

# Katedra za instrumentalnu tehniku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Mladen Zrinjski<sup>1</sup>, Antonio Tupek<sup>2</sup>, Kristina Matika<sup>3</sup>

<sup>1</sup> član suradnik HATZ-a, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, [mladen.zrinjski@geof.unizg.hr](mailto:mladen.zrinjski@geof.unizg.hr)

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, [antonio.tupek@geof.unizg.hr](mailto:antonio.tupek@geof.unizg.hr)

<sup>3</sup> Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, [kristina.matika@geof.unizg.hr](mailto:kristina.matika@geof.unizg.hr)

**Sažetak:** Katedra za instrumentalnu tehniku jedna je od 14 katedri Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Na Katedri za instrumentalnu tehniku izvodi se nastavna, znanstvena i stručna djelatnost iz područja geodetskih mjernih instrumenata, metoda terenskih i laboratorijskih mjerenja, preciznih geodetskih mjerenja, izmjere zemljišta te ispitivanja i umjeravanja geodetskih mjerila. Na Katedri su zaposleni jedan redoviti profesor i troje asistenata. S pogledom usmjerenim u budućnost opisana su dva doktorska rada koja su u podmakloj fazi istraživanja, a koja predstavljaju temelj za daljnji razvoj Katedre za instrumentalnu tehniku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

**Gljučne riječi:** Katedra za instrumentalnu tehniku, precizna geodetska mjerenja, geodetska mjerna stanica, UAS, GNSS.

## 1. Uvod

Katedra za instrumentalnu tehniku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu osnovana je 2005. godine kada je uspostavljen novi ustroj prema Statutu Fakulteta. Osnovna djelatnost Katedre za instrumentalnu tehniku je nastava iz područja geodetskih mjernih instrumenata, metoda terenskih i laboratorijskih mjerenja, preciznih geodetskih mjerenja, izmjere zemljišta te ispitivanja i umjeravanja geodetskih instrumenata i drugih mjernih senzora. Pored nastavne djelatnosti, na Katedri se obavlja znanstvena i stručna djelatnost.

## 2. Djelatnici

Na Katedri za instrumentalnu tehniku trenutno su zaposleni:

- prof. dr. sc. Mladen Zrinjski, (od 2017.)
- Antonio Tupek, mag. ing. geod. et geoinf., asistent, (od 2018.)
- Kristina Matika, mag. ing. geod. et geoinf., asistentica, (od 2018.)
- Krunoslav Špoljar, mag. ing. geod. et geoinf., asistent, (od 2021.)

Djelatnici koji su bili zaposleni na Katedri za instrumentalnu tehniku od njezina osnutka:

- izv. prof. dr. sc. Brankica Cigrovski-Detelić, (od 2005. do 2017.), u mirovini
- izv. prof. dr. sc. Zlatko Lasić, (od 2005. do 2014.), u mirovini
- dr. sc. Marko Šljivarić, (od 2005. do 2013.), viši asistent, istek ugovora o radu
- Marina Gudelj, mag. ing. geod. et geoinf., asistentica, (od 2018. do 2021.), sporazumni raskid ugovora o radu
- Goran Jurakić, mag. ing. geod. et geoinf., asistent, (od 2013. do 2018.), sporazumni raskid ugovora o radu

Pročelnik Katedre za instrumentalnu tehniku je prof. dr. sc. Mladen Zrinjski od ak. god. 2017./2018. Izv. prof. dr. sc. Zlatko Lasić bio je pročelnik Katedre od ak. god. 2005./2006. do 2013./2014., a izv. prof. dr. sc. Brankica Cigrovski-Detelić u razdoblju od ak. god. 2014./2015. do 2016./2017. Mladen Zrinjski, Antonio Tupek i Kristina Matika članovi su Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta. Djelatnici Katedre sudjeluju u radu različitih fakultetskih tijela. Mladen Zrinjski obnašao je dužnost prodekana za nastavu i studente Geodetskog fakulteta u mandatnom razdoblju ak. god. 2015./2016. i 2016./2017. Izv. prof. dr. sc. Brankica Cigrovski-Detelić u razdoblju od ak. god. 2013./2014. do 2016./2017. bila je voditeljica Odbora za diplomske i završne ispite. U mandatnom razdoblju ak. god. 2015./2016. i 2016./2017. Mladen Zrinjski bio je voditelj Odbora za nastavu, a od 2017./2018. član je Odbora za znanost. Od ak. god. 2019./2020. Mladen Zrinjski predstojnik je Zavoda za primijenjenu geodeziju, a od ak. god. 2017./2018. zamjenika je voditelja Laboratorija za mjerenja i mjernu tehniku. Kristina Matika članica je Odbora za znanost te Ureda za međunarodnu suradnju i znanstvene projekte Geodetskog fakulteta od ak. god. 2021./2022.

Antonio Tupek član je prosudbenog povjerenstava za Državno natjecanje učenika strukovnih škola – WorldSkills Croatia od 2021. godine, koje organizira i provodi Agencija za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih.

Također, djelatnici Katedre aktivno sudjeluju u radu Tehničkog odbora – TO 172 pri Hrvatskom zavodu za norme (HZN).

### 3. Nastavna djelatnost

Djelatnici Katedre za instrumentalnu tehniku održavaju nastavu iz sljedećih kolegija na Geodetskom fakultetu:

#### Preddiplomski studij

- Geodetski instrumenti (1. semestar, obavezni kolegij)
- *Terenska mjerenja* (2. semestar, obavezni kolegij)
- Izmjera zemljišta (2. semestar, obavezni kolegij)
- Topografija (3. semestar, izborni kolegij)
- Stručna praksa (5. semestar, obavezni kolegij)
- Stručni projekt (5. semestar, obavezni kolegij)
- Praktični rad s geodetskim instrumentima (5. semestar, izborni kolegij)
- Završni ispit (6. semestar, obavezni kolegij)

#### Diplomski studij

- Primjena laserskih uređaja (2. semestar, izborni kolegij)
- Geodezija u geoznanostima (2. semestar, izborni kolegij)
- Precizna geodetska mjerenja (2. semestar, izborni kolegij)
- Utjecaj atmosferskih uvjeta mjerenja na optičku funkciju dalekozora teodolita (3. semestar, izborni kolegij)
- Četverodimenzionalna geodezija (3. semestar, izborni kolegij)
- Diplomski rad (4. semestar, obavezni kolegij)

#### Poslijediplomski doktorski studij

- Automatizacija mjernog postupka u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta (1. i 2. semestar, izborni kolegij)

Pored nastavne djelatnosti na Geodetskom fakultetu, djelatnici Katedre za instrumentalnu tehniku održavaju nastavu i na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu i Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Mostaru.

Za potrebe redovitog održavanja nastave objavljen je sveučilišni priručnik *Terenska mjerenja* (Manualia Universitatis studiorum Zagrabienensis), autori Đuro Barković i Mladen Zrinjski, 2020. godina.

Na Katedri za instrumentalnu tehniku izrađeno je više od 100 diplomskih radova, u okviru kojih su obavljena terenska i/ili laboratorijska mjerenja kao izvorni doprinosi studenata.

Na Katedri za instrumentalnu tehniku izrađeni su studentski radovi za koje su studenti osvojili Rektorovu nagradu Sveučilišta u Zagrebu:

- Krunoslav Špoljar: Softverska podrška za obradu geodetskih mjerenja, mentor: Mladen Zrinjski, 2021. godina.
- Ivana Ćosić, Josip Ćurin: Određivanje i analiza visinskih pomaka nivelmanske mreže u središtu Zagreba, mentor: Mladen Zrinjski, 2021. godina.
- Marina Gudelj: Analiza urbanizacije grada Splita, mentori: Mladen Zrinjski, Mateo Gašparović, 2017. godina.

Nagradu dekana Geodetskog fakulteta za najbolje studentske radove, koji su izrađeni na Katedri, osvojili su studenti:

- Ante Polović: Određivanje nagiba dimnjaka primjenom geodetske mjerne stanice i bespilotne letjelice, mentor: Mladen Zrinjski, 2019. godina.
- Iva Rajković: Prostorno-vremenska analiza stanja vegetacije opožarenog područja na otoku Braču, mentori: Mladen Zrinjski, Mateo Gašparović, 2018. godina.

## 4. Znanstvena djelatnost

Na Katedri za instrumentalnu tehniku obavlja se znanstvena djelatnost, koja rezultira objavom znanstvenih radova u međunarodnim i domaćim znanstvenim časopisima te u zbornicima znanstvenih konferencija.

