

Zoran VUKIĆ

Razvoj hrvatskog istraživačkog potencijala u podvodnoj robotici

1. Uvod

Republika Hrvatska bila je 80-ih godina prošloga stoljeća na svjetskoj razini u području istraživanja i razvoja podmorskih sustava i tehnologija. *Brodarski institut* prednjačio je u tom razvoju i u njemu su se u to vrijeme razvijale podmornice, diverzantske ronilice (npr. ronilica R-2) i bespilotne ronilice (npr. daljinski upravljana bespilotna ronilica *Povium*). Posljednja podmornica porinuta u more 1996. godine bila je diverzantska podmornica *Velebit* koja je nakon desetak godina stavljena izvan uporabe. Time je R. Hrvatska ostala bez podmornica nakon 100 godina uspješnog razvoja istih [1]. Podmorski sustavi i tehnologije proteklih dvadesetak godina nisu imali u nas odgovarajuću financijsku potporu za dalji razvoj, istraživanje se postupno smanjivalo, a kao rezultat toga procesa R. Hrvatska je gubila stručna znanja koja su nekada postojala. Naše podmorje bez odgovarajućih tehničkih sustava postalo je prostor sa sve manjim mogućnostima nadzora i praćenja promjena. Na *Fakultetu elektrotehnike i računarstva* u Zavodu za automatiku i računalno inženjerstvo od kasnih 60-ih godina prošloga stoljeća postoji skupina istraživača koja se bavi problematikom vođenja i upravljanja plovilima. U žarištu njihova zanimanja bilo je vođenje i upravljanje brodovima da bi se s vremenom njihovo zanimanje sve više usmjeravalo prema vođenju i upravljanju podvodnih objekata (podmornica i bespilotnih ronilica). U protekla dva projektna razdoblja MZOŠ financira od 2002. do

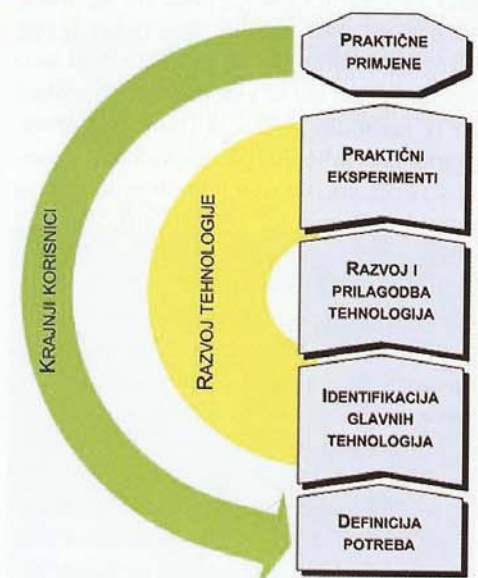
2006. godine projekt pod nazivom „RoboLab-sustav vođenja i upravljanja automatiziranim plovnim laboratorijem“, a od 2007. godine do danas projekt pod nazivom „RoboMarSec-podvodna robotika u zaštiti podmorja i pomorskoj sigurnosti“. RoboLab projekt razvijao je postupke vođenja i upravljanja dvaju autonomnih plovila (ronilice i katamarana) koja na kooperativan način obrađuju zadani akvatorij. Zamisao projekta je bila projektirati autonomni plovni laboratorij kod kojega dva plovila (podvodno i površinsko) skupljaju uzorke koje analiziraju u automatskom laboratoriju na katamaranu i šalju rezultate analize u zapovjedni centar ili spremaju uzorke za dalju obradu u laboratoriju na kopnu. RoboMarSec projekt temeljem misija (biologija/ekologija mora, pomorska zaštita i sigurnost, te pomorska arheologija) kao i tehnoloških dostignuća u robotici razvija sustave za navigaciju, vođenje i upravljanje bespilotnim ronilicama (autonomne-AUV i daljinski upravljane-ROV). Ova dva znanstvena projekta, koji se bave vođenjem i upravljanjem bespilotnih ronilica i bespilotnih površinskih plovila, ujedno su i jedini znanstveni projekti u R. Hrvatskoj koji se bave podvodnom robotikom. Objavljeni radovi ovih projekata mogu se naći na <http://bib.irb.hr>. Oba projekta bili su ambiciozni u ciljevima, ali nažalost nisu imali odgovarajuću financijsku potporu koja bi omogućila realizaciju svih postavljenih ciljeva.

