

## Lietuvos energetikos institutas (LEI)

### Inovatyviose atsinaujinančius išteklius naudojančiose energetinėse/technologinėse sistemose vykstančių procesų dėsningumą bei susidarantių produktų tyrimai

**Programos trukmė:** 5 metai

**Programos tikslai:**

Atlikti inovatyviose technologinėse sistemose vykstančių šiluminių, cheminių ir hidrodinaminių procesų dėsningumą tyrimus, sprendžiant žiedinės ekonomikos, šilumos, elektros energijos bei naudingų medžiagų gamybos uždavinius bei su tuo susijusias aplinkosaugines problemas Pasulyje pastaruoju metu vis labiau įsibėgėjant ekologiškai revoliucijai, atkreipiamas dėmesys į sparčiai besikeičiantį pasaulinį klimatą ir raginama imtis neatidėliotinių veiksmų. Klimato pokyčius padėtų reguliuoti efektyvus energijos vartojimas, atsinaujinančių išteklių vartojimo didinimas bei gamtosauginių problemų sprendimas. Efektyvus energijos ir masės pernašos procesų valdymas biokuro, biomasės bei komunalinių atliekų deginimo technologiniuose procesuose, panaudojant plazmines ar kitas pažangias technologijas leistų ženkliai sumažinti aplinkos taršą tačiau tam reikalingi kompleksiniai šilumos pernašos ir hidrodinaminiai tyrimai, kurie apimtų tiek makro tiek mikro technologines sistemas.

Didėjantis vartojiškumas lemia įvairių išteklių paklausos augimą ir neigiamai veikia aplinką dėl išteklių eikvojimo bei susiduriama su aplinkosauginėmis problemomis dėl nuolat didėjančių atliekų srautų. Dėl kylančių problemų, Europos Sąjunga siekia, kad būtų taikomos išteklių naudojimo efektyvumo didinimo priemonės, kurios užtikrintų antrinių išteklių panaudojimą sukuriant papildomą vertę, ir būtų išlaikomi žiedinės ekonomikos principai. Šiuo atveju, termocheminiai procesai tokie kaip dujinimas ir pirolizė išlieka vieni iš perspektyvesnių būdų įvairių atliekų perdirbimui bei susidariusių produktų pritaikymui alternatyvių dujinių ar skystųjų degalų sintezei. Be to tokios priemonės taikymas prisidėtų prie ES direktyvos 2018/2001 siekių įgyvendinimo. Tačiau, didžiausias šių technologijų proveržio trūkumas yra procesų kompleksiškas apimantis daugiafazines ir kompleksines chemines reakcijas, nestabilių tarpinių produktų susidarymas, šilumos/masės pernašos efektyvumo trūkumas. Siekiant optimizuoti šiuos parametrus ir išgauti tikslinius terminės konversijos produktus (metanas, vandenilis, bioalyva, anglis) būtina taikyti įvairius termocheminius metodus. Visoje Europoje priskaičiuojama daug veikiančių ir uždarytų sąvartynų, kuriuose yra susikaupę nemaži kiekiai perdirbimui ir energijos gamybai tinkamų medžiagų. Sąvartynų plėtimosi problema darosi vis aktualesnė, todėl nuolat augs susidomėjimas medžiaginių ir energetinių išteklių atgavimo iš jų galimybėmis. Komunalinių atliekų perdirbimas, kaloringų medžiagų atgavimas iš jų ir biomasės panaudojimas kietojo kuro gamybai išlieka aktualūs visame pasaulyje. Toks atliekų tvarkymo būdas padeda ženkliai sumažinti poveikį aplinkai, kurį sukelia iškastinio kuro, naftos perdirbimo produktų, gamtinių dujų naudojimas, pasižymi energetiniu ir ekonominiu efektyvumu, prisideda prie žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimo ir atsinaujinančios energijos šaltinių plėtros.

Deginant/pirolizuojant kietąsias komunalines atliekas, susidaro dideli kiekiai kietojo kuro degimo ir/ar pirolizės atliekų, besikaupiančių kogeneracinėse jėgainėse ir šiluminėse elektrinėse, kurių panaudojimas tampa vis aktualesnis. Tai gali būti spendžiama kuriant naujas kompozicines

medžiagas bei atliekant atliekų alternatyvaus panaudojimo tyrimus siekiant neutralaus poveikio aplinkai.

