorvärden och tillståndsskattningar från delsystemet Sensorfusion observeras. Att skattningen sker med ett Kalmanfilter kontrolleras genom att studera programkoden.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbro simhall. ROV:en stördes i roll-, pitch- respektive yawled varpå samtliga skattade tillstånd och sensorvärden observerades i terminalfönstret vid namn "sensor". Sedan kontrollerades programkoden för att verifiera om ett Kalmanfilter användes vid skattningen av vinklarna och vinkelhastigheterna.

Testresultat: Lyckat resultat, ty då ROV:en stördes i roll-, pitch- respektive yawled observerades utslag i både vinklar och vinkelhastigheter i terminalfönstret. Dessutom observerades samtliga tillstånd och sensorvärden i terminalfönstret, vilket innebär att delsystemet Sensorfusion tar emot och behandlar sensordata från samtliga sensorer. Genom att studera koden kunde man verifiera att ett Kalmanfilter användes för att skatta vinklarna och vinkelhastigheterna.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: OW, OG.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 22.

Kravnummer: 11, 16, 49.

Testformulering: Kontrollera att nya trycksensorer är monterade, fungerar, ger rätt värden samt att delsystemet Sensorfusion m.h.a. ett Kalmanfilter skattar ROV:ens djup. Detta görs genom att sänka ner ROV:en i en bassäng för att i GUI:t observera ifall djupskattningen förändras då man fysiskt förflyttar ROV:en mellan olika djup. Att skattningen sker med ett Kalmanfilter kontrolleras genom att studera programkoden.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbro simhall. ROV:en sänktes ned i en bassäng. Två personer i bassängen varierade ROV:ens djup samtidigt som en person observerade skattningen av djupet som erhöles i GUI:t. Sedan kontrollerades programkoden för att verifiera om ett Kalmanfilter användes vid skattningen av djupet.

Testresultat: Lyckat resultat. De skattade värdena som erhöles i GUI:t varierade då ROV:ens djup ändrades. Detta visar att styr- och mätkortet kan ta emot data från trycksensorn som är monterad och integrerad på ROV:en, samt att delsystemet Sensorfusion kan skatta djupet. Genom att studera koden kunde man verifiera att ett Kalmanfilter användes för att skatta djupet.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: SL, SLC, EN.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 23.

Kravnummer: 50.

Testformulering: Se över kodstruktur för att kontrollera att den är modulärt implementerad och därmed att tillägg av extra enheter är möjlig.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Genomgång av koden bekräftar att sensorfusionen är modulärt implementerad i största möjliga mån. Detta delsystem består av flera matriser med modellekvationer för varje enskild sensor. För att det ska vara möjligt att lägga till ytterligare en sensor krävs det att man utför beräkningar och uppdaterar dessa matriser. Det är mycket svårt att kunna göra sensorfusionen mer modulbaserad än vad den är idag och därför är den relativt modulbaserad och uppfyller därmed kravet.

Testresultat: Lyckat resultat.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SL, SLC, EN.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 31.

Kravnummer: 51.

Testformulering: Testa så att delsystemet Sensorfusion sparar data från sensorer på den interna PC:n. Detta görs genom att loggningar genomförs under andra tester. Efteråt kontrolleras om den loggade datan finns på den interna PC:n.

Försöksnummer: 2.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbros simhall och i Saabs bassäng. Under tiden som andra tester gjordes i Ljungsbros simhall loggades data. Däremot loggades inte datan konsekvent, utan det var bara vissa av loggningarna som sparades på den interna PC:n. Detta åtgärdades och vid ett senare testtillfälle i bassängen på Saab utfördes ytterligare loggningar. Kontrollen av alla loggningstillfällen gjordes via jämförelse med anteckningar innehållande loggningstidpunkter som togs under testtillfällena.

Testresultat: Lyckat resultat på andra försöket. Samtliga loggningar lyckades vid testen i Saabs bassäng.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, OW.

Datum: 2014-11-24 och 2014-11-25.

Testnummer: 34.

Kravnummer: 36, (68).

Testformulering: Testa med den decentraliserade regulatorn att ROV:ens geometriska centrum inte förflyttas mer än 0,1 m då ROV:en roterar kring sitt geometriska centrum i 10 000 ms. Kontroll av geometriska centrums translation i z -led sker m.h.a att logga z -koordinaten och i xy -planet sker kontrollen m.h.a en markering (cirkel) som ROV:en ej får åka utanför. Detta ska testas 10 gånger och för godkänt resultat ska minst 9 av dessa 10 test klaras.

Försöksnummer: 3.

