



LIETUVOS
ENERGETIKOS
INSTITUTAS

/ 2019

METINĖ ATASKAITA

Leidėjas

Lietuvos energetikos institutas

www.lei.lt

Dizainas ir įgyvendinimas: LEI komunikacija

Elektroninę šio leidinio versiją galima atsisiųsti

adresu www.lei.lt

ISSN 1822-007X

Copyright © Lietuvos energetikos institutas, 2020



Dr. Sigitas Rimkevičius
LEI Direktorius

PRATARMĖ

Direktoriaus pranešimas

2019 m. Lietuvos energetikos institute netrūko svarbių įvykių. 2019 m. birželio mėn. išrinkta nauja LEI Mokslo taryba. Nuo ankstesnės Mokslo tarybos ji skiriasi didesniu narių iš kitų organizacijų skaičiumi (dabar jų – 6), siekiant pritraukti daugiau verslo, valdžios ir mokslo institucijų atstovų bei institutui tapti atviresniu, o tuo pačiu ir labiau žinomu išorei, pasisemti daugiau kitų institucijų patirties valdymo ir vadybos organizavime. Džiaugiuosi, kad išoriniai LEI Mokslo tarybos nariai aktyvūs, skatinantys institutą pasitempti valdymo organizavime ir imtis aktyvesnių veiksmų sprendžiant instituto darbo efektyvumo didinimo klausimus.

2019 m. liepos mėn. Fizinių ir technologijos mokslų centras (FTMC), Lietuvos energetikos institutas (LEI), Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras (LAMMC) bei Fizikos instituto Mokslo ir technologijų parkas įsteigė Mokslo tyrimų ir technologijų organizacijų asociacija „RTO Lithuania“. Asociacijos partneriai apjungs jėgas, siekiant efektyviau komercializuoti mokslo žinias, paversti jas naujais produktais ar didelės pridėtinės vertės technologijomis bei paslaugomis.

2019 m. institutui buvo sėkmingi tiek tarptautinių, tiek nacionalinių projektų ir ūkio subjektų užsaky-

mų apimtimi, kas įgalino institutui turėti didesnį biudžetą, sudaryti geresnes sąlygas jaunimo pritraukimui į institutą, įsteigti skatinamąjį premijinį fondą geriausių straipsnių autoriams. Talentingo jaunimo pritraukimas į institutą ir toliau išlieka prioritetiniu uždaviniu, kuriam skirsime išskirtinį dėmesį, siekiant užtikrinti instituto perspektyvą ir plėtrą. Sieksiu, kad institutas ir ateityje aktyviai dalyvautų sprendžiant iššūkius, susijusius su klimato kaita ir tvarios energetikos plėtra.

Turinys

Apie institutą	6
Darbuotojų pasiekimai	12
Mokslo pasiekimai	15
Doktorantūra	21
Finansiniai rodikliai	25
Mokslo padalinių pasiekimai	29



APIE LEI



**INSTITUTAS – TARPTAUTINIŲ
MASTŲ PRIPAŽINTAS
ENERGETIKOS IR SUSIJUSIŲ
SRIČIŲ MOKSLŲ, INOVACIJŲ
IR TECHNOLOGIJŲ
KOMPETENCIJOS CENTRAS.**

Misija:

Vykdyti energetikos, termoinžinerijos, matavimo inžinerijos, medžiagotyros ir ekonomikos sričių tyrimus ir kurti inovacines technologijas, vykdyti mokslinius ir taikomuosius tyrimus, dalyvauti studijų procesuose, perkelti taikomųjų mokslinių tyrimų rezultatus ir atradimus į pramonę ir verslą, konsultuoti valstybės, valdžios, viešąsias, privačias institucijas ir įmones klausimais, susijusiais su Lietuvos darnios energetikos plėtra, aktyviai bendradarbiauti su aukštosiomis mokyklomis rengiant specialistus Lietuvos mokslui ir ūkiui.

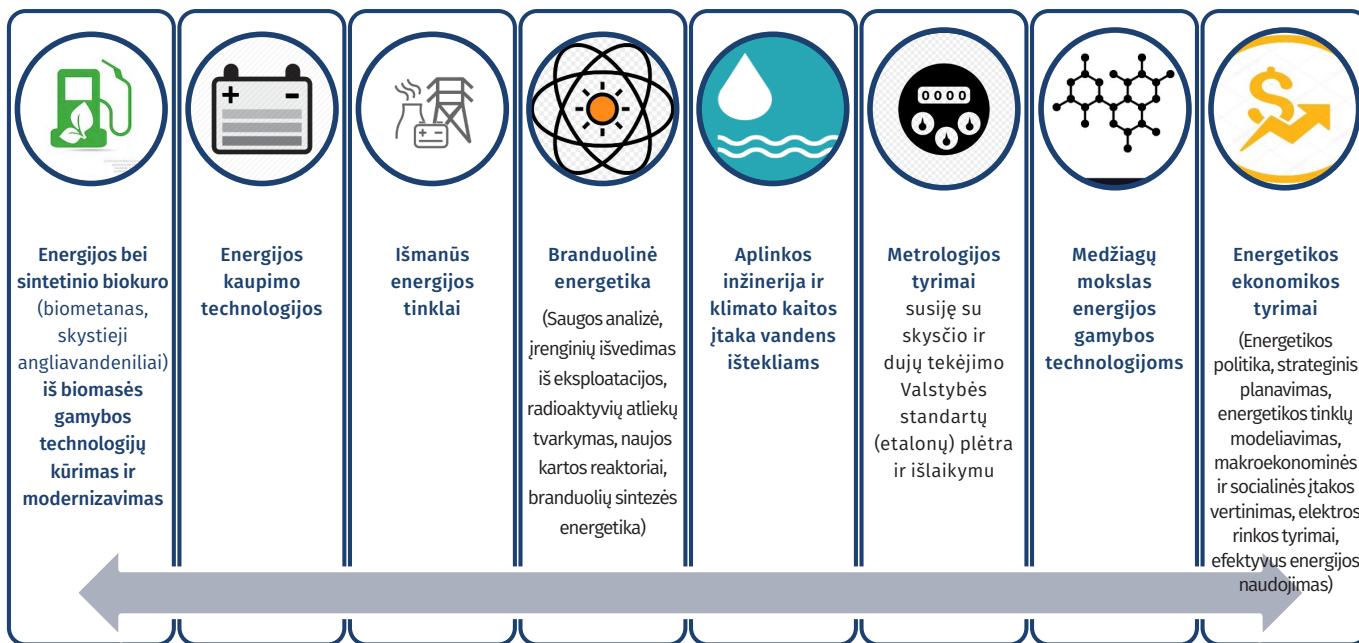
Instituto veiklos tikslai

- vykdyti ilgalaikius tarptautinio lygio fundamentinius ir taikomuosius mokslinius tyrimus, eksperimentinės plėtros darbus, kurių reikia darniai Lietuvos energetikos ir kitų Lietuvos ūkio šakų plėtrai ir integracijai į Europos energetikos sistemas ir Europos mokslinių tyrimų erdvę;
- bendradarbiaujant su verslo, valdžios ir visuomenės subjektais, perkelti mokslo žinias į techniškai ir komerciškai naudingus procesus ir įrenginius, užtikrinančius inovacinių energetikos technologijų plėtrą, energetikos objektų ir sistemų ekonomiškumą ir saugumą, energetikos išteklių efektyvų naudojimą ir tausojimą, aplinkos taršos mažinimą ir klimato atšilimo lėtinimą;
- skleisti visuomenėje mokslo žinias, skatinti inovacijomis ir žiniomis grindžiamos Lietuvos ekonomikos kūrimą;
- aktyviai dalyvauti Europos Sąjungos programose ir tarptautiniuose projektuose, plėsti bendradarbiavimą su analogiškais pasaulio mokslinių tyrimų centrais.

Instituto veiklos sritys

– technologijos ir socialinių mokslų sričių moksliniai tyrimai ir eksperimentinė veikla.

LEI mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (MTEP) kryptys



Instituto mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros kryptys:

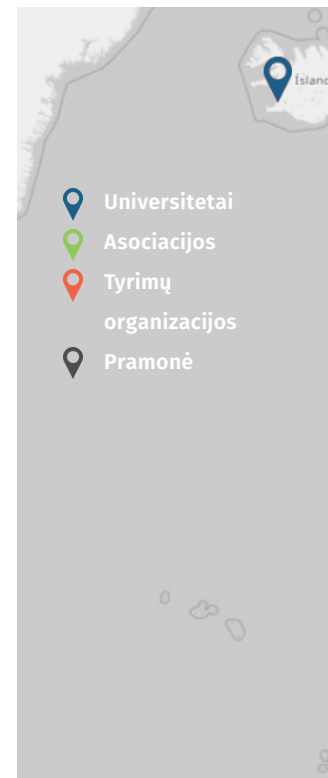
1. šiluminės fizikos, dujų ir skysčių dinamikos bei metrologijos tyrimai;
2. medžiagų, procesų ir technologijų tyrimai, skirti atsinaujinantiems energijos šaltiniams naudoti, vandenilio energetikai plėtoti, energetikos ištekliams efektyviai naudoti ir aplinkos taršai mažinti;
3. branduolinės ir termobranduolinės energetikos, kitų pramonės objektų saugos ir patikimumo tyrimai;
4. branduolinių atliekų tvarkymo, taip pat nutraukiant Ignalinos atominės elektrinės eksploatavimą, metodai;
5. energetikos sistemų modeliavimas ir valdymas, energetikos ekonomika.

LEI skaičiais

230+	darbuotojų
130+	mokslininkų
20+	doktorantų
10	mokslinių laboratorijų
10 mln. Eur	MTEP įrangos vertė
7+ mln. Eur	metinės pajamos
60	MTEP sutarčių per metus

Narystė tarptautinėse organizacijose

- **European Energy Research Alliance (EERA)**
- World Bioenergy Association (WBA)
- European Safety, Reliability & Data Association (ESReDA)
- European Network of Freshwater Research Organisations (EurAqua)
- The European Association of National Metrology Institutes (EURAMET)
- Euro-Asian cooperation of national metrological institutions (COOMET)
- International Energy Agency Hydrogen Implementation Agreement (IEA HIA)
- Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP)
- Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform (IGD-TP)
- European Technical Support Organisations Network (ETSON)



EERA narių žemėlapis



Šaltinis: <https://www.eera-set.eu/about-us/members.html>

Ilgalaikės mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programos (vykdomos 2017-2022 m.):

Ateities energetikos technologijų kūrimas, jų saugos ir patikimumo tyrimai.

2017 - 2021 m., vadovas – habil. dr. Eugenijus Ušpuras / dr. Raimondas Pabarčius

Jonizuojančios spinduliuotės poveikio bei kitų, su atominėmis elektrinių eksploatavimo nutraukimu susijusių problemų, tyrimas.

2017 - 2021 m., vadovas – dr. Artūras Šmaižys

Energetikos darnios raidos modeliavimas ir valdymo tyrimas.

2017 - 2021 m., vadovas – dr. Dalia Štreimikienė

Inovatyviose technologinėse sistemose vykstančių šiluminės ir hidrodinaminės procesų dėsningumų tyrimai.

2017 - 2021 m., vadovas – dr. Robertas Poškas

Atsinaujančių energijos išteklių plėtros prognozės, efektyvaus naudojimo ir socialinio poveikio tyrimas.

