

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Prirodoslovno-matematički fakultet - Strateški program znanstvenih istraživanja od 2018. do 2023.

Svrha osnivanja i rada znanstvene organizacije	4
Analiza znanstvenog potencijala znanstvene organizacije i njezina položaja u znanstvenom i poslovnom okružju	7
SWOT analiza.....	14
Prednosti	14
Nedostatci	14
Mogućnosti.....	15
Prijetnje	15
Strateški ciljevi.....	15
Cilj 1. Povećati prisutnost PMF-a u svjetskom, a posebno u znanstvenom području Europske unije.	16
Cilj 2. Zadržati vodeću ulogu PMF-a u Hrvatskoj i osigurati visoko mjesto u regiji.....	17
Cilj 3. Povećati interdisciplinarnost, multidisciplinarnost, veze s gospodarstvom.	17
Cilj 4. Podignuti razinu kvalitete znanstveno-istraživačkog kadra.	18
Cilj 5. Povećati povezanost obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada.	19
Cilj 6. Izgraditi suvremenu i naprednu znanstvenu infrastrukturu.	19
Tablični prikaz mjera/aktivnosti s planiranim rezultatima	20
Teme koje znanstvena organizacija namjerava istraživati i poveznica s ispunjenjem strateških ciljeva	31
Matematički odsjek	31
Fizički odsjek.....	32
Kemijski odsjek	34
Biološki odsjek.....	35
Geofizički odsjek.....	37
Geološki odsjek.....	38
Geografski odsjek	39
Dodatak A – Organizacijska struktura PMF-a	41
Dodatak B – Detaljan opis znanstvenih tema koje organizacija planira istraživati s posebnim ciljevima za svaku temu.....	43
Matematički odsjek	43

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Zavod za algebru i osnove matematike.....	43
Zavod za geometriju.....	43
Zavod za matematičku analizu.....	44
Zavod za numeričku matematiku i znanstveno računanje.....	45
Zavod za primijenjenu matematiku.....	46
Zavod za računarstvo.....	47
Zavod za teoriju vjerojatnosti i matematičku statistiku.....	47
Zavod za topologiju.....	48
Katedra za metodiku nastave matematike i računarstva.....	49
Fizički odsjek.....	49
Zavod za eksperimentalnu fiziku.....	49
Zavod za teorijsku fiziku čestica i polja.....	51
Zavod za teorijsku fiziku kondenzirane tvari.....	51
Zavod za teorijsku fiziku.....	52
Kemijski odsjek.....	55
Zavod za analitičku kemiju.....	55
Zavod za biokemiju.....	55
Zavod za fizikalnu kemiju.....	57
Zavod za opću i anorgansku kemiju.....	58
Zavod za organsku kemiju.....	59
Biološki odsjek.....	60
Botanički zavod.....	60
Zavod za animalnu fiziologiju.....	61
Zavod za mikrobiologiju.....	61
Zavod za molekularnu biologiju.....	62
Zoologijski zavod.....	64
Geofizički odsjek.....	64
Geološki odsjek.....	66
Geološko-paleontološki zavod (GPZ).....	66
Mineraloško-petrografski zavod (MPZ).....	68
Geografski odsjek.....	69
Dodatak C – Katalog opreme PMF-a.....	74
Dvojezični HR/EN katalog znanstvene opreme i računalnih programa PMF-a dostupan je poveznici:	74

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

http://www.pmf.unizg.hr/download/repository/PMF_Katalog_znanstvene_opreme_i_racunalih_programa.pdf..... 74

a do njega se može doći i klikom na Dokumenti u lijevom izborniku na naslovnici PMF-a te onda Ostali dokumenti. 74

Literatura 74

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Prirodoslovno-matematički fakultet (PMF) Sveučilišta u Zagrebu je od osnutka **jedna od vodećih znanstvenih institucija** u Hrvatskoj. Taj istaknuti položaj nosi velike odgovornosti i nameće visoke zahtjeve. Budući da je STEM (od Science, Technology, Engineering i Mathematics) usmjereno istraživanje i obrazovanje jedan od glavnih svjetskih trendova, slijedi da će uspješnost Hrvatske u praćenju tog trenda u najvećoj mjeri ovisiti o sposobnosti PMF-a u Zagrebu da se u istraživačkom radu maksimalno usredotoči na svjetski relevantne teme. Takva orijentacija treba ujedno utjecati na obrazovnu komponentu PMF-a. Prihvatimo li tu premisu, strateški ciljevi PMF-a u znanosti se prirodno nameću. Pritom treba istaknuti da se u većini svjetskih regija jasno vidi sustavni napor da se sveučilišta i znanstveni centri podignu na višu razinu. To znači da se od PMF-a očekuje dodatni napor da bi se uopće zadržali postojeći položaji, a za poboljšanje je potrebna vrlo koordinirana politika cijelog fakulteta.

Svrha osnivanja i rada znanstvene organizacije

PMF je osnovan 1946. godine na tradiciji nastavnih i istraživačkih aktivnosti koje su počele 1876. godine na Prirodoslovno-matematičkom odjelu tadašnjeg Mudroslovnog fakulteta. Svrha je osnivanja PMF-a dominantno bila visoko obrazovanje studenata iz područja matematike, fizike, kemije, biologije, geologije, geografije i geofizike. Od osnutka do danas, PMF je imao presudan utjecaj i značaj na cijelo društvo i razvoj Republike Hrvatske kroz obrazovanje i odgoj srednjoškolskih nastavnika, znanstvenika istraživača na hrvatskim sveučilištima i institutima, te zaposlenika u raznim tvrtkama iz privatnoga i javnog sektora i poduzetnika.

Važna je premisa te strategije da je **sveučilišno obrazovanje nužno utemeljeno na znanstvenim istraživanjima**. Jedino takav oblik visokoškolskog obrazovanja može odgovoriti izazovima brzih promjena u svakidašnjem životu, a koje su dominantno posljedica tehnološkog razvoja. Jedino visoko obrazovanje utemeljeno na istraživanjima može pripremiti visokoobrazovane kadrove koji su spremni prihvatiti i razvijati novo znanje i inovacije, te biti aktivni čimbenici gospodarskog razvoja, ali i odgovoriti na izazove održivosti čovječanstva i okoliša. PMF je od osnutka do danas stožerna istraživačka ustanova u Republici Hrvatskoj.

Znanstvena istraživanja na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu provode se u nekoliko bitnih oblika djelatnosti koji su međusobno isprepleteni i povezani. Prvi od njih je **eksperimentalni i teorijski znanstveni rad** o mnogim otvorenim pitanjima u znanosti, a čiji su rezultati vidljivi u znanstvenim radovima. Znanstvenici PMF-a stalno objavljuju rezultate svojih istraživanja u vodećim svjetskim znanstvenim časopisima poput *Nature*, *Science*, *PNAS*, *Nature Communications*, *Science Advances*, *Royal Society Open Science*, *Journal of Differential Equations*, *ACM Transactions of Mathematical Software*, *Mathematische Annalen*, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, *Communications in Partial Differential Equations*, *International Mathematics Research Notices*, *Discrete and Continuous Dynamical Systems – Series A*, *Stochastic Processes and their Applications*, *Geometry & Topology*, *Annals of Probability*, *Probability Theory and Related Fields*, *Annals of Applied Probability*, *Journal of the American Mathematical Society*, *Duke Mathematical Journal*, *Journal of the European Mathematical Society*, *Applied and Computational Harmonic Analysis*, *Physical Review Letters*, *Physical Review A-E*, *Nature Physics*, *Cell*, *Angewandte Chemie International Edition*, *Chemistry – A European Journal*, *Physical Chemistry-Chemical Physics*, *Inorganic Chemistry*, *Journal of Organic Chemistry*, *Analytical Chemistry*, *The EMBO Journal*, *PlosONE*, *Nature Biotechnology*, *Genome Research*, *DNA Research*, *Progress in Retinal and Eye Research*,

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Chemosphere, Freshwater Biology, Hydrobiologia, Nature Climate Change, Atmospheric Chemistry and Physics, Journal of Geophysical Research, Seismological Research Letters, Paleo3, Mineralogical Magazine, Palaios, Lithos, Facies, The Cryosphere, Geomorphology, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (ili PALAEO3), Journal of Hydrology, Applied Geography, Journal of Rural Studies i Geoforum. Svojom kvalitetom i originalnošću, neke su publikacije postigle znatan odjek u međunarodnoj zajednici. Znanstvenici PMF-a su često pozvani predavači na vodećim međunarodnim skupovima iz područja istraživanja koja se provode na PMF-u.

Današnji modeli financiranja istraživanja iz europskih izvora (npr. program H2020, prije toga FP7, Europski strukturni i investicijski fondovi), te iz hrvatskih izvora financiranja (npr. Hrvatska zaklada za znanost (HRZZ), Fond Jedinstvo uz pomoć znanja (UKF), Ministarstvo znanosti i obrazovanja (MZO)), usmjereni su na **izvođenje konkretnih znanstvenih projekata u danim rokovima**. Taj je oblik djelatnosti postao iznimno bitan i nemoguće je zamisliti eksperimentalni i teorijski rad, te mentorski rad s doktorandima bez projektnog financiranja znanstvenih istraživanja. Nadalje, projektna je aktivnost izrazito važna za razvoj istraživačke infrastrukture. U tom je kontekstu PMF prijavio dva projekta za financiranje iz strukturnih i investicijskih fondova Europske unije: CeNIKS – Centar za napredna istraživanja kompleksnih sustava (<http://ceniks.phy.hr>), te projekt CIUK – Centar izvrsnosti u kemiji. Od mnogih projekata koji se izvode na PMF-u zasad istaknimo dva projekta Europskoga istraživačkog vijeća (European Research Council grants), Znanstveni centar izvrsnosti za kvantne i kompleksne sustave te reprezentacije Liejevih algebri, koji se financira iz strukturnih i investicijskih fondova Europske unije. Izdvojimo nekoliko projekata financiranih iz FP7 iz H2020 fondova: *Constraining Stellar Mass and Supermassive Black Hole Growth through Cosmic Times: Paving the way for the next generation sky surveys (ERC projekt)*, *The Janus-face of the localized carrier in cuprates: Generating the pseudogap and high temperature superconductivity (ERC projekt)*, *Systems medicine approach to chronic inflammatory disease (H2020)*, *Innovative training in methods for future data (Marie Curie ITN)*, *Comparative genomics of non-model invertebrates (Marie Curie ITN)*, *Connectivity among Mediterranean fishery stakeholders and scientists resolves connectivity of fishery population (INTERREG)*, *Marine Ecosystem Restoration in Changing European Seas (H2020)*, *BIOengineered grafts for Cartilage Healing in Patients (H2020)*, *Smart Integration of Genetics with Sciences of the Past in Croatia: Minding and Mending the Gap (H2020)*. PMF-ovi znanstvenici često sudjeluju i u znanstvenim projektima kao partneri (nositelj projekta je druga institucija). Tako su, na primjer, PMF-ovi znanstvenici aktivni u šest od deset Znanstvenih centara izvrsnosti iz STEM područja koji su osnovani u Republici Hrvatskoj.

Treći važan oblik djelatnosti su doktorski studiji. Na PMF-u se izvodi **sedam doktorskih studija: Biologije, Fizike, Geologije, Kemije, Matematike, Doktorski studij geografije: prostor, regija, okoliš, pejzaž te Interdisciplinarni doktorski studija Oceanologije**. Svrha izvođenja doktorskih studija je višestruka. Prvo, doktorandi stječu ekspertizu iz određene znanstvene discipline koja je važna dogradnja preddiplomskom i diplomskom studiju. Drugo, osposobljavaju se za samostalna znanstvena istraživanja. Nadalje, spremni su prihvatiti i primijeniti najnovije tehnologije koje dolaze sa same fronte istraživanja pa su zato važan dio za održivost rada hrvatskih sveučilišta i znanstvenih instituta, te za držanje koraka hrvatskih gospodarskih tvrtki (javni i privatni sektor) s najnovijim dolazećim tehnologijama koje su utemeljene u prirodoslovlju i matematici. Kao primjer navedimo medicinske fizičare koji jedini imaju ekspertizu za određene segmente rada na sofisticiranim uređajima u bolnicama i institutima iz zdravstvenog sustava. Velik dio studenata doktorskih studija PMF-a zaposlen je u drugim institucijama poput Instituta Ruđera Boškovića ili sveučilištima u Splitu, Osijeku i Rijeci.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Zato je uloga PMF-a u tom obliku djelatnosti u Republici Hrvatskoj iznimno važna te joj se mora posvetiti posebna pozornost. Važan dio znanstvene produkcije PMF-a dolazi od rada doktoranada koji je vidljiv u znanstvenim i ocjenskim radovima, tj. doktorskim disertacijama.

Četvrti važan oblik djelatnosti vezan za znanstvena istraživanja je **međunarodna suradnja** sa znanstvenicima, znanstvenim skupinama i institucijama te **mobilitet** znanstvenika. Međunarodna suradnja ima utjecaj na međunarodna istraživanja te na razinu kvalitete istraživanja i odabir tematika kojima se znanstvenici bave. Međunarodnoj suradnji se na PMF-u od samih osnutaka posvećivala velika pozornost, što se vidi iz postojanja Ureda za međunarodnu suradnju i položaja prodekana za međunarodnu suradnju u ustroju PMF-a. Taj se oblik djelatnosti, uz ostalo, ostvaruje kroz bilateralne projekte, organizacije znanstvenih skupova, te mobilnošću znanstvenika, to jest odlascima znanstvenika na dulja ili kraća usavršavanja u inozemstvo.

Peti važan oblik djelatnosti vezan za znanstvena istraživanja odnosi se na primijenjena istraživanja, odnosno na **stručni rad**. Naime, znanstvenim radom, znanstveno-nastavno osoblje PMF-a stječe stručnost i kredibilitet za provedbu stručnih projekata koji su važni za širok raspon aspekata koji utječu na hrvatsko društvo, gdje posebno ističemo održivi razvoj i zaštitu prirode i okoliša. Jedan od primjera važnoga stručnog rada je suradnja s Hrvatskim vodama. Primjerice, trenutačno se provode projekti Sustavno ispitivanje hidromorfoloških elemenata kakvoće u rijekama u 2016. i 2017. (naručitelj: Hrvatske vode; projekt izvodi Geografski odsjek PMF-a i Elektroprojekt d. d.), Razvoj metodologije za ocjenu hidromorfološkog stanja u stajaćicama i provedba hidromorfološkog monitoringa (za oba projekta naručitelj su Hrvatske vode, a projekt izvodi Geografski odsjek PMF-a i Elektroprojekt d. d.), Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofite i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim rijekama Panonske i Dinaridske ekoregije; analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće (naručitelj: Hrvatske vode; projekt izvodi Biološki odsjek PMF-a) i Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – I. dio: Stajaćice Panonske ekoregije i II. dio: Stajaćice Dinaridske ekoregije (naručitelj: Hrvatske vode; projekt izvodi Biološki odsjek PMF-a i Danube Research Institute). U sklopu PMF-a djeluje Seizmološka služba koja se brine o prikupljanju i analizi makroseizmičkih i mikroseizmičkih podataka. Na temelju zapisa potresa daju se obavijesti građanstvu i raznim službama te stručna mišljenja graditeljima, osiguravateljskim kućama i slično. Služba također izrađuje studije seizmičnosti za potrebe Hrvatske elektroprivrede, Ministarstva obrane Republike Hrvatske i Hrvatskih voda te studije u području inženjerske seizmologije, čiji se rezultati primjenjuju pri projektiranju objekata od posebnog interesa (poput brana, mostova i terminala). Nadalje, u sklopu Biološkog odsjeka PMF-a nalazi se Botanički vrt, omiljeno odredište građana i turista. Zbog velike obrazovne, kulturno-povijesne i turističke vrijednosti te ukupnog značenja za Sveučilište, grad Zagreb i Republiku Hrvatsku, Vrt je od 1971. zakonom zaštićen kao spomenik parkovne arhitekture. Vrt ima važnu ulogu u sveučilišnoj nastavi, u znanstveno-istraživačkom i stručnom radu u području botanike te u obrazovanju šire javnosti o važnosti zajedničkog djelovanja u svrhu zaštite i očuvanja bogate hrvatske flore. Suraduje s botaničkim vrtovima u svijetu te razmjenjujući iskustva razvija temeljne djelatnosti botaničkih vrtova u 21. stoljeću kao što su obrazovanje i zaštita biološke raznolikosti biljaka. Znanstvenici PMF-a uključeni su u projekte važne za očuvanje hrvatske flore i faune te su, primjerice, u suradnji s Hrvatskom agencijom za okoliš i prirodu sudjelovali u izradi mnogih crvenih knjiga i crvenih popisa, koji su važni kako bi se na nacionalnoj razini prepoznale ugrožene vrste i staništa te odredile prioritetne mjere za njihovu zaštitu. Na kraju, suradnja s gospodarstvom na PMF-u neprekidna je i

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

putem izrade stručnih studija za potrebe različitih naručitelja vezanih za energetiku, vodoprivredu, zaštitu prirode i okoliša, građevinarstvo i druge gospodarske djelatnosti.

Šesti oblik djelatnosti je **suradnja s gospodarstvom**, gdje bitnu ulogu imaju primijenjena istraživanja i transfer tehnologije. Moderna sveučilišta imaju tri važne uloge. Dvije od njih su već spomenute, znanstveni i nastavni rad. Treća je uloga pozitivan utjecaj na gospodarstvo koja može teći kroz nekoliko kanala. Jedan od njih je prelijevanje ljudskih resursa koji su stekli određen stupanj stručnosti (završili preddiplomski, diplomski ili doktorski studij) u gospodarski sektor. Drugi je suradnja s tvrtkama sudjelovanjem na zajedničkim projektima, odnosno primijenjenim istraživanjima. Istaknimo za primjer suradnju PMF-a s Plivom (vidi dolje detaljniji opis) i Genosom (npr. na H2020 projektu *Systems medicine approach to chronic inflammatory disease*). Znanstvenici PMF-a bili su također voditelji mnogih Proof of Concept (PoC) projekata koji stvaraju veze s gospodarstvom. Treći je stvaranje spin-off i spin-out tvrtki utemeljenih na znanstvenim spoznajama, odnosno transferom tehnologije. PMF je do sada imao važan utjecaj putem prvog spomenutog kanala, te postoje aktivnosti i u drugom kanalu, a treći je izazov koji je potrebno ostvariti.

Sedmi je oblik djelatnosti **popularizacija znanosti**. Popularizacijske se aktivnosti uspješno već godinama održavaju na PMF-u putem izuzetno posjećenih Otvorenih dana PMF-a (jedanput na godinu, obično u travnju), koje prati i velika medijska pozornost (TV, radio, itd.), te aktivnosti poput Čarolija u kemiji, Noći biologije, Fizike ekspres. Svrha je popularizacije približavanje naših znanstvenih aktivnosti široj publici koja porezima financira javni sektor pa tako i našu djelatnost, te senzibiliziranje osnovnoškolaca i srednjoškolaca za prirodoslovlje i matematiku kako bi PMF imao širu i kvalitetniju bazu studenata.

Veliki je broj oblika djelatnosti koji su na neki način povezani sa znanstvenim istraživanjima. Spomenimo još za kraj ovog poglavlja izdavačku djelatnost PMF-a. PMF je izdavač šest časopisa: Acta Botanica Croatica, Geofizika, Croatica Chemica Acta, Glasnik Matematički, Hrvatski geografski glasnik i Acta Geografica Croatica; prva četiri časopisa indeksirana su u Web of Scienceu, od ukupno 42 hrvatska časopisa indeksirana u toj međunarodno prepoznatljivoj bibliografskoj bazi.

Analiza znanstvenog potencijala znanstvene organizacije i njezina položaja u znanstvenom i poslovnom okružju

Najvažniji istraživački resurs Prirodoslovno-matematičkog fakulteta su ljudski resursi. **Na Fakultetu djeluje 275 istraživača u znanstveno-nastavnim zvanjima te 157 istraživača u suradničkim zvanjima, koji su raspoređeni na sedam odsjeka (stanje studeni 2017.).** U sastavu PMF-a djeluju fakultetski odsjeci:

- Matematički odsjek
- Fizički odsjek
- Kemijski odsjek
- Biološki odsjek
- Geološki odsjek
- Geografski odsjek
- Geofizički odsjek.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Odsjeci su organizirani u više zavoda, katedri i centara, uključujući Seizmološku službu Hrvatske te Botanički vrt; radi preglednosti. Sve su te jedinice poimence navedene u Dodatku A.

Ova se strategija velikim dijelom usmjerava na jačanje ljudskih resursa, a time i kapaciteta provedbe projekata i znanstvenih istraživanja na PMF-u. Trenutačno je na fakultetu aktivno 118 projekata od kojih se 83 financiraju iz domaćih izvora financiranja, te 35 projekata koji se potpuno ili djelomično financiraju iz stranih izvora. Preciznije, od spomenutih 35 projekata sedam je financirano iz H2020 programa (jedan je ERC projekt), dva iz FP7 programa (jedan je ERC projekt), jedan projekt iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova, jedan projekt iz IRI programa, jedan projekt iz INTERREG programa, jedan projekt iz Erasmus + programa, dva projekta iz IAEA programa, dva projekta iz AUF (Agence universitaire de la Francophonie) programa, a ostali su bilateralni projekti. U te brojke nisu uvrštene potpore istraživanjima (u 2017. godini financirano je 86 potpora istraživanja s približno 2,7 milijuna kuna, a taj je broj približno jednak brojkama iz prethodnih dviju godina). Udjel H2020 i FP7 projekata je nešto manji od 8 % u ukupnom broju projekata. Udjel projekata iz stranih izvora financiranja, a bez međudržavnih projekata je dakle 16/118, što iznosi između 13 % i 14 %. Ako taj broj sagledamo kroz 275 znanstvenika u znanstveno-nastavnim zvanjima, jasno se nameću određene stavke u SWOT analizi u nastavku i ciljevi.

Prirodoslovno-matematički fakultet nalazi se u visoko poticajnoj okolini. Blizu nekoliko odsjeka koji pripadaju Prirodoslovno-matematičkom fakultetu (Matematički, Fizički, Kemijski, Geofizički, Geološki i dio Biološkog odsjeka) nalaze se Institut Ruđera Boškovića, Medicinski fakultet, Institut za fiziku, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada. **Taj velik kompleks prirodnih, biomedicinskih i bioloških znanosti u sjevernom dijelu Zagreba često se naziva Sjevernim kampusom.** U tijeku je nekoliko infrastrukturnih projekata koji će se biti financirati iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova, koji će znatno utjecati na znanstveni krajolik sjevernog kampusa, a u kojem je PMF ili izravni čimbenik (nositelj projekta) ili PMF-ovi znanstvenici sudjeluju kao partneri u izvođenju tih projekata.

Iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova izdvajamo projekte koji će bitno utjecati na PMF-ovu znanstvenu aktivnost u idućih pet godina. Projekt **CeNIKS – Centar za napredna istraživanja kompleksnih sustava** (<http://ceniks.phy.hr>) prijavljen je na natječaj za Infrastrukturnu potporu financiranu iz Europskog fonda za regionalni razvoj. Taj projekt vrijedan 8,2 MEUR vodi se na Fizičkom odsjeku PMF-a. Na isti natječaj Europskog fonda za regionalni razvoj prijavljen je i projekt **CIUK – Centar izvrsnosti u kemiji**. Taj projekt vrijedan 9,5 MEUR vodi se na Kemijskom odsjeku PMF-a. Svrha je projekta razvoj nacionalne znanstveno-istraživačke infrastrukture koja pridonosi razvoju inovacijskih sposobnosti, kako pojedinaca tako i kolektiva, istraživačkoj izvrsnosti te različitosti i modernizaciji nacionalnoga gospodarstva. Razvojem KO PMF-a u vodeći nacionalni i regionalni centar, u kojem se provode vrhunska primijenjena i osnovna istraživanja iz znanstvenog polja kemije, razvijat će se znanstveno-istraživački kadar sa specifičnim vještinama i znanjima u tom području. Takav će pristup dugoročno osigurati veću konkurentnost i prepoznatljivost aktivnosti povezanih s istraživanjem i razvojem koja se provode u sklopu Sveučilišta, kako u nacionalnim tako i u međunarodnim granicama. Među specifičnim ciljevima tog projekta treba istaknuti jačanje konkurentnosti hrvatskoga gospodarstva temeljenog na primjenjivim rezultatima znanstveno-istraživačkog rada te poticanje nove i proširenje postojeće suradnje s predstavnicima gospodarstva. Važno je istaknuti da je u tijeku priprema prijave Biološkog odsjeka na strukturne fondove, sredstvima kojima se želi osuvremeniti znanstvena oprema i obnoviti postojeći prostori da bi se organizirali novi laboratoriji. Konačno, očekuje

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

se da će ojačani infrastrukturni kapaciteti znatno povećati mogućnosti istraživanja i inovacija te se time pozitivno odraziti i na obrazovnu djelatnost.

Potpisan je ugovor za projekt Provedba vrhunskih istraživanja u sklopu **Znanstvenog centra izvrsnosti (ZCI) za kvantne i kompleksne sustave te reprezentacije Liejevih algebri** (<http://bela.phy.hr/quantixlie/>), koji se također financira iz europskih strukturnih i investicijskih fondova, a koji je raspisan potkraj 2016. godine. Odobrena su bespovratna sredstva od 36.956.624,09 kuna. Projekt će znatno pridonijeti razvoju ljudskih resursa i podizanju razine kvalitete istraživanja iz teorijske fizike i matematike. Bitno je napomenuti da PMF-ovi istraživači sudjeluju kao partneri (odnosno PMF kao partnerska institucija) u radu čak pet drugih Znanstvenih centara izvrsnosti (ZCI) čije su institucije nositeljice iz Republike Hrvatske: ZCI za napredne materijale i senzore – CEMS (Institut Ruđer Bošković), ZCI za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet), ZCI za personaliziranu brigu o zdravlju (Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku), ZCI za temeljnu, kliničku i translacijsku neuroznanost (Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet), te ZCI za znanost o podacima i kooperativne sustave (Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva). Radeći na tim znanstvenim centrima izvrsnosti PMF-ovi znanstvenici imaju prigodu pojačati suradnju i iskoristiti suradnju s ostalim znanstvenicima iz Republike Hrvatske kako bi podigli razinu kvalitete istraživanja u cijeloj zemlji, te ojačali interdisciplinarna i multidisciplinarna istraživanja.

Od projekata iz strukturnih i investicijskih fondova Europske unije, koji se vode na susjednim institucijama, izdvajamo projekte O-ZIP (Open Scientific Infrastructural Platforms for Innovative Applications in the Economy and Society, <http://ozip.irb.hr/>), koji će se provoditi na Institutu Ruđera Boškovića, a vrijedni su 50 MEURA, te projekt CALT – Centar za napredne laserske tehnike (<http://calt.ifs.hr/>), koji će se provoditi na Institutu za fiziku. Znanstvenici PMF-a moći će se koristiti infrastrukturom O-ZIP-a i CALT-a za svoja istraživanja. Uz ta dva projekta, koja su proglašena strateški važnima, očekuje se i financiranje projekta Kriogenog centra Instituta za fiziku (<http://kacif.ifs.hr/>).

Nabavom kapitalne opreme i projektnim aktivnostima stvarala se znanstvena infrastruktura, odnosno laboratoriji i pripadajuća oprema. Ustroj laboratorija slijedi ustroj PMF-a po zavodima, koji je detaljno naveden u Dodatku A. U tijeku je izrada kataloga znanstvene opreme PMF-a koja će dati iscrpan uvid u kapacitete PMF-a za provođenje eksperimentalnih istraživanja i pružanja komercijalnih usluga tvrtkama iz gospodarskog sektora te drugim pravnim i fizičkim osobama. Sadašnja inačica kataloga znanstvene opreme nalazi se u Dodatku C te će se prema potrebi dopunjavati novim stavkama. U sustavu odsjeka organiziran je rad knjižnica koje sadržavaju literarnu građu potrebnu za provođenje istraživanja, koja se neprekidno dograđuje te pruža pristup svjetski relevantnim znanstvenim časopisima iz prirodoslovlja i matematike.

Znanstvenici PMF-a imaju jaku suradnju s Institutom Ruđera Boškovića, Institutom za fiziku, Državnim hidrometeorološkim zavodom, Institutom za medicinska istraživanja i medicinu rada, Imunološkim zavodom, Prehrambeno-biotehnoškim fakultetom, Farmaceutsko-biokemijskim fakultetom, Tekstilno-tehnoškim fakultetom, Kemijsko-tehnoškim fakultetom u Splitu, Rudarsko-geološko naftnim fakultetom, Hrvatskim geološkim institutom, Centrom za istraživanje mora "Ruđer Bošković" iz Rovinja, Institutom za oceanografiju i ribarstvo iz Splita, Hrvatskim restauratorskim zavodom, Hrvatskim institutom za istraživanje mozga, Veterinarskim fakultetom te Prirodoslovno-matematičkim fakultetom Sveučilišta u Splitu. Također surađujemo s Gradskim uredom za strategijsko planiranje i razvoj grada Zagreba i Nacionalnim centrom za vanjsko vrednovanje obrazovanja. Te se suradnje

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

ostvaruju zajedničkim projektima, a potpisano je i više partnerskih sporazuma od kojih izdvajamo Partnerske sporazume u sklopu šest Znanstvenih centara izvrsnosti navedenih u tekstu, čime je u biti partner svim važnim sudionicima u Republici Hrvatskoj u STEM području.

Znanstvenici PMF-a imaju vrlo snažnu međunarodnu suradnju. Jednim se dijelom međunarodna suradnja ostvaruje putem zajedničkih međunarodnih projekata. Kao primjer možemo navesti šest projekata fonda Jedinstvo uz pomoć znanja putem kojih su naši znanstvenici surađivali s najprestižnijim svjetskim institucijama poput Massachusetts Institute of Technology i Imperial College London. Suradnja se ostvaruje i s mnogim drugim institucijama: Caltech, University of Oxford, University of Cambridge, ETH Zurich, University of Chicago, University of Illinois Urbana-Champaign, Kemijski institut u Ljubljani, Sveučilište u Ljubljani, Sveučilište u Grazu, Sveučilište u Beču, Sveučilište u Pragu, Sveučilište u Firenci, Sveučilište u Manchesteru, Weizmann Institute of Science, Tübingen Proteome Center, Sveučilište u Portlandu, EMBL Grenoble, Technical University Berlin, Technical University Sydney, Sveučilište u Stuttgartu, Sveučilište u Trstu, Sveučilište u Varšavi, Sveučilište u Heidelbergu, University of Jyväskylä, McGill University, University of Namur, LCC Toulouse, University of Maragheh, Universitat de les Illes Balears, East China Normal University, Kansas State University, Wrocław University of Technology, Universidade de Lisboa, Universität Bielefeld, Sorbonne Universités, Sveučilište u Hamburgu, Sveučilište u Yorku, Sveučilište u Padovi, Italian National Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Max Planck Institute for Molecular Genetics Berlin Njemačka, Sveučilište Ben-Gurion Beer-Sheva Izrael, Centre for Genomic & Experimental Medicine MRC Institute of Genetics & Molecular Medicine, The University of Edinburgh Western General, Broad Institute of Harvard, Eawag, University of Washington, University of Utah, UCLA, University of Florida, Hong Kong University, Purdue University, Universidad Autonoma de Madrid, Universitaet Bonn i Danube Research Institute te Washington University in St Louis. Uz međunarodne projekte, PMF ima institucionaliziranu suradnju u obliku potpisanih sporazuma s mnogim međunarodnim institucijama. Preciznije, PMF ima 131 Erasmus ugovor sa stranim institucijama te 14 ugovora o suradnji s ustanovama: A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Rusija; University of Trieste, Department of Education and Cultural Processes, Section of Geography and Politics of Territory, Trst, Italija; Univerzitet u Bihaću, Pedagoški fakultet, Bihać, Bosna i Hercegovina; University of Padova, Department of Geosciences, Padova, Italija; International School for Advanced Studies (SISSA), Trst, Italija; Basque Center for Applied Mathematics (BCAM), Bilbao, Španjolska; University of Environment (UoE), Karaj, Iran; Saints Cyril and Methodius University of Skopje, Faculty of Science, Skopje, Makedonija; Institute of Nature Conservation of the Polish Academy of Sciences, Kraków, Poljska; Paul Scherrer Institute, Villigen, Švicarska; Moscow Institute of Physics and Technology, Moskva, Rusija; University of Pécs, Pečuh, Mađarska; Hungarian Natural History Museum, Budimpešta, Mađarska; School of Science te University of Osaka, Osaka, Japan.