Testbeskrivning: Testet genomfördes på Ljungsbros badhus och utfördes genom att tejpa ihop skummistavar till en cirkel. ROV:en roterades kring sin z -axel med hjälp av den decentraliserade regulatorn och detta filmades ovanifrån. I filmen kan man se att kravet är uppfyllt upprepade gånger. Dock finns inte tillräckligt mycket data för att kunna konfirmera att detta fungerar 9 av 10 försök. Testet utfördes dock vid max av ROV:ens hastighet och det är troligt att ett bättre resultat skulle uppnås om man utförde testet vid en lägre hastighet. Filmen som filmades under detta test kan återfinnas på projektgruppens hemsida. På grund av att ROV:en inte är viltneutral och regleringen inte klarar av att hålla ROV:en på ett visst djup utfördes testet bara på ytan.

Testresultat: Lyckat resultat men uppfyller inte robusthetskravet om att testet ska vara uppfyllt 9 av 10 gånger.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, OW, OG, SL.

Datum: 2014-11-24

Testnummer: 49.

Kravnummer: 87, 88.

Testformulering: Kontrollera att den senaste versionen av ROS finns installerad på både den interna och externa datorn.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Den senaste versionen av ROS är ROS Indigo (1.11.9) och denna version av ROS är installerad på den interna och externa datorn. Detta verifierades genom att kontrollera versionsutskriften i terminalfönstret Roscore.

Testresultat: Lyckat testresultat. Båda datorerna hade den senaste versionen av ROS installerad.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: JA.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 50.

Kravnummer: 89.

Testformulering: Kontrollera att GUI:t är förbättrat.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: GUI:t har strukturerats om från tidigare projekt och är nu mer lättöverskådligt. Rubriker till de olika parametrarna och sensorvärdena är skapade och vissa enheter är tillagda vilket ökar förståelsen och läsbarheten. Det nya GUI:t jämfördes med det gamla under körningen i Ljungsbro för att kontrollera om det var förbättrat.

Testresultat: Lyckat testresultat. Ett nytt förbättrat GUI var implementerat.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: EN, OW.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 51.

Kravnummer: 90, 91.

Testformulering: Kontrollera om ethernetkabeln är utbytt. Kontrollera även om en ny kontakt till ethernetkabeln (som går in i switchen när ROV:en körs) är ditsatt.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Ethernetkabeln i ROV:en och kontakten till switchen kontrollerades och jämfördes med kabel och kontakt från projektets start.

Testresultat: Lyckat testresultat. Ethernetkabeln är utbytt och en ny kontakt är ditsatt.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: SLC, DF, OG, SL.

Datum: 2014-11-24.

Testnummer: 52.

Kravnummer: 92.

Testformulering: Kontrollera om batteripaketets struktur är förbättrad.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: En jämförelse mellan batteripaketets nya och gamla stuktur gjordes. Batterierna är lagda på högkant istället för att vara staplade på varandra och uppmärkta så att man tydligt kan avläsa vilka som hör till vilket batteripaket och hur de är seriekopplade, dvs vilket batteri som är batteri 1 och 2 i varje par. Säkringarnas placering är ändrad.

Testresultat: Lyckat testresultat. Strukturen är förbättrad eftersom batteriernas uppmärkning och placering ökar överskådligheten vilket underlättar förståelse och felsökning. Säkringarnas nya position gör dem lättare att komma åt vilket underlättar vid kontroll om de brunnit och byte till nya säkringar.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, OG.

Datum: 2014-11-16.

Testnummer: 53.

Kravnummer: 93.

Testformulering: Kontrollera om ett kopplingsschema för batteripaketet har gjorts.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: En kontroll gjordes för att se om det fanns en bild på kopplingsschemat.

Testresultat: Lyckat testresultat. Det existerar en bild över kopplingsschemat.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: EN.

Datum: 2014-11-20.

Testnummer: 54.

Kravnummer: 94.

Testformulering: Kontrollera om balanseringskortet till batteripaketet är utbytt.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: En kontroll gjordes av balanseringskortet för att se att det blivit utbytt. En mätning med multimeter gjordes på det nya balanseringskortet för att verifiera att det var helt, till skillnad från det gamla som var trasigt.

Testresultat: Lyckat testresultat. Ett nytt balanseringskort finns i batteripaketet.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, OG.

Datum: 2014-11-16.

Testnummer: 55.

Kravnummer: 95.

Testformulering: Kontrollera om sladdragningen i ROV:en ser bra ut och har förbättrats.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Sladdragningen i ROV:en kontrollerades och en jämförelse med hur det såg ut innan gjordes.

Testresultat: Lyckat testresultat. Sladdragningen ser bättre ut än innan och det är lättare att följa vilken sladd som går till vad.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: DF, OG.

Datum: 2014-11-25.

