

# Potencijali istraživačkog rada na Građevinskom fakultetu u Rijeci

---

**Cuculić, Marijana; Mrakovčić, Silvija; Jagodnik, Vedran; Smolčić, Željko; Travaš, Vanja**

*Source / Izvornik:* **Zbornik radova Sabora hrvatskih graditelja, 2016, 953 - 962**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:157:565356>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



## Potencijali istraživačkog rada na Građevinskom fakultetu u Rijeci

Marijana Cuculić, Silvija Mrakovčić, Vedran Jagodnik, Željko Smolčić, Vanja Travaš  
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

### Sažetak

U okviru projekta RISK opremljeni su laboratorijski prostori sljedećih sastavnica Sveučilišta u Rijeci: Centar za visokopropusne tehnologije, Centar za mikroznanoosti i nanoznanoosti i tehnologije, Centar za napredno računanje i modeliranje te laboratoriji Građevinskog fakulteta. Ukupna vrijednost projekta iznosi 180.182.048,91 kn, od čega je u iznosu od 85 % projekt sufinanciran iz sredstava EU fonda za regionalni razvoj 2007-2013, a preostali dio financiralo je Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa (15 %). U radu je pažnja usmjerena na laboratorije Građevinskog fakulteta u Rijeci za čije je opremanje utrošeno 53.374.535,82 kn.

*Gljučne riječi: Građevinski fakultet u Rijeci, RISK, laboratorijska oprema*

## Research Potential at the Faculty of Civil Engineering in Rijeka

### Abstract

Through the project RISK the following laboratories at the University of Rijeka were equipped: Center for high technology, the Centre for Micro and Nano Science and Technology, Center for Advanced Computing and Modeling and the laboratories of the Faculty of Civil Engineering. The total value of the project was 180,182,048.91 kn and in the amount of 85 % was co-financed by the EU Regional Development Fund from 2007 to 2013, and the remain amount was financed by the Croatian Ministry of Science, Education and Sports (15 %).

*Key words: Faculty of Civil Engineering in Rijeka, RISK, laboratory equipment*

## 1 Uvod

Na Građevinskom fakultetu u Rijeci, u okviru projekta "Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci" (skraćeno RISK), opremljeni su prostori laboratorija za prometnice, za geotehniku, za konstrukcije, za materijale i za hidrotehniku, i to modernom laboratorijskom opremom, ali i opremom namijenjenoj za provođenje terenskih ispitivanja i mjerenja (*in-situ*). Projekt RISK je sufinanciran iz Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR) i Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH te se vodi pod oznakom RC.2.2.06-0001. Ovaj rad proizlazi iz želje za ostvarivanjem znanstvenih i stručnih suradnji između djelatnika Građevinskog fakulteta i drugih istraživača ili projekatanta koji imaju interes u provođenju laboratorijskih i/ili terenskih mjerenja te tako koristiti sve one usluge koje su oplemenile djelatnost Građevinskog fakulteta u Rijeci posjedujući suvremenu laboratorijsku opremu. U tu svrhu se unutar rada prezentira laboratorijska oprema, te će se posebno razmatrati kapitalna oprema koja se nalazi na Građevinskom fakultetu u Rijeci i koja je već u relativno malo vremena otkako je instalirana, kalibrirana i puštena u rad, privukla pažnju mnogih u RH ali i izvan njenih granica. Dakle, svrha rada je popularizirati istraživačke aktivnosti koje se provode i mogu provoditi u eksperimentalnom radnom okruženju na Građevinskom fakultetu u Rijeci te tako uputiti na novonastali istraživački potencijal koji se može primijeniti u svrhu rješavanja problema praktične prirode ili pak u svrhu kalibriranja i validiranja teorijskih modela koji dosad nisu imali prilike stati pred eksperimentalnu kušnju. U zasebnom poglavlju predstavlja se svaki laboratorij, i to s odabranom laboratorijskom opremom kojom raspolaže.