Aktuali problema – metodų išsiskiriančio CO<sub>2</sub> ir CO sorbcijai ir konversijai į sintetinį kurą ar kitas chemines medžiagas, kūrimas. Efektyvesni nauji katalizatoriai ženkliai sumažintų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, skatintų ekologiškesnės pramonės ir energijos gamybos vystymąsi.

Iš daugybės egzistuojančių pavojingų medžiagų ir atliekų nukenksminimo metodų efektyviausi yra terminis apdorojimas ir deginimas, tačiau egzistuoja visa eilė medžiagų ir junginių, kurių tradicinis terminis apdorojimas kelia grėsmę aplinkos saugumui ir žmonių sveikatai. Gerai žinoma, kad saugiausias pavojingų atliekų šalinimo metodas yra aukštatemperatūre plazminė pirolizė, todėl ilgalaikiai programai siūloma ją sukurti ir pritaikyti Inovacinė plazminė technologija leistų apdoroti visų žinomų rūšių atliekas bei jas šalinančių įmonių kūryklose gaunamus degimo produktus, turinčius savo sudėtyje pavojingų medžiagų.

Dvidešimt pirmajame amžiuje pasauliniame moksle ir praktikoje plazminėms technologijoms skiriamas ypatingas dėmesys. Šiuo metu jos nepakeičiamos aplinkosaugoje (pavojingų medžiagų ir atliekų konversija bei šalinimas), paviršių inžinerijoje (konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksnių formavimas), chemijos pramonėje (įvairių naudingų chemikalų ir medžiagų sintezė), energetikoje (aukštatemperatūre pirolizė ir kuro konversija), metalurgijoje (metalų ir lydinių gavimas bei apdorojimas) automobilių pramonėje (korpusų, žibintų, variklio detalių gamyba), tekstilėje, elektronikoje ir t.t. Nėra žmogaus veiklos srities, kurioje tiesiogiai ar netiesiogiai nebūtų naudojama plazma.

Daugelyje pramoninių įrenginių susiduriama su srautų hidrodinamika ir šilumos bei masės pernešimo procesais. Tai liečia tiek iškastinį kurą tiek atsinaujinančius šaltinius naudojančias technologijas. Šių technologijų efektyviam veikimui svarbų vaidmenį vaidina tekėjimo režimai (laminarinis, pereinamasis, turbulentinis), faziniai pokyčiai bei papildomų veiksnių atsiradimas (paviršiaus šiurkštumas, išcentrinių ir termogravitacinių jėgų poveikis). Šie veiksniai gali suintensyvinti arba pabloginti šilumos mainus, kas turės esminės įtakos visos technologinės sistemos veiklai. Todėl svarbu visapusiškai ištirti šiuos procesus, aktualius kuriant energijos vartojimą mažinančius efektyvius šilumos mainų aparatus, nes efektyvus energijos vartojimas yra strateginė Europos Sąjungos kryptis. Dar viena Europos Sąjungos strateginė kryptis yra susijusi su atliekinių srautų panaudojimu. Daugelyje pramoninių procesų susidaro žemos temperatūros atliekinės šilumos šaltiniai, kurių tinkamai panaudoti, taikant tradicines energijos gamybos ir konversijos technologijas, yra neįmanoma. Dažniausiai tokia mažo potencialo šiluma pramonės įmonėse yra išskiriama į aplinką, šitaip prarandant daug energijos ir didinant šiluminę aplinkos taršą. Tačiau būna atvejų kai papildoma šiluma yra nepageidaujama ir ją reikia pašalinti iš technologinio įrenginio ar sistemos, kad ji neperkaistų. Tokie reiškiniai būdingi branduoliniuose objektuose ar įrenginiuose. Tam, kad įvertinti tokiuose objektuose susidarantį sąlygas, atlikti eksperimentinius tyrimus yra sudėtinga todėl pasitelkiami įvairūs programiniai paketai ir atliekami skaitiniai tyrimai. Tokie tyrimai plačiai taikomi visame pasaulyje, modeliuojant takiujų medžiagų judėjimą ir šilumos mainus sudėtingose dvimatėse arba trimatėse sistemose.

Šioje programoje bus vykdomi kompleksiniai tyrimai, būdingi inovatyvioms technologinėms sistemoms. Eksperimentiniai tyrimai bus atliekami naudojant šiuolaikinę aparatūrą, o skaitinis modeliavimas – naudojant šiuolaikinius programinius paketus.

