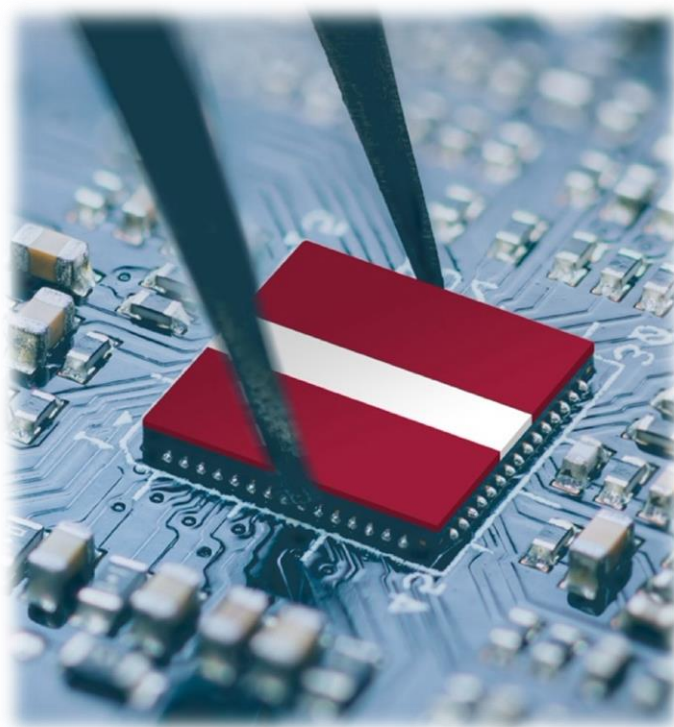


PĒTĪJUMA “PUSVADĪTĀJU TEHNOLOĢIJU UN LIETOJUMU JOMAS ATTĪSTĪBA” ĪSS KOPSAVILKUMS



Iepirkuma identifikācijas Nr. LIAA 2023/55 ERAF

Anotācija pētījumam: *Pusvadītāju tehnoloģiju un lietojumu jomas attīstība*

<p>Pētījuma mērķis, uzdevumi un galvenie rezultāti latviešu valodā (brīvā tekstā, aptuveni 150 vārdus)</p>	<p>Pētījuma mērķis ir veikt Pusvadītāju tehnoloģiju un lietojumu jomas esošās situācijas analīzi Baltijas reģionā un izpētīt pusvadītāju nozares globālās tendences. Pētījuma uzdevumi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Baltijas pētniecības infrastruktūras un intelektuālā potenciāla novērtējums un ieteikumu izstrāde; 2) Latvijas pusvadītāju vērtību ķēdi pārstāvošo uzņēmumu izpēte; 3) Baltijas valstu pusvadītāju inovāciju un jaunuzņēmumu sasniegumi un perspektīvas; 4) Pasaules vadošo izglītības iestāžu un pētniecības institūtu pusvadītāju jomās identificēšana; 5) Pasaules vadošo uzņēmumu identificēšana (katrā no pusvadītāju vērtību ķēdes posmiem); 6) Pusvadītāju vērtību ķēdes globālo tendenču novērtējums; 7) Latvijas stipro un vājo pušu identificēšana, sniedzot priekšlikumus par pusvadītāju vērtību ķēdes posmu potenciāla attīstību; 8) Detalizētas stratēģijas un rīcības plāna izstrāde pusvadītāju nozares attīstībai; 9) Latvijas ekonomisko un konkurētspējas ieguvumu prognozēšana; 10) Finanšu modeļa, finansējuma avotu izstrāde un atbalsta instrumentu identificēšana, izstrāde un pamatojums. <p>Pētījuma rezultātā par Baltijas reģiona nākotnes stratēģiju pusvadītāju nozarē izceļas vajadzība veidot ciešu sadarbību starp uzņēmumiem un izglītības iestādēm, definējot skaidras nišas un specializācijas, piesaistot finanšu resursus, un sekmējot inovācijas un kvalificēta darbaspēka pieejamību. Kopumā, Latvijas stiprās puses pusvadītāju vērtību ķēdē esot galvenokārt sarežģītu galaproduktu ražošana, piemēram, tīkla maršrutētāji. Šādiem produktiem ir nepieciešamas augstākās klases intelektuālās spējas, kas ir pamatā tam, ka Latvija var izaudzēt inženiertehniskos talantus augsto tehnoloģiju mikroelektronisko sistēmu izstrādājumiem. Papildus, Latvijas izglītības iestāžu stiprās puses pusvadītāju vērtību ķēdē ir fundamentālā materiālzinātne, uzlabotas optoelektroniskās testēšanas iespējas.</p>
<p>Galvenās pētījuma tēmas</p>	<p>Primārais pētījums – Esošās situācijas analīze Baltijas reģionā. Sekundārais pētījums – Pusvadītāju nozares globālās tendences. Trešā daļa – Latvijas pusvadītāju nozares stratēģijas izstrāde.</p>
<p>Pētījuma pasūtītājs</p>	<p>Latvijas Investīciju un attīstības aģentūra</p>
<p>Pētījuma īstenotājs</p>	<p>Rīgas Tehniskā universitāte, Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts</p>
<p>Pētījuma īstenošanas gads</p>	<p>2023.gads</p>
<p>Pētījuma finansēšanas summa un finansēšanas avots</p>	<p>110 500,83 EUR t.sk. PVN Eiropas Reģionālās attīstības fonda projekta programma "Izaugsme un nodarbinātība" 1.2.2. specifiskā atbalsta mērķa "Veicināt inovāciju ieviešanu komersantos" 1.2.2.2. pasākuma "Inovāciju motivācijas programma" (projekta identifikācijas numurs 1.2.2.2/16/I/001) līdzekļiem.</p>
<p>Pētījuma klasifikācija*</p>	<p>79310000-0 (Tirgus izpētes pakalpojumi) un 73000000-2 (Pētniecības un izstrādes pakalpojumi un saistītie konsultāciju pakalpojumi).</p>
<p>Pētījuma ģeogrāfiskais aptvērums (visa Latvija vai noteikts reģions/novads)</p>	<p>Latvija, pastarpināti Baltijas reģions, sekundārā pētījuma izpildei visa pasaule (globālo vērtības ķēžu izpēte)</p>

Pētījuma mērķa grupa/-as (piemēram, Latvijas iedzīvotāji darbspējas vecumā)	Pusvadītāju vērtību ķēdi pārstāvošie uzņēmumi, augstākās izglītības iestādes, pētniecības institūti un iestādes, valdība, tai pakārtotās iestādes.
Pētījumā izmantotās metodes atbilstoši informācijas ieguves veidam:	
1) tiesību aktu vai politikas plānošanas dokumentu analīze	Satura analīze, lai identificētu galvenās tēmas, argumentus un politikas virzienus
2) statistikas datu analīze	Deskriptīvā statistika, lai apkopotu datus, diskontētās naudas plūsmas analīze
3) esošo pētījumu datu sekundārā analīze	Meta analīze, lai apkopotu un salīdzinātu dažādu pētījumu rezultātus
4) padziļināto/ekspertu interviju veikšana un analīze	Kvalitatīvā kontentanalīze
5) fokusa grupu diskusiju veikšana un analīze	Kvalitatīvā kontentanalīze
6) gadījumu izpēte	Sistēmisku analīze konkrētam gadījumam, dokumentu analīze, satura analīze
7) kvantitatīvās aptaujas veikšana un datu analīze	-
8) citas metodes (norādīt, kādas)	Portera piecu spēku analīze, SVID analīzes metode
Kvantitatīvās pētījuma metodes (ja attiecināms):	Kvalitatīvā kontentanalīze, satura analīze, meta analīze
1) aptaujas izlases metode	Tika aptaujāti visi identificēto Baltijas augstskolu pārstāvji, kuru iestādes veic pētniecību/izglītošanu ar pusvadītāju nozari saistītās tēmās
2) aptaujāto/anketēto respondentu/vienību skaits	13
Kvalitatīvās pētījuma metodes (ja attiecināms):	Deskriptīvā statistika
1) padziļināto/ekspertu interviju skaits (ja attiecināms)	14
2) fokusa grupu diskusiju skaits (ja attiecināms)	1
Izmantotās analīzes grupas (griezumi)	-
Pētījuma pasūtītāja kontaktinformācija	Svetlana Lampīga svetlana.lampiga@liaa.gov.lv Sofija Grīnvalde sofija.grinvalde@liaa.gov.lv
Pētījuma autori** (autortiesību subjekti)	Oskars Ozoliņš Oskars.Ozolins@rtu.lv Aivars Vembris aivars.vembris@cfi.lu.lv Lauris Dimitročenko lauris.dimitrocenko@cfi.lu.lv Aleksandrs Mariņins Aleksandrs.Marinins@rtu.lv Reinis Budriķis Reinis.Budrikis@rtu.lv Gundars Kokins gundars.kokins_1@rtu.lv Alfs Raudis alfs@cfi.lu.lv Artūrs Bundulis arturs.bundulis@cfi.lu.lv Ģirts Ozoliņš girts.ozolins@cfi.lu.lv Anete Bērziņa Anete.Berzina@cfi.lu.lv