Postoji važna suradnja s gospodarskim subjektima u primijenjenim istraživanjima i transferu tehnologije. Na primjer, znanstvenici kemijskog odsjeka PMF ostvaruju intenzivnu suradnju s predstavnicima farmaceutske (PLIVA d. o. o, Fidelta d. o. o., Belupo d. d), kemijske (Kemika d. d.) petrokemijske (INA d. o. o) te prehrambene industrije (Zvijezda d. o. o). Zajednički znanstveni rad u prvome je redu posvećen razvoju novih metoda sinteze kemijskih spojeva te metoda kvalitativne i kvantivne analize njihovih smjesa na primjerima s kojima su se istraživači iz gospodarskog sektora susretali u svakodnevnom radu. Istraživanja su dijelom usmjerena i na razvoj tzv. zelenih procesa pripreme kemijskih spojeva. Konkretno, pronalaženje ili optimizaciju sintetskih putova u kojima se koriste što manje količine štetnih otapala i energenata. Znanstvena suradnja s predstavnicima

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

gospodarstva rezultirala je izradom 29 znanstvenih radova u časopisima koje indeksira baza Current Contents, nekoliko doktorskih disertacija (5) i diplomskih radova (3). Drugi dio dosadašnje suradnje s gospodarskim sektorom obuhvaća provedbu stručnih projekata putem kojih djelatnici Kemijskog odsjeka PMF-a svoju znanstvenu stručnost i infrastrukturne kapacitete koriste za rješavanje konkretnih problema s kojima se predstavnici gospodarstva susreću. Uz suradnju s predstavnicima gospodarstva valja posebno istaknuti i suradnju djelatnika Kemijskog odsjeka s Ministarstvom unutarnjih poslova Republike Hrvatske. Naime, za minimalnu naknadu, koja se koristi za djelomično podmirivanje troškova rada spektrometra NMR, nabavljenog u sklopu poziva MZO „Jačanje kapaciteta za istraživanje, razvoj i inovacije”, znanstvenici NMR centra Kemijskog odsjeka analiziraju složene smjese opijata zaplijenjenih u Republici Hrvatskoj.

PMF je imao važan utjecaj na dio bolničkoga javnog sektora preko razvoja medicinske fizike. U hrvatskome zdravstvenom sustavu trenutačno djeluje 60 medicinskih fizičara koji obavljaju svakodnevne kliničke poslove u radioterapiji, nuklearnoj medicini, dijagnostičkoj radiologiji i zaštiti od zračenja, ali također sudjeluju u nastavnim aktivnostima na PMF-u. U hrvatskom zdravstvu trenutačno postoji velika i neodgodiva potreba za razvojem i primjenom medicinske fizike u modernim dijagnostičkim i terapijskim postupcima (radioterapija – IMRT, VMAT, SRS, SABRT, dijagnostička radiologija – fMRI, dwMRI, tenzorska MRI traktografija, msCT, nuklearna medicina – SPECT, PET itd.). Republika Hrvatska prihvatila je i ugradila u svoje zakonodavstvo direktivu Europske unije EURATOM 2013./59, koja zahtijeva odgovarajuću primjenu znanja iz medicinske fizike u zdravstvenim postupcima. Na osnovi toga će broj medicinskih fizičara u Hrvatskoj rasti (očekuje se da će ih biti više od 100) i njihova će se aktivnost u spomenutim područjima produbiti.

Doktorske je studije potrebno neprekidno ažurirati. Jedan od izazova koji je pred doktorskim studijima jest model financiranja doktoranada, koji prati svjetske trendove, a prema kojem se financira uglavnom četiri godine doktoranada (npr. HRZZ), dok je nedavno sustav znanstvenih novaka omogućivao znatno dulje vrijeme (barem šest godina) za izradu doktorske disertacije. Potrebno je usmjeriti se na veći broj specijaliziranih izbornih kolegija, a manji broj obveznih, kako bi se veći dio vremena posvetio istraživačkom radu te kako bi kolegiji što bolje osposobili doktorande u sklopu tematike njihova doktorata.

Važno je istaknuti da su znanstvena istraživanja na PMF-u **usklađena sa Strategijom pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje 2016. – 2020. (S3)** godine, odnosno sa **Strategijom obrazovanja znanosti i tehnologije** i ostalim **nacionalnim strateškim i sektorskim dokumentima**. Svi veći projekti iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova prošli su evaluaciju usklađenosti s navedenim dokumentima te s njihovim vertikalnim i horizontalnim temama.

Konkretno, **ZCI QuantiXLie** usklađen je s temama iz Strategije pametne specijalizacije: projekt je u skladu s Sporazumom o partnerstvu i Operativnim programom Konkurentnost i kohezija 2014. – 2020. (OPKK), TO 1 – Jačanje istraživanja, tehnološkog razvoja i inovacija jer izravno pridonosi jačanju kapaciteta te nastanku invencija i inovacija u području ZCI-ja. Projekt je u skladu s investicijskim prioritetom 1a iz OPKK jer izravno pridonosi povećanju sposobnosti sektora za IRI za provedbu istraživanja vrhunske kvalitete i potrebe gospodarstva. Poveznice s vertikalnim tematskim prioritetnim područjima (TPP), odnosno podtematskim prioritetnim područjima (PTPP) su: (i) TPP Energija i održivi okoliš – PTPP Energetske tehnologije, sustavi i oprema i PTPP Ekološki prihvatljive tehnologije, oprema i napredni materijali: provode se istraživanja topoloških fotoničkih i kondenziranih sustava, usmjerena

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

razvoju novih generacija naprednih materijala. (ii) TPP Sigurnost – PTPP Kibernetička sigurnost: u sklopu projekta provode se istraživanja eliptičkih krivulja, posebno konstrukcije eliptičkih krivulja s velikom torzijskom grupom i pozitivnim rangom, koje su iznimno bitne u kriptografiji javnog ključa (indikativna IRI tema kripto-komunikacijski sustavi prilagođeni standardima Europske unije i NATO-a). (iii) TPP Sigurnost – PTPP Obrambene tehnologije i proizvodi dvojne namjene: istražujemo nove fotoničke materijale koji imitiraju prirodne sustave (poput kameleona), te metamaterijale (IRI tema Inženjering materijala (zaštitna odjeća i oprema), povezana indikativna tema u sklopu horizontalne KET teme Fotonika i napredna optika). (iv) TPP Zdravlje i kvaliteta života – PTPP Farmaceutika, biofarmaceutika, medicinska oprema i uređaji: istražujemo mehanizam diobe kromosoma u mitozu što će pružiti bolji uvid u genske poremećaje kao posljedicu grešaka pri staničnoj diobi i mogućnosti njihova liječenja (IRI tema Otkriće i razvoj lijekova za ljude i životinje). (v) TPP Zdravlje i kvaliteta života – Zdravstvene usluge i nove metode preventivne medicine i dijagnostike: istražujemo egzotične atomske jezgre relevantne u medicinskoj dijagnostici i terapiji (IRI tema Novi dijagnostički i terapijski alati i aplikacije).

Projekt CluK povezan je s vertikalnim tematskim prioritetnim područjima (TPP) Strategije pametne specijalizacije: (i) Zdravlje i kvaliteta života (podtematska prioritetna područja (PTPP): Farmaceutika, biofarmaceutika i proizvodnja medicinske opreme i uređaja). (ii) Energetika i održiv okoliš (PTTP: Ekološki prihvatljive tehnologije, oprema i novi materijali). (iii) Hrana i bioekonomija (PTTP: Održiva proizvodnja i prerada hrane). Osnivanjem centra izvrsnosti na Kemijskom odsjeku izravno će se pridonijeti ostvarenju dvaju investicijskih prioriteta Operativnog programa konherentnost i kohezija. To su: jačanje istraživanja, tehnološkog razvoja i inovacija te ulaganje u obrazovanje, izobrazbu i strukovno osposobljavanje i cjeloživotno učenje. Prvom, koji je vezan za jačanje javne znanstveno-istraživačke infrastrukture, pridonijet će se poboljšanim infrastrukturnim i tehnološkim kapacitetima kojima raspolaže Kemijski odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a koje rabi u uspješnim istraživanjima od nacionalnoga i europskog interesa. Istim ulaganjem unaprijedit će postojeću – zastarjelu i nekonkurentnu infrastrukturu kojom se koristi za istraživanja u području kemije te tako ojačati vezu s predstavnicima industrije (industrija nafte, farmaceutska industrija, građevinska industrija, prehrambena industrija). Pojačanom suradnjom s gospodarstvom razvit će se suradnja koja će omogućiti provedbu kemijskih istraživanja čiji su rezultati primjenjivi u razvoju proizvoda i usluga od javnoga i privatnog interesa. Kako je predmet projekta CluK (Centar izvrsnosti u kemiji), osim razvoja infrastrukture i razvoj ljudskih kapaciteta u području javne znanstveno-istraživačke djelatnosti u području kemije, ostvarenje projekta trebalo bi pridonijeti i povećanju stupnja zaposlenosti i jačanju socijalne kohezije u zemlji. To će se ostvariti putem triju specifičnih ciljeva: poboljšanja kvalitete, relevantnosti i učinkovitosti visokog obrazovanja, povećanjem stope stečenoga visokog obrazovanja te poboljšanjem uvjeta rada za hrvatske istraživače.

Projekt CeNIKS je u skladu sa Strategijom pametne specijalizacije Republike Hrvatske preklapanjem sa sljedećim ciljevima: Cilj 1. Povećanje kapaciteta znanstveno-istraživačkog sektora za provedbu vrhunskih istraživanja koja odgovaraju potrebama gospodarstva, Cilj 2. Prevladavanje rascjepkanosti inovacijskog lanca vrijednosti i velikih razlika između znanstveno-istraživačkog i poslovnog sektora, Cilj 3. Razvoj pametnih vještina – unapređenje kvalifikacija postojeće i nove radne snage za pametnu specijalizaciju. Projekt CeNIKS će unapređenjem znanstvene infrastrukture i organizacijskom reformom ostvariti preduvjete za postizanje znanstvene izvrsnosti istraživača koja će se ogledati u većem broju znanstveno-istraživačkih projekata i publikacija te u uspostavi međunarodne suradnje. Projektom će se poboljšati kvalifikacija radne snage koja će biti temelj inovativnijega i kreativnijega

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

javnog sektora koji surađuje s gospodarstvom. Provedbom projekta prevladat će se i smanjiti razlike između znanstveno-istraživačkoga i poslovnog sektora putem suradnje u odabranim tematskim prioritetnim područjima. Prioritetna područja koja su zastupljena u projektu su zdravlje i kvaliteta života, energija i održivi okoliš, promet i mobilnost, sigurnost te hrana i biokemija, a horizontalne su teme (1) ključne razvojne tehnologije (KET) te (2) informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT). Glavni je cilj projekta razvoj novih materijala i tehnologija i kao takav se uklapa u tri različita prioritetna područja (tj. potpodručja) i to: zdravlje i kvaliteta života (zdravstvene usluge i nove metode preventivne medicine i dijagnostike), energija i održivi okoliš (ekološki prihvatljive tehnologije, oprema i napredni materijali) te horizontalno područje (KET – ključne razvojne tehnologije). Dio projekta, Laboratorij za optičku atomsku spektroskopiju, usmjeren je na istraživanje dielektrično-barijernih izboja (DBI) koji se mogu iskoristiti za promjenu osobina površina raznih materijala, u medicinskim i biomedicinskim primjenama, za sterilizaciju uređaja i rana te liječenje stanica raka. Proučavat će se DBI plazme plemenitih plinova (helija, argona i drugih) kao nositelja izboja. Svrha je odrediti ključne parametre plazme i potpuno razumjeti dobivene procese kako bi se dalje prilagođavala i povećala DBI-ove disocijacijska i ionizacijska učinkovitost. Sve se to uklapa u prioritetno područje zdravlje i kvaliteta života (zdravstvene usluge i nove metode preventivne medicine i dijagnostike). Ostvarenjem projekta osigurava se infrastruktura za razvoj i cjelovitu karakterizaciju materijala. S tim na umu osnivaju se dvije nove jedinice: Laboratorij za sintezu i pripremu materijala i Laboratorij za optičku spektroskopiju i elipsometriju. Prvi će laboratorij biti središnje mjesto opremljeno vrhunskom opremom za različite procese sinteze, a drugi laboratorij karakterizira tehnika kakva još ne postoji u Republici Hrvatskoj, a koja je standardna u inozemstvu i može mnogo otkriti o svojstvima materijala. Ostali dio projekta usmjeren je na različite oblike karakterizacije materijala (magnetska, transportna i električna svojstva, strukturna istraživanja i otkrivanje mikroskopskih mehanizama) i osiguravanje stabilnoga znanstvenog rada (jedinica za kriogene tekućine), za što trenutačno ne postoje uvjeti. Navedeno pridonosi prioritetnim područjima, tj. potpodručjima energija i održivi okoliš (ekološki prihvatljive tehnologije, oprema i napredni materijali) i horizontalna područja KET (ključne razvojne tehnologije) te ICT (informacijske i komunikacijske tehnologije). Naime, informacijske i komunikacijske tehnologije služit će za integraciju i interpretaciju podataka proizšlih iz istraživanja te za organizaciju istraživačkih djelatnosti (nabava softwera). Dosadašnje tematike istraživanja dionika projekta bili su materijali koji itekako utječu na održivost okoliša poput visokotemperaturnih supravodiča, i na nove oblike nano elektronike poput spintronike, zatim novih materijala za telekomunikacije poput topoloških izolatora, itd. Nedvojbeno je da će se nastaviti raditi na tim temama, ali još je važnije da će projekt otvoriti nova područja istraživanja.

Iako je ovdje konkretizirana povezanost najvećih infrastrukturnih PMF-ovih projekata s nacionalnim strateškim i sektorskim dokumentima, velika većina znanstvenih istraživanja na PMF-u navedena u ovoj strategiji uglavnom je usklađena s tim ciljevima.

Uz analizu oblika djelatnosti koje tvore znanstveni rad na PMF-u, te opisa znanstvenog potencijala znanstvene organizacije i njezina položaja u znanstvenom i poslovnom okruženju, za definiciju strateških ciljeva potrebna je SWOT analiza (SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) kojom se utvrđuju prednosti, slabosti, mogućnosti i prijetnje u ostvarenju strateških ciljeva.

SWOT analiza iz Strategije razvoja Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, koja je sastavljena pri reakreditaciji fakulteta, služi nam kao osnova izgradnje SWOT analize.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

SWOT analiza

Prednosti

- Dugogodišnja tradicija i ugled PMF-a u sveučilišnom obrazovanju, znanstveno-istraživačkom i visokostručnom radu iz područja prirodoslovlja i matematike.
- Znanstvena izvrsnost te međunarodna prepoznatljivost pojedinih istraživača, kompetitivnih istraživačkih skupina i rezultata njihovih istraživanja.
- Intelektualni potencijal velikog broja visoko kompetentnih i motiviranih djelatnika u znanstveno-nastavnim i suradničkim zvanjima te povoljan omjer nastavnika i studenata.
- Umreženost na nacionalnoj i međunarodnoj razini uz znatan broj nacionalnih i međunarodnih znanstvenih projekata te pripadnu znanstvenu infrastrukturu, knjižni fond i periodiku.
- Blizina drugih sastavnica Sveučilišta u Zagrebu te javnih znanstvenih instituta, što osigurava poticajno okruženje za znanstveno-nastavni i visokostručni rad.
- Dijalog i prihvaćanje potreba pojedinih regija Republike Hrvatske (Osijek, Split, Dubrovnik i dr.) prema širenju prirodoslovlja, ponajprije njihov razvoj u znanstvenim područjima i nastavnim aktivnostima.
- Uspostavljene snažne veze na lokalnoj i regionalnoj razini u suradnji s javnim institucijama (npr. Hrvatske vode, Hrvatska elektroprivreda, Nacionalni parkovi, IRB, Institut za fiziku, Državni hidrometeorološki zavod i dr.) u području održivog razvoja i informatizacije.
- Aktivno uključivanje u svakodnevni život građana grada Zagreba i Republike Hrvatske (Seizmološka služba, Botanički vrt i sl.).
- Visoko motivirani, marljivi i savjesni studenti na svim razinama studija.

Nedostatci

- Postojeća prostorna razdvojenost i neprimjeren prostorni smještaj dijela prirodoslovlja izrazito otežavaju obavljanje znanstvene i nastavne djelatnosti te zadovoljavajuće administrativno poslovanje.
- Podijeljenost resursa u konačnici smanjuje povezanost među strukama i znanstvenim područjima, a to uvelike otežava uvođenje zajedničkih standarda i kriterija, negativno se odražava na indikatorske učinke (kvalitete), poticanje interdisciplinarnosti i uspostavu združenih istraživanja u prirodoslovlju.
- Nedovoljno oslanjanje na međunarodne izvore financiranja, odnosno na međunarodne projekte.
- Nedovoljan broj znanstveno-nastavnih i asistentskih mjesta te poslijedoktoranada, a to uzrokuje preopterećenost djelatnika nastavnim i administrativnim obvezama.
- Neodgovarajuće vrednovanje stvaranja međunarodno prepoznatljivih skupina istraživača s velikim projektnim izvorima financiranja, pogotovo onih iz izvora financiranja Europske unije.
- Nedovoljan broj kvalitetnih stranih postdoktoranada (djelomično povezano s time što su plaće postdoktoranada iz domaćih izvora financiranja uvrštene u nacionalni standard).
- Složeni ustroj uzrokuje multipliciranje procedura, kvaliteta administriranja projekata još nije na odgovarajućoj razini.
- Neodgovarajući angažman na promociji PMF-a u javnosti, od mrežnih stranica do prezentacije rezultata PMF-ovih istraživača u hrvatskome medijskom prostoru.
- Nedostatak suradnje među odsjecima slabi mogućnost pokretanja interdisciplinarnih i multidisciplinarnih istraživanja.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- Neusklađenost među odsjecima kad je riječ o studijskim programima zbog kojih je organizacija nastave neracionalna.
- Nedovoljna povezanost s bivšim studentima.
- Nedovoljno zanimanje kandidata za upis na studijske programe nastavnčkih usmjerenja.

Mogućnosti

- Osvremenjivanje nastavnih i znanstvenih programa te uravnotežavanje postojećih upisnih kapaciteta u skladu sa suvremenim postignućima i potrebama društva.
- Usklađivanje s europskim sustavima u visokoj naobrazbi te internacionalizacija i povećanje konkurentnosti obrazovnih programa na međunarodnoj razini.
- Financiranje istraživačkih projekata i doktoranada sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.
- Financiranje istraživačkih projekata sredstvima iz europskih fondova te zajedničke prijave projekata s drugim hrvatskim ili stranim institucijama.
- Unapređenje znanstvene infrastrukture prijavom projekata za europske strukturne fondove te zajedničkom prijavom projekata s industrijom (npr. Met4Pharm).
- Povećanje dolazne i odlazne mobilnosti studenata i djelatnika na sveučilišnoj, državnoj i međunarodnoj razini.
- Uspostava funkcionalnih veza s drugim dionicima obrazovnog sustava, gospodarstvom i medijima.
- Ujedinjenje istraživačkih kapaciteta iz prirodoslovlja, matematike i biomedicine u području Sjevernog kampusa Sveučilišta u Zagrebu.

Prijetnje

- Prostorna neujedinjenost struka biologije, geologije i geografije u sklopu jedinstvene lokacije Horvatovac.
- Stalno smanjivanje financiranja iz državnog proračuna i nedostatna financijska sredstva iz neproračunskih izvora.
- Nedovoljan broj novih znanstveno-nastavnih i asistentskih mjesta te poslijedoktoranada.
- Nedovoljna razina povučenih financijskih sredstava za istraživanje iz fondova Europske unije može uzrokovati lošiji položaj PMF-a u usporedbi sa znanstvenim organizacijama u okružju.
- Neodgovarajuća ulaganja iz državnog proračuna za održavanje postojeće infrastrukture.
- Odgoda projekta izgradnje Sjevernog kampusa Sveučilišta u Zagrebu.
- Nedorađenost zakonodavnog okvira za razvoj istraživačkog rada.
- Odlazak kvalitetnih kadrova izvan Republike Hrvatske.
- Gubitak zanimanja za studiranje prirodnih znanosti te neprivlačnost i loš društveni status nastavnčkih zanimanja.

Strateški ciljevi

Cilj 1.	povećati prisutnost PMF-a u svjetskom, a posebno u znanstvenom području Europske unije
Cilj 2.	zadržati vodeću ulogu PMF-a u Hrvatskoj i osigurati visoko mjesto u regiji
Cilj 3.	povećati interdisciplinarnost, multidisciplinarnost, veze s gospodarstvom
Cilj 4.	podignuti razinu kvalitete znanstveno-istraživačkog kadra

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Cilj 5.	povećati povezanost obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada
Cilj 6.	izgraditi suvremenu i naprednu znanstvenu infrastrukturu

CILJ 1. Povećati prisutnost PMF-a u svjetskom, a posebno u znanstvenom području Europske unije.

U posljednjih 25 godina PMF-ovi istraživači su se najvećim dijelom oslanjali na izvore financiranja iz Republike Hrvatske, a samo je mali postotak nastojao dobiti sredstva na međunarodnoj razini. Ocjena rezultata nečijega znanstvenog rada uglavnom se vezala za brojenje radova referiranih u određenim bazama podataka (npr. Current Contents; određeni je pomak učinjen uzimajući u obzir klasifikaciju u kvartile). Uzrok tomu je dominantno vezan za politiku napredovanja u Hrvatskoj, a velikim je dijelom i posljedica zakonodavnog okvira. Politika napredovanja nije dovoljno uzimala u obzir prisutnost na međunarodnoj sceni vidljivu u projektima i kvaliteti istraživanja. Kvalitativni iskoraci događali su se povremeno, uglavnom pojavom profesora koji su lokalno utjecali na podizanje razine kvalitete rada i time stvarali određene pomake. Iako je trend „brojenja radova“ pozitivno utjecao na razvoj znanosti na PMF-u i u Hrvatskoj, njegov odnos s razvojem kvalitete nije uvijek bio dovoljno visok; katkad su se autori oslanjali na metodu povećanja kvantitete na štetu kvalitete.

Zato je ovaj cilj osobito zahtjevan i traži određeni pomak u znanstvenoj aktivnosti PMF-a. U ostvarivanju ovoga dugoročnog cilja u sljedećem (donekle prijelaznom) razdoblju oslonili bismo se ponajprije na poticajne mjere.

(1A) Jače oslanjanje na međunarodne projekte (uz nastavak privlačenja projektnih sredstava iz domaćih izvora financiranja). Trebalo bi nastojati da svaki odsjek, proporcionalno broju znanstveno-nastavnog osoblja, postigne optimalan broj prijavi na međunarodne znanstvene projekte u razdoblju od pet godina (ovdje se misli na veće projekte čiji proračun premašuje određeni iznos, npr. okvirno 500 000 kuna, a ne na manje međunarodne projekte, koji su također važni za podizanje međunarodne suradnje). Za ostvarenje cilja potrebno je:

- osmisliti i provesti sustav poticanja prijavi na kompetitivne međunarodne projekte te sustav nagrađivanja i poticanja znanstvenika koji uspijevaju dobiti važne međunarodne projekte (u istom bi postupku trebalo osmisliti kako poticati i nagraditi voditelje većih domaćih projekata poput HRZZ-a, te stručnih i razvojnih projekata, iako je uspješnost PMF-ovih prijavi na HRZZ projekte solidna)
- stvoriti jaku administrativnu i financijsku potporu za prijavu i izvođenje međunarodnih projekata koja uključuje sustavno praćenje i redovito izvještavanje o uvjetima za prijave na međunarodne projekte, pomoć u izradi financijskog plana i sastavljanja financijskih izvješća, razradu financijske raspodjele neizravnih troškova da bude poticajna za prijavu projekata
- na odgovarajući način promicati rezultate uspješno ostvarenih projekata unutar PMF-a i u javnosti (angažirati kvalificiranu osobu za odnose s javnošću).

(1B) Poticanje visoko kvalitetnih radova i ostalih elemenata znanstvenog rada.

- visoko vrednovanje i nagrađivanje autora vrhunskih radova (npr. radova u Nature i Science) i radova visoke kvalitete (npr. časopisima visoke kvalitete unutar danog područja, tako da 1 – 3 rada sa svakog odsjeka budu nagrađena svake godine), odnosno razraditi i provesti Pravilnik za nagrađivanje izvrsnosti i kvalitete

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- obilježavanje i prepoznavanje svih elemenata međunarodno priznatih rezultata naših znanstvenika (plenarna i pozvana predavanja na važnim konferencijama i/ili vrhunskim institucijama, međunarodne nagrade, članstva u stranim akademijama, visoko citirani radovi, gostovanja i boravci na vrhunskim institucijama, uredništva časopisa, i slično).

(1C) Poticanje stvaranja izvrsnih skupina istraživača i mentorskog rada.

- odgovarajuće vrednovanje mentorskog rada (mentorstvo doktorskih disertacija, znanstvenih publikacija objavljenih zajedno sa studentom (dodiplomski, diplomski, doktorski))
- vrednovanje stvaranja međunarodno prepoznate skupine istraživača (voditeljstvo takve skupine podrazumijeva prijave na projekte, mentorski rad i uspješan znanstveni rad)
- praćenje utjecaja bivših doktoranada na razvoj znanosti i gospodarstva u Republici Hrvatskoj.

(1D) Poticanje vidljivosti i međunarodne suradnje.

- poticanje znanstvene suradnje s koautorima iz relevantnih svjetskih znanstvenih centara
- unaprijediti fakultetske i odsječke znanstvene vijesti i obavijesti
- sustavno promovirati znanstvena otkrića i spoznaje u medijima te na društvenim mrežama.

Ostvarenje cilja 1. značilo bi poticanje i jačanje ozračja 'pozitivnog natjecanja' na PMF-u.

CILJ 2. Zadržati vodeću ulogu PMF-a u Hrvatskoj i osigurati visoko mjesto u regiji.

PMF u Zagrebu je vodeća znanstveno-nastavna institucija za prirodoslovlje i matematiku u Hrvatskoj. Bitno je da u sljedećem razdoblju i zadrži taj položaj. Zato mora bolje i iscrpnije pratiti svoj položaj unutar regije. Cilj je da na kraju sljedećeg petogodišnjeg razdoblja svaki odsjek PMF-a prema međunarodnim ljestvicama poretka bude unutar deset najboljih odgovarajućih odsjeka u regiji CSE (Central-Southeastern Europe, za naše potrebe definirana kao Slovenija, Hrvatska, BiH, Crna Gora, Srbija, Kosovo, Makedonija, Bugarska, Rumunjska, Moldavija, Mađarska, Češka, Slovačka i Poljska). Uz to bi PMF trebao sustavno pratiti svoju znanstvenu produkciju u usporedbi s nekoliko sveučilišta u široj regiji koja se nalaze u razvijenijim ili znatno većim zemljama. Preciznije, u usporedbi sa sveučilištima u Trstu, Ljubljani, Grazu, Budimpešti, Beču, Ateni, Solunu i Istanbulu. Drugi je strateški cilj zadržati i promicati ulogu vodeće znanstveno-nastavne institucije u Republici Hrvatskoj. Dugoročni je cilj biti među "Top 5 Faculty of Science" u jugoistočnoj Europi.

(2A) Poticati napredovanje na međunarodnim popisima. Potrebno je poduzeti odgovarajuće mjere kako bi se za svako od područja kojima se bavi PMF pokušao učiniti pomak prema boljem položaju na međunarodnim listama (uzeti Shanghai i Leiden kao referenciju). Jedna mala, ali važna mjera u sklopu 2A jest osigurati točno i pravilno upisivanje adrese (afiliacije) PMF-a na istraživačke i druge radove.

(2B) Sustavno prepoznati i isticati uspješne odsjeke u ostvarivanju mjera pod 2B, te za ostvarivanje statusa i pomaka na odgovarajućim međunarodnim listama.

CILJ 3. Povećati interdisciplinarnost, multidisciplinarnost, veze s gospodarstvom.

PMF se do sada oslanjao na temeljna istraživanja, te će to i dalje ostati prioritet. Temeljna istraživanja danas, uz individualni rad, često zahtijevaju timove znanstvenika komplementarnih ekspertiza. Jedna od očekivanih uloga znanstvenih istraživanja sveučilišta je i razvoj gospodarstva, npr. razvojem novih tehnologija. Potrebno je dati veći prostor takvim oblicima znanstvene suradnje na PMF-u te poduzeti mjere koje uključuju:

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

(3A) Utjecaj na zakonodavne i sveučilišne institucije kako bi se odgovarajuće vrednovao znanstveni rad koji ima utjecaj na gospodarstvo.

(3B) Jačanje komercijalnih aktivnosti utemeljenih na znanstvenom istraživanju.

- uspostaviti i uhodati kanal za pomoć PMF-ovim znanstvenicima za prijavu patenata
- uspostaviti i uhodati kanal za otvaranje spin-off (ili spin-out) kompanija pri PMF-u
- poticati unutar zakonskog i sveučilišno prihvatljivog okvira da PMF-ovi znanstvenici pokreću vlastite kompanije utemeljene na stvorenom znanju
- utvrditi odnose vezane za licencijska prava
- poticanje istraživanja u svrhu primjene znanja u sklopu razvojnih i/ili primijenjenih projekata
- poticati uključenost u razvojne (R & D) projekte.

(3C) Jačanje međuodsječkih znanstvenih aktivnosti.

- posebno poticati projekte / znanstvene radove koji uključuju više odsjeka
- zajedničko planiranje razvoja područja koja su deficitarna, a s jakim interdisciplinarnim potencijalom: računalna znanost, edukacijska istraživanja u područjima djelatnosti fakulteta, medicinska fizika
- organiziranje fakultetskoga znanstvenog kolokvija
- jačanje povezanosti doktorskih studija na fakultetu.

CILJ 4. Podignuti razinu kvalitete znanstveno-istraživačkog kadra.

Iako je kadrovska politika u velikoj mjeri ovisna o državnim institucijama (Pravilnik o izborima u zvanja i Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju) i Sveučilištu (uvjeti Rektorskog zbora), PMF bi trebao prilagoditi određene elemente kadrovske politike u skladu sa svjetskim trendovima. Uz to, znanstvenici PMF-a mogu javno djelovati prema Sveučilištu, Hrvatskom saboru, Ministarstvu znanosti i obrazovanja te ostalim relevantnim institucijama kako bi utjecali na promjene zakonodavnog okvira da bi se i taj dio sustava prilagodio svjetskim trendovima.

(4A) Poticanje zapošljavanja i napredovanja u skladu s ciljevima ove strategije.