Izdvajaju se najznačajniji radovi A-kategorije:

- Zrinjski, Mladen; Tupek, Antonio; Barković, Đuro; Polović, Ante. Industrial Masonry Chimney Geometry Analysis: A Total Station Based Evaluation of the Unmanned Aerial System Photogrammetry Approach. *Sensors*. 21 (2021), 18; 6265, 1-25 [1].
- Baričević, Sergej; Barković, Đuro; Zrinjski, Mladen. Umjeravanje preciznih nivelmanskih letvi. *Geodetski list*. 75 (98) (2021), 2; 169-188 [2].
- Zrinjski, Mladen; Barković, Đuro; Matika, Kristina. Precise Measurement and Analysis of the Olympic-size Swimming Pool Lanes Distance. *Geodetski list*. 75 (98) (2021), 1; 45-58 [3].
- Gašparović, Mateo; Zrinjski, Mladen; Barković, Đuro; Radočaj, Dorijan. An automatic method for weed mapping in oat fields based on UAV imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*. 173 (2020), 6; 105385, 1-12 [4].
- Zrinjski, Mladen; Barković, Đuro; Baričević, Sergej. Precise Determination of Calibration Baseline Distances. *Journal of Surveying Engineering*. 145 (2019), 4; 05019005, 1-9 [5].

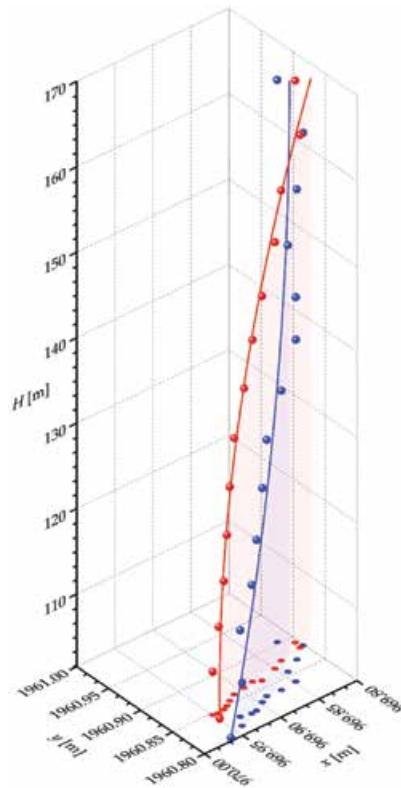
- Zrinjski, Mladen; Barković, Đuro; Tupek, Antonio; Polović, Ante. Ispitivanje i analiza vertikalnosti dimnjaka. *Geodetski list*. 73 (96) (2019), 3; 239-260 [6].
- Gašparović, Mateo; Zrinjski, Mladen; Gudelj, Marina. Automatic cost-effective method for land cover classification (ALCC). *Computers, Environment and Urban Systems*. 76 (2019), 4; 1-10 [7].
- Zrinjski, Mladen; Barković, Đuro; Gudelj, Marina. Ispitivanje i analiza kvalitete mjerenja rotirajućega laserskog sustava. *Geodetski list*. 73 (96) (2019), 2; 109-128 [8].
- Gašparović, Iva; Gašparović, Mateo; Medak, Damir; Zrinjski, Mladen. Analiza prostornih podataka o solarnom potencijalu za Hrvatsku. *Geodetski list*. 73 (96) (2019), 1; 25-44 [9].
- Zrinjski, Mladen; Barković, Đuro; Matika, Kristina. Razvoj i modernizacija GNSS-a. *Geodetski list*. 73 (96) (2019), 1; 45-65 [10].
- Gašparović, Mateo; Zrinjski, Mladen; Gudelj, Marina. Analiza urbanizacije grada Splita. *Geodetski list*. 71 (94) (2017), 3; 189-202 [11].

Posljednji rad koji su djelatnici Katedre za instrumentalnu tehniku objavili u renomiranom međunarodnom časopisu *Sensors*, a zorno prikazuje povezanost nastavne, znanstvene i stručne djelatnosti, jest: *Industrial Masonry Chimney Geometry Analysis: A Total Station Based Evaluation of the Unmanned Aerial System Photogrammetry Approach*. Monitoring i analiza prostornog nagiba visokog industrijskog dimnjaka ključni su iz aspekta njegove stabilnosti jer, u slučaju njegova neodržavanja, može predstavljati veliku potencijalnu opasnost za svoju okolinu. Različiti pristupi određivanju geometrijskih parametara dimnjaka, temeljeni na modernim tehnologijama, aktivno se primjenjuju. Međutim, provedeno je malo znanstvenih istraživanja o primjenjivosti fotogrametrijske izmjere, temeljene na sustavima bespilotnih zrakoplova, u svrhu monitoringa dimnjaka, a nedostaje i sveobuhvatna analiza s ustaljenim metodama. Stoga, ovo je istraživanje usmjereno na određivanje geometrijskih strukturnih parametara zidanog industrijskog dimnjaka u Dugoj Resi pri čemu su primijenjene dvije međusobno neovisne metode geodetske izmjere. Referentne vrijednosti geometrijskih parametara dimnjaka određene su na temelju preciznih mjerenja geodetskom mjernom stanicom. U odnosu na navedena referentna mjerenja evaluirana je primjenjivost fotogrametrijske izmjere temeljene na primjeni bespilotnog zrakoplova (UAS). Metodološki, referentne i testne vrijednosti geometrijskih strukturnih parametara dimnjaka određene su na temelju dvostrukog modeliranja njegove konstrukcije. U prvom koraku primijenjeno je eliptično regresijsko modeliranje dimnjaka u unaprijed definiranim horizontalnim presjecima. U drugom koraku, prostorna os dimnjaka modelirana je primjenom trodimenzionalne polinomne regresijske analize

kako bi se odredio nagib osi uzduž cijelog dimnjaka. U konačnici, strukturna stabilnost dimnjaka ispitana je na temelju iznosa nagiba njegove prostorne osi pri čemu je dopuštena vrijednost nagiba određena prema europskoj normi EN 1996-1-1:2005. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se primjenom geodetske mjerne stanice postižu precizniji i točniji konačni rezultati, međutim, iako je određivanje geometrijskih strukturnih parametara dimnjaka fotogrametrijskom izmjerom temeljenoj na primjeni bespilotnog zrakoplova svakako moguće, velika se pozornost mora posvetiti točnosti generiranog oblaka točaka dimnjaka ako su potrebni rezultati visoke točnosti (slika 1) [1].



a)

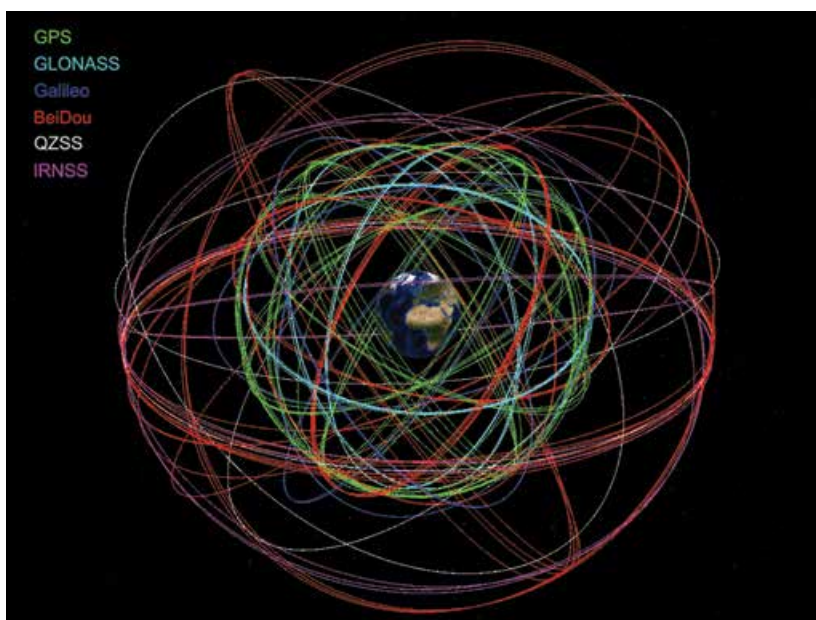


b)

**Slika 1:** a) Dimnjak u Dugoj Resi [6], b) 3D prikaz modeliranja osi dimnjaka (geodetska mjerna stanica – crveno, UAS – plavo) [1]

Područje primjene koje se najbrže razvija jesu globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) i satelitske tehnologije. Djelatnici Katedre za instrumentalnu tehniku objavili su u cijenjenom domaćem časopisu *Geodetski list* vrlo interesantan rad: *Razvoj i modernizacija GNSS-a*. Rad opisuje trenutčan status i planirani razvoj četiriju globalnih navigacijskih satelitskih sustava, američkoga GPS-a, ruskoga GLONASS-a,

europskog sustava Galileo i kineskog sustava BeiDou. Za svaki sustav iznesen je koncept, sažet kronološki pregled s ključnim povijesnim događajima koji su obilježili njihov razvoj, kao i ostvarenu i planiranu točnost apsolutnog pozicioniranja. Suvremenija tehnologija i novi civilni signali sustava Galileo i BeiDou potaknuli su GPS i GLONASS na modernizaciju. Pregledno su opisane glavne karakteristike modernizacije i poboljšanja koja one donose u pozicioniranju, navigaciji i određivanju vremena. Uz globalne sustave, Indija i Japan razvili su regionalne navigacijske satelitske sustave NavIC (IRNSS) i QZSS, kojih je koncept i razvoj također iznesen u ovom radu. Na kraju je dana usporedna analiza osnovnih parametara svih GNSS-a s osvrtom na njihovu nezaobilaznu primjenu u različitim aspektima ljudskog života (slika 2) [10].



