

# Nacionalni umjerni laboratorij za vrijeme i frekvenciju u osnivanju pri Centru za napredne laserske tehnike (CALT) na Institutu za fiziku u Zagrebu

Elinor TROGRLIĆ, Ticijana BAN i  
Damir AUMILER

*Institut za fiziku, Bijenička cesta 46,  
10000 Zagreb*

Centar za napredne laserske tehnike (CALT) strateški je projekt Republike Hrvatske u području znanstvene infrastrukture ukupne vrijednosti 121 304 417,38 kuna financiran kroz Europski fond za regionalni razvoj (ERDF). Projekt se provodi na Institutu za fiziku u Zagrebu na adresi Bijenička cesta 46, a obuhvaća cjelokupnu obnovu i proširenje jedne od triju zgrada u kojima je smješten Institut te nabavu najsvremenije znanstvene opreme za laserska istraživanja. Cilj je projekta CALT <http://calt.ifs.hr/> uspostava potpuno opremljenoga suvremenog znanstveno-istraživačkog centra specijaliziranoga u području naprednih laserskih i optičkih tehnika. Buduće aktivnosti centra obuhvaćaju istraživanje, izobrazbu i pružanje otvorenoga pristupa laserskoj opremi, a fokusirat će se na društveno relevantna pitanja vezana za okoliš, hranu, zdravlje, energiju i sigurnost.

U okviru CALT projekta osigurana su sredstva za opremanje **Nacionalnoga umjernog laboratorija za vrijeme i frekvenciju Republike Hrvatske**, čije osnivanje u tijeku.

**Institut za fiziku**, <http://www.ifs.hr/>, jedna je od vodećih znanstveno-istraživačkih institucija u području prirodnih znanosti u Republici Hrvatskoj. Misija Instituta vrhunski je znanstveno-istraživački rad u području prirodnih znanosti – polje fizika s pripadnim interdisciplinarnim područjima u cilju stjecanja i širenja znanja u korist društva kao cjeline temeljnim i primijenjenim istraživanjima, sudjelovanjem u visokome obrazovanju, sudjelovanjem u aktivnostima promicanja fizike te doprinosom razvoju visoke tehnologije. Institut je pokazao uspješnost u povlačenju sredstava iz ERDF strukturnih fondova. Znanstveni centar izvrsnosti za napredne materijale i senzore (CEMS) počeo je s radom krajem 2017. godine, a na Institutu djeluje jedna istraživačka jedinica CEMS-a – Jedinica za znanost o grafenu i srodnim 2D strukturama. Institut je nositelj prvoga strateškog projekta RH u području znanstvene infrastrukture – CALT koji je započeo s provedbom u kolovozu 2017. godine, a drugi infrastrukturni projekt Instituta naziva Kriogeni centar Instituta za fiziku (KaCIF) započeo je s provedbom u srpnju 2018. godine.

Institut je jedinstven u Hrvatskoj po postojećoj laserskoj opremi i relevantnoj ekspertizi te dugogodišnjemu iskustvu istraživača u području primjene lasera u istraživanju međudjelovanja svjetlosti i materije. Međutim, u Hrvatskoj, kao i na širem području jugoistočne Europe, ne postoje istraživački centri koji su strateški usmjereni prema razvoju napredne laserske infrastrukture za primjenu u interdisciplinarnim istraživanjima i razvoju novih tehnoloških rješenja i inovacija.

