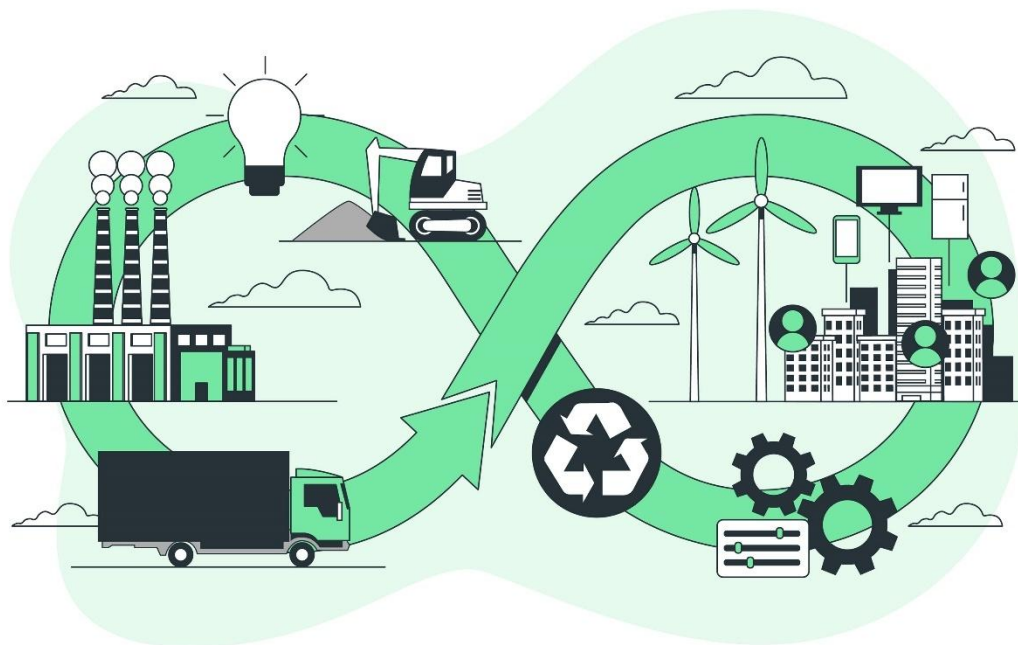




DIGITĀLĀS SIMBIOZES IETVARS

Pētījuma ziņojums par digitālo industriālo simbiozi

2. darba paka



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



AUTORI:

Valerij Dermol, Starptautiskā sociālo un biznesa studiju skola, Slovēnija

Špela Dermol, Starptautiskā sociālo un biznesa studiju skola, Slovēnija

Thomas Laudal, Stavangeras Universitāte, Biznesa un tiesību skola, Norvēģija

Ali Turkyilmaz, Stavangeras Universitāte, Biznesa un tiesību skola, Norvēģija

Joanna Bać, vecākā projektu vadītāja, Danmar Computers, Polija

Valeria Lavano, EXEOLAB, Potenca, Itālija

Diasozousa Anna Gryllaki, EXEOLAB, Potenca, Itālija

Natālija Cudečka-Puriņa, Banku augstskola, Rīga, Latvija

Dzintra Atstāja, Banku augstskola, Rīga, Latvija



SATURS

ZIŅOJUMA IEVADS	1
I DAĻA: GALVENĀ IZPĒTE – TEORĒTISKAIS IETVARŠ UN GALVENIE KONCEPTI	3
1 Par industriālo simbiozi	3
1.1 Industriālās simbiozes galvenās iezīmes	3
1.2 Atšķirības no tradicionālās atkritumu apsaimniekošanas	4
1.3 Industriālās simbiozes ieviešanas stratēģijas, izaicinājumi un apsvērumi	5
2 Industriālās simbiozes piemēri	6
2.1 Labā prakse un gūtās atziņas	6
2.1.1 Zinātniskajā literatūrā sniegtie piemēri	6
2.1.2 IS piemēri MVU	7
2.1.3 Dažādos ES finansētos projektos identificēto IS piemēri	8
2.1.4 Privāta uzņēmuma mākslīgā intelekta atbalstīta vērtību ķēdes ģeneratora sniegtie piemēri 10	
2.2 Galvenās atziņas un ieteikumi	11
3 Par digitālajām tehnoloģijām industriālajā simbiozē	11
3.1 Industriālās simbiozes veicināšana, izmantojot digitālos rīkus	12
3.1.1 Saderības veidošanas rīki	12
3.1.2 Tiešsaistes platformas	12
3.1.3 Intelīgentas vadības sistēmas	12
3.1.4 Ontoloģiju inženierija	12
3.1.5 Industrijas 4.0 digitālās platformas	13
3.1.6 Blokķēdes tehnoloģija	13
3.1.7 Digitālie dvīņi	13
3.2 Digitālās inovācijas, kas veicina industriālo simbiozi: praktiski gadījumu pētījumi	13
3.2.1 SymbioSyS platforma	14
3.2.2 PLŪSMA2	14
3.2.3 InduSym	14
3.2.4 KOPĪGOŠANAS LODZE	14
3.2.5 e-simbioze	14
3.2.6 Simbiozes platforma (ENEA)	15
3.2.7 E-Simbioza	15
3.2.8 Vērtību ķēdes ģenerators (VCG.AI)	15
3.3 Šķēršļi ieviešanai	16
3.4 Galvenās atziņas un ieteikumi	17
4 Atsauces	19
II DAĻA: KVANTITATĪVĀ ANALĪZE – UZŅĒMUMU APTAUJA 5 VALSTĪS	24
1 Ievads	24
2 Analīzes mērķi	24
3 Metodoloģija	25
4 Rezultāti un interpretācija	25
4.1 Izpratne un iepazīšanās ar industriālo simbiozi (IS)	25
4.2 Ilgtspējības uztvertā nozīme	26
4.3 Interese par mācīšanos un līdzdalību	26



4.4	Resursi un atkritumi	27
4.5	Šķēršļi dalībai IS iniciatīvās	28
4.6	Zināšanu un vadības vajadzības	28
4.7	Juridiskā izpratne un izaicinājumi	29
4.8	Digitālie rīki un to ieviešana	30
4.9	Organizācijas gatavības IS	31
5	Diskusija, ierobežojumi un turpmāka izpēte	32
6	Atsauces	34
III DAĻA: KVALITATĪVĀ ANALĪZE – TEMATISKAIS IESKATS NO INTERVIJĀM		35
1	Ievads	35
2	Pētījuma jautājumi	35
3	Metodoloģija	36
4	Tematiskās analīzes rezultāti	36
4.1	1. tēma: Šķēršļi un praktiski izaicinājumi	36
4.2	2. tēma: Inovācijas un stratēģiskā domāšana	37
4.3	3. tēma: Iesaistīšanās un vietējā rīcība	38
4.4	4. tēma: Praktiskā pieredze un lietu atsauksmes	40
4.5	5. tēma: Platformas un ekosistēmu dizains	41
4.6	6. tēma: Pilnīga digitālā integrācija un automatizācija	42
5	atbildes uz pētījuma jautājumiem	44
5.1	1. jautājums: Kāds ir pašreizējais informētības un izpratnes līmenis par digitālo industriālo simbiozi (DIS) MVU un iestāžu vidū?	44
5.2	RQ2: Kādas priekšrocības un iespējas dalībnieki saista ar digitālās industriālās simbiozes risinājumu ieviešanu?	45
5.3.	3. jautājums: Kādi šķēršļi vai izaicinājumi kavē digitālās industriālās simbiozes prakses ieviešanu MVU?	46
5.4	4. jautājums: Kāda veida apmācība vai atbalsts dalībniekiem ir nepieciešams, lai efektīvi izmantotu DIS risinājumus?	47
5.5	5. jautājums: Kā dalībnieki vērtē digitālo platformu lomu aprites ekonomikas sadarbības un resursu koplietošanas veicināšanā?	48
5.6	6. jautājuma jautājums: Kādus politikas ieteikumus vai sistēmiskas izmaiņas dalībnieki iesaka DIS veicināšanai vietējā vai reģionālā līmenī?	49
6	Diskusija	50
7	Secinājumi, ierobežojumi un turpmākie pētījumi	52
8	Atsauces	52
IV DAĻA: GADĪJUMA IZPĒTES – INDUSTRIĀLĀS SIMBIOZES PIEMĒRI PRAKSĒ		53
1	No zvejas tīkliem līdz modei — kā AquafilSLO īsteno aprites ekonomiku	53
2	No pudelēm līdz krēsliem – Donāra ilgtspējīga dizaina stratēģija	54
3	No invazīvajām nezālēm līdz piezīmju grāmatiņām – Ļubļanas aprites ekonomikas inovācija	55
4	Atkritumu pārvēršana enerģijā: Balticovo aprites pieeja mājamputnu mēslu apsaimniekošanai Latvijā	57
5	Tekstila atkritumu un pārstrādāta papīra pārvēršana videi draudzīgos būvmateriālos	59
6	Vērtības radīšana no atlikumiem: Agrofirmas Tērvete slēgtā cikla biogāzes un lauksaimniecības sistēma	60



7	Atkritumu pārvēršana izaugsmē: Getliņi EKO siltumnīcu audzēšanas aprites modelis	62
8	Notekūdeņu pārvēršana bagātībā: Toskānas solāriju rajona aprites modelis	64
9	Atkritumu kā resursa pārveidošana: Manfredonijas simbiozes centrs	66
10	Papīrs bez atkritumiem: apļveida cilpas Lukas papīra rajonā	68
11	Sakņojušies dabā: Kā Sylveco veicina aprites ekonomiku Polijas ādas kopšanā	69
12	Atkritumu pārvēršana resursos — Derewenda aprites ekonomikas pieeja	71
13	Noslēdzot apli: Kā Dobis ir aprites ekonomikas pionieris papīra iepakojuma jomā	73
NOSLĒGUMA SECINĀJUMI		76
1	Secinājumu kopsavilkums	76
1.1	Industriālās simbiozes (IS) un digitālās IS (DIS) izpratne un izpratne	76
1.2	Ieguvumi un iespējas	76
1.3	Šķēršļi un izaicinājumi	76
1.4	Digitālās platformas un rīki	76
1.5	Spēju veidošanas un apmācības vajadzības	77
1.6	Politika un ekosistēmas atbalsts	77
2	Secinājumi un ietekme uz praksi	77
2.1	Secinājumi	77
2.2	Prakses ietekme	77
2.2.1	<i>MVU un uzņēmumiem</i>	<i>77</i>
2.2.2	<i>Platformu izstrādātājiem</i>	<i>78</i>
2.2.3	<i>Politikas veidotājiem un valsts iestādēm</i>	<i>78</i>
2.2.4	<i>Apmācību sniedzējiem un atbalsta iestādēm</i>	<i>78</i>
3	bloķējošie punkti un rīcības plāns digitālās industriālās simbiozes (DIS) ieviešanai	78
3.1	Bloķēšanas punkti	78
3.2	Rīcības plāns	80



ZIŅOJUMA IEVADS

Šis ziņojums sniedz visaptverošu, daudzmetožu **digitālās industriālās simbiozes (DIS) stāvokļa, potenciāla un izaicinājumu izpēti**, īpašu uzmanību pievēršot mazo un vidējo uzņēmumu (MVU) pieredzei un gatavībai visā Eiropā. Balstoties uz papildinošiem datu avotiem — dokumentu izpēti, starpvalstu aptauju, daļēji strukturētām intervijām un praktiskiem gadījumu pētījumiem, tas piedāvā bagātīgu, uz pierādījumiem balstītu pamatu stratēģiskai lēmumu pieņemšanai, politikas ieteikumiem un turpmākiem pētījumiem.

I daļa: Dokumentu izpēte — teorētiskais pamats un galvenie jēdzieni

Dokumentu pētījumā tiek sintezēta pašreizējā zinātniskā literatūra, ES finansētu projektu rezultāti un reālās pasaules prakse industriālajā simbiozē (IS) un digitālajā aprites ekonomikā. Tajā ir noteikti IS konceptuālie pamati, ieskicējot tās atšķirīgās iezīmes, priekšrocības un integrāciju ar digitālajām tehnoloģijām. Tajā ir arī kartēti jauni digitālie rīki, piemēram, partneru meklēšanas platformas, mākslīgā intelekta plānošanas sistēmas, blokķēde un digitālie dvīņi, un tiek izvērtēta to loma resursu koplietošanas un simbiotisko partnerību veicināšanā. Turklāt šajā sadaļā ir identificēti veicinoši apstākļi un šķēršļi IS ieviešanai gan lielos uzņēmumos, gan MVU, uzsverot pārvaldību, politikas atbalstu un tehnoloģiskās inovācijas.

II daļa: Kvantitatīvā analīze – uzņēmumu aptauja piecās valstīs

Otrajā sadaļā ir sniegti strukturētas aptaujas rezultāti, kas tika veikta 78 organizācijās no Slovēnijas, Itālijas, Latvijas, Polijas un Norvēģijas. Tajā tiek pēfīta uzņēmumu informētība, digitālā gatavība, resursu izmantošana un interese par ar IS saistītām praksēm. Analīzē tiek identificēts IS/DIS pārzināšanas līmenis, uztvertie ieguvumi, šķēršļi, apmācību vajadzības un institucionālie faktori, kas ietekmē iesaistīšanos. Statistikas dati liecina, ka informētība ir cieši saistīta ar gatavību un ka digitālās kompetences būtiski ietekmē vēlmi piedalīties IS iniciatīvās. Nacionālās atšķirības izceļ konteksta ietekmi, savukārt MVU specifiskās problēmas (ierobežotas iespējas, norādījumu trūkums) uzsver nepieciešamību pēc pielāgotām intervencēm.

III daļa: Kvalitatīvā analīze – tematiskas atziņas no daļēji strukturētām intervijām

Trešajā daļā ir izmantota 16 padziļinātu interviju ar MVU pārstāvjiem, valsts iestādēm un ieinteresētajām personām Slovēnijā, Polijā, Itālijā, Latvijā un Norvēģijā tematiskā analīze. Šī kvalitatīvā perspektīva bagātina statistiskos atklājumus, piedāvājot kontekstualizētu ieskatu dzīves pieredzē, stratēģiskajos nodomos, tehnoloģiskajās frustrācijās un vietējos eksperimentos. Izceļas sešas galvenās tēmas: (1) šķēršļi un izaicinājumi, (2) inovācijas un stratēģiskā transformācija, (3) vietējās darbības un iesaistīšanās, (4) lietotāju pieredze un rīku dizains, (5) platformas un ekosistēmu attīstība un (6) digitālā integrācija un automatizācija. Šie atklājumi sniedz kritisku atgriezenisko saiti digitālo IS rīku, pārvaldības modeļu un spēju veidošanas pasākumu uzlabošanai.



IV daļa: Gadījumu izpēte – industriālās simbiozes piemēri praksē

Šajā sadaļā ir parādīti industriālās simbiozes (IS) reālie piemēri dažādās nozarēs un reģionos. Katrs gadījums izceļ, kā uzņēmumi un kopienas pārveido atkritumus vērtībā, ievieš aprites ekonomikas principus un izmanto inovācijas un sadarbību ilgtspējības nodrošināšanai.

Strukturēti pēc kopsavilkuma, konteksta, risinājuma, ietekmes, galvenajām atziņām un diskusiju punktiem, šie piemēri ilustrē informācijas sistēmas praktiskos ieguvumus — sākot no emisiju samazināšanas līdz izmaksu ietaupījumiem un jauniem biznesa modeļiem. Tie sniedz atkārtojamas atziņas MVU, politikas veidotājiem un novatoriem, kas vēlas īstenot aprites ekonomikas stratēģijas.

NOSLĒGUMA DAĻA: SECINĀJUMI UN IETEKME PRAKSEI

Ziņojuma noslēdzošajā daļā ir apkopoti teorētisko pētījumu, aptaujas, interviju un gadījumu izpētes rezultāti, lai izceltu galvenos modeļus, nepilnības un praktiski izmantojamas atziņas. Tajā ir apstiprināts, ka, lai gan izpratne par industriālo simbiozi (IS) un digitālo IS (DIS) pieaug, tā joprojām ir nevienmērīga, īpaši MVU vidū. Neskatoties uz zemo informētību, ir skaidri atzīti potenciālie ieguvumi, tostarp izmaksu ietaupījumi, inovācijas un ilgtspējības ieguvumi.

Tomēr sistēmiski šķēršļi, piemēram, regulējuma trūkums, slikta platformu sadarbība, ierobežotas digitālās prasmes un zema datu kvalitāte, turpina kavēt progresu. Visi datu avoti uzsver steidzamo nepieciešamību pēc mērķtiecīgas apmācības, spēju veidošanas un atbalstošākas politikas vides.

Ziņojuma noslēgumā sniegti pielāgoti ieteikumi MVU, platformu izstrādātājiem, politikas veidotājiem un apmācību sniedzējiem. Tajā aicināts integrēt DIS stratēģiskajā plānošanā, uzlabot digitālo rīku lietojamību, ieguldīt publiskajā digitālajā infrastruktūrā un izstrādāt praktiskus mācību materiālus, lai pārvarētu digitālo un aprites ekonomikas zināšanu trūkumu.

Pēdējā sadaļā ir sniegts tā saukto bloķējošo punktu saraksts, kā arī rīcības plāni to novēršanai.

DAĻA : DOKUMENTĀLA IZPĒTE – TEORĒTISKAIS IETVARS UN GALVENIE KONCEPTI

1 Par industriālo simbiozi

Industriālā simbioze (IS) ir sadarbības pieeja, kurā nozares apmainās ar resursiem, piemēram, blakusproduktiem, enerģiju un ūdeni, lai uzlabotu resursu efektivitāti un samazinātu ietekmi uz vidi. Atšķirībā no tradicionālās atkritumu apsaimniekošanas, kas galvenokārt koncentrējas uz apglabāšanu, IS uzsver materiālu atkārtotu izmantošanu un pārstrādi industriālajos tīklos, veicinot aprites ekonomiku (CE). Šī pieeja ne tikai novirza atkritumus no poligoniem, bet arī rada ekonomisko vērtību no atkritumiem, samazina siltumnīcefekta gāzu emisijas un samazina neapstrādātu materiālu izmantošanu. IS koncepcija sniedzas tālāk par atkritumu apsaimniekošanu, ietverot resursu optimizāciju, energoefektivitāti un industriālo sadarbību, padarot to par pamatstratēģiju ilgtspējības mērķu sasniegšanai mūsdienu rūpniecībā. Tā kā nozares arvien vairāk atzīst IS priekšrocības, pieaug nepieciešamība izprast tās galvenās īpašības, pielietojumu, izaicinājumus un digitālo tehnoloģiju lomu tās ieviešanā.