Slika 2: Konstelacije GNSS-a [12]

Na Katedri za instrumentalnu tehniku u postupku su izrade četiri doktorska rada:

- Development of the Regional Ionospheric Model of Croatia, asistentice Kristine Matika
- Development of an Absolute GNSS Antenna Field Calibration Method, asistentica Antonija Tupeka
- Prostorno-vremensko modeliranje pomaka i deformacija hidroelektrana, doktoranda Dalibora Marinčića
- Geodetski pristup uređenju državne granice Republike Hrvatske i rješavanju graničnih sporova, doktorandice Elizabete Babić Sever

Djelatnici Katedre za instrumentalnu tehniku sudjeluju na znanstvenim i znanstveno-istraživačkim projektima, od kojih se izdvajaju:

- *Automatizacija mjernog postupka u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta*, voditelj: prof. dr. sc. Mladen Zrinjski, Potpora znanstvenom istraživanju, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, od 2016. godine, izvor financiranja: Sveučilište u Zagrebu.
- *Automatizacija mjernog postupka u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta*, voditelj: prof. dr. sc. Mladen Zrinjski, Interni znanstveni projekt, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, od 2016. godine, izvor financiranja: Geodetski fakultet.
- *Razvoj i izrada standarda zanimanja, kvalifikacija i studijskih programa u geodeziji i geoinformatici – LABIRINT (UP.03.1.1.03.0012)*, voditelj: prof. dr. sc. Damir Medak, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 22.3.2019.–22.3.2022., Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske, Europski socijalni fond, Nastavnički projekt – Provedba HKO-a na razini visokog obrazovanja.
- *Laboratorijska znanstvena oprema*, voditelj: prof. dr. sc. Đuro Barković, Potpora znanstvenom istraživanju, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2013. godina, izvor financiranja: Sveučilište u Zagrebu.

## 5. Stručna djelatnost

Djelatnici Katedre za instrumentalnu tehniku sudjeluju na različitim stručnim projektima, od kojih su najznačajniji:

- Ispitivanje i umjeravanje geodetskih mjernih instrumenata i uređaja, različiti naručitelji
- Izrada softvera za obradu i analizu geodetskih mjerenja te za ispitivanje i analizu preciznosti geodetskih mjernih instrumenata, različiti naručitelji
- Određivanje dimenzija bazena HAPK Mladost – Zagreb, naručitelj: Hrvatski plivački savez
- Ispitivanje vertikalnosti dimnjaka u Pamučnoj industriji Duga Resa, osobni angažman djelatnika Katedre
- Određivanje dimenzija olimpijskog bazena Svetice – Zagreb, naručitelj: Plivački klub Natator (slika 3)
- Softver za mjerenje dometa projektila, naručitelj: Ministarstvo obrane Republike Hrvatske
- Kontrola geodetskih mjerenja i kreiranje baze podataka za potrebe “Hrvatskih autocesta”, naručitelj: Hrvatske autoceste d.o.o.





Slika 3: Olimpijski bazen u bazenskom kompleksu Svetice, Zagreb [3]

## 6. Zaključak

Na mladima svijet ostaje te treba promišljati kako im osigurati budućnost i uvjete za kvalitetan rad. Na Katedri za instrumentalnu tehniku asistenti Kristina Matika i Antonio Tupek intenzivno rade doktorske radove, a asistent Krunoslav Špoljar na početku je doktorskog studija.

Naziv teme doktorskog rada asistentice Kristine Matika, mag. ing. geod. et geoinf., glasi *Development of the Regional Ionospheric Model of Croatia*. Dominantan izvor pogrešaka u pozicioniranju globalnim navigacijskim satelitskim sustavima (GNSS) predstavlja ionosfera kao jedan od medija kroz koje satelitski signal prolazi na putu od satelita do prijamnika na Zemlji. Cilj je doktorskog rada razviti regionalni model ionosfere za potrebe modeliranja ionosferskog utjecaja u svrhu povećanja točnosti pozicioniranja GNSS-om. Za izradu modela koristit će se kontinuirana GNSS mjerenja prikupljena na umreženim permanentnim GNSS stanicama na području Hrvatske. Stanje u ionosferi ovisno je o dobu dana, godišnjem dobu, 11-godišnjem Sunčevu ciklusu, složenim procesima u međuplanetarnom prostoru i slično, što predstavlja dodatni izazov u modeliranju ionosfere. Zbog tih procesa kontinuirano praćenje stanja ionosfere te eliminacija utjecaja ionosfere na satelitski signal ključni su čimbenici za precizno pozicioniranje GNSS-om u geodeziji.

U okviru teme doktorskog rada asistenta Antonija Tupeka, mag. ing. geod. et geoinf., pod radnim naslovom *Development of an Absolute GNSS Antenna Field Calibration Method* u postupku je realizacija znanstvenog istraživanja u okviru kojeg će se razviti i validirati automatizirani terenski mjerni postupak, tj. metoda, modeliranja korekcije faznog središta preciznih GNSS antena. Pritom se ukupna korekcija faznog središta antene, koja utječe na pojedino fazno mjerenje, sastoji od ekscentriciteta

faznog središta i varijacije faznog središta. Razvijena metoda omogućavat će apsolutno određivanje modela faznog središta testne GNSS antene, odnosno njegovo određivanje potpuno neovisno o referentnoj GNSS anteni. Daljnja prednost metode sadržana je u tome da se temelji na prikupljanju stvarnih faznih mjerenja na terenu pod realnom satelitskom konstelacijom. Nadalje, razvijena metoda temeljit će se na primjeni industrijskog robota koji će omogućavati brzu, preciznu i točnu rotaciju antene po azimutu i elevaciji oko predefinirane fiksne točke u prostoru tijekom cijeloga terenskog postupka kalibracije. U konačnici, takav pristup kalibraciji omogućit će, između ostalog, i optimalno uzorkovanje cijele polutke antene, a uz naprednu naknadnu obradu prikupljenih sirovih faznih mjerenja, potencijalno će se eliminirati utjecaj multipatha.

## Literatura

- [1] Zrinjski, M.; Tupek, A.; Barković, Đ.; Polović, A.: Industrial Masonry Chimney Geometry Analysis: A Total Station Based Evaluation of the Unmanned Aerial System Photogrammetry Approach, *Sensors*, 21 (2021) 18, 6265, 1-25.
- [2] Baričević, S.; Barković, Đ.; Zrinjski, M.: Umjeravanje preciznih nivelmanskih letvi, *Geodetski list*, 75 (2021) 2, 169-188.
- [3] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Matika, K.: Precise Measurement and Analysis of the Olympic-size Swimming Pool Lanes Distance, *Geodetski list*, 75 (2021) 1, 45-58.
- [4] Gašparović, M.; Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Radočaj, D.: An automatic method for weed mapping in oat fields based on UAV imagery, *Computers and Electronics in Agriculture*, 173 (2020) 6, 105385, 1-12.
- [5] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Baričević, S.: Precise Determination of Calibration Baseline Distances, *Journal of Surveying Engineering*, 145 (2019) 4, 05019005, 1-9.
- [6] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Tupek, A.; Polović, A.: Ispitivanje i analiza vertikalnosti dimnjaka, *Geodetski list*, 73 (2019) 3, 239-260.
- [7] Gašparović, M.; Zrinjski, M.; Gudelj, M.: Automatic cost-effective method for land cover classification (ALCC), *Computers, Environment and Urban Systems*, 76 (2019) 4, 1-10.
- [8] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Gudelj, M.: Ispitivanje i analiza kvalitete mjerenja rotirajućega laserskog sustava, *Geodetski list*, 73 (2019) 2, 109-128.
- [9] Gašparović, I.; Gašparović, M.; Medak, D.; Zrinjski, M.: Analiza prostornih podataka o solarnom potencijalu za Hrvatsku, *Geodetski list*, 73 (2019) 1, 25-44.
- [10] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Matika, K.: Razvoj i modernizacija GNSS-a, *Geodetski list*, 73 (2019) 1, 45-65.
- [11] Gašparović, M.; Zrinjski, M.; Gudelj, M.: Analiza urbanizacije grada Splita, *Geodetski list*, 71 (2017) 3, 189-202.
- [12] GNSS, *Dostupno na*: <https://images.app.goo.gl/aBSCRY9zh1dmnGf3A>, Pristupljeno: 2022-01-08.