Glavni poticaji razvoja podvodnih sustava i tehnologija u svijetu su u područjima:

- Istraživanja/eksploatacije nafte/plina u podmorju,
- Pomorska zaštita i sigurnost,
- Istraživanja klimatskih promjena,
- Istraživanje u području biologije/ekologije mora,
- Hidrografska, oceanografska i druga istraživanja,
- Tehnološki razvoj u drugim područjima,

- Tehnološka dostignuća u područjima robotike, komunikacija, upravljanja ... Zanimanje Laboratorija za podvodne sustave i tehnologije (LAPOST) moglo bi se svesti na sljedeće:
- Utvrđivanje stanja podmorja i priobalja uz pomoć bespilotnih ronilica i senzora,
- Razvoj novih sustava navigacije, vođenja i upravljanja bespilotnim plovilima koji olakšavaju rad krajnjim korisnicima tih sustava,
- Razvoj novih podvodnih sustava, tehnologija i tehnoloških rješenja koja bi se koristila u zaštiti podmorja, priobalja i za pomorsku sigurnost. Aktivnosti LAPOST-a karakteriziraju:
- Multidisciplinarnost koja je danas nužna kako bi se dobio sinergijski učinak,
- Dijalog između potencijalnih korisnika iz različitih disciplina i onih koji za njih razvijaju tehnologiju jedino može dati željeni rezultat: sredstvo (tehnološku platformu) koje je popularno u primjeni - slika 1.

Slika 1 Karakteristični koraci našega pristupa



Adresa autora:

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zavod za automatiku i računalno inženjerstvo, Laboratorij za podvodne sustave i tehnologije

Unska 3, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska; e-mail: zoran.vukic@fer.hr

2. Razvoj hrvatskog istraživačkog potencijala u podvodnoj robotici

Kako su potencijali, zanimanje i financijske mogućnosti R. Hrvatske za razvoj podvodne robotike bili nedostadni za iole ambicioznije ciljeve na tom planu, pristupilo se prijavi projekta na program Europske unije za razvoj istraživačkih potencijala u manje razvijenim područjima Europe – tzv. program FP7 Capacities. Na natječaju FP7-REGPOT-2008 -1 ostvaren je uspjeh koji nam je omogućio intenziviranje istraživanja u području podvodnih sustava i tehnologija (podvodne robotike) koje je multidisciplinarno, zanimljivo i za R. Hrvatsku kao pomorsku zemlju vrlo važno. Naš cilj bio je ponovno formirati kritičnu masu stručnjaka koji bi trebali dalje razvijati ovo područje i koji bi za širu regiju formirali centar izvrsnosti za podvodne sustave i tehnologije po europskim pokazateljima izvrsnosti. Laboratorij za podvodne sustave i tehnologije već sad ima određene pokazatelje koji ga kvalificiraju za centar izvrsnosti i jedini je u regiji koji pokriva istraživačku i obrazovnu sastavnicu na području podvodne robotike.

Projekt „Razvoj hrvatskog istraživačkog potencijala u podvodnoj robotici“ (skraćeno CURE) pripada u tzv. *Coordination and Support Actions* (CSA) tip projekta, a Europsko povjerenstvo ga financira u trajanju od 36 mjeseci (od 1.4.2009. do 1.4.2012) u iznosu od 949 049,00 EUR. Specifičnost ovoga projekta je što je na projektu samo jedan partner (UNIZG-FER), što uobičajeno nije slučaj kod FP7 projekata. O projektu se može saznati na web stranici <http://cure.fer.hr>. Stručnjaci-suradnici na projektu dani su u tablici 1. Kao što se vidi domaći stručnjaci su iz različitih područja (biologija mora, pomorska arheologija, pomorska sigurnost) koja koriste ovu tehnologiju, dok su inozemni suradnici poznati stručnjaci iz područja podvodne robotike.