1.1 Industriālās simbiozes galvenās iezīmes

Industriālā simbioze samazina **atkritumus**, ļaujot identificēt, atgūt un atkārtoti izmantot resursus, kas citādi tiktu izmesti. Šis process samazina industriālos atkritumus un nepieciešamību pēc jaunu materiālu ieguves, tādējādi veicinot ilgtspējīgāku ražošanas sistēmu (Biswas & John, 2022; Patricio et al., 2022).

Viena no informācijas sistēmas raksturīgākajām iezīmēm ir **resursu koplietošana un efektivitāte**, kur nozares apmainās ar fiziskiem resursiem, piemēram, blakusproduktiem, ūdeni un enerģiju, lai optimizētu to izmantošanu un samazinātu atkritumus (Ulusoy et al., 2024; "Industrial Ecology", 2022). Šī apmaiņa veicina ilgtspējīgāku rūpniecības tīklu, nodrošinot, ka materiāli, kas citādi tiktu izmesti, tiek pārstrādāti, tādējādi veicinot vides saglabāšanu.

Informācijas sistēmām ir izšķiroša nozīme **ekonomiskajiem un vides ieguvumiem**, jo **nozares, kas iesaistās simbiotiskā apmaiņā, var ievērojami samazināt enerģijas, transporta un loģistikas izmaksas. Turklāt IS palīdz nozarēm efektīvāk ievērot vides noteikumus**, vienlaikus samazinot piesārņojumu un industriālo ūdens patēriņu (Ulusoy et al., 2024; Mirata et al., 2024).

Vēl viens informācijas sistēmas būtisks aspekts ir tās **integrācija ar aprites ekonomiku**, padarot to par būtisku mehānismu pārejā no lineāras ekonomikas uz izplatības ekonomiku. Informācijas sistēma veicina ilgtspējīgus ražošanas un patēriņa modeļus,

nodrošinot, ka otrreizējie materiāli tiek pastāvīgi atkārtoti izmantoti, nevis utilizēti, tādējādi uzlabojot rūpniecības ilgtspējību (Nyakudya et al., 2023; Nyakudya et al., 2022).

Turklāt IS balstās uz **sadarbības tīkliem**, kas prasa nozarēm sadarboties — bieži vien ģeogrāfiskā tuvumā, lai kopīgi pārvaldītu atkritumus un resursu izmantošanu. Šī sadarbība veicina savstarpēju labumu un uzlabo darbības stabilitāti, jo īpaši reģionos ar ierobežotu piekļuvi izejvielām ("Industriālā simbioze: jauni piegādes tīkli aprītes ekonomikai", 2022; Nyakudya et al., 2022).

IS ietver **dažādas sinerģijas**, kas ļauj nozarēm optimizēt resursu izmantošanu un samazināt atkritumus, izmantojot dažāda veida sadarbību.

- **Neorganisko blakusproduktu sinerģija** ietver tādu materiālu kā metāla lūžņu, izdedžu vai ķīmisko blakusproduktu apmaiņu, kurus var pārstrādāt cita nozare, nevis izmest.
- **Komunālo pakalpojumu sinerģijas** koncentrējas uz resursu, piemēram, liekā siltuma, tvaika vai ūdens, koplietošanu starp rūpniecības partneriem, samazinot enerģijas patēriņu un uzlabojot kopējo efektivitāti.
- **Piegādes ķēdes vai savstarpējās sadarbības sinerģijas** integrē uzņēmumus ražošanas tīklā, ļaujot tiem koplietot loģistikas, transporta vai iepakojšanas resursus, lai racionalizētu darbību un samazinātu izmaksas. Šīs sinerģijas nodrošina, ka rūpniecības blakusprodukti tiek efektīvi atkārtoti izmantoti dažādos pielietojumos, veicinot ilgtspējību un ekonomikas izaugsmi, vienlaikus samazinot ietekmi uz vidi ("Industriālā ekoloģija", 2022).
- **Aizvietošanas sinerģijas** ietver viena uzņēmuma atlikumu plūsmu, piemēram, atkritumu vai blakusproduktu, izmantošanu kā izejvielas cita uzņēmuma procesos. Piemēram, blakus esoša rūpnīca var izmantot vienas iekārtas lieko siltumu, tādējādi samazinot enerģijas patēriņu un veicinot resursu efektīvu izmantošanu (Boquera & Marcos, 2023).
- **Ģenēzes sinerģijas** šis veids attiecas uz jaunu darbību vai uzņēmumu radīšanu, kas īpaši paredzēti, lai izmantotu atlikumu plūsmas no esošajām nozarēm. Piemēram, jauna uzņēmuma izveide, lai pārstrādātu atkritumus vērtīgos produktos, ir ģenēzes sinerģijas piemērs (Boquera & Marcos, 2023).

1.2 Atšķirības no tradicionālās atkritumu apsaimniekošanas

IS būtiski atšķiras no tradicionālās atkritumu apsaimniekošanas, kas galvenokārt koncentrējas uz atkritumu apglabāšanu, kā sistēmas pamatelementu, nevis atkārtotu izmantošanu. Koncentrēšanās uz **atkārtotu izmantošanu un pārstrādi** ir būtiska diferenciācijas iezīme, jo tradicionālā atkritumu apsaimniekošana prioritāri piešķir apglabāšanu poligonos. IS uzsver materiālu atkārtotu izmantošanu un pārstrādi rūpniecības tīklos, tādējādi samazinot neapstrādātu materiālu ieguvu (Patricio et al., 2022; Kumar, 2022).

Vēl viena būtiska atšķirība ir **proaktīva resursu pārvaldība**, kur nozares informācijas sistēmu tīklā aktīvi meklē iespējas attīstīt sinerģijas, kas atkritumus pārstrādā kā resursus,



nevis vienkārši uzskata tos par blakusproduktu, kas jāizmet (Mirata et al., 2024; Petrova, 2022).

Turklāt IS veicina **ekonomiskās un sociālās vērtības radīšanu**, jo tā risina vides problēmas un rada ekonomisko vērtību, samazinot ražošanas izmaksas, veicinot zaļo darbavietu radīšanu un atbalstot vietējās kopienas, izmantojot ilgtspējīgu industriālo praksi (Petrova, 2022).

integrēta arī ar aprites ekonomikas principiem, nodrošinot, ka nozares maksimāli palielina resursu ilgtspējīgu izmantošanu un samazina ietekmi uz vidi, atšķirībā no tradicionālās atkritumu apsaimniekošanas, kurai bieži vien trūkst holistiskas ilgtspējības pieejas ("Industriālā simbioze: jauni piegādes ķēdes aprites ekonomikai", 2022; Nyakudya et al., 2023).

1.3 Industriālās simbiozes ieviešanas stratēģijas, izaicinājumi un apsvērumi

Lai veiksmīgi ieviestu industriālo simbiozi, uzņēmumiem un politikas veidotājiem ir jāpieņem strukturētas sistēmas, jāizmanto progresīvi digitālie rīki un jārisina nozarei raksturīgās problēmas.

Ir izstrādātas dažādas sistēmas un modeļi, lai atbalstītu nozares efektīvu simbiotisko attiecību veidošanā. Piemēram, **uzņēmējdarbības vērtības sistēmas** novērtē informācijas sistēmu iniciatīvu ekonomiskos un vides ieguvumus, vienlaikus ņemot vērā iespējamus kompromisus. Šīs sistēmas palīdz nozarēm līdzsvarot izmaksu ietaupījumus, ieņēmumu gūšanu un ilgtspējības mērķus, nodrošinot, ka simbiotiskā apmaiņa pozitīvi ietekmē ilgtermiņa uzņēmējdarbības stratēģijas (Mirata et al., 2024; Belykh, 2023).

No otras puses, modeļi, kas apraksta **simbiotisko ķēžu veidošanos un attīstību**, palīdz nozarēm pāriet no tradicionāliem lineāriem ražošanas modeļiem uz savstarpēji savienotiem resursu koplietošanas tīkliem. Šie modeļi atvieglo tādu rūpniecības klasteru identificēšanu, kas var gūt labumu no informācijas sistēmām, un iezīmē labāko praksi sadarbības veicināšanai starp uzņēmumiem.

Uzlaboti **digitālie rīki** ir ļoti svarīgi, lai veicinātu šo simbiotisko apmaiņu, optimizējot resursu sadali un samazinot atkritumus. Mākslīgais intelekts (MI) un mašīnmācīšanās algoritmi analizē datus par atkritumu plūsmām, materiālu koncentrācijām un tirgus cenām, lai noteiktu ienesīgas materiālu apmaiņas, galu galā atklājot jaunas ekonomiskas un ekoloģiskas iespējas (Makropoulos et al., 2024). Digitālās saderības platformas palīdz nozarēm sazināties ar piemērotiem partneriem resursu apmaiņai, samazinot darījumu izmaksas un uzlabojot piegādes ķēdes efektivitāti. Turklāt blokķēdes tehnoloģija nodrošina pārredzamību un izsekojamību informācijas sistēmu darījumos, mazinot datu drošības un atbilstības normatīvajiem aktiem bažas.

Neskatoties uz industriālās simbiozes potenciālu, tā rada vairākas ieviešanas problēmas, kas jārisina. Viena no galvenajām problēmām ir **informācijas sistēmu integrēšana esošajos industriālajos procesos**. Daudzi uzņēmumi darbojas stingrās

ražošanas sistēmās, kurām nepieciešamas būtiskas modifikācijas, lai pielāgotos simbiotiskām apmaiņām. Šī problēma prasa ieguldījumus pielāgojamās ražošanas tehnoloģijās un procesu pārveidošanā, kas nodrošina netraucētu resursu koplietošanu.

Vēl viens būtisks šķērslis ir **nepieciešamība uzlabot sadarbību un uzticēšanos** starp nozarēm. Daudzi uzņēmumi vilcinās dalīties ar resursu datiem, baidoties no konkurences trūkumiem. Drošu datu koplietošanas sistēmu un trešo pušu verifikācijas sistēmu izveide var mazināt šīs bažas un veicināt lielāku pārredzamību IS tīklos. Turklāt **regulējuma neatbilstības** dažādos reģionos var sarežģīt IS prakses ieviešanu, radot nepieciešamību izstrādāt standartizētas politikas un stimulus, kas veicina līdzdalību.

Nozarēm specifiski industriālās simbiozes pielietojumi demonstrē tās daudzpusību un potenciālu veicināt ilgtspējību dažādās nozarēs. Piemēram, lauksaimniecības un pārtikas nozarē pārtikas pārstrādes laikā rodas ievērojams daudzums organisko blakusproduktu. Integrējot šos blakusproduktus ekoindustriālajās sistēmās, nozares var uzlabot materiālu un enerģijas atgūšanu, samazinot atkritumus un vienlaikus radot jaunus ieņēmumu avotus lauksaimniecības uzņēmumiem (Hamam et al., 2023). Ražošanas nozarē industriālā simbioze ļauj pārstrādāt ražošanas atlikumus, piemēram, metāla lūžņus vai plastmasas atkritumus, izejvielās citām nozarēm, tādējādi samazinot atkarību no neapstrādātiem resursiem. Arī enerģētikas nozare gūst labumu no IS, izmantojot siltuma un enerģijas atgūšanas sistēmas, kur vienas rūpniecības iekārtas atlikumsiltums tiek izmantots blakus esošo ražotņu darbināšanai, uzlabojot kopējo energoefektivitāti.

Šo ieviešanas izaicinājumu risināšana, vienlaikus izmantojot digitālos rīkus un pielāgotas sistēmas, būs galvenais faktors industriālās simbiozes plašai ieviešanai. Nozares var pāriet uz ilgtspējīgākiem un resursu ziņā efektīvākiem ražošanas modeļiem, veicinot ciešāku sadarbību, standartizējot regulatīvās pieejas un ieguldot inovatīvos digitālajos risinājumos.

2 Industriālās simbiozes piemēri

2.1 Labā prakse un gūtās atziņas

2.1.1 Zinātniskajā literatūrā parādītie piemēri

Zinātniskajā literatūrā daudzi reālās pasaules piemēri demonstrē IS veiksmīgu ieviešanu dažādās nozarēs.

Viens no vislabāk dokumentētajiem piemēriem ir **Kalundborga Dānijā**, kur vairākas nozares iesaistās sistemātiskā resursu apmaiņā. Kalundborgas simbiozes modelis parāda, kā industriālos atkritumus un pārpalikušos materiālus var pārveidot par vērtīgiem resursiem. Piemēram, zivju audzētava izmanto elektrostacijas lieko siltumu, lai uzturētu optimālu ūdens temperatūru, savukārt sienu plātņu ražotājs pārstrādā ģipsi no elektrostacijas. Turklāt farmācijas uzņēmuma attīrītie notekūdeņi tiek novirzīti atkārtotai izmantošanai dzesēšanas sistēmās, radot slēgta cikla industriālo ekosistēmu, kas samazina atkritumus un uzlabo resursu efektivitāti (Ulusoy et al., 2024).

Līdzīgi efektīvs modelis ir atrodams **Šmilovo ekoindustriālajā parkā Polijā**, īpaši lauksaimniecības un pārtikas nozarē. Parks specializējas gaļas ražošanas atkritumu pārstrādē vērtīgos sekundāros produktos, piemēram, gaļas kaulu miltu biodegvielā un mēslošanas līdzekļos. Rūpnīca ievērojami samazina CO₂ emisijas, izmantojot inovatīvas pārstrādes metodes un vienlaikus radot ievērojamu bioenerģijas daudzumu. Katru gadu rūpnīca pārstrādā aptuveni 300 000 tonnu gaļas atkritumu, saražojot 110 000 tonnu biodegvielas un aptuveni 460 000 GJ bioenerģijas. Tas veicina ilgtspējīgu atkritumu apsaimniekošanu un uzlabo enerģētisko pašpietiekamību, samazinot atkarību no neatjaunojamiem enerģijas avotiem (Kowalski et al., 2023).

Spānijas **keramikas rūpniecība**, kas saražo 95% no valsts keramikas izstrādājumiem, arī ievieš informācijas sistēmas principus, iekļaujot atkritumus kā izejvielas, saskaņojoties ar aprites ekonomikas modeļiem, lai pagarinātu resursu dzīves ciklu (Castellet-Viciano et al., 2022). Šī nozare ir veiksmīgi integrējusi pārstrādātu stiklu, keramikas dūņas un būvniecības atkritumus keramikas flīžu ražošanā, samazinot atkarību no neapstrādātām izejvielām un samazinot ietekmi uz vidi (Castellet-Viciano et al., 2022). Turklāt inovācijas siltuma atgūšanas un ūdens recirkulācijas sistēmās ir uzlabojušas energoefektivitāti, samazinājušas emisijas un kopējās ražošanas izmaksas. Šie sasniegumi parāda, kā industriālā simbioze var veicināt ilgtspējību, vienlaikus saglabājot industriālo konkurētspēju.

Vēl viens ievērojams piemērs ir **Krievijas naftas un gāzes sektors**, kur IS tiek izmantota saistītās naftas gāzes (APG) pārvaldībai. Tā vietā, lai sadedzinātu APG — prakse, kas veicina vides degradāciju —, nozares pārstrādā un izmanto APG, lai radītu ekonomisko vērtību (Mironova et al., 2023). Nozares uzņēmumi ir izstrādājuši gāzes atkārtotas iesmidzināšanas un gāzes-šķidruma (GTL) pārveidošanas tehnoloģijas, lai uztvertu un pārstrādātu APG, tādējādi samazinot emisijas un maksimāli palielinot energoefektivitāti. Uztvertā gāze tiek vai nu atkārtoti iesmidzināšana rezervuāros, lai uzlabotu naftas ieguvī, vai arī pārveidota par vērtīgu šķidro degvielu un naftas ķīmijas produktiem. Turklāt partnerības starp naftas uzņēmumiem un naftas ķīmijas rūpniecību ir ļāvušas pārveidot APG par izejvielu ķīmiskajai ražošanai, samazinot atkritumus un veicinot starpnozaru sadarbību. Šī pieeja atbilst aprites ekonomikas principiem, nodrošinot, ka blakusprodukti tiek nepārtraukti pārstrādāti, samazinot atkarību no neapstrādāta fosilā kurināmā un samazinot nozares ietekmi uz vidi.

Brazīlijā lauksaimniecības tīkls ievieš IS, pārstrādājot atkritumus mēslošanas līdzekļos, uzlabojot kultūraugu produktivitāti, samazinot atkritumu poligonos apglabājamo atkritumu daudzumu un atbalstot vietējo ekonomiku (Sahu, 2023). Šie piemēri izceļ IS daudzveidīgos pielietojumus dažādās nozarēs un reģionos, demonstrējot to potenciālu uzlabot ilgtspējību un ekonomisko efektivitāti.

2.1.2 IS piemēri MVU

Industriālā simbioze starp maziem un vidējiem uzņēmumiem (MVU) ir arvien pieaugoša interese, jo īpaši reģionos, kur resursu optimizācija un atkritumu samazināšana ir kritiski svarīga. Šī koncepcija ietver dažādu nozaru sadarbību, lai izmantotu viena otras blakusproduktus, tādējādi samazinot atkritumus un uzlabojot ilgtspējību. Vairāki

piemēri visā pasaulē ilustrē, kā MVU iesaistās industriālajā simbiozē, lai sasniegtu šos mērķus. Zemāk ir minēti daži ievērojami industriālās simbiozes piemēri starp MVU, izceļot to stratēģijas un rezultātus.

Muzafarnagarā , **Indijā** , papīra un cukura fabriku un citu ražošanas MVU klasteris iesaistās industriālajā simbiozē, apmainoties ar blakusproduktiem. Piemēram, cukura fabriku atkritumi tiek izmantoti kā izejviela papīra fabrikās, samazinot atkritumus un uzlabojot resursu efektivitāti (Chattopadhyay et al., 2016). Spēcīgās kopienas saites starp nozares īpašniekiem veicina šo apmaiņu, demonstrējot sociālo tīklu nozīmi industriālās simbiozes nodrošināšanā (Chattopadhyay et al., 2016).

Rusailas industriālais parks, Omāna. Rusailas industriālā parka MVU pēta atkritumu apmaiņas iespējas. Galvenā uzmanība tiek pievērsta atkritumu apsaimniekošanas modeļa izstrādei, kas atbalsta industriālo simbiozi, cenšoties saglabāt resursus un samazināt piesārņojumu, vienlaikus palielinot ekonomiskos ieguvumus (Al-Harrasi et al., 2017). Šīs apmaiņas iespējamība tiek novērtēta, veicot ekonomisko analīzi, nodrošinot, ka simbiotiskās attiecības ir finansiāli dzīvotspējīgas (Al-Harrasi et al., 2017).