# Razvoj Centra za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša Građevinskog fakulteta u Zagrebu

Stjepan Lakušić<sup>1</sup>, Nina Štirmer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> član suradnik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, [stjepan.lakusic@grad.unizg.hr](mailto:stjepan.lakusic@grad.unizg.hr)

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, [nina.stirmer@grad.unizg.hr](mailto:nina.stirmer@grad.unizg.hr)

**Sažetak:** Građevinski fakultet pokrenuo je osnivanje centra izvrsnosti pod nazivom "Centar za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša" u Sveučilišnom kampusu Borongaj u Zagrebu. U Centru će se stvoriti uvjeti za znanstvena istraživanja u svim granama građevinarstva te će se omogućiti značajno poboljšanje znanstvenog i istraživačkog rada Građevinskog fakulteta. Isto tako, važnu kariku u razvoju građevinske struke i novih tehnologija te njihove primjene predstavlja suradnja fakulteta s gospodarstvom. Sudjelovanje u rješavanju najzahtjevnijih inženjerskih zadataka u građevinarstvu stvara uvjete za stjecanje novih stručnih znanja i iskustava koja se dalje prenose na studente te pružaju snažnu osnovu za prijenos inovativnih rješenja u građevinsku praksu.

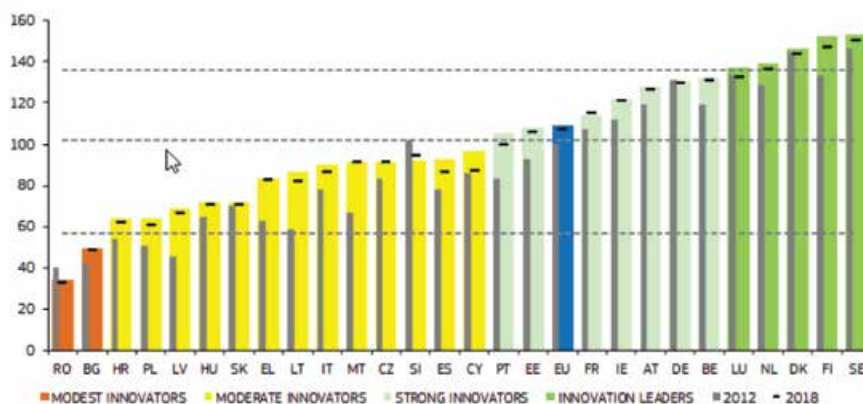
**Ključne riječi:** Centar za istraživanje i razvoj, građevinarstvo, suradnja s gospodarstvom, inovacije, laboratoriji

## 1. Uvod

Novi akcijski plan za kružno gospodarstvo za čišću i konkurentniju Europu [1] ističe da će Europska komisija pokrenuti novu sveobuhvatnu strategiju za održivi izgrađeni okoliš čime će se osigurati horizontalna usklađenost relevantnih područja politike kao što su klima, energetika i učinkovitost resursa, gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja, pristupačnost, digitalizacija i vještine. Pri tome se osobito naglašava da će se promicati načela kružnosti tijekom životnog ciklusa zgrada uključujući uvođenje zahtjeva za reciklirani sadržaj određenih građevnih proizvoda, promicanje mjera za poboljšanje trajnosti i prilagodljivosti izgrađene imovine u skladu s načelima kružnog gospodarstva za projektiranje zgrada, integriranje procjene

životnog ciklusa u javnu nabavu i okvir EU-a za održivo financiranje, razmatranje revizije ciljeva uporabe materijala te promicanje inicijative za smanjenje prekrivanja tla, obnovu napuštenih ili neiskorištenih kontaminiranih industrijskih područja te povećanje sigurne, održive i kružne uporabe iskopanih tala.

Glavni strateški cilj Strategije poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014. – 2020. [2] je povećanje razine konkurentnosti hrvatskog gospodarstva te povećanje društvene dobrobiti kao rezultata ulaganja u znanje, kreativnost i inovacije. U Strategiji se također navodi da je jedan od primarnih ciljeva kroz strategiju Europa 2020 [3] poticanje konkurentnosti gospodarstava i jačanje inovativnog potencijala i tehnološkog razvitka gospodarstva putem povezivanja sa sveučilištima i istražnim centrima radi komercijalizacije znanstvenih dostignuća. Prema inovacijskom pokazatelju EU-a, inovacijski lideri su Švedska, Finska i Danska [4], dok se Republika Hrvatska nalazi u grupi umjereno inovativnih zemalja (slika 1). U odnosu na 2012. godinu, Republika Hrvatska se 2019. godine poboljšala za 9,8 % bodova.



Slika 1: Inovacijski sustavi članica EU [4]

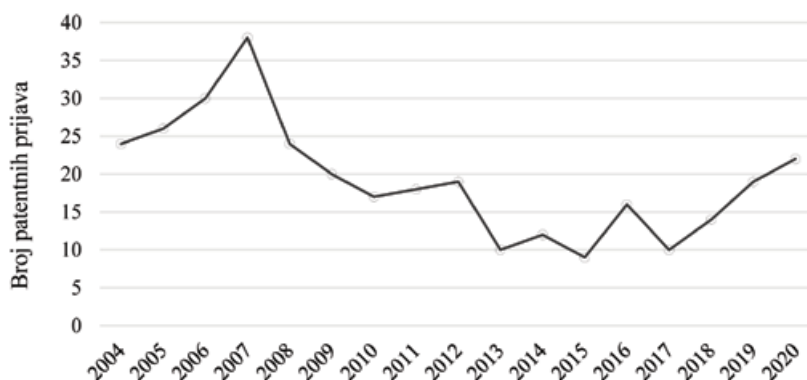
Kompozitni inovacijski indikator objedinjava 27 inovacijskih indikatora (tablica 1) kao što su: broj novih doktorata, stanovništvo između 25 i 34 godina koje završi tercijarnu edukaciju, cjeloživotno učenje, zajedničke međunarodne znanstvene publikacije, najcitiranije znanstvene publikacije, broj inozemnih doktoranada, raširenost širokopojasne mreže, tržišno usmjereno poduzetništvo i dr. [4, 5]. Indikatori su podijeljeni u 10 kategorija: ljudski resursi, atraktivni sustavi istraživanja, povoljna klima za inovacije, financije i podrška, ulaganja tvrtki, inovatori, povezivanja, intelektualno vlasništvo, učinak na zapošljavanje i učinak prodaje. Svaka bi zemlja trebala biti svjesna svojih snaga i slabosti u odnosu na ove indikatore te poduzeti aktivnosti kako bi se oni poboljšali. Prema posljednjim podacima, snage Republike Hrvatske su inovatori i investicije tvrtki, dok su slabosti intelektualno vlasništvo, učinak prodaje te financije i podrška.

**Tablica 1:** Kategorije inovacijskih indikatora

<b>Ljudski resursi</b>	<b>Inovatori</b>
Broj novih doktorata Stanovništvo između 25 i 34 godina koje završi tercijarnu edukaciju Cjeloživotno učenje	Inovatori proizvoda/procesa Organizacijski/marketinški inovatori Vlastite inovacije malih i srednjih poduzetnika
<b>Atraktivni sustavi istraživanja</b>	<b>Povezivanja</b>
Zajedničke međunarodne znanstvene publikacije Najcitiranije publikacije Broj inozemnih doktoranada	Suradnja inovativnih malih i srednjih poduzetnika s drugima Javno-privatne publikacije Privatna financiranja javnih institucija za istraživanje i razvoj
<b>Povoljna klima za inovacije</b>	<b>Intelektualno vlasništvo</b>
Raširenost širokopojasne mreže Tržišno usmjereno poduzetništvo	PCT* patentne prijave Prijave za zaštitni znak Prijave za zaštitu dizajna
<b>Financije i podrška</b>	<b>Učinak na zapošljavanje</b>
Javno ulaganje u istraživanje i razvoj Ulaganje rizičnog kapitala	Zapošljavanje u područjima suvremenih znanja Zapošljavanje u brzorastućim poduzećima i sektorima
<b>Ulaganja tvrtki</b>	<b>Učinak prodaje</b>
Troškovi za istraživanje i razvoj Ostali ne-inovacijski troškovi Poboljšanje vještina informacijskih i komunikacijskih tehnologija	Izvoz srednje i visoke tehnologije Izvoz usluga suvremenih znanja Prodaja novoga na tržištu & proizvoda tvrtke