## 2 Laboratorij za prometnice

Opremanjem laboratorija za prometnice bilo je nužno uspostaviti laboratorij koji će zadovoljiti potrebe nastavnog laboratorijskog rada i dati mogućnost istraživanja s naglaskom na transfer novih tehnologija. Laboratorij za prometnice Građevinskog fakulteta u Rijeci opremljen je laboratorijskom opremom koja omogućava provedbu osnovnih ispitivanja asfaltnih mješavina, ali isto tako i naprednih dinamičkih ispitivanja. Posebno će se istaknuti oprema koja omogućava utvrđivanje stanja postojećih cesta.

### 2.1 Ispitivanja asfaltnih mješavina

U budućnosti će se ispitivanja asfaltnih mješavina bazirati na fundamentalnom pristupu koji nam omogućava spoznaju o funkcionalnim svojstvima i ponašanju asfaltnih mješavina u uporabi. Iskustva fundamentalnog pristupa u Republici Hrvatskoj neusporedivo su manja od iskustava empirijskog pristupa kojim su izgrađeni asfaltni slojevi naše cjelokupne cestovne mreže. Opremljenost Laboratorija za prometnice Građevinskog fakulteta u Rijeci omogućava istraživanja koja će, koristeći lokalne materijale i lokalne uvjete uporabe, ubrzati prilagodbu novom pristupu (slika 1.).

S obzirom na to da Laboratorij raspolaže i opremom empirijskog pristupa, mogu se istražiti korelacije koje bi povezujući dva pristupa pokušale iskoristiti dosadašnja pozitivna iskustva u proizvodnji i ugradnji asfaltnih mješavina. Prikupljeni podaci bit će značajna pomoć kvalitetnijem određivanju uvjeta u budućim tehničkim propisima kako na lokalnoj tako i na državnoj razini. Time će se unaprijediti trajnosti i služnosti cesta te konkurentnosti cestograđevnog sektora.



Slika 1. Uređaj za ispitivanje krutosti i zamora; valjkasti i kružni zbijlač

## 2.2 Terenska ispitivanja

Danas kada je intenzivna izgradnja cesta u Hrvatskoj donekle završila, sve se više razmatra održavanje izgrađenih cesta. Planiranje financijskih sredstava trebalo bi uključivati ocjenu stanja cesta na temelju kojeg bi se lakše donijela odluka o prioritetima održavanja te definirale aktivnosti potrebne za podizanje uporabne razine cesta. Stanje cestovne infrastrukture je jedno od ključnih elemenata prilikom planiranja potrebnih financijskih sredstava. Stanje cestovne infrastrukture danas se najčešće definira kroz ocjenu površinskog stanja što uključuje ispitivanja neravnosti (poprečne i uzdužne), teksture kolnika i vizulani pregled kolnika. Takva ispitivanja omogućuju podatak o funkcionalnom stanju kolnika. Međutim, za ukupnu ocjenu stanja kolnika potrebno je poznavati i njegovo strukturno stanje. Podaci o strukturnom stanju mogu se prikupljati razornim metodama (vađenje jezgri i iskop sondažnih jama) i nerazornim metodama (mjerjenje defleksija i opisivanje i lociranje karakteristika potpovršinskih slojeva). Nerazorne metode danas su sve popularnije radi smanjenog vremena prikupljanja podataka, većeg broja podataka na dionici te operativne brzine ispitivanja.

## 3 Laboratorij za materijale

Laboratorij za materijale opremljen je laboratorijskom opremom za razorno i nerazorno ispitivanje fizikalnih i mehaničkih svojstava anorganskih veziva, agregata, svježeg i očvrstnulo betona te drugih materijala.