Materiālu plūsmas izmaksu uzskaites (MFCA) izmantošana. MFCA metode tiek izmantota, lai izstrādātu industriālo simbiozi starp MVU, analizējot materiālu, enerģijas un izmaksu plūsmas. Šī pieeja palīdz MVU efektīvi novērtēt savu vides efektivitāti un plānot simbiotiskās apmaiņas (Astuti et al., 2018). MFCA ir izmantota, lai novērtētu un uzlabotu MVU klasteru darbību, pierādot tās lietderību industriālās simbiozes veicināšanā (Astuti et al., 2018). Lai gan MFCA vēl netiek plaši izmantota MVU vidū, tās potenciāls izmaksu ietaupīšanā un ilgtspējības uzlabošanā padara to par pievilcīgu rīku. Paaugstināta informētība, tehnoloģiskie sasniegumi un politikas atbalsts ir galvenie faktori, kas var veicināt plašāku ieviešanu MVU sektorā.

Lai gan šie piemēri izceļ veiksmīgu industriālo simbiozi MVU vidū, joprojām pastāv izaicinājumi, piemēram, nepieciešamība pēc stingriem normatīvajiem aktiem un ekonomiskiem stimuliem, lai veicinātu līdzdalību. Turklāt vietējo resursu un tirgu integrācija ir ļoti svarīga šo simbiotisko sistēmu ilgtspējībai (Ristola & Mirata, 2007). Industriālās simbiozes modeļu un platformu izstrāde, kā redzams šajos gadījumos, sniedz vērtīgu ieskatu šo izaicinājumu pārvarēšanā un ilgtspējīgas industriālās prakses veicināšanā.

Industriālā simbioze ir aprites ekonomikas pamatelements. Tā uzsver resursu sadarbīgu un stratēģisku izmantošanu, lai samazinātu atkritumus, optimizētu energoefektivitāti un veicinātu ilgtermiņa ilgtspējību. Veicinot starpnozaru sadarbību, IS pārveido tradicionālās ražošanas un atkritumu apsaimniekošanas sistēmas savstarpēji savienotos, resursu ziņā efektīvos tīklos.

2.1.3 IS piemēri, kas identificēti dažādos ES finansētos projektos

Visā Eiropā un ārpus tās daudzas ES finansētas iniciatīvas ir veiksmīgi pierādījušas industriālās simbiozes efektivitāti, sniedzot ievērojamus ieguvumus videi un ekonomikai.



Šie projekti demonstrē, kā nozares var pārstrādāt blakusproduktus, koplietot energoresursus un izveidot slēgta cikla ražošanas ciklus.

Turpmākajās rindkopās ir izcelti Slovēnijas, Somijas, Itālijas un Apvienotās Karalistes piemēri, sniedzot ieskatu to pieejās, rezultātos un plašākā ietekmē. Šie gadījumu pētījumi ilustrē, kā mērķtiecīgs politikas atbalsts, inovatīva tehnoloģiskā integrācija un starpnozaru sadarbība var veicināt industriālās simbiozes veiksmīgu īstenošanu.

Donar. Slovēnija: Ilgtspējīga mēbeļu ražošana: Donar iemieso industriālo simbiozi, izmantojot pārstrādātu polietilēntereftalātu (PET) un poliestera (PES) filcu, pārveidojot atkritumus ilgtspējīgās mēbelēs. Viņu process samazina primāro izejvielu patēriņu par 15 tonnām gadā, vienlaikus ražojot godalgotus produktus, piemēram, NicoLess un ChatLoop krēslus. Sadarbība ar pārstrādes uzņēmumiem nodrošina stabilu izejvielu piegādi, uzsverot resursu efektivitāti un vides aizsardzību (Eiropas aprites ekonomikas ieinteresēto personu platforma, 2024).

AquafilSLO, Slovēnija: Siltuma atkārtota izmantošana energoefektivitātes uzlabošanai. AquafilSLO demonstrē industriālo simbiozi, atkārtoti izmantojot lieko siltumenerģiju no sintētisko šķiedru ražošanas procesiem. Šī enerģija tiek izmantota tādu objektu kā Vodno mesto Atlantis un HELLA Saturnus Slovenija apsildei, kā rezultātā CO₂ emisijas tiek samazinātas par aptuveni 3500 tonnām gadā. Partnerattiecības ar vietējām organizācijām uzsver ilgtspējīgas enerģijas koplietošanas modeļu mērogojamību un ekonomisko pamatotību (AquafilSLO, 2024).

Ļubļanas pilsēta, Slovēnija: Invazīvo augu pārstrāde. Izmantojot inovatīvu pieeju, Ļubļana pārveido Japānas dižsūreni, invazīvu augu, pārstrādāta papīra izstrādājumos. Šī iniciatīva mazina ietekmi uz vidi un veicina sadarbību ar vietējām iestādēm, piemēram, Celulozes un papīra institūtu, radot ilgtspējīgas alternatīvas tradicionālajam papīram (Eiropas Aprites ekonomikas ieinteresēto personu platforma, 2024).

Kemi-Tornio industriālās simbiozes klasteris, Somija. Kemi-Tornio iniciatīva integrē tādas nozares kā mežsaimniecība, ieguves rūpniecība un enerģētika, lai pārstrādātu rūpniecības blakusproduktus bioenerģijā un materiālos, piemēram, atgūtos metālos. Šī reģionālā pieeja rada jaunus otreizējo izejvielu tirgus, vienlaikus samazinot CO₂ emisijas un radot 200 miljonu eiro gada vērtību (Interreg Europe Policy Learning Platform, 2024).

LABIO Ltd.: Bioatkritumu pārstrāde biogāzē, Somija. LABIO Ltd., Somijas lielākais biogāzes ražotājs, pārstrādā sadzīves un industriālos bioatkritumus biogāzē un kompostā. Kompostēšanas procesos iegūtā siltuma izmantošana uzlabo energoefektivitāti, savukārt partnerības ar publiskām un privātām struktūrām uzsver projekta ilgtspējību un ekonomisko dzīvotspēju (Interreg Europe Policy Learning Platform, 2024).

Somijas Industriālās simbiozes sistēma (FISS) veicina simbiozes, savienojot reģionālos dalībniekus, izmantojot seminārus un SYNERGie® datubāzi. Iniciatīvā ir iesaistīti vairāk



nekā 700 uzņēmumu, radītas 2500 sinerģijas iespējas un veicināta resursu efektivitāte un jauni uzņēmējdarbības veidi (Interreg Europe politikas mācību platforma, 2024).

Termiskās izsmidzināšanas atkritumu pārstrāde keramikas ražošanā. Itālija. Emīlijā-Romanjā cirkonija pārklāšanas procesu pārsmidzināšanas atkritumi tiek pārstrādāti keramikas frites un glazūras ražošanā. Šī iniciatīva samazina keramikas ražotāju izejvielu un enerģijas izmaksas, samazinot ražošanas izmaksas līdz pat 40 %. Sadarbības centieni uzsver šādas prakses pārnesamību uz citiem reģioniem (Interreg Europe Policy Learning Platform, 2024).

International Synergies Limited (ISL), Apvienotā Karaliste. ISL ir industriālās simbiozes pionieris pasaulē, izmantojot savu Nacionālo industriālās simbiozes programmu (NISP®). Izmantojot SYNERGie® platformu, ISL nodrošina resursu saskaņošanu, samazina oglekļa emisijas un atbalsta neto nulles stratēģijas. Viņu projekti ir ietaupījuši 42 miljonus tonnu CO₂ ekvivalenta tikai Anglijā, demonstrējot industriālās simbiozes pārveidojošo potenciālu globālā mērogā (International Synergies Limited, 2024).

2.1.4 Piemēri, ko sniedz privāta uzņēmuma mākslīgā intelekta atbalstīts vērtību ķēdes generators

VCG.AI rīks ir bijis nozīmīgs aprites ekonomikas iniciatīvu veicināšanā dažādos reģionos un nozarēs. Viņu gadījumu izpēte izceļ viņu Value Chain Generator® praktisko pielietojumu atkritumu pārveidošanā par vērtīgiem resursiem un ilgtspējīgu uzņēmējdarbības modeļu veicināšanā (sk. [vcg.ai](#)).

Pārtikas bioatkritumu pārvēršana aprites biznesā Ziemeļmaķedonijā. Ziemeļmaķedonijā lauksaimniecības un pārtikas pārstrādes nozares rada ievērojamu daudzumu organiskās biomasas, no kuras liela daļa joprojām netiek pietiekami izmantota. VCG.AI sadarbojās ar Ziemeļmaķedonijas Ekonomikas tirdzniecības palātu (ECM), lai identificētu galvenās atlikumu plūsmas, piemēram, vīnogu izspaidas un tomātu ražošanas atkritumus. Veicot analīzi, VCG.AI ierosināja ekonomiski dzīvotspējīgus pārveidošanas procesus, lai šos atlikumus pārveidotu par augstas vērtības produktiem, piemēram, pekīnu, polifenoliem un likopēnu, kas ir pieprasīti farmācijas un kosmētikas rūpniecībā. Šī iniciatīva veicina ilgtspējīgu praksi un paver jaunus ieņēmumu avotus vietējiem uzņēmumiem.

Vērtību ķēžu izstrāde biopārstrādes rūpnīcām sešos ES reģionos. Vadošās organizācijas no sešiem Eiropas reģioniem sadarbojās ar VCG.AI, lai izstrādātu vērtību ķēdes biopārstrādes rūpnīcām. Izmantojot Value Chain Generator®, sadarbības mērķis bija identificēt un izveidot ilgtspējīgas vērtību ķēdes, kas biomasu pārvērš vērtīgos produktos. Šis projekts uzsver reģionālās sadarbības nozīmi un digitālo rīku lomu pārejas uz aprites bioekonomiku paātrināšanā.

Reģionālo uzņēmumu vadība aprites ekonomikas virzienā: WFG Heilbronn, Vācija. Heilbronnā, Vācijā, VCG.AI sadarbojās ar reģionālo ekonomiskās attīstības aģentūru WFG Heilbronn, lai vadītu vietējos uzņēmumus aprites ekonomikas prakses un oglekļa neitralitātes virzienā. Izmantojot Value Chain Generator®, viņi identificēja iespējas



uzņēmumiem īstenot aprites ekonomikas stratēģijas, tādējādi uzlabojot ilgtspējību un konkurētspēju reģionā.

2.2 Galvenās atziņas un ieteikumi

Efektīva industriālās simbiozes (IS) ieviešana ir atkarīga no spēcīgiem sadarbības ietvariem, tehnoloģiskās integrācijas un atbalstošas politikas. Partnerattiecības starp nozarēm, valdībām un akadēmiskajām iestādēm ir būtiskas, lai optimizētu resursu izmantošanu un veicinātu inovācijas. Digitālie rīki, piemēram, SYNERGie®, un pielāgotas darbnīcas uzlabo resursu saskaņošanu un uzraudzību, veicinot mērogojamību un pielāgošanās spēju dažādās nozarēs un reģionos.

Valdības stimuliem un finansējumam ir izšķiroša nozīme IS iniciatīvu atbalstīšanā. Tādi projekti kā LABIO Ltd. un Somijas Industriālās simbiozes sistēma (FISS) uzsvēr publiskā un privātā sektora partnerības nozīmi ilgtspējīgu industriālo ekosistēmu veicināšanā. Šī sadarbība parāda, kā pielāgotas pieejas var veiksmīgi pielāgot dažādām nozarēm un reģioniem, maksimāli palielinot to ietekmi.

Izceltās labākās prakses ilustrē informācijas sistēmas pārveidojošo potenciālu aprites ekonomikas attīstībā. Samazinot atkritumus, saglabājot resursus un veicinot sadarbību, šīs iniciatīvas nosaka ilgtspējības un industriālo inovāciju kritērijus. No šiem gadījumu pētījumiem gūtās mācības sniedz ieinteresētajām personām ceļvedi efektīvu informācijas sistēmas stratēģiju ieviešanai attiecīgajās situācijās.

Tomēr, lai veiksmīgi ieviestu IS, ir jāpārvar finansiāli, tehnoloģiski, normatīvie un sociālie šķēršļi. Digitālo tehnoloģiju ieviešana var ievērojami uzlabot IS, atvieglojot resursu apmaiņu un lēmumu pieņemšanu. Nepārtraukts politikas atbalsts, industriālā sadarbība un tehnoloģiskās inovācijas būs izšķiroši svarīgas, lai pilnībā realizētu IS potenciālu globālā mērogā.

Rezumējot, sadarbības sistēmu, tehnoloģisko rīku un atbalsta politikas integrēšana ir būtiska, lai veiksmīgi īstenotu industriālo simbiozi. Mācoties no esošās labākās prakses un risinot pašreizējās problēmas, ieinteresētās personas var efektīvi virzīties uz ilgtspējīgāku un resursu ziņā efektīvāku industriālo nākotni.

3 Par digitālajām tehnoloģijām industriālajā simbiozē

Digitālās tehnoloģijas uzlabo informācijas sistēmas, atvieglojot simbiotisko iespēju identificēšanu un optimizāciju (Makropoulos et al., 2024), nodrošinot informācijas apmaiņu reāllaikā (Akrivou et al., nd) un sniedzot atbalstu maziem un vidējiem uzņēmumiem (MVU), izmantojot tādas platformas kā e-Symbiosis (Cecelja et al., 2015). Tās arī veicina digitālās industriālās simbiozes ekosistēmu (DISE) attīstību, lai uzlabotu lietotāju pieņemšanu (Kosmol & Leyh, 2021), un izmanto informācijas un komunikācijas tehnoloģijas (IKT), lai radītu resursu ziņā efektīvākas ražošanas sistēmas (Grant et al., 2010).

Lai gan digitālās tehnoloģijas ievērojami uzlabo industriālo simbiozi, joprojām pastāv datu pieejamības un sistēmu integrācijas problēmas. Lai pārvarētu šos šķēršļus, ir nepieciešama pastāvīga inovācija un sadarbība starp nozarēm, tehnoloģiju izstrādātājiem un politikas veidotājiem. Digitālo rīku potenciāls pārveidot industriālo simbiozi ir milzīgs, taču, lai realizētu šo potenciālu, ir jārisina šīs problēmas un jāveicina sadarbības kultūra un atvērtība jaunām tehnoloģijām.

Digitālās tehnoloģijas ievērojami uzlabo industriālo simbiozi, atvieglojot resursu apmaiņu, optimizējot atkritumu apsaimniekošanu un veicinot ilgtspējību dažādās nozarēs. Šie sasniegumi ir redzami vairākās galvenajās lietojumprogrammās:

3.1 Industriālās simbiozes veicināšana, izmantojot digitālos rīkus

3.1.1 Iepazīšanās rīki

Ir izstrādātas uzlabotas digitālās platformas, lai **identificētu un kvantificētu simbiotisko potenciālu starp nozarēm**. Šie rīki piedāvā ienesīgu materiālu apmaiņu, analizējot datus par atkritumu plūsmu apjomiem, materiālu sastāvu un tirgus vērtībām. Tie izmanto algoritmus, lai novērtētu ekonomiskos un vides ieguvumus, atklājot potenciālās saiknes starp atkritumu ražotājiem un resursu patērētājiem. Piemēram, Makropulosa u.c. (2024) ieviestais modernākais digitālais rīks precīzi nosaka un kvantificē simbiotiskās iespējas starp nozarēm ar šķidro atkritumu plūsmām, uzsverot visienesīgākās starpnozaru saiknes.

3.1.2 Tiešsaistes platformas

Digitālās platformas veicina industriālo simbiozi, **savienojot dažādu reģionu nozares**. Šīs platformas izmanto intelektiskas sistēmas, lai ieteiktu sinerģijas, uzlabojot lēmumu pieņemšanas procesu. Tās arī risina tādus izaicinājumus kā datu pieejamība un nevēlēšanās izmantot pārstrādātus materiālus. Silva et al. (2022) uzsver šādu platformu lomu ilgtspējības un ekonomiskās efektivitātes veicināšanā.

Alvaresa un Ruisa-Puentes (2017) prezentētais rīks SymbioSyS izmanto IKT tīmekļa sistēmas, lai veicinātu resursu ilgtspējību un atvieglotu uzņēmumu tīklošanos. Tas atbalsta sinerģijas noteikšanu un nodrošina priekšizpēti, uzlabojot industriālās simbiozes iespēju vizualizāciju un kartēšanu.

3.1.3 Inteliģentas vadības sistēmas

Platformas, kas izmanto esošos industriālās simbiozes zināšanu modeļus un analizē potenciālos tīklus, ir ļoti svarīgas **jaunu sinerģiju atklāšanai un materiālu apmaiņas optimizēšanai**. Chatzidimitriou et al. (2021) apspriež intelektuālas pārvaldības platformas, kas atbalsta simbiotisko attiecību identificēšanu un ieviešanu.

3.1.4 Ontoloģijas inženierija

e-Symbiosis projektā tiek izmantota ontoloģijas inženierija, lai modelētu industriālās simbiozes plūsmas un izstrādātu atbilstības pakalpojumus. Šī pieeja apvieno ekspertu zināšanas ar dalībnieku datiem, lai radītu **sistemātiskus risinājumus industriālās**

simbiozes tīkliem, kas jo īpaši dod labumu maziem un vidējiem uzņēmumiem. Cecelja et al. (2015) sīki apraksta, kā šī metode uzlabo simbiotisko iespēju atklāšanu un īstenošanu.

3.1.5 Industriālas 4.0 digitālās platformas

4. industriālās revolūcijas digitālās platformas atbalsta vides ilgtspējību, izmantojot industriālo simbiozi, **veicinot vērtības kopradīšanu un resursu optimizāciju**, saskaņojot to ar ilgtspējīgiem biznesa modeļiem. Aquilani et al. (2020) pēta, kā šīs platformas ļauj nozarēm efektīvi sadarboties, uzlabojot resursu efektivitāti.

3.1.6 Blokkēdes tehnoloģija

Blokkēde tiek pētīta kā 4. industriālās revolūcijas veicinoša tehnoloģija industriālās simbiozes prakses izplatīšanai. Literatūrā ir aplūkota provizorisks divpakāpju pieeja, izceļot blokkēdes potenciālu **drošu un pārredzamu darījumu veicināšanā industriālās simbiozes tīklos**.

3.1.7 Digitālie dvīņi

Digitālais dvīnis ir fiziska objekta, sistēmas vai procesa virtuāla reprezentācija, kas tiek nepārtraukti atjaunināta ar reāllaika datiem, lai atspoguļotu tā reālās pasaules analogu. Šis dinamiskais modelis ļauj veikt simulāciju, analīzi un kontroli, **sniedzot ieskatu veiktspējā un iespējamās problēmās, pirms tās rodas**.

Digitālo dvīņu izmantošana atbalsta industriālās simbiozes tīklus, nodrošinot ietvaru lietotāja perspektīvas analīzei pirms digitālo dvīņu balstītas piegādes ķēdes sadarbības izstrādes. Šī pieeja veicina digitālo dvīņu izstrādi no lietotāja perspektīvas, uzlabojot sadarbību un efektivitāti industriālās simbiozes tīklos.