5 Prestandatester

Samtliga av dessa tester är utförda i bassäng. Anledningen till detta är att man vill undvika att rulla ROV:en på marken då detta riskerar att skada denna. Man vill inte heller rotera ROV:en i luften då denna är mycket tung och otymplig. Många av plottarna i följande tester startar inte från noll sekunder, detta beror på att det ofta var svårt att få in rätt vinklar för ROV:en. Denna inställningstid togs bort ur plottarna då detta är ointressant.

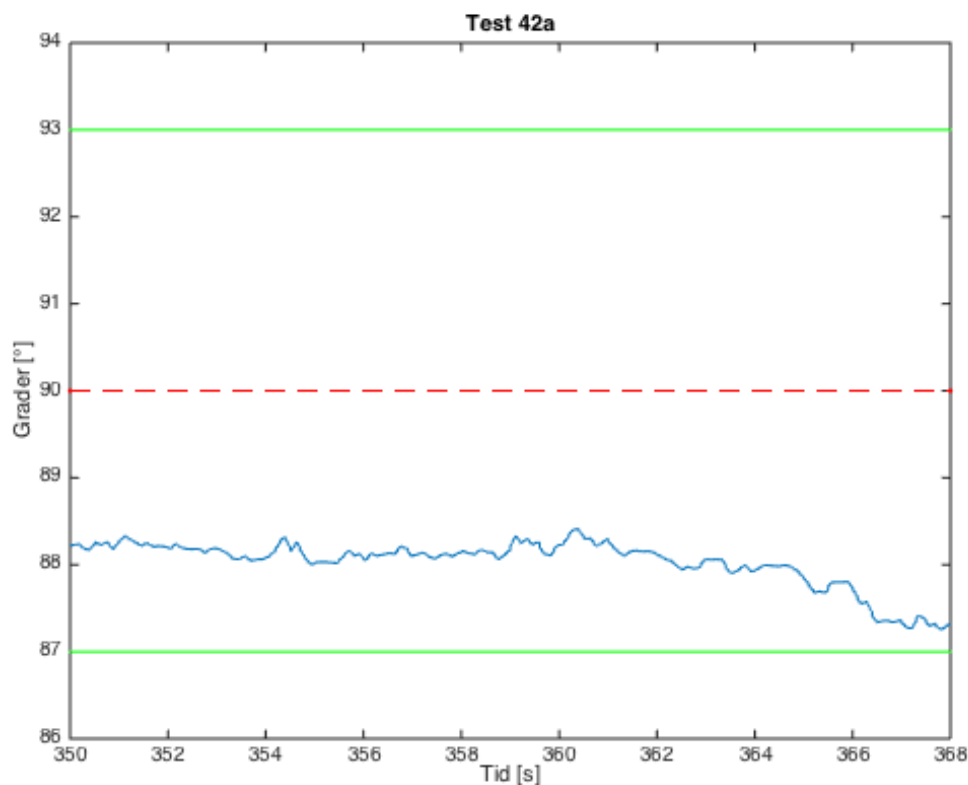
Testnummer: 42a.

Kravnummer: 52.

Testformulering: Testa så att ROV:ens vinklar i pitch-led ska skattas med en noggrannhet på 3° då ROV:en stått stilla i bassäng under minst 1 000 ms. Detta görs genom att hålla ROV:en stilla i kända orienteringar och jämföra de skattade vinklarna med de uppmätta.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbro simhall. Testet utfördes genom att två personer höll ROV:en stilla med en känd pitchvinkel samtidigt som den interna datorn loggade resultatet. De mätningar som utfördes av personer vid detta test gav pitchvinkeln 90° . Vid testet tog det lång tid att stabilisera ROV:en i 90° , därav det höga värdet på tiden i plotten. Vidare kan man se att problemet med testet är snarare gruppens mätteknik än ROV:ens utrustning.



Figur 3: Plot över data som loggades då test 42a utfördes. Den blåa grafen visar den uppmätta pitchvinkeln. Den röda streckade linjen visar den verkliga pitchvinkeln och de gröna linjerna visar de tillåtna gränserna för pitchvinkeln ($\pm 3^\circ$ från den verkliga pitchvinkeln 90°).

Utifrån Figur 3 kan man visa att detta test är uppfyllt under den period som visas i grafen. För det här testet var det svårigheten i att orientera ROV:en i rätt vinkel som står för den största delen av avvikelsen från 90°. I efterhand så hade det troligtvis varit bättre att göra testet på land men detta fanns det inte tid till.

Testresultat: Lyckat resultat för testet.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, OW, OG, SL.