Ulaskom Republike Hrvatske u EU otvorila se mogućnost prijave projekata za financiranje kroz Europski fond za regionalni razvoj (ERDF) koji ima za cilj jačanje ekonomske i socijalne kohezije te smanjivanje razlika u razvoju između regija unutar EU-a. Institut za fiziku prepoznao je jedinstvenu priliku te je krajem 2011. godine slijedom javnoga poziva za dostavu projektnih prijedloga za pripremu zalihe infrastrukturnih projekata za ERDF u razdoblju 2014. – 2020.,

*Znanstveno-istraživačka infrastruktura nabavljena kroz projekt CALT bit će raspoređena unutar četiriju međusobno povezanih jedinica i omogućit će istraživanja u području nanosustava i biosustava, kvantnih tehnologija, plazmenih tehnologija i ultrabrze dinamike*

uputio Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta prijedlog projekta Centra za napredne laserske tehnike (CALT). Projekt CALT uvršten je na indikativni popis projekata iz područja znanstvene infrastrukture te mu je odlukom Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta 2013. godine dodijeljena pomoć za pripremu projektne dokumentacije iz sredstava Drugoga projekta tehnološkog razvoja (STP II). Projekt CALT uvršten je i u Plan razvoja istraživačke i inovacijske infrastrukture u Republici Hrvatskoj te je u ožujku 2017. godine proglašen projektom od strateške važnosti za Republiku Hrvatsku. Ministarstvo znanosti i obrazovanja donijelo je 20. veljače 2018. godine Odluku o financiranju projekta CALT ukupne vrijednosti 121 304 417,38 kuna od čega bespovratna sredstva iznose 121 297 812,38 kuna.

Slijedom navedenoga, može se očekivati da će CALT centar preuzeti ulogu regionalnoga lidera u području napredne laserske infrastrukture te se u tome kontekstu Institut za fiziku pridružio Laserlab Europe konzorciju, <https://www.laserlab-europe.eu>, koji okuplja 35 vodećih institucija iz 18 europskih zemalja koje se bave interdisciplinarnim istraživanjima temeljenim na uporabi lasera, Slika 1. Cilj Laserlab Europe konzorcija umrežavanje je i pružanje podrške nacionalnim laserskim laboratorijima te razvoj novih primjena lasera koje su važne u istraživanju i inovacijama.



Slika 1. Karta s ucrtanim geografskim položajem partnera Laserlab Europe konzorcija. Izvor: <https://www.laserlab-europe.eu/about-us/partners>.

## Cilj CALT projekta

Glavni je cilj projekta unaprijediti postojeću i razviti novu znanstveno-istraživačku infrastrukturu temeljenu na naprednim laserskim tehnikama, po kojima je Institut za fiziku već sada jedinstvena institucija u RH.

Planirane aktivnosti Centra uključuju:

- znanstveno-istraživački rad (istraživanje, razvoj i inovacije)
- obrazovanje i izobrazbu (studentski seminarski radovi, diplomski radovi, disertacije, stručno usavršavanje, radionice za korištenje opreme)

- unapređenje kapaciteta sektora za istraživanje i razvoj u gospodarstvu usmjerenomu prema KET (Key Enabling Technologies) i FET (Future and Emerging Technologies) tehnologijama.

## Planirana rekonstrukcija i nadogradnja Instituta

Institut za fiziku sastoji se od triju odvojenih zgrada (povezanih hodnicima), u čije su se održavanje od izgradnje (60-ih godina prošloga stoljeća) do danas ulagala minimalna, uglavnom nedostatna sredstva. Veći dio laserskih laboratorija bio je smješten u zgradi I. krila Instituta, ali u neodgovarajućim prostorima. Planiranom rekonstrukcijom i nadogradnjom I. krila Instituta osigurat će se više od 1200 m<sup>2</sup> najsuvremenijega laboratorijskog prostora te pripadajući korisnički prostori, predavaonica i seminarske prostorije.

Građevinski radovi na I. krilu Instituta u okviru provedbe CALT projekta započeli su krajem siječnja 2020. godine, Slika 2. Planirano je trajanje radova 12 mjeseci. Na Slici 3. prikazan je izgled budućega CALT centra na Institutu za fiziku.



Slika 2. Građevinski radovi na Institutu za fiziku u okviru provedbe CALT projekta. Izvor: privatna fotografija.



Slika 3. CALT centar na Institutu za fiziku. Izvor: Projekt CALT, 2017 TIM STUDIO.