## **Programos uždaviniai:**

*1 uždavinys: Eksperimentiniais metodais atlikti sintetinių produktų generavimą/gamybą iš atliekų ir atliekinės biomasės taikant termocheminius metodus ir ištirti vykstančius procesus/dėsningumus.*

Bus vykdomi sintetinių produktų generavimo iš atliekų ir atliekinės biomasės taikant eksperimentinius tyrimus, kurių metu numatoma taikyti įvairius termocheminius ir termokatalitinius metodus. Bus nustatyta gautų sintetinių produktų išeiga ir sudėtis, priklausomumas nuo proceso temperatūros, slėgio ir aplinkos, nustatyti optimalūs termocheminio/termokatalitinio proceso parametrai užtikrinantys didžiausią sintetinių produktų išgavimą. Taip pat bus ištirti vykstantys procesai konversijos metu ir nustatyti dėsniniai.

*2 uždavinys: Kuro, gaminamo iš biomasės ir komunalinių atliekų, savybių ir jo efektyvaus naudojimo termocheminiuose procesuose ir taršos mažinimo tyrimai.*

Sprendžiant šį uždavinį skaitiniais ir eksperimentiniais metodais bus:

- Tiriamos ir analizuojamos biomasės ir komunalinių atliekų savybės ir sąlygos, būtinos įvairaus kuro, gaminamo iš biomasės ir komunalinių atliekų, efektyviam sudeginimui ir taršos sumažinimui; skaitiškai tiriamos kietojo granuliuoto kuro dinamikos ypatybės ir tobulinami kietojo kuro dalelių segregacijos, dalelių grupių kolektyvinio judėjimo ir termodinaminių parametrų analizės metodai;
- Patobulintas eksperimentinis įrenginys kietųjų dalelių emisijoms iš katilų, kuriuose deginamas įvairus kuras ir mišiniai su priedais paviršių užterštumui mažinti, tirti ir kietosioms dalelėms atskirti/nusodinti taikant ultragarsinę dalelių aglomeraciją, siekiant pritaikyti šį metodą vidutinės galios katiluose.
- Atliekant kietojo atgautojo kuro tyrimus, bus surenkama informacija apie atliekų kiekius pasirinktame sąvartyne, jų savybes ir sudėtį, nustatomas faktinis energetinių išteklių potencialas ir atliekų pirminio apdorojimo procesai, kurie yra svarbūs siekiant žiedinės ekonomikos tikslų kietųjų komunalinių atliekų tvarkymo sistemoje.
- Taikant eksperimentinius ir skaitinius metodus bus vykdomi atgautojo kietojo kuro potencialo techninių, ekonominių ir aplinkosauginių aspektų tyrimai ir vertinimai komunalinių atliekų tvarkymo sistemoje. Bus kuriamas kietųjų komunalinių atliekų susidarymo prognozavimo modelis.
- Energetiniuose įrenginiuose vykstant termocheminiams procesams susidaro įvairios elementinės sudėties atliekos, kurios bus naudojamos naujoms kompozicinėms medžiagoms kurti bei, siekiant neutralaus poveikio aplinkai, bus atliekami tokių likutinių atliekų alternatyvaus panaudojimo tyrimai.
- Pramoninių procesų metu išsiskiriančių CO<sub>2</sub> ir CO sorbcijai ir konversijai į sintetinį kurą ar kitas chemines medžiagas bus kuriami nauji katalizatoriai, atliekama katalizatoriaus su didelio savitojo paviršiaus ploto porėtos heterostrukūros pagrindu sintezė. Tokie katalizatoriai ženkliai sumažintų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, skatintų ekologiškesnės pramonės ir energijos gamybos vystymąsi.

