Inovacijų agentūra

Mikroelektronikos srities apžvalgos atnaujinimas – kompetencijų apžvalga

Parengta 2024 m. birželio 28 d.

Apžvalgos tikslas ir klausimai

- Šios trumpos apžvalgos tikslas – pateikti atsakymus į 1 lentelėje, sudarytoje pagal Ekonomikos ir inovacijų ministerijos parengtą analitinio produkto užsakymą, keliamus klausimus.

1 lentelė. Apžvalgos klausimai

Apžvalgos klausimai pagal tris pjūvius	Informacijos šaltiniai
Specialistų poreikis ir trūkumas. *Kokių kompetencijų darbuotojų reikia sektoriaus pramonės įmonėms, kokių specialistų trūksta? Kokius specialistus įmonės pasirengia pačios?*	▪ Valstybės duomenų agentūros (VDA) duomenys ▪ Antriniai šaltiniai ▪ Puslaidininkių sektoriuje veikiančių įmonių apklausa
Specialistų parengimas. *Kiek ir kokių Lietuvoje parengiama sričiai reikalingų specialistų (formalus, neformalus išsilavinimas, stažuotės užsienyje, pvz. Taivane)?*	▪ VDA duomenys ▪ Antriniai šaltiniai ▪ Puslaidininkių sektoriuje veikiančių įmonių apklausa
Lietuvos lustų kompetencijos. *Kokių kompetencijų LT turėtų steigti ES lustų kompetencijų centrą. Atliekamų susijusių mokslinių tyrimų sritys/specializacijos. Kokios turimos kompetencijos įsitraukti į kitus lustų projektus, arba atvirkščiai, kokių trūksta įsitraukimui didinti.*	▪ Antriniai šaltiniai

Šaltinis: sudaryta IA.

I. SPECIALISTŲ POREIKIS IR TRŪKUMAS

- **Puslaidininkių sektoriui pagrinde reikalingi inžinerijos ir fizikos specialistai, dėl kurių vyksta tarpsektorinė konkurencija visoje aukštųjų technologijų pramonėje[1].** Taivano Pramoninių technologijų tyrimų instituto (ITRI) vertinimo duomenimis, dėl gerai išvystytos lazerių pramonės, Lietuvos inžinerijos talentai koncentruojasi su lazeriais ir optoelektronika susijusiose mokslinių tyrimų veiklose ar darbo vietose[2]. Kadangi Lietuvos lazerių įmonės kasmet paauga maždaug po 10-15 %[3], galima tikėtis dar didesnio specialistų poreikio ir konkurencijos dėl jų.

- **Jau dabar specialistų trūkumas Lietuvos puslaidininkių / mikroelektronikos sektoriuose yra vienas esminių iššūkių.** Tai patvirtina keletas Lietuvoje atliktų studijų[4], kurių struktūruotos įžvalgos pateikiamos ir papildomos šioje analizėje. Be minėtos tarpsektorinės konkurencijos[5], talentų trūkumui įtaką daro keletas veiksnių: a) bendra demografinė šalies situacija – senėjanti ir besitraukianti darbo rinka[6], b) mažėjanti stojančiųjų tiek į STEM[7] mokslus, tiek konkrečiai į inžinerijos studijas dalis nuo visų stojančiųjų (žr. 1 pav., p. 4). Būtent **puslaidininkių lustų (integrinių grandynų (IG))**

[1] MITA, 2022, p. 30. Lietuvos puslaidininkių sektoriaus strateginė apžvalga. https://mita.lrv.lt/uploads/mita/documents/files/Lietuvos%20puslaidininkiu%20sektoriaus%20strategine%20apzvalga.pdf

[2] Industrial Technology Research Institute, 2022, p. 39 ir 43. Recommendations of Development Strategy of the Semiconductor Industry [Lithuania].

[3] MITA, 2022, p. 30. Lietuvos puslaidininkių sektoriaus strateginė apžvalga.

[4] MITA, 2022. Lietuvos puslaidininkių sektoriaus strateginė apžvalga; Industrial Technology Research Institute, 2022. Recommendations of Development Strategy of the Semiconductor Industry [Lithuania]; Civitta, 2023. Lietuvos inžinerinės pramonės įmonių galimybių prisijungti prie Bendriems Europos Interesams Svarbių Projektų (BEISP) analizė; Klioštoraitis, R. & Sharrock, B., 2024. SWOT analysis of Lithuania; Klioštoraitis, R., 2024. Value proposition of Lithuania in semiconductor and optoelectronics sectors.

[5] Persidengiančius įgūdžius turintys specialistai reikalingi tokios srityse, kaip, pvz., elektronikos gamybos paslaugos, automobilių komponentai, programinės įrangos kūrimas (Klioštoraitis, R. & Sharrock, B., 2024, p. 7. SWOT analysis of Lithuania. https://data.kurklt.lt/wp-content/uploads/2023/11/SWOT-analysis-of-Lithuania.pdf).

[6] Civitta, 2023, p. 73.