Datum: 2014-11-24

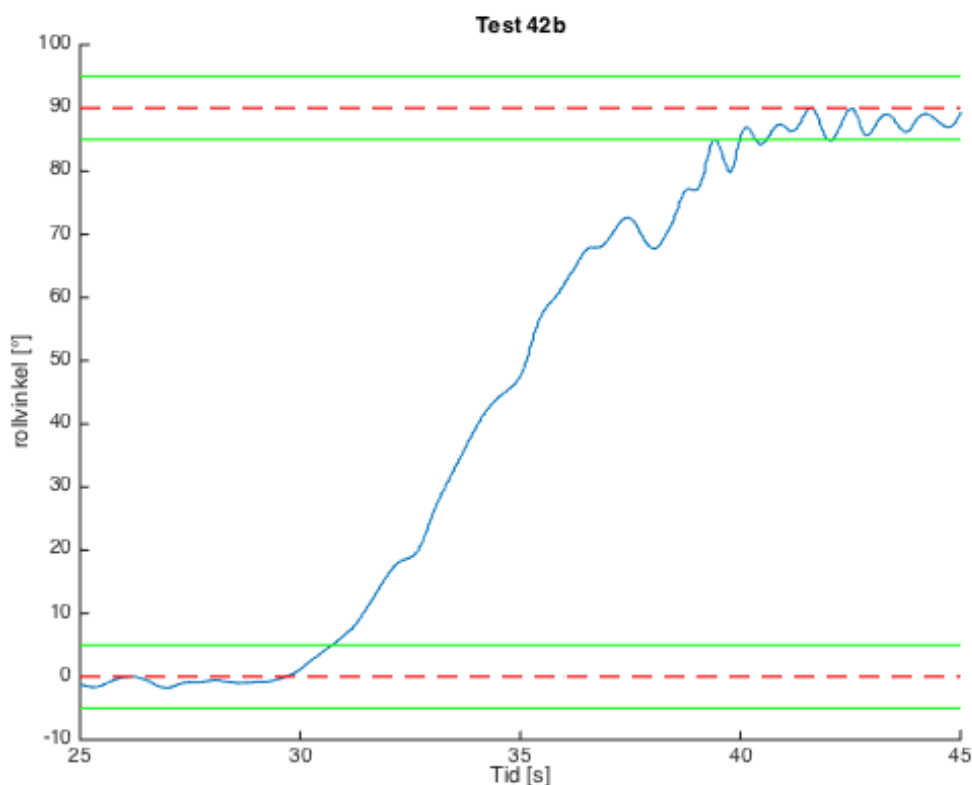
Testnummer: 42b.

Kravnummer: 52.

Testformulering: Testa så att ROV:ens vinklar i roll-led ska skattas med en noggrannhet på 5°, då den står i 0°. Samt på 5°, då rollvinkeln är 90°, då ROV:en stått stilla i bassäng under minst 1 000 ms. Detta görs genom att hålla ROV:en stilla i kända orienteringar och jämföra de skattade vinklarna med de uppmätta.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbro simhall. Testet utfördes genom att två personer höll ROV:en stilla med en känd rollvinkel samtidigt som den interna datorn loggade resultatet. Därefter vreds ROV:en 90° och resultatet loggades. Vid testet tog det lång tid att stabilisera ROV:en i 90°, därav det höga värdet på tiden i plotten. Vidare kan man se att problemet med testet är snarare gruppens mätteknik än ROV:ens utrustning.



Figur 4: Plot över data som loggades då test 42b utfördes. Den blåa grafen visar den uppmätta rollvinkeln. Den röda streckade linjen visar den verkliga vinkelhastigheten i start- och slutskedet. De gröna linjerna visar de tillåtna gränserna för vinkelhastigheten ($\pm 5^\circ$ från den verkliga rollvinkeln 0° och 90°).

Utifrån Figur 4 kan man visa att detta test är uppfyllt.

Testresultat: Lyckat resultat för testet.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, OW, OG, SL.