U tablici 2 pokazana je uspješnost hrvatskih projekata na REGPOT natječajima u 2007. i 2008. godini. Financirani su samo projekti koji su skupili 14,5 i 15 bodova od maksimalno 15 bodova.

Teme koje su REGPOT-2008-1 (aktivnost 4.1) natječajem potaknute bile su oslobađanje i razvoj istraživačkoga potencijala istraživačkih jedinica osnovanih u konvergentnim i izvanjskim re-

Tablica 1 Popis suradnika na CURE projektu

Ime suradne organizacije	Osoba	Država
<i>Instituto Superior Tecnico, Institute for Systems and Robotics, Dynamical Systems & Ocean Robotics Lab</i>	Prof. Antonio Pascoal	Portugal
<i>The National Research Council, Institute of intelligent systems for automation (CNR-ISSIA)</i>	Massimo Caccia, Ph.D.	Italija
<i>University of Limerick, Department of Electronic and Computer Engineering</i>	Prof. Daniel Toal Dr.sc. Edin Omerdić	Irska
<i>Polytechnic University of Marche, DIIGA-Dept. Computer, Management & Automation Engineering</i>	Prof. Giuseppe Conte	Italija
<i>Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zavod za biologiju mora</i>	Prof. Tatjana Bakran-Petricioli	Hrvatska
<i>Brodarski institut, Zagreb</i>	Mr.sc. Dušan Kalember Marin Stipanov	Hrvatska
<i>Institut za istraživanje i razvoj obrambenih sustava</i>	Prof.dr.sc. Dario Matika	Hrvatska
<i>Hrvatski restauratorski zavod</i>	Krunoslav Zubčić	Hrvatska

Tablica 2 Rezultati REGPOT natječaja iz 2007. i 2008. godine

	FP7-REGPOT-2007-1 (22 mil.€)		FP7-REGPOT-2008-1 (29 mil.€)	
	Ukupno	iz Hrvatske	Ukupno	iz Hrvatske
Prijedloga projekata	258	2	475	24
Evaluirano projekata	239	2	471	24
Iznad praga (10/15)	83 (34,7%)	2	193 (40,6%)	13 (54,2%)
Bit će financirano	23 (9,6%)	1	32 (6,7%)	4 (16,7%)

gijama EU. Na ove natječaje mogu se prijavljivati projekti iz svih hrvatskih regija, što otvara mogućnost osuvremenjivanja istraživačkih laboratorija novom opremom, zapošljavanje istraživača i lakše širenje informacija o rezultatima istraživanja.

Cilj CURE projekta jest osnaživanje hrvatskog znanstveno-tehnološkog potencijala u području podvodne robotike (podvodnih sustava i tehnologija) uz pomoć međusobno usklađenih mjera. Mjere su usmjerene prema: poticajima i mobilizaciji ljudskih i materijalnih resursa; izgradnji strateških partnerstava s dobro poznatim istraživačkim centrima u EU; širenju znanstvenih spoznaja i rezultata istraživanja; olakšavanju komunikacije između UNIZG-FER Laboratorija za podvodne sustave i tehnologije (LAPOST) i istraživačkih skupina sa sličnim

znanstvenim zanimanjima u EU, ali i sa drugim sudionicima u regiji; poboljšanju LAPOST-ove sposobnosti da odgovori na socio-ekonomske potrebe države i regije osobito u odnosu na Jadransko more. Krajnji je cilj CURE projekta pripremiti uvjete za istraživačko-razvojno uključivanje LAPOST-a u FP7 programe. Ovo uključivanje moguće je ostvariti predlaganjem istraživačkih projekata, znanstvenom suradnjom ili poslovnim kontaktima temeljenim na tehnološkim inovacijama. Projekt će također ojačati vidljivost koja će imati blagotvoran povratni učinak na projekt, kreiranjem i poticanjem odnosa s javnošću kako bi se olakšali širenje, transfer i eksploatacija rezultata projekta, te stimuliralo i poticalo sudioništvo regionalnih organizacija u europskim istraživačkim programima. Da bi se osiguralo postizanje postavljenih cilje-