[7] *Science, technology, engineering and mathematics.* Liet. gamtos mokslai, technologijos, inžinerija ir matematika.

specialistų Lietuvoje kasmet parengiama mažiau nei 30[8], o visame fotonikos ir lazerių sektoriuje dirba apie 5-6 tūkst. specialistų (įvairiose srityse: nuo tyrėjų, IG projektavimo specialistų iki gamybos bei surinkimo darbuotojų fabrikuose). Talentų trūkumas yra globalus iššūkis ne tik elektronikos, bet ir apskritai STEM sektoriams – Lietuva nėra išimtis[9].

- **Iš puslaidininkių tiekimo grandinėje veikiančių įmonių surinkta informacija patvirtina, kad trūksta įvairių specializacijų inžinierių ir technikų.** Remdamiesi Europos lygmenyje identifikuotais kritiškiausių specialistų puslaidininkių sektoriuje profiliais[10], išsiuntėme užklausas Lietuvos puslaidininkių tiekimo grandinėje veikiančioms identifikuotas įmonėms (žr. 1 priedą, p. 10) dėl specialistų trūkumo ir parengimo. Kadangi tik 4 iš 11 identifikuotų įmonių pateikė atsakymus į užklausą, rezultatai nėra reprezentatyvūs viso sektoriaus atžvilgiu. Trūkstamos specialybės paryškintos geltonu šriftu (2 lentelė).

2 lentelė. Trūkstamų specialistų profiliai

	Brolis Sensor Technology	Si Femto	Teltonika	Altechna
Projektavimo inžinierius		Taip	Taip	Taip
Sistemų projektavimo inžinierius	Taip	Taip		
Analoginio dizaino inžinierius		Taip	Taip	
Skaitmeninio dizaino inžinierius		Taip	Taip	
Priežiūros technikas	Taip		Taip	
Testavimo inžinierius	Taip		Taip	
Robotikos inžinierius	Taip			Taip
Programinės įrangos inžinierius	Taip			
Procesų inžinierius			Taip	
Duomenų mokslininkas	Taip			
Proceso technikas			Taip	
Programų inžinierius			Taip	
Testavimo technikas			Taip	
Kibernetinio saugumo ekspertas		Taip		
Duomenų specialistas				
Mašininio mokymosi inžinierius				
Duomenų analitikas				
Operatorius / inspektorius				
Duomenų inžinierius				
Rinkodaros inžinierius				

Šaltinis: sudaryta IA, remiantis informacija iš įmonių.

Apart lentelėje pateiktų trūkstamų specialybių, Brolis Sensor Technology taip pat paminėjo **įterptinių sistemų bei mechanikos dizaino inžinierių** trūkumą. Teltonikos atveju pateikiamas numatomas specialistų trūkumas įmonių grupės planuojamai veiklai nuo 2027 m. Kadangi Teltonikos užmojuose slypi didžiausio masto planai Lietuvos puslaidininkių sektoriuje, 3 lentelėje pateikiame trumpą Teltonikos atvejo analizę, susijusią su specialistų poreikiu ir trūkumu.

[8] ITRI, 2022, p. 39.

[9] European Commission, 2023. Commission report finds labour and skills shortages persist and looks at possible ways to tackle them. https://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=en&catId=89&furtherNews=yes&newsId=10619

[10] Kritiškiausi darbo profiliai apibrėžiami kaip tie, kurie yra paklausiausi tarp įmonių ir kuriuos sunkiausia užpildyti (rasti kvalifikuotų kandidatų dabartinėje (2023 m.) Europos darbo rinkoje) pagal METIS, 2023, p. 20. Yearly Monitoring Report 2023. https://www.metis4skills.eu/wp-content/uploads/2023/12/Yearly-Monitoring-Report-2023.pdf

3 lentelė. Teltonikos atvejo analizė

Šiuo metu Teltonika turi daugiau 2,300 darbuotojų visame pasaulyje[11]. Anot ITRI atliktos studijos[12] ir pačios Teltonikos[13], pastarosios planų įgyvendinimui (2027 m. viduryje pradėjus puslaidininkių lustų projektavimo, gamybos, surinkimo, testavimo bei galios modulių gamybos veiklas) **reikės minimum 2 tūkst. Puslaidininkių lustų specialistų[14], kurie turėtų susijusius magistro ar aukštesnius išsilavinimo laipsnius**. Kaip minėta, tokių ekspertų (IG absolventų), ITRI skaičiavimas, Lietuvoje (VU ir KTU) **parengiama mažiau nei 30**, o visame fotonikos ir lazerių sektoriuje dirba apie 5-6 tūkst. Specialistų. Nuo 2027 m. puslaidininkių sektoriuje planuojamai įmonių grupės veiklai numatomas šių specialistų trūkumas: **įvairių pakraipų (procesų, analoginio dizaino, projektavimo, skaitmeninio dizaino, testavimo, programų) inžinierių bei technikų (priežiūros, proceso ir testavimo)**. Anot Teltonikos atstovo, neįvardinant konkrečių pareigybių, šios specialybės padengia numatomą ekspertų poreikį, o įmonės viduje planuojama apmokyti operatorius, inspektorius, technikus ir pan. Taip pat, pagal sutartį su ITRI, Teltonika turėtų sulaukti ir inžinerinių mokymų savo darbuotojams[15].