Betona pielietojumi:

- Ražošana: Ražošanas līnijās digitālie dvīņi uzrauga iekārtu stāvokli, prognozē kļūmes un optimizē darbības, samazinot dīkstāves laiku un uzturēšanas izmaksas.
- Pilsētplānošana: Pilsētas izstrādā pilsētvides digitālos dvīņus, lai simulētu satiksmes plūsmu, enerģijas patēriņu un infrastruktūras attīstību, tādējādi palīdzot efektīvā plānošanā un resursu pārvaldībā.
- Mazumtirdzniecība: Mazumtirgotāji, piemēram, Walmart, izmanto digitālos dvīņus, lai optimizētu veikalu izkārtojumu un uzlabotu klientu pieredzi, simulējot dažādas konfigurācijas pirms fizisko izmaiņu ieviešanas.
- Veselības aprūpe: Medicīnisko ierīču vai pat cilvēka orgānu digitālie dvīņi var palīdzēt personalizētā ārstēšanas plānošanā, prognozējošā diagnostikā un pacientu rezultātu uzlabošanā.

3.2 Digitālās inovācijas, kas veicina industriālo simbiozi: praktiski gadījumu pētījumi

Digitālā vide veicina informācijas sistēmas (IS), savienojot uzņēmumus, optimizējot atkritumu apmaiņu un uzlabojot lēmumu pieņemšanu, izmantojot datu analīzi (Álvarez

& Ruiz-Puente, 2017; Silva et al., 2022), kā arī veicinot resursu, piemēram, materiālu, enerģijas un informācijas, apmaiņu starp nozarēm, lai veicinātu ilgtspējību un ekonomisko efektivitāti. Šie rīki uzlabo pārredzamību, efektivitāti un izsekojamību industriālajās ekosistēmās. Zemāk ir sniegts vairāku ievērojamu platformu pārskats:

3.2.1 *SymbioSyS platforma*

Kantabrijas Universitātes izstrādātais rīks SymbioSyS palīdz noteikt industriālās simbiozes sinerģijas starp uzņēmumiem. Tas ļauj identificēt un vizualizēt potenciālās sadarbības, kuru pamatā ir atkritumu apmaiņa un resursu koplietošana. Platforma atbalsta datu vākšanu, resursu kartēšanu un sinerģiju identificēšanu, lai veicinātu ilgtspējīgu aprites ekonomikas praksi. Platforma ir pieejama vietnē <https://symbiosys.unican.es/>.

3.2.2 *PLŪSMA2*

FLOW2 ir tiešsaistes platforma, kas ļauj uzņēmumiem sadarboties, apmainoties ar atlikumu plūsmām un materiāliem. Atvieglot nepietiekami izmantotu aktīvu koplietošanu, uzņēmumi var iegādāties materiālus par zemākām izmaksām, nepatērējot jaunas izejvielas, tādējādi veicinot industriālo simbiozi un dodot ieguldījumu aprites ekonomikā. Platforma ir pieejama vietnē <https://www.floow2.com/en.html>.

3.2.3 *InduSym*

InduSym atbalsta teritorijas pārvaldību, veicinot aprites enerģijas, ūdens un materiālu savienojumus starp reģionālajiem uzņēmumiem. Apkopojot datus par atlikušajām plūsmām rūpniecības zonās, InduSym identificē sadarbības iespējas un konsultē un atbalsta uz teritoriju orientētus projektus, lai veicinātu aprites ekonomiku. Platforma ir pieejama vietnē <https://www.indusym.nl/>.

3.2.4 *KOPĪGOŠANAS LODZE*

SHAREBOX ir tiešsaistes platforma, kas izstrādāta, lai nodrošinātu nākamās paaudzes industriālo simbiozi. Tā nodrošina drošu vidi uzņēmumiem koplietotu resursu, tostarp materiālu, enerģijas un pakalpojumu, pārvaldībai. Platforma piedāvā reāllaika informāciju un lēmumu pieņemšanas rīkus, lai atvieglotu nozares resursu koplietošanas elastīgu pārvaldību un optimizāciju. Platforma ir pieejama vietnē <https://sharebox-project.eu/>. (skatīt arī aspire2050.eu)

3.2.5 *e-simbioze*

E-Symbiosis platforma ir tīmekļa rīks, kas ļauj lietotājiem piedalīties industriālās simbiozes aktivitātēs, lai uzlabotu resursu efektivitāti un ilgtspējību. Tā atvieglo nepietiekami izmantoto resursu apmaiņu starp uzņēmumiem, tādējādi veicinot aprites ekonomikas īstenošanu. Platforma ir pieejama [e-Symbiosis platformā](#) (skatīt arī researchgate.net). Tā izmanto tehnoloģijas, lai atbalstītu industriālo simbiozi starp MVU, izmantojot ontoloģijas inženieriju simbiotisko plūsmu modelēšanai. Tas sistematizē saskaņošanas pakalpojumu izstrādi, ļaujot MVU atklāt un ieviest inovatīvus simbiotiskus risinājumus

(Cecelja et al., 2015). Platforma ir apstiprināta ar reālās dzīves datiem, demonstrējot tās potenciālu industriālās simbiozes tīklu uzlabošanai (Cecelja et al., 2015).

3.2.6 *Simbiozes platforma (ENEA)*

Šī ir pirmā industriālās simbiozes platforma Itālijā. Tā savieno vairāk nekā 80 MVU, veicinot gandrīz 690 potenciālu resursu saskaņošanu. Šī platforma palīdz MVU noteikt iespējas aizstāt resursus ar atkritumu produktiem un dalīties atkritumu apsaimniekošanas pakalpojumos (Cutaia et al., 2015). Iniciatīva uzsver normatīvo regulējumu un ieinteresēto personu līdzdalības lomu veiksmīgā industriālās simbiozes īstenošanā (Cutaia et al., 2015).

Itālijas Nacionālās jauno tehnoloģiju, enerģētikas un ilgtspējīgas ekonomiskās attīstības aģentūras ENEA izstrādātā Simbiozes platforma ir paredzēta, lai savienotu resursu piedāvājumu un pieprasījumu, aktivizējot pārskaitījumus starp uzņēmumiem. Tai ir ekspertu struktūra potenciālu industriālās simbiozes risinājumu identificēšanai, visaptveroša informācijas sistēma, kas apraksta pieejamos resursus, un tīkls, kas savieno dažādas ieinteresētās personas. Platformas mērķi ietver atkritumu vērtības palielināšanas uzlabošanu, industriālo atkritumu teritoriālās pārvaldības veicināšanu un industriālo simbiotisko shēmu veicināšanu. Platforma ir pieejama vietnē <http://www.industrialsymbiosis.it/piattaforma>. (skatīt arī interregeurope.eu).

3.2.7 *E-Simbioza*

E-Simbioza ir iniciatīva, kuras mērķis ir Slovēnijā ieviest aprites ekonomiku, izmantojot industriālo simbiozi. Tā sniedz ieskatu industriālās simbiozes izpratnes un ieviešanas līmenī reģionā, veicinot nepietiekami izmantotu resursu apmaiņu starp uzņēmumiem, lai uzlabotu ilgtspējību. Platforma ir pieejama vietnē <http://esimbioza.fis.unm.si/>. (skatīt arī researchgate.net)

3.2.8 *Vērtību ķēdes ģenerators (VCG.AI)*

Anteja ECG ir starptautiska konsultāciju firma, kuras galvenā mītne atrodas Ļubļanā, Slovēnijā, un kurai ir papildu biroji Nairobi, Kenijā, Štutgartē, Vācijā, un Bostonā, ASV. Uzņēmums, kas dibināts 2005. gadā, specializējas ilgtspējīgā attīstībā, koncentrējoties uz inovāciju stratēģiju un aprites biznesa modeļu izstrādi un ieviešanu, cita starpā, vērtību ķēžu optimizāciju un resursu efektivitātes palielināšanu. Anteja ir izstrādājusi vairākus digitālus risinājumus, lai veicinātu ilgtspējību un pārredzamību vērtību ķēdēs.

Vērtību ķēdes ģenerators (VCG.AI) platforma izmanto mākslīgo intelektu un mašīnmācīšanos, lai savienotu uzņēmumus dažādās nozarēs un valstīs aprites un noturīgās vērtību ķēdēs. Vēl viens risinājums, phy2app, ir digitālās pārredzamības un izsekojamības rīks, kas palīdz Austrumāfrikas lauksaimniecības uzņēmumiem izveidot tiešas tirdzniecības attiecības ar reģionāliem un globāliem pircējiem. Turklāt INATrace ir atvērtā koda izsekojamības sistēma, kuras pamatā ir blokķēdes tehnoloģija, kas veicina uzticēšanos un drošību starp tirdzniecības partneriem un uzlabo piegādes ķēdes efektivitāti. Digitālie rīki ir pieejami vietnē <https://anteja-ecg.com/>.

Nākamajā tabulā ir kategorizētas dažādas industriālās simbiozes iniciatīvas, pamatojoties uz tajās izmantotajiem digitālajiem rīkiem un tehnoloģijām:

Iniciatīva	Iepazīšanās rīki	Tiešsaiste s platformas	Inteliģentas vadības sistēmas	Ontoloģijas inženierija	Industrijas 4.0 digitālās platformas	Blokķēdes tehnoloģija	Digitālie dvīņi
SymbioSys platforma	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
PLŪDUMS2	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
InduSym	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
KOPĪGOŠANAS LODZE	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
e-simbioze	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Simbiozes platforma (ENEA)	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
E-Simbioza Vērtību ķēdes ģenerators (VCG.AI)	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗

3.3 Šķēršļi ieviešanai

Lai gan iepriekšējā sadaļā aprakstītajām platformām ir bijusi nozīmīga loma industriālajā simbiozē, dažas no tām ir pārtraukušas darbību pārvaldības problēmu, finansējuma ierobežojumu un ierobežotas lietotāju pieņemšanas dēļ.

Galvenās digitālo IS rīku ieviešanas problēmas ir pārvaldības un politikas jautājumi, sadarbības problēmas uzticības trūkuma dēļ, ekonomiskā un tirgus nenoteiktība, kas ietekmē IS rentabilitāti, tehniskie un loģistikas šķēršļi, kas saistīti ar digitālo risinājumu integrēšanu esošajos procesos, un sociālās un vides problēmas, tostarp atbilstība normatīvajiem aktiem un sabiedrības pieņemšana (Michellini & Mattelin-Pierrard, 2023).

Pārvaldības un politikas jautājumi rada ievērojamas problēmas digitālajai industriālajai simbiozei, jo nekonsekventi noteikumi un skaidra valdības atbalsta trūkums var radīt nenoteiktību uzņēmumiem, kas vēlas ieviest informācijas sistēmu praksi. Daudzām nozarēm ir grūtības orientēties sarežģītā vides politikā, kas dažādos reģionos var atšķirties, apgrūtinot standartizētu pieeju izveidi resursu apmaiņai un atkritumu atkārtotai izmantošanai.

Sadarbības problēmas, īpaši uzticēšanās trūkums starp rūpniecības partneriem, vēl vairāk kavē informācijas sistēmu ieviešanu. Daudzi uzņēmumi nevēlas dalīties ar patentētiem datiem par atkritumu plūsmām un blakusproduktiem, baidoties no iespējamajiem riskiem to konkurences priekšrocībām. Caurspīdīgu saziņas kanālu un drošu datu koplietošanas sistēmu izveide var palīdzēt mazināt šīs bažas un veicināt ciešāku sadarbību starp nozarēm.

Ekonomiskā un tirgus nenoteiktība spēlē kritisku lomu IS ieviešanā, jo nozares var vilcināties ieguldīt jaunos digitālajos rīkos bez skaidriem finansiāliem stimuliem vai pierādītas rentabilitātes. Izejvielu un atkritumu apsaimniekošanas pakalpojumu



svārstīgās izmaksas var ietekmēt IS biržu dzīvotspēju, tāpēc ir svarīgi izstrādāt stabilus biznesa modeļus, kas izceļ ilgtermiņa ekonomiskos ieguvumus.

tehniskās un loģistikas barjeras, jo digitālo risinājumu integrēšana esošajos rūpniecības procesos bieži vien prasa ievērojamu infrastruktūras modernizāciju. Daudziem uzņēmumiem, jo īpaši MVU, trūkst tehnisko zināšanu vai finanšu resursu, lai efektīvi ieviestu uzlabotus digitālās saderības noteikšanas un uzraudzības rīkus. Šo trūkumu novēršana, izmantojot mērķtiecīgas atbalsta programmas un apmācības iniciatīvas, var paātrināt digitālo informācijas sistēmu ieviešanu.

sociālie un vides jautājumi, tostarp atbilstība normatīvajiem aktiem un sabiedrības pieņemšana. Dažas kopienas var pretoties IS iniciatīvām uztverto vides risku dēļ, piemēram, palielināta piesārņojuma vai atkritumu atkārtotas izmantošanas prakses dēļ, kas varētu ietekmēt sabiedrības veselību. Leinteresēto personu iesaistes stiprināšana un pārredzamu lēmumu pieņemšanas procesu nodrošināšana var palīdzēt veidot sabiedrības uzticēšanos un veicināt plašāku industriālās simbiozes iniciatīvu pieņemšanu.

Noslēgumā jāsaista, ka industriālā simbioze paver daudzsoļošu ceļu ilgtspējīgai industriālai attīstībai, integrējot aprites ekonomikas principus. Tomēr tās veiksmīgai īstenošanai ir jāpārvar finansiāli, tehnoloģiski, regulatīvie un sociālie šķēršļi. Digitālo tehnoloģiju ieviešana var ievērojami uzlabot informācijas sistēmas, veicinot resursu apmaiņu un lēmumu pieņemšanu. Nepārtraukts politikas atbalsts, industriālā sadarbība un tehnoloģiskās inovācijas būs izšķirošas, lai pilnībā izmantotu informācijas sistēmu potenciālu globālā mērogā.

3.4 Galvenās atziņas un ieteikumi

Digitālo tehnoloģiju integrēšana industriālajā simbiozē (IS) ir pierādījusi ievērojamu potenciālu resursu efektivitātes un ilgtspējības uzlabošanā dažādās nozarēs. Uzlabotas digitālās platformas, piemēram, saderības rīki, analizē datus par atkritumu plūsmām un materiālu sastāvu, lai noteiktu ienesīgu apmaiņu starp nozarēm. Piemēram, Makropoulos et al. (2024) izstrādātie rīki ir koncentrējušies uz šķidro atkritumu plūsmām, nosakot ienesīgas starpnozaru saiknes. Tiešsaistes platformas vēl vairāk veicina IS, savienojot nozares dažādos reģionos, izmantojot intelektiskas sistēmas, lai ieteiktu sinerģiju un risinātu tādas problēmas kā datu pieejamība un nevēlēšanās izmantot pārstrādātus materiālus. Alvarez un Ruiz-Puente (2017) prezentētais SymbioSyS rīks to ilustrē, veicinot resursu ilgtspējību un tīklošanos starp uzņēmumiem, izmantojot IKT tīmekļa sistēmas.

Inteligentas vadības sistēmas izmanto esošās informācijas sistēmu zināšanas, lai modelētu un analizētu potenciālos tīklus, kas ir ļoti svarīgi jaunu sinerģiju atklāšanai un materiālu apmaiņas optimizēšanai. Chatzidimitriou et al. (2021) apspriež platformas, kas atbalsta simbiotisko attiecību identificēšanu un ieviešanu. Kā izmantots e-Symbiosis projektā, ontoloģijas inženierija modelē informācijas sistēmu plūsmas un izstrādā atbilstības pakalpojumus, apvienojot ekspertu zināšanas ar dalībnieku datiem, lai

radītu sistemātiskus risinājumus, kas īpaši dod labumu maziem un vidējiem uzņēmumiem (Cecelja et al., 2015).

4.0 industriālās digitālās platformas atbalsta vides ilgtspējību, izmantojot informācijas sistēmas (IS), veicinot vērtības kopradīšanu un resursu optimizāciju, saskaņojot to ar ilgtspējīgiem biznesa modeļiem. Aquilani et al. (2020) pēta, kā šīs platformas nodrošina efektīvu sadarbību, uzlabojot resursu efektivitāti. Bloķķēdes tehnoloģija tiek pētīta arī kā 4.0 industriālās revolūcijas veicinoša tehnoloģija IS prakses izplatīšanai, piedāvājot drošus un pārredzamus darījumus IS tīklos. Turklāt digitālie dvīņi — fizisko sistēmu virtuālas reprezentācijas, kas atjauninātas ar reāllaika datiem — sniedz ieskatu veiktspējā un iespējamās problēmās, pirms tās rodas. Digitālo dvīņu izmantošana atbalsta IS tīklus, piedāvājot ietvaru lietotāja perspektīvas analīzei pirms digitālo dvīņu piegādes ķēdes sadarbības izstrādes, tādējādi uzlabojot efektivitāti un sadarbību.

Šo digitālo inovāciju praktiskais pielietojums ir redzams dažādās nozarēs. Ražošanā digitālie dvīņi uzrauga iekārtu stāvokli, prognozē kļūmes un optimizē darbības, samazinot dīkstāves laiku un uzturēšanas izmaksas. Pilsētvides plānošanā digitālie dvīņi tiek izmantoti, lai simulētu satiksmes plūsmu, enerģijas patēriņu un infrastruktūras attīstību, palīdzot efektīvi pārvaldīt resursus. Mazumtirgotāji, piemēram, Walmart, izmanto digitālos dvīņus, lai optimizētu veikalu izkārtojumu un uzlabotu klientu pieredzi, simulējot dažādas konfigurācijas pirms fizisko izmaiņu ieviešanas. Veselības aprūpē medicīnas ierīču vai pat cilvēka orgānu digitālie dvīņi palīdz personalizētā ārstēšanas plānošanā, prognozējotā diagnostikā un pacientu rezultātu uzlabošanā.

Neskatoties uz šiem sasniegumiem, vairāki izaicinājumi kavē digitālo IS rīku plašu ieviešanu. Pārvaldības un politikas jautājumi, tostarp nekonsekventi noteikumi un skaidra valdības atbalsta trūkums, rada nenoteiktību uzņēmumiem, kas apsver IS praksi (Michellini & Mattelin-Pierrard, 2023). Sadarbības izaicinājumi rodas uzticēšanās trūkuma dēļ starp rūpniecības partneriem, jo uzņēmumi var nevēlēties dalīties ar patentētiem datiem par atkritumu plūsmām un blakusproduktiem, baidoties no iespējamajiem riskiem to konkurences priekšrocībām. Arī ekonomiskajai un tirgus nenoteiktībai ir būtiska loma, jo nozares var vilcināties ieguldīt jaunos digitālajos rīkos bez skaidriem finansiāliem stimuliem vai pierādītas rentabilitātes. Tehniskie un loģistikas šķēršļi ir nozīmīgi, jo digitālo risinājumu integrēšana esošajos rūpniecības procesos bieži vien prasa ievērojamu infrastruktūras modernizāciju. Daudziem uzņēmumiem, jo īpaši MVU, trūkst tehnisko zināšanu vai finanšu resursu, lai efektīvi ieviestu uzlabotus digitālās sadarbības un uzraudzības rīkus. Jāņem vērā arī sociālie un vides jautājumi, tostarp atbilstība normatīvajiem aktiem un sabiedrības pieņemšana. Dažas kopienas var pretoties IS iniciatīvām uztverto vides risku dēļ, piemēram, palielināta piesārņojuma vai atkritumu pārstrādes prakses dēļ, kas varētu ietekmēt sabiedrības veselību.