*3 uždavinys: Skaitiniais ir eksperimentiniais metodais ištirti srautų dinamikos ir šilumos bei masės pernašos dėsninius inovatyvių technologinių įrenginių komponentuose bei atliekinės šilumos išgavimo įrenginiuose.*

Vystant inovatyvias technologijas ir kuriant inovatyvių technologinių įrenginių komponentus bus:

- Skaitiniais ir eksperimentiniais metodais tiriama srautų dinamika kanaluose su struktūrizuotais paviršiais ir mikro/nano dalelių separacijos ir segregacijos dėsniniai stacionariuose ir pulsuojančiose tekėjimuose;
- Skaitiniais metodais atlikti fundamentalūs tyrimai nustatant šilumos ir masės pernašos bei

tarpfazinių mainų procesų ypatumus nano masteliuose;

- Bendradarbiaujant su Mikalojaus Koperniko universiteto (Torunė, Lenkija) mokslininkais, eksperimentiniais ir skaitiniais metodais tiriamos membranų, skirtų dujinio biokuro sudėčiai gerinti, atskiriant nedegias komponentes, savybės.

Šie uždaviniai nuosekliai plėtoja tyrimų pasiekimus, vykdant 2016-2020 metų programą, ir atsižvelgia į aktualiausius naujus dabarties poreikius, susijusius su nuolat augančiu atsinaujinančių energetinių išteklių naudojimu bei srautų dinamikos taikymais. Tolesniems darbams sukurta ir įsisavinta reikiama eksperimentinė bazė ir ženkliai sustiprėjo skaitinio modeliavimo galimybės. Siekiant įvertinti atliekinių srautų atgavimo galimybes pramonės įmonėse, šiame uždavinyje planuojama atlikti kompleksinius tyrimus tiek su įprastiniais (dūmai ir jame esantis vandens garas bei kietosios dalelės) tiek su agresyviais srautais (dujos su įvairiomis rūgštimis). Tuo tikslu bus siekiama iširti garo išskondensavimo optimalius parametrus esant įvairiems drėgnų dūmų tekėjimo režimams, skirtingam vandens įpurškimui ir dūmų užterštumui. Tyrimai apimtų tūrinės ir paviršinės kondensacijos procesus, ir būtų atliekami įvairiuose (įprastuose rekuperacinio tipo bei specializuoto profilio) kondensaciniuose šilumokaičiuose.

Panaudoto branduolinio kuro tvarkymas yra labai svarbi viso branduolinės energijos gamybos ciklo dalis. Ignalinos atominėje elektrinėje, kuri eksploatavo du RBMK-1500 tipo reaktorius, panaudoto branduolinio kuro laikymui buvo pasirinkta vadinamoji „sausos“ saugojimo technologija. Šiuo atveju panaudotas branduolinis kuras po išankstinio laikymo vandens baseinuose dedamas į specialius konteinerius ir saugojamas atviroje arba uždaroje saugykloje. Konteineryje vykstančių šilumos mainų prognozavimas yra gana sudėtinga užduotis dėl specifinės konteinerio geometrijos, taip pat sąveikaujančių laidumo, spinduliavimo ir konvekcijos procesų. Be to, pats šilumos mainų procesas priklauso nuo įvairių sąlygų, pvz., šilumos susidarymo iš panaudoto branduolinio kuro, terminių ribinių sąlygų, konteinerių užpildymui naudojamos terpės ir paties konteinerio orientacijos. Šiame uždavinyje būtų atliekama vertikaliai orientuoto konteinerio terminė analizė, kuri įvertintu saugų likutinės šilumos pašalinimą iš konteinerio įprastinėmis ir avarinėmis sąlygomis.

*4 uždavinys. Ištirti plazminės aplinkos energetines bei dinamines charakteristikas apdorojant įvairių rūšių atliekas ir išgaunant naudingas medžiagas bei dujas.*

Bus siekiama iširti plazminės aplinkos energetines bei dinamines charakteristikas apdorojant įvairių rūšių atliekas ir išgaunant naudingas medžiagas bei dujas.

Uždaviniui išspręsti numatoma:

- Sukurti ir pagrįsti plazminę atliekų ir pavojingų medžiagų skaidymo įrenginį;
- Realizuoti įvairių medžiagų skaidymo procesą atmosferinio slėgio terminės plazmos aplinkoje;
- Ištirti įvairių veiksmų, sąlygojančių atliekų skaidymo procesą plazmos aplinkoje, siekiant maksimalaus proceso efektyvumo;
- Gauti naudingus produktus ir dujas, nustatyti jų savybes bei kokybę;
- Realizuoti katalizinių ir apsauginių dangų bei katalizinių plaušų sintezės procesą, įvertinti plazmos srauto parametrų įtaką purškiamų dispersinių dalelių elgsenai, dangų ir plaušų sudarymo eigai bei kokybei.