Šaltinis: parengta IA.

- **Aukštųjų technologijų pramonės įmonės, kurios konkuruoja dėl STEM sričių specialistų, taiko keletą paminėtinų strategijų spręsti specialistų trūkumą:**
  - Bakalauro studijas įpusėjusių reikalingų sričių studentų įdarbinimas ir apmokymas[16];
  - Generinius profilius turinčių specialistų samdymas ir apmokymas tam tikroje specializacijoje (*on-the-job training*). Viena iš keturių į šios analizės užklausą atsakiusių įmonių nurodė, kad pati pasirengia šių profilių trūkstamus specialistus: **analoginio dizaino ir skaitmeninio dizaino inžinierius**;
  - Įmonių išvykos į mokyklas, bendradarbiavimas su mokyklomis[17].

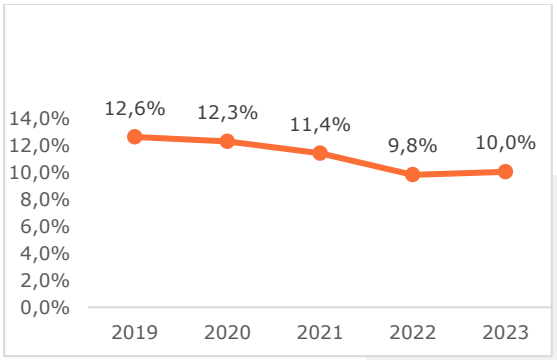
II. SPECIALISTŲ PARENGIMAS

Šioje dalyje pateikiama formalaus išsilavinimo ir stažuočių užsienyje statistika. Analizės tikslams aktualios neformalaus išsilavinimo statistikos nėra. Nacionalinės švietimo agentūros skelbiama statistinė informacija apie mokinius, dalyvaujančius neformaliajame švietime, pateikiama pagal neformaliojo švietimo kryptis, kurios yra per plačios[18] siekiant pateikti vertingas įžvalgas. Suaugusiųjų neformalaus švietimo statistika irgi neturi šiai analizei aktualių pjūvių.

[11] https://www.linkedin.com/jobs/view/information-technology-administrator-network-at-teltonika-telematics-3960614814/?originalSubdomain=lt
[12] ITRI, 2022.
[13] https://teltonika-iot-group.com/lt/naujienos/teltonika-iesko-norinciu-prisideti-prie-puslaidininkiu-lustu-pramones-lietuvoje-kurimo
[14] https://evertiq.com/design/55267
[15] Civitta, 2023, p. 77.
[16] MITA, 2022, p. 30.
[17] MITA, 2022, p. 30-31.
[18] Pvz., aktualios, tačiau per plačios kryptys yra šios: „gamta-ekologija“ ir „informacinės technologijos“. Ateityje VDA planuoja šią statistiką surinkti ir sudaryti iš administracinių duomenų todėl galima tikėtis smulkesnio lygmens duomenų.

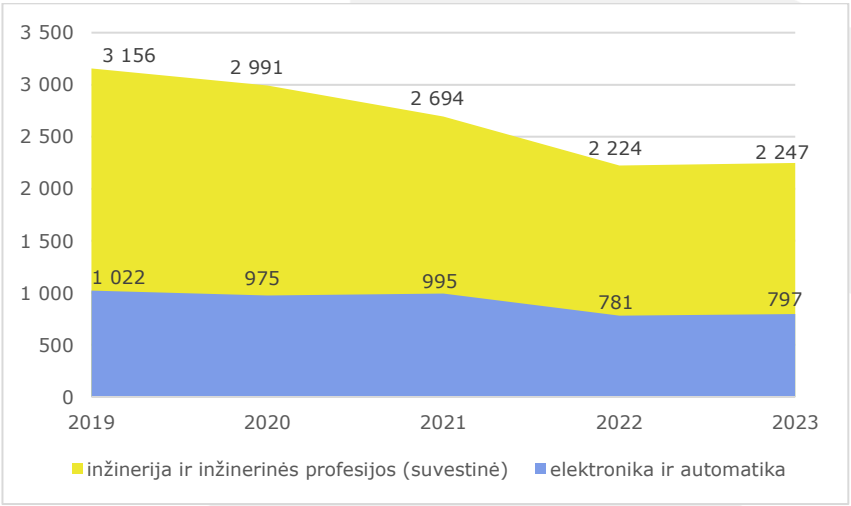
- **Ne tik mažėja stojančiųjų į Lietuvos aukštąsias mokyklas (universitetus ir kolegijas), bet ir vis mažesnė dalis būsimųjų studentų renkasi inžinerinės, gamybinės ir statybinės krypties studijas[19].** Tai atsispindi ir puslaidininkių sektoriui aktualiausioje inžinerijos bei inžinerinių profesijų absolventų statistikoje (1 pav.; VDA duomenys).