va, u skladu s ciljevima natječaja pomno su planirani radni paketi (*Work Packages-WP*), zadaci (*Tasks-T*) i isporučevine projekta (*Deliverables-D*). Radni paketi imaju jasno definirane učinke i vremenski plan. Očekivani učinci su u poboljšanju razvojno-istraživačkog kapaciteta i sposobnosti uz pomoć ljudskoga potencijala, brojem novih istraživača i izobrazbom istraživačkoga tima, poboljšanim vođenjem istraživanja, poboljšanom infrastrukturom za istraživanje i kvalitetnijim istraživanjima, što će omogućiti bolje uključivanje u europski istraživački prostor (ERA). Partnerstvo s istraživačkim skupinama u EU dodatno će povećati regionalnu izgradnju kapaciteta i poboljšati istraživački potencijal LAPOST-a u području podvodne robotike. Radni paketi CURE projekta prikazani su grafički na slici 2.

Zbog čega je ovaj projekt važan za R. Hrvatsku? Moguće je identificirati nekoliko razloga:

1. Zaštita podvodnih građevina, arheoloških nalazišta, cjevovoda, plinovoda, brana (slika 3b) akumulacijskih jezera i dr. naša je odgovornost i u izravnoj relaciji s gospodarstvom, osobito sektorima turizma i energetike. Zaštitu je nemoguće provesti bez odgovarajućih novih sustava i tehnologija za podmorje i priobalje.
2. Povećani promet na Jadranu, te izravni i neizravni ljudski utjecaji (zagađenje, eutrofikacija, turizam, nautički turizam, priobalna izgradnja, marikultura itd.) dovode do povećanja zagađenja što onda nužno traži pojačano praćenje ekoloških i bioloških promjena koje se u podmorju i priobalju odigravaju.
3. Raznolikost morskih staništa istočnog

dijela Jadrana je velika, danas su mnoga od njih ugrožena ljudskim utjecajem ali još uvijek nedostatno poznata (slika 3c), te postoji opasnost da neka od njih nestanu prije nego budu istražena/valorizirana.

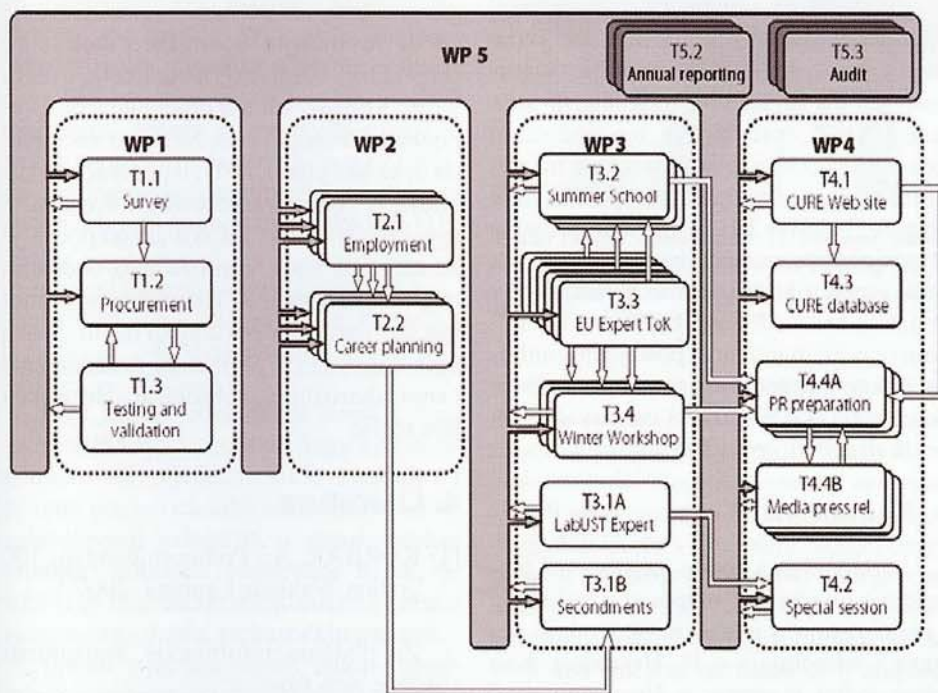
4. Zaštita luka i plovnih putova, pomorska sigurnost i neutralizacija neeksplozivnih sredstava na dnu mora, te borba protiv globalnoga terorizma, koji čini se ima intenciju proširiti svoju aktivnost na more i podmorje, treba odgovarajuću tehničku potporu i pripremu (slika 3a).