Sprendžiant šį uždavinį bus tiriami LEI Plazminių technologijų laboratorijoje realizuojami plazminiai atliekų šalinimo procesai, skaitiniais bei eksperimentiniais metodais tiriami procesų metu vykstantys dinaminiai bei šiluminiai reiškiniai, nustatomos aukštos temperatūros srautų energetinės ir dinaminės charakteristikos.

Numatoma ištirti plazminių-technologinių procesų metu tekančių aukštos temperatūros dujų srautų dinamikos bei šilumos mainų dėsningumus jiems ištekant iš plazmocheminio reaktoriaus tūtos, esant įvairios sudėties pirminėms medžiagoms bei jų tiekimo sąlygoms.

Siekiant apsaugoti reaktoriaus paviršius nuo aukštos temperatūros srautų poveikio, numatoma atlikti tyrimus ir plazminėmis technologijomis suformuoti specialias apsaugines dangas. Tuo pačiu metu numatoma formuoti katalizines dangas siekiant pagerinti medžiagų skaidymo procesus.

#### **Metodologinis tyrimų pagrindimas:**

Atsirandant naujoms ar tobulinant jau įdiegtas pramonėje technologijas keičiasi šiluminiai, hidrodinaminiai, masės pernašos bei cheminiai procesai, kuriuos reikia tirti atsižvelgiant į įvairius sąlygojančius veiksnius. Dažnu atveju tai yra sudėtingi, kompleksiniai procesai sąveikaujantys tarpusavyje ir kurių pilnam ištyrimui reikia dešimtmečių.

Ypač sudėtingi reiškiniai ir sąlygos susidaro kai daugiafaziniai srautai sudaryti iš fluidų ir dalelių prie auštų temperatūrų ar mikro bei nano masteliuose. Šiais klausimais duomenų pasaulinėje mokslinėje-techninėje literatūroje beveik nėra. Ypač trūksta duomenų aerodinamikos ir šilumos mainų klausimais kanalų ir šilumokaičių įtekamosiose dalyse, kur vyrauja įvairūs trikdžiai ir pasienio sluoksnių sudrumstimai.

Daugiafazinių srautų struktūros sudėtingumas apsprendžia būtinumą lygiagrečiai taikyti skaitinius ir eksperimentinius tyrimo metodus. Nagrinėjant turbulentiame ir pereinamajame režimuose tekančius srautus, trikdžiais paveiktus srautus, stacionarių ir pulsuojančių srautų tarpusavio sąveikas arba jų sąveikas su aptekamais paviršiais, išlieka labai didelė eksperimentinių tyrimų, taikant naujus matavimo metodus ir priemones, svarba.

Ne mažiau svarbūs yra uždaviniai, kuriuose tenka vertinti srauto ir jame esančių dalelių sąveiką, kurią gali įtakoti akustinių bangų poveikiai. Didžiausia dėmesį atkreipia ultragarso panaudojimas smulkioms dalelėms aglomeruoti arba srautų matavimo metodams tobulinti

Nano masteliuose eksperimentinių tyrimų galimybės yra labai apribotos, o skaitiniams tyrimams kontinuumo metodai jau nebetinka, todėl tokius tyrimus galima atlikti taikant diskrečių elementų (molekulinės dinamikos) metodus.

Kuriant plazminę atliekų šalinimo technologiją ir tyrinėjant plazminius procesus pastebėta, kad įvairūs veiksniai, susiję su plazmą sudarančių dujų srautų paskirstymu, plazmos generatoriaus srautų formavimu, iš plazmotrono ištekantios plazmos srovės parametrų pasiskirstymu bei plazmos srauto ir apdorojamos medžiagos sąveika, lemia pagrindines naujų gaunamų produktų bei formuojamų paviršių savybes. Pasaulinėje mokslinėje-techninėje literatūroje gana daug duomenų apie įvairių atliekų terminius šalinimo metodus, tačiau trūksta rezultatų plazminio pavojingų medžiagų ir atliekų apdorojimo elektros lanke klausimais. Nepakankamai duomenų ir apie medžiagų apdorojimo galimybes plazmocheminiuose reaktoriuose. Be savitųjų plazminių destrukcijos procesų dėsningumų žinojimo sunku rasti kelią kaip pagerinti atliekas neutralizuojančių įrenginių darbo charakteristikas ir gaunamų naujų produktų savybes.