1 pav. Inžinerijos ir inžinerinių profesijų absolventų (visų pakopų) dalis nuo visų absolventų, %



- **Nuo 2019 m. Inžinerijos ir inžinerinių profesijų studijų krypties grupės[20] absolventų skaičius sumažėjo 29 % - nuo 3156 iki 2247** (per visas tris pakopas; tendencija pateikiama 2 pav.). Iš jų – 22 % sumažėjo absolventų elektronikos ir automatikos studijų kryptyje[21], kuri yra viena aktualiausių puslaidininkių sektoriui. 2019-2023 m. laikotarpyje vidutiniškai 35 % baigusių inžinerijos ir inžinerinių profesijų studijas specializavosi elektronikos ir automatikos studijų kryptyje.

2 pav. Inžinerijos ir inžinerinių profesijų (visų pakopų) absolventai, įskaitant elektronikos ir automatikos studijų krypties absolventus, 2019-2023 m.



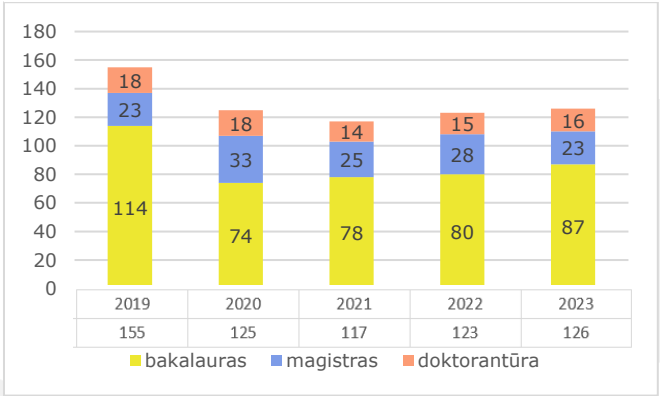
Šaltinis: parengta IA, remiantis VDA duomenimis.

- Pagal Kurk Lietuvai ataskaitoje pateiktus Lietuvos mokslo tarybos duomenis, **Lietuvos universitetai kasmet paruošia 200 elektronikos inžinierių, 40 optoelektronikos inžinierių ir apie 300 panašaus profilio elektronikos inžinierių[22].** Anot ITRI analizės, dauguma inžinerijos katedrų studentų ir dėstytojų mokosi ar dirba su lazeriais susijusiose srityse[23].

[19] Civitta, 2023, p. 74, pav. 56.
[20] ISCED 071.
[21] ISCED 0714.
[22] Klioštoraitis, R., 2024. Value proposition of Lithuania in semiconductor and optoelectronics sectors, p. 1.
[23] ITRI, 2022, p. 4.

- **VU, vienintelis Lietuvoje fizinių mokslų studentus ruošiantis universitetas, per metus paruošia apie 120 fizikų[24] (3 pav.; VDA duomenys[25]).** Anot universitetų atstovų, dėl mažėjančių su fizika ir fizikinėmis technologijomis susijusių mokslo sričių magistro ir doktorantūros studijas besirenkančių studentų srautų (turbūt turimas omeny mažėjimas lyginant su 2019 m. ir ankstesniais) ir didesnio privataus sektoriaus finansinio patrauklumo, **ilgalaikėje perspektyvoje pačios aukštosios mokyklos susidurs su žmogiškųjų išteklių problemomis šioje ir kitose tiksliųjų mokslų srityse[26].**

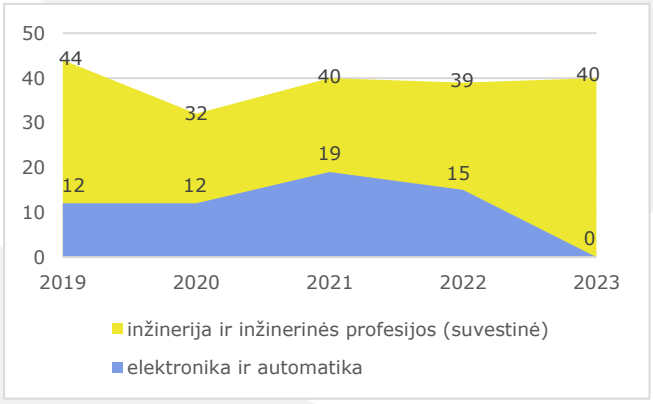
3 pav. Fizikos studijas baigusių absolventų skaičius 2019-2023 m.



- Nors Lietuvos universitetai (VU, KTU ir Vilnius Tech) ruošia platų su puslaidininkių panaudojimu susijusių specialistų spektrą[27], IG specialistų, kaip minėta, kasmet paruošiama mažiau nei 30[28]. KTU planavo inicijuoti mikroelektronikos studijų programą ir suderinti jos studijų turinį su pramonės poreikiais[29].

- Remiantis 2019-2020 m. Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos (EBPO) duomenimis, Lietuva patenka į EBPO šalių, turinčių didžiausią procentą trečiosios pakopos inžinerijos absolventų, dešimtuką[30]. Tačiau, naujausi VDA duomenys rodo, kad 2023 m. iš 40-ties inžinerijos ir inžinerinių profesijų doktorantūros absolventų nei vienas nesispecializavo eletronikos ir automatikos studijų kryptyje (4 pav.).