2017 - 2021 m., vadovas – dr. Mantas Marčiukaitis

LEI DARBUOTOJŲ PASIEKIMAI



LR Prezidentė Dalia Grybauskaitė įteikia Valstybės apdovanojimą Habil. Dr. Vaclovui Miškiniui

Vasario 16-osios – Lietuvos valstybės atkūrimo dienos proga už nuopelnus Lietuvos Respublikai ir už Lietuvos vardo garsinimą pasaulyje Lietuvos didžiojo kunigaikščio Gedimino ordino Riterio kryžiumi apdovanotas Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorijos vyriausiasis mokslo darbuotojas, energetikos planavimo ekspertas, aktyvus nacionalinės energetikos sistemos puoselėtojas, profesorius, habilituotas daktaras Vaclovas Miškinis.



Dr. Jūratė Kriaučiūnienė
vyriausioji mokslo
darbuotoja,
Hidrologijos laboratorijos
vadovė

2019 m. vasario 12 d. įvykusiame Lietuvos mokslų akademijos (LMA) narių visuotiniame susirinkime LMA tikrąja nare išrinkta Lietuvos energetikos instituto vyriausioji mokslo darbuotoja, Hidrologijos laboratorijos vadovė Dr. Jūratė Kriaučiūnienė (Biologijos, medicinos ir geomokslų skyrius – fizinė geografija).



Dr. Gediminas Stankūnas
vyriausias mokslo
darbuotojas,
Branduolinių įrenginių
saugos laboratorija

2019 m. lapkričio 14 d. Lietuvos mokslų akademijos prezidiumo nutarimu Lietuvos energetikos instituto Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos vyriausias mokslo darbuotojas dr. Gediminas Stankūnas (energetika) patvirtintas naujuoju LMA Jaunosios akademijos nariu.

2019 m. gegužės 23 d. CYSENI konferencijos metu Vyduo jaunimo fondo (JAV) įgaliotoji atstovė Lietuvoje p. Jolita Kašalynienė įteikė Prof. Romo Viskantos vardines premijas už 2018 m. pasiekimus instituto jauniesiems mokslininkams:

- v.m.d. Dariui Jakimavičiui
(Hidrologijos laboratorija);
- v.m.d. Simonai Tučkutei
(Vandenilio energetikos technologijų centras).

Institute stažotę atlikusi Egipto Arabų Respublikos branduolinės energetikos specialistė Basma Mahmoud Mohammed Fouad BORAI iš Egipto branduolinės ir radiologinės reguliavimo tarnybos ENRRA buvo apdovanota Europos Komisijos tarptautinio ben-

dradarbiavimo ir plėtros skyriaus garbės ženklų už mokymuose pasiektus rezultatus. Apdovanojimas įteiktas EUROSAFE forume, kuris vyko Kelne (Vokietija) 2019 m. lapkričio 4-5 dienomis.



Basmai Borai įteikiamas Europos Komisijos tarptautinio bendradarbiavimo ir plėtros skyriaus garbės ženklas

MOKSLINĖS VEIKLOS RODIKLIAI

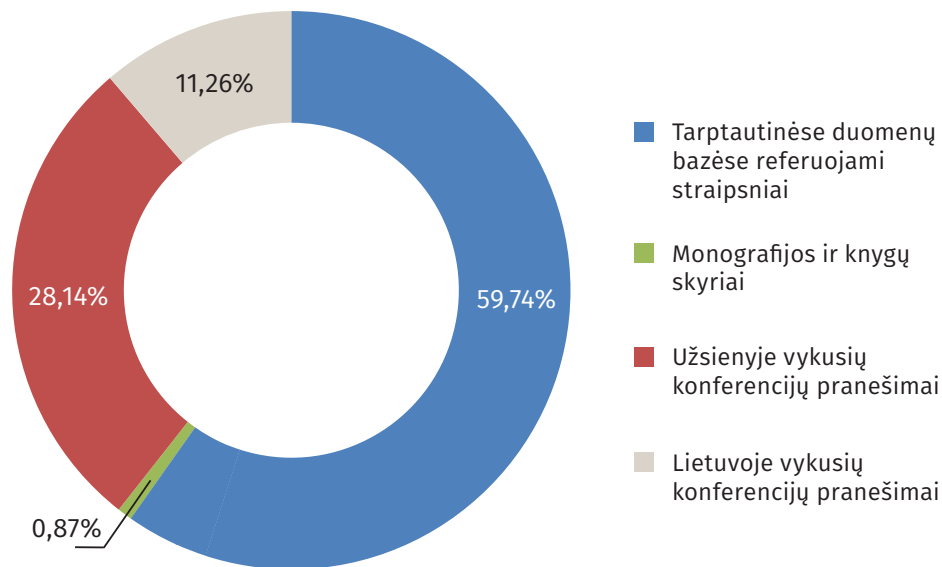


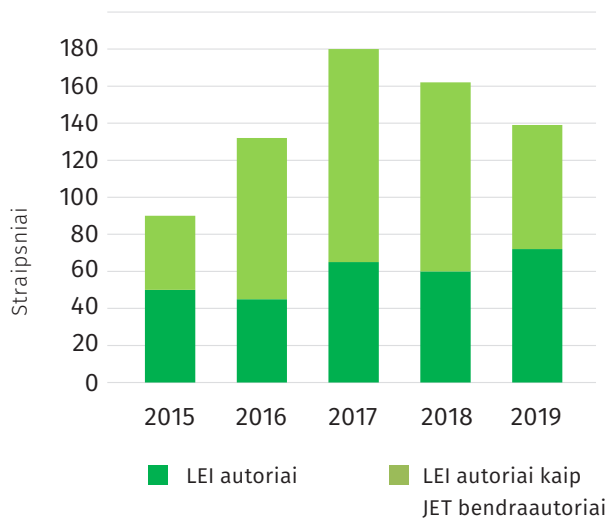
Mokslinių tyrimų rezultatų publikavimas

Instituto 2019 m. publikacijų struktūra

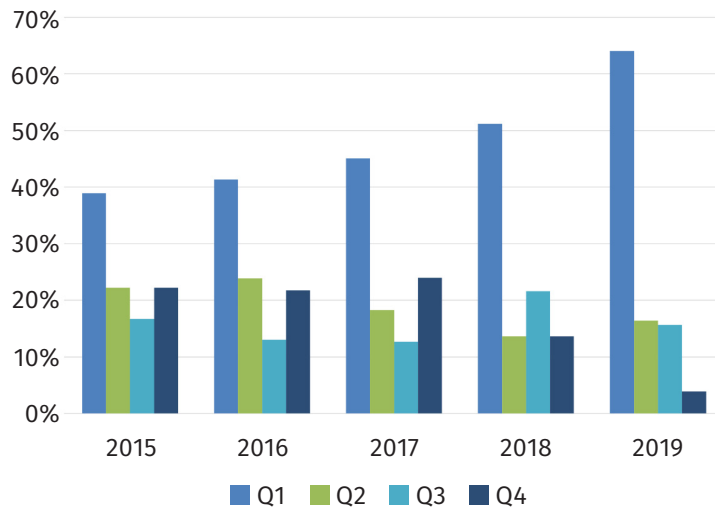
2019 m. publikuota 206
mokslinių tyrimų.

Daugiausia (57 proc.)
jų publikuota Clarivate
Analytics Web of Science
duomenų bazėje.





Clarivate Analytics WoS duomenų bazėje
referuojamų straipsnių dinamika



Clarivate Analytics WoS duomenų bazėje
referuojamų straipsnių dinamika pagal kvartiles

Horizontas 2020

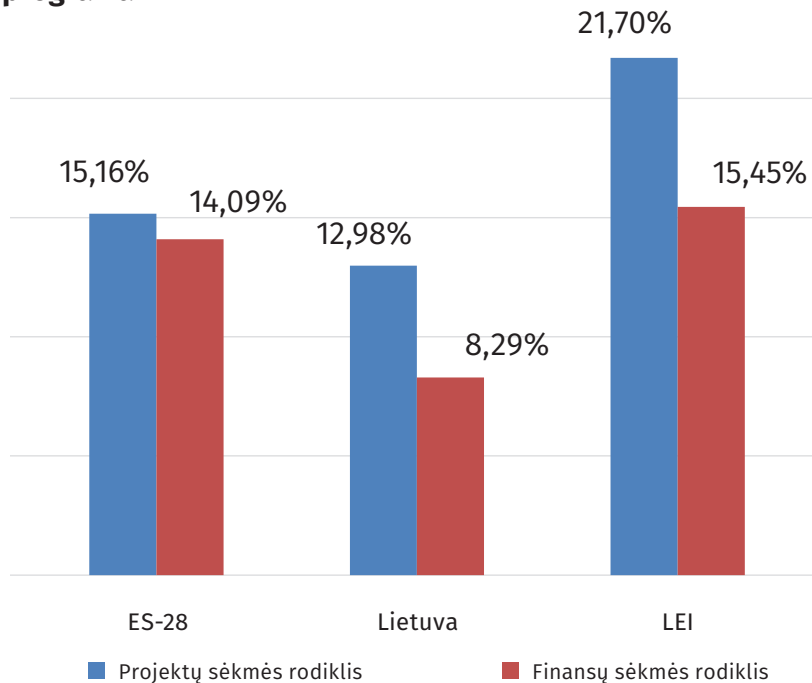
ES bendroji mokslinių tyrimų ir inovacijų programa

LEI koordinavo 2 iš 20
Horizontas 2020 projektų.

Instituto H2020 sėkmės rodikliai

LEI dalyvavimo Horizontas
2020 programoje sėkmės
rodikliai lenkia ES šalių
vidurkį.

Europos Komisijos
2020.01.06 d. duomenimis.



PAGAL LAIMĖTŲ PROGRAMOS

„HORIZONTAS 2020“

PROJEKTŲ SKAIČIŲ LEI YRA

TREČIOJE VIETOJE TARP VISŲ

LIETUVOS INSTITUCIJŲ IR

ĮMONIŲ.

ĮVERTINTOS 108 LEI TEIKTOS

PARAIŠKOS:

23 PARAIŠKOS FINANSUOTOS.

Lietuvos energetikos instituto projektai tarptautinėse programose (portfolio):

- Horizontas 2020 – 20 projektų
- 7 Bendroji programa – 24 projektai
- 6 Bendroji progama – 14 projektų
- 5 Bendroji programa – 11 projektų
- Pažangi energetika Europai – 31 projektas
- TATENA – 14 projektų
- EuropeAid – 4 projektai
- COST programa – 25 projektai
- EUREKA – 4 projektai
- INTERREG programos – 4 projektai
- Šiaurės energetikos tyrimų programa
Nordic Energy Research Programme (NERP) –
2 projektai

H2020 programos projektai, pradėti 2019 m.

1. Management and Uncertainties of Severe Accidents (MUSA), koordinatorius CIEMAT, Ispanija
2. Reduction of radiological consequences of design basis and design extension accidents (R2CA), koordinatorius IRSN, Prancūzija
3. Towards European licensing of Small Modular Reactors (ELSMOR), koordinatorius VTT, Suomija
4. StakeHolder-based Analysis of Research for Decommissioning (SHARE), koordinatorius CEA, Prancūzija
5. Enabling On-Bill Financing for Residential Building Energy Efficiency Renovations in Europe (Ren-on-Bill), koordinatorius Creara Consultories SL, Ispanija
6. Monitoring EU energy efficiency first principle and policy implementation (ODYSSEE-MURE), koordinatorius ADEME, Prancūzija
7. European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD), koordinatorius ANDRA, Prancūzija



MUSA




ELSMOR
Towards European Licensing of
Small Modular Reactors



SHARE
A roadmap for research
in Decommissioning



RENONBILL



ODYSSEE-MURE



eurad
European Joint Programme
on Radioactive Waste Management

DOKTORANTŪROS STUDIJS LEI



Doktorantūros studijos

LEI, bendradarbiaudamas su Lietuvos universitetais, vykdo jungtines doktorantūros studijas šiose mokslo srityse:



Energetikos ir termoinžinerijos
mokslo kryptyje (T 006)



Aplinkos inžinerijos
mokslo kryptyje (T 004)



Ekonomikos mokslo
kryptyje (S 004)

Technologijos mokslų srityje, kartu su Kauno technologijos universitetu (KTU) ir Vytauto Didžiojo universitetu (VDU).