Satura rādītājs

ANOTĀCIJA PĒTĪJUMAM: PUSVADĪTĀJU TEHNOLOĢIJU UN LIETOJUMU JOMAS ATTĪSTĪBA	2
SATURA RĀDĪTĀJS	4
1. ESOŠĀS SITUĀCIJAS ANALĪZE BALTIJAS REĢIONĀ (PRIMĀRAIS PĒTĪJUMS).....	5
KOPSAVILKUMS UN APKOPOJUMS.....	7
2. PUSVADĪTĀJU NOZARES GLOBĀLĀS TENDENCES (SEKUNDĀRAIS PĒTĪJUMS)	8
3. DETALIZĒTAS STRATĒGIJAS UN RĪCĪBAS PLĀNA IZSTRĀDE	11
4. SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI (PAR VISU PĒTĪJUMU)	15

1. Esošās situācijas analīze Baltijas reģionā (Primārais pētījums)

Primārā pētījuma ietvaros tika pētīta esošā pētniecības infrastruktūra un intelektuālais potenciāls pusvadītāju jomā Baltijas valstīs gan pētniecības institūtos, gan augstskolās, ka arī tika novērtēts to piensums pusvadītāju vērtības ķēdē. Identificēta trūkstoša pētniecības infrastruktūra katrā pusvadītāju vērtību ķēdes posmā.

Vērtību ķēžu analīze ir svarīgs instruments, kas šodien tiek plaši izmantots Eiropas Komisijas un OECD ietvaros ekonomikas analīzē un plānošanā. Vērtību ķēde aptver visu aktivitāšu kopumu, kas nepieciešamas, lai no produkta koncepta izveidotu galaproduktu un saistītos pakalpojumus.

McKinsey pētījumā par pusvadītāju nozares vērtību ķēdēm ir piedāvāti deviņi posmi [Strategies to lead in the semiconductor world. Avots: <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/strategies-to-lead-in-the-semiconductor-world>], kas apraksta šīs ķēdes no materiālu sagādes, līdz mikroshēmu dizainam un līdz galaprodukta izstrādei. Pētījumā tika izmantota augstāk minētā posmu definīcija, lai aprakstītu, analizētu un novērtētu Latvijas (kā arī Baltijas) kapacitāti gan pētniecībā un izglītībā, gan industrijā.

Pamatojoties uz informāciju par Baltijas reģiona augstskolu un pētniecības iestāžu darbības jomām pusvadītāju tehnoloģiju nozarē, var secināt, ka Baltijas valstis demonstrē pārstāvniecību šajā jomā. Fotonika izceļas kā daudzsološa joma, kas ietver optisko elementu un fotonikas čipu pētījumus, kā arī optisko litogrāfiju. Šī joma varētu kļūt par vienu no reģiona spēcīgākajiem virzieniem, veicinot inovācijas un tehnoloģiju attīstību.

Latvijā ir vērojama nozīmīga aktivitāte pusvadītāju materiālu pētniecībā, litogrāfijā un čipu dizainā, kas liecina par potenciālu pusvadītāju tehnoloģiju jomā.

Baltijas valstīs un Latvijā ir izstrādātas vairākas izglītības programmas, kas ir būtiskas pusvadītāju tehnoloģiju attīstībā. Šīs programmas ir vērstas uz dažādām zinātnes un inženierzinātņu nozarēm, piedāvājot gan teorētisko zināšanu apgušanu, gan praktisko prasmju attīstību. Baltijas valstu universitāšu programmas piedāvā nozīmīgu ieguldījumu pusvadītāju vērtību ķēdē, sekmējot jaunu tehnoloģiju radīšanu, dizainu, tehnoloģisko sistēmu pārvaldību un jaunu materiālu izstrādi. Baltijas valstu universitāšu programmas ir nozīmīgas ne tikai vietējā, bet arī starptautiskā līmenī, piedāvājot studentiem iespēju specializēties pusvadītāju tehnoloģiju apakšnozarēs, kas ir specifiskas reģionam un ar augstu pētniecības un inovāciju potenciālu.

Latvijas augstskolu un pētniecības iestāžu sadarbības tīkli pusvadītāju nozarē ir daudzveidīgi un starptautiski. Rīgas Tehniskā universitāte (RTU) un Latvijas Universitāte (LU) aktīvi sadarbojas ar daudzām iestādēm, tostarp ar Kauņas Tehnoloģiju Universitāti, Yuan Ze Universitāti, Europractice, Braunšveigas Tehnoloģiju universitāte, Leibnīcas Kristālu audzēšanas institūtu (IKZ) Berlīnē, KTH Karalisko Tehnoloģiju Institūtu, imec, Keysight Technologies GmbH, OpenLight, un Fraunhofer institūtu. Tās veicina kopīgu pētniecību, pieredzes apmaiņu un zinātnisko publikāciju izstrādi.

Starptautiskā sadarbība ietver kopīgus projektus, "Train-the-Trainer" (pasniedzēju apmācības) aktivitātes, pieredzējušu vieslektoru piesaisti, kā arī mikroelektronikas klastera dibināšanu un studentu apmaiņu. PostDoc līgumdarbi un kopīgie zinātniskie pētījumi ar partneriem no dažādām valstīm veicina jaunu zināšanu un tehnoloģiju apmaiņu.

Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI) ir spēcīgs sadarbības partneris, kas veido lietderīgas sinerģijas ar RTU un LU. EDI izstrādā jaunas pusvadītāju komponentes un intelektuālā īpašuma infrastruktūru, veicinot atvērto pusvadītāju ekosistēmas attīstību Eiropā,

rīko konferences, un veicina atvērto čipu projektēšanas rīku izstrādi. RTU un LU studenti regulāri izvēlas EDI kā prakses vietu, un daudzi no viņiem turpināt karjeru šajā institūtā, kļūstot par EDI darbiniekiem. Tāpat EDI speciālisti pasniedz kursus, kas saistīti ar čipu dizainu RTU un LU.

Šāda veida sadarbība ir izšķiroša Latvijas zinātniskās un tehnoloģiskās kapacitātes stiprināšanā. Tā palīdz veidot konkurētspējīgu zinātnisko vidi un veicina augstas kvalitātes izglītības nodrošināšanu pusvadītāju nozarē, kā arī atbalsta jaunu talantu piesaisti un profesionālo izaugsmi.

Augstskolu un pētniecības iestāžu spēja nodrošināt nepieciešamās iekārtas pētījumiem un inovācijām ir kritiska, saiknes uzturēšanai ar industriju. Baltijas augstskolu un pētniecības iestāžu iekārtu analīze apkopota pētījumā aptaujājot augstskolu pārstāvjus, kā arī veicot publiski pieejamās informācijas iegūšanu, t.sk. augstskolu un institūtu mājaslapu izpēti, atvērtās pieejas datubāžu un ES projektu aprakstu.

Latvijas augstskolās un pētniecības iestādēs atrodamās ierīces pārstāv dažādus pusvadītāju vērtību ķēdes posmus, tostarp materiālu izstrādi un sagatavošanu ar organisko materiālu attīrītājiem un vakuuma iztvaicēšanas kamerām, ražošanu ar litogrāfijas iekārtām un tīrām telpām, kā arī pētniecību un attīstību ar elektronu mikroskopiem un spektrometriem. Šīs ierīces atbalsta procesus, piemēram, pusvadītāju shēmu dizainu, izmantojot datorizētas projektēšanas (*Computer-Aided Design – CAD*) sistēmas, komponentu un sistēmu testēšanu ar osciloskopiem un spektrometriem, kā arī komponentu iepakojumu ar lodēšanas stacijām. Tehnoloģijas ietver arī ierīces elektronisko shēmu projektēšanai un testēšanai, kas atbalsta pusvadītāju shēmu dizainu un pārbaudi. Tomēr ir svarīgi atzīmēt, ka trūkst mērogošanas iespēju, un lai spētu nodrošināt lielāku pētījumu un komercializācijas sadarbību ar industriju, ir nepieciešams papildināt un atjaunot esošās ierīces. Šī atjaunošana un papildināšana palīdzētu veicināt inovāciju pusvadītāju tehnoloģiju jomā, precīzu materiālu un komponentu pētījumu un izstrādi, kā arī augsta līmeņa izpēti un attīstību, kas ir būtisks priekšnosacījums inovatīvu produktu un risinājumu radīšanai pusvadītāju nozarē.

Veicot analīzi, vislielākais iekārtu skaits identificēts Viļņas Universitātē.

Kapitāla iekārtu jomā pusvadītāju vērtību ķēdes ietvaros ir identificētas vairākas augstskolas un pētniecības iestādes, kas aprīkotas ar mūsdienīgām tehnoloģijām un iekārtām. Reģionā ir pieejami tādi resursi kā modernas nanolitogrāfijas un mikroskopijas sistēmas, kas ir būtiski pusvadītāju materiālu un ierīču izstrādē un pētījumos.