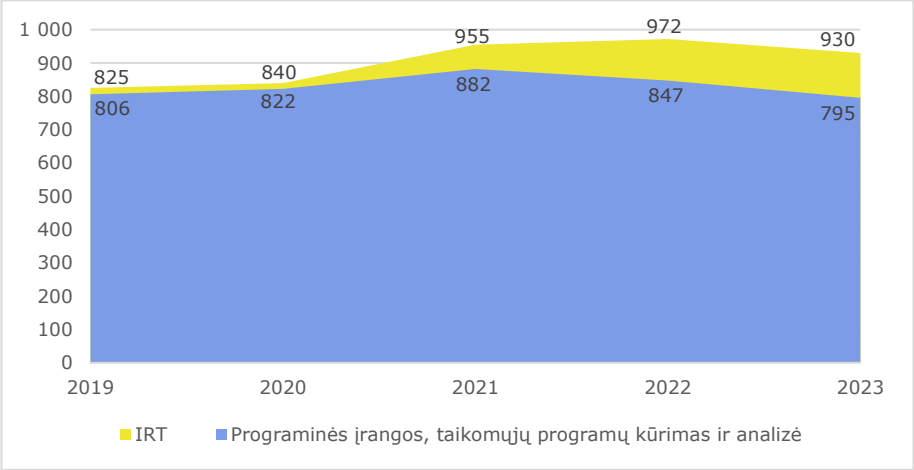
4 pav. Trečiosios pakopos inžinerijos ir inžinerinės profesijos bei elektronikos ir automatikos absolventai 2019-2023 m.



- Puslaidininkių sektoriui aktualios ir tokios su informacinėmis ir ryšio technologijomis (IRT) susijusios specialybės kaip programų, programinės įrangos, sistemų projektavimo, skaitmeninio dizaino, robotikos inžinerija bei duomenų mokslas. Tarp 2019 m. ir 2023 m. matomas IRT absolventų skaičiaus kylimas ir kritimas, o IRT absolventų, baigusių programinės įrangos, taikomųjų programų kūrimo ir analizės studijas, dalis nukrito nuo 98 % 2015 m. iki 87 % 2023 m. (5 pav.).

[24] Iš pokalbio su VU LTC direktoriumi Aidu Matijošiumi (2021-10-27) MITA (2022) apžvalgoje, p. 30.
[25] ISCED 0533.
[26] Interviu medžiaga iš MITA, 2022, p. 31.
[27] elektronikos, kompiuterių inžinerijos, lazerinės fizikos ir optinės technologijos, fotonikos ir nanotechnologijų ir kt. (MITA, 2022, p. 26).
[28] ITRI, 2022, p. 39.
[29] Informacija iš 2024 01 25 Kurk Lietuvai paviešintos analizės: Klioštoraitis, R. & Sharrock, B. SWOT analysis of Lithuania.
[30] EBPO duomenys (https://data.oecd.org/students/tertiary-graduates-by-field.htm) Kurk Lietuvai ataskaitoje (Klioštoraitis, R. & Sharrock, B., 2024, p. 6. SWOT analysis of Lithuania).

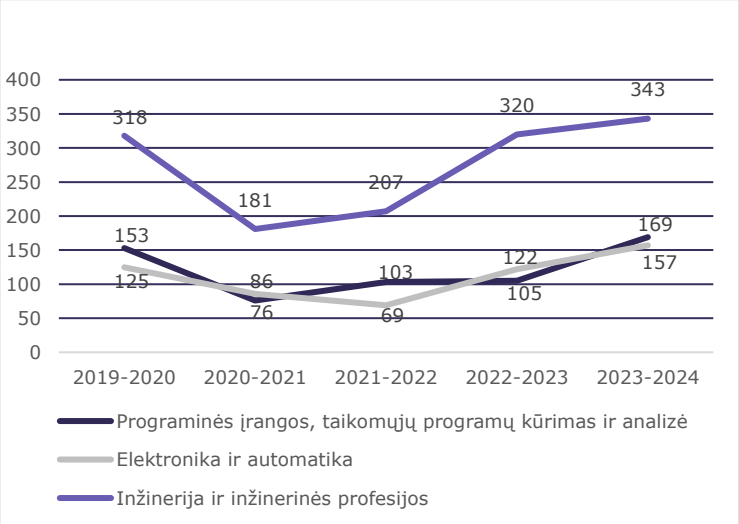
5 pav. IRT bei programinės įrangos, taikomųjų programų kūrimo ir analizės absolventai (visų pakopų), 2019-2023 m.



Šaltinis: parengta IA, remiantis VDA duomenimis.

- **Atrinktų aktualių studijų krypčių stažuotės[31].** Stažuočių užsienyje inžinerijos ir inžinerinių profesijų, programinės įrangos, taikomųjų programų kūrimo ir analizės bei elektronikos ir automatikos studijų kryptyse 2023-2024 m. nuo 2019-2020 m. įvyko daugiausiai (6 pav.). Stažuočių skaičius 2020-2021 m. ir 2021-2022 m. veikiausiai sumažėjo dėl COVID-19 pandemijos. Fizikos, medžiagotyros ir statistikos srityse užsienyje stažuojasi vos keli ar keliolika studentų per metus (7 pav.).