### 3.1 Oprema za ispitivanje svojstava anorganskih veziva

S pomoću laboratorijske opreme mogu se ispitati osnovna svojstva anorganskih veziva: finoća mliva, gustoća, konzistencija rasprostiranjem i standardna konzistencija, postojanost volumena i toplina hidratacije. Vrijeme vezanja cementne paste na zraku i pod vodom može se provesti na tri međusobno i s računalom povezana programabilna Vicatova uređaja.

### 3.2 Oprema za ispitivanje svojstava agregata

Laboratorij je opremljen uređajima kojima se može ispitati široki spektar svojstava agregata za ugradnju u građevinarstvu, i to geometrijskih, mehaničkih i fizikalnih parametara kao što su: oblik zrna, udio sitnih čestica, otpornost na drobljenje, habanje i abraziju i mnoge druge. Ispitivanje otpornosti agregata i drugih materijala na cikluse smrzavanja i odmrzavanja može se provesti u programabilnoj klimatskoj komori zapremine 500 l, s mogućnošću odabira raspona temperature od  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  te vlažnosti od 20 do 95 %.

### 3.3 Oprema za ispitivanje svojstava betona

Ovom se opremom mogu pripremati, obrađivati uzorci te ispitivati fizikalna i mehanička svojstva svježeg i očvrstelog betona kao što su konzistencija, poroznost, vodopropusnost, plinopropusnost, skupljanje, količina i prodor kloridnih iona, čvrstoća veze i druga.

### 3.4 Oprema za multifunkcionalno ispitivanje

Oprema se sastoji od servohidrauličnog sustava kojim se može kontrolirano nanositi sila i pomak prilikom statičkih i dinamičkih ispitivanja niskih frekvencija na četiri ispitna modula (slika 2.).



Slika 2. Uređaj za multifunkcionalno ispitivanje građevnih materijala i proizvoda

Sustavom se provode ispitivanja čvrstoće na tlak, cijepanje, savijanje, ciklička ispitivanja za određivanje sekantnog modula elastičnosti, određivanje duktilnosti i energije sloma betona ojačanog vlaknima ili žilavosti betonskih ploča pod koncentriranim opterećenjem. Ta se svojstva mogu ispitivati na uzorcima očvrstnalog betona ili morta različitih oblika, na uzorcima opeke ili blokova, betonskih rubnjaka i ploča kružnog i kvadratnog oblika, drvenih uzoraka te materijala manjih čvrstoća.

### **3.5 Oprema za ispitivanje fizikalnih parametara materijala**

Laboratorij ima i opremu za ispitivanje fizikalnih parametara materijala i prostora. Tako se mogu odrediti termofizikalna svojstva materijala, stupanj toplinske vodljivosti materijala, kvaliteta zraka u objektima, analizirati akustička svojstva prostora, provesti akustičko mapiranje, detekciju i mjerenje te mjeriti i analizirati vibracije.

## **4 Laboratorij za geotehniku**

Laboratorij za geotehniku Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci opremljen je kroz RISK projekt (Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci) opremom za geotehnička ispitivanja tla i stijene približne vrijednosti 8.3 milijuna kuna. Osim standardne opreme koja se koristi u geotehničkim laboratorijima, poput opreme i uređaja za klasifikaciju tla, izravno smicanje, konsolidaciju i troosna ispitivanja tla, Laboratorij za geotehniku opremljen je i drugom novorazvijenom i naprednom opremom. Laboratorij je podijeljen u dva dijela, ovisno o vrsti materijala na kojima se ispitivanja mogu provoditi: 1) laboratorij za mehaniku i dinamiku tla i 2) laboratorij za mehaniku stijena.