Veicot Latvijas pusvadītāju vērtību ķēdes pārstāvošo uzņēmumu un jaunuzņēmumu izpēti, tika identificēti 15 Latvijā esoši uzņēmumi, kuri darbojas pusvadītāju jomā. Lai analizētu uzņēmumu sniegumu pusvadītāju vērtību ķēdē, tika izmantoti aptauju un interviju rezultāti, kuri tika veikti iepriekšējā pētījuma posmā (augstāko izglītības iestāžu anketas – jautājums par sadarbību ar industriju). Paralēli tam, tika pētītas publiski pieejamās datubāzes "Photonics21" un "EPIC" platforma, kā arī aptaujāti Latvijas pusvadītāju ekosistēmas dalībnieki, lai identificētu uzņēmumus, kuri netika piefiksēti iepriekšējos soļos. Tika arī veikta interneta resursu izpēte, meklējot papildus uzņēmumus.

Baltijas valstīs primāri ir pārstāvēti 8. un 9. posmos, kā uzņēmumi izceļas SIA "SIDRABE VACUUM", SIA "BALTIC SCIENTIFIC INSTRUMENTS" un AS "KEPP EU", kuri attīsta tehnoloģijas un produkciju pirmajiem vērtību ķēdes posmiem. Arī vērts izcelt AS "ALFA RPAR" un AS "RD ALFA MIKROELEKTRONIKAS DEPARTAMENTS", kuri turpina Latvijā radīt pusvadītāju dizainu un ražot produkciju, lai gan saskaras ar izteiktu darbaspēka trūkumu, kas nepieciešams, lai mērogotu ražošanu. Lai arī infrastruktūra ir novecojusi, salīdzinot ar globālajiem konkurentiem, tā ir pietiekama studentu un inženieru apmācībai, lai celtu zināšanu kapacitāti.

Tika identificēti arī 6 uzņēmumi, kurus var definēt kā jaunuzņēmumus (SIA "WISEBERG TECHNOLOGY", SIA "OG SENSE", BPTI RF, UAB (2019), BROLIS

DEFENCE GROUP, BROLIS SENSOR TECHNOLOGY, SKUDO OÜ (2019)). Viens no izaicinājumiem, ar ko saskaras jaunuzņēmumi pusvadītāju jomā ir investīciju nepietiekamība: kā uzsvēra Testonica pārstāvis intervijā, Igaunijas uzņēmumi saskaras ar investoru nevēlēšanos investēt pusvadītāju nozarē, jo to nepārziņ, tas prasa augstas investīcijas, un ir zināšanu ietilpīgs process. Tādēļ liela cerība tiek likta uz augstskolu un pētniecības kapacitātes celšanu, gan jaunu talantu veidošanā (kritisks punkts investoriem), gan arī jaunu tehnoloģiju izstrādē, un finansējuma piešķiršanā Horizon un citos ES grantos/programmās.

Analizējot jaunuzņēmumu sniegumu var secināt, ka Baltijas rajonā trūkst jaunu spēlētāju pusvadītāju lomā. Viens no iemesliem, kuru minēja Testonica Lab OÜ intervijas gaitā bija investoru nevēlēšanās investēt jaunuzņēmumos pusvadītāju nozarē, lielā riska un apjomīgā kapitāla dēļ. Papildus tam, tika uzsvērts, ka Igaunijas investori nepārziņ pusvadītāju vērtību ķēdes specifiku tik labi, kā informāciju un komunikāciju tehnoloģiju nozari, kura Igaunijā (bet arī pārējās Baltijas valstīs) ir vēsturiski bijusi spēcīga. Tā kā tika identificēti tikai 6 jaunuzņēmumi, tika papildus analizēti Baltijas uzņēmumi, kuri darbojas pusvadītāju nozarē, lai veidotu pilnīgu pārskatu par šīs nozares pārstāvētajiem posmiem Latvijā, Lietuvā un Igaunijā.

Kopumā var secināt, ka šobrīd lielākā daļa Baltijas uzņēmumu, kuri pārstāv pusvadītāju vērtību ķēdi, darbojas jau ilgstoši (ir dibināti vairāk kā 10 gadus atpakaļ) – tie uzņēmumi, kuri nepārstāv 8. un 9. vērtības ķēžu posmu sadarbojas ar pētniecības iestādēm tehnoloģiju attīstībā, bet pieejamās infrastruktūras un speciālistu dēļ saskaras ar izaicinājumiem konkurēt globālajā tirgū, un mērogot pakalpojumus. Tieši dizaina, materiālu izpētes un fabless (bezražotņu) pieejas ir tikušas piemērotas Baltijā. Ir skaidrs, ka nerisīnot darbaspēka trūkumu, jaunuzņēmumiem būs ārkārtīgi grūti ienākt tirgū un mērogot izaugsmi.

Kopsavilkums un apkopojums

Baltijas reģiona pusvadītāju nozares analīze atklāj dinamisku un daudzpusīgu ainu, kurā katrs vērtību ķēdes posms izceļas ar unikālām stiprajām un vājajām pusēm. Šī nodaļas mērķis ir apkopot vispārējās tēmas, kas izriet no pētījuma iepriekšējo daļu rezultātiem, akcentējot Latvijas spējas un ar tām saistītās problēmas.

Materiālu jomā Baltijas reģions ir izveidojis savu nišu uzlabotu materiālu pētniecībā, šo nozari dominē akadēmiskās institūcijas, piemēram, Tartu Universitāte. Tomēr pāreja no laboratorijas mēroga inovācijām uz komerciālu ražošanu joprojām ir izaicinājums. Ir skaidra nepieciešamība aizpildīt šo plaisu ar investīcijām, kas varētu palielināt ražošanu un veicināt nozares attīstību un atpazīstamību globālajā pusvadītāju vērtību ķēdes tirgū. Kapitāla iekārtu pieejamība ir nozīmīga priekšrocība reģionam. Mūsdienīgu un augstas veiktspējas iekārtu, pieejamība, norāda uz pamatu infrastruktūrai, kas spēj atbalstīt augstas izšķirtspējas pētniecību un jaunāko pusvadītāju tehnoloģiju attīstību. Lai gan reģionā ir pieejamas pasaules klases iekārtas, kas veicina augstākā līmeņa pētniecību, ir identificēta nepieciešamība pēc stratēģiskā plāna šo iekārtu uzturēšanai un paplašināšanai, ar ilgtermiņa skatu uz vietējas iekārtu ražošanas nozares veicināšanu.

Intelektuālais īpašums un elektroniskās dizaina automatizācija (EDA) ir stratēģiskās izaugsmes jomas Baltijas pusvadītāju sektorā. Akadēmisko institūciju un nozares līderu partnerība, kas detalizēti aprakstīta uzņēmumu analīzes dokumentā, ilustrē reģiona potenciālu intelektuālā īpašuma attīstībā. Īpaši jāizceļ Kauņas Tehnoloģiju universitātes veiktās iniciatīvas, kas izvietoj reģionu intelektuālajā kartē caur patentiem un intelektuālā īpašuma attīstību. Tomēr paliek iezīmēta nepieciešamība uzlabot piekļuvi intelektuālais īpašuma un elektroniskās dizaina automatizācijas (EDA) rīkiem un ekspertīzi to izmantošanā, kas ir izšķiroši svarīgi, lai veicinātu dizaina efektivitāti un inovāciju.

Dizaina spējas reģionā tiek stiprinātas ar bezražotņu (pusvadītāju dizains, nododot ražošanu ārvalstīs) pieeju, kas saskan ar globālajām tendencēm un atspoguļo Baltijas reģiona spēju pielāgoties mainīgajai tehnoloģiju tirgus ainavai. Šī pieeja, kas balstīta uz stiprām

akadēmiskām un industriālām sadarbībām, veicina inovācijas un zināšanu pārnesi, kas ir būtiski, lai veicinātu tehnoloģisko progresu. Tomēr dizaina nozares izaugsme ir ierobežota ar ierobežotu finansējumu un atbalsta struktūrām, kas nav tik attīstītas kā vadošajās pusvadītāju reģionos.

Pamatņu apstrādes ražotņu ("Wafer Foundry") tradīcijas ir senas, sākot no 1960ajiem gadiem, kad Latvijas Universitātes paspārnē tika dibināta pusvadītāju fizikas laboratorija, kas vēlāk pārtapa Cietvielu fizikas institūtā. Uz šīs zinātniskās bāzes pamata tolaik tika izveidota pusvadītāju mikročipu ražotne "ALFA", kas veica analogo un ciparu mikroshēmu ražošanu, neskatoties uz to, ka šīs tehnoloģijas ir novecojušas, tomēr fundamentālie pamati vēl jo projām ir spēkā, ko apliecina šī uzņēmuma eksistence vēl šodien. Šīs fundamentālās zināšanas ir ļoti nozīmīgas, lai atjaunotu Latvijas pusvadītāju industriju augstā līmenī, specifiskās nozares nišās, kā arī plaši iesaistīt augstākās izglītības sistēmas aprītē. Tas prasa stratēģisku plānošanu un koordinētas pūles, lai piesaistītu nepieciešamo finansējumu un tehnoloģisko partnerību.