Socialinių mokslų srityje, kartu su Kauno technologijos universitetu (KTU) ir Klaipėdos universitetu (KU).

Doktorantūra skaičiais

1992-2019 m. Lietuvos
energetikos institute apgintos
78 daktaro disertacijos

2019 m. priimta 10 doktorantų

2019 m. pabaigoje studijavo
24 doktorantai.

2019 m. apgintos 4 daktaro disertacijos:

- **Marius Praspaliauskas.** Tema – „Nuotekų dumblo pirolizės proceso produktų ir susidariusios kietosios frakcijos įtakos pluoštinės kanapės biomasės prieaugiui tyrimas“ (technologijos mokslai, energetika ir termoinžinerija). Mokslinis vadovas – dr. Nerijus Striūgas.
- **Vytautas Akstinas.** Tema – „Lietuvos upių potvynių ir jų rizikos vertinimas klimato kaitos sąlygomis“ (technologijos mokslai, aplinkos inžinerija). Mokslinis vadovas – dr. Jūratė Kriaučiūnienė.
- **Edgaras Misiulis.** Tema – „Kraujo tekėjimo tamprose arterijose skaitinis tyrimas“ (technologijos mokslai, energetika ir termoinžinerija). Mokslinis vadovas – dr. Algis Džiugys.
- **Andrius Tidikas.** Tema – „Branduolių sintezės įrenginiuose vykstančių neutronų pernešimo ir radiacinių procesų tyrimas“ (technologijos mokslai, energetika ir termoinžinerija). Mokslinis vadovas – dr. Gediminas Stankūnas.



CYSENI konferencija

LEI nuo 2003 metų organizuoja tarptautinę doktorantų ir jaunųjų mokslininkų konferenciją „Jaunoji energetika“ (CYSENI).

Pagrindinis konferencijos tikslas – aptarti energetikos sektoriaus klausimus ir pasaulines perspektyvas; o taip pat suteikti jauniems mokslininkams platformą tobulinti savo įgūdžius ir plėsti profesinį tinklą.

Į konferenciją kaip pranešėjai ir dalyviai kviečiami doktorantai, postdoktorantai, magistrantai ir visi kiti jaunieji mokslininkai, atliekantys tyrimus energetikos srityje.

DALYVAVIMAS KONFERENCIJOJE NEMOKAMAS.



DAUGIAU INFORMACIJOS
KONFERENCIJOS
SVETAINĖJE:
WWW.CYSENI.COM.

FINANSINĖS VEIKLOS RODIKLIAI



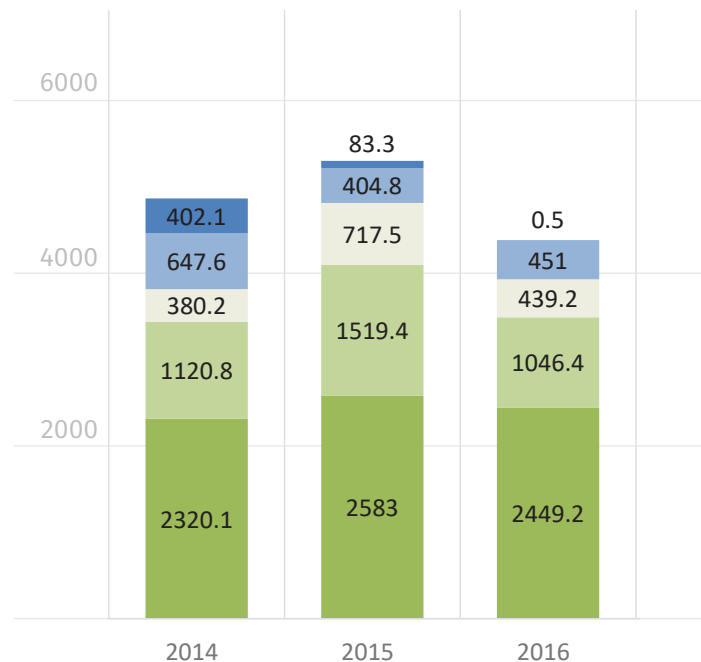
Major price changes FTSE 100 Week on Week			
	Volume	Close	Change
Risers 65			
NMC Health	2.73m	1557	15.41pc
Centrica	16.17m	92	8.30pc
Taylor Wimpey	11.17m	212	7.46pc
Euraz	4.51m	418	7.08pc
Persimmon	1.15m	2891	6.84pc
Avesa Group	0.83m	5055	6.56pc
Unl. Utilities	1.98m	1003	5.97pc
Oracle Group	0.86m	1334	5.95pc
Barratt Dev	3.53m	799	5.71pc
Systems	5.87m	624	5.36pc
	1.54m	2329	5.05pc
	1.90m	874	5.04pc
		2583	5.01pc
		1708	4.91pc

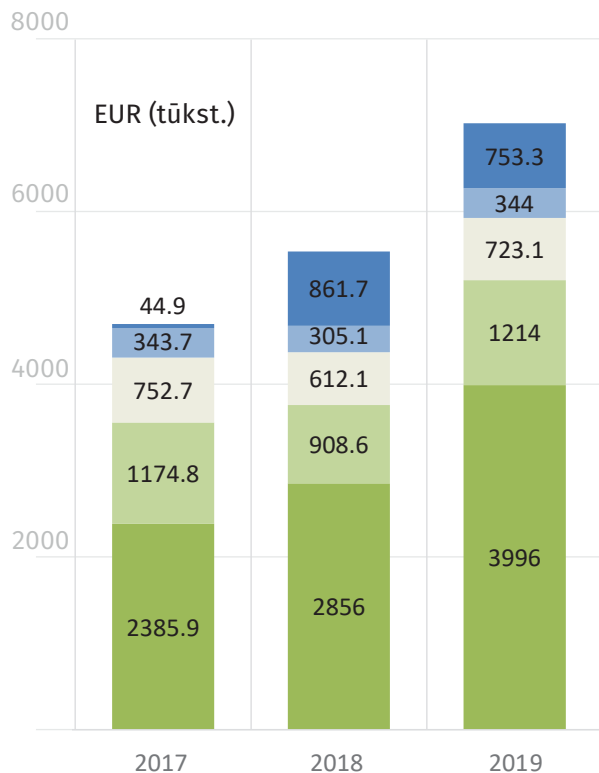
	Volume	Close	Change
Fallers 34			
Pearson	6.81m	588	-6.24pc
Smith (DS)	3.98m	358	-4.55pc
Royal Bk Scot	9.63m	1604	-4.41pc
Mondi	1.64m	1416	-4.18pc
Prudential	7.99m	184	-3.89pc
BT Group	17.98m	89	-3.89pc
TUT AG	1.75m	184	-3.89pc
WPP	3.90m	0.50m	-3.89pc
Smurfit Kappa	0.77m	0.77m	-3.89pc
Whitbread	0.77m	0.77m	-3.89pc
Flutter Entmtnt	0.77m	0.77m	-3.89pc
Johnson Matt	0.77m	0.77m	-3.89pc
Barclays	0.77m	0.77m	-3.89pc
Lloyds Bk	0.77m	0.77m	-3.89pc
St Jam	0.77m	0.77m	-3.89pc
Har	0.77m	0.77m	-3.89pc

Finansiniai rodikliai

Finansų dinamika 2014-2019 m.

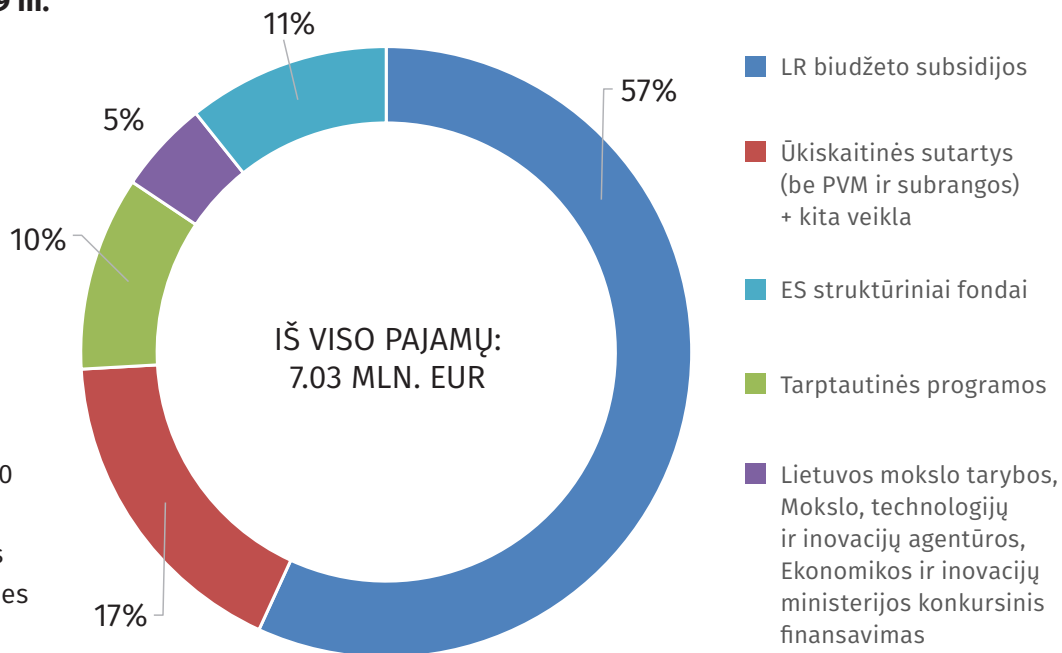
Valstybės biudžeto subsidijos ir finansavimas iš kitų šaltinių per pastaruosius dvejus metus gerokai padidėjo. Tai buvo pasiekta LEI tyrėjams aktyviai dalyvaujant nacionaliniuose ir tarptautiniuose projektuose bei dėl tarptautinių ekspertų gero instituto rezultatų įvertinimo. Instituto pajamos per pastaruosius dvejus metus išaugo 50%.





- Biudžeto subsidijos** – finansavimas iš LR biudžeto pagal pasiektus rezultatus.
- Tarptautinių programų lėšos** – per ataskaitinius metus gautos lėšos už įgyvendinamų tarptautinių programų (H2020, INTERREG, EuropeAid, TATENA) projektų rezultatus.
- Ūkiskaitinės sutartys** – už ūkio subjektams atliktas paslaugas ir darbus gautos lėšos.
- ES SF konkursinis finansavimas** – ES Struktūrinių fondų finansuojamų projektų lėšos.
- LMT, MITA, LR EIM konkursinis finansavimas** – konkursiniu būdu laimėtų valstybės institucijų finansuojamų projektų gautos lėšos.

Pajamų struktūra 2019 m. (be PVM ir subrangos)



LEI kasmet vykdo apie 60 MTEP užsakymų verslo subjektams. Didelė dalis pajamų uždirbamos paties instituto.