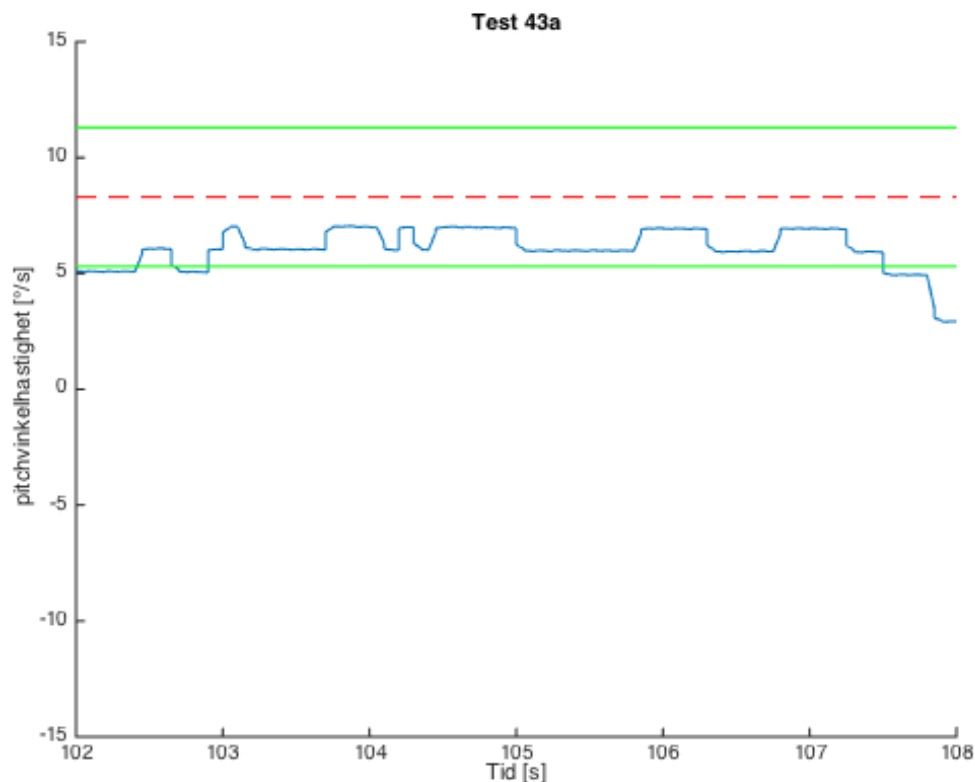
Datum: 2014-11-24

Testnummer: 43a.

Kravnummer: 53.

Testformulering: Testa att ROV:ens vinkelhastighet i pitchled kan skattas med en noggrannhet på $3^\circ/s$ då ROV:en haft konstant rotationshastighet under minst 1 000 ms. I pitchled utförs mätningar under en rörelse från -30° till 30° . Detta görs under fem test med samma konstanta pitchvinkelhastighet. Denna rörelse utförs manuellt för att få ett jämnt resultat.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbrosimhall genom att två personer höll ner ROV:en under ytan med en pitchvinkel på -30° . När detta är uppnått drar en person upp ena änden av ROV:en med hjälp av ett rep tills det att den står i 30° . Tiden det tog för personen att dra upp ROV:en med konstant hastighet mättes och vinkelförändringen som ROV:en drogs delades sedan på denna tid för att få ut dess konstanta hastighet $8,3^\circ/s$.



Figur 5: Plot över data som loggades då test 43a utfördes. Den blåa grafen visar den uppmätta pitchvinkelhastigheten. Den röda streckade linjen visar den verkliga vinkelhastigheten och de gröna linjerna visar de tillåtna gränserna för vinkelhastigheten ($\pm 3^\circ/\text{s}$ från den verkliga pitchvinkelhastigheten $8.3^\circ/\text{s}$).

Som man kan se i Figur 5 uppfyller hastigheten för pitchvinkeln kravet mellan tiderna 103 sekunder till och med 107 sekunder.

Testresultat: Lyckat resultat för testet.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, OW, OG, SL.