"Back-end", jeb pakārtoto procesu ierobežojumi Baltijas reģionā ir pamatojami neatbilstošā infrastruktūrā, kas neļauj testēšanas un dizaina procesus mērogot apmērā, kāds būtu nepieciešams, taču pastāv nozīmīga pētniecības darbība, kas varētu novest pie inovatīviem risinājumiem. Pētniecības inovācijas no akadēmiskām iestādēm varētu tikt pārnestas uz uzlabotiem back-end procesiem, kas atspoguļo reģiona spēju inovēt un pielietot šīs inovācijas praktiski. Lai gan pētniecības inovācijas ir stiprā puse, reģiona spēja apstrādāt visaptverošas back-end operācijas ir ierobežota dēļ specializētu iekārtu trūkuma.

Iespiedplašu (PCB) komponentu gala produkta attīstības fokusēšana liecina par augstas precizitātes komponentu attīstības potenciālu, ar dažām institūcijām, kas lepojas ar uzlabotām PCB dizaina spējām. Augstas kvalitātes PCB komponentu izstrāde, ko veic pētniecības iestādes, piemēram, EDI, ir Baltijas reģiona stiprā puse. Tomēr reģionam ir ierobežotas ražošanas mēroga un darbības jomas, kas ietekmē spēju apmierināt liela mēroga tirgus pieprasījumu.

Iespiedplašu (PCB) dizaina jomā pētniecības institūcijas ir izstrādājušas inovatīvus iespiedplašu (PCB) dizainus, taču pastāv nepieciešamība pēc lielākas ražošanas un tirgus pieejamības. Inovatīvi PCB dizaini un materiāli, ko pēta reģions, atbalsta nozares progresu. Tomēr ierobežotas ražošanas spējas ierobežo reģiona spēju konkurēt globālā mērogā, kas arī samazina eksporta iespējas – jo globālie lielie spēlētāji sagaida spēju nodrošināt lielu ražošanas apjomu, ja vien netiek atrasts nišas produkts.

Gala produkta attīstības un montāžas jomā reģions ir stiprs, ar oriģināliekārtu ražotāju (OEM) sadarbības piemēriem uzņēmumu analīzē. OEM sadarbība un augstas kvalitātes produkta attīstība norāda uz spēcīgu gala produkta montāžas spēju. Tomēr tirgus pieejamības un eksporta spēju ierobežojumi ietekmē spēju izplatīt produktus globāli.

Secinot, Baltijas reģiona pusvadītāju nozare ir uzkrājusi nozīmīgu zinātnisko potenciālu un inovāciju pamatu, tomēr saskaras ar izaicinājumiem šo sasniegumu mērogošanā un komercializācijā. Lai izmantotu šo potenciālu, ir nepieciešama koordinēta pieeja, kas ietver stratēģisku plānošanu, investīcijas un sadarbību starp akadēmisko un industriālo sektoru.

2. Pusvadītāju nozares globālās tendences (Sekundārais pētījums)

Sekundārā pētījuma ietvaros bija pamatojoties uz pieejamiem aktuālajiem starptautiskajiem pētījumiem veikt apkopojuma analīzi par pusvadītāju globālām tendencēm papildus identificējot pasaules vadošās izglītības iestādes un pētniecības institūtus pusvadītāju jomās, kuriem ir pētījumi pusvadītāju jomā, ka arī-pasaules vadošos uzņēmumus katrā no pusvadītāju vērtību ķēdes posmiem līdz gala patērētāja posmam.

Globālā pusvadītāju vērtību ķēde ir sarežģīta, savstarpēji saistīta ekosistēma, kurā katrā posmā ir tai raksturīgi tehniskie izaicinājumi. Sākotnējā stadijā jeb dizaina, pētniecības un attīstības (R&D) fāzē nākas saskarties ar pusvadītāju dizaina izaicinājumiem. Inženieri saskaras ar sarežģītiem izaicinājumiem, piemēram, nodrošināt optimālu veiktspēju pie zema enerģijas patēriņa un kompakta izmēra. Šo posmu sarežģī intelektuālā īpašuma (IP) tiesības, kur nepieciešamas padziļinātas zināšanas par licences līgumiem un atlīdzības maksām, lai saņemtu atļauju integrēt IP tiesību turētāju tehnoloģijas pusvadītāju dizainos.

Piegādes ķēde un loģistika, kas ir pusvadītāju vērtību ķēdes būtiskas sastāvdaļas, saskaras ar tehniskām grūtībām globālās piegādes ķēdes pārvaldībā. Izejvielu iegūšana, transportēšana, pārstrāde un krājumu pārvaldība kļūst par tehnisku izaicinājumu, it īpaši ņemot vērā ģeopolitiskus notikumus, tirdzniecības neparedzamību, lielo ekonomiku iekšējās drošības intereses. Tehniski risinājumi, piemēram, padziļināta izpēte, piegādes ķēdes optimizācijas algoritmu izveide un analīze, ir būtiski šo sarežģītumu pārvarēšanai.

Testēšanas un iepakšanas (čipu montēšana) jomā kļūst redzama tehniskā sarežģītība. Stingri pārbaudes protokoli, ietverot gan individuālās komponentes, gan galaproduktus, rada nepieciešamību pēc augstas klases pārbaudes metodoloģijas un kvalitātes kontroles sistēmas. Pusvadītāju iepakšanas tehnoloģijas atšķiras pēc sarežģītības atkarībā no tehniskajām specifikācijām, čipu izmēriem un pusvadītāju tehnoloģiju bāzes, kā rezultātā Silīcija komponentu iepakšanas tehnoloģijas ir attīstītākas lielā apjoma ražošanas apjoma dēļ. Plašā pusvadītāju pielietošana daudzās nozarēs sarežģī transportēšanu uz gala lietotāju tirgiem, jo katram pusvadītāju veidam sākot no elektronikas precēm līdz automobiļiem un kosmosa izpētes iekārtām ir dažādas tehniskās prasības atbilstoši nozarei un regulējošajai likumdošanai. Tas padara atsevišķa veida pusvadītāju ražotājus jūtīgus pret dažādiem riskiem, jo pārorientēšanās uz citām apakšnozarēm prasa laiku.

Intelektuālais īpašums un licences ir svarīga pusvadītāju nozares sastāvdaļa, jo palīdz atrisināt tehniskos sarežģītumus un intelektuālā īpašuma strīdus. To izpratne un ievērošana ir sarežģīta dažādu juridisko struktūru kontekstā. Lai gan tas ļauj integrēt citu uzņēmumu licencētās tehnoloģijas savos ražošanas procesos, ļoti augstā juridisko procesu sarežģītība prasa ievērojamu laiku un kapacitāti, lai šos jautājumus atrisinātu.

Ar likumdošanu, starptautiskajiem regulējumiem un tiesību aktiem saistītie izaicinājumi ievieš tehniskus ierobežojumus, it īpaši eksporta kontroles un starptautiskās tirdzniecības regulāciju kontekstā. Atbilstība eksporta kontroles noteikumiem prasa globālās tirdzniecības dinamikas, eksporta klasifikāciju un stingru tehnisko standartu izpratni. Covid-19 uzliesmojums un ģeopolitiskā spriedze ir parādījusi, cik viegli ir izjaukt pusvadītāju piegādes ķēdi. [W. Mohammad, A. Elomri, L. Kerbache, The Global Semiconductor Chip Shortage: Causes, Implications, and Potential Remedies, IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 10, 2022, Pages 476-483, Avots: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.439>.]

Kopumā, globālajai pusvadītāju vērtību ķēdei raksturīgas sarežģītas tehnoloģiskas problēmas, kas rada nepieciešamību pēc nepārtrauktām tehnoloģiskajām inovācijām, plaša stratēģiskā redzējuma un detalizētas izpratnes pusvadītāju nozarē un globālajos tirgus apstākļos. Izaicinājumi, ar kuriem nākas saskarties katrā posmā, izceļ tehnisko zināšanu nepieciešamību, lai varētu veiksmīgi orientēties šajā dinamiskajā ekosistēmā.

Eiropā izteiktie valstu līderi pusvadītāju jomā ir Vācija, Nīderlande un Šveice, fokusējoties uz integrēto ierīču ražošanu un aprīkojumu (IDM). Lielākā daļa no pusvadītāju ražošana notiek Taivānā, Japānā, Dievidkorejā un ASV, jo tur šīs tehnoloģijas ir attīstījušās vēsturiski un šīs valstis var nodrošināt pilnu ekosistēmu no izstrādes un ražošanas līdz testēšanai un iepakšanai. Savukārt pusvadītāju ražošanai nepieciešamo augsti tehnoloģisko aprīkojumu ražo Nīderlandē, ASV un Japānā. Attēlā 2.1. var arī redzēt, ka ir daudzi lieli pusvadītāju ražotāji ir bez savām rūpnīcām jeb "Fables". Tas ļauj samazināt riskus, ka rūpnīcas nebūs noslogotas un kompānijas cietīs zaudējumus.