LABORATORIJŲ PASIEKIMAI

LABORATORIJŲ PASIEKIMAI



SVARBIAUSI LIETUVOS

ENERGETIKOS INSTITUTE

VEIKIANČIŲ MOKSLO

PADALINIŲ - LABORATORIJŲ

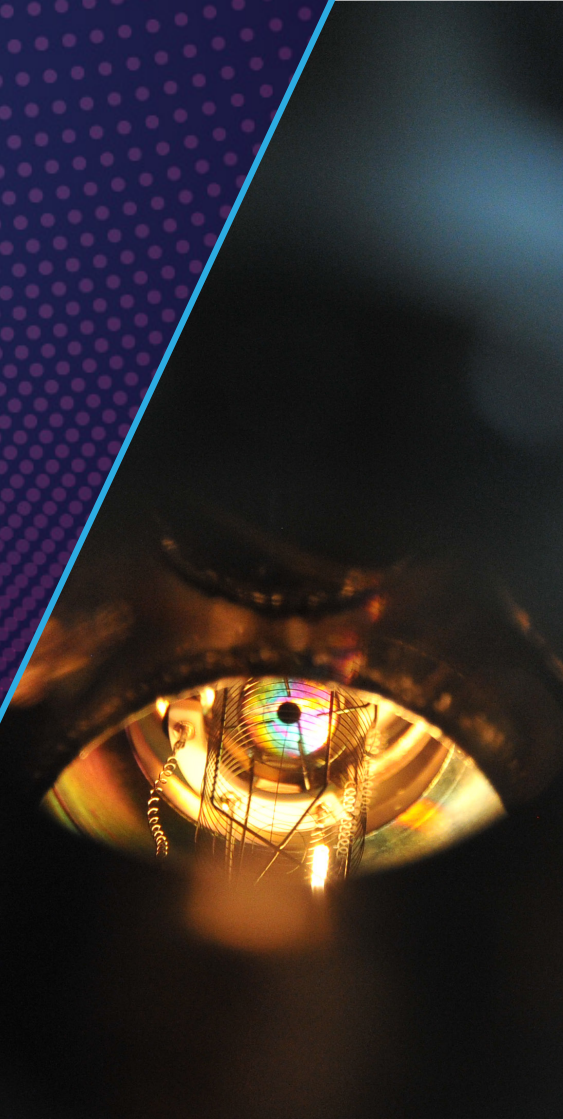
PASIEKIMAI 2019 M.

Lietuvos energetikos instituto mokslo padaliniai:

- Vandenilio energetikos technologijų centras
- Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorija
- Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorija
- Degimo procesų laboratorija
- Plazminių technologijų laboratorija
- Medžiagų tyrimų ir bandymų laboratorija
- Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorija
- Hidrologijos laboratorija
- Branduolinių įrenginių saugos Laboratorija
- Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija

VANDENILIO TYRIMAI IR NANOTECHNOLOGIJOS

VANDENILIO ENERGETIKOS
TECHNOLOGIJŲ CENTRAS



Vandenilio energetikos technologijų centras

Pagrindinės centro tyrimų kryptys

- Tyrimai vandenilio energetikos technologijų srityje: vandenilio atskyrimo membranų sintezė ir savybių analizė; vandenilio gavyba, panaudojant tiesiogines vandens ir plazmoje aktyvuotų metalų reakcijas, vandenilio saugojimas metalų hidriduose; vandenilio kuro elementų sintezė, panaudojant fizikines garinimo technologijas.
- Nikelio – metalų hidridų baterijų elektrodus sudarančių medžiagų savybių tyrimas.
- Metalų oksidų ir oksihidridų sintezė bei pritaikymas fotokatalitiniam vandens valymui, fotochrominiams įtaisams ir kt.
- Nanoklasterių, skirtų biologiniams objektams (augalų augimo aktyvavimas, patogeninių darynių naikinimas) sintezė ir savybių analizė.

2019 m. svarbiausias laboratorijos pasiekimas:

Sukurtas regimojoje šviesoje fotokatalitiškai aktyvių ZnO dangų, turinčių metalinės Zn fazės priemaišų, nusodinimo metodas

Metodas leidžia reaktyvaus magnetroninio dulkinimo metu dinamiškai stabilizuoti metalo-oksido formavimo režimų virsmą ir nepusiausvyrinėmis sąlygomis formuoti mišrios metalinės (Zn) ir oksiduotos (ZnO) cinko fazių sudėties dangas.

Metodo privalumai: plačiame diapazone kontroliuojama dangų mikrostruktūra ir optinės savybės; sumažintas draustinės juostos plotis; į regimąją sritį praplėstas fotokatalitinis ZnO aktyvumas.

Potencialus taikymas: užteršto vandens dezinfekavimas, LED, mikroelektronika ir kt.

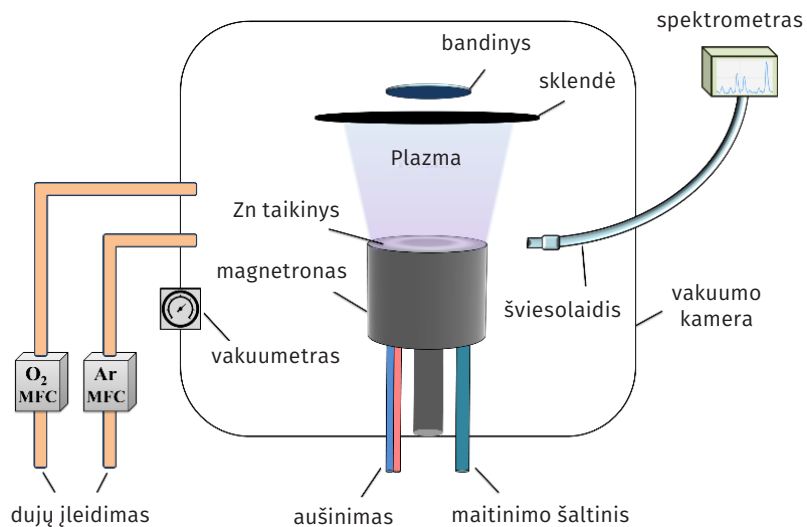
Išduotas LR patentas „Fotokatalitiškai aktyvių cinko oksido dangų turinčių metalinės cinko fazės priemaišų nusodinimo metodas“, numeris 6731.

[Darbai atlikti TiZO projekto 09.3.3-LMT-K712-01-0175 metu, kuris finansuojamas pagal LMT priemonę „Mokslininkų, kitų tyrėjų, studentų mokslinės kompetencijos ugdymas per praktinę mokslinę veiklą“].



**Regimojoje šviesoje
fotokatalitiškai aktyvių ZnO
dangų, turinčių metalinės Zn
fazės priemaišų, nusodinimo
metodas**

Naujas dujų sudėties valdymo būdas praplečia reaktyvaus magnetroninio nusodinimo proceso stabilaus darbo sritį ir leidžia formuoti fotokatalitiškai aktyvias cinko oksido dangas turinčias kontroliuojamą metalinio cinko fazės priemaišų kiekį.



ENERGETIKOS SEKTORIAUS PLĖTROS ANALIZĖ

ENERGETIKOS KOMPLEKSIŲ
TYRIMŲ LABORATORIJA



Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- Ekonominis modeliavimas mikro ir makro lygmeniu, ekonominių ir socialinių problemų analizė ir sprendimas, įvairaus pobūdžio (mikrosimuliacinių, sąnaudų-produkcijos, bendrosios pusiausvyros) ekonominių modelių kūrimas ir taikymas.
- Įvairių sistemų, susijusių su ekonomikos dekarbonizacija ir klimato kaitos švelninimu, raidos ir funkcionavimo analizė ir matematinis modeliavimas, įskaitant įvairių sistemų (techninių, gamtinių ir socialinių) integracijos, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo ir poveikio supančiai aplinkai kompleksinius tyrimus.
- Vidutinės ir ilgalaikės trukmės raidos scenarijų formavimas ir analizė, politikos formavimas.
- Elektros energetikos sistemų generavimo šaltinių ir ryšio linijų pajėgumų optimalus paskirstymas gamybos, rezervavimo ir balansavimo veikloms, atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių energijos generavimo šaltinių nepastovios generacijos balansavimo galimybių tyrimai.
- Transporto dekarbonizavimo tyrimai. Elektromobilių išmaniojo įkrovimo bei alternatyvių degalų gamybos galimybių panaudojimo atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių energijos gamybos šaltinių nepastovios generacijos balansavimo galimybių tyrimai.

- Pastatų atnaujinimo ir naujų energetiškai efektyvių pastatų ilgalaikės raidos sąsajų su energetikos sistemų vystymu tyrimai.
- Energetikos įtakos aplinkai vertinimas, teršalų mažinimo technologijų ir aplinkosaugos priemonių analizė bei jų poveikio vertinimas.
- Atsinaujinančių energijos išteklių integravimo ir energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemonių analizė, poveikio vertinimas ir rekomendacijų rengimas.
- Klimato kaitos švelninimo bei vartotojų elgsenos pokyčių skatinimo namų ūkiuose tyrimai, gyventojų preferencijų šioje srityje vertinimas ir integravimas, taikant pasirenkimo mokėti už klimato kaitos švelninimą vertinimo ir kitus metodus bei klimato kaitos švelninimo politikos nuostatų šioje srityje formavimas.
- Gerovės visuomenės kūrimui skirtų modernių vadybos ir rinkodaros sprendimų energetikoje paieška ir tyrimai

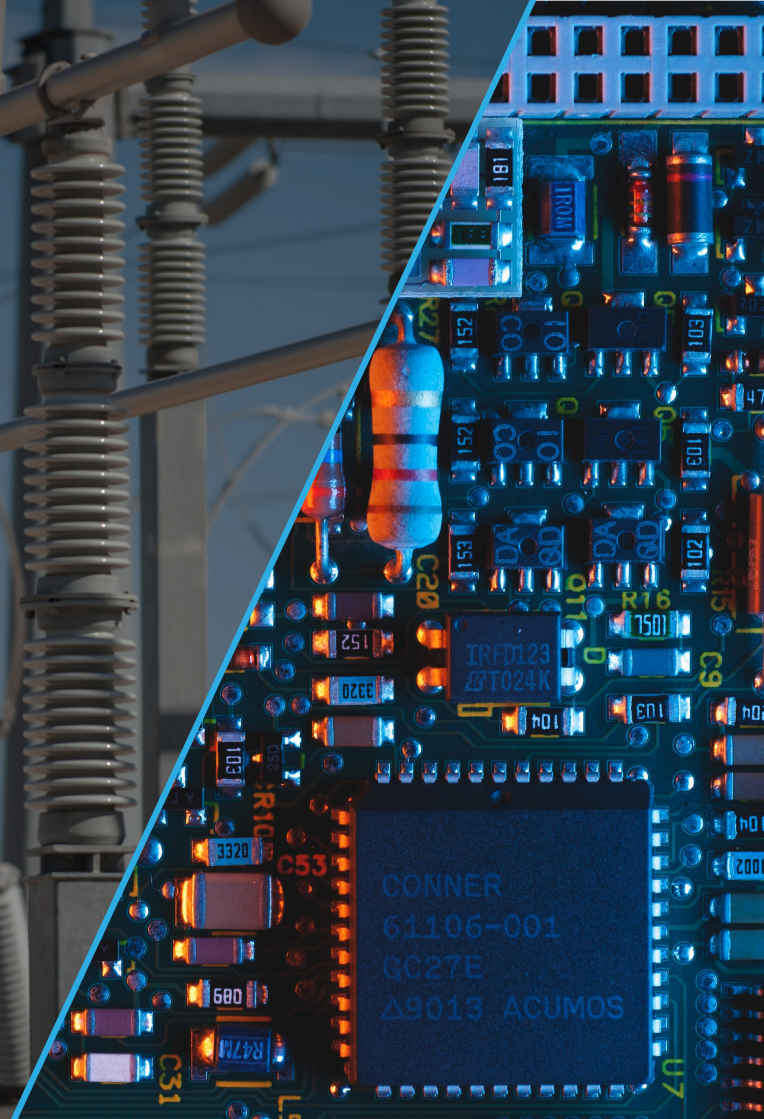


2019 m. svarbiausias laboratorijos pasiekimas:

- Baigtas H2020 projektas REEEM, kuriame:
 - » Kartu su Štutgarto universiteto mokslininkais parengtos rekomendacijos dėl energetikos transformacijos socialinių ir ekonominių aspektų.
 - » Kartu su Aalto universiteto mokslininkais parengta inovatyvi energetinio saugumo vertinimo metodika ir Baltijos šalių energetinio saugumo studija.
- AB „Ignitis gamyba“ užsakymu sukurta metodika, leidžianti įvertinti elektros energijos kaupimo įrenginių diegimo elektros energetikos sistemoje socioekonominės pasekmės.
- Padaryta reikšminga pažanga kuriant šalies transporto sektoriaus raidos ir dekarbonizavimo ilgalaikėje perspektyvoje matematinį modelį (išmanaus elektromobilių įkrovimo modeliavimas, transporto priemonių pasiskirstymo pagal amžių įvertinimas ir kt.) (TATENA koordinuojamas projektas).
- Išmetamų į atmosferą teršalų nacionalinių emisijos faktorių nustatymas energetikos, pramonės ir žemės ūkio veiklose (kartu su FTMC, LMT Reikminių tyrimų projektas).