Sudarant plazminiu būdu apsaugines dangas, dėl informacijos stokos apie aukštos temperatūros srautų poveikį taip pat atsirado nemažai problemų. Pvz., sunku iš anksto numatyti plazmos sraute formuojamos dangos ar paviršiaus struktūrą, jo kietumą, porėtumą, katalizines ar tribologines savybes, Norint suformuoti iš anksto numatytų savybių dangas, būtina turėti pakankamai žinių ir apie nusodinimo metu dominuojantį plazminės purškimo pirolizės procesą. Kadangi plazminės purškimo pirolizės reiškiniai ištirti nepakankamai, todėl būtina juos detalai išnagrinėti šiame darbe.

Panašiai galima kalbėti ir apie plazmos bei aukštos temperatūros srautuose gaunamų sintetinių dujų bei vandenilio sintezę, jos sąlygas, galutinių produktų išėigą, nes atsiranda sudėtingi veiksniai, sąlygojantys plazminių procesų eigą.

Srautų struktūros sudėtingumas apsprendžia būtinumą lygiagrečiai taikyti skaitinius ir eksperimentinius tyrimo metodus. Nagrinėjant tiek laminariniame tiek turbulentiniame režimuose tekančius srautus, trikdžiais paveiktus srautus, srautų tarpusavio sąveikas arba jų sąveikas su aptekamais paviršiais, išlieka labai didelė eksperimentinių tyrimų, taikant naujus matavimo metodus ir priemones, svarba.

Eksperimentiniuose tyrimuose bus naudojama esama įranga ir naujai sukurta bei gauta pagal slėnio „Santaka“ programą. Ypatingas dėmesys bus skiriamas neinvazinių matavimo metodų taikymui naudojant lazerines srautų vizualizavimo sistemas, skirtas matavimams makro ir mikro sistemose bei kitą šiuolaikišką aparatūrą.

**1 uždaviniui** spręsti bus naudojamas kompleksas esamos eksperimentinės įrangos ir standų:

Eksperimentinis įrenginys, skirtas sintetinių produktų generavimo iš skirtingų savybių atliekų ir atliekinės biomasės taikant termocheminius metodus tyrimams, aprūpintas:

Eksperimentinis įrenginys, skirtas sintetinių produktų generavimo iš skirtingų savybių atliekų ir atliekinės biomasės metu vykstančių termocheminių procesų ir dėsningumų tyrimams, aprūpintas:

- atliekų ir atliekinės biomasės terminės konversijos reaktorius su dujų srautų ir temperatūros matavimo ir valdymo, išsiskyrusių dujų ir dervų surinkimo ir gryninimo, bei tiesioginių susidariusių dujų matavimo ir duomenų surinkimo bei apdorojimo sistemomis;
- terminės analizės (STA) prietaisu NETZSCH STA 449 F3 Jupiter; (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą)
- nuolatinio veikimo dujų analizatorius FT-IR spektrometras Bruker Tensor 27; (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- dujų chromatografas Agilent 7890 A su kvadropoliniu masių spektrometru 5975C (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- makro termogravimetru; (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą)
- kieto kuro kalorimetru IKA C5000, įvairiomis krosnelėmis ir svarstyklėmis kuro charakteristikoms įvertinti; (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą)
- nešiojamas dujų analizatorius Visit-03;
- dujų chromatografas Agilent 7890A (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- nešiojamas dujų chromatografas Agilent MicroGC 990

**2 uždaviniui** spręsti ir gautų rezultatų apdorojimui bus naudojami skaitinio modeliavimo programiniai paketai BedMotion, XDEM, OpenFOAM, Elmer, Fenics, Matlab/Octave;

Šiam uždaviniui spręsti bus atliekami tyrimai naudojant eksperimentinę įrangą bei standus:

- eksperimentinis įrenginys, skirtas biomasės ir komunalinių atliekų termocheminių procesų ir taršos susidarymo dėsningumų mažos galios įrenginiuose tyrimams, aprūpintas:
- automatizuotomis matavimo duomenų surinkimo, apdorojimo, valdymo ir reguliavimo sistemomis;
- nuolatinio veikimo degimo produktų matavimo sistema ENVItech, Nr. 01: CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, SO<sub>2</sub> matavimui;
- HFID analizatoriumi VE7 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> matavimui;
- nuolatinio veikimo degimo produktų analizatoriumi Datatest 400 CEM,.: CO<sub>2</sub>, CO matavimui;