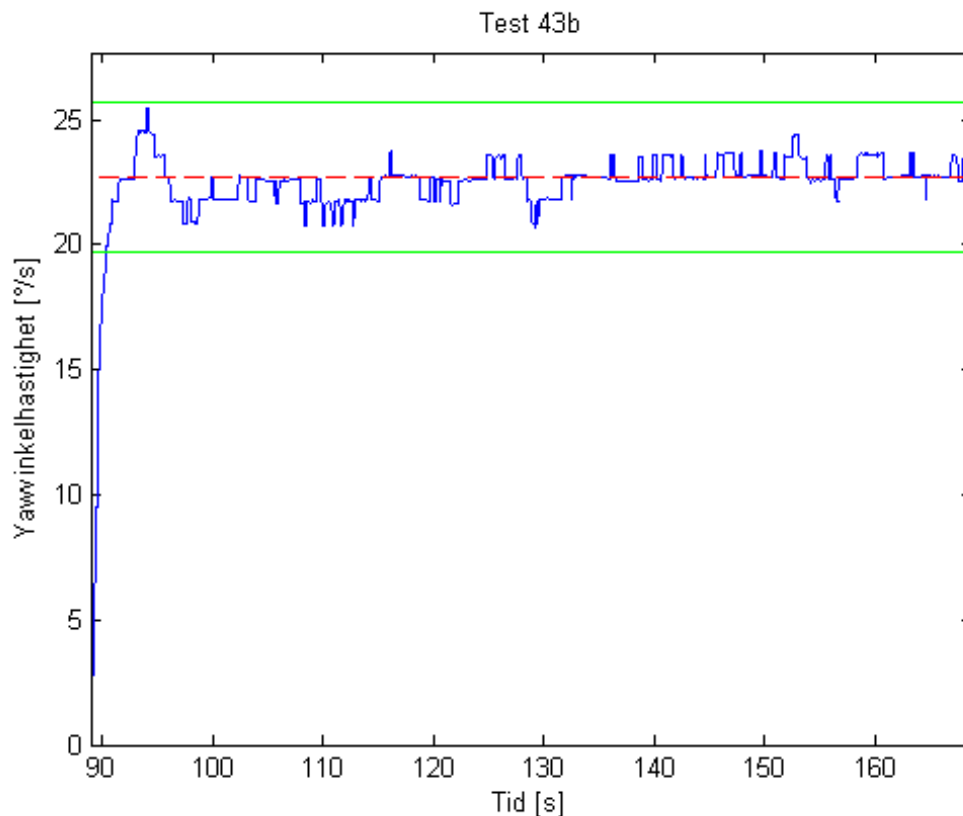
Datum: 2014-11-24

Testnummer: 43b.

Kravnummer: 53.

Testformulering: Testa att ROV:ens yawvinkelhastighet kan skattas med en noggrannhet på $3^\circ/\text{s}$ då ROV:en haft konstant rotationshastighet under minst 1 000 ms. Detta görs i yawled genom att med tidtagarur räkna ut rotationshastigheten då ROV:en svänger runt fem varv och jämföra med den skattade hastigheten. Att hastigheten är konstant testas genom att en person noterar varvtiderna för de fem varven och ser om den är inom 5% från genomsnittsvarvtiden.

Testbeskrivning: För att utföra testet kördes ROV:en runt z -axeln med hjälp av motorerna fem varv. Samtidigt klockades tiden för varje varv som ROV:en utförde och utifrån den mätningen beräknades referensvärdet att vara $22,69^\circ/\text{s}$.



Figur 6: Plot över data som loggades då test 43b utfördes. Den blåa grafen visar den uppmätta yawvinkelhastigheten. Den röda streckade linjen visar den verkliga vinkelhastigheten och de gröna linjerna visar de tillåtna gränserna för vinkelhastigheten ($\pm 3^\circ/\text{s}$ från den verkliga yawvinkelhastigheten $22.69^\circ/\text{s}$).

I Figur 6 kan man se att resultatet för vinkelhastighet i yawled uppfylls.

Testresultat: Lyckat resultat för testet.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, OW, OG, SL.

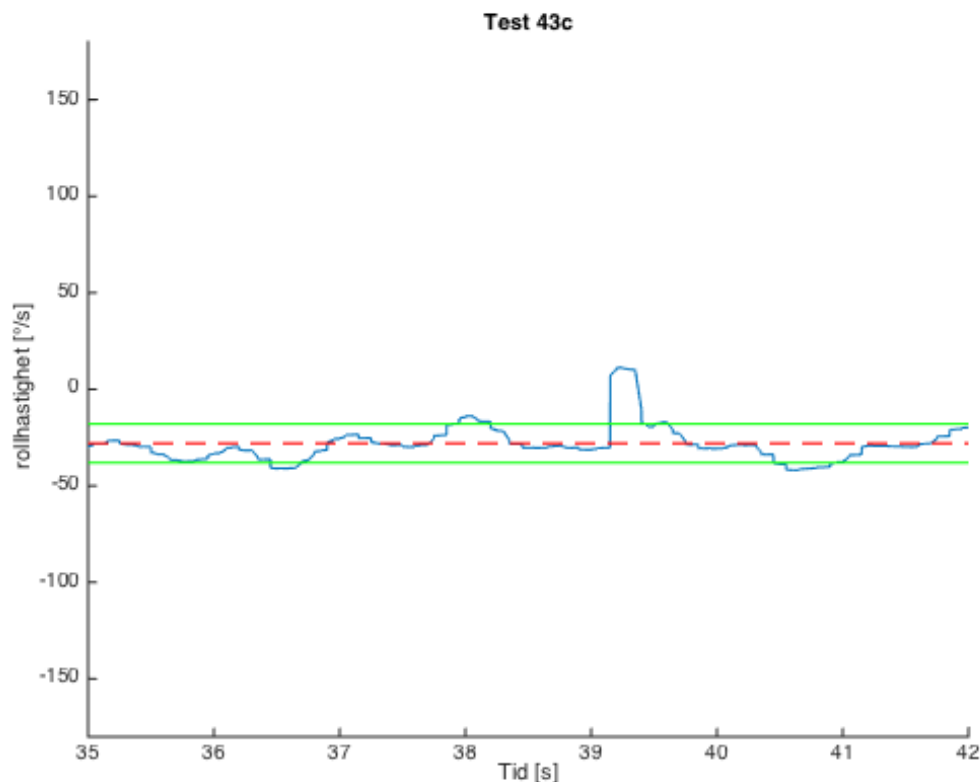
Datum: 2014-11-24

Testnummer: 43c.

Kravnummer: 53.