- vrednovanje međunarodno prepoznatih i vidljivih znanstvenih uspjeha te voditeljstva jakih projekata
- vrednovanje stvaranja prepoznatih skupina istraživača
- vrednovanje razvoja pojedinih znanstvenih struka od strateške državne važnosti ili vrijednosti neposredno važne za PMF radi održavanja vodećeg mjesta u području prirodoslovlja u Hrvatskoj
- planiranje razvoja određenih područja: poticati edukacijska istraživanja u područjima djelatnosti PMF-a za sve razine i vrste obrazovanja te ulagati u razvoj računalnih znanosti
- aktivno traženje uspješnih kandidata u Republici Hrvatskoj i Europskoj uniji za prijavu na natječaje, povećanje vidljivosti natječaja.

(4B) Mobilnost i međunarodna prisutnost u kadrovskoj politici.

- poticanje uspješne međunarodne suradnje (povezano s 1D)
- jačanje usmjerenosti prema kadrovima (postdoktorandi, docenti, profesori) koji imaju međunarodno iskustvo u postdoktorskom usavršavanju u inozemstvu, kao gostujući

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

znanstvenici/profesori; npr. osigurati odgovarajuću zamjenu u nastavi za znanstveno-nastavno osoblje koje se želi usavršavati u inozemstvu.

CILJ 5. Povećati povezanost obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada.

PMF ima veliki broj standardnih programa koji se uglavnom ne mogu previše mijenjati. Trebalo bi iskoristiti pozitivni brend (kvaliteta, visoka razina, svjetska relevantnost), koji PMF ima u istraživačkom radu, kako bi se razvili novi oblici obrazovanja koji bi se prilagođavali trendovima i potrebama u društvu (npr. studij aktuarske matematike, organiziran u suradnji s britanskim aktuarima, Hrvatskim aktuarskim društvom i Ministarstvom financija RH je dobar primjer takve suradnje). Planiraju se poduzeti sljedeće mjere:

(5A) Unaprijediti organizaciju doktorskih studija; bolja povezanost struka; privlačenje stranih studenata.

(5B) Osnajiti utjecaj recentnih znanstvenih spoznaja na diplomske studije i završne godine integriranih studija.

- konstantni razvoj kolegija i programa prateći razvoj područja istraživanja, te izbornim kolegijima odgovoriti na potrebe za razvoj interdisciplinarnosti i multidisciplinarnosti
- praćenje zapošljivosti studenata, pomoć razvoju Republike Hrvatske.

(5C) Razvijati edukacijska istraživanja u područjima djelatnosti fakulteta (za sve razine i vrste obrazovanja). Uzeti za primjer vodeće centre za edukacijska istraživanja u Europi te ih usporediti s razvojem edukacijskih istraživanja u CSE-u.

(5D) Uključivanje recentnih znanstvenih spoznaja i novih tehnologija u cjeloživotno obrazovanje.

- razvoj specijalističkih studija
- drugi oblici takvih veza.

CILJ 6. Izgraditi suvremenu i naprednu znanstvenu infrastrukturu.

Od strateškog interesa za PMF je u idućih pet godina, koristeći se sredstvima iz europskih fondova te drugim projektima, razvijati i održavati znanstvenu infrastrukturu iz područja kojima se bavi PMF. To uključuje i izradu kataloga znanstvene opreme kako bi se njome što kvalitetnije i opsežnije koristili ne samo PMF-ovi znanstvenici nego i druge zainteresirane strane.

Provedbom projekata CIUK i CENIKS unutar nekoliko godina PMF će znatno osuvremeniti i izgraditi znanstvenu infrastrukturu iz područja kemije i fizike. Uz provedbu tih projekata bitno je uložiti maksimalan napor da se prijavi na buduće natječaje iz strukturnih fondova i ostalih izvora financiranja. Potrebno je uložiti maksimalan napor kako bi prostorni razvoj PMF-a pratio izgradnju suvremene i napredne znanstvene opreme. Konkretno, potrebno je početi graditi BGG zgradu.

Bitno je napomenuti da numeracija ciljeva nije uređena tako da je npr. cilj 1. važniji od cilja 2., cilj 2. od cilja 3. i tako dalje. Nadalje, svi se ciljevi planiraju istodobno početi provoditi. Međutim, za neka od istraživanja, ostvarivanje jednog cilja može bitno olakšati ostvarivanje drugog cilja. Ovdje se konkretno misli na cilj 6., koji ističe jednu od slabosti (postojeća prostorna razdvojenost i neprimjeren prostorni smještaj dijela prirodoslovlja izrazito otežavaju obavljanje znanstvene i nastavne djelatnosti te zadovoljavajuće administrativno poslovanje). Potrebno je reći da nisu svi odsjeci u istovjetnom

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

položaju. Geografski odsjek je izmješten u odnosu prema Matematičkom, Fizičkom, Kemijskom i Geofizičkom odsjeku, ali je na jednoj lokaciji u istoj zgradi. Biološki odsjek je u nepovoljnoj situaciji jer je smješten na četirima različitim lokacijama u četiri zgrade; uz to se prostori dvaju Zavoda Biološkog odsjeka nalaze na više lokacija (Botanički zavod na trima, a Zavod za mikrobiologiju na dvjema lokacijama). Zato je za suvremeni razvoj određenih istraživanja važno najprije ostvariti cilj 6. kako bi se dalje mogli ostvariti ostali ciljevi. Ostvarivanje toga cilja omogućilo bi bolju povezanost Biološkoga i Geografskog odsjeka s ostalima i olakšalo ostvarivanje cilja 3.

Tablični prikaz mjera/aktivnosti s planiranim rezultatima

U tablici je dan prikaz mjera/aktivnosti s odgovarajućim rezultatima za svaku mjeru (ako je primjenjivo) te su navedeni koordinatori i tijela odgovorna za provedbu aktivnosti.

Tablica sadržava i rezultate vezane za **organizacijski razvoj ustanove**. Konkretno planiraju se osnovati ured za projekte, odnosno ustrojbeno jedinica, koja će se baviti administrativnim vođenjem većih projekata i pomoći tijekom njihove prijave, te centar za naprednu računalnu znanost, kao mjere koje izravno pridonose ispunjenju ciljeva 1., 2. i 3. Ne smatramo da je trenutačno potrebno restrukturirati odsjeke/zavode nego samo poboljšati funkcioniranje sustava s manjim izmjenama u organizaciji.

Tablica sadržava i **pokazatelj uspješnosti vezan za znanstveno i stručno osposobljavanje doktoranada i postdoktoranada**. Naime, jedan od pokazatelja ispunjenja mjera koje vode cilju 1. (a samim time i cilja 1.) jest povećanje broja doktoranada i postdoktoranada koji se usavršavaju na PMF-u.

Aktivnosti/mjere – za ostvarenje strateških ciljeva				
No.	Aktivnost/mjera	Koordinator aktivnosti; odgovorne osobe i tijela	Rok za izradu (od dana donošenja strategije)	Rezultat mjere / pokazatelj uspješnosti (ciljana vrijednost u razdoblju od pet godina ako je primjenjivo)
CILJ 1. Povećati prisutnost PMF-a u svjetskom, a posebno u znanstvenom području Europske unije				
1.1.	jače oslanjanje na međunarodne projekte (uz nastavak financiranja iz domaćih projekata)	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; dekan, pročelnici, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	neprekidno	
1.1.a	osmisliti i provesti sustav poticanja prijave na kompetitivne međunarodne projekte; donijeti interni akt o nagrađivanju izvrsnosti i kvalitete	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; dekan, pročelnici, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	jedna godina	sustav proveden; donesen interni akt
			četiri godine	povećan broj istraživača u suradničkim zvanjima

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

				(doktoranada i postdoktoranada) za 5 do 10 %
			jedna godina	sustav proveden; donesen interni akt
1.1.b	osmisлити i provesti sustav poticanja voditelja domaćih znanstvenih projekata u sklopu internog akta o nagrađivanju izvrsnosti i kvalitete	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; dekan, pročelnici, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	četiri godine	povećan broj istraživača u suradničkim zvanjima (doktoranada i postdoktoranada) za 5 do 10 %
1.1.c	osmisлити i provesti sustav poticanja voditelja svih ostalih projekata koji su povezani sa znanstvenim istraživanjima (stručni, R & D itd.), a koji nisu navedeni pod 1.1.a i 1.1.b	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; dekan, pročelnici, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	jedna godina	sustav proveden; donesen interni akt
1.1.d	stvoriti jaku administrativnu i financijsku potporu za prijavu i izvođenje međunarodnih projekata; obrazovati sadašnje zaposlenike, pažljivo voditi brigu o zapošljavanju novih kadrova, osmisлити i provesti adekvatno kapacitiran ured za projekte	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; pročelnici, dekan, Fakultetski kolegij, Odsječki kolegiji	tri godine	ured za projekte, odnosno uspostavljena ustrojbeno jedinica koja će se baviti administrativnim vođenjem većih projekata i pomoći u njihovoj prijavi (ili sadašnji ured za međunarodnu suradnju ojačan ljudskim resursima)
1.1.e	na odgovarajući način predstaviti i promicati rezultate uspješno provedenih vrhunskih projekata unutar PMF-a i u javnosti; stvoriti radno mjesto za odnose s javnošću i zaposliti kvalificiranu osobu	koordinator: prodekan za međunarodnu suradnju; Fakultetski kolegij	dvije godine	angažirana kvalificirana osoba

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

1.2.	poticanje visoko kvalitetnih radova	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; dekan, pročelnici, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	neprekidno	
1.2.a	visoko vrednovanje i nagrađivanje autora vrhunskih radova; donošenje internog akta o nagrađivanju izvrsnosti i kvalitete (vidi 1.1.a)	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; dekan, pročelnici, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	jedna godina	sustav proveden; donesen interni akt o nagrađivanju izvrsnosti
1.2.b	obilježavanje i prepoznavanje svih elemenata međunarodno priznatih rezultata naših znanstvenika	pročelnici	neprekidno	odgovarajuća izrada i održavanje mrežnih stranica
1.3.	poticanje stvaranja izvrsnih skupina istraživača i mentorskog rada	koordinator: dekan; Fakultetsko vijeće, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	neprekidno	
1.3.a	odgovarajuće vrednovanje mentorskog rada; provesti strukturiranu raspravu o tome kako nagraditi mentorstvo doktorskih disertacija, a kako mentorstvo diplomskih radova koji su objavljeni u znanstvenoj publikaciji; PMF će provesti strukturiranu raspravu o tome s konkretnim zaključcima koji će se naknadno provesti	koordinator: dekan; Fakultetsko vijeće, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	jedan godina za strukturiranu raspravu i donošenje zaključaka, jedna godina za provedbu zaključaka	strukturirana rasprava provedena, doneseni zaključci rasprave, zaključci provedeni
1.3.b	vrednovanje stvaranja međunarodno prepoznate skupine istraživača; provesti strukturiranu raspravu o tome kako nagraditi stvaranje i vođenje međunarodno prepoznate skupine vođenjem kompetitivnih projekata	koordinator: dekan; Fakultetsko vijeće, Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća	jedna godina za strukturiranu raspravu i donošenje zaključaka, jedna godina za provedbu zaključaka	strukturirana rasprava provedena, doneseni zaključci rasprave, zaključci provedeni

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

1.3.c	praćenje utjecaja bivših doktoranada na razvoj znanosti i gospodarstva u Republici Hrvatskoj	koordinator: pročelnici; Fakultetski kolegij, odsječki kolegiji	tri godine	pokrenute alumni organizacije za svaki odsjek i organizacije godišnjih alumni sastanaka
1.4.	vidljivost i međunarodna suradnja	koordinator: prodekan za međunarodnu suradnju; Fakultetski kolegij	neprekidno	
1.4.a	poticanje znanstvene suradnje s koautorima iz vrhunskih svjetskih znanstvenih centara; npr. organizacija dana međunarodne suradnje na PMF-u (jedanput na godinu) gdje bi se istaknuli znanstvenici koji surađuju s najprestižnijim svjetskim centrima	koordinator: prodekan za međunarodnu suradnju; Fakultetski kolegij	neprekidno jedanput na godinu	organizirani dani međunarodne suradnje
1.4.b	unapređenje fakultetskih i odsječkih znanstvenih vijesti i obavijesti	koordinator: prodekan za znanost; pročelnici, Fakultetski i odsječki kolegiji	jedna godina	dograđen i poboljšan postojeći sustav odsječkih i fakultetskih obavijesti
CILJ 2. Zadržati vodeću ulogu PMF-a u Hrvatskoj i osigurati visoko mjesto u regiji				
2.1.	pratiti položaj struka PMF-a na međunarodnim listama uz analizu koji su rezultati ostvarili određeni pomak; raščlaniti kojim bi se mjerama za svako od područja kojima se bavi PMF pokušao učiniti pomak prema boljemu položaju na međunarodnim listama (uzeti Shanghai i Leiden kao referenciju); poduzeti te mjere	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

2.2.	Sustavno prepoznati i isticati uspješne odsjeke (struke) u ostvarivanju pomaka na međunarodnim ljestvicama. Prijedlog: Na Dan fakulteta prezentirati pozicije struka i odsjeka (vidi 2.2.a.)	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	jedanput na godinu predstaviti položaj struka u usporedbi s institucijama iz okružja
2.2.a.	koristeći se formulama Shanghajske i Leidenske liste, stvoriti indeks uspješnosti odsjeka (skaliran na broj ljudi), uz razumijevanje specifičnosti struka; ova je mjera potrebna jer svjetske ljestvice poredaka ne uzimaju u obzir samo PMF-ove odsjeke nego i šire (iste struke na drugim fakultetima), pa je potrebno izdvojiti doprinos PMF-ovih odsjeka tim pozicijama	koordinator: prodekan za znanost; pročelnici, Fakultetsko vijeće, odsječka vijeća i kolegiji	jedna godina	prihvaćena formula za indeks uspješnosti
2.2.b.	uspoređivati položaj struka u usporedbi sa sveučilištima u Trstu, Ljubljani, Grazu, Budimpešti, Beču, Ateni, Solunu, i Istanbulu	koordinator: prodekan za znanost; pročelnici, Fakultetsko vijeće, odsječka vijeća i kolegiji	pet godina	relativni napredak u viši stupanj u razdoblju od pet godina za barem dvije od sedam struka u usporedbi s navedenim institucijama
Cilj 3. Povećati interdisciplinarnost, multidisciplinarnost, veze s gospodarstvom				
3.1.	utjecaj na zakonodavne i sveučilišne institucije kako bi se odgovarajuće vrednovao znanstveni rad koji ima utjecaj na gospodarstvo	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

3.1.a.	organizirati sustavnu raspravu s konkretnim zaključcima: Kako vrednovati utjecaj znanstvenika na gospodarstvo kod napredovanja i zapošljavanja?, Kako vrednovati pokretanje start-up i spin-off tvrtki? Kako kvalitetnije vrednovati projekte s gospodarskim subjektima?	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	dvije godine	izrađen dokument sa zaključcima o tome kako pojačati uključenost znanstveno-nastavnog osoblja i rezultata istraživanja u gospodarski sektor
3.2.	jačanje komercijalnih aktivnosti utemeljenih na znanstvenom istraživanju	koordinator: prodekan za znanost; pročelnici, Fakultetsko vijeće, odsječka vijeća i kolegiji	neprekidno	
3.2.a.	uspostaviti i uhodati kanal za pomoć PMF-ovim znanstvenicima za prijavu патената; organizirati radionice o zaštiti intelektualnog vlasništva	koordinator: prodekan za znanost; pročelnici, Fakultetsko vijeće, odsječka vijeća i kolegiji	neprekidno	održane najmanje dvije radionice
3.2.b.	uspostaviti i uhodati kanal za otvaranje spin-off (ili spin-out) kompanija pri PMF-u; organizirati radionice o otvaranju tvrtki	koordinator: prodekan za znanost; pročelnici, Fakultetsko vijeće, odsječka vijeća i kolegiji	neprekidno	održane najmanje dvije radionice

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

3.2.c.	<p>poticati unutar zakonskog i sveučilišno prihvatljivog okvira da PMF-ovi znanstvenici pokreću vlastite kompanije utemeljene na stvorenom znanju; utvrditi odnose vezane za licencijska prava, primjerice donijeti odluku Fakultetskog kolegija da autori patenata (znanstvenici PMF kao fizičke osobe) izrađenih u sklopu projekata koji se provode na PMF-u, dobiju određeni postotak novca (npr. 30 – 50 %); Fakultetski kolegij treba donijeti odluku koja će omogućiti autorima patenata da pokreću privatne tvrtke kojima će PMF ustupiti besplatno licencijska prava spomenutih patenata; PMF će o tome provesti strukturiranu raspravu s konkretnim zaključcima koji će se naknadno provesti</p>	<p>koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, pročelnici, Fakultetsko vijeće, odsječka vijeća i kolegiji</p>	jedna godina	<p>provedena strukturirana rasprava sa konkretnim zaključcima koji će se naknadno provesti (npr. donoseći odgovarajuće odluke Fakultetskog kolegija),</p>
3.2.d.	<p>poticanje istraživanja u svrhu primjene znanja u sklopu razvojnih i/ili primijenjenih projekata</p>	<p>koordinatori: pročelnici; Odsječka vijeća i kolegiji, Fakultetski kolegij</p>	neprekidno	<p>provedena strukturirana rasprava s konkretnim zaključcima koji će se naknadno provesti (npr. donoseći odgovarajuće odluke Fakultetskog kolegija)</p>
3.3.	<p>jačanje međuodsječkih znanstvenih aktivnosti</p>	<p>koordinatori: pročelnici; prodekan za znanost i doktorske studije, Odsječka vijeća i kolegiji, Fakultetski kolegij</p>	neprekidno	

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

	posebno poticati projekte / znanstvene radove koji uključuju više odsjeka i više sastavnica SuZG, te zajedničko planiranje razvoja područja koja su deficitarna, a s jakim interdisciplinarnim potencijalom: računalna znanost, edukacijska istraživanja u područjima djelatnosti fakulteta; neprekidno pratiti broj projekata koji uključuje više odsjeka		neprekidno	u pet godina prijavljeno pet zajedničkih međuodsječkih projekata
3.3.a.		koordinatori: pročelnici; prodekan za znanost i doktorske studije, Odsječka vijeća i kolegiji, Fakultetski kolegij	dvije godine	osnovan Centar za naprednu računalnu znanost (eng. Centre for Advanced Computational Science)
3.3.b.	organiziranje fakultetskog znanstvenog kolokvija	prodekan za znanost, pročelnici	šest mjeseci	raspravljen koncept kolokvija, počeli kolokviji
3.3.c.	jačanje povezanosti doktorskih studija na fakultetu; nastavak održavanja dana doktorata i simpozija studenata doktorskih studija, povećati informiranost studenata o kolegijima s drugih studija	prodekan za znanost, voditelji dokorskog studija	neprekidno	jedanput u dvije godine održan dan doktorata i simpozij studenata doktorskih studija
CILJ 4. Podignuti razinu kvalitete znanstveno-istraživačkog kadra				
4.1.	sistematizacija politike zapošljavanja i napredovanja	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	dvije godine	
4.1.a.	vrednovanje međunarodno prepoznatih i vidljivih znanstvenih uspjeha te voditeljstva jakih projekata, s pomoću mjera 4.1.a, 4.1.b., 4.1.c. i 4.1.d. organizirat će se strukturirana rasprava u fakultetskim tijelima s konkretnim zaključcima	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	dvije godine	doneseni zaključci strukturirane rasprave koji će se naknadno provesti

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

4.1.b.	vrednovanje stvaranja prepoznatih skupina istraživača	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	dvije godine	doneseni zaključci strukturirane rasprave koji će se naknadno provesti
4.1.c.	vrednovanje razvoja pojedinih znanstvenih struka od strateške državne važnosti ili vrijednosti neposredno važne za PMF radi održavanja vodećeg mjesta u području prirodoslovlja u Hrvatskoj	koordinator: dekan; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	dvije godine	doneseni zaključci strukturirane rasprave koji će se naknadno provesti
4.1.d.	aktivno traženje uspješnih kandidata u Republici Hrvatskoj te u Europskoj uniji za prijavu na natječaj; maksimalno korištenje institucije znanstvenika povratnika	pročelnici, Odsječki kolegiji	neprekidno	u pet godina poslano pet zahtjeva za povratničko radno mjesto
4.1.f.	planiranje razvoja određenih područja; posebno poticati edukacijska istraživanja u područjima djelatnosti PMF-a za sve razine i vrste obrazovanja	koordinator: prodekan za nastavu; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	
4.1.g.	ulagati u razvoj računalnih znanosti; poticati projekte iz područja kojima se bavi PMF a koji su blisko povezani s računalnom znanosti	koordinator: prodekan za znanost; Fakultetski kolegij, Fakultetsko vijeće, pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	
4.2.	mobilitet i međunarodna prisutnost u kadrovskoj politici	koordinatori: pročelnici i prodekan za međunarodnu suradnju; Odsječka vijeća i kolegiji, Fakultetski kolegij		

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

4.2.a.	poticanje uspješne međunarodne suradnje, pogotovo suradnje visoke kvalitete (povezano s 1.4.)	koordinator: prodekan za međunarodnu suradnju; Fakultetski kolegij, Odsječka vijeća i kolegiji	neprekidno jedanput na godinu	organizirani dani međunarodne suradnje
4.2.b.	jačanje orijentacije prema kadrovima (postdoktorandi, docenti, profesori) koji imaju međunarodno iskustvo u postdoktorskom usavršavanju u inozemstvu, kao gostujući znanstvenici/profesori; raspravljati u sklopu mjera pod 4.1.	koordinatori: pročelnici; Odsječka vijeća i kolegiji	dvije godine	provedena strukturirana rasprava, doneseni zaključci strukturirane rasprave te provedeni, vidi 4.1.
CILJ 5. Povećati povezanost obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada				
5.1.	unaprijediti organizaciju doktorskih studija; bolja povezanost struka; privlačenje stranih studenata	koordinator: prodekan za znanost i doktorske studije; voditelji doktorskih studija, Odsječka vijeća	neprekidno	jedanput u dvije godine organiziran dan doktorata
5.2.	osnažiti utjecaj recentnih znanstvenih spoznaja na diplomatske studije i završne godine integriranih studija	koordinator: prodekan za nastavu; pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	
5.2.a.	stalni razvoj kolegija i programa prateći razvoj područja istraživanja te izbornim kolegijima odgovoriti na potrebe za razvoj interdisciplinarnosti i multidisciplinarnosti	koordinator: prodekan za nastavu i prodekan za znanost; pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	
5.2.b.	praćenje zapošljivosti studenata, pomoć razvoju Republike Hrvatske	koordinator: prodekan za nastavu; pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno jedanput na godinu	na Fakultetskom kolegiju i ostalim relevantnim tijelima predstavljen Bilten Zavoda za zapošljavanje sa potrebama tržišta rada
5.2.c.	privlačenje stranih studenata	koordinator: prodekan za znanost; pročelnici,	neprekidno	

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

		odsječki kolegiji i vijeća		
5.3.	razvijati edukacijska istraživanja u područjima djelatnosti fakulteta (za sve razine i vrste obrazovanja); uzeti za primjer vodeće centre za edukacijska istraživanja u Europi te napraviti usporedbu s razvojem edukacijskih istraživanja u CSE-u	koordinator: prodekan za nastavu; pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	
5.4.	razvoj programa za cjeloživotno obrazovanje i znanost; organizacija seminara i/ili ljetnih škola za učitelje osnovnih i srednjih škola	koordinator: prodekan za nastavu; pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	
5.4.a.	razvoj specijalističkih studija; analizirati potrebe tržišta za specijalističkim programima te prema potrebi početi pripremu takvih studijskih programa	koordinator: prodekan za nastavu; pročelnici, odsječki kolegiji i vijeća	neprekidno	
CILJ 6. Sustavna izgradnja i održavanje znanstvene infrastrukture.				
6.1.	izrada kataloga znanstvene opreme	koordinator: prodekan za međunarodnu suradnju; pročelnici	jedna godina, neprekidno	katalog objavljen
6.2.	izvedba projekta CIUK	pročelnik Kemijskog odsjeka	tri godine	projekt završen
6.3.	izvedba projekta CENIKS	pročelnik Fizičkog odsjeka	tri godine	projekt završen
6.4.	prijava na natječaje za sredstva iz Europskih strukturnih fondova, H2020, FP7, HRZZ i drugih izvora financiranja	pročelnici, projekata za znanost	neprekidno	
6.5.	izgradnja BGG zgrade	koordinator: prodekan za investicije i izgradnju; dekan, Fakultetski kolegij, pročelnici BGG odsjeka	tri godine	ishođenje lokacijske dozvole i rješenje imovinskopravnih odnosa na parceli, izrada glavnog projekta

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Teme koje znanstvena organizacija namjerava istraživati i poveznica s ispunjenjem strateških ciljeva

Znanstvenici PMF-a imaju akademsku slobodu izbora teme istraživanja. To je mišljenje u skladu s time da akademske slobode pripadaju svim članovima akademske zajednice, a obuhvaćaju slobodu znanstvenoga i umjetničkog istraživanja i stvaralaštva, poučavanja, međusobne suradnje i udruživanja. Ovom se strategijom određuju strateški ciljevi i smjerovi istraživanja na PMF-u. Međutim, bitno je napomenuti da ako neki pojedinac odabere temu istraživanja koja nije u sklopu ove strategije, u skladu s navedenom akademskom slobodom ta će se istraživanja moći izvoditi. Nadalje, važno je također napomenuti da su znanstvenici PMF-a dužni provoditi istraživanja u skladu s Etičkim kodeksom Sveučilišta u Zagrebu, to jest s etičkim normama i pravilima. Većina istraživanja koja će se provoditi na PMF-u u idućih pet godina će biti u sklopu ove strategije.

U nastavku strategije znanstvenih istraživanja PMF-a te u Dodatku B iscrpnije su opisani dijelovi strategije koji se odnose na odsjeke PMF-a. U njima su navedeni konkretni smjerovi znanstvenih istraživanja te aktivnosti koje se na odsjecima provode. Za sve se aktivnosti ističe kako pridonose, odnosno kako su usklađene sa šest strateških ciljeva PMF-a. PMF će uložiti maksimalan napor da u idućih pet godina učini potrebne mjere kako bi se ostvarili navedeni ciljevi, što će pridonijeti podizanju kvalitete znanstvenih istraživanja na PMF-u.

Matematički odsjek

Matematički odsjek PMF-a je središte znanstvenih istraživanja iz matematike u Republici Hrvatskoj. Zapošljava oko četvrtinu aktivnih istraživača iz matematike u Hrvatskoj i koordinira više od dvije trećine znanstvenih projekata iz matematike te je samim time dužan brinuti se o razvoju matematike u republici Hrvatskoj u cjelini.

Znanstvena istraživanja na Matematičkom odsjeku mogu se podijeliti u tri skupine: teorijska matematika, primijenjena matematika i računarstvo.

U svakoj od tih skupina moglo bi se nabrojiti mnogo aktivnosti pa tako u sklopu teorijske matematike postoje vrlo važne i međunarodno prepoznate skupine za teoriju reprezentacija, Liejeve algebre, teoriju operatora, teoriju brojeva, matematičku logiku, dinamičke sustave, diferencijalne jednačbe i stohastičke procese. Istaknimo posebno Znanstveni centar izvrsnosti QuantiX kao dobra primjer suradnje teorijske fizike i matematike u skladu s ciljem 3.

Među istraživanjima iz primijenjene matematike možemo istaknuti numeričku linearnu algebru, znanstveno računanje, mehaniku fluida, teoriju elastičnosti, statistiku, biomatematiku i biostatistiku, financijsku matematiku, numeričku analizu diferencijalnih jednačbi i matematičko modeliranje.

Kad je riječ o računarstvu, u našoj strategiji ističemo istraživanja koja su bliža matematici. Posebno razvijanje distribuiranih algoritama u optimizaciji na grafovima te primjenu matematičke logike u teorijskom računarstvu. Istraživanja vezana za matematičku logiku imaju dugu tradiciju na Matematičkom odsjeku, a namjera je pojačati istraživanja radi njihove primjene u teorijskom računarstvu (formalna verifikacija programa i formalni sustavi suradnje). Zatim, istraživanja u smjeru strojnog učenja i podatkovnog inženjerstva, gdje planiramo osnovati centar za napredne računalne znanosti, u suradnji s Fizičkim, ali i Biološkim odsjekom. Prvi korak u tom smjeru je zajednička prijava na ERA Chair natječaj, koju pomno pripremamo.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Među navedenim skupinama postoji i pojačana suradnja, a među navedenim temama mnoga preklapanja. Dobar primjer za to su navedena istraživanja iz matematičke logike i teorijskog računarstva ili istraživanja skupine za primijenjenu matematiku, koja razvija matematičke modele na osnovi kojih onda stručnjaci za numeričku matematiku razvijaju numeričke algoritme. Naravno, u analizi tih modela koriste se osnovna matematička znanja o diferencijalnim jednadžbama, dinamičkim sustavima, općoj topologiji, diferencijalnoj geometriji i funkcionalnoj analizi. Istraživanja u biomatematici, biostatistici i financijskoj matematici po prirodi su interdisciplinarna, a snažno su povezana s osnovnim istraživanjima iz vjerojatnosti i statistike. Nadalje, biomedicinska matematika je veliki potencijal za međuodsječku suradnju na znanstvenom, ali i nastavnom planu, kako smo i istaknuli u ciljevima 3. i 5. U skladu s tim pokrenuta je pojačana suradnja između Matematičkog odsjeka, Biološkog odsjeka, Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te Instituta Ruđera Boškovića kako bi se uveo novi studij biomedicinske matematike na engleskom jeziku.

U ostvarenju postavljenih ciljeva važna je i kadrovska politika koju sustavno vodi odsječki Savjet za unaprjeđenja i zapošljavanje.

Fizički odsjek

U skladu sa strateškim ciljevima PMF-a, temeljno polazište Strategije razvoja Fizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu je nastavak i daljnji razvoj etabliranih istraživanja u području fizike (što izravno pridonosi ciljevima 1. i 2.), koja su nezaobilazno polazna točka visokog obrazovanja na Odsjeku (a skladu s ciljem 5. povezanost obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada trebalo bi i dodatno povećati). Svjedoci smo velikih i brzih promjena u znanosti, tehnologiji i visokom obrazovanju u današnjem društvu. Fizički odsjek otvoren je prema tim promjenama i prati ih oslanjajući se na bogatu i dugu tradiciju.

Uzimajući u obzir potrebu da se znanstvenom djelatnošću sistematično pokriju sva važnija područja istraživanja u modernoj fizici, nekoliko se smjerova ipak izdvaja kao glavni strateški interesi. U teorijskoj fizici to je ponajprije kvantna fizika mnoštva čestica, koja u biti obuhvaća istraživanja u teorijskoj fizici kondenzirane materije, nuklearnoj i atomskoj fizici, te istraživanja kompleksnih sustava u biofizici i fotonici. Koliko su ta teorijska istraživanja na Fizičkom odsjeku važna, vidljivo je i u pokretanju Znanstvenog centra izvrsnosti za kvantne i kompleksne sustave te reprezentacije Liejevih algebri – „QuantiXLie” – koji okuplja i fizičare s drugih institucija te matematičare s PMF-a i suradnih institucija. Među ciljevima centra je gradnja suradnje između raznih smjerova teorijskih istraživanja na preklapnim temama – time se i automatski teži ispunjavanju cilja 3. elemenata strategije PMF-a (tj. povećavanju interdisciplinarnosti i multidisciplinarnosti), a posebno cilju 3C, jačanju međuodsječkih znanstvenih aktivnosti. Drugi je strateški smjer istraživanja iz teorijske fizike, a s dugom tradicijom, fizika elementarnih čestica, gravitacija i kozmologija.