ENERGETIKOS SYSTEMŲ VALDYMAS

SISTEMŲ VALDYMO
IR AUTOMATIZAVIMO
LABORATORIJA



Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- Energetikos sistemų ir tinklų matematinis modeliavimas ir valdymo problemų tyrimas.
- Energetikos sistemų informacinių ir valdymo sistemų modeliavimas ir optimizavimo tyrimai.
- Atsinaujinančių išteklių energetikos technologijų integravimo į elektros energetikos sistemas tyrimai.



2019 m. svarbiausias laboratorijos pasiekimas:

Baigtas įgyvendinti H2020 projektas „EnergyKeeper“. LEI mokslininkai prisidėjo kuriant srautinės baterijos išmaniąją valdymo sistemą ir jos algoritmus, skirtus energijos kaupimui ir papildomų/sisteminių paslaugų (dažnio ir įtampos valdymas) teikimui, kurie leis optimizuoti savininkų/ vartotojų pajamas.

Projekto grupė – 10 partnerių iš 6 šalių.

Projekto trukmė – 36 mėn.,

2017 01 01 – 2019 12 31.

Projekto sąmata – 4 mln. Eur.





DEGIMO PROCESŲ TYRIMAI

DEGIMO PROCESŲ
LABORATORIJA



Degimo procesų laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- Dujinio, skysto ir kieto kuro degimo procesų tyrimai;
- Industriinių deginimo įrenginių kūrimas ir jų optimizavimas;
- Biomasės ir nepavojingų atliekų termocheminių (dujinimo, pirolizės, karbonizacijos) procesų tyrimas;
- Skystųjų ir dujinių biodegalų sintezės procesų tyrimas.

Degimo ir termocheminių procesų tyrimai atliekami kuro taupymo, aplinkos taršos mažinimo, medžiagų terminio nukenksminimo bei alternatyvių biokuro ar biodegalų sintezės srityse.

2019 m. svarbiausias laboratorijos pasiekimas:

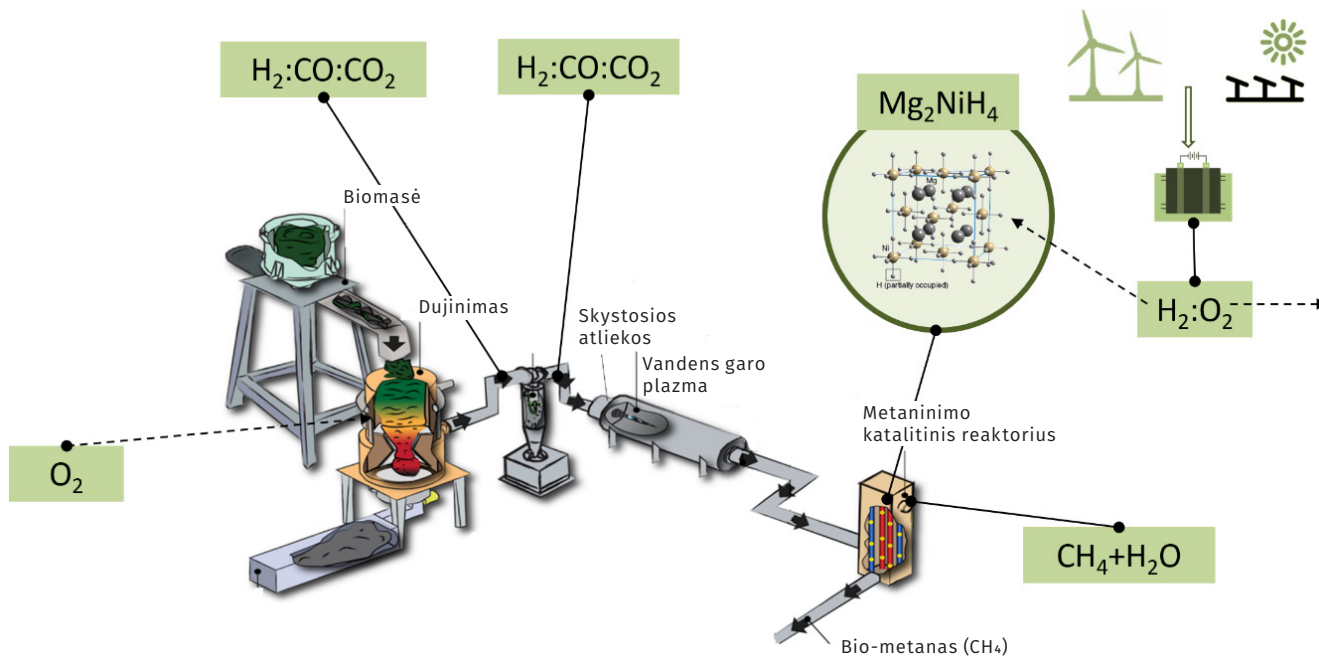
Kuriama termocheminė biometano gamybos technologija.

„Inovatyvios biometano gamybos technologijos sukūrimas taikant katalitinės termocheminės konversijos metodą“. 2017-2021 m.

Projektas bendrai finansuotas iš Europos socialinio fondo lėšų (projekto Nr. 01.2.2-LMT-K-718-01-0005) pagal dotacijos sutartį su Lietuvos mokslo taryba (LMTLT).

Projekto tikslas – padidinti termocheminių biomasės ir atliekų perdirbimo į biometano dujas žinių ir technologijų perdavimo mastą.

Projekto uždavinys - sukurti ir patikrinti inovatyvią biometano gamybos koncepciją

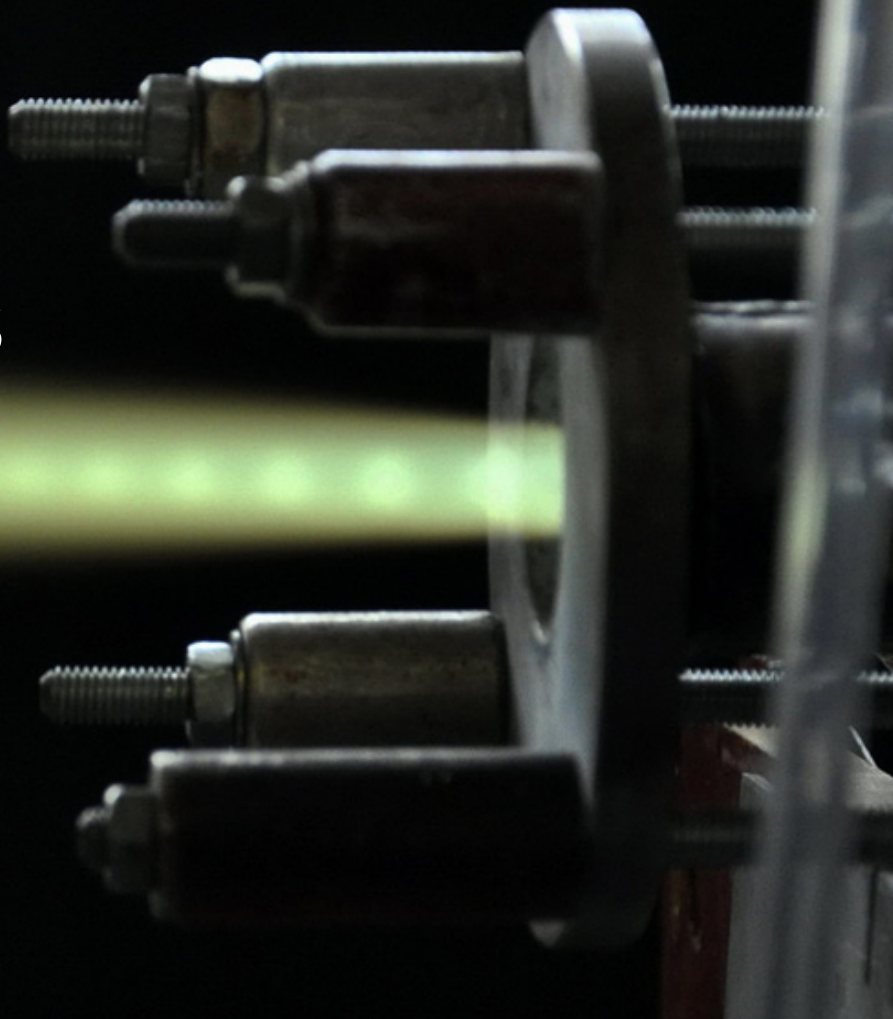


Svarbiausios 2019 m. sutartys:

1. „Sintetinių dujų įtakos degimo proceso pastovumui bei darbui su mažomis emisijomis katiluose tyrimai“
Užsakovas: Lietuvos mokslo taryba
2. „Inovatyvios biometano gamybos technologijos sukūrimas taikant katalitinės termocheminės konversijos metodą“
Užsakovas: Lietuvos mokslo taryba
3. „Lanksti kombinuota elektros, šilumos ir automobilinių degalų gamyba iš atsinaujinančių energijos šaltinių“
Užsakovas: Europos Komisija,
programos „Horizontas 2020“ projektas.
4. „Biokuro panaudojimo veiksmingumo didinimo bei taršos mažinimo technologijų tyrimas ir kūrimas“
Projekto partneris – UAB „Enerstena“
Užsakovas: Lietuvos verslo paramos agentūra (LVPA)

PLAZMINĖS TECHNOLOGIJOS

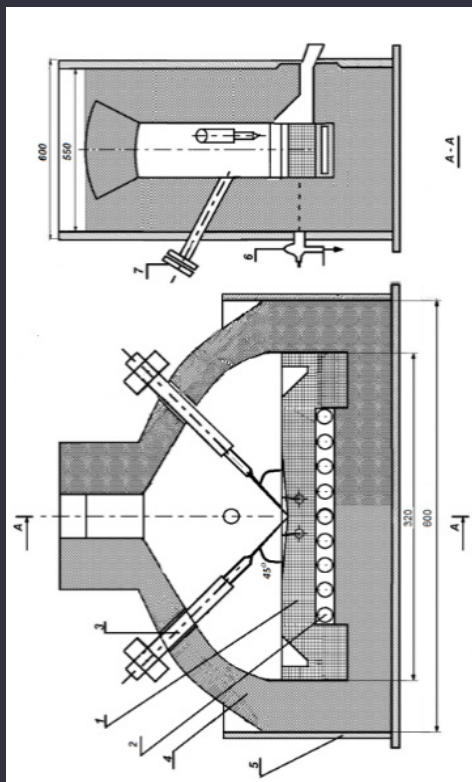
PLAZMINIŲ
TECHNOLOGIJŲ
LABORATORIJA



Plazminių technologijų laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- įvairios paskirties nuolatinės srovės plazmos šaltinių kūrimas ir tyrimas;
- iškrovos kanaluose, plazmos srautuose ir srovėse vykstančių procesų bei reiškinių tyrimas;
- plazmos ir aukštos temperatūros srautų diagnostika bei diagnostikos priemonių kūrimas;
- plazmos srautų ir medžiagų sąveika įvairiuose plazminiuose-technologiniuose procesuose;
- plazminio pavojingų medžiagų neutralizavimo procesų tyrimas ir realizavimas;
- katalizinių ir tribologinių dangų sintezė plazminėje aplinkoje bei jų savybių tyrimas;
- šiluminių ir heterogeninių procesų tyrimas, reaguojantiems produktams aptekant katalizinį paviršių;
- plazminis konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksnių formavimas ir modifikavimas;
- mikro ir nano dispersinių granulių bei mineralinio plaušo iš sunkiai besilydančių medžiagų sintezė ir savybių tyrimas;
- vandens garo plazmos generavimas ir jos panaudojimas kuro konversijai bei pavojingoms atliekoms neutralizuoti;
- vandenilio ir sintetinių dujų sintezė vandens garo plazmoje.