Lai pārvarētu šīs problēmas, ir svarīgi ieviest standartizētus noteikumus, nodrošināt finansiālus stimulus un attīstīt stabilu digitālo infrastruktūru. Ieinteresēto personu iesaistes stiprināšana un pārredzamu lēmumu pieņemšanas procesu nodrošināšana var palīdzēt veidot sabiedrības uzticēšanos un veicināt plašāku IS iniciatīvu pieņemšanu. Pastāvīgs politikas atbalsts, industriālā sadarbība un tehnoloģiskās inovācijas būs izšķiroši svarīgas, lai pilnībā izmantotu IS potenciālu globālā mērogā.



4 Atsauces

Visaptverošs industriālās simbiozes pārskats . (2019).
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>

Industriālās simbiozes apskats zaļās ražošanas ietekmēšanā . (2022).
<https://doi.org/10.1109/icmimt55556.2022.9845273>

Akrivou, C., Łękańska-Andrinopoulou, L., Manousiadis, C., Tsimiklis, G., Oikonomopoulou, V., Papadaki, S., Krokida, M., & Amditis, A. (nd). Industriālās simbiozes tirgus koncepcija atkritumu valorizācijas ceļiem. E3S konferenču tīmeklis .
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234911005>

Albu, A. (2017). *Industriālā simbioze: inovatīvs instruments zaļās izaugsmes veicināšanai* (1.–29. lpp.). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-45081-0_1

Al-Harrasi, A., Abu Qasida, A., Al-Qassabi, H. un Shamsuzzoha, A. (2017). *Pētījums par industriālās simbiozes iespējām atsevišķos Omānas MVU . 2017 .*
<https://journals.library.ryerson.ca/index.php/ictea/article/view/57>

Álvarez, R., & Ruiz-Puente, C. (2017). Rīka SymbioSyS izstrāde, lai atbalstītu pāreju uz aprites ekonomiku, kuras pamatā ir industriālās simbiozes stratēģijas. *Waste and Biomass Valorization* , 8 (5), 1521–1530. <https://doi.org/10.1007/S12649-016-9748-1>

AquafilSLO. (2024). *Labas prakses piemērs Slovēnijā .*

Aquilani, B., Piccarozzi, M., Silvestri, C. un Gatti, C. (2020). *Vides ilgtspējības sasniegšana, izmantojot 4.0 rūpniecības rīkus: digitālās platformas "Simbiosis" gadījums* (513.–539. lpp.). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1419-1.CH003>

Astuti, RSD un Astuti, AD (2018). *Mazo un vidējo uzņēmumu (MVU) industriālās simbiozes provizorisks izstrāde, izmantojot materiālu plūsmas izmaksu uzskaites (MFCA) metodi . 31 , 04008.* <https://doi.org/10.1051/E3CONF/20183104008>

Barile, S., Bassano, C., D'Amore, R., Piciocchi, P., Saviano, M. un Vito, P. (2021). Ieskats digitālās transformācijas procesos industriālajā simbiozē, izmantojot dzīvotspējīgu sistēmu pieeju (vSa). *Ilgtspējība* , 13 (17), 9696. <https://doi.org/10.3390/SU13179696>

Bauchat Grant, G., Seager, TP, Massard, G. un Nies, L. (2010). Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas industriālajai simbiozei. *Industrial Ecology žurnāls* , 14 (5), 740.–753. lpp. <https://doi.org/10.1111/J.1530-9290.2010.00273.X>

Boquera, P. un Marcos, Á. (2023). *Industriālās simbiozes vadlīnijas . AIDIMME.* Iegūts no <https://iproduce-project.eu/industrial-symbiosis-guideline/>



Castellet-Viciano, L., Hernández-Chover, V., Bellver-Domingo, Á., & Hernández-Sancho, F. (2022). Industriālā simbioze: mehānisms, lai garantētu aprites ekonomikas prakses ieviešanu. *Ilgspējība*, 14 (23), 15872. <https://doi.org/10.3390/su142315872>

Cecelja, F., Raafat, T., Trokanas, N., Innes, S., Smith, M., Yang, A., Zorgios, Y., Korkofygas, A., & Kokossis, AC (2015). *e-Symbiosis: ar tehnoloģijām balstīts atbalsts industriālai simbiozei, kas vērsta uz MVU un inovācijām*. <https://epubs.surrey.ac.uk/804145/>

Čaterdži, A., Brems, K. un Leitons, A. (2021). Ekoloģiski iedvesmotu ligzdotu arhitektūru ieguvumu novērtējums industriālajai simbiozei. *Resursu saglabāšana un pārstrāde*, 167, 105423. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.105423>

Chattopadhyay, S., Kumar, N., Fine, CH, un Olivetti, E. (2016). *Industriālā simbioze mazos un vidējos uzņēmumos: Muzaffarnagaras, Indijas, gadījums* (173.–177. lpp.). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48768-7_25

Chatzidimitriou, T., Gentimis, T., Michalopoulos, C., Kokossis, AC un Dalamagas, T. (2021). *Inteliģenta pārvaldības platforma materiālu apmaiņas optimizācijai un industriālajai simbiozei* (50. sēj., 761.–766. lpp.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88506-5.50119-4>

Cui, H. un Liu, C. (2017). *Industriālās simbiozes pielietošana ķīmiskajā rūpniecībā: literatūras apskats*. 1864, 020090. <https://doi.org/10.1063/1.4992907>

Cutaia, L., Luciano, A., Barberio, G., Sbaffoni, S., Mancuso, E., Scagliarino, C. un La Monica, M. (2015). Pirmās industriālās simbiozes platformas pieredze Itālijā. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14 (7), 1521–1533. <https://doi.org/10.30638/EEMJ.2015.164>

Dolgova, O. un Nīkijeva, A. (2023). Industriālā simbioze kā veids, kā risināt vides problēmas reģionos (uz Krievijas Melnās jūras reģiona piemēra). *BIO Web of Conferences*, 63, 03007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236303007>

Duan, Y. (2005). Simbiozes modelis: MVU stratēģiskā izvēle. *Juņnaņas Finanšu un ekonomikas universitātes žurnāls*.

Eiropas aprites ekonomikas ieinteresēto personu platforma. (2024). *CEstakeholderEU — Eiropas aprites ekonomikas ieinteresēto personu platforma*.

Evans, S., Benedetti, M. un Holgado Granados, M. (2017). *Industriālās simbiozes gadījumu izpētes bibliotēka un saistītās apmaiņas platformas*. <https://doi.org/10.17863/CAM.12608>

Ferreira, I., Godina, R. un Carvalho, H. (2020). Atkritumu valorizācija, izmantojot aditīvo ražošanu industriālās simbiozes vidē. *Ilgspējība*, 13 (1), 234. <https://doi.org/10.3390/SU13010234>



Golev, A. (2012). *Industriālās ekoloģijas principu piemērošana resursu efektivitātes uzlabošanai smagās rūpniecības zonās*.

<https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:306125>

Haq, HMKU, Välisuo, P., & Niemi, S. (2021). Ilgtspējīgas industriālās simbiozes modelēšana. *Energies*, 14 (4), 1172. <https://doi.org/10.3390/EN14041172>

Hariyani, D., Hariyani, P., Mishra, S. un Sharma, MK (2024). Digitālo tehnoloģiju izmantošana aprites ekonomikas prakses veicināšanai un dzīves cikla analīzes uzlabošanai: sistemātisks literatūras apskats. *Atkritumu apsaimniekošanas biļetens*. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.06.007>

Industriālā ekoloģija. (2022). 167.–190. lpp.
<https://doi.org/10.1002/9781119721079.ch6>

Industriālā simbioze: jauni piegādes tīkli aprites ekonomikai (29.–48. lpp.). (2022). Emerald Publishing Limited e-grāmatas. <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>

International Synergies Limited. (2024). *International Synergies Limited (ISL)*.

Interreg Europe politikas mācību platforma. (2024). *Interreg Europe politikas mācību platforma*.

Isenmann, R. (2009). *Vides informātikas un industriālās ekoloģijas apvienošana – IKT loma industriālās simbiozes projektos*. 213.–216. lpp.
<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/26314>

Isenmann, R., & Chernykh, K. (2009). *IKT loma industriālās simbiozes projektos – vides IKT pielietojumi ekoindustriālajai attīstībai*. 223.–234. lpp.
<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/26316>

Islam, K., Rahman, Md. F. un Islam, KN (2016). Industriālā simbioze: pārskats par pieeju, iespēju, šķēršļu un politikas atklāšanu. *Sociālo zinātņu pētniecības tīkls*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2767107

Kosmols, L. un Leja, C. (2021). *Digitālās industriālās simbiozes ekosistēmu konceptuālais dizains* (362.–374. lpp.). Springer, Čem. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82405-1_35

Kosmols, L. un Otto, L. (2020). Industriālās simbiozes ieviešanas šķēršļi: sistemātisks pārskats. *Havaju salu Starptautiskā sistēmu zinātņu konference*, 1.–9. lpp.
<https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.741>

Kowalski, Z., Kulczycka, J., Makara, A., Mondello, G. un Salomone, R. (2023). Industriālā simbioze ilgtspējīgai gaļas atkritumu apsaimniekošanai: Šmilovo ekoindustriālā parka piemērs, Polija. *Starptautiskais vides pētījumu un sabiedrības veselības žurnāls*, 20 (6), 5162. <https://doi.org/10.3390/ijerph20065162>



Kumar, U. (2022). *Industriālā simbioze: ilgtspējīgas atkritumu apsaimniekošanas potenciāla izpēte* AAE . <https://doi.org/10.18502/aqf.0189>

Makropoulos, C., Kritikos, N.-A. un Pantazis, C. (2024). Industriālās simbiozes saderības nodrošināšana: digitāls rīks simbiotiskā potenciāla identificēšanai, kvantitatīvai noteikšanai un optimizācijai industriālajās ekosistēmās. *Frontiers in Chemical Engineering* , 6. <https://doi.org/10.3389/fceng.2024.1363888>

Michellini, L. un Mattelin-Pierrard, C. (2023). *Industriālās simbiozes izpēte: pašreizējo kritisko jautājumu analīze, lai identificētu tehnoloģijas un digitālās iespējas* . <https://doi.org/10.26481/mup.2302.14>

Mirata, M., Lindfors, A. un Kambanou, ML (2024). Uzņēmējdarbības vērtības ietvars industriālajai simbiozei. *Industriālās ekoloģijas žurnāls* . <https://doi.org/10.1111/jiec.13545>

Mironova, D. Ju., Baranovs, I. V., Kapustins, D. S., Kožuhovs, J. V., un Svinkins, I. A. (2023). Industriālās simbiozes koncepcijas piemērošana naftas un gāzes sektorā, izmantojot saistītās naftas gāzes pārstrādes piemēru. *Oil and Gas Business* , 21 (3), 220–231. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2023-3-220-231>

Industriālās simbiozes veidošanās modeļi. (2023). *Upravalenie* , 11 (1), 51.–63. lpp. <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63>

Neves, A., Godina, R., Azevedo, SG un Matias, JCO (2018). *Industriālās simbiozes ietekme uz vidi, ekonomiku un sociālo jomu: metožu un rādītāju apskats* (157.–165. lpp.). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4_15

Ņikijeva, A. (2023). Digitālās tehnoloģijas un aprites vērtību ķēdes ilgtspējīgai attīstībai. *Lekciju piezīmes informācijas sistēmās un organizācijā* , 169.–179. lpp. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30351-7_14

Nyakudya, P., Madushele, N., & Madyira, DM (2022). *Pārskats par industriālo simbiozi zaļās ražošanas ietekmēšanā* . 80–84. <https://doi.org/10.1109/ICMIMT55556.2022.9845273>

Nyakudya, P., Madushele, N., & Madyira, DM (2023). *Rūpniecības simbioze: Panaceja industriālo atkritumu apsaimniekošanas izaicinājumiem Hararē* . 238–243. <https://doi.org/10.1109/icmimt59138.2023.10201222>

Patricio, J., Kalmykova, Y., Rosado, L., Cohen, J., Westin, A., & Gil, J. (2022). Industriālās simbiozes iespēju identificēšanas metode. *Resursu saglabāšana un pārstrāde* , 185 , 106437. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106437>

Perillo, G. (2024). Digitālās un aprites ekonomikas modeļi. *Civil Engineering and Environmental Sciences žurnāls* , 10 (2), 061–062. <https://doi.org/10.17352/2455-488x.000085>



Petrova, V. (2022). Industriālā simbioze izejvielu sektorā kā visaptverošs risinājums aprites ekonomikā, 3(3), 61.–65. lpp. <https://doi.org/10.58903/c16182120>

Rahman, Md. F., Islam, K. un Islam, KN (2016). *Industriālā simbioze: pārskats par pieeju, iespēju, šķēršļu un politikas atklāšanu*. 2 (1), 011–019. <https://doi.org/10.17352/2455-488X.000009>

Ristola, P. un Mirata, M. (2007). Industriālā simbioze ilgtspējīgākām, lokalizētākām industriālām sistēmām. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 4, 184.–205. lpp. <https://doi.org/10.1504/PIE.2007.015186>

Sahu, RK (2023). Industriālā simbioze: atkritumu atkārtotas izmantošanas paplašināšana Brazīlijas lauksaimniecības uzņēmumu tīklā. *Ilgtspējība un klimata pārmaiņas*, 16 (1), 36.–47. lpp. <https://doi.org/10.1089/scc.2022.0099>

Silva, M., Carvalho, T., Gehrke Castagna, A., do Rocio Strauhs, F. un Piekarski, CM (2022). Tiešsaistes platformu loma industriālās simbiozes procesa veicināšanā: tirgū pieejamo rīku analīze. *Cleaner Production Letters*, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100021>

Industriālās simbiozes koncepcija: pielietojšanas pieredze dažādās valstīs un ieviešanas perspektīvas Krievijā, izmantojot Pleskavas apgabala piemēru. (2022). *NIU ITMO žurnāls*. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2022-16-2-129-141>

Ulusoy, K., Doğan-Sağlamtimur, N., Çiner, F., Sternik, A., & Sekula, P. (2024). Industriālās simbiozes prakse: Turcijas un Dānijas gadījuma izpēte. *Vides pētījumi un tehnoloģijas*. <https://doi.org/10.35208/ert.1271679>

Vladimirova, D., un Miller, K. (2020). *Industriālās simbiozes veicinātāji un šķēršļi. Divdesmit piecu gadījumu izpētes rezultātā gūtās mācības* (305.–314. lpp.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429346347-33>

Weenen, H. (1999). *Dizains ilgtspējīgai attīstībai MVU praktiski piemēri*. Eiropas Dzīves un darba apstākļu uzlabošanas fonds, Eiropas Kopienu Oficiālo publikāciju birojs. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA40777083>



II DAĻA: KVANTITATĪVĀ ANALĪZE – UZŅĒMUMU APTAUJA 5 VALSTĪS

1 Ievads

Industriālā simbioze (IS) ir plaši atzīta par galveno stratēģiju pārejā uz aprites ekonomiku. Tā ietver resursu, enerģijas, informācijas un loģistikas apmaiņu starp organizācijām ar mērķi samazināt atkritumus, uzlabot resursu efektivitāti un radīt savstarpējus ekonomiskus un vides ieguvumus (Chertow, 2007; Paquin & Howard-Grenville, 2013). Izveidojot savstarpēji saistītu uzņēmumu tīklus, kas atkārtoti izmanto viens otra blakusproduktus un nepietiekami izmantotos resursus, IS veicina pāreju no lineāriem ražošanas modeļiem uz ilgtspējīgākām un reģeneratīvākām sistēmām.

Pēdējos gados digitālo tehnoloģiju, piemēram, tiešsaistes platformu, mākslīgā intelekta (MI), lietu interneta (IoT) un blokķēdes, integrācija ir kļuvusi par spēcīgu informācijas sistēmu veicinātāju. Šīs tehnoloģijas atbalsta potenciālo simbiotisko partneru identificēšanu, materiālu plūsmu izsekošanu reāllaikā, uzlabotu datu pārredzamību un līgumu un atbilstības procesu automatizāciju (Yazan et al., 2021; Makropoulos et al., 2024). Piemēram, digitālās platformas var saskaņot uzņēmumus ar papildinošiem atkritumu un resursu profiliem, savukārt blokķēde var nodrošināt izsekojamību un uzticēšanos apmaiņā, īpaši sarežģītās piegādes ķēdēs.

Šajā ziņojumā ir sniegti kvantitatīvas aptaujas rezultāti, kas tika veikta uzņēmumu vidū piecās Eiropas valstīs (Itālijā, Latvijā, Norvēģijā, Polijā un Slovēnijā), lai novērtētu to informētību, gatavību un interesi par informācijas sistēmām (IS) un digitālajiem rīkiem, kas atbalsta to ieviešanu. Analīze ir kontekstualizēta, izmantojot teorētiskās atziņas no Digitālās industriālās simbiozes literatūras apskata (2025), kurā apkopoti jaunākie sasniegumi informācijas sistēmu pētniecībā, digitālajā transformācijā un pārejā uz ilgtspējību. Tā balstās uz pieaugošu literatūras klāstu, kas aicina uz starpnozaru sadarbību, digitālajām inovācijām un atbalstošu politikas vidi, lai pilnībā atraisītu informācijas sistēmu potenciālu Eiropā un ārpus tās (Bocken et al., 2022; Patricio et al., 2022; Michelini & Mattelin-Pierrard, 2023).

2 Analīzes mērķi

Analīzes galvenie mērķi bija novērtēt uzņēmumu informētību un gatavību attiecībā uz informācijas sistēmām (IS), to interesi par digitālajiem rīkiem un identificēt uztveramos ieguvumus, izaicinājumus un šķēršļus. Ziņojumā tālāk tiek izvērtēta digitālo prasmju, praktiskās pieredzes, institucionālo faktoru un sadarbības intensitātes ietekme uz uzņēmumu rīcību attiecībā uz IS.