Testformulering: Testa att ROV:ens rollvinkelhastighet kan skattas med en noggrannhet på $10^\circ/\text{s}$ då ROV:en haft konstant rotationshastighet under minst 1 000 ms. I roll-led utförs liknande experiment som experimentet ovan, men då ROV:en inte kan styras i roll-led får den roteras fem varv manuellt.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungbro simhall genom att två personer manuellt rollade ROV:en under en konstant hastighet.



Figur 7: Plot över data som loggades då test 43c utfördes. Den blåa grafen visar den uppmätta rollvinkelhastigheten. Den röda streckade linjen visar den verkliga vinkelhastigheten och de gröna linjerna visar de tillåtna gränserna för vinkelhastigheten ($\pm 3^\circ/s$ från den verkliga rollvinkelhastigheten $-28^\circ/s$).

I Figur 7 kan man se att kravet är uppfyllt flera perioder i plotten. Den uppmätta rotationshastigheten i detta test var $-28^\circ/s$ och detta är den röda streckade linjen i plotten. De gröna linjerna är de tillåtna gränserna dvs $-28 \pm 3^\circ/s$.

Testresultat: Lyckat resultat för testet.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, OW, OG, SL.

Datum: 2014-11-24

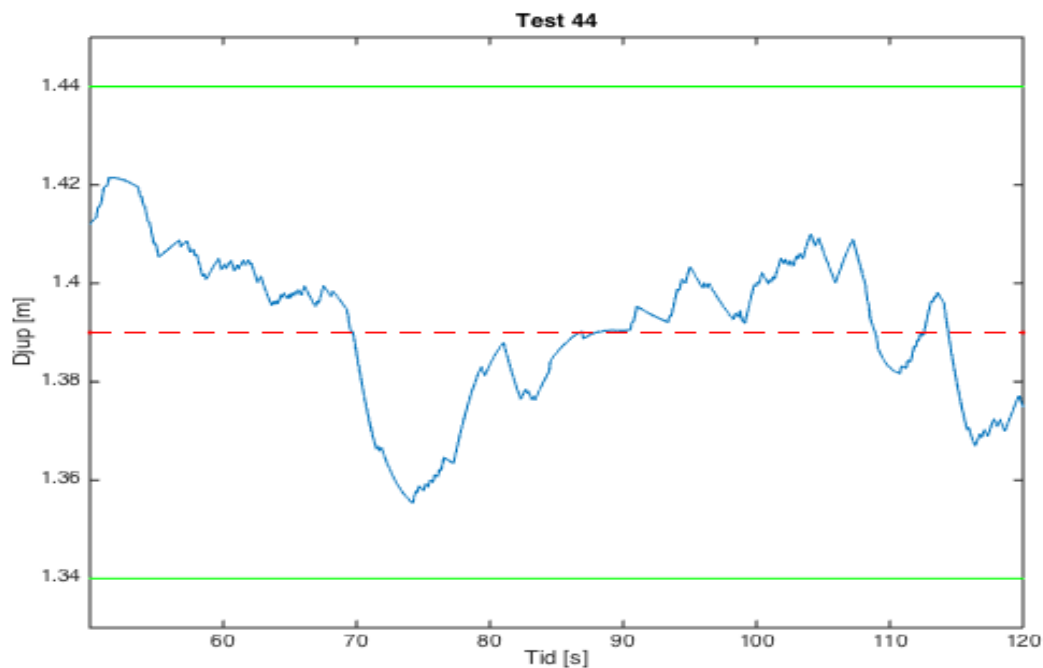
Testnummer: 44.

Kravnummer: 54.

Testformulering: Testa så att ROV:ens djup kan skattas med en noggrannhet på 0,05 m när ROV:en stått still i minst 1 000 ms. Detta görs genom att mäta ROV:ens djup och jämföra med skattningen.

Försöksnummer: 1.

Testbeskrivning: Testet utfördes i Ljungsbro simhall. Detta test utfördes genom att två personer höll fast ROV:en på ett känt djup uppmätt med måttband samtidigt som data loggades på den interna datorn. Det loggade resultatet kan ses i Figur 8 nedan.



Figur 8: Plot över data som loggades då test 44 utfördes. Den blåa grafen visar den uppmätta djupet. Den röda streckade linjen visar det verkliga djupet och de gröna linjerna visar de tillåtna gränserna för djupet ($\pm 0,05\text{m}$ från det verkliga djupet 1,39m).

Testresultat: Lyckat resultat för testet. Det kan noteras att oscillationerna i grafen troligen snarare beror på svårigheterna med att hålla ROV:en stilla i vattnet än på osäkerheter hos trycksensorn. Djupskattningen är alltså antagligen ännu bättre än vad som framgår av grafen.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: SLC, EN, SL.

Datum: 2014-11-24.

6 Säkerhetstester

Testnummer: 47.

Kravnummer: 76, 77.