- nuolatinio veikimo kilnojamu degimo produktų analizatoriumi Gasmet DX4000 FTIR komplektacijoje su suminių angliavandenilių analizatoriumi HFID 3-200 ir deguonies analizatoriumi AMS 3220. Matuojami parametrai: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, HCl, HF, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>, CHOH, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O, C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O, CH<sub>2</sub>O, HCN, COS, (FID), O<sub>2</sub> (ZrO<sub>2</sub>).
- automatiniu izokinetiniu kietųjų dalelių (dulkių) rinktuvu Tecora Isostack Basic HV.
- Biomasės ir komunalinių atliekų elementinei sudėčiai nustatyti bus naudojamas indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometras (ICP – OES OPTIMA 8000 CROSS FLOW), jonų chromatografijos sistema ICS-5000 su terminio skaidymo įrenginiu IKA AOD 1, pagrindinių elementų CHNS/O analizatorius Flash 2000, chromatografas Clarus 680 su masių spektrometrijos detektoriumi Clarus 600T (GC-MS) (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- Biomasės ir komunalinių atliekų pelenų savybėms nustatyti bus naudojama:
  - o pelenų ir nuosėdų tūrinė struktūrai tirti rentgeno spindulių difrakcijos (XRD) įranga; (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
  - o pelenų kiekiui nustatyti termogravimetras TGA 4000, (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
  - o pelenų lydumui mufelinė krosnelė su monochromatine videokamera CAF DIGITAL 380-415V;
  - o mėginių šilumingumo vertei nustatyti kalorimetru IKA C5000 ir IKA C 6012;
- Nustatant kuro, pelenų sudėtį ir struktūrą bus bendradarbiaujama su LEI Vandens energijos technologijų centru, turinčiu atitinkamą šiuolaikišką aparatūrą.
- Rentgeno spindulių difraktometras - mineraloginės sudėties ir fazinės struktūros analizė;
- Optinis mikroskopas Olympus BX51TF, skaitmeninė 21MPix kamera QImaging, programinė įranga QCapture Pro - medžiagų morfologijos tyrimai;
- Skenuojantis elektroninis mikroskopas ZEISS EVO MA10, Bruker XFlash 6/10 mikroanalizės detektorius – mikrostruktūros, morfologiniai ir elementinės sudėties tyrimai;
- Programuojama krosnis SNOL 7,2/1200 su skaitmeniniu temperatūros palaikymo reguliatoriumi E5CK-T- atgautojo kuro tyrimai, porėtos struktūros medžiagų sintezė;
- Vienalaikės terminės analizės įranga Linseis STA PT1600- skilimo temperatūra, fazinė sudėtis;
- Universali medžiagų bandymo mašina su klimatine kamera ir specialiosios jėgos ir poslinkių davikliais BTI-FR050TEW.A1K- kompozicijų, paruoštų su atgautojo kietojo kuro ir/ar biomasės degimo/pirolizės atliekomis, mechaninių savybių nustatymas;
- Kalorimetras IKA C5000 –kietojo atgautojo kuro šilumingumo vertės nustatymas;
- Kietųjų kūnų savitojo paviršiaus ploto ir porų dydžio analizatorius Quantachrome AUTOSORB-iQ-K/MP – kietojo atgautojo kuro ir/ar biomasės degimo/pirolizės atliekų, katalizatorių ir jų nešiklių savitojo paviršiaus ploto, porų dydžio, tūrio ir jų pasiskirstymo nustatymas;
- 3 uždaviniui** spręsti bus naudojami skaitinio modeliavimo programiniai paketai: COMSOL, ANSYS, OpenFOAM, LAMMPS, GROMACS, GROMOS, MatLab, MathCad/Octave, MS Visual Studio, BedMotion ir DynamicStudio, TecPlot ir ImageJ eksperimentinių vizualizacijos rezultatų apdorojimo

ir analizės programinės įrangos paketai.