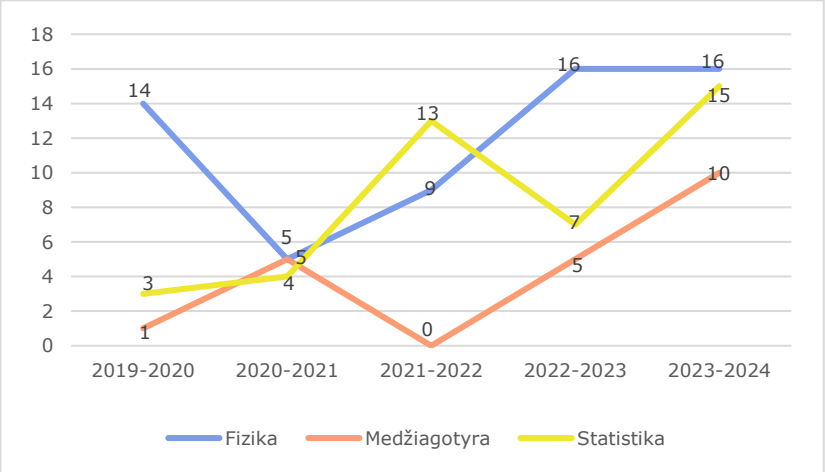
6 pav. Lietuvos aukštųjų mokyklų studentai, studijavę užsienio mokslo ir studijų institutuose atrinktose kryptyse, 2019-2024 m.



Šaltinis: parengta IA, remiantis VDA duomenimis.

[31] Aktualių studijų krypčių programos pagal AIKOS nurodytos 2 priede, p. 10.

7 pav. Lietuvos aukštųjų mokyklų studentai, studijavę užsienio mokslo ir studijų institutuose, atrinktose kryptyse, 2019-2024 m.



Šaltinis: parengta IA, remiantis VDA duomenimis.

- Puslaidininkinių lustų gamybos ir testavimo srityje lyderiaujantis Taivanas, dėl sustiprėjusios verslo partnerystės su Lietuva, Lietuvos studentams siūlo intensyvius mikroelektronikos, puslaidininkių ir fotonikos kursus savo universitetuose[32]. Tačiau pagal stažuočių į Taivaną aktualiose srityse skaičių matyti, kad tokių stažuočių per metus, geriausiu atveju, įvyksta vos kelios (žr. 3 priedą, p. 12).

III. LIETUVOS KOMPETENCIJOS LUSTŲ SRITYJE

- **Lietuvos kompetencijų centro specializacija galėtų būti grindžiama esamu Lietuvos įdirbiu (stiprybėmis) keturiose su puslaidininkiais susijusių mokslinių tyrimų srityse.** Lustų kompetencijų centro darbiniame dokumente[33] nurodoma, kad steigiamas kompetencijų centras turėtų atlikti visas jam priskiriamas funkcijas (nurodytas 3-iame darbinio dokumento skyriuje) ir turėti specializuotą kompetencijos / ekspertizės sritį, kurios imtyje galėtų pasiūlyti pagalbą, mokymus bei konsultacijas ir kitoms ES šalims.
- **Lietuvos mokslininkai turi aukšto lygio ekspertizę (mokslines kompetencijas ir *know how*) fundamentiniuose ir nišinių technologijų taikomosiuose moksliniuose tyrimuose šiose pagrindinėse keturiose srityse[34]:**
    - **optinės puslaidininkių savybės ir optoelektronika,** daugiausia dėmesio skiriant puslaidininkinių šviestukų (LED) panaudojimui ir tobulinimui; Optoelektronikos srityje stipri OLED tyrimų grupė;
    - **Medžiagotyra –** giluminiai puslaidininkinių medžiagų ir jų nanostruktūrų tyrimai, medžiagų gamybos ir apdorojimo technologijos, naujos medžiagos ir technologijos;
    - **Puslaidininkinė elektronika –** fundamentiniai elektroninių prietaisų tyrimai (fizikiniai pagrindai) bei naujausi elektroniniai prietaisai;
    - **Lazerių mokslas ir lazerių taikymas.** Lietuva turi ne tik globaliai pripažintą lazerių sektorių bei įmones, užsiimančias savo tyrimais

[32] Klioštoraitis, R., 2024, p. 1. Value proposition of Lithuania in semiconductor and optoelectronics sectors.
[33] Competence Centres working document v0.4.
[34] Sudaryta remiantis MITA (2022) atlikta analize (p. 29-30) ir Kurk Lietuvai atlikta analize (Krištopaitis, 2024, p. 10).

paremtų lazerių ir lazerinių sistemų gamyba, bet ir pasaulinio lygio lazerių mokslinius tyrimus atliekančias (VU LTC) bei specialistus ruošiančias mokslo įstaigas. Kita vertus, ITRI atliktoje analizėje pastebima, kad nors lazerių pramonė yra dalis puslaidininkių įrangos pramonės, Lietuvos lazerinių technologijų gamintojai daugiausia tiekia modulius sistemų integruotojams, o ne galutinę įrangą pusladininkiams[35].

Šaltinis: sudaryta IA remiantis MITA (2022) ataskaita, p. 26-27.