Pusvadītāju nozares pētījumu centri ir organizēti, pakļauti un finansēti atšķirīgos veidos, tie veic kritiski svarīgas funkcijas. Pētniecības institūti ir kritiski pusvadītāju industrijas attīstībai, jo tie veic pamatpētniecību un tehnoloģisko izstrādi, kas ir svarīga jaunām inovācijām un nozares progresam. imec Beļģijā ir viens no vadošajiem nanoelektronikas pētniecības centriem pasaulē, kas ir veicis nozīmīgus pētījumus pusvadītāju mērogošanas jomā, nodrošinot nozīmīgu ieguldījumu nākotnes tehnoloģiju attīstībā. Fraunhofer Society Vācijā ir pazīstams kā lietišķās pētniecības institūts, kas veic plašus pētījumus pusvadītāju tehnoloģiju jomā, palīdzot industrijai ar inovatīviem risinājumiem un jaunām tehnoloģijām. Semiconductor Research Corporation (SRC) ASV ir vēl viens svarīgs spēlētājs, kas veicina sadarbību starp akadēmisko un industriālo sektoru, nodrošinot svarīgu platformu zināšanu un tehnoloģiju apmaiņai pusvadītāju pētniecībā.

Pētniecības institūtiem (jeb dažos gadījumos - centriem) ir kritiska nozīme zināšanu un pieredzes radīšanā un uzkrāšanā. Šeit top eksperimentālas iestrādes, kuras veiksmes gadījumos tiek mērogotas ražošanas procesam. Savukārt universitāšu studenti un doktoranti iegūst vērtīgu praktisku pieredzi. Pētniecības institūtu (centru) tuvums izglītības procesam ir pieaugoši nozīmīgs.

Universitātes ir pusvadītāju industriju veidojošais spēks, sniedzot pamatu inovācijām un tehnoloģiskajam progresam. Universitātes ir cieši saistītas ar pētniecības centriem, kuri dažreiz atrodas universitāšu paspārnē vai arī izveidojušies kā spin-off (piemēram, imec no KU Lēvenas universitāte).

Uzņēmumu loma pusvadītāju industrijā ir nenoliedzami svarīga, jo tie nodrošina inovāciju un tehnoloģisko attīstību praktisku realizāciju. Samsung Electronics, kā globāls elektronikas un pusvadītāju ražošanas līderis, ir parādījis savu spēju ne tikai inovēt, bet arī veiksmīgi ieviest jaunas tehnoloģijas tirgū. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) ir vēl viens svarīgs spēlētājs, kas kā pasaules lielākais neatkarīgais pusvadītāju līgumražotājs ir būtiski ietekmējis nozares attīstību un globālo pusvadītāju piegādes ķēdi.

Nozīmīgas funkcijas pusvadītāju nozares attīstībā ir:

Sadarbības Veicināšana: Sadarbība starp uzņēmumiem un akadēmiskajām iestādēm ir svarīga. Piemēram, imec un KU Lēvenas universitātes gadījumā šāda sadarbība ir nesis labumu gan zinātniskās izpētes, gan komerciālas izstrādes ziņā. Sadarbība veicina zināšanu un tehnoloģiju pārnesi.

Ekosistēmas Veidošana: Lai veicinātu jaunuzņēmumu izaugsmi un inovāciju, ir jāveido atbalstoša ekosistēma. Piemēri no dokumentiem, piemēram, ITRI Taivānā, ir veicinājuši jaunu nozaru un jaunuzņēmumu izveidi, izmantojot atvērtās laboratorijas un inkubatorus.

Veicot pētījumu tika identificēti pasaules vadošie un/vai nozīmīgie uzņēmumi katrā no pusvadītāju vērtības ķēdes posmiem līdz gala patērētāja posmam atbilstoši McKinsey&Company pusvadītāju vērtību ķēdes aprakstam. Ņemta vērā katra vērtību ķēdes posma specifika un dažādi aspekti, piemēram, dizaina izstrādes uzņēmumi var gan paši ražot mikroshēmas, vai arī ražošanu pēc līguma nodot citam uzņēmumam; pamatnes apstrādes ražotnes izgatavo vai nu sava dizaina mikroshēmas vai arī to dara kā līgumražošanu.

Jāpiezīmē, ka uzņēmumi no dažādiem vērtību ķēdes posmiem ir ļoti atšķirīgi gan pēc apjoma, uzbūves un darbības veida. Dažos posmos ir redzama jaunuzņēmumu klātbūtne, kamēr tradicionālos dominē lieli un seni uzņēmumi.

Pastāv netipiski uzņēmumi, kuri darbojas vairākos vērtību ķēdes posmos, piemēram, lielākie mikroshēmu ražotāji ir iesaistīti gan dizainā, ražošanā un testēšanā/iepakošanā. Pētījumam noderīgāk bija skatīt specializētus uzņēmumus. Tika identificēti 29, kuri pārstāv dažādas ģeogrāfijas un kuru pieredze un iniciatīvas ir svarīgi pētījumam kopumā.

Aplūkojot izvēlētos uzņēmumus McKinsey vērtību ķēdē, redzams, ka vairumā vērtību ķēdes posmu dominē lieli uzņēmumi ar vismaz desmitgadēm ilgu vēsturi un tradīcijām. Tikai daži posmi šķiet pieejami jauniesācējiem, piemēram, dizains (īpaši bezražotņu), iespiedplates.

Ja elektroniskā dizaina automatizācija koncentrēta galvenokārt ASV, tad pamatņu apstrādes ražotnes, un gala produkti atrodas dažādās ģeogrāfijās. Āzijas ražotāji dominē ar liela apjoma vienveidīgu produkciju.

3. Detalizētas stratēģijas un rīcības plāna izstrāde

Darba uzdevuma izpildes laikā tika pētīti un analizēti Latvijas pusvadītāju nozares vides trūkumi, iespējas un priekšlikumi nozares attīstībai, papildus pievērtēšot uzmanību jomām, kā vērtību ķēdes, izglītība, pētniecības un inovāciju joma, un pieejamie atbalsta instrumenti.

Globālās pusvadītāju vērtību ķēdes novērtējums (skatīt 2.1 pētījumu)

Atsaucoties uz 2.1.pētījumu kopumā globālajai pusvadītāju vērtību ķēdei raksturīgas sarežģītas tehnoloģiskas problēmas, prasot nepārtrauktu tehnoloģisko inovāciju, stratēģisku redzējumu un niansētu izpratni gan par nozarei specifiskajiem, gan globālajiem tehniskajiem apstākļiem. Globālais izaicinājums ir saistīts ar iekārtu sarežģītību un nepietiekošo speciālistu skaitu, kas vajadzīgi iekārtu izstrādei. Vajadzīgi izglītoti speciālisti ar daudz nozaru zināšanām: mehānikas, materiālu, optikas, elektronikas/programmēšanas inženieri, utt. Ar nepārtrauktām pusvadītāju tehnoloģijas attīstības tendencēm pāreja uz jaunākajiem ražošanas procesiem prasa nozīmīgus kapitāla ieguldījumus, rada tehniskus izaicinājumus, lai saglabātu konkurētspēju un operatīvu efektivitāti.

Latvijas pusvadītāju vērtību ķēdes novērtējums (skatīt 1.5. Kopsavilkums un apkopojums: Latvijas pusvadītāju nozares novērtējums)

Kopumā, Latvijas stiprās puses pusvadītāju vērtību ķēdē esot galvenokārt sarežģītu galaproduktu ražošana, piemēram, tīkla maršrutētāji. Šādiem produktiem ir nepieciešamas augstākās klases intelektuālās spējas, kas ir pamatā tam, ka Latvija var izaudzēt inženiertehniskos talantus augsto tehnoloģiju mikroelektronisko sistēmu izstrādājumiem. Papildus, Latvijas izglītības iestāžu stiprās puses pusvadītāju vērtību ķēdē ir fundamentālā materiālzinātne, uzlabotas optoelektroniskās testēšanas iespējas. Piemēram, RTU pētnieki nesen sasniegta pasaules ātruma rekordu optiskajā datu pārraidē, izmantojot silīcija fotonikas modulatoru mikročipus.

Pētījuma tika izstrādāta detalizēta stratēģija un rīcības plāns Latvijas pusvadītāju ražošanas nozarei no pētniecības viedokļa, zināšanu aspekta, tehnoloģiskajām iespējām un no esošās sakaru tehnoloģiju nozares viedokļa. Šajā nodaļā tika apkopots augstskolu un uzņēmumu pārstāvju interviju laikā iegūti ieskati par Baltijas valstu stratēģiju un nākotnes attīstības virzieniem.