### **4.1 Laboratorij za mehaniku i dinamiku tla**

Laboratorij za mehaniku i dinamiku tla opremljen je, osim standardnom opremom za ispitivanje tla, i uređajem za izravno smicanje s kutijom za smicanje dimenzija 30 x 30 cm, [1], te naprednim uređajem za izravno smicanje (GDS Advanced Shearbox). Dimenzija kutije za smicanje GDS-AS uređaja iznosi 10 x 10cm, a mogućnost nanošenja vertikalnog i normalnog opterećenja iznosi 10 kN. Za razliku od uobičajenih uređaja za izravno smicanje, GDS-AS ima mogućnost mjerenja pornog tlaka (1 MPa), kao i povratnog tlaka (do 2 MPa). Baza uređaja od "high air entry" poroznog kamena omogućuje prolazak zraka u jednom smjeru čime je omogućeno ispitivanje uzorka tla u nesaturiranim uvjetima. Također treba napomenuti mogućnosti ispitivanja dinamičkog utjecaja na uzorak tla korištenjem "bender" elemenata.

U laboratoriju je uspostavljen sustav od tri okvira za troosne uređaje (slika 3.) sa ćelijama koje omogućuju ispitivanje uzoraka tla različitih dimenzija (38 mm, 50 mm, 70 mm i 100 mm). Zračni sustav s tlakom do 1 MPa omogućuje jednak maksimalni ćelijski tlak u troosnim ispitivanjima, a računalni sustav uređaja (ATD-RTC-PC) omogućuje potpuno automatiziran proces ispitivanja. Osim standardnom opremom za troosno ispitivanje, laboratorij je opremljen i naprednim uređajima za troosna ispitivanja:

- troosnom ćelijom s dvostrukom stijjenkom za ispitivanje uzorka u nesaturiranim uvjetima i
- "bender" elementima za dinamićka ispitivanja uzoraka promjera 70mm s pripadajućim generatorom i prijamnikom signala.

Laboratorij za geotehniku je opremljen za napredna dinamićka/ciklićka ispitivanja tla. Dva uređaja koja pružaju mogućnost dinamićkog/ciklićkog ispitivanja tla su:

- uređaj "Resonant Column" (RC)
- dinamićki/ciklićki uređaj (DCTRIAX) za troosno smicanje.

Uređaj DCTRIAX ima mogućnosti statićkog i dinamićkog ispitivanja uzoraka tla, gdje se dinamićki utjecaji mogu definirati na različite načine (sinusoidni, trokutasti, trapezoidni oblik funkcije opterećenja, ili pak zapis akceleracije od potresa). RC uređaj je sada vrlo rijedak kao oprema u geotehničkim laboratorijima u regiji i vjerojatno jedini na širem području, te ima mogućnost kontinuirane promjene frekvencije pomoću RC CHIRP postupka, [2].



Slika 3. Sustav za troosno ispitivanje uzoraka tla

## 4.2 Laboratorij za mehaniku stijena

Dio Laboratorija za geotehniku osposobljen je za neka od standardnih ispitivanja uzoraka intaktne stijenske mase prema ISRM standardima. Osim opreme za pripremu uzoraka stijene (bušenje - Hilti DD500, piljenje - Matest C348N, brušenje uzoraka - Matest C298), laboratorij posjeduje hidraulićnu prešu Form+Test Alpha 2000S s cjelokupnom pripadajućom opremom za troosna i druga ispitivanja uzoraka stijene.

## 5 Laboratorij za konstrukcije

Od kapitalne laboratorijske opreme nabavljeni su univerzalni tlaćno-vlaćni stroj za ispitivanje (kidalica) i kruti ćelićni okvir s dva aktuatora. Univerzalni tlaćno-vlaćni stroj za ispi-