Područja istraživanja unutar eksperimentalne fizike, koja bi se kao strateški prioritet jačala unutar laboratorija na Fizičkom odsjeku, ponajprije su fizika kompleksnih i funkcionalnih materijala (multiferoinci, supravodiči, kvantni magneti, metalna stakla i slitine...). U tom području već postoje dobro opremljeni i znanstveno priznati laboratoriji za niske temperature i jaka magnetska polja, za NMR čvrstog stanja i visokofrekventna mjerenja, za mikrostrukturna istraživanja, za istraživanje magnetskih i električnih pojava te za mjerenje transportnih, magnetskih i termodinamičkih svojstava. Postojeća se istraživanja u bliskoj budućnosti namjeravaju ojačati projektom CeNIKS (koji je zadovoljio kriterije provjere prihvatljivosti projekta i aktivnosti i ocjene kvalitete te je prosljeđen u iduću fazu

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

postupka dodjele bespovratnih sredstava), a zatim i projektom Centar za napredne materijale i nanotehnologiju (koji će biti prijavljen na natječaj IRI infrastrukturne projekte operativnog programa regionalne konkurentnosti Europskog fonda za regionalni razvoj), te dijelom iz ostalih projekata (uključujući H2020 i HRZZ) – svi oni izravno se uklapaju u cilj 6. elemenata strategije PMF-a, sustavnu izgradnju i održavanje znanstvene infrastrukture. Projektom CeNIKS će se također ulagati u otvaranje novih istraživačkih mogućnosti kompleksnih materijala: infracrvene spektroskopije i elipsometrije te opreme za sintezu i obradu uzoraka. Istraživanja unutar eksperimentalne fizike drugih područja (atomska fizika, astrofizika, nuklearna fizika, fizika elementarnih čestica, biofizika) provodila bi se u sklopu postojećih i novih suradnji (cilj 3.) s institutima u Republici Hrvatskoj (ponajprije s Institutom Ruđera Boškovića i Institutom za fiziku) i inozemstva, uz mjerenja manjeg opsega u laboratorijima na Fizičkom odsjeku. Daljnji razvoj u području planira se osigurati projektom Centar za napredne materijale i nanotehnologiju u suradnji s Kemijskim, Geološkim i eventualno drugim odsjecima PMF-a (a u skladu s ciljem 3C). Tim se centrom planiraju proširiti kapaciteti potrebni za zatvaranje ciklusa od temeljnih istraživanja do razvoja i primjene proizvoda visokih tehnologija. Centar će također dati potporu tvrtkama u sektoru visoke dodane vrijednosti radi prijenosa tehnologije u gospodarstvene aktivnosti zasnovane na znanju (a u skladu s ciljem 3.). Zavod će, u suradnji sa zagrebačkim kliničkim bolničkim centrima i Institutom Ruđera Boškovića, nastaviti unapređivati istraživanja u sklopu medicinske fizike (pridonoseći pritom ciljevima 2., 3. i 5.).

Važnost svih istraživanja je i zadržavanje i unapređivanje stručnog mišljenja u svim relevantnim područjima moderne eksperimentalne fizike, koja je preduvjet uspješnog obrazovanja studenata na najvišoj razini (cilj 5. – povećavanje povezanosti obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada).

Projektima poput QuantiXLiea i CeNIKS-a, uza sve dosad navedeno, planira se i povećati prisutnost Fizičkog odsjeka i PMF-a u europskom i svjetskom znanstvenom prostoru (cilj 1.), zadržati i ojačati uloga PMF-a u znanosti regije (cilj 2.), te sustavno početi izgrađivati i obnavljati znanstvenu infrastrukturu (cilj 6.). Projekt CeNIKS dobio je i potporu jedanaest tvrtki iz realnog sektora pa ima velike mogućnosti u ostvarivanju cilja 3. (dijela koji se odnosi na jačanje veza s gospodarstvom). Uz te projekte, koji su već pred fazom provedbe, pripremaju se mnoge druge prijave na natječaje međunarodnih izvora financiranja (cilj 1A), a planira se i aktivno poticati mlađe zaposlenike da predlažu projekte koje financiraju domaće (Hrvatska zaklada za znanost, Sveučilište) i međunarodne institucije.

Fizički će odsjek biti posebno angažiran u osnivanju Centra za napredne računarske znanosti na PMF-u, u suradnji s Matematičkim, Biološkim i drugim odsjecima PMF-a (i u skladu s ciljem 3C), imajući na umu da su razvoj i metode naprednog računarstva univerzalne u području prirodnih znanosti te da je njihova primjena danas potrebna ne samo za napredak u modernim teorijskim nego i u eksperimentalnim istraživanjima. U sklopu osnivanja novog centra planirane su zajedničke prijave s Matematičkim i drugim odsjecima PMF-a na Horizon 2020 natječaje te na natječaje strukturnih i investicijskih fondova Europske unije. Prvu projektnu prijavu u sklopu osnivanja Centra za napredne računarske znanosti na Horizon 2020 ERA Chair natječaj snažno podupiru Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske i Državna uprava za zaštitu i spašavanje, ali i devet značajnih IT i visoko-tehnoloških tvrtki, čime se potvrđuje snažan razvojni potencijal za uključivanje u rješavanje relevantnih društvenih izazova i suradnju s gospodarstvom (cilj 3B).

U ostvarenju postavljenih ciljeva veoma je važna kadrovska politika koju sustavno vodi Kolegij Fizičkog odsjeka u proširenom sastavu, pridonoseći cilju 4.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Kemijski odsjek

Strategija razvoja Kemijskog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kao prepoznatljive znanstveno-istraživačke institucije u području kemije, oslanja se na njegovu dugogodišnju tradiciju u provedbi temeljnih i primjenjivih znanstvenih istraživanja. Pritom je Kemijski odsjek uvijek nastojao dosegnuti standarde istraživačke i obrazovne djelatnosti europskih i svjetskih centara izvrsnosti, adekvatnom kadrovskom politikom (cilj 4. Strategije razvoja PMF-a), uključivanjem studenata u istraživački rad Odsjeka, a u novije vrijeme jačanjem studentske odlazne i dolazne mobilnosti (cilj 5. Strategije razvoja). Kako bi i dalje osigurao kvalitetno obrazovanje i razvoj mladih istraživača kao budućih nositelja znanstveno-istraživačke djelatnosti te pridonio razvoju konkurentnoga gospodarstva prijenosom znanja i tehnologija, Kemijski odsjek planira ojačati postojeća područja, ali i potaknuti nove smjerove istraživanja.

Znanstveno-istraživačka djelatnost koja se namjerava razvijati u sklopu Kemijskog odsjeka PMF-a obuhvaća nekoliko područja. Jedno od njih uključuje biokemijska, bioinformatička, računalna, proteomska i genska istraživanja prijenosa genske informacije i biosinteze proteina u svim trima životnim područjima te stjecanje detaljnog uvida u odabrane biokemijski važne procese. To područje prirodno dopunjuju ispitivanja interakcija farmakološki aktivnih molekula s biomakromolekulama u otopini, *in vivo* biološka istraživanja (strateški cilj 3. PMF-a), te strukturalna istraživanja biomakromolekula u čvrstom stanju. Druga važna grana istraživanja zasniva se na dizajnu i sintezi funkcionalnih organskih i anorganskih sustava, pri čemu je posebna pozornost usmjerena na osmišljavanje brzih te ekološki i energetski učinkovitih načina njihove pripreme. To nezaobilazno uključuje karakterizaciju te ispitivanje svojstava pripremljenih spojeva u čvrstom stanju te njihova ponašanja u otopini, što povezuje područja poput spektroskopije, termodinamike, rendgenske strukturne analize, kemijske kinetike, supramolekulske kemije, kemometrike, koloidne i međupovršinske kemije, elektrokemije te termičke analize. Razvoj procesnih analitičkih metoda te razvoj i primjena odgovarajućih metoda za analizu realnih uzoraka, poput onih iz okoliša, još je jedan važan smjer istraživanja s dugogodišnjom tradicijom u sklopu Kemijskog odsjeka. Konačno, važan dio istraživanja Odsjeka čine i ona iz područja računalne i teorijske kemije koja, u skladu sa svjetskim trendovima, postaju sve važnija. Potrebno je istaknuti da djelatnici Kemijskog odsjeka PMF-a već dugo godina sudjeluju u pripremi i provedbi znanstvenih projekata (primjerice UKF, FP7, FIRCA-NIH, bilateralni i HRZZ projekti) surađujući s istraživačima u Hrvatskoj (Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Osijeku, Sveučilište u Splitu, IRB, IMI, Imunološki zavod, Brodarski institut), ali i inozemstvu (u proteklih deset godina ostvarena je suradnja sa znanstvenicima iz više od osamdeset ustanova iz dvadeset zemalja svijeta). Kemijski odsjek ostvaruje i znanstvenu suradnju s istraživačima zaposlenima na Biološkom, Geološkom te Fizičkom odsjeku PMF-a. U skladu s ciljevima 2. i 4. Strategije razvoja PMF-a ti se oblici suradnje namjeravaju dodatno pojačati, posebice u području multidisciplinarnih istraživanja.

Kako bi se osigurala kompetitivnost i konkurentnost istraživača Kemijskog odsjeka na međunarodnoj razini, neprekidno se radi na jačanju i unapređenju postojeće infrastrukture, čemu u prilog govori uspješno ostvaren projekt Met4Pharm u partnerstvu s PLIVOM d. o. o., koji je financiran sredstvima fonda Europske unije za regionalni razvoj. U sklopu tog projekta Kemijski je odsjek opremljen NMR spektrometrom visokog razlučivanja. Treba istaknuti i projektni prijedlog CluK, koji je prijavljen na poziv MZO-a, Priprema zalihe infrastrukturnih projekata za EFRR 2014. – 2020, te je trenutačno u procesu evaluacije. U sklopu tog projekta Kemijski bi odsjek trebao znatno ojačati svoje infrastrukturne kapacitete (cilj 6. Strategije razvoja PMF-a). Djelatnici Kemijskog odsjeka namjeravaju se prijavljivati na slične javne pozive i u budućnosti.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Jedan od važnih strateških ciljeva Kemijskog odsjeka jest nastavak dosadašnje uspješne suradnje s partnerima iz gospodarskog sektora te njezino jačanje i proširivanje (strateški cilj 3. Strategije razvoja PMF-a). Naime, znanstvenici Kemijskog odsjeka PMF-a u posljednjih su deset godina proveli dva znanstvena i dvadeset i tri stručna projekta u suradnji s predstavnicima gospodarstva. Uz to, suradnja s predstavnicima farmaceutske, prehrambene i petrokemijske industrije rezultirala je objavom dvadeset i osam znanstvenih radova te izradom pet doktorskih disertacija i tri diplomska rada čija je tematika bila vezana za rješavanje konkretnih problema u gospodarskom sektoru. Takav oblik suradnje, koji bi se trebao ojačati nakon predviđenog jačanja strukturnih kapaciteta, pridonosi i cjeloživotnom obrazovanju istraživača u gospodarskom sektoru (strateški cilj 5. Strategije razvoja PMF-a).

Biološki odsjek

Biološki odsjek svoju Strategiju razvoja, prateći ciljeve strategije PMF-a, gradi na spoju tradicije i novih smjerova istraživanja koji se razvijaju kao odgovor na promjene u znanosti, gospodarstvu te u društvenom okružju. U nastavnom smislu, Biološki odsjek namjerava ostati prepoznatljivo središte obrazovanja bioloških i interdisciplinarnih sveučilišnih smjerova u Republici Hrvatskoj uz neprekidno unapređenje nastavnog procesa te odgovarajuću fleksibilnost u odgovaranju na potrebe aktualnih zahtjeva tržišta, što se uklapa u cilj 5. strategije PMF-a. Planira se nastaviti suradnja s drugim odsjecima unutar PMF-a te pojačati međunarodna suradnja i suradnja s javnim sektorom i gospodarstvom, u skladu s ciljevima 1. i 3.

Glavni strateški interesi na Biološkom odsjeku u sljedećem razdoblju obuhvaćaju nekoliko smjerova istraživanja. Istraživanje bioraznolikosti Hrvatske i susjednih biogeografski povezanih područja združuje filogenetska, filogeografska i ekološka istraživanja uz pojačanu suradnju sa znanstvenicima iz susjednih zemalja, ali i šire. Međunarodna važnost tih istraživanja vidljiva je u nekoliko Interreg projekata u kojima su znanstvenici Biološkog odsjeka voditelji ili partneri te u sudjelovanju u projektima COST akcije, kao i u nizu prijava na međunarodne kompetitivne projekte, što podupire ciljeve 1. i 2. strategije. Posebna će pozornost biti usmjerena i na istraživanje utjecaja globalnih klimatskih promjena i unos stranih vrsta na stabilnost zajednica. Ekološka istraživanja produbljuju se istraživanjima iz područja ekološke evolucije, ekološke genomike, ekotoksikologije i arheobotanike.

Kao jedan od strateških smjerova istraživanja ističe se istraživanje učinka stresnih uvjeta na biljnim i životinjskim modelima, zatim ekofiziološka, ekotoksikološka i fitokemijska istraživanja te istraživanja u području biljne reproduktivne biologije koja se potencijalno mogu primijeniti u poboljšanju prinosa ekonomski važnih vrsta, otkriću novih biomarkera, proizvodnji lijekova te u očuvanju bioraznolikosti Republike Hrvatske (cilj 3.). Važan doprinos istraživanjima planira se i sudjelovanjem znanstvenika Biološkog odsjeka u Znanstvenom centru izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (CroP-BioDiv), a čiji je nositelj Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Nastavit će se istraživanja oblika specijalizacije i diferencijacije stanica tijekom reproduktivnog razvoja i embriogeneze, evolucije biljnih i životinjskih genoma na molekularno-citogenetičkoj razini primjenom suvremenih metoda za analizu podataka dobivenih metodama sekvenciranja nove generacije, te razvoj i primjena metoda kromosomskog inženjerstva u oplemenjivanju biljaka i manipuliranje biosintetskih putova u svrhu proizvodnje korisnih sekundarnih metabolita primjenom tehnika kulture biljnoga tkiva. U skladu s tim nastaviti će se suradnja s mnogim domaćim (Sveučilište u Splitu, Institut Ruđer Bošković i dr.) i međunarodnim istraživačkim centrima (Sveučilište u Beču, University of California Davis, Queen Mary University of London, Sveučilište u Ljubljani i dr.). Planira se nastaviti genska analiza mehanizama

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

obrane bakterija sustavom CRISPR-Cas koja će se dodatno produbiti suradnjom s Kemijskim odsjekom PMF-a i suradnicima iz inozemstva.

Sustavno će se poticati biomedicinska istraživanja raznih smjerova; neurofiziološka, endokrinološka, epigenetička i metagenomska, te istraživanja utjecaja bioaktivnih tvari biljaka i njihova djelovanja na stanice i tkiva različitih organizama. Oprema i sredstva potrebni za navedena istraživanja osigurati će se i projektima Znanstvenih centara izvrsnosti; ZCI za personaliziranu brigu o zdravlju i ZCI za temeljnu kliničku i translacijsku neuroznanost u kojem je PMF partnerska ustanova uz druge fakultete, bolnice i gospodarske subjekte (u skladu s ciljem 3.). Također, putem Horizon 2020 projekata (ciljevi 1. i 6.) cilj je uspostaviti novi prostor sa sigurnim uvjetima rada s lentiviralnim vektorima za unos CRISPR/Cas9 konstrukata u različite životinjske stanice te uspostaviti tzv. cleanroom. Iznimno su relevantna istraživanja fleksibilnih molekularnih alata za preciznu epigenetičku modulaciju i modulaciju genskog širenja, te njihova primjena u reprogramiranju bolesnog u normalno stanje stanica imunog sustava, istraživanja molekularne biologije tumora, primjene matičnih stanica u regenerativnoj medicini i tkivnom inženjerstvu te razvoj metoda za analizu podataka dobivenih metodama sekvenciranja sljedeće generacije.

Biološki odsjek je već godinama u Hrvatskoj prepoznat kao vodeća ustanova za edukaciju osoba koje rade s pokusnim životinjama u obliku stručnog tečaja LabAnim. To područje rada, koje uključuje zakonodavnu, ali i etičku dimenziju rada na životinjama, Biološki odsjek namjerava ojačati, licencirati na međunarodnoj razini te proširiti i na regiju. Znanstveni dio bioetičkog diskursa, koji uključuje biomedicinska istraživanja, Biološki odsjek ostvaruje u suradnji sa ZCI-om za integrativnu bioetiku.

Istraživanja molekularne raznolikosti i ekologije raznih mikroorganizama, virusa i subvirusnih entiteta još su jedan od strateških smjerova istraživanja u idućem razdoblju. Obuhvaćaju istraživanja genomike mikroba, molekularne epidemiologije i mikrobne ekologije. U skladu s ciljevima 2. i 3. nastaviti će se suradnja na spomenutim istraživanjima s drugim odsjecima PMF-a, te mnogim domaćim i stranim sveučilištima i istraživačkim centrima, primjerice ETH Zurich, Dutch Institute for Water Treatment B.V. i Institutom Ruđera Boškovića.

U skladu s ciljem 3B, poticati će se nastavak primijenjenih istraživanja, primjerice u sklopu Nacionalnog programa praćenja vodenih ekosustava kao inicijalna strategija u kontekstu Water Framework Directive Europske unije. Navedena istraživanja pridonose izradi zakonskih propisa važnih za zaštitu prirode i okoliša (cilj 4A), uz prijenos znanja javnom sektoru. Nastaviti će se održavati i razvijati baza podataka Flora Croatica kao dijela Nacionalnoga informacijskog sustava zaštite prirode Republike Hrvatske. Biološki odsjek planira nastaviti održavati, unapređivati i digitalizirati herbarijske i zoologijske zbirke kako bi njihov sadržaj bio više dostupan znanstvenoj i stručnoj javnosti. Primjerice, u sklopu Botaničkog zavoda nalaze se dvije herbarijske zbirke registrirane u svjetskoj bazi Index Herbariorum – Herbarium Croaticum (ZA) i Herbarij Ive i Marije Horvat (ZAHO) s ukupno oko 260 000 herbarijskih primjeraka. Treba istaknuti i jednu od važnih ustrojbenih jedinica Biološkog odsjeka, Botanički vrt, u kojem se provode aktivnosti na ex-situ zaštiti hrvatske flore, uz dozvole i licencije za skupljanje na prirodnim staništima i uzgoj za potrebe zbirke naših najrjeđih, zakonom strogo zaštićenih i prirodnih vrsta.

Biološki odsjek PMF-a je središte mnogih prirodoslovnih smjerova istraživanja u Republici Hrvatskoj i široj regiji, a taj položaj namjerava zadržati i ojačati (cilj 2.) te su u pripremi prijave na domaće i međunarodne natječaje za izvore financiranja znanstvenih istraživanja (cilj 1.). Svojim nastavnim

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

aktivnostima, primjerima primjene recentnih istraživanja u biologiji i poučavanjem odraslih, želimo biti prepoznati kao vođa u obrazovanju (ciljevi 4. i 5). Biološki odsjek planira i dalje davati sustavnu potporu za prijavu na domaće i međunarodne projekte putem dostupnih mehanizama (cilj 1.) te ulagati u održavanje postojeće i nabavu nove znanstvene infrastrukture (cilj 6.) prijavljujući se na strukturne fondove.

Geofizički odsjek

Strategija razvoja Geofizičkog odsjeka temelji se na potrebi i težnji da se odsjek s dugogodišnjom tradicijom znanstvenih istraživanja i u budućnosti nastavi učinkovito prilagođavati znanstveno-istraživačkim, obrazovnim, tehnološkim i društveno-ekonomskim izazovima te da učinkovito pridonese ispunjenju ciljeva definiranih Elementima strategije PMF-a.

U sklopu meteorologije, u skladu s ciljem 3., nastaviti će se istraživanja dinamike atmosfere koja su važna za vremensku prognozu, rane najave opasnih vremenskih pojava, kvalitetu zraka te za mnoge gospodarstvene djelatnosti (poljoprivreda, energetika, turizam, promet i drugo). Primjenjivat će se te i dalje razvijati napredni numerički modeli te će se provoditi specijalna mjerenja i analizirati njihovi rezultati. Namjera je postojeću opremu dodatno upotrijebiti. Zato je u tijeku priprema dokumentacije za prijavu na natječaj MZOS-a za pripremu zalihe infrastrukturnih projekata Europskog fonda za regionalni razvoj (cilj 6.). Nastavit će se suradnja sa stranim stručnjacima (cilj 1. – boravci na vrhunskim institucijama i poticanje suradnje s koautorima iz tih institucija) i znanstvenicima Državnoga hidrometeorološkog zavoda u području klimatskog modeliranja (cilj 3b – poticanje istraživanja u svrhu primjene znanja u sklopu razvojnih i/ili primijenjenih projekata), što je zbog recentnih klimatskih promjena i potrebe za održivim razvojem od strateške važnosti za širu zajednicu. Bogato iskustvo u klimatskom modeliranju na globalnoj i regionalnoj skali upotrijebit će se modeliranjem mikroklimatike (cilj 2A – zadržati i promicati ulogu vodeće institucije u Republici Hrvatskoj).

U istraživanju hidrosfere od strateškog je interesa za Hrvatsku razvoj operativne oceanografije te uspostava prognostičkog sustava za more. Odsjek će u suradnji s ostalim nacionalnim institucijama razvijati numerički oceanografski model (cilj 2A – zadržati ulogu vodeće institucije u Republici Hrvatskoj, cilj 3. – jačanje interdisciplinarnosti i multidisciplinarnosti te poticanje primijenjenih istraživanja). Nastavit će se mjerenja u moru, koja su važna za operativnu oceanografiju, primjenu u pomorstvu i geodeziji, praćenje klimatskih promjena te planiranje održivog razvoja priobalnog područja, koje je zbog guste naseljenosti i velike gospodarske aktivnosti posebno izloženo velikom pritisku. Od strateške su važnosti interdisciplinarna istraživanja u suradnji s kemičarima i biologima mora (cilj 3. – interdisciplinarnost i multidisciplinarnost, a osobito jačanje međudisciplinarnih znanstvenih aktivnosti). U suradnji s hidrologima i hidrogeokemičarima nastaviti će se nedavno početa limnološka istraživanja (cilj 2. – vodeća uloga PMF-a u Republici Hrvatskoj i osiguravanje visokog mjesta u regiji te cilj 3. – interdisciplinarnost i multidisciplinarnost), čiji je konačni cilj uspostava hidrodinamičkog modela sustava Plitvičkih jezera, što je od strateške važnosti za zaštitu nacionalnog parka koji pripada svjetskoj prirodnoj baštini (UNESCO). Rezultati tih istraživanja poslužiti će daljnjem razvoju novouvedenog (ak. god. 2016./2017.) kolegija Limnologija (cilj 5.).

Seizmološka istraživanja u Hrvatskoj provode se jedino u Geofizičkom odsjeku i to neprekidno više od sto godina. Seizmološka služba, kao organizacijska jedinica Odsjeka obavlja za državu visokostručne poslove. Zato Odsjek nužno mora njegovati sve aspekte seizmoloških istraživanja. Kao strateški važna ističu se proučavanja seizmičnosti Hrvatske i okolnih područja i s time povezane procjene potresne

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

opasnosti te istraživanja seizmotektonskih odnosa i građe Zemljine unutrašnjosti u području Jadrana, Dinarida i Panonskog bazena (cilj 2. – vodeća uloga PMF-a u Hrvatskoj i osiguravanje visokog mjesta u regiji i cilj 3. – veze s gospodarstvom).

U sklopu geomagnetskih istraživanja nastaviti će se rad jedinoga hrvatskoga geomagnetskog opservatorija, koji je Odsjek uspostavio 2012., a koji je zbog kvalitete prikupljenih podataka uključen u međunarodnu mrežu INTERMAGNET. Strateška istraživanja uključivat će modeliranje geomagnetskog polja na ograničenom području te razvoj sofisticiranih tehnika za konstrukciju kalibracijskih krivulja (cilj 2. – vodeća uloga PMF-a u Hrvatskoj i osiguravanje visokog mjesta u regiji).

U sklopu strateških istraživanja nastaviti će se uspješna suradnja s domaćim institucijama (Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Državni hidrometeorološki zavod, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Rudarsko-geološko naftni fakultet i Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Hrvatski hidrografski institut) i stranim institucijama (University of Virginia i New Mexico Tech, SAD; University of Aegean, Grčka, Universitat de les Illes Balears, Španjolska i Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Austrija, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Njemačka, Institute of Meteorology and Climate Research, Karlsruhe Institute of Technology, Njemačka, International Centre for Theoretical Physics, Italija i Geological and Geophysical Institute of Hungary), te će se u skladu s ciljevima 1., 2. i 3. poticati i uspostava suradnje s drugim domaćim i stranim institucijama, kao i daljnje poticanje mobilnosti odsječkih kadrova (cilj 4B).

U svim geofizičkim disciplinama poticati će se međudsječka suradnja (cilj 3.). Također, poticati će se daljnje povezivanje obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada (cilj 5.) i to modernizacijom sadržaja kolegija te uvođenjem novih izbornih kolegija na diplomskoj i doktorskoj razini, a u skladu s recentnim znanstvenim temama.

Geološki odsjek

Temeljno polazište Strategije razvoja Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, u skladu s ciljem 5. navedenim u Elementima strategije PMF-a da povezanost obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada treba i dodatno povećati, nastavak je i daljnji razvoj istraživanja u geologiji, kao nezaobilaznog ishodišta visokog obrazovanja na Odsjeku. Geološki odsjek otvoren je promjenama u geoznanostima i sudjeluje u njima, oslanjajući se na bogatu i važnu tradiciju, posebno u temeljnim znanostima.

Geološki odsjek će također poticati obnovu znanstvene infrastrukture i aktivno sudjelovati u planiranju i izgradnji novih prostora odsjeka na kampusu Horvatovac, što će pridonijeti poboljšanju znanstvenih istraživanja (cilj 6.).

Vodeći računa da se znanstvenom djelatnošću sustavno pokriju sva važnija područja istraživanja na Geološkom odsjeku, nekoliko se temeljnih tema izdvaja kao glavni strateški interes.

Na Geološko-paleontološkom zavodu temelj čine stratigrafska, paleontološka, sedimentološka i paleoekološka istraživanja Dinarida i panonskog područja kako bi se pridonijelo razumijevanju građe, nastanka i evolucije tijekom geološke prošlosti. Posebno će se istraživati litološka, sedimentološka i paleontološka obilježja naslaga dinaridskog (fanerozoik) i panonskog (posebice neogena i kvartara) područja, klastični sedimenti Dinarida (fliš, molasa), stresni događaji u geološkoj prošlosti (izumiranja,

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

impakti, glacijacije), paleoiknološki nalazi i njihova primjena u paleogeografskim rekonstrukcijama tih područja te specifičnosti plitkomorskih karbonatnih okoliša tijekom jure, krede i paleogena. U sklopu istraživanja fosilnog zapisa u fanerozojskim stijenama istraživat će se i evolucija života na Zemlji. Kako bi se objasnile promjene u okolišu u geološkoj prošlosti, istraživat će se i recentni sedimenti i sedimentacija u Jadranu, dinamika promjene obala te odraz klimatskih promjena morske razine na obale i obalne procese. Dio zanimanja usmjerit će se i na zooarheološka istraživanja.

Na Mineraloško-petrografskom zavodu istraživat će se kristalokemijske značajke minerala i njihova primjena u mineralogiji, geologiji, znanosti o materijalima i istraživanjima okoliša. Pritom će osobiti naglasak biti na mineralima glina, zeolitima i oksidima. Drugo područje znanstvenog interesa bit će istraživanje postanka i izmjene stijena na području Republike Hrvatske i susjednih zemalja s osvrtom na taložne i evolucijske modele razvoja panonskoga, dinaridskoga i jadranskog područja te Alpa i Karpatu. Povezano s time provodit će se i geokemijska istraživanja litostratigrafskih jedinica i geoloških struktura. Nadalje, geokemijska istraživanja okoliša provodit će se kako bi se razlikovali geogeni i antropogeni čimbenici utjecaja na raspodjelu metala i ostalih tvari bitnih za okoliš, a sve u svrhu karakterizacije, remedijacije i upravljanja ugroženim i osjetljivim okolišima. Na kraju će dio istraživanja biti usmjeren na geoarheologiju, to jest na karakterizaciju arheoloških materijala s pomoću mineraloških metoda.

Među ciljevima Geološkog odsjeka je i stvaranje zajedništva između različitih istraživačkih institucija sa sličnim temama istraživanja (kao npr. Doktorski studij Oceanologije) – time se i automatski teži ispunjavanju cilja 3. Elemenata strategije PMF-a (tj. povećavanju interdisciplinarnosti i multidisciplinarnosti), a posebno cilju 3B, jačanju komercijalnih aktivnosti utemeljenih na znanstvenom istraživanju, te također ispunjavanju cilja 4. putem pripreme i provedbe kadrovske politike, koji su usklađeni s potrebama svakog od zavoda.

Projekti poput trenutačnih HRZZ Kredni geodinamski dokazi u području Dinarida i Panonskog bazena, javne ustanove NPPL Sedimentologija, stratigrafija i strukturno-geološke značajke Plitvičkih jezera, InterReg–DINOKRAS i hrvatsko-mađarskog Stratigrafija i korelacija gornjomiocensko-pliocenskih sedimenata duž hrvatsko-mađarske granice, uza sve navedeno, jačaju ulogu PMF-a u znanstvenom regionalnom području (cilj 2.), a suradnja s drugim sastavnicama Sveučilišta u Zagrebu, ostalim sveučilištima i veleučilištima u Republici Hrvatskoj i međunarodnim znanstvenim institucijama zadržava važnu ulogu Geološkog odsjeka PMF-a u međunarodnome znanstvenom području (cilj 1.).

Geografski odsjek

Geografska istraživanja u Hrvatskoj imaju dugu tradiciju i zato se strategija razvoja Geografskog odsjeka PMF-a temelji na suradnji dugogodišnjih i suvremenih istraživačkih tema u skladu s potrebama društva i brzim razvojem znanosti. Znanstvena istraživanja na Geografskom odsjeku obuhvaćaju fizičko-geografska i društveno-geografska istraživanja te pokrivaju sva važnija područja istraživanja u geografiji, no neki se smjerovi ipak izdvajaju kao strateški interesi razvoja Geografskog odsjeka. Znanstvena istraživanja provode se u osam temeljnih istraživačkih skupina (opširnije u nastavku).

U sklopu fizičke geografije djeluju dvije osnovne istraživačke skupine koje se bave istraživanjem promjena u okolišu (klimatskih, hidroloških, geomorfoloških, promjena u načinu korištenja zemljišta / zemljišnog pokrova – LULC). Društveno geografska istraživanja pokrivaju šest istraživačkih skupina koje se bave planiranjem i vrednovanjem demografskih i gospodarskih resursa u području te istraživanjem

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

kulturnih pejzaža, procesa i promjena u urbanim i ruralnim područjima kao dijelovima lokalnih, regionalnih i nacionalnih prostornih identiteta.

Fizičko-geografska i društveno-geografska istraživanja danas se provode u sklopu HRZZ projekata, te potpora Sveučilišta u Zagrebu. U sljedećem razdoblju planira se poticanje prijavljivanja na znanstvene projekte u skladu s ciljem 1. Strategije PMF-a. Predlaže se uspostava učinkovitijeg sustava pretraživanja fondova (pomoćnik pročelnika za znanost i međunarodnu suradnju i odsječki koordinator za projekte fondova EU-a te pronalaženje novih kadrovskih rješenja, u skladu s ciljem 4. PMF-a) kao što su Europski socijalni fond, Europski fond za regionalni razvoj, Unity through knowledge fund, JPI Europe, natječaji Ministarstva kulture, HAZU-a itd. Nadalje, poticat će se prijava posebice doktoranada i mladih znanstvenika na natječaje Hrvatske zaklade za znanost u sklopu natječaja Uspostavnih istraživačkih projekata, Partnerstva u istraživanjima, Projekta razvoja karijera mladih istraživača te onih projekata koji omogućuju zapošljavanje mladih.