Plazminis reaktorius įvairių medžiagų lydymui ir skaidymui

2019 m. sukurtas, suprojektuotas ir pagamintas inovatyvus eksperimentinis plazmocheminis reaktorius įvairių medžiagų apdorojimui (žr. pav.).

- Laboratorijoje sukurti plazminio įvairių medžiagų skaidymo proceso mokslinai pagrindai;
- ištirtos reaktoriuje degančio elektros lanko charakteristikos;
- identifikuota lanko sąveika su apdorojama medžiaga;
- Ištirtas elektros lanko elgesys ir savybės reakcinėje kameroje.

Reaktoriaus panaudojimas:

- pavojingų medžiagų ir atliekų skaidymas;
- neorganinių metalų oksidų lydymas;
- naujų medžiagų ir lydinių sintezė.



Veikiantis plazmocheminis reaktorius



Išlydytų keramikinių medžiagų pavyzdžiai

2019 m. vykdyti projektai:

INTERREG:

- Anaerobinio perdirbimo, aplinkosaugos paslaugų ir biogeninių medžiagų šalinimo klasterio kūrimas (COASTAL Biogas).

LMT finansuoti projektai:

- „Plazmocheminis reaktorius pavojingų atliekų apdorojimui: sukūrimas, gamyba, tyrimas ir pritaikymas“;
- „Inovatyvios biometano gamybos technologijos sukūrimas taikant katalitinės termocheminės konversijos metodą“;
- „Grafeno oksido ir pereinamųjų metalų oksidų nanostruktūrizuotų kompozitų formavimas, modifikavimas ir tyrimas“.

MEDŽIAGŲ PATIKIMUMAS

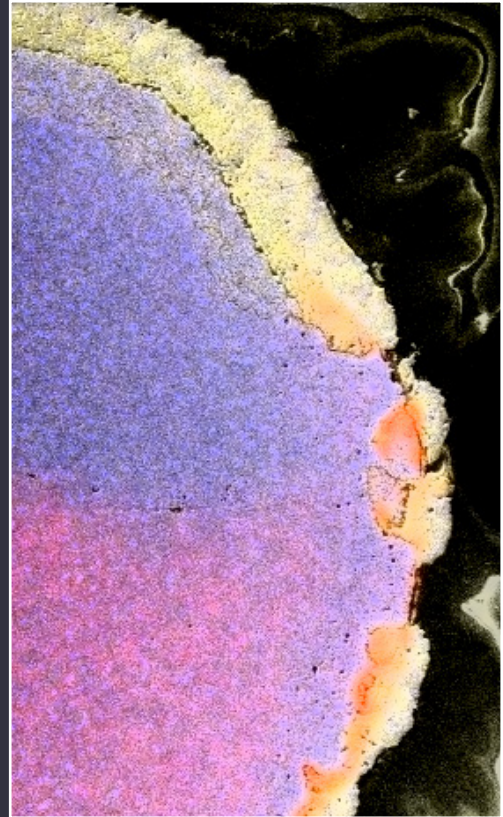
MEDŽIAGŲ TYRIMŲ IR
BANDYMŲ LABORATORIJA



Medžiagų tyrimų ir bandymų laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- Energetinių objektų įrenginių patikimumas: metalų senėjimo procesų ir savybių degradacijos dėl eksploatacijos veiksnių poveikio tyrimai;
- Daugiafunkcinių medžiagų ir kompozitų kūrimas ir tyrimai;
- Medžiagų bandymai, kokybės rodiklių įvertinimas ir analizė.



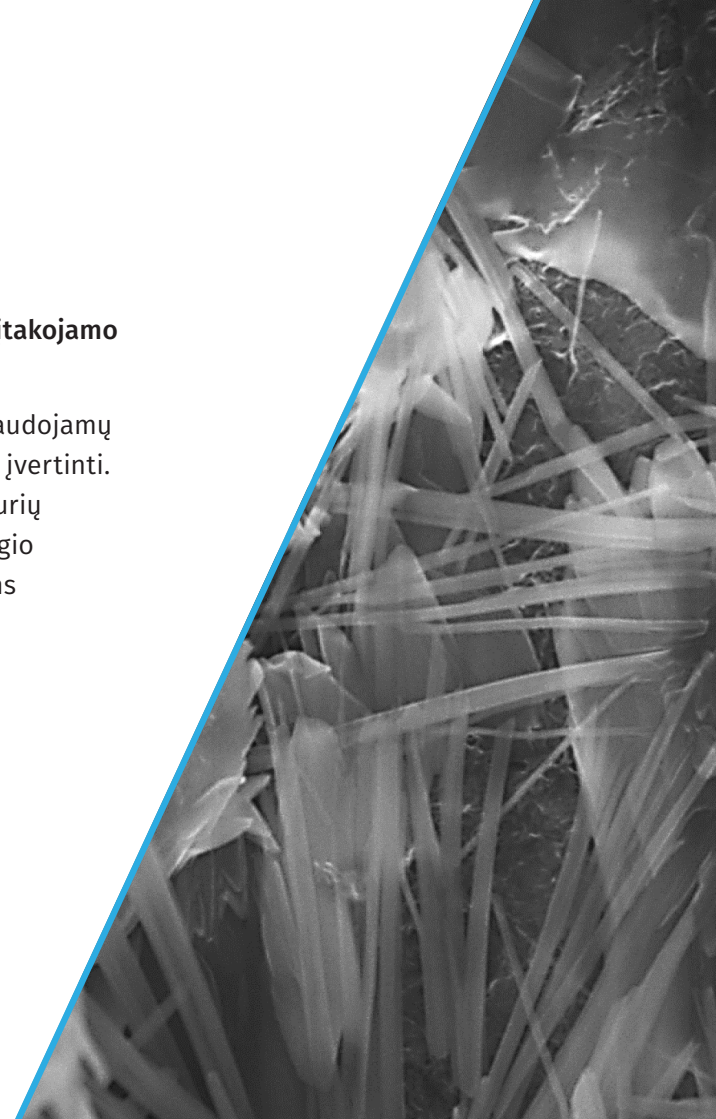
2019 m. svarbiausias laboratorijos pasiekimas:

AE saugos didinimas užpildant duomenų spragas aplinkos įtakojamo nuovargio įvertinime (H2020 projektas INCEFA Plus)

Projekto tikslas – ištirti atominių elektrinių reaktoriuose naudojamų plienų nuovarginį irimą ir pateikti rekomendacijas jų būklei įvertinti. Atlikti austenitinio 304L plieno eksperimentiniai tyrimai, kurių standartizuoti rezultatai gali būti naudojami plienų nuovargio įvertinimo metodikoms, kiek įmanoma labiau atitinkančioms realias AE eksploatacijos sąlygas, sudaryti.

Daugiafunkcinių medžiagų kūrimas ir tyrimai

Susintetinta porėtos heterostruktūros (PHS) ir didelio savitojo paviršiaus ploto medžiaga, kurią galima naudoti kaip metanacijos reakcijos katalizatoriaus pagrindą.



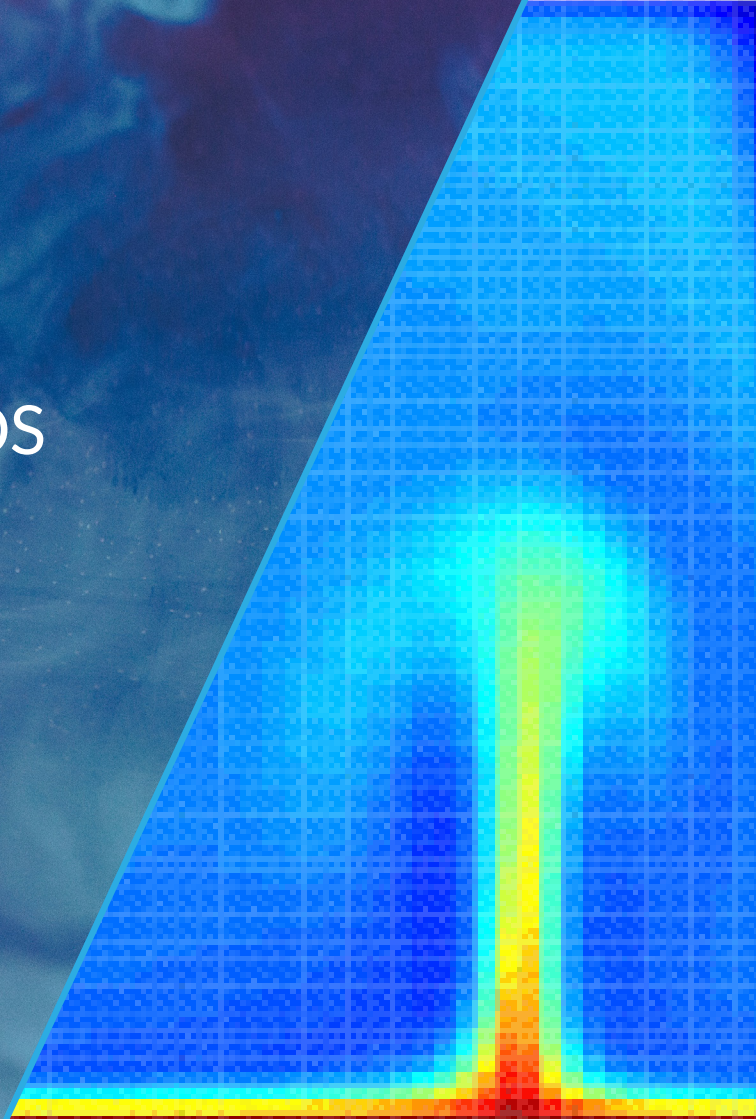
Svarbiausi taikomieji tyrimai:

Laboratorijoje atliekami taikomieji tyrimai pagal sutartis su įmonėmis ir organizacijomis:

- Plieninių cinkuotų vamzdžių, naudojamų karšto vandens vandentiekio sistemoje ir etilenglikolio tiekimo vamzdžių, naudojamų oro kondicionavimo sistemose, korozijos priežasčių analizė, nustatant ją sukeliančius faktorių ir rekomendacijų pateikimas.
Užsakovas: UAB „Kauno arena“.
- Dujų tiekimo sistemoje naudojamų polietileno elektrinio lydymo balno ir vamzdžių jungties sulydymo tyrimas.
Užsakovas: AB „Energijos skirstymo operatorius“.
- 330 kV aukštos įtampos elektros laidų nutrūkimo priežasčių nustatymas.
Užsakovas: AB „Lietuvos energijos gamyba“.
- Vamzdinių elementų tyrimas ir liekamojo resurso įvertinimas.
Užsakovas: AB „ORLEN Lietuva“.
- Paslaugos verslui, vykdant tiriamuosius darbus plastikų, plastikinių vamzdžių, izoliuotų šilumtiekio vamzdžių bei statybinių medžiagų srityse.
- Nuotekų dumblo biomasės dujų oksidavimo likučių panaudojimo cemento pagrindo medžiagose tyrimai; dvikomponenčių ir trikomponenčių sistemų deriniai su nanomedžiagomis, siekiant pagerinti funkcines ir aplinkosaugines savybes.