tivanje (kidalica) *Zwick Z 600E* (slika 4.a) kapaciteta je 600 kN i pokretan je elektromotorom. Glavna namjena kidalice je monotono statičko ispitivanje, a osim toga moguća su i niskociklička ispitivanja do 0,5 Hz. Ispitivanja na kidalici moguće je raditi uz kontrolu sile, kontrolu pomaka i kontrolu deformacije (ekstenzometar). Brzine ispitivanja pri kontroli pomaka su od 0,001 do 320 mm/min. Kidalica je koncipirana tako da ima dva radna prostora. Gornji radni prostor primarno je namijenjen za vlačna ispitivanja, dok je donji radni prostor namijenjen za tlačna ispitivanja i ispitivanja na savijanje. Za prihvata uzoraka imamo hidraulične čeljusti (600 kN), pneumatske čeljusti (10 kN) i mehaničke čeljusti (10 kN). Uz kidalicu nabavljeni su alati i umetci za ispitivanje okruglih i pravokutnih uzoraka čelika, ispitivanje drva i ispitivanje plastike. Strojem upravlja računalo programom *testXpert II* kojim se mogu obavljati ispitivanja prema raznim normama (ISO, EN, DIN ASTM i sl.). Kidalica posjeduje i temperaturnu komoru u kojoj se mogu vršiti ispitivanja od -80 °C do 250 °C uz pomoć mehaničkih čeljusti (10 kN).

Kruti čelični okvir s dva aktuatora čini opremu za precizna statička i dinamička ispitivanja predgotovljenih elemenata te dijelova raznih građevinskih i drugih konstrukcija (slika 4.b). Čelični okvir je tlocrtnih dimenzija 5,0 x 3,6 m osno, s mogućnošću produljenja na 7,0 m, te visine 6,0 m stabiliziran s dva kosnika u uzdužnom smjeru. Betonski temeljni blok, na koji se oslanja čelični okvir, dimenzija je 10,0 x 5,0 m tlocrtno, te 1,5 m dubine odvojen od ostatka temeljne konstrukcije s amortizirajućim slojem gume debljine 5 cm. U betonski blok na određenom rasteru ugrađena su sidra na koja se priključuju stupovi čeličnog okvira i uzorci koji se ispituju. Aktuatori su kapaciteta 500 kN i 250 kN i imaju mogućnost cikličkog ispitivanja s frekvencijom do 10 Hz s mogućim pomakom cilindra od 250 mm pokretani hidrauličnom pumpom snage 95 kW. Posebno su pogodni za ispitivanje zamora materijala odnosno trajne dinamičke čvrstoće. Cijeli sustav upravlja se računalom preko programa *Cubus* koji ima mogućnost kontrole procesa ispitivanja preko pomaka ili sile.

Za modelska ispitivanja na utjecaj dinamičke pobude (poput potresa, harmonijskih opterećenja i slično) nabavljen je sustav od dvije dvoosne potresne platforme *Quanser STI-III*. Svaka potresna platforma ima tlocrtnu dimenziju 625 x 625 mm<sup>2</sup> i uz maksimalni teret od 130 kg može proizvesti ubrzanje od 1g u svakom od dva smjera. Smanjenjem tereta se povećava ubrzanje koje platforma može proizvesti, pri čemu bez ikakvog tereta može proizvesti ubrzanje od 2,8g u x smjeru i 4,5g u y smjeru. Hod platformi u svakom smjeru je 15 cm, a raspon radnih frekvencija između 0 i 20 Hz. Platforme su kontrolirane pomoću programa napisanih u programskom jeziku *LabView*, što omogućava široki raspon proizvoljno definiranih funkcija pobude zadanih u obliku funkcija položaja. Dvije platforme se mogu koristiti odvojeno i neovisno jedna o drugoj za provođenje dva ispitivanja istovremeno, ali i zajedno na način da ispitani model bude oslonjen i na jednoj i na drugoj platformi. Pri korištenju platformi istovremeno dopuštena je veća maksimalna masa, a pobuda koju one proizvode može biti jednaka (sinkroni rad) ili različita (asinkroni rad).