Svi navedeni razlozi daju nam za pravo ustvrditi kako su istraživanje i razvoj novih sustava i tehnologija kojima će se omogućiti bolja zaštita, praćenje i istraživanje podmorja i priobalja, nužni i za R. Hrvatsku kao pomorsku zemlju. Nužno je u njezinim nastojanjima da odgovori mnogim izazovima koji stoje pred njom, kako onima koji proizlaze iz njezinih međunarodnih obveza, tako i onima koji proizlaze iz njezinih vlastitih političkih odluka da sačuva i za nove naraštaje osigura vodne izvore, more i priobalje na kojima će budući naraštaji moći graditi svoju budućnost.

Raspodjela proračuna na CURE projektu morala je biti u skladu s uvjetima u natječaju i prikazana je na slici 4.

Na projektu CURE planiraju se sljedeće aktivnosti:

- 3 radionice. Prva je održana 15. 4. 2010. godine u Zagrebu na FER-u (Unska 3) – vidi <http://cure.fer.hr>.
- 3 jednotjedna treninga "Breaking the Surface" (BtS) (<http://bts.fer.hr>). Prvi jednotjedni trening BtS2009 (<http://bts.fer.hr/Bts2009/>) održan je od 5. do 11. listopada 2009. godine na Murteru (Nacionalni park Kornati). Drugi će se održati od 27.9.2010. do 3.10.2010. godine na Murteru i akvatoriju Nacionalnoga parka Kornati.



Slika 2 PERT dijagram radnih paketa CURE projekta

Slika 3 (a) Mina na dnu

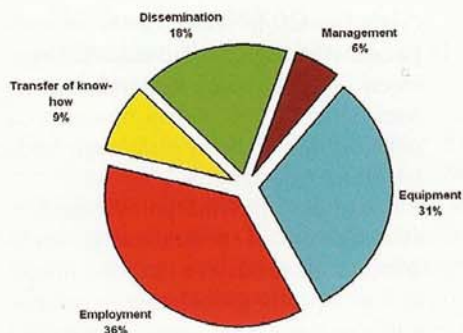


(b) Pregled brane (Peruća)



(c) Spužva mesožderka





Slika 4 Raspodjela proračuna na CURE projektu

- Misije s ciljem testiranja novih algoritama, navigacije, vođenja, obrade signala i sl.
- Sudjelovanje na međunarodnim konferencijama, organizacija posebnih sekcija, suradnja s centrima izvrsnosti u regiji na području podvodnih sustava i tehnologija ...

Projekt trenutačno zapošljava četiri istraživača, a u lipnju 2010. godine zaposlit će se još jedan istraživač i time u potpunosti realizirati plan zapošljavanja. Jedan od uvjeta koji se tražio REGPOT natječajem bio je zaposliti povratnika-stručnjaka koji je stekao stručnost / specijalizaciju u inozemstvu i koji bi bio spreman vratiti se u R. Hrvatsku. Projekt je uspio zadovoljiti taj uvjet natječaja i angažirati takvoga stručnjaka - povratnika iz SAD. Iz ovoga se vidi da REGPOT projekti potiču povratak stručnjaka koji su u inozemstvu stekli odgovarajuće obrazovanje i znanstveni stupanj, te se na taj način bore protiv tzv. „brain draina“ koji je u nas dosta izražen.