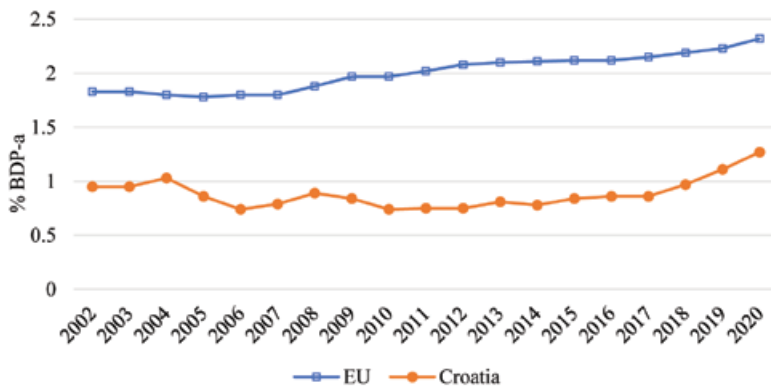
\*Patent Cooperation Treaty

Ulaganja u istraživanja i razvoj predstavljaju ključan faktor za pametan, održivi i uključiv rast. Implementacija novih ideja na tržište dovodi do kreiranja poslova, veće produktivnosti i učinkovitijeg korištenja resursa [6]. Istraživanjima se dolazi do inovacija koje su neophodne za društvene i okolišne izazove kao što su klimatske promjene i čista energija, sigurnost i aktivno i zdravo starenje. Broj patentnih prijava prikazuje mjeru inventivnosti zemalja, regija i tvrtki i ekonomskog iskorištavanja rezultata istraživanja (slika 2).



**Slika 2:** Broj patentnih prijava iz RH Europskom patentnom uredu [7]

Prema svjetskoj listi rangiranja sveučilišta koju objavljuje Center for World University Rankings (CWUR) [8], a koja je obuhvatila 19788 institucija, Sveučilište u Zagrebu zauzima 525. mjesto i time spada u 2,65 % najboljih svjetskih sveučilišta. CWUR u analizi koristi metodologiju koja se temelji na nekoliko pokazatelja. Kvaliteta obrazovanja mjeri se brojem bivših sveučilišnih studenata koji su osvojili visoka akademska priznanja u odnosu na veličinu sveučilišta, a zaposlenost bivših studenata mjeri se njihovim brojem na najvišim rukovodećim pozicijama u najvećim svjetskim kompanijama u odnosu na veličinu sveučilišta. Metodologija također uzima u obzir broj akademskih zaposlenika koji su osvojili velika akademska priznanja. Učinkovitost istraživanja mjeri se kroz ukupan broj istraživačkih radova, broj članaka objavljenih u visokokvalitetnim publikacijama i kroz analizu njihovog utjecaja te uzimanjem u obzir broja navoda visoko citiranih istraživačkih radova [9]. Među prvih 2000 sveučilišta, na popisu se nalaze još 3 hrvatska sveučilišta: Sveučilište u Splitu (766.), Sveučilište u Rijeci (1526.) i Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (1959.). Razumljivo je da bi veća ulaganja u znanstveno-istraživački rad, uključujući i investiranje u infrastrukturnu obnovu znatno doprinijelo boljem pozicioniranju hrvatskih sveučilišta na svjetskim rang-listama. Slika 3 prikazuje usporedbu troškova za istraživanje i razvoj kao postotak bruto domaćeg proizvoda (BDP) EU i RH. Bitno je napomenuti da u realizaciji znanstvenih projekata Građevinski fakultet u Zagrebu uspješno surađuje s nekim od najboljih sveučilišta, odnosno fakulteta u svome području kao što su ETH Zurich (29.), University of Edinburgh (45.), École Polytechnique Fédérale de Lausanne (104.), Ghent University (121.), Technical University of Denmark (196.), University of Vienna (207.), Delft University of Technology (259.), Technical University of Berlin (370.), University of Ljubljana (374.), University of Oulu (446.), Technical University of Darmstadt (477.) i mnogim drugima.



Slika 3: Usporedba troškova za istraživanje i razvoj kao postotak BDP-a EU i RH [10]

## 2. Sektor građevinarstva

Građevinski sektor zauzima važno mjesto u europskom gospodarstvu, jer stvara oko 9 % BDP-a i oko 6 % zaposlenosti [11]. Zgrade, infrastruktura i građevni proizvodi imaju važan utjecaj na učinkovitost energije i resursa, borbu protiv klimatskih promjena i na okoliš općenito te utječu na potrebe za novim vještinama, proizvodima i tehnologijama. Građevinska industrija mijenja se brže nego ikada i nikada nije imala veću potrebu za inovativnim tehnologijama i procesima. Četvrta industrijska revolucija, Industrija 4.0, važan je čimbenik koji izravno utječe na konkurentnost i buduće potrebe za vještinama građevinskog sektora. Pojam “Industrija 4.0” odnosi se na nove proizvodne procese koji su djelomično ili potpuno automatizirani kroz tehnološke inovacije koje omogućuju strojevima u lancu vrijednosti da dijele informacije jedni s drugima na autonoman način. Pametne i inovativne 4.0 tehnologije omogućile bi građevinskom sektoru da gradi na brži i superiorniji način i uz manje troškove, uz maksimalno korištenje resursa i povećanje profitabilnosti.

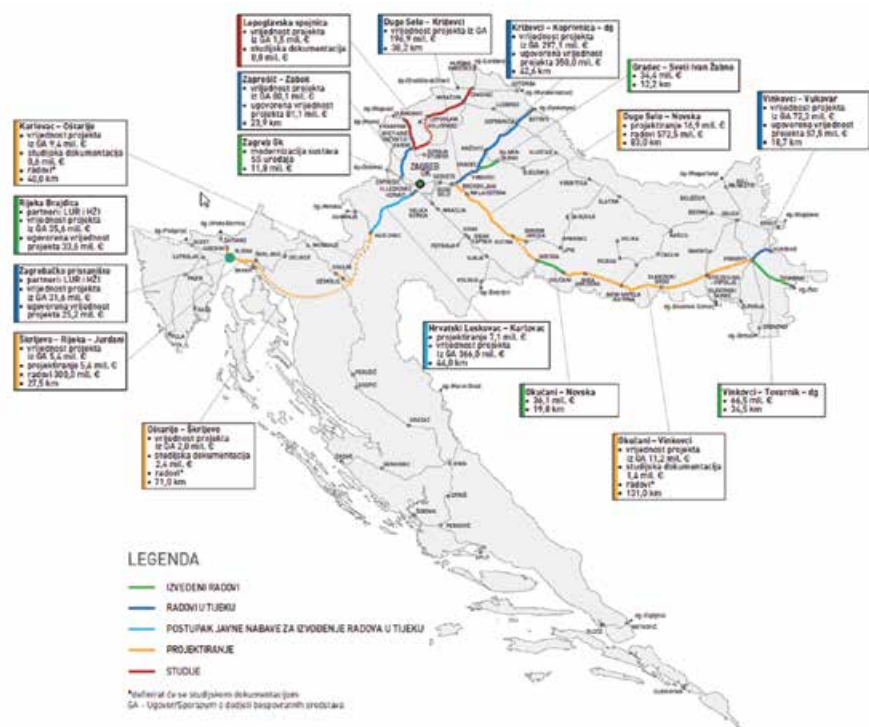
Prema istraživanju Američke gospodarske komore [12], više od 60 % izvođača radovala trenutno koristi jednu ili više naprednih tehnologija, dok ih 80 % planira koristiti u budućnosti, uključujući dronove, elektroničko označavanje opreme, proširenu i virtualnu stvarnost, automatiziranu opremu ili robote i drugo. U novijem izvješću [13], ističu se poteškoće s pronalaženjem stručno osposobljenih radnika u području građevinarstva te problemi s kašnjenjem radova zbog pandemije COVID-19. Više od 60 % tvrtki imalo je problema s cijenama i raspoloživosti građevnih proizvoda, s aspektima koji se tiču zdravlja i sigurnosti te smanjenim brojem projekata. Sve to ukazuje na nužnu potrebu za razvojem učinkovitijih tehnologija i procesa, digitalizacijom i cjeloživotnim obrazovanjem. Trendovi u građevinarstvu odnose se na [11]:

- nove metodologije mjerenja i prikupljanja podataka
- BIM metodologiju
- upravljanje projektima
- održivo upravljanje resursima
- kružnu ekonomiju: gospodarenje otpadom u građevinarstvu
- izazove klimatskih promjena u građevinarstvu: minimiziranje utjecaja radova, učinkovitost zgrada i ostalih građevina te održiviju prometnu infrastrukturu i planove mobilnosti.