3 Metodoloģija

Šis kvalitatīvais pētījums ir balstīts uz projekta ietvaros izstrādātu aptaujas anketu. Dati tika apkopoti tiešsaistē, izmantojot 1KA tiešsaistes aptaujas rīku, laikā no 2024. gada 17. decembra līdz 2025. gada 19. martam. Analīze ir balstīta uz strukturētu anketu, kas tika izplatīta uzņēmumiem Itālijā, Latvijā, Norvēģijā, Polijā un Slovēnijā. Tajā bija iekļauti jautājumi par uzņēmumu raksturlielumiem, informētību un gatavību informācijas sistēmām, digitālo rīku izmantošanu, praktisko pieredzi, sadarbības praksi un ieviešanas šķēršļiem. Dati tika apstrādāti, izmantojot aprakstošo statistiku, Spīrmena korelāciju, Kruskala-Volisa testu un hi kvadrāta testu.

Izlase sastāv no 78 derīgām atbildēm, kas pārstāv dažādas rūpniecības nozares. Tradicionālās nozares ir labi pārstāvētas – 19 % respondentu ir no ražošanas, 21 % no lauksaimniecības un pārtikas nozares un 22 % no tehnoloģiju nozares. Jāatzīmē, ka 38 % izvēlējās atbildi "Cits", norādot uz plašu nozaru klāstu, tostarp biznesa konsultācijām, valsts pārvaldi, finanšu pakalpojumiem, pētniecību un attīstību, biotehnoloģiju, atkritumu apsaimniekošanu, būvniecību un izglītību. Tas liecina, ka industriālā simbioze ietver ne tikai galvenās ražošanas nozares, bet arī plašu atbalsta un uz zināšanām balstītu nozaru klāstu.

No organizācijas lieluma viedokļa izlasi galvenokārt veido mazākas vienības. Mikrouzņēmumi (1–9 darbinieki) veido lielāko grupu, veidojot 44% respondentu, kam seko mazie uzņēmumi (10–49 darbinieki) ar 28%. Vidēja lieluma organizācijas (50–249 darbinieki) veido 18%, savukārt lielās organizācijas (vairāk nekā 250 darbinieki) ir pārstāvētas vismazāk – 10%. Tas norāda, ka izlase lielākoties ir orientēta uz mikro un mazām organizācijām.

No organizāciju galvenās mītnes atrašanās vietas viedokļa izlasē ir iekļautas organizācijas no piecām galvenajām valstīm, un lielākā daļa no tām atrodas Slovēnijā (29%, iekļaujot vienu atbildi "Cita", kas norādīta kā Austrija, bet attiecas uz Slovēnijas organizāciju). Tai seko Itālija (22%), Latvija (21%) un Polija (21%), savukārt Norvēģija veido 8% no izlases. Kopumā organizācijas ir vienmērīgi sadalītas pa šīm valstīm, ar nelielu Slovēnijā bāzētu vienību pārsvaru.

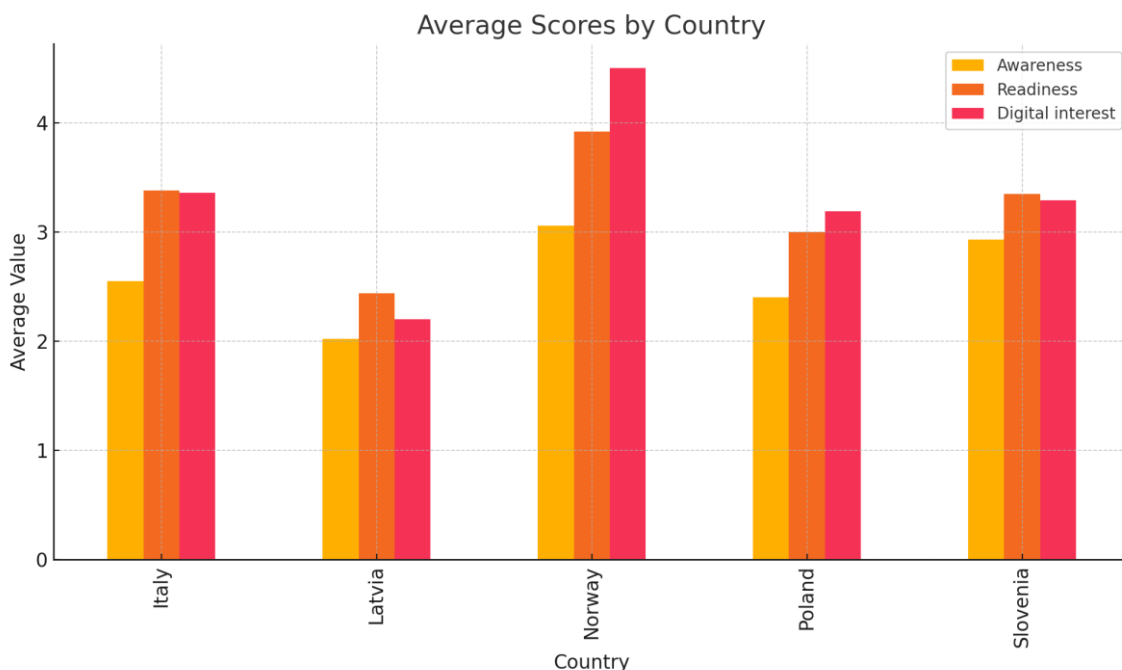
4 Rezultāti un interpretācija

4.1 Izpratne un iepazīšanās ar industriālo simbiozi (IS)

43 % respondentu ziņoja, ka nav informēti par industriālās simbiozes (IS) jēdzienu, savukārt 36 % to pārzina daļēji un tikai 21 % ziņoja, ka to pārzina ļoti labi. Vidēji informētība tika novērtēta ar 1,8 no 3 (SD = 0,8), kas norāda uz ierobežotu informētību visā izlasē.

1. attēls 1attēls 2attēls 3attēls 4 attēls 5attēls 6attēls 7attēls 8attēls 9attēls 10attēls 11attēls 12attēls 13attēls 14attēls 15 attēls 16attēls SEQ Figure * ARABIC . Salīdzinājums starp FReINDs partnervalstīm

Finansē Eiropas Savienība. Tomēr paustais viedoklis un uzskati ir tikai autora(-u) viedokļi un viedokļi, un tie ne vienmēr atspoguļo Eiropas Savienības vai Eiropas Izglītības un kultūras izpildāģentūras (EACEA) viedokļus. Ne Eiropas Savienība, ne EACEA neuzņemas par tiem atbildību.



16attēlā parādīti vidējie rādītāji informēšanai, gatavībai un interesei par digitālajiem rīkiem pa valstīm.

5 Diskusija, ierobežojumi un turpmāka izpēte

Šī pētījuma rezultāti apstiprina vairākus teorētiskus priekšlikumus par industriālo simbiozi (IS). Spēcīgā pozitīvā saistība starp informētību un gatavību iesaistīties IS ($r = 0,546$, $p < 0,001$) atbilst iepriekšējiem pētījumiem, kas uzsver zināšanu un pazīstamības kritisko lomu nenoteiktības mazināšanā un starporganizāciju sadarbības veicināšanā (Ulusoy et al., 2024; Patricio et al., 2022). Informēti uzņēmumi šķiet ievērojami atvērtāki sadarbībai un resursu koplietošanas praksei, uzsverot informētības veicināšanas pasākumu un mērķtiecīgas informēšanas nozīmi.

Nozīmīgā korelācija starp digitālo kompetenci un gatavību apstiprina apgalvojumus, ka digitalizācija un jo īpaši 4. industriālās revolūcijas tehnoloģijas darbojas kā galvenie informācijas sistēmu (IS) veicinātāji (Makropoulos et al., 2024). Jāatzīmē, ka digitālo rīku izmantošana (piemēram, platformas partneru saskaņošanai un resursu izsekošanai) un digitālās prasmes (piemēram, izpratne par juridiskajām un ilgtspējības praksēm) bija pozitīvi saistītas ar uzņēmumu gatavību piedalīties IS, kas liecina, ka digitālā briedums ir nepieciešams nosacījums IS stratēģiju ieviešanai praksē.

Izpratnes, gatavības un digitālās intereses atšķirības starp valstīm vēl vairāk uzsver nacionālā un institucionālā konteksta nozīmi. Piemēram, Norvēģijas organizācijas ieguva augstāko rezultātu visos trijos rādītājos, savukārt Latvijas organizācijas - viszemāko. Šie atklājumi atbilst pētījumiem, kuros uzsvērtā institucionālo atbalsta struktūru, nacionālās politikas un kultūras gatavības ietekme uz IS ieviešanas veidošanu

(Michellini & Mattelin-Pierrard, 2023). Tāpēc var būt nepieciešamas pielāgotas nacionālās vai reģionālās intervences, lai veicinātu IS valstīs, kurās izpratne un gatavība atpaliek.

Interesanti, ka tādi uztvertie šķēršļi kā augstas izmaksas, tehnisko zināšanu trūkums un datu privātuma problēmas, kas bieži tiek minētas kā atturoši faktori, nebija negatīvi saistīti ar gatavību. Gluži pretēji, šie šķēršļi uzrādīja vāju, bet pozitīvu korelāciju ar gatavību, kas liecina, ka organizācijas ar lielāku pieredzi informācijas sistēmu vai digitālās ilgtspējības praksēs labāk apzinās iesaistītās sarežģītības. Tas nozīmē, ka augstāks iesaistes līmenis ir saistīts ar lielāku reālās pasaules izaicinājumu atpazīšanu, un šāda izpratne ne vienmēr samazina vēlmi piedalīties.

Visciešākā korelācija ar gatavību tika konstatēta IS un aprites ekonomikas prakses sniegto taustāmo ieguvumu atzīšanā ($r = 0,37$). Šis atklājums apstiprina domu, ka tad, kad organizācijas saskata skaidru biznesa pamatojumu — izmaksu ietaupījumu, efektivitātes pieaugumu vai konkurences priekšrocības —, tās, visticamāk, apņemsies īstenot IS iniciatīvas.

Lai gan šie rezultāti sniedz vērtīgu ieskatu, pētījumam ir arī vairāki ierobežojumi. Pirmkārt, izlases lielums ($N=78$) ir relatīvi neliels, un respondentu skaits katrā valstī, iespējams, nepietiekami atspoguļo nacionālā līmeņa atšķirības. Otrkārt, pašnovērtējuma datiem rada neobjektivitātes iespēju, tostarp ilgtspējības prakses vai gatavības pārspīlētu ziņošanu. Treškārt, pētījuma šķēsgriezuma raksturs ierobežo spēju izdarīt cēloņsakarības secinājumus par informētības, gatavības un digitālās iesaistes savstarpējo saistību.

Lai novērstu šos ierobežojumus, turpmākajos pētījumos varētu izmantot garengriezuma modeļus, kas laika gaitā izseko izmaiņas IS iesaistē un pēta cēloņsakarības ceļus. Ģeogrāfiskā tvēruma paplašināšana, iekļaujot daudzveidīgāku valstu kopumu, arī uzlabotu rezultātu vispārināmību. Turklāt kvalitatīvo metožu, piemēram, interviju vai gadījumu izpēti, integrēšana varētu atklāt dziļāku ieskatu organizāciju motivācijā, kontekstuālajos šķēršļos un labākajā praksē IS ieviešanai dažādās vidēs.

Visbeidzot, ir nepārprotama nepieciešamība turpināt izvērtēt digitālos rīkus, ko izmanto informācijas sistēmu atbalstam. Dažādu platformu un IKT risinājumu salīdzinošie pētījumi varētu palīdzēt noteikt, kas vislabāk darbojas dažādās nozarēs vai organizatoriskos kontekstos. Turklāt turpmākajos pētījumos būtu jāizpēta politikas stimulu, tiesiskā regulējuma un atbalsta pakalpojumu loma informācijas sistēmu ieviešanas paātrināšanā un aprites ekonomikas biznesa modeļu integrēšanā.

6 Atsauces

Bocken, NMP, Ritala, P., Albareda, L. un Verburg, R. (2022). Biznesa modeļu inovācijas aprites ekonomikai: pieaugošas informācijas sistēmu iespējas, izmantojot digitalizāciju. *Tirākas ražošanas žurnāls*, 367, 132901. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132901>



Chertow, MR (2007). Industriālās simbiozes "atklāšana". *Industrial Ecology žurnāls*, 11 (1), 11.–30. lpp. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1150>

Makropoulos, C., Cecelja, F. un Yang, A. (2024). Industriālās simbiozes digitālā transformācija: rīki un ieviešanas ceļi. *Industrial Ecology žurnāls*. <https://doi.org/10.1111/jiec.13567> (DOI vietturis, ja vēl nav pieejams)

Michelini, G. un Mattelin-Pierrard, M. (2023). Institucionālais atbalsts industriālajai simbiozei Eiropā. *Ilgatspējība*, 15 (6), 2152. <https://doi.org/10.3390/su15062152>

Paquin, RL, & Howard-Grenville, J. (2013). Randiņi bez iepriekšēja pieraksta un sarunātas laulības: tīkla orķestrēšanas longitudinālie procesi. *Organization Studies*, 34 (11), 1623–1653. <https://doi.org/10.1177/0170840613495330>

Patricio, J., Ferreira, MS, & Costa, I. (2022). Industriālās simbiozes priekšrocības un šķēršļi: sistemātisks literatūras apskats. *Journal of Cleaner Production*, 368, 132725. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132725>

Ulusoy, A., Demirel, E. un Ciftci, M. (2024). Aprites ekonomikas un informācijas sistēmu ieviešanas virzītājspēki MVU vidū. *Resources, Conservation & Recycling*, 198, 106–123. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106123>

Yazan, DM, Romano, VA un Albino, V. (2021). Digitālo tehnoloģiju loma industriālās simbiozes atbalstīšanā: sistemātisks pārskats. *Resources, Conservation & Recycling*, 164, 105190. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105190>

III DAĻA: KVALITATĪVĀ ANALĪZE – TEMATISKAIS IESKATS NO INTERVIJĀM

1 Ievads

Šajā ziņojuma daļā ir sniegta padziļināta tematiska analīze par 16 daļēji strukturētām intervijām, kas veiktas ar MVU, valsts iestādēm un nozaru ekspertiem, kuri iesaistīti digitālās industriālās simbiozes (DIS) un aprites ekonomikas praksēs. Intervijas tika veiktas laikā no 2024. gada oktobra līdz 2025. gada februārim Erasmus+ projekta aktivitāšu ietvaros, pētot DIS mērogojamības potenciālu visā Eiropā.

Intervijas dalībnieki pārstāv dažādu ieinteresēto personu grupu no Slovēnijas, Polijas, Itālijas un Norvēģijas, aptverot gan agrīnās stadijas ieviešējus, gan pieredzējušus dalībniekus šajā jomā. Norvēģijas interviju izlasē ir iekļautas organizācijas no būvniecības un pilsētu attīstības nozarēm, kas atspoguļo spēcīgu valsts mēroga koncentrēšanos uz atkārtotas izmantošanas inovācijām un digitālo pāreju apbūvētajā vidē. Tīkmēr atbildes no Centrāleiropas un Dienvideiropas valstīm atspoguļo dažādus viedokļus no MVU, ilgtspējības konsultantiem, platformu izstrādātājiem un aprites ekonomikas iniciatīvu vadītājiem.

Balstoties uz šiem kvalitatīvajiem datiem un teorētiskajām atziņām no FReIND projekta (2025. gada februāris) veiktās teorētiskās izpētes, ziņojumā tiek pēfītas iespējas, šķēršļi un spēju veidošanas vajadzības, kas saistītas ar DIS ieviešanu reālās pasaules kontekstā. Īpaša uzmanība tiek pievērsta digitālo rīku, piemēram, platformu, izsekošanas sistēmu un mākslīgā intelekta, integrācijai aprites sadarbības procesos, īpaši koncentrējoties uz būvniecību, atkārtotas izmantošanas loģistiku un starporganizāciju koordināciju.

Mērķis ir sniegt praktiskus un politikai atbilstošus atklājumus, kas var atbalstīt industriālās simbiozes principu plašāku ieviešanu, kas saskaņoti ar digitālajām inovācijām, vides ilgtspējību un sistēmisko pārveidi. Pateicoties daudzvalstu tvērumam un starpnozaru ieskatiem, šis ziņojums veicina dziļāku izpratni par to, kā DIS izpaužas praksē un kas ir nepieciešams, lai atbalstītu tās efektīvu, iekļaujošu un mērogojamu ieviešanu.

2 Pētījuma jautājumi

1. jautājums. Kāds ir pašreizējais informētības un izpratnes līmenis par digitālo industriālo simbiozi (DIS) MVU un iestāžu vidū?

2. jautājums. Kādas priekšrocības un iespējas dalībnieki saista ar digitālās industriālās simbiozes risinājumu ieviešanu?

3. jautājums. Kādi šķēršļi vai izaicinājumi kavē digitālās industriālās simbiozes prakses ieviešanu MVU?

4. jautājumam. Kāda veida apmācība vai atbalsts dalībniekiem ir nepieciešams, lai efektīvi izmantotu DIS risinājumus?

5. jautājumam. Kā dalībnieki vērtē digitālo platformu lomu aprites ekonomikas sadarbības un resursu koplietošanas veicināšanā?

6. jautājumam. Kādus politikas ieteikumus vai sistēmiskas izmaiņas dalībnieki iesaka veicināt diskrecionāro sistēmu (DIS) darbību vietējā vai reģionālā līmenī?

3 Metodoloģija

Analīze tika veikta, izmantojot kvalitatīvas atbildes no 10 MVU un iestāžu pārstāvjiem visā Eiropā – 1 intervija no Slovēnijas, 2 intervijas no Itālijas, 4 intervijas no Polijas un 3 intervijas no Latvijas, ko papildināja sešas ekspertu intervijas no Norvēģijas būvniecības nozares. Tika izmantota jaukta pieeja, apvienojot manuālu kodēšanu un automatizētu tēmu modelēšanu (TF-IDF + NMF), lai iegūtu tēmas un dominējošos kodus. Citāti tika iegūti un tulkoti angļu valodā. Secinājumi ir kontekstualizēti ar jaunāko teorētisko literatūru par industriālo simbiozi un digitālajām tehnoloģijām (Desk Research Report, 2025. gada februāris).

4 Tematiskās analīzes rezultāti

No datiem tika iegūtas sešas visaptverošas tēmas. Katra tēma ir aprakstīta turpmāk, iekļaujot galvenos angļu valodas atslēgvārdus (kodus) un atlasītus interviju fragmentus.

4.1 1. tēma: Šķēršļi un praktiski izaicinājumi

Šī tēma ietver strukturālos, tehniskos un organizatoriskos šķēršļus, kas ierobežo digitālās industriālās simbiozes (DIS) ieviešanu un mērogošanu dažādās nozarēs. Intervēto vidū atkārtoti pausta bažas par tādu **saronga tiesisko regulējumu trūkumu**, kas noteiktu obligātu vai stimulētu materiālu atkārtotu izmantošanu, īpaši būvniecības nozarē. Bez juridiskām saistībām daudzi uzņēmumi neredz lielu iemeslu ieguldīt aprites ekonomikas risinājumos vai datu koplietošanas platformās.