Oprema koja se tijekom 2009. godine nabavila zahvaljujući CURE projektu (~30% sredstava) sastoji se iz sljedećih bespilotnih ronilica i senzoričke za njih (više na <http://cure.fer.hr/>):

1. Autonomna bespilotna ronilica (AUV) *Iver2* na kojoj je postranični (*side-scan*) sonar i 10 zrakasti DVL/ADCP na glavi ronilice (slika 5b).
2. Daljinski vođena bespilotna ronilica (ROV) *Seamor 300F* s *multi-beam* sonarom i DVL-om (slika 5a).
3. *Lynn T-38* sustav za poboljšanje snimaka s kamere.
4. *Tritech MicroNav* USBL sustav za podvodnu navigaciju.



Slika 5 (a) Seamor 300F ROV



(b) Iver2 AUV

5. UWM2000 hidroakustički sustav (modem) za podvodnu komunikaciju,
6. CTD sonda za mjerenje vodljivosti, temperature, dubine,
7. Optički senzori za mjerenje turbiditeta, florescena, rodamina, ulja, klorofila...

Ova oprema omogućuje nam obavljanje zahtjevnijih misija za različite svrhe (biologija/ekologija, arheologija, sigurnost ...). Za razliku od mogućnosti koje je LAPOST imao kad je bio financiran samo od MZOŠ-a, a koja sredstva nikako nisu mogla zadovoljavajuće pokriti naše potrebe, sredstva EU FP7 CURE projekta otvaraju nove perspektive i mogućnosti rada. Pored toga što nam se otvaraju nova područja za istraživanja koja su sada s novom opremom moguća, postajemo zanimljiviji kao partneri i drugim istraživačkim skupinama kod planiranja istraživačkih ili nekih drugih tipova FP7 projekata.

3. Zaključak

Laboratorij za podvodne sustave i tehnologije mjesto je kvalitetnog istraživanja i obrazovanja u području podvodnih sustava i tehnologija u R. Hrvatskoj. Kao takav jedini je centar u široj regiji koji ima potrebnu ekspertizu, ali i opremu kojom je moguće obavljanje zahtjevnijih misija u podmorju Jadrana. Oprema je nabavljena sredstvima EU zahvaljujući FP7 projektu „Razvoj hrvatskog istraživačkog potencijala u podvodnoj robotici“. Svojim dosadašnjim znanstveno-istraživačkim radom Laboratorij je prepoznat u svijetu po svojim dostignućima i rješenjima koja su prihvaćena i služe u primjenama na bespilotnim plovilima drugih istraživačkih sku-

pina. Naša su istraživanja primijenjena i služe onima koji ove sustave i tehnologije koriste u svojem radu. Europski FP7 projekt „Razvoj hrvatskog istraživačkog potencijala u podvodnoj robotici“ omogućio je intenzivniji istraživački rad i Laboratorij doveo na razinu koja se nije mogla ostvariti bez pomoći izvana. Očekuje se da će tijekom 36 mjeseci koliko će projekt trajati, utjecaj Laboratorija u regiji jačati, a njegov status i dostignuća biti prepoznati u Europi i šire. Može se zaključiti da bi se bez pomoći EU, istraživačke aktivnosti iz podvodne robotike s vremenom ugasile i da se ovo itekako važno područje istraživanja zbog kontinuirano nedostatnog financiranja u R. Hrvatskoj ne bi moglo razvijati na odgovarajući način. Šansu koja nam je FP7 projektom pružena znat ćemo iskoristiti na dobrobit R. Hrvatske i šire regije.

4. Literatura

- [1] KORBAR, A.: Podmorničarstvo: 100 godina. Naklada Laurana. 2007.

Za dodatne informacije konzultirati sljedeće web stranice:

1. <http://lapost.fer.hr>
2. <http://cure.fer.hr/>
3. <http://bts.fer.hr>
4. <http://bts.fer.hr/Bts2009/>
5. <http://www.ocean-server.com>
6. <http://www.amloceanographic.com>
7. <http://www.seamor.com>
8. <http://www.videoray.com>
9. <http://turnerdesigns.wordpress.com>
10. <http://www.link-quest.com>