BIM je postao glavni sustav za pohranu digitalnih informacija o građevinskim projektima. BIM je digitalni alat za integrirano projektiranje, modeliranje, planiranje i integriranu suradnju, koji sudionicima u gradnji pruža digitalni prikaz karakteristika građevine kroz njezin životni ciklus. Obično ga koriste arhitekti i građevinski inženjери te povremeno izvođači dok je tijekom održavanja građevine primjena BIM-a još uvijek ograničena te se njegov potencijal ne koristi u potpunosti [14]. U novije vrijeme sve se više promovira implementacija BIM-a u građevinskim projektima, osobito financiranim javnim sredstvima. Tehnologije koje se mogu integrirati u BIM su one koje se odnose na prikupljanje terenskih podataka (3D skeneri, dronovi i dr.), 3D printeri i proširena stvarnost (engl. augmented reality). U sektoru građevinarstva također postoje mogućnosti sofisticirane automatizacije, implementacije senzora, nadzora i kontrole gradnje što znatno povećava potencijal primjene interneta stvari (IoT). U sektoru građevinarstva u budućnosti se očekuje sve veća primjena robota i autonomne opreme. Budući da je građevinska industrija jedna od najopasnijih industrija, glavni cilj će ovih tehnologija biti, osim povećanja produktivnosti, poboljšanje sigurnosti. Novi materijali te inovativni građevni proizvodi, tehnologije i sustavi također imaju značajnu ulogu u napretku građevinske industrije. Oni će omogućiti stvaranje održivijih, troškovno i ekološki prihvatljivijih i otpornijih građevina. Jedna od takvih tehnologija je i 3D printanje [15, 16] kojom se gradi automatiziranim strojevima sloj po sloj primjenom materijala kao što su polimeri, metali, beton i drugi. Primjenom 3D printanja smanjuje se otpad na gradilištu te troškovi transporta, a isto tako rješavaju se problemi nedostatka radnika. S druge strane, dronovi se već aktivno koriste u građevinarstvu i u posljednje vrijeme spadaju u jedan od najatraktivnijih trendova u građevinskom sektoru. Omogućuju točnu razmjenu podataka u stvarnom vremenu i prikupljanja trodimenzionalnih informacija (koje se mogu integrirati u BIM sustave).

U Republici Hrvatskoj se do 2030. godine očekuju znatna ulaganja u osuvremenjivanje hrvatske željezničke mreže (slika 4) pretežno sredstvima EU fondova, ali i sredstvima Svjetske banke, Europske banke za obnovu i razvoj te komercijalnim kreditima [17].



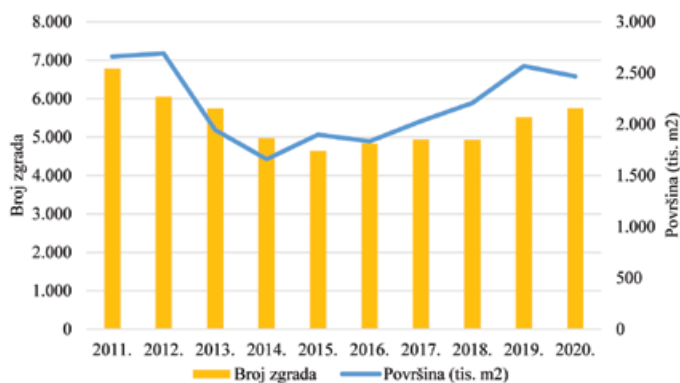


Slika 4: Modernizacija željezničke mreže u RH [18]

Glavni je cilj transformacije željezničkog sustava u Europskoj uniji osposobljavanje željeznice za ravnopravno i konkurentno sudjelovanje na cjelovitom europskom prometnom tržištu. Time bi se rasteretile ceste i postigli što veći učinci vezani uz uštedu energije i zaštitu okoliša. Ulaganja su usmjerena u obnovu i modernizaciju pruga i pružnih dionica, izgradnju novih pruga i kolosijeka, rekonstrukciju kolodvora, osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza uređajima te elektrifikaciju. Dodatna su ulaganja neophodna i za povećanje sigurnosti željezničkog prometa, a to su sanacija usjeka, zamjena i obnova mostova i tunela, izgradnja propusta, zamjena skretnica, zamjena signalno-sigurnosnih i telekomunikacijskih uređaja i ostalo. Mreža se modernizira većinom na hrvatskom dijelu Mediteranskog koridora. Mediteranski koridor cestovni je i željeznički koridor čiji su sastavni dijelovi pravci Rijeka – Zagreb – Budimpešta i Zagreb – Zidani Most (Slovenija).

Podaci Državnog zavoda za statistiku [19], pokazuju da je prema kalendarski prilagođenim indeksima obujam građevinskih radova u listopadu 2021. u odnosu na listopad 2020. veći za 6,1 %. Nakon tri uzastopna mjeseca u kojima je smanjen obujam građevinskih radova (ožujak, travanj, svibanj 2020.) zbog pandemije bolesti COVID-19, u području građevinarstva ostvaren je njihov porast u sedamnaest uzastopnih mjeseci.

Broj izdanih građevinskih dozvola za zgrade u 2020. godini iznosio je 6775, a u posljednjih pet godina (2016. – 2020.) prosječno je godišnje izdano 6469 dozvola. Također, u posljednjih se pet godina uočava trend povećanja broja završenih zgrada u Republici Hrvatskoj (slika 5).



Slika 5: Završene zgrade u RH (izvor: Državni zavod za statistiku [20])

Suradnja Građevinskog fakulteta s gospodarstvom predstavlja važnu kariku u razvoju građevinske struke i novih tehnologija te njihovoj primjeni. Sudjelovanje u rješavanju najzahtjevnijih inženjerskih zadataka u građevinarstvu stvara uvjete za stjecanje novih znanja i iskustava koja se dalje prenose na studente. Znanja i kompetencije znanstvenika i istraživača fakulteta predstavljaju snažnu osnovu za sudjelovanje fakulteta u realizaciji građevinskih projekata. Shodno navedenom, Građevinski fakultet planira aktivno sudjelovati u realizaciji razvojnih građevinskih projekata šireg društvenog značaja (povezivanje s javnim poduzećima, nuđenje visokostručnih usluga u studijskom i projektnom procesu) te u razvoju građevinske industrije (povezivanje s razvojnim odjelima u gospodarstvu radi primjene rezultata istraživanja, informiranje stručne javnosti o postignutim rezultatima objavljivanjem rezultata istraživanja u znanstvenim i stručnim časopisima, organizacija i pokroviteljstvo nad znanstvenim i stručnim skupovima).

### 3. Razvoj centra za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša Građevinskog fakulteta

Građevinski fakultet u Zagrebu najstarija je i po svojoj znanstvenoj i nastavnoj produkciji daleko najznačajnija znanstveno nastavna institucija u Republici Hrvatskoj, ali već dulje vrijeme ima ograničeni prostor za razvoj i dosezanje svojih punih potencijala. Znanstvena djelatnost Građevinskog fakulteta odvija se kroz različite aktivnosti koje uključuju poslijediplomske studije, rad na znanstveno-istraživačkim projektima,

objavljivanje znanstvenih radova i patentiranje te organizaciju znanstvenih skupova. Prepoznatljivost Građevinskog fakulteta vidljiva je u velikom broju znanstveno istraživačkih projekata koje vode ili na njima surađuju djelatnici fakulteta. Na fakultetu se u posljednje tri godine provodio niz projekata u okviru programa HORIZON 2020, ERASMUS+, Hrvatske zaklade za znanost te programa koji se financiraju putem strukturnih fondova, a za koje su nadležni Europski fond za regionalni razvoj, Ministarstvo znanosti i obrazovanja i Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i obrta Republike Hrvatske [21].

Ministarstvo znanosti i obrazovanja je 23. studenoga 2018. godine u okviru Europskog fonda za regionalni razvoj raspisalo javni poziv "Priprema IRI infrastrukturnih projekata" [22]. Na Poziv su se mogli prijaviti samo oni prijavitelji koji su ranije odabrani putem Javnog poziva za iskaz interesa za sudjelovanje u pred-odabiru za ispunjavanje kriterija za prijavu. Na listi potencijalnih prijavitelja bilo je ukupno 45 projekata, dok je nakon provedene evaluacije projekt Građevinskog fakulteta "Centar za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša" prihvaćen za financiranje kao jedan od 10 projekata. Poziv na dostavu projektnih prijedloga organiziran je u sklopu Operativnoga programa "Regionalna konkurentnost (OPRK) 2014. – 2020.", u sklopu Prioritetne osi 1 "Jačanje gospodarstva primjenom istraživanja i inovacija", Specifičnoga cilja 1a1 "Povećana sposobnost sektora za istraživanje, razvoj i inovacije (IRI) za provođenje istraživanja vrhunske kvalitete i zadovoljavanje potreba gospodarstva", financiranog sredstvima EFRR-a [23]. Građevinskom fakultetu u Zagrebu dodijeljena su bespovratna sredstva u svrhu izrade projektne/tehničke dokumentacije za projekt Centra za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša, za izradu studije izvedivosti s analizom troškova i koristi, upravljanja projektom te promidžbe i vidljivosti.