Geografski odsjek ima strategiju poticanja znanstvene izvrsnosti poticanjem objavljivanja visoko kvalitetnih radova. Prepoznavanje i poticanje izvrsnosti provedeno je na Geografskom odsjeku 2015. godine što će se svakako i dalje nastaviti u skladu s ciljem 1B strategije PMF-a. Poticanje izvrsnosti ujedno pridonosi poticanju stvaranja izvrsnih istraživačkih skupina i mentorskog rada (cilj 1C strategije PMF-a) te povezivanju obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada (cilj 5. PMF).

U sljedećem razdoblju strateški cilj Geografskog odsjeka je i istraživanje obrazovnih resursa, kurikuluma geografije i cjeloživotnog obrazovanja, a što je izravno u skladu s ciljevima 5C i 5D strategije PMF-a.

Navedene istraživačke skupine pojačano surađuju, a uključuju i suradnike s drugih odsjeka PMF-a (npr. Biološkoga i Fizičkog odsjeka), ali i drugih institucija u Republici Hrvatskoj (Sveučilište u Zadru, Institut Ruđera Boškovića, Hrvatske vode i dr.) te iz inozemstva. U sljedećem se razdoblju planira nastavak istraživanja (koja su opširnije objašnjena dalje u tekstu) unutar postojećih suradnji (istraživačkih skupina, suradnika), ali se planira i ostvarenje novih suradnji s drugim odsjecima na PMF-u, partnerima iz RH-a i inozemstva u skladu s ciljem 3. Strategije PMF-a povećanja interdisciplinarnosti i multidisciplinarnosti te veza s gospodarstvom.

Geografski je odsjek već poduzeo mnoge mjere za osuvremenjivanje doktorskog studija radi ostvarivanja bolje povezanosti obrazovnog procesa s rezultatima istraživačkog rada koji potiče interdisciplinarnost. Glavno je težište studija na istraživanju uz široki izbor kolegija u skladu sa specifičnostima pojedinih istraživačkih tema. Studij je odobren Odlukom Senata Sveučilišta u Zagrebu 2014. godine te je do danas privukao veći broj kandidata iz bliskih srodnih struka (cilj 5a). Uvedeni su novi pristupi studiju, poput godišnjih internih konferencija za doktorande, na čijoj će se primjeni i dalje raditi, a što je također u skladu s ciljem 5. Strategije PMF-a.

Također se planira osuvremeniti laboratorij za fizičku geografiju i GIS laboratorij (cilj 6. Strategije PMF-a) čija se važnost očituje u nastavku znanstvenih istraživanja i u obrazovanju studenata.

Svrha je svih navedenih poticajnih mjera zadržati ulogu vodeće institucije u regiji u skladu s ciljem 2. PMF-a.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Dodatak A – Organizacijska struktura PMF-a

Radi preglednosti strategije, u ovom dodatku navodimo sve jedinice (zavode, katedre, centre) koji djeluju u sklopu odsjeka, odnosno u koje su raspoređeni znanstvenici PMF-a. Tim se pregledom stječe uvid u znanstveni potencijal PMF-a. Dodatak je napisan koristeći se Pravilnikom o ustroju radnih mjesta kao izvorom.

Matematički odsjek je podružnica Fakulteta ustrojena za obavljanje djelatnosti visokog obrazovanja, znanosti i visokostručnog rada u području matematike. U sastavu Matematičkog odsjeka znanstveno djeluju:

- Zavod za algebru i osnove matematike
- Zavod za geometriju
- Zavod za matematičku analizu
- Zavod za numeričku matematiku i znanstveno računanje
- Zavod za primijenjenu matematiku
- Zavod za teoriju vjerojatnosti i matematičku statistiku
- Zavod za topologiju
- Zavod za računarstvo
- Katedra za metodiku nastave matematike i računarstva.

Fizički odsjek je podružnica Fakulteta ustrojena za obavljanje djelatnosti visokog obrazovanja, znanosti i visokostručnog rada u području fizike. U sastavu Fizičkog odsjeka djeluju:

- Zavod za eksperimentalnu fiziku
- Zavod za teorijsku fiziku kondenzirane tvari
- Zavod za teorijsku fiziku elementarnih čestica i polja i
- Zavod za teorijsku fiziku.

Kemijski odsjek je podružnica Fakulteta ustrojena za obavljanje djelatnosti visokog obrazovanja, znanosti i visokostručnog rada u području kemije. U sastavu Kemijskoga odsjeka djeluju:

- Zavod za organsku kemiju
- Zavod za fizikalnu kemiju
- Zavod za opću i anorgansku kemiju
- Zavod za analitičku kemiju
- Zavod za biokemiju.

Biološki odsjek je podružnica Fakulteta ustrojena za obavljanje djelatnosti visokog obrazovanja, znanosti i visokostručnog rada u području biologije. U sastavu Biološkoga odsjeka djeluju:

- Botanički zavod
- Zoologijski zavod
- Zavod za animalnu fiziologiju
- Zavod za molekularnu biologiju
- Zavod za mikrobiologiju
- Botanički vrt.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Geološki odsjek je podružnica Fakulteta ustrojena za obavljanje djelatnosti visokog obrazovanja, znanosti i visokostručnog rada u području geologije. U sastavu Geološkog odsjeka djeluju:

- Geološko-paleontološki zavod i
- Mineraloško-petrografski zavod.

Geografski odsjek je podružnica Fakulteta ustrojena za obavljanje djelatnosti visokog obrazovanja, znanosti i visokostručnog rada u interdisciplinarnom području znanosti područja geografije. U sastavu Geografskog odsjeka djeluju:

- Zavod za fizičku geografiju
- Zavod za socijalnu geografiju
- Zavod za regionalnu geografiju i metodiku i
- Kartografsko-tehnički centar.

Geofizički odsjek je podružnica Fakulteta ustrojena za obavljanje djelatnosti visokog obrazovanja, znanosti i visokostručnoga rada u području geofizike. U sastavu Geofizičkog odsjeka djeluju:

- Geofizički zavod Andrije Mohorovičića i
- Seizmološka služba Hrvatske.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Dodatak B – Detaljan opis znanstvenih tema koje organizacija planira istraživati s posebnim ciljevima za svaku temu

Matematički odsjek

Zavod za algebru i osnove matematike

Aktivnost Zavoda odnosi se na teme:

- Recentni i važan napredak u Langlandsovu programu dokaz je egzistencije endoskopskog transfera lokalnih i globalnih reprezentacija u diskretnim serijama s rascjepivih klasičnih grupa na $GL(n)$ koji je dokazao uglavnom Arthur. Istraživanja u našoj grupi dobro su usklađena s time. Mi računamo Jacquetove module diskretnih serija. To će pomoći potpunom razumijevanju parabolički inducirane reprezentacije s diskretnih serija (generalizirane osnovne serije). U teoriji automorfnihi formi jasno proučavamo konstrukcije Arthura i Moeglin. Tako stvaramo nove serije kvadratno integrabilnih reprezentacija i lokalnih izoliranih unitarnih reprezentacija.
- Glavne teme istraživanja grupe iz teorije brojeva su eliptičke krivulje, modularne forme, diofantske jednačbe, diofantske aproksimacije te primjene teorije brojeva u kriptografiji. Proučava se struktura grupa eliptičnih krivulja nad poljem racionalnih brojeva te nad poljima brojeva. Promatraju se veze između aritmetičkih svojstava Fourierovih koeficijenata modularnih formi i aritmetičke geometrije. Proučavaju se Diofantove m -torke te njihova različita poopćenja, posebice u prstenima cijelih u poljima brojeva malog stupnja. U području diofantskih aproksimacija promatra se problem separacije korijena polinoma te njegove veze s klasifikacijama transcendentnih brojeva. Razmatraju se primjene eliptičkih krivulja i diofantskih aproksimacija u kriptografiji.
- Na zavodu postoji skupina koja proučava teoriju verteks-algebri, te s njima povezane beskonačno dimenzionalne Liejeve algebre. Promatraju se C_2 konačne verteks-algebre, koje su usko povezane s matematičkom fizikom i teorijom kvantnih grupa. Poseban je naglasak na konstrukciji novih verteks-algebri, njihovih reprezentacija i operatora isprepletanja. Teorija verteks-algebri koristi se i u konstrukciji novih kombinatornih baza reprezentacija afinih Kac-Moodyjevih Liejevih algebri, te dokazivanje kombinatornih identiteta. Proučavaju se i ulaganja konačno dimenzionalnih Liejevih algebri i njima vezana konformna ulaganja afinih verteks-algebri.

Zavod za geometriju

Glavni smjerovi znanstvenog istraživanja Zavoda za geometriju u budućem razdoblju mogu se svrstati u tri tematske cjeline, koje se nastavljaju na odgovarajuće smjerove istraživanja u prethodnom petogodišnjem razdoblju.

- Diferencijalna geometrija krivulja i ploha u specijalnim ambijentnim prostorima. Svrha je istraživanja proučiti diferencijalno-geometrijska svojstva krivulja i ploha u specijalnim ambijentnim prostorima. Među njih spadaju nazovi Riemannove mnogostrukosti kao Lorentz-Minkowskijev prostor, odnosno Lorentzove prostorne forme te, općenitije, affine mnogostrukosti, zatim prostori s degeneriranim metrikama, kao izotropni prostori te familija trodimenzionalnih mnogostrukosti, tzv. Thurstonovi prostori. Dublje razumijevanje tih geometrija moguće je steći proučavanjem njihovih podmnogostrukosti određenih svojstava, primjerice, specijalne klase ploha zadanih zakrivljenosti.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- Konačne geometrije i teorija dizajna. U ovom području proučavat će se pitanja egzistencije i klasifikacije blokovnih dizajna i t-dizajna, simetričnih konfiguracija, diferencijskih skupova i dizajna nad konačnim poljima. U svrhu redukcije kombinatoričke složenosti problema često će se postavljati dodatni uvjet u obliku djelovanja prikladne grupe automorfizama. Također, promatrat će se različite pravilne podstrukture u konačnim projektivnim i polarnim prostorima. U istraživanju će se, uz algebarske i druge teorijske metode, intenzivno koristiti računalne tehnike i metode. Razvoj algoritama i programa za konstrukciju i klasifikaciju konačnih struktura važan je dio ovog istraživanja.
- Geometrijska svojstva i modeli posebnih klasa nazovi grupa. Proučavat će se geometrijska svojstva nekih osobito zanimljivih potklasa idempotentnih medijalnih (IM) nazovi grupa, a osobito pentagonalne nazovi grupe. Jedan od osnovnih ciljeva jest odrediti spektar svih redova konačnih pentagonalnih nazovi grupa, zatim izvesti slične rezultate za neke druge potklase te uspostaviti vezu s grafovima, usmjerenim grafovima i dizajnima.

Zavod za matematičku analizu

Aktivnosti Zavoda za matematičku analizu obuhvaćaju teme:

- Razni oblici ortogonalnosti u Hilbertovim C^* -modulima. Glavni je cilj ove teme nastaviti proučavanje raznih vrsta ortogonalnosti na Hilbertovim C^* -modulima, posebno Birkhoff-Jamesove ortogonalnosti, jake Birkhoff-Jamesove ortogonalnosti i ortogonalnosti s obzirom na unutarnji produkt. Proučavanje ove teme uključuje karakteriziranje raznih klasa elemenata Hilbertova C^* -modula u terminima ortogonalnosti, karakteriziranje preslikavanja između modula koja čuvaju određeni oblik ortogonalnosti, razmatranje odnosa između raznih ortogonalnosti i slične probleme.
- Bazni okviri Hilbertovih prostora i Hilbertovih C^* -modula. Glavni se cilj sastoji od dvaju dijelova: nastaviti istraživanje opće teorije baznih okvira Hilbertovih prostora i proširiti postojeću teoriju baznih okvira Hilbertovih C^* -modula. Posebno, planiramo razviti međurelacije između baznih okvira i striktnih/vanjskih baznih okvira Hilbertovih C^* -modula te proširiti u kontekst Hilbertovih C^* -modula rezultate o perturbacijama baznih okvira, o konačnim proširenjima Besselovih nizova do baznih okvira i , posebno, do Parsevalovih baznih okvira, o Rieszovim bazama itd.
- Diracova kohomologija Harish-Chandrinih modula i primjene Diracova kohomologija je relativno nova invarijanta Harish-Chandrinih modula, koja sadržava mnogo zanimljivih informacija. Istraživanja će u sljedećem razdoblju biti usmjerena na sljedeće probleme: proučavanje reprezentacija dobivenih s pomoću Diracove indukcije, posebno reprezentacija diskretne serije; primjena Diracove kohomologije na probleme restrikcije reprezentacija; pokušaji pojačavanja Diracove nejednakosti, s primjenom na proučavanje unitarnih reprezentacija; računanje Diracove kohomologije unipotentnih reprezentacija te računanje Diracove kohomologije unitarnih modula najveće težine.
- Nejednakosti za pozitivne linearne funkcionalne. Cilj je ove teme istražiti nejednakosti koje vrijede za pozitivne linearne funkcionalne kao što su Čebiševljeva i Grüssova nejednakost s dvama linearnim funkcionalama itd. Proučavat će se nazovi linearnost, monotonost i ograničenost funkcionala pridruženih razlikama koje se javljaju u nejednakostima. Uz to, nastavlja se proučavanje svojstava h -konveksnih funkcija.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Zavod za numeričku matematiku i znanstveno računanje

Istraživački interesi zavoda i planovi za iduće razdoblje vezani su za razvoj teorijske podloge znanstvenog računanja te razvoja i valjanosti matematičkog softvera razvijenog na tim teorijskim konceptima. Smjerovi istraživanja temeljeni su na recentnim aktivnostima i rezultatima u sklopu istraživačkih projekata. Zbog interdisciplinarnosti primjenjivosti rezultata planiranih istraživanja, očekujemo da će biti dobra osnova za poticanje međudsječke suradnje i u smjeru ostvarenja strateškog cilja 3C. Naši su planovi također usklađeni s planovima za uspostavu Centra za napredne računarske znanosti (zajednički međudsječki projekt u sklopu cilja 3C). Za određene smjerove istraživanja planiramo razviti specijalne kolegije na doktorskom studiju i obrazovati doktorande u skladu sa strateškim ciljem 5.

- Matrične spektralne dekompozicije. Planiran je nastavak uspješnih istraživanja u razvoju numeričkih metoda za klasične i poopćene spektralne i SVD dekompozicije. Pokazalo se da klasu robusnih metoda Jacobijeva tipa za SVD dekompozicije te razne redukcije matrica na kanonske forme možemo učinkovito primijeniti na višeprocorskim računalima pa će se taj razvoj nastaviti i u sljedećem planskom razdoblju. Uz razvoj numeričkih algoritama rade se teorija perturbacija i dokazi konvergencije. Cilj je nastaviti uspješno uključivati naš softver u programski paket LAPACK.
- Teorija upravljanja. Dio djelatnika Zavoda bavi se teorijom upravljanja, i to na razvoju teorijskih i numeričkih aspekata te na primjeni teorije upravljanja na konkretne inženjerske probleme. Ova je istraživačka skupina usmjerena na važne teme: redukciju modela za velike upravljačke sustave, upravljanje mrežnim dinamičkim sustavima, optimalno upravljanje sustavima opisanima običnim i parcijalnim diferencijalnim jednadžbama te troškom upravljanja parcijalnim diferencijalnim jednadžbama. U sljedećih pet godina planira se pojačati suradnja s istraživačima iz SAD-a i Njemačke te pružiti nove teorijske metode i rezultate, analizirati pripadna numerička pitanja, razviti prikladni računski softver i potvrditi primjenu novorazvijenih metoda na sustavima koji proizlaze iz praktičnih problema, na taj način premošćujući međuprostor između teorijskih razmatranja i industrijskih primjena.
- Redukcija dimenzije dinamičkih sustava i metode temeljene na podacima (*data driven*). Planira se pojačati razvoj metoda identifikacije i aproksimacije dinamičkih sustava nižedimenzionalnim modelima. Očekujemo napredak i daljnji razvoj postignutih rezultata, posebno moderne tehnike redukcije dimenzije modela temeljene na podacima (POD, DEIM, Vector Fitting, Dynamic Mode Decomposition, Koopmanova linearizacija) te primjenu IRKA metode na višeprocorskim računalima.
- Operatorske jednadžbe. Planiramo nastaviti razvoj algebarskih metoda aproksimacije rješenja operatorskih jednadžbi (Lyapunovljeva i Riccatijeva jednadžba) aproksimacijom operatorom malog ranga, temeljenog na metodama Krilovljeva tipa, kao i modernom pristupu temeljenom na slučajnom uzorkovanju u slici operatora.
- Spektralna analiza mehaničkih sustava. Planiran je nastavak početih istraživanja i razvoj numeričkih metoda za rješavanje linearnih i nelinearnih problema svojstvenih vrijednosti u primjenama. Od interesa su metode Arnoldijeva i Schur-Krilovljeva tipa te moderne metode zasnovane na numeričkom računanju Cauchyjevih integrala. U tom ćemo se kontekstu baviti i razvojem metoda konačnih elemenata temeljenih na operatorskoj numeričkoj analizi. Kao zanimljiva područja primjene promatrat ćemo probleme u teoriji elastičnosti i optici (fotonički kristali).

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- Splajn aproksimacije. Dio djelatnika Zavoda bavi se raznim problemima aproksimacije vezanima za posebne vrste splajn funkcija, poput Čebiševljevih, cikloidnih, napetih i q-splajnova. Uz razvoj novih numeričkih algoritama za učinkovito računanje tih splajnova, razvija se teorija njihovih aproksimacijskih svojstava te na osnovi njih algoritmi za konkretne primjene. U sljedećih pet godina planira se nastavak teorijskoga i praktičnog rada u tim problemima kako bi se poboljšali odgovarajući algoritmi, zatim primjena u problemima advekcije i difuzije u geofizici te obradi slika.
- Numerički algoritmi za probleme velikih dimenzija. U posljednjih desetak godina, napretkom tehnologija za prikupljanje podataka te zahtjevima za izgradnju sve složenijih matematičkih modela, dramatično je porasla potreba za učinkovitim numeričkim rješavanjem nastalih problema velikih dimenzija. Ti problemi zahtijevaju potpuno drukčiji pristup od onoga klasičnim problemima numeričke linearne algebre: sada su podatci tipično reprezentirani rijetko popunjenim matricama ili tenzorima, ili, s druge strane, dopuštaju aproksimaciju matricama ili tenzorima niskog ranga. Članovi Zavoda bili su uključeni u istraživačke projekte koji su se bavili problemima velikih dimenzija iz raznih aspekata. Kako se težište istraživanja u numeričkoj matematici sve više prebacuje na stranu problema velikih dimenzija, kao važan strateški pomak planirana je pojačana aktivnost prema razvoju numeričkih metoda za računanje s tenzorima. Taj je smjer istraživanja posebno u skladu s planovima za razvoj Centra za napredne računalne znanosti.
- Razvoj matematičkog (numeričkog) softvera. Svi planirani smjerovi istraživanja uključuju razvoj numeričkih algoritama i pripadne softverske primjene. Kako je razvoj robusnih softverskih alata za industrijske primjene važna interdisciplinarna grana istraživanja, koja u modernom razvoju tehnologije ima važnu ulogu, posebno će se sustavno raditi na razvoju softvera na razini industrijske kvalitete. Taj razvoj može imati i komercijalni učinak i planiran je kao doprinos strateškom cilju 3B te razvoju Centra za napredne računalne znanosti.

Zavod za primijenjenu matematiku

Znanstvena aktivnost Zavoda za primijenjenu matematiku odnosi se na razvoj matematičkih metoda koje se koriste u prirodnim, tehničkim i biomedicinskim znanostima. Djelatnost Zavoda vezana je za matematičko modeliranje i matematičku analizu zadaća opisanih običnim i parcijalnim diferencijalnim jednadžbama koje najčešće proizlaze iz mehanike kontinuuma. To uključuje postavljanje, analizu svojstava (egzistencija, jedinstvenost – nejedinstvenost, korektnost zadaće...), te numeričku analizu modela. Smjerovi istraživanja na Zavodu su:

- Razvoj tehnika za parcijalne diferencijalne jednadžbe (PDJ) Istraživat ćemo: teoriju homogenizacije i primjene u optimalnom dizajnu i inverznim zadaćama za PDJ, Friedrichsove sustave kao okvir za proučavanje PDJ-a različitog tipa, analitičke objekte i alate za proučavanje temeljnih pitanja u teoriji PDJ-a, slabe topologije na prostorima funkcija i distribucija, primjene u PDJ-u, te svojstva pseudodiferencijalnih operatora i druge tehnike mikrolokalne analize, i primjene na brzinsko usrednjenje, usrednjenu upravljivost, kompaknost kompenzacijom, poluklasične limese...
- Mehanika fluida. Istraživanje iz ovog područja odnosi se na matematičko modeliranje, analizu i numeričke simulacije toka fluida u tankim domenama (cijevi, pukotine...) ili poroznim sredinama. Fluidi će biti newtonovski ili mikropolarni, jednofazni ili višefazni, a fizikalni će procesi biti konvektivni, difuzni, disperzivni, konduktivni, izotermni ili neizotermni. Teorijska

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

analiza zasnovana je na apriornim ocjenama za polazne jednadžbe te na raznim konceptima konvergencije i kompaktnosti. Koristit ćemo se asimptotičkom analizom i homogenizacijom.

- Teorija elastičnosti. Ovo istraživanje odnosi se na izvode i opravdanja nižedimenzionalnih modela iz trodimenzionalne elastičnosti. Od interesa su i modeli za viskoelastične, plastične, odnosno biorazgradive materijale. Ti su modeli osnovni dio za stvaranje kompleksnijih modela sastavljenih iz više struktura, moguće različitih dimenzija (sustav štapova ili ljusaka).
- Interakcija fluida i strukture. Zbog primjena u medicini od interesa je analiza interakcije Newtonova fluida i elastičnog tijela modeliranog kao tanko (nižedimenzionalni model) ili debelo (puni trodimenzionalni model) tijelo. Važna su pitanja: egzistencija, jedinstvenost, stabilnost, regularnost rješenja; dizajn, provedba i analiza numeričkih shema; analiza sustava parabolicko-hiperboličkog tipa.

Zavod za računarstvo

- *Online* algoritmi kombinatorne optimizacije. Cilj je razviti nove determinističke ili randomizirane algoritme za neke poznate *online* probleme, u prvom redu problem k poslužitelja. Ti novi algoritmi morali bi biti bolji od postojećih kad je riječ o kompetitivnosti ili računskoj složenosti. Za nove algoritme provest će se matematička analiza njihove kompetitivnosti, odnosno računske složenosti. Također će se provesti eksperimentalna evaluacija tih parametara na računalu.
- Distribuirane heuristike za NP-teške probleme. Cilj je razviti nove distribuirane heuristike za probleme kao što su usmjeravanje vozila (VRP), Hamiltonovo upotpunjenje i slično. Zahvaljujući suradnji većeg broja istovremenih procesa, te bi heuristike trebale biti sposobne rješavati vrlo velike probleme u prihvatljivom vremenu. Za nove heuristike provest će se eksperimentalna evaluacija na mreži računala. Mjerit će se njihova točnost (odstupanje od optimuma), vrijeme računanja i ubrzanje.
- Robusni algoritmi kombinatorne optimizacije. Cilj je razviti robusne algoritme za odabrane optimizacijske probleme u grafovima i mrežama. Robusni algoritmi daju prihvatljiva rješenja kad postoji neizvjesnost u vrijednostima ulaznih podataka izražena nizom mogućih „scenarija”. Za svaku promatranu robusnu varijantu odabranoga optimizacijskog problema odredit će se klasa računske složenosti kojoj ta varijanta pripada. Za svaki algoritam provest će se matematička analiza njegove računske složenosti. Algoritmi će se također evaluirati na računalu.
- Automatsko prevođenje. Cilj je priprema jednojezičnih i dvojezičnih resursa potrebnih za automatsko prevođenje. Analiza i evaluacija pripremljenih resursa grafovskim algoritmima uporabom relacijske baze podataka. Razvoj sustava univerzalnog označivanja riječi iz rječnika u svrhu pravilnog označivanja pojava riječi u tekstu; analiza sustava parabolicko-hiperboličkog tipa.
- Vrhunske kompetencije u računarstvu. Cilj je sustavno praćenje novih trendova i iskoraka u disciplinama koje su relevantne za nastavu računarstva na Matematičkom odsjeku. Discipline od posebnog interesa su: programski jezici, strukture podataka i algoritmi, baze podataka, mreže računala, softversko inženjerstvo, paralelno i distribuirano računanje, formalni jezici i automati.

Zavod za teoriju vjerojatnosti i matematičku statistiku

Mnogi fenomeni u znanosti i svakodnevnom životu iskazuju inherentnu neodređenost. Znanstvenici

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

u Zavodu koriste se stohastičkim i dinamičkim modelima za opis takvoga ponašanja. Pritom se oslanjaju na stohastičke metode u nastojanju da steknu uvid u njih, predvide ih ili zaključuju o njima. Cilj je zavodskih istraživačkih projekata unapređenje razumijevanja uloge slučajnosti u svakoj od pet problemskih skupina:

- Analiza i teorija potencijala Markovljevih procesa. Proučavat će se nekoliko pitanja vezanih za teoriju potencijala i analizu svojstava trajektorija Lévyjevih procesa, procesa koji se ponašaju slično kao Lévyjevi procesi te Fellerovih procesa.
- Stohastičke metode u modeliranju fenomena teških repova. Planiramo izučavati repno ponašanje stacionarnih procesa, granične teoreme za ekstreme i zbrojeve slučajnih opservacija i primjene dobivenih rezultata u analizi vremenskih nizova, neživotnom osiguranju i drugim područjima.
- Stohastičke metode u harmoničkoj analizi. Planiramo dobiti potpunu teoriju općenitijih „zapetljanih“ višelinearnih singularnih integralnih operatora te iskoristiti martingalne metode u karakterizacijama nisko propusnih filtra u teoriji valića.
- Stohastičke metode u biomedicinskim i problemima društvenih znanosti. Planiramo raditi (u suradnji): na razvoju matematičkog modela rasta bioloških leća (sa S. Bassnettom, WU in St. Louis), na analizi modificiranog procesa grananja pri skraćivanu telomera (s I. Rubeljom, IRB), istraživati lokalna asimptotska svojstva aproksimativnih MLE difuzijskih parametara drifta i primijeniti ih na prilagodbu von Bertalanffyjeva modela na podatke o tumorskim sferoidima (sa Ž. Bajzerom, Mayo Clinic), te poboljšati suradnju uspostavljenu na prethodnim istraživanjima problema iz „behavioralne“ ekonomije i inovacijskih procesa (s J. Cvitanicom, CALTECH, D. Prelecom, MIT, i S. Radas, EI).
- Ergodska svojstva proširenih dinamičkih sustava. Cilj je potpuno opisati invarijantne vjerojatnosne mjere proširenih diferencijalnih jednadžbi na diskretnom i neprekidnom prostoru, poput Frenkel-Kontorova modela, reakcijsko-difuzijskih jednadžbi i Navier-Stokesove jednadžbe te tako statistički opisati njihovu dinamiku.

Zavod za topologiju

Znanstveni interesi Zavoda pripadaju temeljnim istraživanjima u nekim područjima topologije i dinamičkih sustava. Planirana su istraživanja usmjerena na teme:

Proučavanje određenih klasa niskodimenzionalnih diskretnih kaotičnih dinamičkih sustava. Poseban je interes na boljem razumijevanju dinamike hiperboličkih i djelomično hiperboličkih preslikavanja na plohama, dinamike familija homeomorfizama na plohama (s homokliničkim tangentama) i topoloških svojstava čudnih atraktora u kaotičnim dinamičkim sustavima. S tim ciljevima planiramo istraživati i nove invarijante konjugacije te razvijati nove metode simboličke dinamike i teorije tiještenja, topološke entropije, rotacijske teorije.

Diskretni dinamički sustavi generirani klicama difeomorfizama u R^n ili C^n i bifurkacije. Proučavat ćemo analitičke klice, difeomorfizme s asimptotskim razvojem u ljestvici potencija i iteriranih logaritama (posebno Dulacova preslikavanja). Cilj je pridonijeti teoriji formalne i analitičke klasifikacije difeomorfizama te familija takvih preslikavanja. Iščitavanje svojstava generatorske funkcije, kao što su multiplicitet, formalna i analitička klasa, iz epsilon-okolina orbita pripadnih dinamičkih sustava (fraktalnih svojstava). Primjene u kontinuiranim dinamičkim sustavima u sklopu 16. Hilbertova problema i pitanja cikličnosti.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Fraktalne zeta-funkcija fraktalnih skupova i kompleksne dimenzije kao generalizacije box dimenzije i sadržaja Minkowskog. Primjena na dinamičke sustave. Interes istraživanja dolazi iz Riemannove hipoteze i Weyl-Berryjeve slutnje. Cilj je istražiti razne oblike singulariteta zeta funkcija fraktalnih skupova te ih povezati s drugim geometrijskim svojstvima skupova. Ispitati koji se oblici pojavljuju kod orbita i trajektorija dinamičkih sustava. Iščitavanje svojstava generatora dinamičkih sustava iz zeta funkcija i kompleksnih dimenzija orbita. Kompleksne dimenzije orbita u bifurkacijama.

Topologija i izračunljivost. Istraživanje teorije izračunljivih metričkih i topoloških prostora i općenito izračunljive analize i topologije. Cilj je pronaći uvjete uz koje je neki skup izračunljiv ili sadržava izračunljive točke, određivanje svojstava struktura izračunljivosti na metričkim prostorima, proučavanje raznih veza izračunljivosti, topologije, geometrije i analize.

Katedra za metodiku nastave matematike i računarstva

Zanimanje Katedre za metodiku nastave matematike i računarstva temeljna su istraživanja matematičkoga i informatičkog obrazovanja na svim razinama. Uz to, u interesu su istraživanja razumijevanja i primjene temeljnih matematičkih koncepata u kontekstu matematike i ostalih nastavnih predmeta, posebno prirodoslovne skupine predmeta.

- Istraživanja matematičkoga i informatičkog obrazovanja. Cilj je istraživanja prepoznati, okarakterizirati te razumjeti pojave i procese koji se javljaju ili bi se mogli javiti u učenju i poučavanju matematike i informatike svim stupnjevima obrazovanja primjenjujući postojeće teorijske okvire ili razvijajući nove. Naglasak će biti na obrazovnim studijima (planirani i provedeni kurikulum) te studijima konceptualnih slika (uključujući predkonceptije i miskonceptije) te misaonih procesa koje učenici i studenti nastavnih studija razvijaju pri učenju matematike i programiranja te rješavanju problemskih zadataka.
- Istraživanja razumijevanja temeljnih matematičkih koncepata u kontekstu prirodoslovlja. Danas su u svijetu u edukacijskim istraživanjima prepoznati mnogi temeljni matematički koncepti i vještine koje učenici teško razumiju. Istodobno su njihovo razumijevanje i primjena važni i za matematiku i za fiziku te za druge predmete prirodoslovlja. Radi boljeg povezivanja matematike s drugim nastavnim predmetima te razvoja odgovarajućih nastavnih sadržaja i metoda koje omogućuju smislenije poučavanje, cilj je istražiti te koncepte i s njima povezane teškoće u razumijevanju unutar matematike i drugih predmeta prirodoslovlja, posebno fizike.