Lietuvos aukštojo mokslo įstaigų specializacijos pagal mokslinių tyrimų sritis pateikiamos 4 lentelėje.

4 lentelė. Lietuvos mokslo įstaigų specializacijos su puslaidininkiais susijusiose srityse

Įstaiga	Mokslinių tyrimų sritys (specializacijos)
Fizinių ir technologijos mokslų centras (FTMC)	Kvantinių puslaidininkių optiniai spektroskopiniai, naujų puslaidininkinių medžiagų optinio atsako, paviršinių nanodarinių, fotovoltinių heterostruktūrų, organinių puslaidininkių ir fotoninių kristalų tyrimai.
Vilniaus universitetas (VU)	Puslaidininkių optoelektronika, nepusiausvirieji nešikliai puslaidininkiuose, nanostruktūrose ir kitose kietojo kūno medžiagose.
Kauno technologijų universitetas (KTU)	Puslaidininkinių medžiagų tyrimai, įskaitnat puslaidininkinius šviestukus ir holografinius sprendimus.
Vilniaus Gedimino technikos universitetas (VILNIUS TECH)	Superlaidininkinių medžiagų elektrinės, magnetinės, optinės ir optoelektroninės savybės.

Šaltinis: parengta IA, pagal MITA (2022) ataskaitą.

- **Infrastruktūra.** Be minkštųjų kompetencijų, VU bei FTMC turi brangią, retą ir sudėtingą technologinę įrangą, skirtą fundamentiniams ir taikomiesiems puslaidininkių tyrimams (spektroskopijai, medžiagotyrai, defektų nustatymui ir paviršiaus analizei)[36]. FTMC ir M-Lab[37], glaudžiai susiję su VU ir KTU, yra pagrindiniai Lietuvos tyrimų ir inovacijų centrai optoelektronikos ir puslaidininkių srityse. M-Lab yra laboratorija su pažangiausiais programinės įrangos, testavimo ir pakavimo pajėgumais, įgalinanti siūlyti verslui sprendimus nuo koncepualizavimo iki masinės gamybos[38].
- Kita vertus, ITRI atliktame Lietuvos puslaidininkių kūrimo galimybių vertinime pastebima, kad **Lietuvoje trūksta nuodugnių taikomųjų puslaidininkių ir integrinių grandynų sričių tyrimų, o dėmesys kreipiamas į su lazeriais susijusius tyrimus[39].** Siekiant atsakyti į klausimą, kokių konkretesnių kompetencijų Lietuva turėtų steigti ES lustų kompetencijų centrą, reikalinga išsamesnė analizė.

[35] ITRI, 2022, p. 4 ir p. 41.
[36] Iš pokalbio su VU FNI direktoriumi Sauliumi Antanu Juršėnu (2022-01-10), pateiktu MITA (2022) analizėje, p. 29.
[37] M-Lab yra naujas prototipų kūrimo ir dizaino centras, daugiausiai dėmesio skiriantis mikroelektronikos kūrimui, projektavimui ir testavimui.
[38] Klioštoraitis, R. & Sharrock, B., 2024, p. 11-12. SWOT analysis of Lithuania.
[39] ITRI, 2022, p. 44.

1 priedas. Pusladininkių tiekimo grandinėje veikiančios identifikuotos įmonės, kurioms buvo išsiųstos užklausos

Įmonės pavadinimas	Trumpas veiklos aprašymas ir pozicija puslaidininkių tiekimo grandinėje (ENG)
Altechna R&D	A femtosecond laser micromachining solutions provider for industry and science. Position: fabless; electronic design automation (EDA); foundry (chip manufacturing), assembly, testing, packaging; supplier of fabrication materials and equipment.
BPTI RF	Hybrid and integrated mm-Wave circuit design. This includes designs based on CMOS, BiCMOS and III-V semiconductor technologies, radar receiver and transmitter front-ends and ad hoc implementation. Position: Core IP provider; testing; coordination and consultaion of chips prototyping and manufacturing.
BROLIS SENSOR TECHNOLOGY	The company manufactures femtosecond lasers which in semiconductor industry are used for selective ablation, periodic surface structuring and color center formation. Position in semiconductor value chain: integrated device manufacturer (IDM);
Light Conversion	The company manufactures femtosecond lasers which in semiconductor industry are used for selective ablation, periodic surface structuring and color center formation. Position in the semiconductor supply chain: equipment.
Lime Microsystems	The company creates fully programmable RF transceiver ICs that can be configured to operate on all the major communication frequencies and standards. Position in the semiconductor supply chain: fabless.
Litalka-Elektronik	The company, part of „Kurz Elektronik" GmbH (Germany), manufactures semiconductor devices, printed circuits. Position in the semiconductor value chain: OSAT (outsourced semiconductor assembly and testing).
Littelfuse LT	The company manufactures electronic components, including various semiconductor devices. It is a US equity firm operating in Lithuania since 2012. Position in the semiconductor supply chain: manufacturing.
NTLAB	The company designs a wide range of ICs (including ASICs). Position in the semiconductor supply chain: fabless.
Si Femto	Integrated circuit design service company, specializing in high speed mixed-signal, analog, RF and digital IC design and consulting. Position in the semiconductor value chain: fabless (Core IP and chip design).
Teltonika IoT Group	Expected position: fabless (chip design); manufacturing; asembly, testing and packaging. These activities are currently in the planning stage and will be implemented from 2027.
Vilniaus Ventos Puslaidininkiai	The company specialises in the manufacture of semiconductor devices - thyristors, diodes and triacs. Position in the semiconductor supply chain: manufacturing.