SRAUTŲ DINAMIKOS IR ŠILUMOS PERNAŠOS TYRIMAI

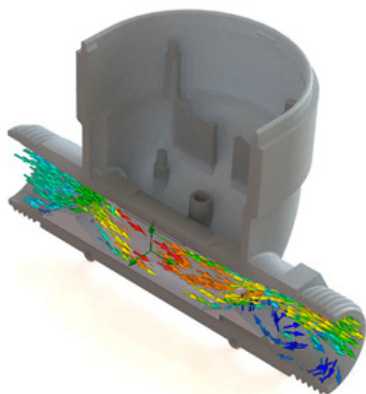
ŠILUMINIŲ ĮRENGIMŲ TYRIMO IR
BANDYMŲ LABORATORIJA



Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

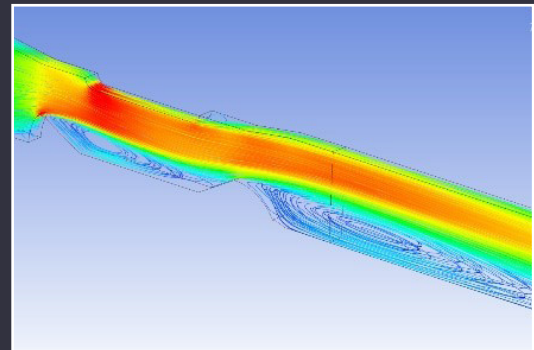
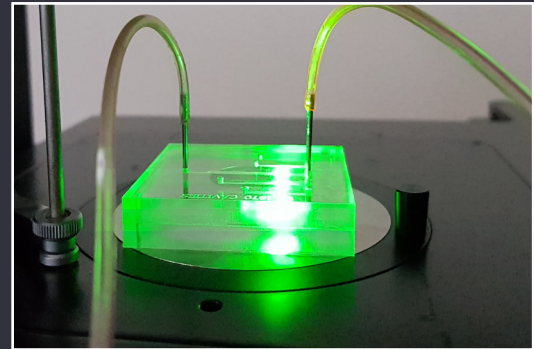
Efektyvaus atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimo procesai ir technologijos bei aplinkos taršos mažinimas:



- emisijų formavimosi procesai šiluminiuose įrenginiuose ir jų mažinimas;
- kietojo biokuro ir kietojo atgautojo kuro fizikinės ir šiluminės savybės;
- kietojo biokuro dinamika ir šilumos konversija judančio ardyno ir verdančio sluoksnio įrenginiuose;
- kietojo biokuro džiovinimas;
- kietojo kuro šilumos konversijos procesai (degimas, dujinimas);
- kuro paruošimo metodai ir naudojamos technologijos;
- mažos galios katilų ir šildymo įrenginių, deginančių kietąjį kurą, bandymai ir atitikties vertinimai.

Šiluminė fizika, skysčių mechanika ir metrologija:

- srautų dinamika ribotų matmenų ir įvairios geometrijos kanaluose bei kamerose;
- dujų mišinių pralaidumas pro membranas;
- kietųjų dalelių emisijų mažinimas;
- srautų dinamika elastinguose kanaluose;
- ultragarso sklidimas srautuose;
- šilumos ir masės pernaša molekulių lygmenyje;
- penkių nacionalinių skysčių ir dujų srautų ir slėgio etalonų išlaikymas ir matavimų sistės užtikrinimas.

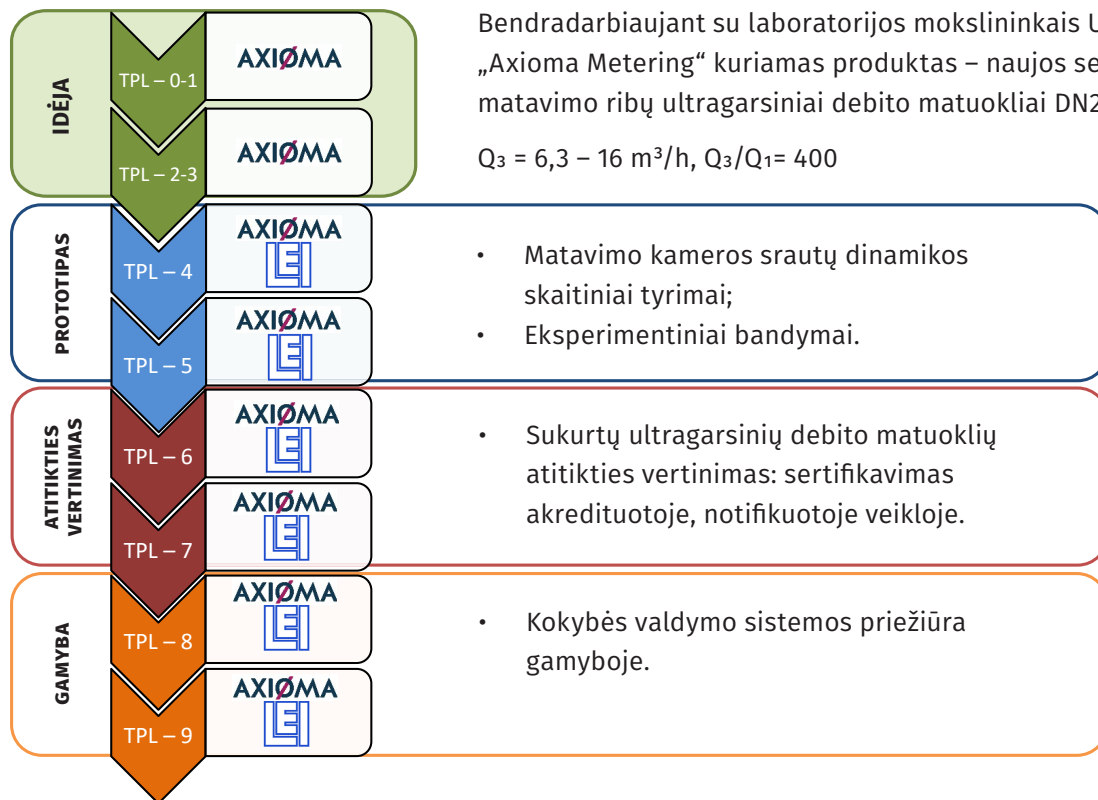


Srautų tyrimai mikrokkanaluose

2019 m. svarbiausias laboratorijos pasiekimas:

Bendradarbiaujant su laboratorijos mokslininkais UAB „Axioma Metering“ kuriamas produktas – naujos serijos, plačių matavimo ribų ultragarsiniai debito matuokliai DN25 – DN40.

$$Q_3 = 6,3 - 16 \text{ m}^3/\text{h}, Q_3/Q_1 = 400$$



HIDROLOGINIAI TYRIMAI

HIDROLOGIJOS
LABORATORIJA



Hidrologijos laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- Klimato ir upių nuotėkio kaitos analizė;
- Ekstremalių hidrologinių reiškinių tyrimai klimato kaitos sąlygomis;
- Bangų, hidrodinaminių ir nešmenų procesų tyrimai vandens telkiniuose;
- Energetikos ir transporto objektų poveikio aplinkai tyrimai;
- Duomenų apie Lietuvos vandens telkinius (upes, tvenkinius, Kuršių marias ir Baltijos jūrą) kaupimas ir analizė.

2019 m. svarbiausias laboratorijos pasiekimas:

Sėkmingai įgyvendintas Interreg Latvijos–Lietuvos bendradarbiavimo per sieną programos projektas „Ekologinio debito nustatymas Latvijos-Lietuvos pasienio upių baseinuose“ (ECOFLOW).



Hidrologija

Pagal daugiamėčių stebėjimų duomenis parinktos ribinės vasaros nuosėkio reikšmės



Hidromorfologija

Lauko tyrimų metu tirta upių hidromorfologija ir išmatuotos hidrologinės charakteristikos



Ekologija

Ištirtas hidromorfologinių buveinių tinkamumas gyventi pasirinktoms žuvų rūšims



Hidroenergetika

MesoHABSIM modeliu tirtas HE poveikis vandens ekosistemoms



E-debitas

Pirmą kartą Lietuvoje pasiūlyta ekologinio debito vertinimo metodika



Projekto vykdymo laikas: 2017.04.01 – 2019.03.31

Projekto svetainė: <http://url.lei.lt/ecoflow>

Projektas finansuotas Latvijos–Lietuvos bendradarbiavimo per sieną 2014–2020 programos.



2019 m. vykdyti projektai:

INTERREG:

- Cluster On Anaerobic digestion, environmental Services and NuTrients removAL (COASTAL Biogas), koordinatorius FNR, Vokietija.

Projektai, susiję su Klaipėdos valstybinio jūros uosto aplinkos monitoringu ir plėtra:

- Klaipėdos uosto meteorologinių ir hidrologinių duomenų analizė
- Klaipėdos valstybinio jūrų uosto vidinio laivybos kanalo nuo PK21 iki PK85 gilinimo poveikio aplinkai vertinimas (hidrodinaminis modeliavimas)

Projektai, susiję su hidroelektrinių poveikio aplinkai vertinimu:

- Vandens lygio svyravimų Kauno HE tvenkinyje įvertinimas

ENERGETIKOS IR PRAMONĖS OBJEKTŲ SAUGOS IR PATIKIMUMO TYRIMAI

BRANDUOLINIŲ ĮRENGINIŲ
SAUGOS LABORATORIJA



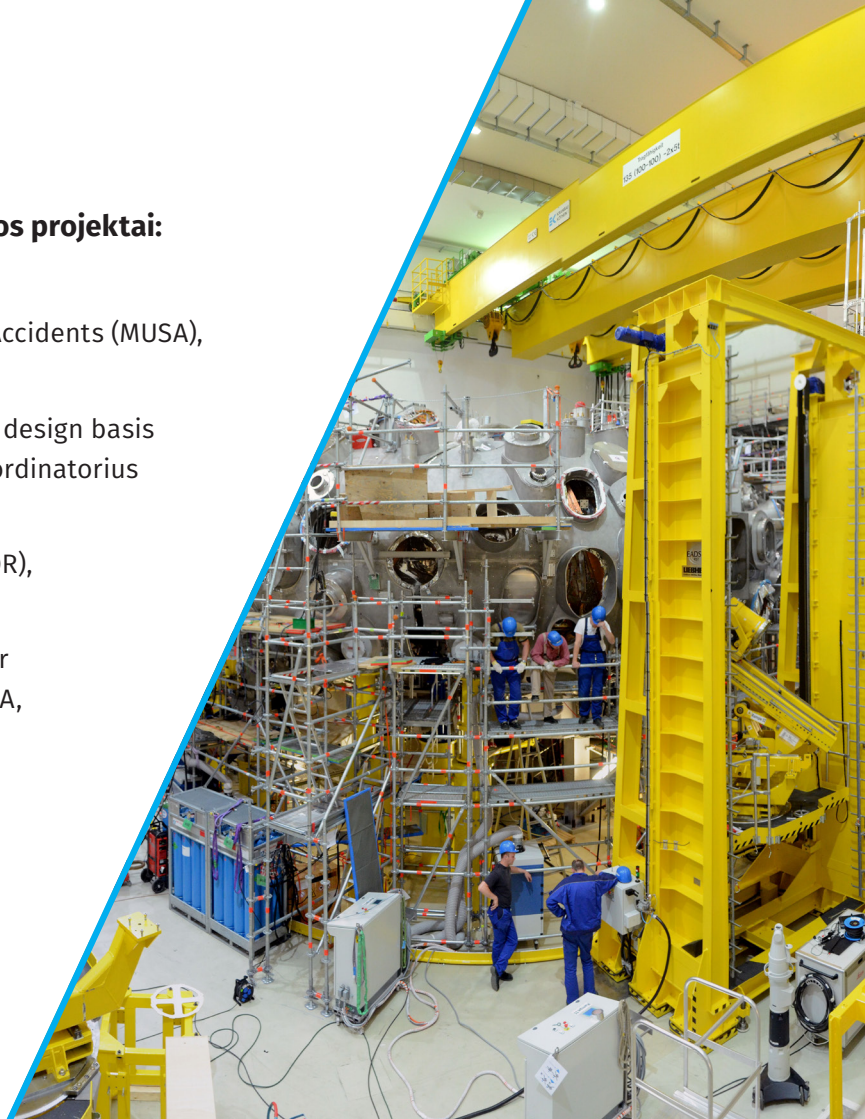
Branduolinių įrenginių saugos laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- pramonės objektų ir energetikos sistemų saugos, patikimumo ir rizikos vertinimas;
- eksploatuojamų ir inovatyvių branduolinių jėgainių saugos ir patikimumo vertinimas;
- branduolių sintezės įrenginių saugos ir patikimumo vertinimas;
- branduolinės energetikos ir radioaktyvių atliekų tvarkymo objektų eksploatacijos nutraukimo saugos ir rizikos vertinimas;
- sudėtingų techninių sistemų gedimų analizė ir inžinerinis vertinimas;
- statybinių konstrukcijų, vamzdinių ir kitų elementų stiprumo vertinimas;
- hidraulinių tiekimo tinklų (šilumos, vandens, dujų ir kt.) patikimumo vertinimas;
- energijos tiekimo saugumo vertinimas;
- fundamentiniai ir taikomieji šiluminės fizikos tyrimai.

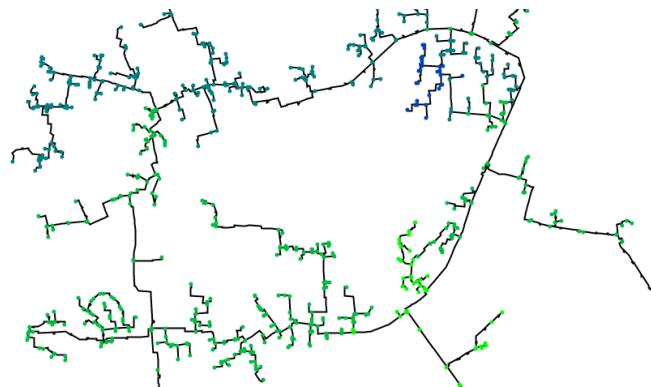
2019 pradėti vykdyti nauji H2020 programos projektai:

1. Management and Uncertainties of Severe Accidents (MUSA), koordinatorius CIEMAT, Ispanija
2. Reduction of radiological consequences of design basis and design extension accidents (R2CA), koordinatorius IRSN, Prancūzija
3. Towards European licensing of SMR (ELSMOR), koordinatorius VTT, Suomija
4. StakeHolder-based Analysis of Research for Decommissioning (SHARE), koordinatorius CEA, Prancūzija
5. Enabling On-Bill Financing for Residential Building Energy Efficiency Renovations in Europe (Ren-on-Bill), koordinatorius Creara Consultories SL, Ispanija.

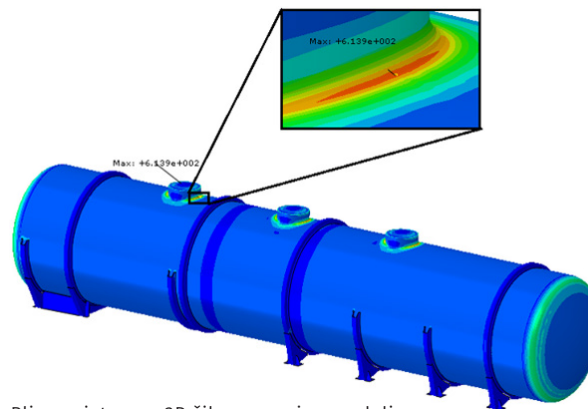


Bendradarbiavimas su Lietuvos verslu:

1. Šilumos ir masės mainų, termiškai apdorojant produktus talpyklose, 3D modeliavimas ir talpyklų projektavimas (AB „ASTRA LT“)
2. Autocisternos - puspriekabės iš naujų DUPLEX plienų sukūrimas ir pateikimas ES rinkai (AB „ASTRA LT“)
3. Utenos miesto centralizuoto šilumos tiekimo tinklo hidraulinis modeliavimas, hidraulinių režimų ir šilumos nuostolių vertinimas (UAB „Utenos šilumos tinklai“)
4. Amoniako kondensavimo įrenginio skaitinis tyrimas siekiant optimizuoti darbo procesus (AB „Achema“)



Centralizuoto šilumos tiekimo tinklo hidraulinis žemėlapis



Plieno cisternos 3D šilumos mainų modelis

BRANDUOLINĖ IR ŠILUMOS INŽINERIJA



BRANDUOLINĖS INŽINERIJOS
PROBLEMŲ LABORATORIJA

Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija

Pagrindinės laboratorijos tyrimų kryptys

- PANAUDOTO BRANDUOLINIO KURO TVARKYMO SAUGA
 - » Tarpinis saugojimas
 - » Šalinimas į giluminius atliekynus
- RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ TVARKYMO SAUGA
 - » Apdorojimas
 - » Laikinas ir tarpinis saugojimas
 - » Šalinimas į paviršinius atliekynus
- BRANDUOLINIŲ OBJEKTŲ EKSPLOATACIJOS NU-
TRAUKIMO ĮVAIRIŲ VEIKSNIŲ VERTINIMAS NAUDO-
JANT *DECRA*D (LEI) KOMPIUTERINĘ PROGRAMĄ
 - » Strategijos parinkimas
 - » Saugos vertinimas
- » Radiacinių dozių darbuotojams ir
gyventojams vertinimas
- » Darbo sąnaudų, išmontavimo trukmės ir
kitų faktorių vertinimas
- BIOKURO DEGINIMO METU SU DŪMAIS IŠMETAMOS
ATLIEKINĖS ŠILUMOS ATGAVIMAS BEI IŠEINANČIŲ
EMISIJŲ MAŽINIMAS
- ŠILUMOS ATIDAVIMO IR HIDRODINAMINIŲ PROCESŲ
ĮVAIRIOSE SISTEMOSE IR JŲ KOMPONENTUOSE
TYRIMAI
- GAISRO SAUGOS TYRIMAI

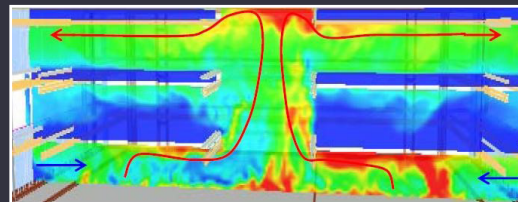
2019 m. pradėti ir vykdyti H2020 projektai:

Pradėti:

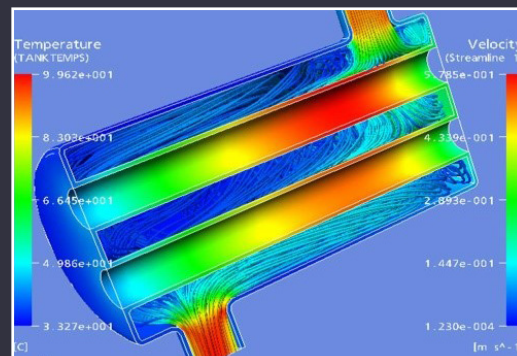
1. European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD), koordinatorius ANDRA, Prancūzija
2. StakeHolder-based Analysis of REsearch for Decommissioning (SHARE), koordinatorius CEA, Prancūzija

Vykdyti:

1. Bentonite mechanical evolution (BEACON), koordinatorius SKB, Švedija
2. Thermal treatment for radioactive waste minimisation and hazard reduction (THERAMIN), koordinatorius VTT, Suomija



Gaisro modeliavimas „PyroSim“ programa



Temperatūros laukų modeliavimas

Bendradarbiavimas su verslu 2019 m.

1. 150, 151/154, 158/2 pastatų ir įrenginių gaisro pavojaus analizės atlikimas (Ignalinos AE)
2. Maišiagalos radioaktyviųjų atliekų saugyklos eksploatavimo nutraukimo projekto aprašo, kitų eksploatavimo nutraukimo licencijai gauti reikalingų dokumentų ir Maišiagalos radioaktyviųjų atliekų saugyklos griovimo projekto parengimo paslaugos (Ignalinos AE)
3. Nauja termocheminė biomasės ir atliekų apdorojimo sistema pramoniniams mažos galios šilumos ir elektros energijos gamybos įrenginiams (UAB „BioPower Industries“)
4. IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną poveikio aplinkai ir saugos vertinimas (UAB „Svertas Group“)
5. Galimų branduolinių ir radiologinių avarijų Ignalinos AE BEO padarinių analizės paslaugos (Ignalinos AE)
6. Biokuro panaudojimo veiksmingumo didinimo bei taršos mažinimo technologijų tyrimas ir kūrimas (UAB „Enerstena“)
7. Techninės paramos organizacijų parama Ignalinos atominei elektrinei A1 bloko (reaktoriaus ir išorinių sistemų) radiologinio charakterizavimo srityje (finansuojanti institucija – CPVA)

Iliustracijų autorių sąrašas

- p. 11: *EERA narių žemėlapis* fragmentas, šaltinis:
European Energy Research Alliance (EERA) svetainė
<https://www.eera-set.eu/about-us/members.html>
- p. 12: *LR Prezidentė Dalia Grybauskaitė įteikia Valstybės apdovanojimą Habil. Dr. Vaclovui Miškiniui* (2019-02-16)
aut. LR Prezidento kanceliarija / Robertas Dačkus
- p. 15: *Technology share chart*, aut. Markus Winkler
Bitcoin stats, aut. Chris Liverani
- p. 21: *Giant Solar Panel*, aut. Biel Morro
- p. 25: *dešinėje Finance section of a newspaper*,
aut. Annie Spratt
- p. 35: *dešinėje Selective focus of lighted light bulbs*,
aut. Álvaro Serrano
- p. 42: *Vektoriniai elementai schemai*,
aut. macrovector - www.freepik.com
- p. 55: *Photo of blue, red, and black smoke*,
aut. Ruvim Noga
- p. 62: *Klaipėdos jūrų uostas*, aut. Algirdas, CC BY-SA 3.0
- p. 63 *W7-X Stellarator Experiment* fragmentas,
ir 65: aut. Gwurden, CC BY-SA 3.0

LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS

ADRESAS

Breslaujos g. 3, LT-44403
Kaunas, Lietuva

KONTAKTAI

P: rastine@lei.lt
W: www.lei.lt