## CALT znanstveno-istraživačka infrastruktura

Znanstveno-istraživačka infrastruktura nabavljena kroz projekt CALT bit će raspoređena unutar četiriju međusobno povezanih jedinica i omogućit će istraživanja u području nanosustava i biosustava, kvantnih tehnologija, plazmenih tehnologija i ultrabrze dinamike. Četiri infrastrukturne jedinice CALT centra s predviđenom osnovnom infrastrukturom i tehnikama istraživanja prikazane su na Slici 4.

Istraživanja u području kvantnih tehnologija temeljit će se na laserima za visokopreciznu spektroskopiju, s fokusom na lasere s kontinuiranim zračenjem i optičkim frekventnim češljima te njihovoj primjeni u hlađenju atoma. Karakteristike su tih lasera dobro definirane i stabilne frekvencije emisije. Istraživanja nanosustava i biosustava koriste će se širokopojasnim prilagodljivim pulsnim laserima u kombinaciji s pretražnim mikroskopskim tehnikama za visoku prostornu i vremensku rezoluciju nanosustava i biosustava. Istraživanja plazmenih tehnologija bit će temeljena na laserima za stvaranje plazme s fokusom na pulsne lasere visoke snage te primjenu laserski proizvedenih plazmi za sintezu tankih filmova, sintezu nanočestica te kao izvor EUV/XUV svjetla za fotolitografiju nove generacije. Istraživanje ultrabrze dinamike temeljeno je na ultrakratkim laserskim pulsovima radi proučavanja dinamike materijala koja se odvija na vremenskoj skali vibracija i rotacija jezgra atoma, i formiranju molekularnih veza, na vremenskim skalama na kojima se temeljni procesi odvijaju u prirodi.

Istraživanje, razvoj i inovacije koji će se odvijati u predviđenoj infrastrukturi fokusirat će se na sljedeća područja istraživanja: atomska i molekulska fizika, fizika čvrstoga stanja, površinska fizika, optička fizika, bioznanost i fizika plazme. Osim temeljnoga istraživanja u CALT centru pružat će se i usluge zainteresiranim korisnicima iz industrije i/ili akademske zajednice kao što su visokoosjetljiva mjerenja gravitacijskoga i magnetskoga polja kvantnim senzorima i umjeravanje uređaja s vremenskom bazom (jedinica za kvantne tehnologije); razvoj novih 2D i hibridnih materijala te optička karakterizacija materijala (jedinica za nanosustave i biosustave); tre-

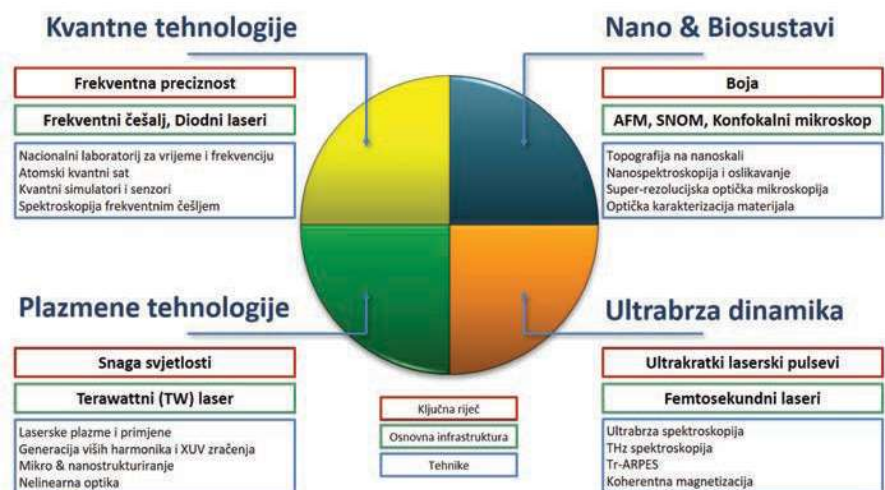
tman hrane, lijekova i kulturnoga nasljeđa plazmom (jedinica za plazmene tehnologije); novi ekstremni izvori svjetlosti za buduće primjene u fotolitografiji i mikrostrukturiranju (jedinica plazmene tehnologije); mjerenje ultrabrze dinamike procesa važnih u biologiji, kemiji, solarnim ćelijama, novim materijalima i farmaceutici (ultrabrza dinamika). Centar će sudjelovati u razvoju socioekonomskoga sektora primjenom suvremenih laserskih tehnika za rješavanje društveno važnih problema koji se odnose na zdravlje, hranu, energiju, okoliš i sigurnost.