Fizički odsjek

Zavod za eksperimentalnu fiziku

- Eksperimentalna istraživanja u fizici kondenzirane materije uključuju sintezu i ispitivanja strukture, mikroskopskih i makroskopskih svojstava širokog spektra modernih materijala. Istražuju se anorganski i organski materijali, niskodimenzionalni vodiči, oksidne heterostrukture, topološki izolatori, Diracovi polumetali, Weylovi polumetali, materijali koji pokazuju kolektivne pojave kao što su supravodljivost i kvantni magnetizam, teški fermioni, magnetske nanočestice, jednomolekulski magneti, složeni spojevi s magnetskim ionima, organski magnetski materijali, multiferoici, visokoentropijske i amorfne slitine i spojevi, složene magnetske strukture, ionski vodiči, feromagnetski grafit, meka tvar, metalni klusterski spojevi i drugi materijali važni za temeljnu i primijenjenu fiziku. No, posebno su zanimljiva istraživanja u potrazi za novim fazama materije i proučavanju kritičnih fenomena na granicama tih faza. Za navedena istraživanja koriste se različite vrste eksperimentalnih metoda za

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

određivanje mikrostrukture (rendgenska difrakcija, elektronska mikroskopija), lokalnih svojstava (nuklearna magnetska i kvadrupolna rezonancija), te makroskopskih svojstava (magnetska i električna svojstva, magnetotransport, termoelektrična i termodinamička svojstva, visokofrekventni transport) u mnogim vanjskim uvjetima (uključujući ekstremne uvjete kao što su vrlo niske i visoke temperature, jaka magnetska polja te visoki hidrostatski ili uniaksijalni tlakovi). Metode za određivanje makroskopskih svojstava obuhvaćaju mjerenja statičke magnetizacije, magnetskog momenta, izmjenične susceptibilnosti, otpora, magnetootpora, Hallova efekta, termo snage, Nernstova efekta, mikrovalne vodljivosti, nelinearne radiofrekventne vodljivosti te magnetskih svojstava u električnom polju.

- Eksperimentalna istraživanja u atomskoj i molekularnoj fizici usmjerena su na proučavanje atomskih i molekularnih procesa u visokotlačnim izbojima u parama metala i u visokofrekventnim izbojima u plemenitim plinovima uporabom klasičnih i laserskih spektroskopskih metoda.
- Istraživanja u sklopu eksperimentalne nuklearne fizike obuhvaćaju proučavanja strukture i svojstava jezgara i hadrona, nuklearnih reakcija od astrofizičkoga i tehnološkog značaja, te nuklearnih i čestičnih procesa od interesa za temeljna pitanja kvantne mehanike i standardnog modela. Istraživanja se provode u laboratorijima u zemlji te u specijaliziranim europskim i svjetskim akceleratorima središtima. Važan je dio i primjena nuklearnih metoda u istraživanju materijala, okoliša te u medicini. Istraživanja u eksperimentalnoj fizici elementarnih čestica na visokim energijama usmjerena su na istraživanja kvarkovsko gluonske plazme na RHIC i LHC sudarivačima te spinske strukture nukleona na RHIC sudarivaču.
- Astrofizička su istraživanja usmjerena na teme: (a) struktura, razvoj i interakcija zvijezda, (b) nastanak i razvoj galaktika te (c) svojstva međuzvezdane tvari.
- Edukacijska istraživanja u fizici uključuju istraživanja učeničkoga i studentskog razumijevanja temeljnih fizikalnih pojmova, istraživanja u području edukacijske neuroznanosti te razvoj i testiranje novih nastavnih strategija i materijala za nastavu fizike.
- Neurobiofizička istraživanja koriste se neurodinamičkim metodama za funkcionalno oslikavanje mozga za proučavanje osjetnih i kognitivnih procesa, višeosjetnog integriranja te kortikalne plastičnosti u bazičnim i translacijskim studijama.
- Zavod za eksperimentalnu fiziku veliku pozornost posvećuje razvoju vrhunske instrumentacije koja omogućuje provođenje najzahtjevnijih pokusa, a ujedno omogućuje razvoj tehnologije na najvišoj razini. Nedavni primjeri takvih postignuća su razvoj ultrasenzitivnoga multikanalnog pikoampermetra, razvoj kriogenoga radiofrekventnog pojačala, razvoj eksperimentalnog postava za mjerenja pod uniaksijalnim tlakom ili razvoj detektora za temeljna i primijenjena istraživanja. Takva instrumentacija pronalazi put prema patentiranju i kupcima u razvijenim zapadnim zemljama.
- Zavod će, u suradnji sa zagrebačkim kliničkim bolničkim centrima i Institutom Ruđera Boškovića, nastaviti unapređivati istraživanja u sklopu medicinske fizike. U kontekstu sve većih potreba za medicinskom fizikom u Republici Hrvatskoj, Zavod je prirodna jezgra za nastanak strategije znanstvenih istraživanja u medicinskoj fizici; planira se razvoj takve strategije u suradnji s drugim znanstvenim i kliničkim centrima.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Zavod za teorijsku fiziku čestica i polja

- **Gravitacija i crne rupe.** Općenito istraživanje efekata koji narušavaju jednakost u gravitaciji proučavajući holografiju, anomalije, entropiju i crne rupe. Pozornost će biti usmjerena na prirodne kandidate za gravitacijske interakcije koje narušavaju jednakost – Chern Simonsove članove, kako čiste gravitacijske tako miješane baždarno gravitacijske, koristeći se modelima s dodatnim dimenzijama (npr. modelima inspiriranima teorijom struna). Očekivani rezultat je bitan pomak u razumijevanju posljedica gravitacijskih interakcija koje narušavaju jedinstvo, ne samo vezano za CP narušavanje nego i za druge efekte, npr. korekcije u entropiji crnih rupa. Također, istraživanje općenitih svojstava klasičnoga skalarnoga i elektromagnetskog polja u zakrivljenom prostor-vremenu: pitanje nasljeđivanja simetrija te utjecaja tih polja na crne rupe.
- **Fenomenologija elementarnih čestica i polja.** Cilj je ovih istraživanja proučiti fundamentalne jake sile, opisane teorijom kvantne kromodinamike (QCD) te fizikalnih procesa na ubrzivačima hadrona, uključujući moguću elektroslabu produkciju dosad još neviđenih čestica na velikom hadronskom sudarivaču (LHC). Pritom ćemo istraživati modele nove fizike u kojima su takve nove čestice uvedene u nastojanju da se objasne male mase neutrina te zamijećena količina tamne tvari u svemiru. Da bismo ostvarili te ciljeve, proučavat ćemo specifične hadronske procese u režimu velikih energija gdje je jaka sila dovoljno slaba za pristup računom smetnje, te u režimu u kojem se ističu neperturbativne značajke QCD-a, poput zatočenja i kiralne simetrije. Pozornost će najviše biti usmjerena na procese koji se mjere na nizu eksperimentalnih postrojenja, što omogućuje blizak kontakt sa stvarnošću i neposrednu provjeru naših rezultata i ideja.

Zavod za teorijsku fiziku kondenzirane tvari

- **Povijest fizike.** Glavni predmet istraživanja bit će hrvatska prirodoslovno-matematička zajednica, osobito zajednica fizičara, u razdoblju 1875. – 1950. Cilj je rasvijetliti opseg, ustroj i dinamiku te zajednice, a posebno posljedice uspostave domaćega studija prirodoslovlja i matematike te njezin utjecaj na hrvatsko društvo.
- **Grafen i srodni sustavi.** U ovoj se temi istražuju i modeliraju grafenski sustavi, jednoslojni i višeslojni, nedopirani, interkalirani i dopirani, posebice oni dopirani s alkalijskim i zemnoalkalijskim metalima, kao mehaničko deformirani sustavi, nanografenske trake te karbonske nanocjevčice. Istraživanja će obuhvatiti elektronske strukture i spektre pobuđenja, transportna i optička svojstva (uključujući balističku vodljivost te plazmonska pobuđenja), Ramanove spektre i magnetska svojstva, učinak pseudomagnetskih polja nastalih mehaničkom deformacijom sustava te prostorno nehomogene sustave u kojima se događa zatočenje naboja i/ili spina. Neke od tih tema nastavljaju se na istraživanja nanoelektromehaničkih sustava (NEMS) u kojima magnetska i pseudomagnetska polja djeluju na magnetomotorno vezanje i spinski kontroliranu nanomehaniku.
- **Visokotemperaturni supravodiči i srodni materijali.** Fizikalni mehanizmi supravodljive faze i drugih pojava u ovim materijalima su, i nakon više od dva desetljeća pomnih istraživanja, još dobrim dijelom nerazjašnjeni. Istraživat će se kolektivna, transportna i elektromehanička svojstva, ovisnost dinamičke vodljivosti i relaksacijskih funkcija o frekvenciji i temperaturi, ovisnost različitih transportnih koeficijenata o temperaturi, memorijske funkcije te uloga raspršenja elektrona na fononima na elektronski spektar i na vodljivost, odnosno na Ramanovo raspršenje. Cilj je objasniti (i) mehanizam dopiranja i pojavu slobodnog naboja, (ii) prirodu

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

metalnog odziva, (iii) pojavu pseudoprocijepa u spektroskopiji (iv) te prirodu magnetskih odzivnih funkcija. Istraživanja će se obuhvatiti i srodne materijale, npr. okside prijelaznih metala, posebice niklata i iridata, u svrhu dizajniranja tehnološko poželjnih materijala i boljeg razumijevanja pojave supravodljivosti unutar različitih skupina visokotemperaturnih supravodiča. Organski spojevi deponirani na površinama i na malim metalnim klasterima. Istraživat će se elektronski spektar i njegov doprinos spektroskopskim funkcijama (optičkoj apsorpciji, EELS, fotoemisija itd.) organskih molekula (benzen, terilen, fuleren itd.) deponiranih na površinama plemenitih metala (npr. Au(111)), odnosno na metalnim klasterima kao što je Au₁₄₇. Zbog jakoga kulonskog međudjelovanja izračun optičkog spektra traži rješavanje Bethe-Salpeterove jednačbe, koja uključuje stvaranje ekscitona, te međudjelovanje pobuđenog elektrona i šupljine.

- **Slojasti dihalogenidi prijelaznih metala.** U niskodimenzionalnim materijalima kao što su slojasti dihalogenidi prijelaznih metala, kulonsko i elektron-fononsko međudjelovanje vodi na pojavu različitih faza i faznih prijelaza, npr. valova gustoće naboja i/ili spina, supravodljivosti, metal-izolator prijelaza, Peierlsova nestabilnosti, strukturne superstrukture, magnetskih uređenja i sl. te su zato zanimljivi s teorijske i s eksperimentalne, ali i tehnološke strane. Istraživat će se osnovno stanje, optimalna kristalna struktura, elektronski spektar, spektre pobuđenja (fononskih, magnonskih), te proračun optičkih, transportnih i magnetskih svojstva.
- **Teorijska istraživanja novih, pretežno niskodimenzionalnih materijala.** Cilj je ovih istraživanja razumijevanje temeljnih svojstava i novih pojava važnih i za tehnološku primjenu te njihovo modeliranje, što omogućuje sintezu budućih klasa materijala i daljnji, na njima zasnovan, tehnološki razvoj.

Zavod za teorijsku fiziku

- **Nuklearna struktura.** Ciljevi istraživanja koji se trenutačno provode u području teorijske nuklearne fizike na PMF-u su razvoj i primjena novoga teorijskog pristupa, zasnovanog na teoriji energijskih funkcionala gustoće, koji omogućuje precizno modeliranje strukture kvantnih sustava na femtometarskoj ljestvici, uključujući predviđanje svojstava egzotičnih femtosustava daleko od doline nuklearne stabilnosti koji još nisu dostupni u pokusima. Povezivanje nuklearne fizike i teorije energijskih funkcionala gustoće omogućuje razvoj i primjenu univerzalnoga mikroskopskog pristupa opisu i modeliranju egzotičnih kvantnih sustava na femtometarskoj ljestvici te uspostavu veze između kvantne kromodinamike i bogate fenomenologije nuklearne fizike. Modeli nuklearne strukture zasnovani na energijskim funkcionalima gustoće uključuju dodatne korelacije koje potječu od ponovne uspostave slomljenih simetrija te od fluktuacija deformacije atomske jezgre. Model generatorskih koordinata i model kolektivnog hamiltonijana zasnovanog na relativističkom funkcionalu gustoće primjenjuju se u opisu kvantnih faznih prijelaza u atomskim jezgrama, fenomena povezanih s evolucijom strukture ljusaka u egzotičnim jezgrama, strukture superteških jezgri te svojstava egzotičnih modova pobuđenja u jezgrama izvan doline stabilnosti. Jedna od važnih tema istraživanja je mikroskopsko modeliranje procesa spontanog i induciranog nuklearnog cijepanja (fisije), a posebno raspodjele cijepanih dijelova. Ključni element za precizno modeliranje strukture egzotičnih femtosustava su detaljne numeričke simulacije na distribuiranim i paralelnim računalnim sustavima. Zato opisana istraživanja uključuju važnu komponentu razvoja učinkovitih numeričkih algoritama i distribuiranih računalnih kodova prilagođenih modeliranju egzotičnih femtosustava. Da bi teorijska predviđanja i kvantitativno

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

bila usporediva s rezultatima najnovijih istraživanja, nužno je uključiti pouzdane procjene grešaka teorijskih modela što podrazumijeva upotrebu naprednih metoda informacijske geometrije i Bayesove analize.

- **Nuklearna astrofizika.** Nuklearna astrofizika kao poveznica nuklearne fizike, fizike elementarnih čestica i astrofizike istražuje procese koji se događaju u zvijezdama. Posebno je važno pitanje kada i u kojim uvjetima nastaju elementi teži od željeza, što je ključno za razumijevanje postanka i sastava Zemlje, kemijske evolucije galaktika te temeljnih svojstava i međudjelovanja u atomskim jezgrama. Osnovni je cilj istraživanja razvoj i primjena samosuglasnoga teorijskog pristupa, zasnovanog na relativističkom energijskom funkcionalu gustoće, opisu svojstava atomskih jezgara važnih za primjene u astrofizičkim modelima koji opisuju evoluciju zvijezda. Posebno važan smjer istraživanja su svojstva jezgara, njihova pobuđenja, procesi, i raspadi u uvjetima konačne temperature karakterističnima za različite stadije evolucije zvijezda. U središtu istraživanja su reakcije važne za nukleosintezu teških elemenata – brzi uhvat neutrona, reakcije inducirane neutrinima te uhvat elektrona čiji je iscrpan opis nužan za razumijevanje konačne faze evolucije teških zvijezda – eksplozija supernove i stvaranje neutronske zvijezde. Od posebne je velike važnosti i istraživanje beta raspada jezgara bogatih neutronima i naknadna emisija neutrona. Osim što raspadi određuju dinamiku ekstremnih astrofizičkih događaja kao što su eksplozije supernove ili sudari neutronske zvijezde, precizno određivanje vjerojatnosti emisije odgođenih neutrona važno je i u nuklearnim reaktorima te se može biti ključno u rješavanju problema tzv. reaktorske antineutronske anomalije. Istraživanja astrofizički važnih nuklearnih procesa i raspada često moraju obuhvatiti cijeli periodni sustav, jezgre od doline stabilnosti do granica vezanja, što podrazumijeva numeričke simulacije na velikom broju atomskih jezgara. Zato je napredno računarstvo važan dio istraživanja u nuklearnoj astrofizici kako bi se poboljšali numerički algoritmi i masovna paralelizacija izračuna. Jedna od važnih tema istraživanja je i precizno određivanje svojstava nuklearne materije koja su relevantna u nuklearnoj fizici te u mnogim astrofizičkim primjenama. Istraživanjima energije simetrije beskonačne nuklearne tvari i usporedbom teorijskih predviđanja niza kolektivnih pobuđenja u atomskim jezgrama i novih eksperimentalnih podataka visoke preciznosti može se uspostaviti poveznica između konačnih femtosustava i beskonačne nuklearne materije.
- **Optika i fotonika.** Ciljevi istraživanja koji se trenutačno teorijski provode u području optike i fotonike na PMF-u su dizajn i razvoj novih fotoničkih struktura za propagaciju svjetlosti (elektromagnetskih valova) s intrigantnim svojstvima poput emulacije umjetnih magnetskih polja, istraživanje optičkih nelinearnosti u novim materijalima poput grafena i razumijevanje novih nelinearnih pojava koje se javljaju u navedenim materijalima, te razvoj struktura koje podržavaju plazmonska pobuđenja sa što većom gustoćom elektromagnetske energije na prostornim ljestvicama manjima od valne duljine u vakuumu. Navedeni ciljevi nalaze se na samoj fronti svjetskih istraživanja u sklopu te tematike. Znanstvenici Fizičkog odsjeka PMF-a nastojat će održati i pojačati suradnju s najprestižnijim svjetskim središtima i znanstvenicima u tim područjima putem zajedničkih znanstvenih radova i projekata. Znanstvena istraživanja koja teže istaknutim ciljevima ujedinjuju teoriju klasične elektrodinamike i fiziku kondenzirane tvari te lasersku fiziku. Istražuju se elektromagnetski valovi u prisutnosti raznih materijala, dielektrika i vodiča te se uz uporabu njihovih svojstava dizajniraju nove pojave i traže novi efekti sa zanimljivim svojstvima, često s potencijalnim primjenama u sensorima, optičkim uređajima i sl. Taj smjer istraživanja prati razvoj novih materijala te, koristeći odzivne funkcije

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

tih materijala (vodljivost, dielektrični odziv), dizajniraju se nove umjetno stvorene fotoničke strukture.

- **Ultrahladni atomski plinovi.** Ciljevi istraživanja koji se trenutačno teorijski provode u području ultrahladnih atomskih plinova na PMF-u su dizajn novih metoda za stvaranje nazovi čestičnih pobuđenja s frakcionalnom statistikom (takozvanih anyona), teorijsko razumijevanje tih višestrukih sustava (osnovna stanja, observable koje mogu dati jasan potpis tih stanja, npr. do sada smo razmatrali raspodjelu nazovi impulsa i korelacije parova). Ti su ciljevi blisko povezani s programom na kojem radimo već godinama, a koji se ukratko svodi na dizajn metoda za stvaranje umjetnih/sintetičkih magnetskih polja za atome, razumijevanje višestručne dinamike u prisutnosti sintetičkih magnetskih polja, odnosno razumijevanje topoloških faza koje se javljaju u višestručnim sustavima sa (sintetičkim) magnetskim poljima. Istaknuti su ciljevi na samoj fronti istraživanja u sklopu te tematike u svijetu. Znanstvena istraživanja koja teže navedenim ciljevima ujedanju višečestičnu kvantnu fiziku, međudjelovanje svjetlosti i atoma, lasersku fiziku te temelje kvantne fizike. U svim se smjerovima jak naglasak stavlja na analogiju s optičkim sustavima gdje naša skupina također ima ekspertizu.
- **Biofizika stanica.** Ciljevi istraživanja teorijske biofizike na PMF-u su otkrivanje i razumijevanje fizikalnih principa koji dovode do samoorganizacije unutar žive stanice, koja je osnova funkcioniranja svih živih organizama. Tako su ključni stvaranje diobenog vretena, pozicioniranje i transport raznih organela unutar stanice te kretanje stanice. U svim tim procesima osnovni su pokretači molekularni motori koji međudjeluju s mikrotubulima ili aktinima. U proučavanju istaknutih procesa razvijaju se teorijski modeli u kojima se koriste poznata svojstva molekularnih motora i mikrotubula, koja su dobivena *in vitro* pokusima, te temeljna znanja iz klasične mehanike te statističke i nelinearne fizike. Jednom razvijeni modeli rješavaju se analitički i numerički, a dobivene predikcije se zatim eksperimentalno provjeravaju. Ta se istraživanja izvode u bliskoj suradnji s eksperimentalnim skupinama na Institutu Ruđera Boškovića te s drugim institucijama u svijetu.
- **Bioinformatika.** Tandemne repeticije čine veći dio genoma svih eukariota i većim se dijelom nalaze u području centromere i pericentromernom heterokromatinu. U genomima čovjeka i viših primata te se repeticije organiziraju u simetrične strukture višeg reda. Nova istraživanja na DNK-u pokazuju da tandemne repeticije imaju važnu ulogu u strukturnoj organizaciji kromosoma, staničnom metabolizmu, specijaciji i regulaciji širenja gena, te se sve više postavlja pitanje načina njihova nastanka i djelovanja. Znanstvena aktivnost bioinformatičke skupine usmjerena je na razvoj algoritama i računalnih aplikacija za identifikaciju, klasifikaciju te analizu svih vrsta repeticija u genomima raznih eukariota, a ponajviše u genomima čovjeka, visokih primata i neandertalca. Analiza tandemnih repeticija uključuje modeliranje razvoja repetitivnih struktura višeg reda, posebno u području nagle akceleracije (fazni prijelazi). Tako dobiveni hipotetski modeli pomažu nam u razumijevanju evolucije cijele genske sekvencije, organizacije genoma te uloge nekodirajućeg dijela genoma u regulacijskoj mreži širenja gena. Također, saznanja o nastanku i načinima djelovanja struktura višeg reda mogla bi pridonijeti izravnoj primjeni tih rezultata u kliničkim istraživanjima otkrivanja uzroka različitih bolesti kao posljedice mutacija unutar tandemnih uzoraka.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Kemijski odsjek

Zavod za analitičku kemiju

U Zavodu za analitičku kemiju planiraju se provesti različita istraživanja kako bi se razvile osjetljive i selektivne analitičke metode. Atomska spektrometrija (AAS, ICP-AES, ICP-MS) primijenit će se za razvoj novih i poboljšanje postojećih metoda kvantitativnih određivanja metala uz optimiranje prethodnih analitičkih postupaka pripreme uzoraka i spektroskopsku kontrolu matričnih efekata. Posebna će se pozornost posvetiti razvoju metodologije spektrometrijske kvantifikacije elementnog i izotopnog sastava biomaterijala i nanomaterijala. Razvijena analitička metodologija pridonijet će jačanju multidisciplinarnih istraživanja i primjenjivati se već u postojećem i budućim ekspertizama i stručnoj suradnji s gospodarskim sektorom (ciljevi 2. i 3. Strategije razvoja PMF-a).

Strukturna analiza različitih, anorganskih, organskih i bioloških spojeva provest će se spektroskopskim metodama (MS, NMR, UV-Vis, IR, Raman). Istraživat će se struktura, interakcije i mehanizmi vezanja biološki aktivnih spojeva i njihovih makromolekulskih receptora uporabom spektroskopskih, računskih i drugih fizikalno-kemijskih metoda. Posebna će pozornost biti posvećena dizajnu novih biološki aktivnih spojeva i lijekova. Proučavat će se struktura i dinamika vodikovih veza i njihov utjecaj na stabilnost, strukturu i reaktivnost molekula. Razvijat će se i provoditi procesna analitika za praćenje kemijskih reakcija i fizičkih procesa.

IR i Ramanovom spektroskopijom analizirat će se raznovrsni sintetski i realni uzorci. U sklopu metoda vibracijske spektroskopije razvijat će se tehnike površinski pojačanog Ramanova raspršenja (SERS), koje će se primijeniti pri strukturnoj analizi te istraživanju međumolekulskih interakcija i načina vezanja malih organskih molekula i biomakromolekula. Razvoj SERS senzora za otkrivanje i kvantifikaciju različitih kemijskih vrsta obuhvatit će pripremu i karakterizaciju nanostrukturiranih metalnih površina te analizu spektara kemometričkim metodama.

Metode tekućinske kromatografije visoke i/ili ultravisoke djelotvornosti primijenit će se za analizu realnih uzoraka (hrana, boje, farmaceutski proizvodi itd.). Razvijat će se suvremeni analitički postupci temeljeni na spregnutim tehnikama (LC-SPE-NMR, LC-MS) za određivanje profila onečišćenja bioaktivnih molekula i lijekova te prirodnih spojeva. U skladu s tim pojačat će se postojeća suradnja s gospodarstvenim subjektima (cilj 3. Strategije razvoja PMF-a). Proučavat će se kompleksne smjese spojeva te agregacijski procesi u nafti i naftnim derivatima.

Valja istaknuti uspješnu suradnju znanstvenika Zavoda za analitičku kemiju s nekoliko istraživačkih skupina iz inozemstva, koja se u skladu s ciljevima 2. i 4. Strategije namjerava pojačati.

Zavod za biokemiju

Točnost biosinteze proteina. Ciljevi istraživanja u ovom području su razumjeti molekulsku osnovu i biološku važnost staničnih mehanizama kojima se osigurava točnost biosinteze proteina (translacije). Pogrešno sintetizirani proteini utječu na preživljenje i funkcionalnost stanice, povezuju se sa starenjem stanice te razvojem neurodegenerativnih bolesti. Koristeći se biofizičkim, proteomskim, biokemijskim, računalnim i genetičkim istraživanjima suodnosa strukture i funkcije aminoacil-tRNA-sintetaza (AARS), ključnih proteina koji kontroliraju točnost biosinteze proteina, te analizirajući kinetički modele katalitičke funkcije AARS, rasvijetljavamo detalje mehanizma, evolucije i biološke važnosti korektivnih reakcija koje su ti enzimi razvili kako bi osigurali odgovarajući stupanj točnosti translacije. Proizvedeni pogrešno sintetizirani modelni proteini omogućit će razumijevanje utjecaja netočne biosinteze

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

proteina na poremećaj strukture/funkcije proteina. Razumijevanje tih procesa pruža platformu za sintezu ciljanih inhibitora s farmakološkom primjenom, dodatnih komponenti za multikomponentne antibiotike te liječenje bolesti vezanih za pogrešno sintetizirane proteine. Istraživanja su visoko kompetitivna i provode se u suradnji s istaknutim skupinama u svijetu koje imaju komplementarnu ekspertizu (strukturna biologija, laboratorijska evolucija, bioinformatika). Istraživanja točnosti biosinteze proteina obuhvatit će i proteomska istraživanja kako bi se analizirala i razumjela važnost ili permisivnost točnosti translacije na globalnoj razini. Dugoročni je cilj proteomska istraživanja temeljena na spektrometriji masa (LC-MS/MS) dalje proširiti i nabaviti potrebnu instrumentaciju na Zavodu za biokemiju jer su suvremena biokemijska istraživanja sve više ovisna i nezamisliva bez tog aspekta.

Dizajniranje proteina novih svojstava. Ciljevi su istraživanja metodama proteinskog inženjerstva stvoriti proteine novih/poboljšanih svojstava koji imaju superiorniju biotehnološku i biomedicinsku primjenu. Nadalje, redizajniranje proteina ima veliku primjenu u biokemijskim, biofizičkim i stanično-biološkim istraživanjima jer omogućuje stvaranje specifičnih svojstva kojima se može analizirati struktura i funkcija proteina te pratiti njihova lokalizacija u stanici. Istraživanja su usmjerena prema ugradnji sintetskih (artificijelnih) aminokiselina u proteine kako bi se djelotvorno proširio standardni aminokiselinski alfabet. Zanimljivi kandidati za proširivanje alfabeta bile bi fluorirane aminokiseline jer fluorirani terapijski peptidi mogu olakšano prolaziti kroz membranu i time imati bolji farmakološki učinak. S druge strane, privlačna biotehnološka linija istraživanja može obuhvaćati redizajn postojećeg sustava za biosintezu proteina sa svrhom prevencije ugradnje aminokiselina koje ne grade proteine, a nakupljaju se u stanici. Taj je problem izražen u proizvodnji terapijskih proteina u bakterijskim stanicama i to je ozbiljan problem u farmaceutskoj industriji. Istraživanja su međunarodna, multidisciplinarna i nalaze se na raskrižju biokemije, sintetske biologije i biotehnologije.

Aminoacil-tRNA-sintetaze kao mete antibiotika. Ciljevi istraživanja u području mehanizma antibiotskog djelovanja su objasniti povezanosti strukture i funkcije aminoacil-tRNA-sintetaza (AARS) s njihovom ulogom meta u proizvodnji prirodnih antibiotika i meta u razvoju sintetskih lijekova. Poseban je naglasak na istraživanjima vezanima za antibiotsku rezistenciju jer je to jedan od gorućih zdravstvenih problema današnjice. Mupirocin je antibiotik koji inhibira biosintezu proteina kroz inhibiciju izoleucil-tRNA-sintetaze (IleRS). Mupirocinska rezistencija je čest problem bolničkih sojeva patogene bakterije *Staphylococcus aureus*. Rezistencija u bolničkim sojevima, ali i u prirodi, razvija se evolucijom IleRS-a manje osjetljivosti na mupirocin ili prihvatanjem u stanicu dodatnog IleRS-a koji je neosjetljiva na mupirocin. Koristeći se biokemijskim, kinetičkim, računalnim i genetičkim istraživanjima u suradnji sa skupinama koje se bave biokemijskom evolucijom i strukturnom biologijom cilj je odgovoriti na ključna pitanja načina djelovanja i rezistencije antibiotika te povezanosti tog procesa s točnošću translacije.

Nove dodatne funkcije aminoacil-tRNA-sintetaza. Aminoacil-tRNA-sintetaze često u stanici imaju dodatne funkcije i sudjeluju u raznim staničnim procesima koji nisu izravno povezani s biosintezom proteina. Istraživanja dodatnih funkcija usmjerit će se na slabo istražene biljne aminoacil-tRNA-sintetaze te će se ispitati njihova uloga u staničnom odgovoru biljke na abiotički stres uporabom biokemijskih, molekularno-bioloških i genetičkih metoda. Ujedno će se istražiti proteinski interaktori i biološka uloga makromolekulskih kompleksa u kojima sudjeluju biljne aminoacil-tRNA-sintetaze te njihov utjecaj na rast i razvoj biljaka. Predmet istraživanja bit će i aminokiselina:[protein nosač]-ligaze, bakterijski homolozi aminoacil-tRNA-sintetaza, koji su evoluirali novu i neočekivanu supstratnu

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

specifičnost prema aminoacilaciji proteina-nosača umjesto tRNA. Njihova biološka uloga nije poznata, ne sudjeluju u biosintezi proteina nego najvjerojatnije u biosintezi sekundarnih metabolita ili antibiotika.

Interakcije proteina s drugim biomolekulama. Specifične interakcije između molekula veoma su važne za sve biološke procese. Kako bismo razumjeli složene interakcijske sustave u stanici, pratit će se interakcije proteina s drugim proteinima, proteina s nukleinskim kiselinama te proteina s malim ligandima. Pritom će se koristiti razne tehnike i metode za analizu makromolekulskih interakcija, s naglaskom na kvantitativne metode određivanja jačine kompleksa (termoforeza, fluorescencijska spektrometrija, izotermalna titracijska kalorimetrija). Istraživanja imaju potencijalnu primjenu u biotehnologiji i biomedicini s obzirom na to da mnogi lijekovi djeluju kao inhibitori i modulatori biomakromolekula i njihovih kompleksa.