Projekt Centra u skladu je sa Strategijom Europe 2020 u pogledu razvojnih prioriteta pametnog, održivog i uključivog rasta budući da će njegove aktivnosti biti usmjerene na stvaranje, širenje i razmjenu znanja između Građevinskog fakulteta kao znanstveno-obrazovne institucije i gospodarstva, zatim na poticanje inovacijskih aktivnosti osobito u pogledu učinkovitijeg iskorištavanja materijalnih i nematerijalnih resursa u procesu građenja čime će doprinosti okolišno povoljnijoj i konkurentnijoj ekonomiji koja bi doprinijela većoj stopi zaposlenosti u području građevinarstva i općenito. Uspostava Centra u skladu je s Operativnim programom Konkurentnost i kohezija 2014.-2020., prioritetnom osi 1. Jačanje gospodarstva primjenom istraživanja i inovacija, konkretno s investicijskim prioritetom 1.a. Poboljšanje infrastrukture i kapaciteta za istraživanje i inovacije s ciljem razvijanja uspješnosti istraživanja i inovacija te promoviranje centara za kompetencije, posebno onih od europskog interesa, budući će se kroz njega stvoriti nova istraživačka infrastruktura koja će omogućiti povećanje razine znanstvenih ishoda te inovacija u građevinskom sektoru u Republici Hrvatskoj i šire.

### 3.1. Lokacija Centra

Centar će biti smješten u Sveučilišnom kampusu Borongaj u Zagrebu. Naime, Odlukom Vlade RH u listopadu 2006. godine, Vojarna Borongaj u Zagrebu prenijeta je u nadležnost Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa s ciljem razvoja Znanstveno-učilišnog kampusa za potrebe Sveučilišta u Zagrebu i drugih znanstvenih institucija te pripadajućih agencija. Nakon faze preuzimanja zgrada i temeljite adaptacije jednog broja njih za potrebe sveučilišne nastave i studentskog standarda te preseljenja triju sastavnica Sveučilišta u Zagrebu, Znanstveno-učilišni kampus na Borongaju otvoren je za javnost početkom akademske nastave 12. listopada 2007. godine [24]. Centar će se nakon izgradnje nalaziti na lokaciji postojeće građevine (slika 6) koja je bila izgrađena za potrebe vojnog skladišta (medicinske robe i opreme) u sklopu tadašnje vojarne na Borongaju. Građevina je već više od 20 godina napuštena i ne koristi se. Pregledom građevine dokazano je da nije moguća prenamjena zgrade već je nužno uklanjanje postojeće i izgradnja nove zgrade.



Slika 6: Lokacija zgrade Centra u okviru kampusa Borongaj

### 3.2. Ustrojstvo Centra

Istraživačke aktivnosti Centra bit će realizirane u skladu s tri prioriteta tematska područja Strategije pametne specijalizacije S3: energija i održivi okoliš, promet i mobilnost te sigurnost, te će biti snažno povezane s horizontalnim temama ključne razvojne tehnologije, KET i informacijske i komunikacijske tehnologije, ICT.

Cilj grupe istraživačkih jedinica koje pripadaju tematskom području „Energija i održivi okoliš“ je racionalna potrošnja energije u građevinarstvu, upravljanje vodnim

resursima, osiguranje pitke vode i zbrinjavanje otpadnih voda te razvoj naprednih građevinskih materijala s niskim životnim ciklusom ugljičnog dioksida. Predviđa se opremanje laboratorija koji će omogućiti provođenje kompleksnih istraživanja u području higrotermalnih svojstava materijala te zvučne izolacije, laboratorija za istraživanje i razvoj hidrotehničkih sustava, s naglaskom na korištenje vodenih snaga i gospodarenje gubitcima vode i razvoj naprednih metoda za tretman voda, te laboratorija za napredna ispitivanja strukture, trajnosti i održivosti građevinskih materijala na nanorazini, mikrorazini i makrorazini.

Ciljevi grupe istraživačkih jedinica koje pripadaju prioritetnom tematskom području „Promet i mobilnost“ su razvoj naprednih tehnologija i sustava za projektiranje, gradnju, održavanje, praćenje i planiranje održive, sigurne i učinkovite prometne infrastrukture. Predviđeno je opremanje laboratorija za istraživanje rješenja za željeznički, cestovni, zračni i podzemni promet, uključujući integralnu metodologiju plitkog i dubokog istraživanja tla i stijena te srodnih grana kao što su geologija, geodezija i okolišno inženjerstvo. Istraživačka jedinica unutar ove grupe usmjerena je na integrirano upravljanje u građevinarstvu.

Grupa istraživačkih jedinica koje pripadaju prioritetnom tematskom području „Sigurnost“ ima za cilj razvoj inovativnih konstruktivnih rješenja u projektiranju, izvedbi i održavanju, s naglaskom na utjecaj klimatskih promjena i izvanrednih katastrofa, poput potresa i požara na građevine. Predviđa se opremanje laboratorija zadnje generacije za ispitivanje elemenata u punoj veličini s potresnim stolom sa šest stupnjeva slobode, reaktivni sustav za prisilna ispitivanja i prateću opremu te opremom za ispitivanje ponašanja elemenata i materijala pri visokim temperaturama.

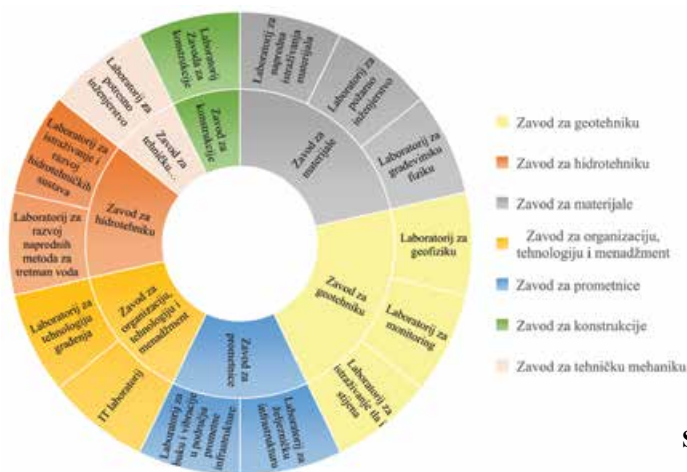
U centru je predviđeno i osnivanje Ureda za inovacije i znanstvene projekte i Ureda za industrijsko istraživanje i transfer tehnologije. Ured za inovacije i znanstvene projekte usmjeren je na istraživanja na razini tehnološke spremnosti (TRL - Technology readiness level) od 1-5, ima za cilj osiguravanje pomoći prilikom zaštite inovacija, nacionalne i međunarodne suradnje te osiguravanje prepoznatljivosti Centra na Europskom istraživačkom području. Ured za industrijsko istraživanje i transfer tehnologije usmjeren je na razinu tehnološke spremnosti TRL 5-9 te osigurava pomoć prilikom pregovaranja, komercijalizacije proizvoda i usluga zasnovanih na znanju i formiranju klastera s industrijskim partnerima sa svrhom zajedničkog nastupanja na domaćem i svjetskom tržištu.

Laboratoriji će biti opremljeni opremom koja će se koristiti za znanstvena istraživanja koje Građevinski fakultet provodi u suradnji s drugim znanstvenim ustanovama, za edukaciju studenata i provođenja redovnog programa nastave i za istraživanja u komercijalne (ekonomske) svrhe odnosno suradnju s gospodarstvom. Istraživanja će omogućiti pokretanje proizvodnje i širu primjenu novih vrsta građevinskih elemenata

i sustava, razvoj ekonomičnih, održivih i ekoloških rješenja u odnosu na primjenu drugih konstrukcijskih materijala te formiranje proračunskih modela za svakodnevnu primjenu kao i nadogradnju dosadašnje tehničke regulative iz područja planiranih istraživanja, pri čemu je neminovna suradnja s gospodarskim subjektima na području industrijske proizvodnje i na području implementacije novih saznanja u programske pakete. Također, novi sustavi visoke seizmičke i vatrootpornosti posebno će se razvijati s ciljem primjene kod objekata koji zahtijevaju visoku razinu otpornosti, gdje je nužna suradnja s državnim institucijama kao investitorima gradnje.

U Centru će se također stvoriti uvjeti za znanstvena istraživanja u području odvodnje i pročišćavanja oborinskih voda, erozivnog djelovanja toka u riječnim koritima, valne dinamike u generalnom procesu pronosa mikroplastike u morima, održive gradnje plaža te pročišćavanja otpadnih voda. U području željezničke infrastrukture provodit će se znanstvena i primijenjena istraživanja iz područja željezničkog gornjeg ustroja koja bi podrazumijevala primjenu novih tehnologija projektiranja, gradnje, održavanja, praćenja i planiranja željezničke infrastrukture. Bitno je napomenuti da u južnoj i istočnoj Europi ne postoji ovakav centar izvrsnosti. Planirano je da se u Centru provode i istraživanja kojima će se doći do novih spoznaja o racionalnim tehnologijama građenja, automatiziranim procesima praćenja i kontrole gradnje, izračuna količina izvedenih radova te s time u vezi povećane produktivnosti u izvedbi pojedinih građevinskih aktivnosti.