## Nacionalni umjerni laboratorij za vrijeme i frekvenciju

U jedinici za kvantne tehnologije u tijeku je osnivanje Nacionalnoga umjernog laboratorija za vrijeme i frekvenciju u cilju pružanja službenoga hrvatskog vremena i mjerne sljedivosti do SI sustava jedinica za vrijeme i frekvenciju, koje podupiru širok raspon primjena u industriji, nacionalnoj infrastrukturi, istraživanju i društvu općenito.

Laboratorij će biti opremljen standardnom opremom za mjerenje vremena i diseminaciju, uključujući opremu za umjeravanje uređaja temeljenih na vremenskoj/frekventnoj skali. U laboratoriju će se mjeriti, održavati i diseminirati nacionalno hrvatsko vrijeme, lokalno vrijeme UTC (HR). U tu svrhu koristit će se standardizirani atomski sat temeljen na atomima cezija te ostala oprema za čuvanje vremena. Laboratorij će biti opremljen GPS sustavom. GPS sustavom bit će omogućena usporedba izmjerenoga vremena s vremenom mjenjenim u drugim nacionalnim laboratorijima. Nacionalno vrijeme diseminirat će se unutar CALT centra te vanjskim korisnicima putem NTP (Network Time Protocol) poslužioca.

Osim mjerenja i diseminacije nacionalnoga vremena u laboratoriju će se provoditi mjerenje visokostabilizirane frekvencije u radiofrekventnome području te razvijati, prvi u jugoistočnoj Europi, kvantni sat temeljen na hladnim atomima stroncija. Stroncijev je atomski sat po preciznosti i stabilno-

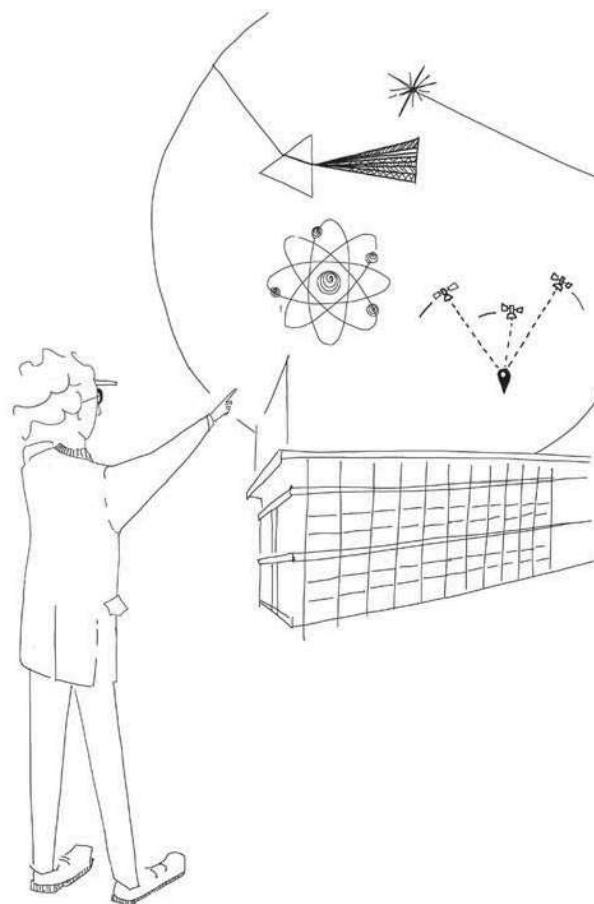


Slika 4. Četiri infrastrukturne jedinice projekta CALT. Izvor: CALT; 2016.

sti najbolji atomski sat našega vremena, ujedno i kandidat za redefiniciju sekunde.