Apkopojot interviju rezultātus par Baltijas reģiona nākotnes stratēģiju pusvadītāju nozarē nākamajiem 5-10 gadiem, izceļas vairāki galvenie virzieni gan uzņēmumiem, gan izglītības un pētniecības iestādēm, gan abu grupu kopīgai darbībai:

- Lai panāktu veiksmīgu pusvadītāju nozares attīstību Baltijā, būtiski ir veidot ciešu sadarbību starp uzņēmumiem un izglītības iestādēm, definējot skaidru nišu un specializāciju, un piesaistot nepieciešamos finanšu resursus.
- Inovāciju atbalsts, kvalificēta darbaspēka pieejamība un pastāvīga sadarbība reģionālā un starptautiskā līmenī ir galvenās priekšnosacījumi mērķu sasniegšanai.
- Jāizvairās no pārāk plaša fokusa un jākoncentrējas uz konkrētām tehnoloģijām, kur Baltijas valstīm ir vai varētu būt konkurētspējīgas priekšrocības.

Uzņēmumiem ir svarīgi izvēlēties specializācijas jomas, kas spēj nodrošināt konkurētspēju un inovāciju – sensoru izstrāde, optoelektronika, un mikroelektronika ir dažas no tām. Tāpat tiek uzsvērtā nepieciešamība veidot sadarbību ar izglītības iestādēm, lai sekmētu tehnoloģiju pārnesei. Ir būtiski saglabāt un piesaistīt kvalificētu darbaspēku, kā arī veidot spēcīgu Baltijas valstu tēlu kā uzticamu un profesionālu partneri pusvadītāju nozarē, vienlaikus attīstot sadarbību ar Eiropas Savienības valstīm un izmantojot ES finansējuma iespējas.

Izglītības un pētniecības iestādēm ieteicams pievērsties speciālistu sagatavošanai, kas atbilst nozares prasībām, veicinot sadarbību un kvalifikācijas celšanu. Tāpat svarīga ir koordinēta stratēģija nozares attīstībai, kas iesaista studentus un mācībspēkus, stiprina sadarbību ar industrijas partneriem un veicina tehnoloģiju pielietojumu praksē. Papildus ieteikumi iestādēm ir specializētu pētniecības centru un pilotlīniju attīstība, investīciju piesaiste un jaunu, funkcionālu materiālu radīšana.

Kopīgajam secinājumam var pievienot, ka Baltijas valstīm ir jāattīstās nišas, kas piedāvā progresīvas un adaptīvas tehnoloģijas – kā piemēram, mākslīgā intelekta un kibernetikas tehnoloģiju attīstība, kas varētu izmantot reģiona spēcīgās puses. Jāuzsver arī integrēta pieeja pusvadītāju vērtību ķēdes attīstībā, kas veicinātu sadarbību gan reģionālā, gan starptautiskā līmenī, lai izmantotu kopīgas resursus un izvairītos no iekārtu un zināšanu dublēšanas. Tāpat jāsekmē kopīgas investīciju stratēģijas izstrāde un jāpievērš uzmanība kvalificēta darbaspēka piesaistei un sagatavošanai, lai nodrošinātu nozares ilgtspējīgu attīstību un inovācijas.

To iespējams turpināt attīstību virzienos, kas saistīti ar testēšanu, dizainu un iepakojumu, nākotnē paplašinot līdz pilotlīnijas un prototipēšanas izveidei un ražošanas atbalstam - tas ir kā priekšnosacījums cilvēku kapitāla izveidei un potenciāls investīciju piesaistei nozares attīstībai. Tas varētu sekmēt tehnoloģiju pārnesei no pētniecības uz praktisko pielietojumu un veicināt reģiona konkurētspēju šajā augsto tehnoloģiju nozarē. Šāds pieaugums un daudzveidība pusvadītāju tehnoloģiju pētniecībā un izglītībā Baltijas reģionā norāda uz nozares attīstības potenciālu un spēju piedāvāt jaunas izaugsmes iespējas. Tādējādi Baltijas reģions varētu ieņemt nišas vietu Eiropas un pasaules pusvadītāju tehnoloģiju nozares kartē.

Pētījumā izstrādātā un izvirzītā Latvijas stratēģija pusvadītāju nozares attīstībai. Stratēģija paredz pusvadītāju jomas kapacitātes stiprināšanu ilgtermiņā, veicinot talantu piesaisti un noturēšanu, izveidojot jaunas mācību programmas un palielinot izpratni par nozari. Uzsvars tiek likts uz kompetenču celšanu un sadarbību starp akadēmisko un rūpniecisko sektoru, kā arī nišu identificēšanu produktiem un tehnoloģijām ar augstu pievienoto vērtību un nesātinātiem tirgiem.

Stratēģijā paredzētas aktivitātes, kas ietver dizainu, testēšanu, iepakojumu un pilotlīniju izveidošanu, īpaši uzsvērot silīcija un polimēru fotonikas nozari. Šajā jomā jau pastāv sadarbība ar Rīgas Tehnisko Universitāti, Elektronikas un datorikas institūtu (EDI) un Cietvielu fizikas institūtu (CFI), un ir plānots šo sadarbību paplašināt, lai veicinātu jaunu un inovatīvu produktu radīšanu. Līdztekus tam tiek plānots papildināt testēšanas un dizaina laboratorijas ar iepakojšanas iekārtām, kas atbalstīs jaunuzņēmumu un esošo uzņēmumu attīstību Latvijā.

Mācību programmas ir izvirzītas kā centrāls elements stratēģijā, kas nepieciešamas pusvadītāju inženieru apmācībai un industriju ilgtermiņa attīstībai. Tās ietvers kursus par CMOS elektronikas tehnoloģiju procesiem, pusvadītāju ražošanas iekārtu būvi, analogās un digitālās elektronikas dizainu, kā arī optoelektronikas dizainu un pusvadītāju uzlabotajiem pielietojumiem, piemēram, kvantu sakariem un mākslīgā intelekta tehnoloģijām.

Latvija svarīgi izveidot Čipu Dizaina un Testēšanas Kompetenču Centru (JEDI - Joint Endeavor for Design and Integration), kas pakāpeniski iekļaus citas organizācijas, sniedzot ekspertīzi un resursus centra attīstībai. Valdes un padomes sastāvā ir iekļauti pārstāvji no RTU,

imec, CFI, MikroTik un citām organizācijām. Stratēģija paredz papildu investīciju piesaisti testēšanas un dizaina infrastruktūrā, kas ļautu nodrošināt laboratoriju darbību un papildināšanu ar iepakšanas iekārtām Latvijā, tādejādi sekmējot nozares attīstību un inovāciju potenciālu.

Latvijas augstskolu studiju programmu izpēte liecina, ka situācija fundamentālās pusvadītāju fizikas jomā ir labvēlīga. Studentiem ir pieejamas studijas par cietvielu fiziku, lietišķo ķīmiju, elektronisko signālu analīzi, nanotehnoloģijām un citām jomām. Arī mašīnbūve tiek uzskatīta par spēcīgu nozares daļu. Tomēr, manāmi trūkst lietišķi orientētu kursu par pusvadītāju tehnoloģijām, kā arī elektronikas un optoelektronikas dizaina kursi nav pietiekami attīstīti. Lai atbalstītu pusvadītāju industrijas attīstību Latvijā, būtu vēlamas šādas mācību programmas:

- CMOS elektronikas tehnoloģijas procesi,
- Pusvadītāju ražošanas iekārtu būve, piemēram, uzņēmumiem kā Sidrabe un Kepp EU,
- Analogās un digitālās elektronikas dizains,
- Optoelektronikas dizains,
- Pusvadītāju ierīču testēšana un iepakšana,
- Pusvadītāju uzlaboti pielietojumi, kā kvantu sakari, aizsardzība, mākslīgais intelekts.

Nepieciešamā darbaspēka izglītošanai būtu jāapsver šādi priekšlikumi:

- Mācībspēku nosūtīšana apmācībās, lai iegūtu zināšanas aktuālajās pusvadītāju nozarēs, piemēram, More-Than-Moore tehnoloģijas, kvantu aprēķinos, augstas jaudas mikroelektronika, mākslīgais intelekts.
- Attālinātu izglītības platformu izmantošana mācībspēku kvalifikācijas celšanai, piemēram, izmantojot resursus kā semi.org un edx.org.
- Vieslektoru piesaistīšana no vadošām pusvadītāju nozares augstskolām un iestādēm.
- Jaunu kursu un studiju programmu izstrādei:
- Pusvadītāju pamatzināšanu paplašināšana, tostarp CMOS pamati un elektronikas/fotonikas VLSI dizaina kursi, kas jāsāk sniegt no pamatiem.
- Izvēlēties perspektīvas tehnoloģijas jauniem kursiem, kas varētu stiprināt Latvijas konkurētspēju globālā līmenī.
- Veicināt sadarbību ar Latvijas uzņēmumiem no pusvadītāju ķēdes, lai studentiem būtu skaidra izpratne par nākotnes karjeras iespējām.