Testformulering: Testa så att ROV:en kan detektera om kontakten med användargränssnittet bryts. Detta görs genom att låta ROV:en köra i bassäng på ett visst djup och därefter bryta kontakten. En kontroll görs sedan för att se om ROV:en tar sig upp till ytan.

Försöksnummer: 2.

Testbeskrivning: Ett första test gjordes i bassängen i Ljungsbro simhall. Då stängdes reläerna av när ROV:en var på ett visst djup och därefter gjordes en kontroll för att se om den steg upp till ytan. När kontakten bröts med användargränssnittet vid detta tillfälle så stängdes reläerna inte av direkt så detta fixades vid ett senare tillfälle. Under ett andra testtillfälle så bröts kontakten med ROV:en då den var på land och en kontroll gjordes för att se om reläerna stängdes av.

Testresultat: Lyckat testresultat. De båda testen verifierar tillsammans att ROV:en kan detektera om kontakten med användargränssnittet bryts och att den då stänger av reläerna och tar sig upp till ytan.

Godkänt: Kraven är uppfyllda.

Utfört av: EN, SL, SLC, OW, MJ.

Datum: 2014-11-24 och 2014-11-27.

Testnummer: 48.

Kravnummer: 78.

Testformulering: Testa så att knappen för att få ROV:en att stiga upp till ytan fungerar. Detta testas genom att låta ROV:en köra på ett visst djup och sedan trycka på knappen och se om ROV:en stiger upp till ytan med rätt orientering.

Försöksnummer: 2.

Testbeskrivning: Ett första test gjordes i bassängen i Ljungsbro simhall. Då stängdes reläerna av när ROV:en var på ett visst djup och därefter gjordes en kontroll för att se om den steg upp till ytan med rätt orientering. Knappen för att få ROV:en att ta sig upp till ytan fungerade inte och därför fixades denna vid ett senare tillfälle. Vid ett andra test så sattes ROV:en igång då den var på land. Därefter trycktes knappen in och en kontroll gjordes för att se om reläerna stängdes av.

Testresultat: Lyckat testresultat. De båda testen verifierar tillsammans att knappen fungerar och att ROV:en tar sig upp till ytan med horisontell orientering då knappen har tryckts in.

Godkänt: Kravet är uppfyllt.

Utfört av: EN, SL, SLC, MJ.

Datum: 2014-11-24 och 2014-11-27.

7 Krav som ej har verifierats

Krav 68 gick inte att uppfylla eftersom att alla krav på funktionalitet samt prestanda gällande den decentraliserade regulatormed med prioritet 1 ej kunde uppfyllas vid minst 9 av 10 identiska på varandra följande tester. Detta var en följd av att krav 36 ej kunde testas 10 gånger. Krav 36 var tänkt att testas genom att låta ROV:en orientera sig runt sitt geometriska centrum i 10 s samtidigt som en ring lades runt ROV:en med en diameter som var 0,2 m större än ROV:ens längd. Därefter var det tänkt att se så att ROV:en inte translaterade så mycket att den hamnade utanför ringen. Detta test prioriterades dock bort på grund av tidsbrist och strul med annan funktionalitet.

Krav 31 kunde inte verifieras till fullo på grund av tidsbrist. Det var tänkt att värden på pitch- och yawvinkel skulle sättas i GUI:t då LQ-regulatorm var vald och ROV:en var i bassäng. En visuell kontroll skulle sedan göras för att utvärdera om LQ-regulatorm reglerade mot de satta referensvärdena. Hela testet

(se test 16) kunde inte göras på grund av bristande funktionalitet i LQ-regulatorn och tidsbristen gjorde att detta problem inte hann lösas.

Krav 32 är inte helt uppfyllt (se test 8a och 8b). Då den decentraliserade regulatorn skulle reglera för referenshastigheter i pitchled så fungerade inte loggningen av data vilket upptäcktes i efterhand. Genom att observera ROV:en under körningen så såg det bra ut men kravet kan inte verifieras av loggad data. På grund av tidsbrist fanns ingen möjlighet att göra om testet som annars hade gått till på liknande sätt som test 8a och 8b.

Krav 33 är inte helt uppfyllt. Integratoruppvridning i den decentraliserade regulatorn i yawled testades inte på grund av tidsbrist och strul med annan funktionalitet. Det finns en funktion i koden som ska ta hand om integratoruppvridning men det har enligt tidigare in verifierats att den klarar detta, se test 19.

Referenser

- [1] TSRT10 Projektgrupp ROV, Oscar Wyckman m.fl. (2014) *Kravspecifikation Remtely Operated Underwater Vehicle*.
- [2] TSRT10 Projektgrupp ROV, Elias Nilsson m.fl. (2014) *Testplan Remtely Operated Underwater Vehicle*.