Računalne metode u biokemijskim istraživanjima. Suvremeni trendovi u (bio)kemijskim istraživanjima podrazumijevaju uporabu računalnih metoda u svakodnevnom radu. Računalne metode služe za proučavanje strukture, gibanja i energetike na atomskoj razini bioloških makromolekula poput proteina, nukleinskih kiselina te njihovih međusobnih kompleksa, ali i njihovih kompleksa s malim spojevima. U nedostatku eksperimentalno riješenih struktura, računalne se metode koriste i za predviđanje struktura proteina na temelju njihova aminokiselinskog slijeda. Predviđanje struktura proteina znatno je uznapredovalo posljednjih godina s obzirom na metodološki razvoj te eksponencijalno sve veći broj eksperimentalno riješenih struktura koje se koriste kao strukturni predlošci u modeliranju. Zato računalne metode služe kao dopuna eksperimentalnim istraživanjima te mogu znatno pridonijeti u postizanju navedenih ciljeva: proučavanje strukture i funkcije pogrešno sintetiziranih modelnih proteina te proteina s ugrađenim sintetskim (artificijelnim) aminokiselinama, zatim modeliranje aminoacil-tRNA-sintetaza (AARS) u svrhu rasvjetljenja rezistencije na mupirocin, te proučavanje njihovih novih, dodatnih funkcija. Uz istraživanja vezana za AARS, računalne metode koristit će se za modeliranje i proučavanje strukture, funkcije, mapiranje mreže interakcija te u ispitivanju katalitičkih mehanizama i drugih enzima koji sudjeluju u važnim metaboličkim putovima u stanici. Pritom će se koristiti metode molekuskoga modeliranja različitog stupnja složenosti kao što su metode molekulske mehanike i molekulske dinamike, zatim kvantno-mehaničke metode i njihova međusobna kombinacija te metoda EVB.

Zavod za fizikalnu kemiju

Znanstveni rad Zavoda za fizikalnu kemiju nerazdvojni je dio nastavnog procesa, a obuhvaća istraživanja u području teorijske i računalne kemije, termodinamike, kemijske kinetike, elektrokemije, koloidne i međupovršinske kemije, kemije makromolekula, kemometrike i edukacije. Unutar teorijske kemije kvantno-kemijskim metodama računat će se plohe potencijalne energije i dipolnog momenta koje omogućuju konformacijsku analizu i vrlo točne izračune spektroskopskih svojstava molekula te proučavanje reakcijskih mehanizama. Računalnim metodama temeljenima na polju sila istraživat će se interakcije te strukturna i dinamička svojstva makromolekula kako bi se razumjeli biokemijski procesi na molekulskoj razini te kvantitativni odnos strukturnih svojstava molekula i njihove aktivnosti. Termodinamička istraživanja obuhvatit će ravnoteže ionskih asocijacija i složenijih reakcija kompleksiranja u otopinama i na površini. Eksperimentalno i metodama računalne kemije određivat će se strukture kompleksa u otopini i u čvrstom stanju te odgovarajuće reakcijske termodinamičke veličine. Popratnim kinetičkim istraživanjima steći će se uvid u mehanizme reakcija. Planira se nastaviti

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

i proširiti uspješnu suradnju s predstavnicima farmaceutske industrije vezanu za fizikalno-kemijsku karakterizaciju i pripravu farmaceutski aktivnih tvari (cilj 3. Strategije razvoja PMF-a).

Istraživanja u području koloidne i međupovršinske kemije bavit će se razvojem teorijskih modela i eksperimentalnih metoda za karakterizaciju međupovršina. Proučavat će se agregacija, adsorpcija i međupovršinski sloj na granici čvrsta površina / vodena otopina. Spomenuta istraživanja provodit će se u suradnji s nekoliko istraživačkih skupina iz inozemstva i Republike Hrvatske (ciljevi 2. i 4. Strategije).

U sklopu fizikalne kemije makromolekula istraživat će se svojstva polielektrolita i proteina u otopini te njihova adsorpcija na čvrstim supstratima. Također će se proučavati nastajanje i svojstva polielektrolitnih kompleksa i više slojeva. Naglasak će u spomenutim istraživanjima biti na ispitivanju njihovih antibakterijskih svojstava te na opisu specifičnih aspekata ionske kondenzacije na poliiione. U tu se svrhu namjerava pojačati uspješna suradnja s istraživačima Zdravstvenog fakulteta te Fakulteta za kemiju i kemijsku tehnologiju Sveučilišta u Ljubljani.

Razvijat će se i primjenjivati kemometričke metode za interpretaciju složenih eksperimentalnih podataka i njihovu redukciju na važne parametre. U radu će se koristiti suvremene računalne metode, spektrometrija, (mikro)kalorimetrija, potenciometrija, konduktometrija, optička reflektometrija, elektrokinetika te akustoforeza. Znanstveni rad u području kemijske edukacije bit će posvećen razvoju kvantitativnog pristupa kemijskoj problematici temeljenom na jasno definiranim pojmovima i relacijama među njima.

Zavod za opću i anorgansku kemiju

Strategija Zavoda za opću i anorgansku kemiju temelji se na rezultatima i znanju ostvarenom i usvojenom posljednjih desetak godina istraživanja u sklopu domaćih i međunarodnih projekata (ciljevi 2. i 4. Strategije razvoja). Planira se nastavak istraživanja u području novih organskih i koordinacijskih spojeva, kemije čvrstog stanja, supramolekulske kemije i kemije proteina (proteini iz *H. pylori*, derivati inzulina) i drugih biološki aktivnih spojeva. Istraživanja će obuhvaćati dizajn, pripravu i detaljnu strukturnu, spektroskopsku i termičku karakterizaciju novopripređenih spojeva. Rad na proteinima uključivat će kloniranje, pročišćavanje, kristalizaciju i strukturnu karakterizaciju. Različitim eksperimentalnim metodama proučavat će se untramolekulske i međumolekulske interakcije i njihov utjecaj na strukturu molekula u čvrstom stanju te i na njihova svojstva. Glavni su ciljevi istaknutih istraživanja:

- temeljna istraživanja u području razvoja novih, ekološki prihvatljivih metoda za pripravu organskih, bioanorganskih i organometalnih materijala
- potencijalna primjena novih sintetskih metodologija, ali i novih materijala posebnih svojstava (npr. optičkih, termičkih ili magnetskih) u industriji
- nove spoznaje o utjecaju untramolekulskih i međumolekulskih interakcija na strukturu tvari u čvrstom stanju
- strukturna karakterizacija proteina u svrhu dobivanja novih saznanja o odnosu strukture proteina i njihove funkcije
- prijenos novih saznanja u nastavni proces na svim razinama od preddiplomskoga do doktorskoga studija
- jačanje međunarodne suradnje sudjelovanjem u europskim i bilateralnim projektima.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Uz navedeni znanstveni rad, treba istaknuti stručni rad vezan za sintezu i fizikalno kemijsku karakterizaciju farmaceutski aktivnih krutina koji se provodi u suradnju s predstavnicima gospodarstva. U skladu s ciljem 3. Strategije razvoja znanstvenih istraživanja Prirodoslovno-matematičkog fakulteta taj se oblik suradnje namjerava dodatno pojačati.

Zavod za organsku kemiju

Od samih početaka znanstvene djelatnosti Zavoda, istraživački se rad istodobno provodio na dvama područjima: organskoj sintezi i fizikalno-organskoj kemiji. Ta su područja i danas dominantna, ali s novim usmjerenjima u skladu sa suvremenim razvojem kemijske znanosti.

Sintetska organska kemija usmjerena je dizajniranju novih bioaktivnih spojeva čije molekule sadržavaju heterocikličke aromatske i nearomatske podstrukture te proučavanju njihovih interakcija s enzimima, ponajprije kolinesterazama. Istraživanja na području derivata piridinona usmjerena su pripremi derivata s potencijalnim antitumorskim učinkom te piridinonskih manozida s potencijalnom primjenom u antiadhezivskoj terapiji. U ta medicinsko-kemijska istraživanja spada i oblikovanje novih molekulskih konjugata preoblikovanih imunomodulirajućih peptida, koji bi u živim sustavima mogli djelovati na učinkovitost imunskih reakcija. Istaknuta istraživanja uključuju i uporabu metoda molekulskog modeliranja.

Istraživanja u fizikalno-organskoj kemiji usredotočena su na razvoj novih konceptualnih okvira za tumačenje mehanizama termičkih organskih reakcija u kondenziranoj fazi. Oblici reakcija u otopini proučavaju se metodama računalne kemije, a metodologija istraživanja reakcija u čvrstoj fazi temelji se na istraživanjima mehanizama dimerizacije aromatskih C-nitrozo spojeva. Budući da ti sustavi pokazuju fotokromni/termokromni učinak, sintetizirani molekulski agregati mogli bi posjedovati dinamička svojstva koja se mogu izvana kontrolirati te tako primijeniti u budućim sustavima molekulske elektronike i u pametnim materijalima. Navedene molekule istražuju se i kao mogući građevni blokovi za samoudružene monomolekulske i višemolekulske slojeve te trodimenzijske supramolekulske sustave.

Buduća istraživanja Zavoda za organsku kemiju u području sintetske organske kemije usmjeravat će se na dizajniranje i sintezu novih aromatskih i supramolekulskih sustava, njihovo eksperimentalno i teoretsko proučavanje te na moguću primjenu (primjerice (bio)senzori, molekulska elektronika, "pametni" lijekovi, novi materijali i drugo). Drugi dio istraživanja uključit će dizajniranje i sintezu bioaktivnih molekula, osobito heterocikličkih sustava, glikokonjugata i peptida s mogućim antiproliferativnim, antibakterijskim, antitumorskim, imunomodulacijskim, antioksidativnim te različitim inhibitornim učincima, primjenom konvencionalnih te novih, bržih i ekološki prihvatljivih postupaka.

Istraživanje mehanizama termičkih i fotokemijskih organskih reakcija u kondenziranoj fazi provodit će se usporedno s računskim metodama i eksperimentalnim pristupom. Računalna istraživanja pomoći će boljem razumijevanju međumolekulskih interakcija u različitim otapalima i polikristalnim sustavima. Nastavit će se studij solvatacijskih efekata uporabom računalne metode razvijene u Zavodu. Eksperimentalni dio tih istraživanja usredotočit će se na iscrpna istraživanja kinetike i termodinamike organskih reakcija u kristalnoj fazi, a posebno na reakcije u kriogenim uvjetima. Dolazak nove opreme omogućit će otvaranje novih problematika koje se temelje na monomolekulskim i višemolekulskim slojevima na uređenim površinama.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Biološki odsjek

Botanički zavod

Znanstveno-istraživačke skupine unutar Botaničkog zavoda istražuju alge i biljke na više razina. Skupina za fiziologiju bilja planira provesti istraživanja biokemijskih i molekularnih odgovora biljaka i lišajeva na stresne uvjete kako bi se utvrdio mehanizam tolerancije stresa, istraživanja mjerljivih pokazatelja koji su potencijalno primjenjivi u procjeni učinka različitih onečišćivača u okolišu te istraživanja bioloških učinaka biljnih bioaktivnih tvari. Znanstveni interesi skupine za fitokemiju obuhvaćat će analize bioaktivnih tvari u biljkama, hrani i napitcima biljnog podrijetla, metabolizam i mehanizme bioloških učinaka biljnih bioaktivnih tvari te pronalaženje prirodnih spojeva i biljnih ekstrakata s optimalnim biološkim učincima na ljudsko zdravlje. Skupina za sistematsku botaniku i floru istraživat će u području bioraznolikosti flore, filogenije i filogeografije, palinologije i biogeografije. Skupina za geobotaniku i arheobotaniku baviti će se istraživanjima flore i vegetacije različitih vrsta staništa koja su uz temeljne spoznaje o bioraznolikosti i ekologiji istraživanih staništa važna i za planove gospodarenja zaštićenim područjima i kopnenim vodama te arheobotaničkim analizama karpoloških i antrakotomskih ostataka skupljenih na podvodnim i kopnenim arheološkim lokalitetima u svrhu rekonstrukcije povijesnih okoliša i naselja te uvida u različite aspekte upotrebe bilja. Skupina za ekologiju bilja i biogeografiju istraživat će dinamiku vegetacijskog pokrova i biološke raznolikosti s obzirom na promjene abiotičkih čimbenika i korištenje prostora s posebnim naglaskom na analizu utjecaja invazivnih vrsta i indikatorske vrijednosti biljnih vrsta u procjeni promjena okolišnih uvjeta. Skupina za alge istraživat će bioraznolikost fitoplanktona i fitobentosa i njihovih odnosa s biološkim i fizikalno-kemijskim pokazateljima *in situ* u svrhu boljeg poznavanja odgovora zajednica na promjene u ekosustavu slatkih voda i mora. U sklopu Botaničkog zavoda nalaze se i dvije herbarijske zbirke registrirane u svjetskoj bazi Index Herbariorum – Herbarium Croaticum (ZA) i Herbarij Ive i Marije Horvat (ZAHO) s ukupno oko 260 000 herbarijskih primjeraka. Botanički zavod planira pojačati znanstvenu suradnju unutar zavoda i s drugim zavodima Biološkog odsjeka te s odsjecima PMF-a, te nastaviti suradnju s drugim znanstvenim ustanovama, javnim i gospodarskim sektorom te pojačati međunarodnu suradnju. U idućem će razdoblju istraživanja biti usmjerena na:

- istraživanje učinka stresnih uvjeta na biljke te ekofiziološka, ekotoksikološka i fitokemijska istraživanja koja se potencijalno mogu primijeniti u poboljšanju prinosa ekonomski važnih vrsta, otkriću novih biomarkera, proizvodnji lijekova te očuvanju bioraznolikosti hrvatske flore
- otkriće prirodnih spojeva i biljnih ekstrakata s optimalnim biološkim učincima radi očuvanja i poboljšanja ljudskog zdravlja
- istraživanje raznolikosti flore Hrvatske i susjednih biogeografski povezanih područja uz primjenu filogenetskih, biogeografskih, arheobotaničkih i palinoloških metoda, razvoj molekularnih biljega nove generacije i njihova primjena u zaštiti, oplemenjivanju bilja i arheobotanici
- razvoj *online* platforme za modeliranje rasprostranjenosti svojiti i generiranje dihotomskih paralelnih i sekvencionalnih, jednoulaznih i višeulaznih ključeva za otkrivanje svojiti, te održavanje i razvoj baze podataka Flora Croatica kao dijela Nacionalnoga informacijskog sustava zaštite prirode Republike Hrvatske
- istraživanja biljne raznolikosti i njezine stanišne uvjetovanosti u prostoru i vremenu te primjena dobivenih znanja u zaštiti prirode, gospodarenju zaštićenim područjima i kopnenim vodama te rekonstrukciji povijesnih okoliša i odnosa ljudi i biljaka

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- neprekidno održavanje, unapređivanje i digitalizacija herbarijskih zbirki radi očuvanja biljne raznolikosti i veće dostupnosti sadržaja zbirki znanstvenoj i stručnoj javnosti
- istraživanje ekologije klijanja sjemenki biljnih vrsta hrvatske flore strogo zaštićenih zakonom
- istraživanje ekofizioloških značajki biljnih vrsta koje omogućuju njihovu veću uspješnost u određenim okolišnim uvjetima s posebnim naglaskom na strane invazivne biljne vrste
- primjenu novih metoda u određivanju bioraznolikosti morskih i slatkovodnih mikroalgi, eksperimentalne analize miksotrofije, istraživanja utjecaja klimatskih promjena na jezera u Hrvatskoj i Jadran te razvoj Hrvatsko-kineskog istraživačkog centra za zaštitu okoliša.

Zavod za animalnu fiziologiju

U Zavodu za animalnu fiziologiju se u idućem razdoblju planiraju dva smjera istraživanja.

Prvi obuhvaća istraživanja na animalnim i staničnim modelima u svrhu primjene dobivenih rezultata u ljudskoj populaciji (translacijska istraživanja):

- U sklopu projekta ZCI-ja za temeljnu, kliničku i translacijsku neuroznanost, na kojem članovi Zavoda sudjeluju u svojstvu suradnika, razvijat će se novi eksperimentalni modeli za proučavanje razvoja i poremećaja rada središnjega živčanog sustava poput hipoksijsko-ishemijskih lezija i Alzheimerove bolesti.
- Istraživanja u području imunologije, onkologije i fiziologije temeljit će se na primjeni novih oblika dostave bioaktivnih sastavnica (polifenola) preko nanočestica ili nanokristala na animalnom modelu peritonealne angiogeneze te istraživanje njihove učinkovitosti na animalnom modelu dijabetesa, osteoporoze, upalnih bolesti kože i crijeva te njihova povezanost s modulacijom aktivnosti crijevne mikroflore.
- U području endokrinologije i reprodukcije istraživat će se utjecaj različitih postupaka *in vitro* manipulacije reproduktivnim stanicama na oksidativni stres i stabilnost genoma.
- U području fiziologije metabolizma i toksikologije provest će se istraživanja i projekti biodostupnosti bioaktivnih tvari u organizmu, toksikološka *in vivo* i *in vitro* istraživanja sigurnosti bioaktivnih tvari i rezidua prisutnih u hrani i učinci intracelularnog metabolizma lipida na oksidativni stres stanica i organa.

Drugi smjer uključuje istraživanja iz područja ekofiziologije, ponašanja i molekularne ekologije divljih vrsta kralješnjaka:

- U suradnji sa Zoološkim vrtom grada Zagreba i Sveučilištem u Indiani istražiti će se ekološke, fiziološke, ontogenetske, genetičke i epigenetičke odrednice bihevioralnih i kognitivnih značajki kralješnjaka na modelu gušterice.
- Na modelu Dinarskog voluhara, endemskoga glodavca zapadnog Balkana, provest će se istraživanja značajki ponašanja životinja koje omogućuju preživljavanje u okolišu.
- U području molekularne ekologije istražiti će se genetička raznolikost i strukturiranost te procesi važni za adaptivnu evoluciju populacija različitih vrsta kralješnjaka poput čigri, srna, jelena, dupina, divljih svinja i vidri, upotrebom neutralnih i adaptivnih genetičkih biljega.

Zavod za mikrobiologiju

U Zavodu za mikrobiologiju (ZZM) provode se znanstvena istraživanja na gljivicama, bakterijama, virusima i subvirusnim patogenima. Utvrđivanje njihove bioraznolikosti jedan je od temeljnih strateških ciljeva koji se provodi njihovim identifikacijama, karakterizacijama klasičnim mikrobiološkim i

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

najsuvremenijim molekularnim metodama te utvrđivanjem bioloških značajki. Pritom se istraživanja provode na uzorcima iz različitih ekoloških niša što uključuje različite vrste prirodnih i umjetnih vodenih i kopnenih okoliša (slatke vode, slivne vode, tlo, otpadni sedimenti, šume, voćnjaci, vinogradi), te na uzorcima različitih domaćina životinja, ljudi i biljaka.

Ostvarivanje napretka u istraživanjima utemeljenima na izučavanju genomike mikroba i njihove molekularne epidemiologije temelj je za razvoj mikrobne ekologije kao još jednog od strateških ciljeva zavoda. Istraživanja interakcija mikroba, njihovih domaćina i okoliša također je jedan od aspekata koji pridonosi ostvarenju strateškog cilja razvoja mikrobne ekologije, ali i povezuje Zavod za mikrobiologiju sa strukama u kojima se mikrobi istražuju ponajprije kao uzročnici bolesti. Zato se istraživanje patogenih bakterija u okolišu provodi i provodit će se u suradnji s Geološkim i Kemijskim odsjekom PMF-a, Rudarsko-geološko-naftnim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, Medicinskim fakultetom Sveučilišta u Splitu, Tehnološko-metalurškim fakultetom Sveučilišta u Beogradu, Université Grenoble Alpes KBC Split, Nastavnim zavodom za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije, Hrvatskim zavodom za javno zdravstvo te sa Zagrebačkim otpadnim vodama d. o. o. Patogene bakterije na biljkama istražuju se u suradnji s mnogim stranim sveučilišnim i istraživačkim centrima (INRA, John Innes Center Norwich), te s Hrvatskim centrom za poljoprivredu, hranu i selo – Zavod za zaštitu bilja (HCPHS-ZZB). Potonje omogućuje primjenu suvremenih istraživačkih metoda, ali i primjenu rezultata provođenjem mjera za biljnu zaštitu u Republici Hrvatskoj, odnosno stručne djelatnosti koje HCPHS-ZZB provodi.

Istraživanje gljiva i oomiceta uglavnom se provodi putem studija bioraznolikosti različitih biljnih patogena i molekularnih dvostranih interakcija gljiva – biljka ili trostranih interakcija virus – gljiva – biljka u suradnji s domaćim i stranim sveučilišnim i istraživačkim institucijama, ETH Zurich, Sveučilištem u Osijeku, Šumarskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, Šumarskim fakultetom Sveučilišta u Skoplju te s Hrvatskim šumarskim institutom.

Biljni virusi se tradicijski istražuju u Zavodu za očuvanje tog nasljeđa u funkcionalnim laboratorijima, eksperimentalnim staklenicima te u zbirci virusa i to je još jedan od dugoročnih ciljeva Zavoda. No proširivanje viroloških istraživačkih interesa prisutno je te će se i dalje širiti na subvirusne patogene (satelitne RNA virusa i viroide) te na viruse iz okoliša, gljiva i animalnih domaćina kao bitne pokretače i modele molekularne evolucije, regulatore bioraznolikosti, biogeokemijskih ciklusa, mehanizama razvoja bolesti i održavanja zdravlja, ali i razvoja nanotehnoloških alata ponajprije u biomedicini (npr. izmijenjenih adenovirusnih vektora u genskoj terapiji). Uz suradnju s Agronomskim fakultetom u Zagrebu, Institutom Ruđera Boškovića te virološkim istraživačkim skupinama u regiji (Nacionalni inštitut za biologiju Ljubljana, Biotehnološki fakultet Podgorica) i šire (Université de Liège, Università di Bari, Penn State), rezultati istraživanja prenose se i aktivnostima unutar strukovnih udruga, ponajprije Hrvatskoga mikrobiološkog društva.

Time se Zavod za mikrobiologiju pozicionirao u središte mikrobioloških istraživanja u zemlji i široj regiji, a namjera nam je dalje razvijati i unapređivati svoje djelatnosti i status. Također, svojim nastavnim aktivnostima, različitim načinima primjene rezultata i poučavanjem odraslih, želimo biti prepoznati kao vođa u obrazovanju za primjenu suvremenih mikrobioloških metoda i koncepata u praksi.

Zavod za molekularnu biologiju

Zavod za molekularnu biologiju obuhvaća nekoliko znanstveno-istraživačkih skupina različitih tema istraživanja.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- Istraživački interes skupine za biologiju stresa je utjecaj abiotičkog stresa (solnoga, osmotskoga, toplinskoga te stresa teškim metalima i nanočesticama metala) na biljke te razumijevanje načina biljnog odgovora na stres na staničnoj razini, ali i na razini kromosoma, gena i proteina.
- Najstarija skupina na Zavodu bavi se organizacijom i evolucijom biljnoga genoma na citogenetičkoj i molekularnoj razini. Cilj je ove skupine u budućim istraživanjima primjena kromosomskih biljega u filogenetskim istraživanjima te organizacija i evolucija ponavljajućih sekvencija DNK-a te njihova uloga u specijaciji.
- Skupina koja se bavi mehanizmima biljnog razvitka istražuje spolnu i nespolnu reprodukciju biljaka na modelima *Arabidopsis thaliana* i *Vitis vinifera*. Buduća istraživanja usmjerena su na rasvjetljavanje mehanizama i regulacije reproduktivnih kapaciteta jajne stanice i somatskih stanica uz uporabu metoda RNA sekvenciranja, reverzne genetike te metode za dokazivanje proteinskih interakcija. Također, plan je primijeniti potencijal somatske embriogeneze u dobivanju novih agronomski poželjnih svojstava bez primjene tehnika genetičkog inženjerstva.
- Biomedicinske skupine bave se istraživanjima u području biologije tumora, regenerativne medicine i tkivnog inženjerstva, međustaničnom komunikacijom i utjecajem mikroorganizama na stanične mehanizme. Istraživanja obuhvaćaju analizu regulacije transkripcije u animalnim stanicama, komunikacijske mreže tumorskih stanica i mikrookoliša, regulaciju sustava plazminogenske aktivacije koji upravlja remodeliranjem tkiva, identifikaciju mehanizama indukcije selektivne smrti tumorskih matičnih stanica te utjecaj virusa na stanični ciklus. U regenerativnoj medicini i tkivnom inženjerstvu istraživanja su usmjerena na diferencijaciju matičnih stanica u trodimenzionalnom sustavu, stvaranje koštanoga i hrskavičnog tkiva te razvijanje sustava bioreaktora, nosača, diferencijacijskih parametara i analiziranje diferenciranog tkiva. Ciljevi projekata ovih skupina usmjereni su na razvoj novih metoda i otkrivanje procesa koji se mogu prenijeti u kliničku praksu.
- Istraživačka skupina za bionformatiku i računalnu biologiju bavi se kvantitativnim pristupom biološkim procesima na sustavnoj razini. Skupina za bioinformatiku je najcitiranija na Biološkom odsjeku i među najcitiranijima na cijelom PMFu, a prema broju objavljenih članaka u vodećim stručnim časopisima jedna je od najuspješnijih skupina Sveučilišta u Zagrebu. Neke od istraživačkih tema unutar skupine su: metagenomika – interakcija mikrobnih zajednica i njihovih okoliša (uključujući i ljudski organizam) na razini genoma; genomika višestaničnih organizama – procesi razvoja i diferencijacije stanica te genetički uvjeti za nastanak višestaničnih organizama; razvojna genomika sisavaca – procesi transkripcije kodirajućeg i nekodirajućeg RNA koji su nužni za uspješan razvoj oplođene jajne stanice; epigenomika maligno transformiranih stanica – mutacijski biljezi i njihova povezanost s epigenetičkim čimbenicima radi dijagnosticiranja i klasifikacije tumorskih bolesti i epigenomika virusne infekcije – mehanizmi ugradnje virusa HIV-1 u genom čovjeka, s naglaskom na epigenom i strukturu kromatina.
- Epigenetička skupina bavi se regulacijom glikozilacije proteina u normalnom fiziološkom stanju te u složenim bolestima u ljudi. Svrha je objasniti kako varijabilnost glikozilacije, proteina postignuta epigenetičkom regulacijom, sudjeluje u podložnosti i različitom tijeku bolesti u populaciji ljudi. U tu se svrhu koriste moderne metode bisulfitnog sekvenciranja i kromatinske imunoprecipitacije. Također, cilj je otkriti funkcionalnu važnost GWAS hitova u IgG glikozilaciji koristeći se najmodernijim metodama genetičkoga i epigenetičkog inženjerstva kao što su TALEN/CRISPR tehnologija.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- Skupina za molekularnu bakterijsku genetiku bavi se istraživanjem mehanizma otpornosti bakterije *Echerichia coli* od napada stranim DNK (bakteriofagima i plazmidima) sustavom CRISPR-Cas. Cilj je istraživanja objasniti način regulacije tog sustava, specifično proteina Cas3 koji je ključni protein u obrani. Istraživanjima će se obuhvatiti sve razine genske regulacije: od transkripcije, posttranskripcije, stabilnosti proteina, promjene konformacije proteina do njegove proteolitičke razgradnje. Također se planira objasniti povezanost sustava CRISPR-Cas i homologne rekombinacije te popravka DNK-a.

Zoologijski zavod

Zoologijski zavod bavi se istraživanjima raznolikosti, rasprostranjenosti, ekologije, taksonomije, ekotoksikologije, reproduktivne biologije, filogenije i filogeografije, ekološke evolucije i genomike, evolucije i biogeografskim značajkama svih dijelova faune Republike Hrvatske, te procesima koji uzrokuju takve značajke faune. Takva djelatnost Zavoda, koja ima elemente i stručnoga i znanstvenoga rada, provodi se samostalnim aktivnostima djelatnika Zavoda, ali i u suradnji sa srodnim institucijama u Hrvatskoj i izvan nje. Osnovni su smjerovi istraživanja u idućem razdoblju:

- DNK barkodiranje bioraznolikosti hrvatske faune. Filogenetska i filogeografska istraživanja, biološko-ekoloških aspekata na današnju rasprostranjenost, taksonomiju i filogeniju člankonožaca (kukaca, rakova) i riba, virnjaka, slatkovodnih žarnjaka i njihovih endosimbionata, te istraživanje evolucijskih aspekata simbioze.
- Ekološka istraživanja, od kojih treba spomenuti razvoj alata i rješenja za obnavljanje degradiranih morskih staništa, te oporavak njihove biološke raznolikosti i funkcije. Posebna će pozornost biti usmjerena i na istraživanje utjecaja globalnih klimatskih promjena i unosa stranih vrsta na slatkovodne zajednice i zavičajne vrste. Ekološka istraživanja produbljuju se istraživanjima iz područja ekološke evolucije i ekološke genomike. Istraživat će se utjecaj antropološki uvjetovanih ekoloških promjena (onečišćenje, biološke introdukcije i ribarstvene aktivnosti) na brzu evoluciju prirodnih populacija. Također se nastavljaju sinekološka istraživanja vodenih zajednica te obilježja različitih vodenih biotopa.
- Primijenjena istraživanja u sklopu Nacionalnog programa praćenja vodenih ekosustava kao inicijalna strategija u kontekstu Water Framework Directive Europske unije. Istraživanja utjecaja različitih pritisaka te utvrđivanje bioindikacije. Ta su istraživanja osnova za izradu zakonskih akata i sustava promatranja. Na osnovi spomenutih istraživanja prikupljaju se i baze podataka iz kojih proizlaze znanstveni radovi.
- Ekotoksikološka istraživanja usmjerena na proučavanje posljedica djelovanja onečišćenja na organizme koji žive u takvom okolišu te razvoj specifičnih bioloških metoda za što brže i točnije utvrđivanje negativnoga antropogenog djelovanja. Također će se nastaviti laboratorijska istraživanja učinka pojedinih onečišćivača na tijek diferencijacije stanica i (ultra)strukturu stanica u određenih vodenih organizama.
- Stručni projekti (monitoring programi) u sklopu kojih se planira i zapošljavanje pomoćnika (asistenata).

Geofizički odsjek

- **Meteorologija i klimatologija.** Koristeći se osnovnim geofizičkim pristupima (mjerenja i opažanja, numeričke simulacije te razvoj teorije) i dalje ćemo proučavati atmosferske procese i pojave na maloj, srednjoj i makroljestvici. Uz ostalo, proučavat ćemo stvaranje, prijenos, raspršenje i taloženje onečišćujućih tvari u zraku, vertikalnu strukturu urbanoga i suburbanog

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

graničnog sloja, disipaciju turbulentnih vrtloga, budžet turbulentne kinetičke i potencijalne energije iznad kompleksnog terena te tri glavne klase nestandardnih refrakcija radiovalova u atmosferi. Nadalje, bavit ćemo se strujanjem zraka nad kompleksnom obalom i planinama, uključujući fenomene poput bure, juga i maestrale, duboke konvekcije i nastanka magle. Zbog postojećih interakcija sustava atmosfera – more, dio istraživanja lokalnoga i regionalnog vremena i klime provodit ćemo u suradnji s oceanografima koristeći se pritom naprednim statističkim metodama i klimatskim modelima različitog stupnja kompleksnosti. Neke od numeričkih modela (tj. simulatora) također ćemo modificirati, s namjerom poboljšanja parametrizacije turbulencije. Nadalje, istražit ćemo klimatsku varijabilnost i klimatske promjene u Europi. Posebnu pozornost usmjerit ćemo na utjecaj atmosferskih modova velike ljestvice te na doprinos tromijih komponenata klimatskog sustava (more, tlo, led) eventualnom produljenom djelovanju tih modova. Fizikalni mehanizmi koji omogućuju takvu povezanost bit će istraženi s pomoću numeričkih simulacija provedenih globalnim i regionalnim klimatskim modelima te statističkom analizom izmjerenih podataka. U suradnji s Državnim hidrometeorološkim zavodom počinje istraživanje urbanoga toplinskog otoka u uvjetima sadašnje i buduće klime mikroklimatskim modelom MUKLIMO 3 uz uporabu meteoroloških polja i vertikalnih profila, te prostornih informacija o svojstvima terena i namjeni zemljišta izvedenih iz GIS baze. Istraživanje će pridonijeti razumijevanju atmosferskih procesa male ljestvice, a njegovi rezultati poslužit će u osuvremenjivanju nastavnih sadržaja.