Infrastrukturā trūkumi, kas būtiski ietekmē Latvijas pusvadītāju nozares attīstību, un jāsniedz priekšlikumi to novēršanai. Vajadzības gadījumā jāpaplašina sadarbība ar vadošiem uzņēmumiem, piemēram, imec Beļģijā, lai kvalificētu personālu un ieviestu jaunus studiju priekšmetus un programmas.

- Trūkstošajai infrastruktūrai:
- Jāuzlabo apstākļi pusvadītāju ražošanas iekārtu ražotājiem, piemēram, Sidrabe un KeppEU, kas spēj kalpot kā piegādātāji ne tikai vietējiem, bet arī starptautiskiem tirgiem, ņemot vērā pieaugošo pieprasījumu no pusvadītāju ražotnēm.
- Pusvadītāju ražotņu attīstība, ieguldot pilotlīnijās, lai vietējie un jaunie uzņēmumi, kā arī augstskolas varētu prototipēt un sagatavot produktus mērogošanai.

- Iesaiņošanas jeb backend ražotņu, piemēram, OSAT (Outsourced Assembly and Test) attīstība, izmantojot Latvijas kompetenci čipu testēšanā, lai veicinātu OSAT biznesa attīstību.
- Šādi infrastruktūras ieguldījumi būs būtiski jaunu talantu izglītošanai un nozares attīstībai.

Sociāli ekonomiskās analīzes mērķis ir prognozēt Latvijas ekonomiskos un konkurētspējas ieguvumus no pusvadītāju stratēģijas realizācijas 10 gadu perspektīvā (tostarp iekļaujot analīzi par augsti kvalificētu ekspertu pieejamību, infrastruktūras ietekmi uz inovatīvo produktu attīstību, investīcijām noteikt projekta izdevīgumu no sabiedrības viedokļa.

Sociāli ekonomiskā analīze tiek veikta laika periodam no 2024. gada sākuma līdz 2034. gada beigām (kopā 11 gadi), tajā ieskaitot projekta sākotnējās fāzes realizācijas termiņu 1 gads (no 2024. gada sākuma līdz 2024. gada beigām) un projekta dzīves ciklu 10 gadi (no 2025. gada sākuma līdz 2034. gada beigām). Sociāli ekonomiskā analīze tiek veikta salīdzināmajās 2023. gada cenās.

Analīzē tiek izmantota diskontētās naudas plūsmas metode, diskontēšanā izmantojot reālo sociālo diskonta likmi 5.00% apmērā (*saskaņā ar Finanšu Ministrijas un Eiropas Komisijas sagatavotajām izmaksu un ieguvumu analīzes vadlīnijām*: Avots: <https://www.fm.gov.lv/lv/makroekonomiskie-pienemumi-un-prognozes>).

Sociāli ekonomiskā analīzē izmantota vidēji svērtā pievienotās vērtības nodokļa likme 15.90% apmērā, minimālā un progresīvā iedzīvotāju ieņēmuma nodokļa likmes attiecīgi 20.00% un 23.00% apmērā visā aprēķinu periodā, kā arī darba devēja un darba ņēmēja valsts sociālās apdrošināšanas obligāto iemaksu likmes attiecīgi 23.59% un 10.50%.

Lai noteiktu potenciālo ekonomisko ieguvumus no stratēģijas ieviešanas, tika veikta zinātnisko darbu izpēte, nosakot ekonomiskos ieguvumus, kuri ir piemērojami katrā attiecīgajā gadījumā. Zinātnisko darbu izpēte tika veikta sekojošajās datu bāzēs: “Google Scholar”, “JSTOR”, “ScienceDirect” un “EBSCO”. Ekonomikas datu ieguve tika veikta no attiecīgajā datubāzēm, kuras ir norādītas pie izmantotajiem datiem pie katra sociālekonomiskā ieguvuma. Datu analīze tika veikta MS Excel programmā, balstoties uz prognozētajiem datiem no finanšu modeļa par katru attīstības scenāriju. Silīcija fotonu pusvadītāju laboratorijas un polimēru pusvadītāju ražošanas pilotlīnijas ieviešanas gadījumā tika kvantificēti četri galvenie sociālekonomiskie ieguvumi. Katra sociālekonomiskā ieguvuma izklāsts apkopots zemāk.

Papildus izmaksu – ieguvumu noteiktajiem kvantitatīvajiem sociāli ekonomiskajiem ieguvumiem sabiedrība gūs arī šādus kvalitatīvus ieguvumus / zaudējumus, kuri sociāli ekonomiskajā analīzē netika izvērtēti naudas izteiksmē:

- **Ieguvumi nacionālajai drošībai.** Ilgtermiņā attīstot globāli stratēģiski svarīgu jomu, kura ieņem būtisku lomu mūsdienu piegāžu un ikdienā lietojamo produktu ražošanas ķēdē, ļaus uzlabot Latvijas nacionālo drošību. Citu valstu uzņēmumiem ļaujoties uz Latvijā attīstīto kompetenci pusvadītāju jomā, šīs valstis kļūst stratēģiski ieinteresētas, lai Latvijā pusvadītāju joma turpinātu attīstīties un nenotiktu neparedzēti pārrāvumi piegādēs.
- **Ieguvumi no ekosistēmas attīstības.** Uzsākot pusvadītāju jomas attīstību Latvijā, pieaugs gan ar šo jomu, gan citām saistīta uzņēmējdarbība, veidojot jaunuzņēmumus nozarē ar augstu pievienoto vērtību.
- **Ieguvumi no nekustamā īpašuma vērtības pieauguma.** Realizējot projektu, tiks nodrošināti nosacījumi projekta realizācijas apkārtņē esošo īpašumu tirgus vērtības pieaugumam, kā arī darījumu skaita pieaugumam ar blakus teritorijās esošajiem nekustamajiem īpašumiem. Tiks palielināta citu reģionu, kā arī ārvalstu iedzīvotāju vēlme pārcelties uz Rīgas pilsētu.

- **Zaudējumi projekta īstenošanas laikā.** Projekta īstenošanas laikā (tā būvniecības fāzes laikā) tā apkārtnē būs vērojama paaugstināta kravas transporta kustība. Paredzams, ka būvniecības fāzē projekta īstenošanas vietā būs vērojami arī trokšņa un SEG emisiju pieaugums.

Pētījumā tika izstrādāts finanšu modelis un identificēti finansējuma avoti plāna sasniegšanai. Šis process ietver detalizētu plānu, kas paredz pieejamo finanšu resursu apzināšanu un to efektīvu izmantošanu, lai atbalstītu nozares attīstību piecu gadu laika posmā.

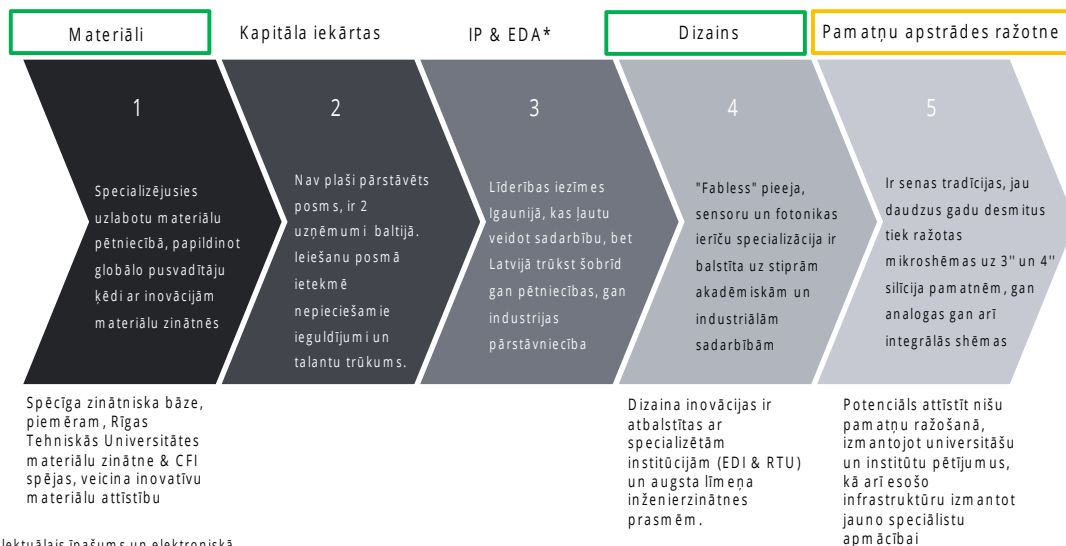
4. Secinājumi un priekšlikumi

Identificējot Latvijas iespējas un potenciālu iekļauties globālajā pusvadītāju vērtību ķēdē, novērtējot to ietekmi uz Latvijas ekonomiku, tika izstrādāti secinājumi un priekšlikumi pētniecības, izglītības un inovāciju un uzņēmējdarbības vides attīstībai. Galvenie secinājumi:

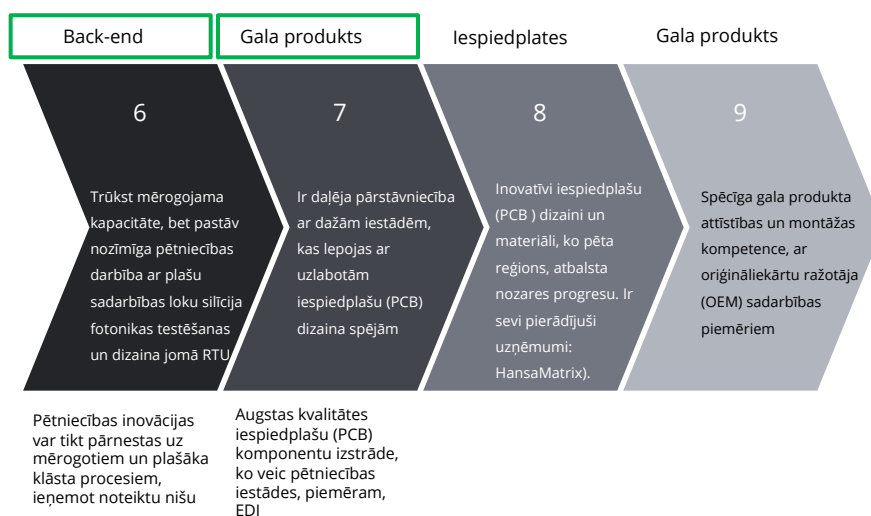
1. Latvijā ir attīstīta zinātniski pētnieciskā bāze pusvadītāju materiālu, elektronikas un īpaši fotonikas jomā, kas paver daudz iespējas dažādu jaunu virzienu attīstībai šajā nozarē, kā būtiskākos minot, čipu dizains, prototipēšana un atsevišķu ražošanas darbapļusmu izveide (izveidojot pilotlīniju), testēšana un iepakošana.
2. Universitātēs un zinātniskajos institūtos jau tagad ir minimāli nepieciešamā infrastruktūra vai piekļuve infrastruktūrai, lai parādītu konkurētspējīgus rezultātus, kā arī ir pamats pilotlīniju izveidošanai. Tomēr modernāku iekārtu iegāde un atvērtas piekļuves pilotlīnijas un testēšanas centra izveide ir kritiska, lai kļūtu konkurētspējīgi un nodrošinātu tālāku attīstību.
3. Vāja sadarbība ar industriju, galvenokārt tādēļ, ka ir relatīvi maz industrijas pārstāvji, izņemot tos, kuri pārstāv McKinsey ķēdes posmu 8 un 9.
4. Pastāv tematiska plaisa starp industriju un pētniecību. Pētniecība bieži notiek jomās, kurās Latvijā nav industrijas pārstāvniecības un otrādi - zinātne nenodrošina industrijai nepieciešamās kompetences un servisu, īpaši tradicionālo pusvadītāju elektronikas jomā.
5. Pētniecība šobrīd ir zema TRL (tehnoloģijas gatavības līmenī), tās tālāka komercializācija ir saistīta ar augstu risku, tāpēc industrija iesaistās tikai publiski finansētos projektos.
6. Katastrofāli zems jaunuzņēmumu skaits, kas liecina, ka dažādu pētījumu rezultāti ir nepietiekami attīstīti, tiem ir pārāk zems TRL līmenis, lai tos komercializētu. To izceļ tieši Latvijas zemās vietas inovāciju indeksā - Lietuva un Igaunija ir ievērojami labākās pozīcijās inovāciju reitingā, pretstatā Latvijas 37. pozīcija 132 valstu konkurencē (Avots: Global Innovation Index 2023, https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023 ē. Citu ziemeļvalstu reitingi ir priekšgalā (Dānija - 9. vieta, Zviedrija 2. vieta, Somija 6. vieta)
7. Lielākā daļa uzņēmumu atzīst cilvēkresursu problēmu, nav kvalificētu speciālistu pietiekamā daudzumā.

Attēlā ir apkopota analīze par katru pusvadītāju vērtības posmu Latvijā, veidojot kopsavilkumu gan ņemot vērā industrijas sniegumus, pētniecības potenciālu un iespējas, kā arī mācību programmu izvērtējumu. Ar zaļu ir atzīmēti tie posmi, kur šobrīd ir lielākās perspektīvas iekļauties globālajā vērtību ķēdē, pateicoties jau esošai kompetencei, starptautiskiem kontaktiem un sadarbībai, kā arī vērā ņemamiem zinātniskiem sasniegumiem

un spējām. Ar dzeltenu ir atzīmēts posms (Ražošana), kam Latvijā ir sena pagātne, bet tās attīstībai nepieciešams sākotnēji pievērsties ar zaļu atzīmēto posmu attīstībai (Dizains, materiāli, testēšana un iepakšana, pilotlīnijas un prototipēšana), lai radītu gan nepieciešamo bāzi jaunu tehnoloģiju komercializācijai, kā arī darbaspēka sagatavošanai augstas pievienotās vērtības tehnoloģiju radīšanai.



*3 - Intelektuālais īpašums un elektroniskā dizaina automatizācija



6 - "Back-end", jeb pakārtotie procesi

Attēls 1. Latvijas pusvadītāju ķēdes situācijas novērtējums

Attēlā redzams [002], ka mums ir iespēja attīstīt esošo bāzi, bet tas prasa koordinētu visu iesaistīto pušu iesaisti, lai nezaudētu iespējas. Ieguldījumi un attīstība šajā jomā globāli notiek ārkārtīgi strauji, un var mainīties nākamo pāris gadu laikā, kas nerīkojoties aktīvi, rada risku palaist garām iespēju iekarot kādu no šajā brīdī iespējamajām nišām (dizains, testēšana, fotonikas tehnoloģiju virzienu). Svarīgi arī pārliecināties, ka tiek apmācīti specializēti eksperti un inženieri šajā jomā, ja nākotnē ir vēlme attīstīt arī ražošanu, jo ar šī brīža speciālistu apjomu tas nav iespējams.

Galvenie priekšlikumi:

1. Nepieciešamas ilggadējs un plašs jaunuzņēmumu valsts atbalsts, lai spētu komerciālas idejas novest līdz produktam, kas piesaista gala patērētāja interesi, riska kapitāla vai banku finansējumu. Īpašs uzsvars ir jāliek uz atbalstu jaunu tehnoloģiju testēšanas, optimizēšanas un pakošanas attīstīšanai, lai novestu tehnoloģijas līdz TRL 8 un 9 līmeņiem.
2. Nepieciešams valsts atbalsts jauniem speciālistiem darbam Latvijas uzņēmumos uzsākot darba gaitas vai/un izstrādājot diplomdarbus. Jāiesaista uzņēmumi mācību procesā.
3. Pusvadītāju jomas attīstīšanu būtu nepieciešamas izcelt, kā vienu no valsts prioritātēm, tam piešķirot nepieciešamo finansējumu.
4. Jāturpina stiprināt tās jomas, kurās Latvijai ir salīdzinošā priekšrocība balstoties uz jau iepriekšējo pieredzi un sasniegumiem.
5. Veikt pasākumus, kas veicinātu jauniešu vēlmi studēt eksaktās zinātnes jau pamata un vidējās izglītības posmos.
6. Motivēt jaunos cilvēkus studēt Latvijas augstākajās mācību iestādēs. Tas vairāk saistīts nevis ar izglītības kvalitāti, bet ar darba iespējām pēc izglītības iegūšanas (ref. 1. punkts).
7. Piesaistīt studentus un speciālistus no ārzemēm, mācību programmas angļu valodā ir nepieciešams nosacījums.
8. Jāveido čipu dizaina un testēšanas kompetences centrs un atvērtas piekļuves pilotlīniju, kas nodrošinās gan augstāka TRL līmeņa rezultātus, gan veicinās jaunuzņēmumu piesaisti, radīšanu un attīstību.
9. Nodrošināt zinātniskās, mācību un industriālās infrastruktūras ciešu līdzās pastāvēšanu un zināšanu apmaiņu.

Raugoties uz ziemeļvalstu pieredzi, tuvākajos 10 gados ir jāveicina apjomīgi finansiālie ieguldījumi pusvadītāju pētījumos dažādiem TRL līmeņiem, sākot no pētniecības iestādēm (TLR1 - TLR4), turpinot ar jaunuzņēmumiem, kas nodarbina jaunus speciālistus un ideju autorus (TRL4 - TLR7), līdz gatavam produktam un masveida ražošanai (TLR9). Diemžēl mūsu kaimiņvalstu spēcīgās pozīcijas inovāciju reitingā, rada mums nelabvēlīgu vidi konkurencē par jaunām idejām un par šo ideju realizācijas vietu, tāpēc ir jāizstrādā plašs pasākumu komplekss mūsu konkurētspējas stiprināšanai, ņemot vērā Zviedrijas, Somijas, Dānijas, Nīderlandes, arī Lietuvas un Igaunijas pieredzi, un nekavējoties uzsākt tā realizēšanu.

Ar pilnu Pētījuma saturu var iepazīties Valsts kancelejas Pētījumu un publikāciju datubāzes mājaslapā: <https://ppdb.mk.gov.lv/datubaze/>