Čest problem dinamičkih ispitivanja je način praćenja odaziva modela na dinamičku pobudu. Sustav kamera i programa za obradu podataka za 3D beskontaktno optičko mjerenje pomaka i deformacija GOM Aramis/Pontos omogućuje praćenje cijelog tijeka ispitivanja bez promjene geometrije i mase modela. GOM sustav se sastoji od dvije brze kamere, od kojih svaka ima mogućnost snimanja do 168 fps rezolucijom od 2400x1728 piksela te do 1300 fps rezolucijom od 2400x168 piksela. Nakon početne kalibracije, kamere snimaju cijeli tijek eksperimenta i na temelju praćenja površine ispitivanog modela, koja prethodno mora biti adekvatno obrađena, kao rezultat daju podatke o položaju točaka na površini modela. Iz dobivenih sirovih rezultata je moguće pratiti deformacije na površini modela (Aramis) ili brzine i ubrzanja (Pontos). Dva seta leća omogućavaju snimanje mjernih volumena od 25x18mm<sup>2</sup> do 230x170 mm<sup>2</sup> (leće 50 mm) te od 125x90 mm<sup>2</sup> do 2150x1600 mm<sup>2</sup> (leće 20 mm).



Slika 4. Kapitalna oprema laboratorija za konstrukcije: a) kidalica i b) kruti čelični okvir s dva aktuatora

## 6 Laboratorij za hidrotehniku

Prije više godina se u radu [3] prognoziralo kako će opremanje hidrotehničkog laboratorija utjecati na unaprjeđenje nastavnih, znanstvenoistraživačkih i stručnih aktivnosti zaposlenika Katedre za hidrotehniku na Građevinskom fakultetu u Rijeci. Danas, kada je laboratorij opremljen i doveden u operativno stanje, moguće je argumentirano pisati o njegovim istraživačkim potencijalima. U prvom redu treba navesti da se u hidrotehničkom laboratoriju nalazi oprema koja nudi provedbu eksperimentalnih istraživanja u gotovo svim oblastima hidrotehnike: (i) iskorištavanje voda, (ii) zaštita od voda te (iii) zaštita voda. Za ovu treću oblast hidrotehnike (iii), laboratorij raspolaže stručnim kadrom i opremom koja je namijenjena za utvrđivanje relevantnih fizikalnih, kemijskih i bioloških indikatora kakvoće vode. S druge strane, laboratoriji raspolaže i raznovrsnom opremom koja se može koristiti u svrhu definiranja dinamičkih i kinematičkih karakteristika toka, te o tom smislu djeluje u okviru sljedećih tema: hidraulika otvorenih korita, hidraulika podzemnih voda, hidraulika tlačnih sustava te pomorska hidraulika. U svrhu izrade fizikalnih

modela, laboratorij raspolaže suvremenim 3D printerom (slika 5) koji ima radni volumen za izradu fizikalnih modela veličine 20 × 30 × 50 cm. Posebno atraktivna karakteristika printera je mogućnost kombiniranja različitih materijala tijekom izrade fizikalnih modela.



**Slika 5. Od izrade do ispitivanja fizikalnog modela pregrade na Neretvi: a) digitalni model; b) izrada modela u 3D printeru; c) fizikalni model; d) modelsko ispitivanje**

Radi istraživanja toka u otvorenim koritima, hidrotehnički laboratorij raspolaže eksperimentalnim žlijebom koji ima radnu sekciju dimenzija (visina × širina × dužina): 309 × 450 × 12500 mm. Eksperimentalni žlijeb ima nagibno dno u rasponu od -0,5 do + 2,5 %, maksimalni protok 132 m<sup>3</sup>/h te raspolaže generatorom valova i odvojenom pumpom koja se koristi u svrhu transporta sedimenta. U kombinaciji s 3D printerom i dopremljenom PIV tehnologijom mjerenja polja brzina, eksperimentalni žlijeb nudi izrazito napredne mogućnosti za provedbu različitih hidrauličkih analiza koje se pojavljuju unutar hidrotehničkih regulacija vodotoka ali i mnogo šire. Može se spomenuti primjer analize polja brzine u okolini fizikalnog modela pregrade na Neretvi, gdje se još koristila i mehanička robotska ruka kako bi se u laboratoriju vjerodostojno replicirala dinamika spuštanja i podizanja pregrade.