U okviru Istraživačkog centra za napredna ispitivanja materijala planira se osnivanje istraživačke skupine kao centra izvrsnosti za istraživanja, razumijevanje i korelaciju mikrostrukture i trajnosti materijala korištenjem naprednih analitičkih instrumentalnih metoda. Prema europskoj strategiji, istraživanje i razvoj novih i poboljšanih materijala ostat će ključni za postizanje ciljeva europske inovacijske politike, u skladu s europskom strategijom pametnog, održivog i uključivog rasta Europe 2020.



**Slika 7:** Planirani laboratoriji u okviru Centra

Uz sve to, obnovom zgrade Centra u razini zgrade gotovo nulte energije s ugrađenim različitim sustavima obnovljivih izvora energije poput fotonaponskih sustava, male vjetroelektrane, dizalica topline, mehaničke ventilacije s rekuperacijom, različiti sustavi grijanja i hlađenja u pojedinim dijelovima zgrade s istom namjenom, sustavi rasvjete unutarnjeg i vanjskog prostora, sustava automatizacije i prediktivnog upravljanja zgradom (pametna zgrada) omogućit će se testni poligon za različite sustave koji nasušno nedostaju u hrvatskom istraživačkom prostoru čime će se dodatno omogućiti nova suradnja ili proširenje postojeće suradnje s domaćom i stranom industrijom. Izgled budućeg Centra za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša prikazan je na slici 8.



Slika 8: Izgled budućeg Centra za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša

## 4. Zaključak

Centar za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša će omogućiti značajno poboljšanje znanstvenog i istraživačkog rada Građevinskog fakulteta te će postati stožerni centar za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša umrežen sa sličnim institucijama unutar Republike Hrvatske i EU. Pri tome, namjena infrastrukture neće biti isključivo vezana za znanstvena istraživanja koja će provoditi djelatnici Građevinskog fakulteta u sklopu novih doktorata, poslijedoktorskih usavršavanja te domaćih i europskih znanstveno-istraživačkih projekata, već i alat kojim će se znanstveni doprinosi jednostavnije implementirati u realni sektor kroz neekonomske suradnje s partnerima iz privrede i državne organizacije. Osnivanjem Centra će se postići kvalitetnije umrežavanje gospodarstva i akademske zajednice i omogućiti još plodonosnija suradnja u pogledu istraživanja, laboratorijskih ispitivanja te provedbe zahtjevnih projekata.

Centar će kroz svoje aktivnosti doprinosti povećanju inovacijske izvedbe Republike Hrvatske osobito u sektoru građevinarstva, povećanju udjela ulaganja poslovnog sektora u ukupnim ulaganjima u istraživanje i razvoj novih tehnologija, metoda i materijala u građevinarstvu, povećanju temeljnih i primijenjenih istraživanja u znanstveno-istraživačkom sektoru namijenjenih jačanju konkurentnosti gospodarstva te osobito građevinske gospodarske grane, te konačno, jačanju ljudskih kapaciteta za istraživanje, tehnološkom razvoju i inovacijama u području građevinarstva i općenito.

### *Zahvala*

Projekt sufinancira Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj "Centar za istraživanje i razvoj sigurnog i održivog izgrađenog okoliša", referentni broj KK.01.1.1.09.0011

## **5. Literatura**

- [1] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new Circular Economy Action Plan, For a cleaner and more competitive Europe, COM/2020/98 final, Brussels, 11.3.2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- [2] Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014. – 2020., Narodne novine 153/2014, <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/434155.pdf>
- [3] Politike Europske unije, Europa 2020.: europska strategija rasta, Europska komisija, 2015, <https://vlada.gov.hr/europa-2020/19454>
- [4] European innovation scoreboard 2020, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (European Commission), Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1457a9d4-084f-11eb-a511-01aa75ed71a1/language-en>
- [5] Janoskova, K.; Kral, P.: An In-Depth Analysis of the Summary Innovation Index in the V4 Countries. *Journal of Competitiveness*, 11(2), 68–83., 2019, <https://doi.org/10.7441/joc.2019.02.05>
- [6] SDG 9 - Industry, innovation and infrastructure, Eurostat Statistics Explained, May 2021, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=SDG\\_9\\_-\\_Industry,\\_innovation\\_and\\_infrastructure#Industry.2C\\_innovation\\_and\\_infrastructure\\_in\\_the\\_EU:\\_overview\\_and\\_key\\_trends](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=SDG_9_-_Industry,_innovation_and_infrastructure#Industry.2C_innovation_and_infrastructure_in_the_EU:_overview_and_key_trends)
- [7] Patent applications to the European Patent Office, Eurostat, 20.4.2021, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg\\_09\\_40/default/line?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_09_40/default/line?lang=en)
- [8] Global 2000 List by the Center for World University Rankings, 2021-22 Edition, Center for World University Rankings, <https://cwur.org/2021-22.php>
- [9] Sveučilište u Zagrebu rangirano među 2,6 posto najboljih svjetskih sveučilišta, 12.6.2020., <http://www.unizg.hr/nc/vijest/article/sveuciliste-u-zagrebu-rangirano-medu-26-posto-najboljih-svjetskih-sveucilista/>



- [10] Country's progress, Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/science-technology-innovation/visualisations>
- [11] Akyazi, T.; Alvarez, I.; Alberdi, E.; Oyarbide-Zubillaga, A.; Goti, A.; Bayon, F.: Skills Needs of the Civil Engineering Sector in the European Union Countries: Current Situation and Future Trends, *Applied Sciences* 2020, 10(20), 7226; <https://doi.org/10.3390/app10207226>
- [12] Q4 2019 Commercial Construction Index, USG Corporation + U.S. Chamber of Commerce, 2019, [https://www.uschamber.com/assets/archived/images/cci\\_q4\\_2019\\_report\\_final.pdf](https://www.uschamber.com/assets/archived/images/cci_q4_2019_report_final.pdf)
- [13] Q4 2021, Commercial Construction Index, U.S. Chamber of Commerce, 2021, <https://www.uschamber.com/assets/documents/Q4-2021-CCI-Report.pdf>
- [14] Ghaffarianhoseini, A.; Tookey, J.; Ghaffarianhoseini, A.; Naismith, N.; Azhar, S.; Efimova, O.; Raahemifar, K.: Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 75, August 2017, Pages 1046-1053, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>
- [15] Zhang, X., Li, M., Lim, J. H., Weng, Y., Tay, D. Y. W., Pham, H., & Pham, Q.-C.: Large-scale 3D printing by a team of mobile robots, *Automation in Construction*, 95, 98-106, 2018 doi:10.1016/j.autcon.2018.08.004
- [16] Tay, Y. W. D.; Panda, B., Chandra Paul S.; Mohamed, N. N. A.; Tan M. J.; Leong, K. F.: 3D printing trends in building and construction industry: a review, *Virtual and Physical Prototyping*, 12:3, 261-276, 2017, <https://doi.org/10.1080/17452759.2017.1326724>
- [17] Željeznica za budućnost, Program obnove i modernizacije željezničke infrastrukture do 2030. godine, HŽ infrastruktura, 2020, <https://www.hzinfra.hr/wp-content/uploads/2021/01/HZI-Zeljeznica-za-buducnost.pdf>
- [18] Modernizacija EU sredstvima, HŽ infrastruktura, <https://www.hzinfra.hr/naslovna/odrzavanje-i-modernizacija/eu-projekti/>
- [19] Učinci pandemije bolesti COVID-19 na društveno-ekonomske pokazatelje, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, <https://www.dzs.hr/Hrv/Covid-19/gradevinarstvo.html>
- [20] Statistika u nizu - Građevinarstvo, [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/Pokazatelji/MSI%20GRADEVINARSTVO.xlsx](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/Pokazatelji/MSI%20GRADEVINARSTVO.xlsx)
- [21] Baza projekata, Sveučilište u Zagrebu građevinski fakultet, <https://projekti.grad.hr/>
- [22] Priprema IRI infrastrukturnih projekata, <https://strukturnifondovi.hr/en/natjecaji/priprema-iri-infrastrukturnih-projekata-2/>
- [23] Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.-2020., Europski strukturni i investicijski fondovi, <http://arhiva.strukturnifondovi.hr/op-konkurentnost-i-kohezija-2014-2020-779>
- [24] Kampus Borongaj, program javnog natječaja za izradu idejnog urbanističko – arhitektonskog rješenja, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, listopad 2010.