Turklāt dalībnieki bieži atzīmēja **esošo infrastruktūru** — gan fizisko, gan digitālo — sadrumstalotību. Daudzas atkārtotas izmantošanas sistēmas joprojām ir lokalizētas, tām trūkst savienojamības vai tās darbojas manuāli, kas kavē to integrāciju plašākās DIS ekosistēmās. Sadarbspējas trūkums **starp rīkiem** (piemēram, atkārtotas izmantošanas platformām un ēku plānošanas programmatūru, piemēram, BIM) rada neefektivitāti un dublētu darbu.

¹TF-IDF + NMF ir metode, ko izmanto, lai automātiski identificētu svarīgas tēmas teksta datos, piemēram, interviju transkriptos. TF-IDF atrod vārdus, kas bieži parādās konkrētā intervijā, bet reti citās, izceļot unikālus un nozīmīgus terminus. NMF (nenegatīva matricas faktorizācija) pēc tam grupē šos vārdus tēmās vai tematos, pamatojoties uz to, cik bieži tie parādās kopā. Kopā šī metode palīdz atklāt modeļus tajā, par ko cilvēki runā, atbalstot un bagātinot manuālo kodēšanu kvalitatīvajos pētījumos.

datu kvalitāte un izsekojamība rodas kā kritiskas bažas. Daži dalībnieki ziņoja, ka pieejamo materiālu krājumi ir nepilnīgi, slikti klasificēti vai ātri novecojuši, padarot atkārtotas izmantošanas plānošanu neuzticamu. Tas tieši ietekmē uzticēšanos un lēmumu pieņemšanas procesu uzņēmumiem, kas cenšas iesaistīties digitālajā simbiozē.

Ar izmaksām saistītie šķēršļi ir īpaši sarežģīti MVU, kuriem bieži vien trūkst finansiālas elastības, lai ieguldītu nepārbaudītos vai sarežģītos risinājumos. Digitālo rīku sākotnējās izmaksas apvienojumā ar nenoteiktību par ieguldījumu atdevi attur no eksperimentēšanas.

Logistikas sarežģītība ir vēl viena svarīga tēma, īpaši būvniecībā un ražošanā. Materiālu transportēšanai, uzglabāšanai un atkārtotas izmantošanas koordinēšanai ir nepieciešamas jaunas darbplūsmas un bieži vien jaunas partnerības, kuras ir grūti ieviest bez sistēmiska atbalsta.

1. tēma atspoguļo to, kā **savstarpēji saistīti tehniski, ekonomiski un institucionāli ierobežojumi** kavē digitālo industriālo simbiozi. Šo šķēršļu pārvarēšanai nepieciešama daudzslāņu reakcija, kas ietver politikas reformas, tehnoloģisko standartizāciju, spēju veidošanu un kopīgu digitālo infrastruktūru.

Galvenie atslēgvārdi (kodi):

- šķēršļi, atkārtota izmantošana, regulējuma trūkums, kartēšana, datu kvalitāte, izmaksas, integrācija, logistika, plānošana, uzticamība

Ilustratīvi citāti:

- "Atkārtotas izmantošanas mandāts vēl nepastāv. Bez tā daudzi dalībnieki nevēlas piedalīties." — Asplans Vjaks (Norvēģija)
- "Datu kvalitāte esošajās platformās ir ļoti nekonsekventa, kas ietekmē plānošanu." — Resirqel (Norvēģija)
- "Mēs atkārtoti izmantotu vairāk materiālu, ja pastāvētu standarti un stabilas sistēmas." — Aptaujas respondents (MVU)
- "Logistika ir milzīgs šķērslis. Atkārtotas izmantošanas koordinēšana vairākās vietās ir laikietilpīga bez atbilstoša digitālā atbalsta." — Sirkulær Ressurssentral (Norvēģija)

4.2 2. tēma: Inovācijas un stratēģiskā domāšana

Šī tēma izceļ digitālās industriālās simbiozes (DIS) **tālredzīgo, radošo un transformējošo potenciālu**. Daudzi dalībnieki DIS uzskata ne tikai par tehnisku risinājumu, bet gan par **stratēģisku** ilgtermiņa ilgtspējības mērķu, aprites biznesa modeļu un organizatoriskās transformācijas veicinātāju. Intervētie uzsvēra **resursu plūsmu pārdomāšanas vērtību**, ne tikai to optimizēšanu, norādot uz iespējām **radīt pilnīgi jaunus pakalpojumus, produktus vai sadarbības modeļus**, kuru pamatā ir atkritumu plūsmas un koplietoti dati.

digitālo simulācijas rīku un **paredzošās analīzes** izmantošana, kas ļauj uzņēmumiem prognozēt resursu vajadzības, modelēt ietekmi uz vidi un efektīvāk plānot atkārtotas

izmantošanas scenārijus. Šīs tehnoloģijas palīdz pāriet no reaktīvas uz **proaktīvu lēmumu pieņemšanu**, atbalstot noturīgākas un adaptīvākas darbības.

Dalībnieki arī saistīja DIS ar **sadarbības inovācijām**, kur informācijas digitāla apmaiņa starp uzņēmumiem, pilsētām un iestādēm var atklāt iepriekš slēptas sinerģijas. Šajā kontekstā radošums neaprobežojas tikai ar produktu dizainu, bet gan attiecas uz **sistēmas līmeņa domāšanu**, kur uzņēmumi kopīgi izstrādā risinājumus kopīgām problēmām, piemēram, pārpalikuma apstrādei, telpu optimizācijai vai loģistikas koordinācijai.

Vairāki intervijas dalībnieki apsprieda, kā DIS atbilst viņu **ilgtermiņa pārveides stratēģijām**, īpaši pārejā uz nulles neto emisiju, klimatneitrāliem vai mazoglekļa biznesa modeļiem. Uzsvars uz **vērtības radīšanu no atlikumiem** atspoguļo pāreju no atbilstības domāšanas uz iespēju virzītu inovāciju.

Galū galā šī tēma pozicionē DIS kā **stratēģiskās pārorientācijas katalizatoru**, ļaujot organizācijām iekļaut aprites domāšanu pamata plānošanas un inovāciju procesos, īpaši, ja digitālie rīki tiek padarīti pieejami, sadarbībai un reaģē uz lietotāju vajadzībām.

Galvenie atslēgvārdi (kodi):

- inovācija, idejas, potenciāls, simulācija, sadarbība, radošums, vērtības radīšana, pārdomāšana, transformācija, ilgtermiņa

Ilustratīvi citāti:

- "Digitālie rīki ļauj veikt simulācijas un prognozēšanu. Tas ietaupa laiku un atbalsta labākus lēmumus." — Slovēnijas MVU
- "Mēs meklējam veidus, kā pārdomāt, kā mēs izmantojam atlikumus, lai radītu jaunus pakalpojumus." — Apļveida MVU (aptauja)
- "Mēs uzskatām DIS par stratēģisku iespēju — ne tikai atbilstības, bet arī inovāciju un konkurētspējas jomā." — FutureBuilt (Norvēģija)
- "Runa nav tikai par to, kā atkārtoti izmantot to, kas paliek pāri. Runa ir par atkritumu uzskatīšanu par inovāciju resursu." — Aptaujas respondents (Polija)
- "Mēs izmantojam plānošanas datus un digitālos dvīņus, lai pārbaudītu atkārtotas izmantošanas scenārijus un uzlabotu efektivitāti vēl pirms būvniecības sākuma." — Asplans Viaks (Norvēģija)

4.3 3. tēma: iesaistīšanās un vietējā rīcība

Šī tēma izceļ **organizāciju aktīvu iesaistīšanos digitālās industriālās simbiozes (DIS) principu piemērošanā, izmantojot reālas iniciatīvas**, īpaši vietējā un reģionālā līmenī. Atšķirībā no tēmām, kas koncentrējas uz stratēģisko vīziju vai nākotnes potenciālu, šī tēma uzsver to, ko dalībnieki jau dara, tostarp **pilotprojektus, aprites ekonomikas iepirkumus, partnerības un rīku ieviešanu**.

Daudzi intervijas dalībnieki ziņo, ka ir piedalījušies **atkārtotas izmantošanas eksperimentos vai sadarbības pilotprojektos**, ko bieži atbalsta valsts iestādes, reģionālās attīstības programmas vai ES projekti. Šie centieni liecina, ka pat maza mēroga darbības, piemēram, noliktavu inventāra digitalizācija, materiālu plūsmu kartēšana vai atkārtotas izmantošanas platformu integrēšana pilsētplānošanā, var kalpot kā spēcīga mācību vide un pārliecības veidotāji.

Dalībnieki bieži saista savu **iesaistīšanos DIS ar ilgtspējības un klimata mērķiem**, norādot, ka iesaistīšanās atkārtotā izmantošanā ir daļa no plašākām organizācijas misijām saistībā ar atbildību vides jomā. Vairāki gadījumi parāda, kā **vietējā rīcība bieži vien ir ieejas punkts** sarežģītākās digitālajās sistēmās. Piemēram, būvniecības MVU, kas sāk ar pārpalikušo materiālu atkārtotu izmantošanu uz vietas, galu galā var ieviest inventarizācijas programmatūru, pievienoties aprites tirgum vai piedalīties sadarbības atkārtotas izmantošanas tīklos.

Šī tēma arī atklāj, ka **vietējām pašvaldībām, pētniecības iestādēm un NVO ir katalizatora loma** DIS popularizēšanā, veicinot pilotprojektu finansējumu, partneru veidošanas pasākumus un piekļuvi rīkiem. Šādi starpnieki bieži vien nodrošina labvēlīgu vidi eksperimentiem, īpaši tur, kur komerciālā dzīvotspēja vēl nav pierādīta.

Turklāt šī tēma uzsver, ka **iesaistīšanos virza kas vairāk nekā tikai atbilstība prasībām** — pieaugoša ētiskās atbildības sajūta un inovāciju domāšana, kas motivē rīcību. Tomēr dalībnieki uzsver, ka šo vietējo centienu mērogošana prasa stabilu atbalstu, ilgtermiņa politikas saskaņošanu un digitālo spēju veidošanu, kas pielāgota vietējās realitātes prasībām.

Galvenie atslēgvārdi (kodi):

- atkārtota izmantošana, dalība, pilotprojekti, vietējie, projekti, ilgtspējība, rīcība, atbalsts, ieviešana, centieni

Ilustratīvi citāti:

- "Mēs jau esam iesaistīti pilotprojektā, kurā tiek izmantoti atkārtoti izmantoti materiāli. Tā ir daļa no mūsu ilgtspējības mērķiem." — Būvniecības MVU (aptauja)
- "Mēs esam izstrādājuši atkārtotas izmantošanas noliktavu un tagad vēlamies to digitalizēt, lai nodrošinātu labāku koordināciju." — Sirkulār Ressurscentral (Norvēģija)
- "DIS mums nav tikai ideja. Mēs sadarbojamies ar pilsētu, lai atkārtoti izmantotu koksni un integrētu to mūsu ēku fondā." — Aprites inovāciju laboratorija (Norvēģija)
- "Mēs sākām ar mazumiņu, bet dalība vietējā atkārtotas izmantošanas projektā palīdzēja mums saprast datu un izsekošanas vērtību." — Aptaujas respondents (Itālija)
- "Sadarbība ar valsts sektora pārstāvjiem ir būtiska. Tie nodrošina infrastruktūru un koordināciju, kas nepieciešama, lai šie centieni tiktu īstenoti plaši." — NHO asociācija (Norvēģija)

4.4 4. tēma: Praktiskā pieredze un lietu atsauksmes

Šī tēma atspoguļo praktisku, uz lietotāju orientētu perspektīvu no organizācijām, kas ir tieši sadarbojušās ar digitālās industriālās simbiozes (DIS) rīkiem un praksi. Dalībnieki pārdomā, kas darbojas, kas nedarbojas un kas ir nepieciešams, lai uzlabotu ieviešanu reālajā pasaulē. Tā vietā, lai apspriestu augsta līmeņa stratēģijas, šīs atziņas izriet no reālas pieredzes, izmantojot digitālās platformas, izsekošanas sistēmas un materiālu atkārtotas izmantošanas darbplūsmas.

Viens no galvenajiem jautājumiem, kas tika izvirzīts intervijās, ir **lietojamība**. Daudzi rīki tiek uzskatīti par tehniski sarežģītiem, kam nepieciešamas padziļinātas digitālās prasmes vai iepriekšēja pieredze ar datu sistēmām. Tas rada šķēršļus mazām vai mazāk tehnoloģiski prasmīgām organizācijām, jo īpaši MVU, kuriem, iespējams, nav īpaša IT personāla vai apmācību resursu. Tā rezultātā **daudzi respondenti aicina pēc vienkāršākām, intuitīvākām platformām** ar skaidrām saskarnēm un darbplūsmām, kas pielāgotas neekspertiem.

Apmācība un adaptācija kļūst par būtiskiem komponentiem efektīvai DIS ieviešanai. Dalībnieki pauž lielu nepieciešamību pēc **vizuāliem, soli pa solim sniegtiem norādījumiem**, kā arī piekļuves uz **gadījumiem balstītai mācībai**, kur reāli piemēri parāda, kā līdzīgas organizācijas ir ieviesušas rīkus, risinājušas loģistikas problēmas vai izveidojušas atkārtotas izmantošanas darbplūsmas. Daži respondenti uzsver arī **nozarei specifiskas apmācības** nozīmi, īpaši būvniecībā, kur materiāli, noteikumi un termiņi ievērojami atšķiras.

Izmaksas joprojām ir pastāvīga problēma — ne tikai **digitālo rīku ieviešanas finansiālās izmaksas**, bet arī **slēptās izmaksas**, kas saistītas ar laiku, izmaiņu vadību, personāla apmācību un sistēmu integrāciju. Daži intervijas dalībnieki pauda vilšanos par pilota rīkiem, kas bija pārāk neelastīgi, slikti dokumentēti vai nesniedza izmērāmus ieguvumus.

Šī tēma ietver arī atsauksmes par **darbplūsmas integrāciju** — nepieciešamību, lai DIS rīki netraucēti iekļautos esošajā plānošanā un darbībā. Atsevišķas lietotnes vai platformas, kas nav savienotas ar iepirkumu sistēmām, loģistikas plānošanu vai materiālu krājumiem, bieži tiek uztvertas drīzāk kā slogs, nevis risinājums.

Kopumā šī tēma uzsver DIS rīku izstrādes nozīmi **no lietotāja viedokļa**, nodrošinot, ka tie piedāvā reālu vērtību ikdienas praksē, ne tikai teorijā. Šajā tēmā paustās balsis mums atgādina, ka **veiksmīga digitālā transformācija ir tikpat svarīga kā cilvēki un procesi, tā arī tehnoloģijas**.

Galvenie atslēgvārdi (kodi):

- lietojamība, rīki, apmācība, izmaksas, soli pa solim, mācīšanās, reāli piemēri, darbplūsma, lietotāja pieredze, šķēršļi

Ilustratīvi citāti:

- "Mums ir nepieciešami pamata apmācības materiāli. Soli pa solim, ideālā gadījumā vizuāli." — MVU (aptauja)
- "Rīka lietojamība ir jāuzlabo. Pašlaik tas prasa pārāk daudz tehnisko zināšanu." — respondents no Norvēģijas
- "Mēs izmēģinājām atkārtotas izmantošanas informācijas paneli, bet tas nebija saistīts ar mūsu iepirkumu sistēmu, tāpēc mēs to atteicāmies." — Būvniecības uzņēmums (aptauja)
- "Izmaksas nav tikai par licencēm — ir pienācis laiks apmācīt mūsu darbiniekus un saskaņot to ar mūsu iekšējo darbplūsmu." — Atkārtotas izmantošanas koordinators (Norvēģija)
- "Visnoderīgākais bija redzēt, ko paveica cits MVU. Praktiski piemēri ir ļoti svarīgi." — Itālijas MVU respondents

4.5 5. tēma: Platformas un ekosistēmu dizains

Šī tēma koncentrējas uz **digitālo platformu centrālo lomu kā industriālās simbiozes veicinātājiem**, uzsverot sistēmas līmeņa domāšanas, integrācijas un pieejamības nozīmi. Dalībnieki konsekventi raksturoja platformas kā **aprites ekonomikas sadarbības mugurkaulu**, kas nodrošina atkārtoti izmantojamu materiālu redzamību, koordināciju un izsekošanu starp dažādiem dalībniekiem un atrašanās vietām.

Svarīga atziņa ir tā, ka platformas tiek vērtētas ne tikai **piedāvājuma un pieprasījuma savienošanai (saderības noteikšanai)**, bet arī **uzticības un pārredzamības** atbalstam atkārtotas izmantošanas darījumos. Intervētie uzsvēra, ka platformām jāietver **materiālu dokumentācijas, izcelsmes izsekojamības un kvalitātes kontroles** funkcijas, īpaši tādās nozarēs kā būvniecība, kur atbilstība un drošība ir ārkārtīgi svarīgas.

Respondenti atbalsta platformas, kas sniedzas tālāk par pamata datubāzēm — tādas, kas integrē mākslīgā intelekta atbalstītus ieteikumus, lēmumu pieņemšanas informācijas paneļus un dzīves cikla analīzes rīkus. Tas atspoguļo pāreju no pasīviem krātuvēm uz interaktīvām, inteligentām ekosistēmām, kas spēj veicināt sadarbību un optimizāciju reāllaikā.

Sadarbspēja parādījās kā kritiska nepieciešamība. Daudzi dalībnieki atzīmēja, ka platformām jāspēj savienoties **ar citām sistēmām**, jo īpaši plānošanas un būvniecības informācijas sistēmām (piemēram, BIM), iepirkumu rīkiem un publiskajiem datu reģistriem. Bez šādas integrācijas pat labi izstrādātas platformas riskē tikt nepietiekami izmantotas vai dublētās.

Vēl viena atkārtota ideja ir aicinājums pēc **publisku vai daļēji publisku platformu modeļiem**, ko atbalsta valdība, nozaru klasteri vai konsorcijs. Šīs platformas tiek uzskatītas par būtisku arites ekonomikas infrastruktūru — līdzīgi kā ceļi vai energotīkli —, un tās būtu jāpārvalda tā, lai nodrošinātu **brīvu piekļuvi, datu standartizāciju un ilgtermiņa uzturēšanu**.

Dalībnieki arī uzsvēra ekosistēmu, ne tikai rīku, izstrādes nozīmi. Tas ietver platformas **juridiskās, finansiālās un operacionālās vides risināšanu**, nodrošinot, ka stimuli, noteikumi un lietotāju atbalsta struktūras atbilst platformas mērķiem.

Kopumā šī tēma uzsver ideju, ka **platformas ir vairāk nekā tikai tehniski risinājumi** — tās ir **institucionālas un relacionālas infrastruktūras**, kas var nodrošināt vai kavēt digitālās industriālās simbiozes panākumus.