Šaltinis: sudaryta IA.

2 priedas. Aktualių studijų krypčių programos pagal AIKOS

Studijų kryptis	Studijų programos kryptyje
Fizika	Aukštųjų technologijų fizika ir verslas Fizika Gyvybės ir cheminė fizika Kompiuterinė fizika ir modeliavimas Lazerinė fizika ir optinės technologijos Moderniųjų technologijų fizika ir vadyba Šviesos technologijos Taikomoji fizika Teorinė fizika ir astrofizika
Medžiagotyra	Baldų gamybos technologijos Medžiagos ir nanotechnologijos Medžiagų fizika Medžiagų fizika ir nanotechnologijos Medžiagų mokslas
Informacijos ir ryšio technologijos (plačiosios programos)	Dirbtinio intelekto sistemos Finansų technologijos Informacijos sistemos Informacijos sistemos ir kibernetinė sauga Informacijos sistemų kūrimas ir priežiūra Informacinės technologijos Laivybos ir logistikos informacijos sistemos
Programinės įrangos, taikomųjų programų kūrimas ir analizė	Bioinformatika Dirbtinio intelekto informatika Dirbtinis intelektas

	Finansų technologijos Informacijos ir informacinių technologijų sauga Informacinės sistemos Informacinės technologijos Informacinių sistemų inžinerija Informacinių sistemų programų inžinerija Informacinių technologijų paslaugų valdymas Informatika Informatika ir skaitmeninis turinys Informatikos inžinerija Informatikos sistemos Inžinerinė informatika Kompiuteriniai žaidimai ir animacija Kompiuterinis modeliavimas Marketingo technologijos Multimedijos technologijos Programavimas ir multimedija Programų inžinerija Programų sistemos Programų sistemų inžinerija Sistemų administravimas Skaitmeninio dizaino technologijos Sveikatos informatika Taikomoji informatika Taikomoji informatika ir programavimas Veiklos skaitmeninimas ir sistemų architektūros Žaidimų kūrimas Žaidimų kūrimas ir skaitmeninė animacija
Elektronika ir automatika	Automatika Automatika ir robotika Automatika ir valdymas Automatikos ir elektros inžinerija Automatinio valdymo sistemos Automatinis valdymas Automobilių elektronikos sistemos Autotransporto elektronika Avionika Avionikos sistemų inžinerija Elektronikos inžinerija Elektronikos ir elektros inžinerija Elektronikos technika Elektros ir automatikos inžinerija Fotonika ir nanotechnologijos Informacinės elektroninės sistemos Informacinės technologijos Informacinių sistemų inžinerija Informacinių sistemų technologijos Informatikos inžinerija Intelektinės robotikos sistemos Kibernetinės sistemos ir sauga Kompiuterinių tinklų administravimas Kompiuterių inžinerija Kompiuterių sistemos Kompiuterių tinklų administravimas Lazerinė technologija Mechatronika Mechatronika ir robotika Mechatroninės sistemos Multimedija ir kompiuterinis dizainas Optoelektronikos medžiagos ir technologijos Robotika Transporto elektronika
Statistika	Duomenų analizės technologijos Duomenų mokslas Duomenų mokslas ir statistika Ekonometrija Modeliavimas ir duomenų analizė Verslo duomenų analitika

Šaltinis: sudaryta IA pagal AIKOS registrą.

3 priedas. Lietuvos aukštųjų mokyklų studentai, studijavę mokslo ir studijų institutuose Taivane 2019, 2022 ir 2023 m.[40]

Studijų krypties grupė	Studijų kryptis	Studijų programa	Stažuočių sk.
2019 m.			
Informacijos ir ryšio technologijos	Programinės įrangos, taikomųjų programų kūrimas ir analizė	Informacinės technologijos	1
		Informatika	1
		Programų sistemos	1
		suvestinė	**3**
2022 m.			
Gamyba ir perdirbimas	Medžiagotyra (stiklas, popierius, plastikai, mediena)	Medžiagų fizika ir nanotechnologijos	3
Inžinerija ir inžinerinės profesijos	Chemijos inžinerija	Cheminė technologija ir inžinerija	1
		suvestinė	**4**
2023 m.			
Fiziniai mokslai	Fizika	Fizika	2
Gamyba ir perdirbimas	Medžiagotyra (stiklas, popierius, plastikai, mediena)	Medžiagų fizika ir nanotechnologijos	1
Inžinerija ir inžinerinės profesijos	Elektronika ir automatika	Elektronikos inžinerija	4
		Elektronikos ir elektros inžinerija	1
		suvestinė	**8**

Šaltinis: parengta IA, remiantis VDA duomenimis.

[40] 2020 ir 2021 metais stažuočių į Taivaną nebuvo.