- **Oceanografija.** Kad je riječ o budućim oceanografskim istraživanjima, nastavit će se ponajprije prikupljati podatci, i to ne samo na stalnoj mareografskoj postaji u Bakru (utemeljenoj 1929. godine) nego i u sklopu posebnih eksperimenata tijekom kojih će se koristiti tlačni mareografi, undulator i druga raspoloživa oprema. Svi prikupljeni podatci analizirat će se odgovarajućim statističkim metodama, kako uvriježenim tako i vlastitim. Pritom će se pozornost posvetiti širokom spektru procesa u moru, od dugogodišnjih promjena morske razine, preko olujnih uspora i obalnih seša do riječnih izljeva u more. Naposljetku, razvijat će se ili koristiti raznoliki modeli radi reprodukcije opažanja. Tako će se, primjerice, rabiti poluempirijski modeli pri razmatranju trendova morske razine, dvodimenzionalni barotropni modeli u analizi odziva mora na atmosfersko djelovanje, te trodimenzionalni baroklini modeli u reprodukciju svojstava mora i gibanja u moru u području ispred riječnih ušća.
- **Seizmologija.** Kako je Geofizički odsjek PMF-a jedino mjesto u Hrvatskoj gdje se njeguju seizmološka istraživanja, plan istraživanja je nužno raznolik, ali usmjeren na istraživanje seizmičnosti Hrvatske. Seizmološka će služba, u skladu s raspoloživim financijama, nastaviti povećavati gustoću osnovne mreže seizmografa u Hrvatskoj te će se nastaviti posao na bilježenju potresa, arhiviranju digitalnih seizmograma, katalogiziranju potresa i razmjeni podataka s partnerima u inozemstvu. Znanstveni će rad biti usmjeren na iscrpno istraživanje pojedinih užih područja (npr. Velebita), pri čemu će se nastojati identificirati seizmogeni rasjedi, njihova svojstva i uloga u seizmotektonskom sklopu. Uz to, nastavit će se rad na proučavanju anizotropije brzina, atenuacijskih svojstava i građe kore i gornjeg plašta ispod Hrvatske, pri čemu će se koristiti suvremene metode inverzije seizmoloških opažanja (funkcije prijarnika, tomografija s pomoću mikroseizmičkog nemira i prostornih valova i sl.). U području inženjerske seizmologije i potresnog inženjerstva nastaviti će se mjerenje dinamičkih svojstava važnih građevina kako bi se izdvojile one koje su ugrožene zbog pojave rezonancije zgrada – tlo te svi poslovi u vezi s revidiranjem procjene potresne opasnosti u Hrvatskoj.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

- **Geomagnetizam.** Istraživanje geomagnetskog polja u Hrvatskoj nastavit će se prikupljanjem podataka na jedinome hrvatskom geomagnetskom opservatoriju, koji radi od početka srpnja 2012. u Lonjskom polju. Podatci s tog opservatorija poslužit će za teorijsku analizu raspodjele svih magnetskih elemenata, izradu geomagnetskih karata, modeliranje anomalnog polja na hrvatskome području i interpretacije. Znanstveni rad u geomagnetizmu pojačao bi se modeliranjem geomagnetskog polja na ograničenom području s pomoću sferne harmoničke analize na kugloj kaloti. Uz to, posebna bi se pozornost posvetila razvijanju sofisticiranijih tehnika za konstrukciju kalibracijskih krivulja, tzv. baznih linija, u slučajevima velike degradacije podataka koja potječe uglavnom od temperaturnih nestabilnosti i pogrešaka u apsolutnim opažanjima. To se najčešće događa u opservatorijima koji, poput našega, nemaju osigurane stabilne temperaturne uvjete za visokokvalitetna mjerenja. Ujedno će se nastojati neprekidno podizati kvaliteta i standardi mjerenja na opservatoriju kako bi mjerenja bila u skladu sa zahtjevima INTERMAGNETA.

Geološki odsjek

Znanstveno istraživačke skupine unutar Geološkog odsjeka istražuju stijene s različitih aspekata: petroloških, taložnih, paleontoloških, mineraloških, geokemijskih, paleookolišnih/recentnih okoliša, ekologije/paleoekologije i geoarheologije.

Glavne planirane teme po zavodima su:

Geološko-paleontološki zavod (GPZ)

- pridonijeti razumjevanju geološke evolucije područja Dinarida i Panonskog bazena

Unutrašnji Dinaridi i njihovo granično područje prema Vanjskim Dinaridima sadržavaju mnogobrojne izdanke sedimentnih stijena u kojima su sačuvane informacije o povijesti orogena i paleogeografskom razvoju šire regije. Proučavat će se biostratigrafske i sedimentološke značajke uglavnom dubokomorskih naslaga kako bi se utvrdile paleogeografske i geodinamske poveznice unutar samih Dinarida, ali i sa susjednim segmentima Alpinskoga orogenetskog pojasa (Hrvatska, BiH, Slovenija, Austrija, Srbija, Crna Gora). Datiranjem trasgresivnih sedimenata pridonijet će se boljem razumjevanju razvoja sinorogenih bazena na tom području. Proučavanjem provenijencije klastičnog materijala razlučit će se sastav te potencijalno petrogeniza i termalna povijest izvorišnih terena, što je od izrazite koristi u rekonstrukciji povijesti geodinamički aktivnih područja.

Istraživanje miocenskih naslaga i biote Paratethysa i okolnoga kopna, s naglaskom na povezanost globalnih stresnih događaja i ponašanja organizama. Posebna pozornost bit će posvećena srednjomiocenskim okolišima i transgresivno-regresivnim ciklusima. Među plitkomorskim okolišima istraživat će se biokonstrukcije od crvenih algi i briozoja i rubni šelfni okoliši. Među biotom dubokomorskih okoliša istraživat će se pelagički i bentički mekušci (s kemosimbiontima), te manje poznate skupine bentičkih organizama (npr. rakovice, dubokomorski ježinci, spužve).

- istraživanja stresnih događaja u geološkoj prošlosti, npr. impakti, izumiranja i glacijacije

Pretežito će se istraživati tragovi glacijacije u Dinaridima i bit će usmjereno na utvrđivanje dosega pleistocenskoga ledenog pokrova, smjerova njegova širenja i donosa detritičnog materijala te upoznavanje njegove dinamike, tj. širenja i sažimanja radi uspostave regionalnoga stratigrafskog okvira pleistocena (podjela u regionalne katove). Određivanje starosti pleistocenskih naslaga i njihova

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

paleontološkog sadržaja provodit će se u suradnji sa zainteresiranim istraživačima u svijetu, a kod nas na Zavodu za paleontologiju i geologiju kvartara HAZU-a te u Institutu Ruđera Boškovića.

Cilj je istraživanja geoloških tragova asteroidnih impakata upoznavanje svojstava i sastava impaktogenih materijala i čestica, upoznavanje podrijetla impaktnog detritusa i njegove kronostratigrafske starosti. Ta interdisciplinarna istraživanja izvode se u suradnji s istraživačima na Kemijskom odsjeku PMF-a, Institutu Ruđera Boškovića i Zavodu za paleontologiju i geologiju kvartara HAZU-a.

Spomenuta će istraživanja također obuhvatiti uzroke i tijek izumiranja koja su zabilježena u stijenama na području Dinarida (npr. granica gvadalupij – lopingij i granica perm – trijas).

- specifičnosti plitkomorskih okoliša s karbonatnom sedimentacijom tijekom mezozoika i kenozoika s obzirom na njihovu geografsku raširenost u Republici Hrvatskoj

U području Vanjskih Dinarida, koji obuhvaćaju područje Hrvatskog primorja južnije od Karlovca, istraživat će se mezozojske sukcesije, uglavnom plitkomorskih naslaga. Analizirat će se sedimentološki (strukturno-teksturna obilježja vapnenaca) i stratigrafski (na temelju biostratigrafskih raspona mikrofosila i odredbom apsolutne starosti na temelju izotopa stroncija). Utvrđene okolišne značajke, postavljene u sekvencijske okvire različitog stupnja (od ciklusa oplićavanja do sekvencija višeg reda), međusobnom usporedbom omogućit će regionalnu rekonstrukciju područja Vanjskih Dinarida. Također, usporedbom s sukcesijama mezozojskih siliciklastično-karbonatnih taložina Unutrašnjih Dinarida i Austroalpskog područja, pretpostavit će se moguća paleogeografija područja Unutrašnjih i Vanjskih Dinarida (čije istraživanje je dijelom obuhvaćeno istraživanjem mezozojskih izdanaka unutar Panonskog bazena te Unutrašnjih Dinarida). Unutar tako postavljenih granica specifično će se istraživati tehnologija kopnenih gmazova na osnovi kojih će se izvesti odredba dimenzija organizama, moguće paleogeografske rekonstrukcije na osnovi regionalnih stratigrafskih i okolišnih podataka dobivenih iz rezultata spomenutih istraživanja.

- istraživanje riječnih ušća, obala i obalnih procesa te morskog sedimenta radi određivanja promjena taložnih okoliša tijekom pleistocena i holocena, te antropogenog utjecaja na sediment

Istraživanje će se provoditi duž istočno-jadranske obale i priobalja, s naglaskom na riječna ušća, estuarije i delte istočno-jadranskih rijeka. Na sedimentnim jezgrama, koje će se izvaditi na tim područjima, provodit će se sedimentološke analize, mikropaleontološke analize i geokemijske analize kako bi se mogli opisati sljedovi taložnih facijesa u krškim riječnim ušćima tijekom pleistocena i holocena. Rekonstruirat će se geomorfološka evolucija tih područja te proširiti znanje o razinama mora u prošlosti, klimatskim promjenama i ljudskim aktivnostima, koje su se događale nakon razdoblja posljednjega glacijalnog maksimuma. Posebna će pozornost biti posvećena fenomenu potopljenog krša te pokazateljima promjene razine mora (slane močvare, plimske potkapine, biokonstrukcijski pokazatelji, ali i arheološki pokazatelji).

Osim sedimentnih jezgri, sedimentološka i paleontološka istraživanja nastavit će se i na površinskom sedimentu u podmorju priobalja i otvorenog mora u svrhu evolucije i kartiranja morskog dna te definiranja i opisivanja morskih staništa. Nadalje, rezultati geokemijskih istraživanja površinskog

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

sedimenta bit će upotrijebljeni za karakterizaciju stanja morskih okoliša, osobito onih pod velikim antropogenim utjecajem.

Detaljnim istraživanjima obalne morfologije te istraživanjima i praćenjem obalnih procesa, osobito u području žala, obalnih klifova i riječnih ušća pridonijet će se poznavanju funkcioniranja navedenih okoliša (source-to-sink concept) i time uspostaviti temelj za održivo upravljanje obalnim područjem.

Rezultati svih istaknutih istraživanja znatno će dalje olakšati izradu stručnih studija praćenja i ocjenjivanja priobalnih i prijelaznih vodenih okoliša, koja se provode prema direktivama Europske unije.

Mineraloško-petrografski zavod (MPZ)

- Kristalokemijska obilježja minerala s primjenom u mineralogiji, geologiji, znanosti o materijalima te istraživanjima okoliša s osobitim naglaskom na minerale glina i zeolite.

Uz temeljna istraživanja kristalokemijskih svojstava minerala u svrhu određivanja poznatih i novih mineralnih vrsta i njihove geneze u različitim geološkim okolišima, istraživanja će se usmjeriti i na interdisciplinarna istraživanja povezana s ulogom minerala u interakciji sa živim organizmima i utjecajem minerala na raspodjelu pojedinih elemenata i spojeva u okolišu, a što je od osobitog interesa u sprječavanju onečišćenja, odnosno pri zaštiti i remedijaciji okoliša. Dio istraživanja usmjerit će se na primjenu minerala u suvremenim tehnološkim procesima te će se jačati veza prema ostalim disciplinama koje su uključene u pripremu i karakterizaciju novih materijala, kako na Fakultetu i Sveučilištu, tako i u drugim istraživačkim institucijama u zemlji i inozemstvu. Osobita će pozornost biti posvećena mineralima glina, zeolitima i oksidima.

- Geneza i izmjene stijena na području Republike Hrvatske i susjednih zemalja s osvrtom na evolucijske modele razvoja panonskoga, dinaridskoga i jadranskoga područja, kao i geokemijska istraživanja litostratigrafskih jedinica i geoloških struktura te mineralnih ležišta.

Osnovna znanstvena istraživanja koja obuhvaćaju magmatske i metamorfne stijene te njihovu ulogu i važnost u rekonstrukcijama geoloških događaja u orogenim područjima Karpata, Dinarida i Alpa te u kristalinskoj podlozi Panonskog bazena bit će usmjerena na određivanje detaljnih vremenskih i petrogenetskih uvjeta unutar predvariscijske(-ih), variscijske i alpske orogeneze te na uspostavu uzročno-posljedičnih veza među proučavanim procesima. S obzirom na to da važnost i prostorno-vremenski opseg najstarije i najmlađe orogeneze unutar teritorija Republike Hrvatske nisu potpuno objašnjeni, kao ni detalji pojedinih epizoda variscijske orogeneze, predviđena su specifična istraživanja kojima će se preciznije odrediti petrološke, mineraloške, strukturogeološke, geokemijske te izotopne značajke magmatskih i metamornih stijena i povezanih procesa koji su se događali u različitim geotektonskim okolišima i geodinamskim cjelinama. Težište istraživanja pomicat će se od studija na razini pojedinih magmatsko-metamornih kompleksa prema detaljnoj trodimenzionalnoj strukturoteksturnoj i mikrotektonskoj analizi stijenskoga sklopa, određivanju izotopnog sastava pojedinih faza, studiju inkluzija te analizi složenih značajki i unutarnjoj građi akcesornih minerala, poput cirkona, apatita, monacita i ksenotima, koji se javljaju u oba tipa stijena. Teritorijalno će se spomenuta istraživanja dominantno provoditi u Republici Hrvatskoj. Istodobno, zahvaljujući mnogobrojnim znanstvenim suradnjama, nastavit će se i proširiti istraživanja u specifičnim područjima zemalja srednje i istočne Europe, koja su izuzetno važna za praćenje stijenskih kompleksa koji se pružaju i izvan granica naše zemlje te tumačenje razvoja većih geodinamskih cjelina.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Istraživanja sedimenata i sedimentnih stijena bit će usmjerena na neogenske i kvartarne naslage Panonskog bazena te na kvartarne naslage jadranskog područja. Što se panonskog područja tiče, posebna će pozornost u idućem razdoblju biti usmjerena na dva istraživačka cilja. Prvi je definiranje geokemijskog karaktera i vremena taloženja piroklastičnih naslaga te pratećih sedimenata i sedimentnih stijena. Te, do sada slabo istraživane naslage, osnova su za definiranje trajanja kopnenih, slatkovodnih jezerskih i morskih faza u razvoju bazena vremena u kojem se dogodio prijelaz iz sinriftne u postriftnu etapu u njegovoj evoluciji. Drugi je cilj definiranje taložnog modela za razdoblje mlađeg miocena i pliocena panonskog područja Republike Hrvatske, što bi s jedne strane trebalo pridonijeti boljem definiranju općega evolucijskog modela za cijelo panonsko područje, a s druge strane biti važan čimbenik u istraživanjima ugljikovodika. Istraživanja s kolegama s Hrvatskoga geološkog instituta, INA-e i kolegama sa Sveučilišta u Budimpešti i Pečuhu počela su već na naftom i plinom bogatom području Dravske depresije, a plan je proširiti ih i na ostale dijelove panonskog područja. U jadranskom je području plan nastaviti istraživanjima o podrijetlu i starosti pleistocenskih sedimenata važnih i zbog toga što su oni glavni izvor materijala plaža na otocima i u priobalju.

- Geoarheologija – karakterizacija arheoloških materijala s pomoću mineraloških metoda.

Ova će istraživanja rezultirati karakterizacijom arheoloških materijala i materijala koji su se koristili u izgradnji povijesnih građevina s pomoću mineraloških metoda. U posljednjih petnaestak godina Mineraloško-petrografski zavod sve aktivnije sudjeluje u arheološkim istraživanjima, i to ponajprije na faznoj karakterizaciji keramika, metalnih i kamenih arheoloških predmeta te pigmentata, a i u izučavanju procesa trošenja kamena kako bi se poboljšala metoda njegove zaštite. U tome je postignuta važna suradnja s Hrvatskim restauratorskim zavodom, a u novije vrijeme rad Zavoda prepoznale su i lokalne muzejske ustanove pa je cilj postojeća istraživanja proširiti, a dobivene rezultate upotrijebiti i pri utvrđivanju provenijencije kamena koji se koristio za izradu predmeta pronađenih na arheološkim nalazištima i u izgradnji povijesnih građevina.

- Geokemijska istraživanja okoliša s ciljem razlikovanja geogenih i antropogenih čimbenika utjecaja na raspodjelu metala i ostalih tvari bitnih za okoliš s ciljem karakterizacije, remedijacije i upravljanja ugroženim i osjetljivim okolišima.

Provest će se istraživanja okoliša kako bi se razlikovali geogeni i antropogeni čimbenici utjecaja na raspodjelu potencijalno toksičnih spojeva i ostalih tvari bitnih za okoliš radi karakterizacije, remedijacije i upravljanja ugroženim i osjetljivim okolišima te izrade modela rizika. Posebna će pozornost biti posvećena utjecaju pojedinih segmenata ljudske aktivnosti na okoliš (poljoprivreda, industrija, katastrofični događaji poput šumskih požara), gdje će se pratiti raspodjela ključnih elemenata i kemijskih spojeva koji bitno mogu utjecati na prirodnu ravnotežu, a tako i na žive organizme. Dio istraživanja bavit će se utjecajem zbrinjavanja različitih vrsta otpada na okoliš sa stajališta geološke podloge i raspodjele potencijalno toksičnih tvari, a odnosit će se i na strategije adekvatnog zbrinjavanja i recikliranja otpada. U istraživanjima će se staviti naglasak i na vezu između čovjeka i okoliša, putem razvoja medicinske geologije, što je nastavak početih istraživanja bubrežnih kamenaca.

Geografski odsjek

- **Geomorfologija i paleookoliš.** Istraživanjem krša s aspekta geomorfologije i paleookoliša, tj. pitanjima nastanka, evolucije i recentne dinamike krškog reljefa tradicionalno se bavi istraživačka skupina na Geografskom odsjeku PMF-a. Najvažnije istraživačke teme povezane

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

su s utjecajem geološke strukture na razvoj krških reljefnih oblika, klimageomorfoloških istraživanja (npr. mjerenja intenziteta krške denudacije) razvoja morfometrijskih metoda te geomorfološkog kartiranja u GIS okružju. Krški je reljef često pod utjecajem i drugih morfogenetskih procesa, kao što su glacialni procesi koji su bili važni u prošlosti. Zato je jedan od ciljeva istraživanja i analiza glaciokrša, na površini i u speleološkim objektima. Ta su razdoblja izravno povezana s različitim raspodjelom kopna i mora na jadranskome području, što ima vrlo važnu ulogu u rekonstrukciji obilježja palookoliša tijekom kasnog pleistocena i holocena. Zato rabimo različite markere (geomorfološke, biološke, arheološke i dr.) da bismo rekonstruirali paleoklimatska obilježja te da bismo definirali i objasnili kolebanje morske razine. Promjene okoliša i klime proučavaju se također na temelju analiza siga i sedre. Istraživanja se temelje na terenskom radu, ali iznimne su važne i izotopne metode koje se primijenjuju u suradnji s Institutuom Ruđera Boškovića. Jedan od važnih ciljeva unutar te istraživačke skupine je i daljnji razvoj laboratorija za fizičku geografiju/geomorfologiju i njegovo opremanje.

- **Klimatološka, hidrogeografska i geokološka istraživanja.** Istraživanja su usmjerena na planiranje funkcionalne prostorne organizacije i održivog razvoja. Strategija je usmjerena na temeljna i primijenjena istraživanja, kadrovski razvoj, prijenos znanja, tehnološki razvoj, nabavu računalne, GIS i istraživačke opreme te na jačanje suradnje s domaćim i stranim partnerima. Istraživanja ove skupine obuhvaćaju analizu utjecaja abiotičkih čimbenika na ekosustave, pri čemu se koriste geomorfološki, pedološki, hidrokemijski, antropogeni i biološki pokazatelji u istraživanjima i praćenju stanja okoliša. Uz to, obuhvaćaju istraživanja prirodnih rizika, mikroklimatska istraživanja, istraživanja georaznolikosti i geobaštine, ekosustave naselja i antropogenu geomorfologiju te geografski aspekt zaštite prirode i usluga ekosustava. U sklopu hidrogeografskih istraživanja provodi se inventarizacija i vrednovanje hidromorfološkog stanja tekućica i stajaćica, riparijskih i slijevnih područja te režima otjecanja u sklopu provedbe ODV EU-a. Jedan od ciljeva je izrada hidrološkog atlasa Republike Hrvatske, a istražuju se i ekološki prihvatljivi protoci te upravljanje vodnim resursima i vodoopskrbom u sklopu održivog razvoja regija. Klimatološka istraživanja usmjerena su na regionalne klimatske analize, istraživanje klime gradova, analizu klimatskih promjena i promjenljivost klimatskih elemenata u instrumentalnom razdoblju te na utjecaj klime na geografsko vrednovanje u prostora. Važan je cilj ovih istraživanja regionalizacija na temelju fizičkogeografskih sastavnica krajolika.
- **Urbanizacija, socijalna struktura grada i regionalni razvoj.** Regionalni razvoj Hrvatske temelji se na urbanom sustavu pa će se zato posebna pozornost u istraživanjima usmjeriti na mrežu gradova, funkcionalnu klasifikaciju i ulogu gradova u administrativno-teritorijalnom ustroju zemlje. Nadalje, nastojat će se utvrditi razlikovna obilježja, razvojni potencijali i ograničenja okolica gradova. Oblikovat će se preporuke i razvojne mjere za vrednovanje potencijala suburbanih područja u budućem razvoju gradskih regija. Uz to su istraživanja usmjerena na sam prostor grada i njegovu prostornu strukturu (funkcionalna, morfološka, socijalna i kulturna obilježja), a uključuju: kvalitetu života, problemska područja u gradu, održivi razvoj grada s naglaskom na održivi (alternativni) promet, prostornu mobilnost, socioprostornu i kulturnu diferencijaciju, segregaciju i dnevni okoliš. Metodološki instrumentarij istraživanja je dvojak, od egzaktnih (GIS, terenski rad) do kvalitativnih metoda (intervjui, fokusne grupe). Posebno ističemo prostornu imaginaciju i umne karte kao proizvod prostornih dnevnih praksi i zato bitan dio istraživanja gradskog prostora. Dobiveni rezultati važni su za unapređenje prostornog planiranja i regionalnog razvoja, vrednovanje prostornih resursa, funkcionalnu integraciju i

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

pristupe rješavanju problema nejednakoga regionalnog razvoja u Hrvatskoj. Potencijal je u širokom spektru primjene rezultata istraživanja u komercijalnom i javnom sektoru, a pridonosi kvaliteti i informiranosti javnih politika.

- **Održivi razvoj i planiranje ruralnih i periurbanih područja Hrvatske.** U ruralnim i periurbanim naseljima živi polovica stanovništva Hrvatske te zauzimaju gotovo 90 % ukupne površine države. Izuzev takvih područja u većim gradskim regijama, hrvatski ruris obilježavaju uglavnom nepovoljna razvojna obilježja, negativno demografsko stanje i procesi (depopulacija, starenje) te slabija infrastrukturna i gospodarska razvijenost u usporedbi s urbanim područjima. Istodobno, ruralna i periurbana područja su od strateškog interesa jer su najvažnija područja proizvodnje hrane i lokacija ključnih prirodnih resursa. Nositelji su i ostalih važnih funkcija, primjerice stanovanja, raznovrsnih poslovnih djelatnosti, zaštite prirode, lokacije velikih infrastrukturnih i energetskih objekata, rekreacije. Pretežito negativni razvojni trendovi s jedne strane te usklađivanje svih spomenutih funkcija s druge, često izazivaju dvojbe i sukobe kad je riječ o njihovu planiranju i održivom razvoju. Iz navedenoga proizlaze i ključni smjerovi istraživanja: modeli i mjere razvoja različitih oblika ruralnih područja, varijantni scenariji mogućih smjerova budućeg razvoja, utjecaj novih dionika na demogeografske i socio-ekonomske procese u ruralnim područjima, komparativna analiza trendova u ruralnim hrvatskim područjima i ostalim europskim, posebno tranzicijskim, državama.
- **Demografski aspekti razvitka Hrvatske.** Suvremeni demografski razvoj Hrvatske obilježavaju nepovoljni procesi i strukturne značajke, koji su pridonijeli smanjenju ukupnoga „ljudskog kapitala“ kao nositelja društveno-gospodarskog razvoja, a posljedice tih procesa očituju se i u neravnomjernom regionalnom razvoju, u očuvanju pa i produblivanju nejednakosti između sela i grada te između periferije i središta, u neravnomjerno razvijenoj mreži naselja itd. U (re)valorizaciji hrvatskoga državnog prostora na svim razinama veliku ulogu imaju demografski potencijali, odnosno ukupne kvalitativne i kvantitativne, stvarne i potencijalne društvene i biološke značajke stanovništva. S tim u vezi istraživanja će biti usmjerena na: recentne promjene u prostornom razmještaju, dinamičkim i strukturnim obilježjima stanovništva na svim prostornim razinama; demografski razvoj marginalnih i problemskih područja; tendencije populacijskog razvoja u naseljima gradskih regija te utjecaj demografskih procesa na planiranje obrazovne funkcije. Ciljevi tih istraživanja su: identifikacija, vrednovanje i projekcija demografskih potencijala Hrvatske i njezinih regija; određivanje smjernica za oblikovanje populacijske politike i strategije ravnomjernijega regionalnog razvitka Hrvatske te prijedlog intervencija u mreži škola i organizaciji upisnih područja osnovnih i srednjih škola, kojima bi se osigurala održivost i racionalna organizacija obrazovne uloge.
- **Kulturni pejzaži i prostorni identiteti.** Planira se proučavanje promjena okoliša u Republici Hrvatskoj, a osobito promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta. Cilj su istraživanja deduktivni modeli koji uključuju fizičke promjene u okolišu (pejzažu), ali i društvenogeografske i fizičkogeografske čimbenike koji utječu na opažene promjene. Također će se istraživati mogućnosti uključivanja ljudskog ponašanja i procesa donošenja odluka u promjenama zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta. Poseban aspekt proučavanja je povezanost društvenih promjena (primjerice depopulacija i njezine posljedice u prostoru), načina i intenziteta vrednovanja prostora korištenjem zemljišta te posljedičnih promjena u okolišu. Ti mehanizmi u velikoj mjeri utječu i na povećanje pojavnosti okolišnih rizika kao što su požari. Kulturni pejzaži sadržavaju spoj prošlosti i sadašnjosti te materijalnih i nematerijalnih vrijednosti i dio su baštine. Na temelju tih vrijednosti grade se prostorni identiteti (lokalni,

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

regionalni, nacionalni). Istraživanja će također uključiti perceptivne aspekte prostornih, ponajprije regionalnih identiteta. S jedne strane, na osnovi povijesnih karata kao izvora istraživanja, nastavit će se istraživanja pograničnih, ambivalentnih regionalnih identiteta u prošlosti, konkretno u razdoblju od ranoga novog vijeka do danas, a s druge, na osnovi anketnog istraživanja i intervjua te analize medijskih sadržaja nastavljaju se istraživanja perceptivnog opsega i tvorbenih elemenata današnjih tradicijskih hrvatskih regija.

- **Turizam i prostorni razvoj Hrvatske.** Turizam je jedna od najvažnijih grana hrvatskoga gospodarstva s tendencijama sve većega kvantitativnoga i kvalitativnog porasta, te sve naglašenijim prostornim širenjem iz vodećih obalnih turističkih odredišta prema unutrašnjosti. U interdisciplinarnom pristupu istraživanjima turizma, tematika interakcije prostora i turizma je vrlo važna jer su sve turističke atrakcije snažno teritorijalizirane. Zato se kao ključni cilj istraživanja u sklopu ove istraživačke teme nameće istraživanje međuodnosa prostora i turizma koji podrazumijeva: a) identifikaciju i evaluaciju prirodnih i antropogenih prostornih resursa u atrakcijskoj osnovi hrvatskoga turizma, b) analizu prostornih obilježja turističkih kretanja te c) utvrđivanje prostornih implikacija turizma u transformaciji turističkih prostora Hrvatske – turističkih lokaliteta, turističkih mjesta, turističkih regija, odnosno hrvatskih turističkih odredišta na svim hijerarhijskim razinama. Važnost tako definiranih istraživanja vidljiva je u mogućnostima optimalnog koncipiranja turističkih proizvoda u turističkoj ponudi hrvatskih odredišta, kao i usmjeravanja prostornoga razvoja Hrvatske u kontekstu turizma, u skladu s postulatima željenoga održivog razvoja. Racionalno planiranje i gospodarenje prostorom i njegovim resursima iznimno je važno u turbulentnom razdoblju tranzicije hrvatskoga turizma zbog sve izraženije globalizacije u Europskoj uniji, kada jača zanimanje za korištenje prostora u mnogim, ponajviše turistički najrazvijenijim dijelovima Hrvatske, jer je sve veći broj zainteresiranih potencijalnih korisnika.
- **Spoznajni procesi u nastavi geografije i organizacija obrazovanja.** U ovome području istraživanja obradit će se četiri teme. 1. Spoznaje u geografskom obrazovanju. Cilj je istražiti učinkovitost strategija učenja i poučavanja, primjerenost nastavnih sredstava u ostvarivanju rezultata učenja te oblike i kriterije vrednovanja postignuća. Rezultate istraživanja potrebno je uvrstiti u kurikule geografije u svim obrazovnim ciklusima. 2. Predmetni kurikulum geografije za primarno i sekundarno obrazovanje. Cilj je uskladiti geografsko obrazovanje u osnovnim i srednjim školama s Hrvatskim kvalifikacijskim okvirom i razvojem znanstvenoga polja geografije. Odrediti skupove ishoda učenja na temelju analize stanja u sustavu, potreba na tržištu rada, a u skladu s ciljevima Strategije obrazovanja, znanosti i tehnologije. Pridonijeti primjeni Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira u sustav odgoja i obrazovanja. 3. Inicijalno obrazovanje, stručno usavršavanje i profesionalni razvoj učitelja i nastavnika geografije. Cilj je pridonijeti izradi standarda zanimanja, standarda kvalifikacije i unapređenju kompetencija za organizaciju učenja i poučavanja usmjerenog na učenike. 4. Obrazovni resursi i ljudski potencijali u nastavi geografije. Cilj je nastaviti istraživanje utjecaja demografskog razvoja na promjenu indeksa iskorištenosti i koeficijenta opterećenosti ljudskih potencijala u nastavi geografije na razini upisnih područja i pojedinih regija. Primjenom analiza u GIS-u osmisliti modele primjenjive u redefiniranju mreže škola, inicijalnom obrazovanju učitelja i nastavnika geografije, upravljanju ljudskim potencijalima i u regionalnom razvoju.

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno matematički fakultet

Dodatak C – Katalog opreme PMF-a

Dvojezični HR/EN katalog znanstvene opreme i računalnih programa PMF-a dostupan je poveznici:

http://www.pmf.unizg.hr/download/repository/PMF_Katalog_znanstvene_opreme_i_racunskih_programa.pdf,

a do njega se može doći i klikom na Dokumenti u lijevom izborniku na naslovnici PMF-a te onda Ostali dokumenti.

Literatura

1. Samoanaliza PMF-a, 2014.
2. Pravilnik o ustroju radnih mjesta PMF-a.