Usporedbom lokalne, hrvatske vremenske skale UTC (HR) s laboratorijima na međunarodnoj razini pri Međunarodnome uredu za utege i mjere (BIPM) Hrvatska će sudjelovati u određivanju svjetske vremenske skale UTC i atomske vremenske skale (TAI).

Sukladno Zakonu o mjeriteljstvu (NN 74/2014, NN 111/2018) i Pravilniku o državnim etalonima (NN 5/2020) u pripremi je osiguranje uvjeta za akreditaciju umjernoga laboratorija u području umjeravanja mjerila vremenskoga intervala i frekvencije prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025:2017, Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija, te priprema za osiguranje uvjeta odgovarajućega i djelotvornoga sudjelovanja u međunarodnim mjeriteljskim aktivnostima i forumima u okviru Međunarodnoga ureda za utege i mjere (BIPM) i Europskoga udruženja nacionalnih mjeriteljskih instituta (EURAMET) te uvjeta za upis i održavanje mjernih sposobnosti (CMC) nacionalnoga umjernog laboratorija u međunarodnu bazu podataka (KCDB).



## Novosti iz Svijeta kvalitete

Autor: Darko BOŠNJAK, dipl. ing. univ. spec.

[www.svijet-kvalitete.com](http://www.svijet-kvalitete.com)



### ► Četvrto izdanje EA-2/17 za prijavljena tijela

Europska prijavljena tijela (**notified bodies**) pored zahtjeva za osposobljenošću prema nekoj međunarodnoj normi moraju ispunjavati i dodatne zahtjeve koji su navedeni u dokumentu **EA 2/17, EA Document on Accreditation For Notification Purposes** (EA Dokument za akreditaciju u svrhu prijavljivanja), koji je doživio svoje četvrto izdanje.

Akreditacijska tijela Europe u svojim ocjenjivanjima tijela za ocjenjivanje sukladnosti prema međunarodnim normama niza ISO/IEC 17000ff moraju ocijeniti i dodatne zahtjeve za ona tijela koja su prijavljena tijela prema određenim Europskim direktivama ili uredbama ili će to postati, kako bi utvrdila njihovu osposobljenost za potrebe pojedinih EU-ovih direktiva ili uredba. U tome im pomaže dokument Europske akreditacije EA-2/17.

Prvo izdanje toga dokumenta pojavilo se 2009. godine i bilo je obvezni dokument za primjenu u pogledu ocjenjivanja u svrhu prijavljivanja tijela Europskoj komisiji. Pet godina poslije, 2014. godine, dokument je revidiran

i deklariran je kao informativni te na temelju kojega bi svako europsko akreditacijsko tijelo trebalo razviti pravila za ocjenjivanje u svrhu prijavljivanja u suradnji sa svojim nacionalnim nadležnim tijelima. U svibnju 2015. dokument EA-2/17 ponovno je izdan, ali kao drugo izdanje (March 2014\_rev02 – Re published May 2015). Tijekom 2015. godine došlo je do izmjene u dizajnu Europske akreditacije, pa je dokument EA-2/17 samo izmijenjen u dizajnerskome smislu dok mu je sadržaj ostao isti. U studenome 2016. EA je pripremio treće izdanje dokumenta EA-2/17, kad on ponovno postaje obvezni dokument za primjenu.

Četiri godine nakon trećega izdanja, EA je pripremio četvrto izdanje dokumenta EA 2/17, koje je izmijenjeno tako da dokument bude jasniji, razumljiviji i jednostavniji za primjenu. Novo izdanje također više pozornosti posvećuje pojmu *preferirana norma* kao i specifičnostima Uredbe 305/2011, koja se odnosi na građevne proizvode. U sklopu dokumenta nalaze se i četiri dodatka koji definiraju i pojašnjavaju pojedina područja.