Šiam uždaviniui spręsti bus naudojama eksperimentinė įranga bei standai:

- aerodinaminiai ir hidrodinaminiai įrenginiai srautams eksperimentiniuose tyrimo kanaluose sudaryti ir valdyti bei membranų pralaidumo ir selektyvumo tyrimo įrenginys;
- 2D lazerinė mikrosrautų vizualizavimo sistema (mikroPIV), aprūpinta įranga pastoviam ir pasirinktų parametrų pulsuojančiam skysčio srautui sudaryti;
- 2D lazerinė makrosrautų vizualizavimo sistema (makroPIV);
- lazeriniai anemometrai oro ir vandens greičio pasiskirstymui makrokanaluose tirti;
- kietųjų dalelių (0,1–100)  $\mu\text{m}$  dydžio oro (dujų) sraute spektrometras dalelių tankio pasiskirstymui ir koncentracijai analizuoti;
- kompleksas precizinės aparatūros slėgio pulsacijoms, skirtuminiam slėgiui ir temperatūrai matuoti;

Nustatant mikrokanalų ir kietųjų dalelių formą ir struktūrą bus bendradarbiaujama su kitais instituto padaliniais (Vandenilio energetikos technologijų centras, Medžiagų tyrimų ir bandymo laboratorija), turinčiais atitinkamą šiuolaikišką aparatūrą.

Atliekant srautų dinamikos tyrimus, bus panaudota mikrokanalų gamybos įranga, kas leis atlikti eksperimentinius tyrimus atsižvelgus į įvairius praktinius poreikius.

Šiam uždaviniui spręsti taip pat bus modernizuotas esamas eksperimentinis įrenginys kondensacijos procesams rekuperacinio tipo šilumokaityje su įprastiniais (dūmai ir jame esantis vandens garas bei kietosios dalelės) srautais tirti, aprūpintas:

- duomenų surinkimo bei apdorojimo sistema (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- MATLAB programa (įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- kietųjų dalelių ir dūmų generavimo sistema (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- aušinimo ir kitos sistemos;
- temperatūros, drėgmės ir slėgio matavimo aparatūra;

Šiam uždaviniui spręsti bus atnaujintas esamas eksperimentinis įrenginys kondensacijos procesams specializuoto profilio šilumokaityje su agresyviais srautais (dujos su įvairiomis rūgštimis) tirti, aprūpintas:

- duomenų surinkimo bei apdorojimo sistema;
- MATLAB programa (įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- srauto pašildymo sistema;
- garo generavimo sistema;
- specializuota skysčių įpurškimo sistema;
- temperatūros, drėgmės ir slėgio matavimo aparatūra;
- suslėgto oro maitinimo sistema;
- aušinimo sistema;
- dujų sudėties matavimo sistema (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);

Šiam uždaviniui spręsti taip pat bus naudojamas eksperimentinis stendas hidrodinamikos procesams tirti, aprūpintas:

- lazerine aparatūra, išpurškimo procesams tirti (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);
- MATLAB programa (įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);

Likutinės šilumos nuvedimo teoriniams skaičiavimams bus naudojama:

- didelės galios kompiuteris (įranga įsigyta per slėnio „Santaka“ programą);



- Ansys CFD programų paketas (įsigyta per slėnio „Santaka“ programą).

**4 uždaviniui** spręsti bus sukurtas plazminis eksperimentinis įrenginys su pastovios srovės atmosferinio slėgio elektros lanko plazmos generatoriumi. Bus sudaryta galimybė prie jo prijungti įvairių formų ir matmenų eksperimentinius kanalus, kuriuose vyks plazmos srauto tekėjimas ir aukštatemperatūriai šilumos-masės mainai.

Uždaviniui spręsti bus naudojami naujausi standartiniai ir laboratorijoje sukurti metodai, bei matavimo sistemos. Didžiausias dėmesys bus skiriamas plazmos energetinių ir dinaminių charakteristikų tyrimams, o taip pat srautų ir medžiagų sąveikos tyrimams. Dujų srautų tekėjimo parametrai bus matuojami naudojantis droseliacijos įrenginiais (kritinės tūtos, diafragmos ir kt.) tekėjimo režimai bus kontroliuojami specialiais įrenginiais (debitomačiais, slėgio keitikliais, srauto vizualizacija ir kt.), elektriniai parametrai – multimetrais, elektrometrais, tiksliais srovės ir įtampos matuokliais. Tyrimams atlikti taip pat bus naudojama ir kita laboratorijoje disponuojama analizinė aparatūra bei prietaisai.