Hidrotehnički laboratorij raspolaže i eksperimentalnim bazenom dimenzija (dubina × širina × dužina): 500 mm × 3000 mm × 6000 mm. Eksperimentalni bazen je opremljen sa 76 otvora promjera 5 mm i ravnomjerno raspoređenih po dnu bazena i na bokove bazena kako bi se pomoću ventila, koji je spojen sa svakim otvorom, moglo simulirati transport vodene mase (u svrhu modeliranja podzemnih voda ako je bazen napunjen granuliranim materijalom ili pak morskih struja ako je napunjen samo vodom). Na jednoj strani bazena se nalazi segmentni generator valova koji pomoću 6 uronjenih klipova može generirati zadani spektar morskih valova.

Laboratorij raspolaže i zračnim tunelom otvorenog tipa koji ima testnu sekciju veličine (visina × širina × dužina): 300 × 300 × 600 mm. Maksimalna brzina struje zraka u testnoj sekciji iznosi 40 m/s. Zračni tunel raspolaže digitalnim sustavom za akviziciju podataka u realnom vremenu te omogućuje prikaz prikupljenih podataka kao što su: raspored tlakova na fizikalnom modelu (32 kanala), brzinu toka, koeficijent uzgona, koeficijent otpora te kut zaokreta fizikalnog modela.

Osim prethodno navedenoga, hidrotehnički laboratorij raspolaže i mjernim uređajima koji se mogu koristiti u svrhu provedbe terenskih istraživanja i mjerenja, i to u različitim oblastima hidrotehnike (hidraulika podzemnih voda, pomorska hidraulika, hidraulika otvorenih tokova, hidraulika tlačnih sustava).

## 7 Zaključak

U radu je prikazan pregled odabrane laboratorijske opreme koja se nalazi na Građevinskom fakultetu u Rijeci. Osim iznijetog elementarnog opisa odabrane laboratorijske opreme, treba napomenuti da se preostali dio opreme nije navodio jer bi se u tom slučaju značajno premašila dopustiva količina teksta i izgubio smisao ovakvog rada koji bi tada poprimio oblik kataloga laboratorijske opreme. Pritom, i samo s izloženim opisom odabrane laboratorijske opreme može se lako zaključiti da se pristiglom opremom značajno unaprijedio istraživački potencijal zaposlenika Građevinskog fakulteta u Rijeci, te se ovom prilikom nastojalo promovirati i na Fakultet. Dakle, pristiglom opremom su ostvareni uvjeti za uspostavljanjem znanstvenoistraživačke suradnje između zaposlenika Građevinskog fakulteta i drugih istraživača, i to one suradnje koja će se potpunosti ili pak u jednim dijelom temeljiti na eksperimentalnoj metodologiji istraživanja. Osim navedenoga, s tako opremljenim laboratorijima se otvara prilika za izradu stručnih analiza koje se prije nisu mogle provesti zbog nedostatka laboratorijske opreme.

## Literatura

- [1] Puniš, U., Jagodnik, V.: Posmično ponašanje krupnozrnatih tala. Zbornik Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci (u tiskanju).
- [2] Cavallari, A.: Soil testing using a Chirp RC, 20<sup>th</sup> IMEKO TC4 International Symposium and 18<sup>th</sup> International Workshop on ADC Modelling and Testing Research on Electric and Electronic Measurement for the Economic Upturn Benevento, Italy, September, pp. 15-17, 2014.
- [3] Travaš, V., Ožanić, N., Karleuša, B.: Uloga eksperimentalne hidraulike na hidrotehničkom usmjeranju Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, 5. Hrvatska konferencija o vodama - Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena, Opatija, 2011.