Galvenie atslēgvārdi (kodi):

- platforma, ekosistēma, izsekošana, saderības noteikšana, integrācija, sadarbība, uzraudzība, pārredzamība, atkārtotas izmantošanas sistēmas, piekļuve

Ilustratīvi citāti:

- "Platformām jābūt publiskām un saistītām ar plānošanas sistēmām, piemēram, BIM." — FutureBuilt (Norvēģija)
- "Mēs izmantojam platformas ar izsekošanas rīkiem un mākslīgo intelektu, lai optimizētu atkārtotas izmantošanas loģistiku." — Sirken (Norvēģija)
- "Ekosistēmai ir nozīme. Platforma ir tikai instruments, ja vien to neatbalsta visa sistēma." — NHO asociācija (Norvēģija)
- "Mums ir nepieciešams viens ieejas punkts, nevis piecas dažādas atkārtotas izmantošanas platformas, kas savā starpā nesazinās." — Aptaujas respondents (Polija)
- "Piekļuve uzticamiem atkārtotas izmantošanas datiem ir kritiski svarīga. Bez uzticēšanās datiem neviens neizmantos platformu." — digitālās platformas izstrādātājs (aptauja)

4.6 6. tēma: Pilnīga digitālā integrācija un automatizācija

Šī tēma atspoguļo dalībnieku pausto **tehnoloģiski vismodernāko digitālās industriālās simbiozes (DIS) vīziju**. Tās centrā ir tādu modernu digitālo tehnoloģiju kā mākslīgā intelekta (MI), sensoru, digitālo dvīņu un reāllaika informācijas paneļu izmantošana, lai **automatizētu un optimizētu materiālu plūsmas, loģistiku un atkārtotas izmantošanas procesus** plašā mērogā.

Respondenti, kas iesaistās šajā tēmā, DIS raksturo nevis kā manuālu vai daļēji digitālu procesu, bet gan kā **pilnībā integrētu, uz datiem balstītu sistēmu**. Šajā sistēmā materiālus var nepārtraukti izsekot no demontāžas līdz atkārtotai pielietošanai, lēmumus atbalsta intelīgenti algoritmi, un **cilvēka ieguldījums ir vērsts uz stratēģisku uzraudzību, nevis operatīvām detaļām**.

Vairākas organizācijas jau izstrādā vai izmēģina **mākslīgā intelekta atbalstītas platformas**, kas var saskaņot piedāvājumu un pieprasījumu, prognozēt atkārtotas izmantošanas potenciālu, ieteikt loģistikas maršrūtus un atzīmēt aprites ekonomikas intervences iespējas. Šie rīki tiek slavēti par **efektivitātes, reaģētspējas un lēmumu kvalitātes palielināšanu**, īpaši liela apjoma vai strauji mainīgās vidēs, piemēram, būvniecībā vai ražošanā.

Sensori un lietu interneta (IoT) tehnoloģijas arī kļūst par DIS ekosistēmas daļu. Daži dalībnieki minēja centienus aprīkot materiālus vai komponentus ar **QR kodiem vai RFID tagiem**, kas ļautu tos automātiski identificēt, reģistrēt un izsekot demontāžas, transportēšanas un atkārtotas izmantošanas laikā. Savienojot to ar mākoņsistēmām vai informācijas paneļiem, šī infrastruktūra ļauj **reāllaikā uzraudzīt krājumus, pieejamību un plūsmas**.

Visredzamākie piemēri attiecas uz **digitālo dvīņu izmantošanu** — ēku vai materiālu virtuālām kopijām, kas tiek dinamiski atjauninātas. Šīs sistēmas ļauj simulēt atkārtotas izmantošanas scenārijus, integrēt tās ar plānošanas datiem un prognozēt ietekmi, tādējādi pārvietojot DIS uz **paredzošas, uz scenārijiem balstītas lēmumu pieņemšanas jomu**.

Mērogojamība ir atkārtota tēma. Dalībnieki norāda, ka bez automatizācijas un digitālās integrācijas DIS joprojām ir darbietilpīga un grūti mērogojama. Mērķis ir pāriet no fragmentētiem pilotprojektiem uz **automatizētu, sistēmisku atkārtotas izmantošanas infrastruktūru**, kas ir iekļauta reģionālās vai nacionālās aprites ekonomikas stratēģijās.

Tomēr šī tēma rada arī bažas par **datu pārvaldību, standartizāciju un tehnisko piekļuvi**. Lai gan tehnoloģija pastāv, daudzām organizācijām joprojām trūkst kapacitātes vai budžeta, lai ieviestu šos rīkus. Tādēļ pilnīga digitālā integrācija tiek uzskatīta par mērķi, uz kuru jāstrādā, un tam nepieciešami kopīgi ieguldījumi, politikas saskaņošana un atvērti standarti.

Galvenie atslēgvārdi (kodi):

- automatizācija, mākslīgais intelekts, sensori, digitālais dvīnis, informācijas paneli, reāllaiks, mērogojamība, datu koplietošana, optimizācija, integrācija

Ilustratīvi citāti:

- "Mēs izstrādājam informācijas paneli, lai digitāli savienotu krājumus un loģistiku." — Sirkulār Ressurssentral (Norvēģija)
- "Mākslīgā intelekta rīki palīdz mums noteikt atkārtotas izmantošanas iespējas, kuras mēs citādi palaistu garām." — Sirkens (Norvēģija)
- "Nākotnē mēs ceram savienot sensorus ar mūsu platformu, lai mēs varētu izsekot materiālu plūsmai reāllaikā." — Atkārtotas izmantošanas platformas izstrādātājs (aptauja)
- "Digitālie dvīņi ļauj mums pārbaudīt atkārtotas izmantošanas scenārijus, pirms kaut kas tiek uzbūvēts — tas visu maina." — Asplans Viaks (Norvēģija)
- "Automatizācija ir vienīgais veids, kā palielināt atkārtotu izmantošanu, ievērojami nepalielinot personāla skaitu vai laiku." — Apļveida būvniecības eksperts (Norvēģija)

5 Atbildes uz pētījuma jautājumiem

5.1 1. jautājums: Kāds ir pašreizējais informētības un izpratnes līmenis par digitālo industriālo simbiozi (DIS) MVU un iestāžu vidū?

Analīze atklāj, ka izpratne par digitālo industriālo simbiozi (DIS) pieaug, taču tā joprojām ir nevienmērīga un sadrumstalota dažādos organizāciju veidos un reģionos. Starp 16 intervētajām iestādēm izcēlās skaidra atšķirība starp iestādēm, kas aktīvi izmēģina DIS rīkus, un tām, kas vēl nav pazīstamas ar šo koncepciju.

Vairāki dalībnieki, īpaši tie, kas pārstāv lielus konsultāciju uzņēmumus un specializētas atkārtotas izmantošanas platformas, **demonstrē dziļu izpratni par DIS koncepciju un tās praktisko ieviešanu**. Piemēram, Asplan Viak (Norvēģija) pārstāvis atzīmēja: "Mēs izmantojam platformas un simulācijas, lai pārvaldītu atkārtotu izmantošanu būvniecībā, taču daudzi MVU neredz, kā digitālie rīki var tiem palīdzēt." Tas izceļ digitālo plaisu ne tikai rīku lietošanā, bet arī DIS būtības konceptuālajā izpratnē.

Savukārt vairāki MVU puda viedokli, ka, lai gan tie iesaistās atkārtotas izmantošanas vai aprites ekonomikas praksē, tie **nav pazīstami ar terminu "IS" vai tā digitālajām sastāvdaļām (DIS)**. Kā paskaidroja viens respondents no Polijas: "Es nezināju šo terminu, bet mēs jau cenšamies atkārtoti izmantot pārpalikumus kopā ar citiem uzņēmumiem — mēs to vienkārši tā nesaucam." Tas liecina, ka notiek atbilstošas aktivitātes, taču bieži vien ārpus DIS vārdu krājuma vai bez digitālās koordinācijas.

Cits MVU no Slovēnijas atspoguļoja šo **daļējo izpratni**, norādot: "Ideja ir ļoti noderīga, taču mūsu izpratne joprojām ir ierobežota, īpaši digitālajā pusē." Šis komentārs ilustrē plašāku modeli: DIS bieži tiek uztverta kā abstrakts vai tehnisks jēdziens, un daudzām mazākām organizācijām trūkst pieredzes vai spēju izpētīt tās stratēģiskos ieguvumus.

Turklāt **informētību veido uztvertā atbilstība un iestāžu spiediens**. Viens MVU atzīmēja: "Mēs tikai sākam izpētīt aprites ekonomiku. DIS izklausās interesanti, taču mums ir nepieciešamas konkrētākas vadlīnijas." Līdzīgi NHO asociācijas (Norvēģija) pārstāvis uzsvēra: "Ja valdība to pieprasītu, vairāk cilvēku tam pievērstu uzmanību. Pašlaik tas joprojām ir brīvprātīgi, un daudzi nesaskata steidzamību."

Visās intervijās **ir skaidri redzams, atvērtība un interese par digitālās simbiozes ideju**, īpaši to vidū, kas jau strādā pie ilgtspējības mērķiem vai publiskā iepirkuma projektiem. Tomēr pāreja no pamata informētības uz informētu iesaistīšanos daudziem joprojām ir agrīnā stadijā. Šķēršļi ietver konceptuālu neskaidrību, funkcionālo rīku lietošanas trūkumu un ierobežotu izpratni par datu integrācijas un platformu lomu materiālu apmaiņas veicināšanā.

5.2 2. jautājums: Kādas priekšrocības un iespējas dalībnieki saista ar digitālās industriālās simbiozes risinājumu ieviešanu?

Interviju laikā dalībnieki identificēja plašu taustāmu un stratēģisku ieguvumu klāstu, kas saistīti ar digitālās industriālās simbiozes (DIS) ieviešanu. Šie ieguvumi aptver izmaksu efektivitāti, ilgtspējību, darbības optimizāciju un inovācijas. Lai gan uzsvars atšķiras atkarībā no organizācijas veida un digitālās brieduma līmeņa, kopējais tonis ir optimistisks par DIS risinājumu ieviešanas ilgtermiņa vērtību.

Viens no visbiežāk minētajiem ieguvumiem ir **izmaksu samazināšana** — gan samazinot atkritumus, gan efektīvāk izmantojot resursus. Kā paskaidroja kāda Polijas MVU pārstāvis: "Mēs ietaupām naudu, atkārtoti izmantojot iepriekšējo projektu materiālu pārpalikumus. Ar labākiem plānošanas rīkiem mēs varētu paveikt vēl vairāk." Līdzīgi respondenti uzsver, kā materiālu izsekošanas un prognozēšanas rīki var samazināt pārmērīgu pasūtījumu skaitu un atkritumus iepirkumu un būvniecības posmos.

pārredzamības un paredzamības nozīmi DIS procesos. Piemēram, ieinteresētā persona no Sirkenas (Norvēģija) aprakstīja, kā "mākslīgā intelekta rīki palīdz mums identificēt atkārtotas izmantošanas iespējas, kuras mēs citādi palaistu garām." Spēja digitāli kartēt materiālus un prognozēt atkārtotas izmantošanas potenciālu atbalsta uz datiem balstītu lēmumu pieņemšanu, kas ne tikai uzlabo efektivitāti, bet arī veido uzticēšanos starp ieinteresētajām personām kopīgās vērtību ķēdēs.

Logistikas optimizācija ir vēl viena svarīga iespēju joma. Viens dalībnieks atzīmēja: "Digitālā plānošana ļauj mums saskaņot atkārtotas izmantošanas logistiku ar ražošanas grafikiem, kas ietaupa gan laiku, gan emisijas." Tas atbilst plašākam uzskatam, ka DIS rīki var nodrošināt efektīvāku un ilgtspējīgāku darbību, īpaši apvienojumā ar ģeolokāciju un reāllaika datu plūsmām.

No stratēģiskā viedokļa dalībnieki DIS saista ar **jauniem biznesa modeļiem un pakalpojumu inovācijām**. Aptaujas respondents no aprites ekonomikas MVU norādīja: "Mēs meklējam veidus, kā pārskatīt to, kā mēs izmantojam atlikumus, lai radītu jaunus pakalpojumus." Citi saskata potenciālu digitālajos tirgos, atkārtotas izmantošanas tīklos un aprites ekonomikas dizaina konsultācijās, kur vērtība tiek radīta nevis no materiālu pārdošanas, bet gan no plūsmu organizēšanas un optimizācijas.

Turklāt DIS ir saistīta ar simulācijas iespējām, kas atbalsta **proaktīvu plānošanu un scenāriju testēšanu**. Kā formulēja viens Slovēnijas MVU: "Digitālie rīki ļauj veikt simulāciju un prognozēšanu. Tas ietaupa laiku un atbalsta labākus lēmumus." Šie rīki ir īpaši vērtīgi sarežģītos būvniecības projektos, kur aprites ekonomikas iespējas ir jāsalīdzina ar budžeta un laika ierobežojumiem.

Intervijas arī atspoguļo pieaugošo **saskaņotību starp DIS un organizācijas pārveides mērķiem**. Dažiem DIS ir vairāk nekā tikai instruments — tā ir daļa no viņu identitātes. "Mēs DIS uzskatām par stratēģisku iespēju — ne tikai atbilstības, bet arī inovāciju un konkurētspējas jomā," skaidroja FutureBuilt (Norvēģija) pārstāvis.

Rezumējot, dalībnieki saista DIS ar unikālu vides, ekonomiskās un tehnoloģiskās vērtības saplūšanu. Tā ļauj organizācijām sasniegt ilgtspējības mērķus, samazināt izmaksas, atklāt radošas atkārtotas izmantošanas iespējas un stiprināt starpnozaru sadarbību. Lai gan dažas priekšrocības jau tiek realizētas, daudzi saskata vēl lielāku potenciālu, rīkiem nobriestot un ekosistēmām attīstoties.

5.3 3.jautājums: Kādi šķēršļi vai izaicinājumi kavē digitālās industriālās simbiozes prakses ieviešanu MVU?

Lai gan digitālā industriālā simbioze (DIS) ir daudzsološa, tās ieviešana joprojām ir ierobežota, īpaši mazo un vidējo uzņēmumu (MVU) vidū. Intervijas atklāja virkni savstarpēji saistītu izaicinājumu, kas aptver regulējuma nepilnības, finansiālus ierobežojumus, tehnisko sarežģītību un sistēmisku sadrumstalotību.

Viens no visbiežāk minētajiem šķēršļiem ir **regulējuma vai juridisko mandātu trūkums atkārtotas izmantošanas un digitālās koordinācijas jomā**. Bez izpildāmas politikas vai aprītes ekonomikas iepirkuma noteikumiem daudzi MVU joprojām nevēlas ieguldīt līdzekļus atkārtotas izmantošanas rīkos vai darbplūsmās. Kā atzīmēja viens respondents no Asplan Viak (Norvēģija): "Atkārtotas izmantošanas mandāts vēl nepastāv. Bez tā daudzi dalībnieki nevēlas piedalīties." Šis viedoklis atspoguļo plašākas bažas par to, ka brīvprātīgai ieviešanai trūkst impulsa, ja nav politikas virzītājspēku.

Finansiāli ierobežojumi ir vēl viens būtisks šķērslis — gan sākotnējo izmaksu, gan uztvertās ieguldījumu atdeves ziņā. Kāds Norvēģijas MVU paskaidroja: "Mēs vēlamies izmēģināt jaunus digitālos risinājumus, taču ir grūti attaisnot izmaksas, ja ietaupījumi nav garantēti." Daudziem mazākiem uzņēmumiem risks ieviest nepazīstamas un sarežģītas tehnoloģijas bez skaidras ekonomiskās atdeves ir pārāk augsts.

pašreizējo rīku sarežģītība un lietojamība. Vairāki dalībnieki pauda viedokli, ka pieejamās platformas nav lietotājam draudzīgas un tām ir nepieciešamas tehniskās zināšanas, kuru MVU bieži vien trūkst. Kā teica viens aptaujas respondents: "Rīku lietojamība ir jāuzlabo. Pašlaik tas prasa pārāk daudz tehnisko zināšanu." Vienkāršotas ieviešanas, intuitīva dizaina un MVU draudzīgas dokumentācijas trūkums kavē plašāku izmantošanu.

Vēl viens būtisks šķērslis ir **standartizētu datu formātu un klasifikācijas sistēmu trūkums**, kas apgrūtina atkārtotas izmantošanas iespēju koplietošanu, salīdzināšanu vai saskaņošanu dažādās platformās. Dalībnieks no Resirqel (Norvēģija) norādīja: "Datu kvalitāte esošajās platformās ir ļoti nekonsekventa, kas ietekmē plānošanu." Šis uzticēšanās trūkums digitālajām inventarizācijām — vai nu novecojušu ierakstu, trūkstošu materiālu specifikāciju vai formātu neatbilstību dēļ — ierobežo DIS rīku efektivitāti.

Turklāt daudzas atkārtotas izmantošanas darbplūsmas joprojām ir manuālas un izolētas, kas rada **augstas koordinācijas izmaksas**. Atkārtotas izmantošanas koordinators no Norvēģijas dalījās: "Loģistika ir milzīgs šķērslis. Atkārtotas izmantošanas koordinēšana vairākās vietās ir laikietilpīga bez atbilstoša digitālā atbalsta." Šis

operacionālās berzes apgrūtina atkārtotas izmantošanas centienu mērogošanu, īpaši, ja materiāli ir jātransportē, jāuzglabā vai jāpārveido pirms atkārtotas izmantošanas.

Visbeidzot, vairāki respondenti uzsvēra **sadrumstalotību starp sistēmām un dalībniekiem**, norādot, ka nesaistīti rīki un konkurējošas atkārtotas izmantošanas iniciatīvas bieži vien mulsina, nevis atbalsta lietotājus. Kā teica viens poļu respondents: "Mums ir nepieciešams viens ieejas punkts, nevis piecas dažādas atkārtotas izmantošanas platformas, kas savā starpā nesazinās."

Noslēgumā jāsaņem, ka, lai gan interese par DIS pieaug, sistēmiskie šķēršļi joprojām kavē plašu ieviešanu, īpaši MVU vidū. Lai pārvarētu šīs problēmas, būs nepieciešams politikas saskaņošanas, finansiālu stimulu, platformu standartizācijas un uz lietotāju orientētu rīku izstrādes apvienojums, kas viss balstīts uz mazāku dalībnieku īpašajām vajadzībām un ierobežojumiem.

5.4 4. jautājums: Kāda veida apmācība vai atbalsts dalībniekiem ir nepieciešams, lai efektīvi izmantotu DIS risinājumus?

Viens no skaidrākajiem un konsekventākajiem secinājumiem no intervijām ir tas, ka efektīva apmācība un atbalsts ir būtiski priekšnoteikumi MVU un iestāžu iesaistīšanai digitālajā industriālajā simbiozē (DIS). Dalībnieki no visām pusēm pauda spēcīgu vēlmi pēc praktiskas, pieejamas un kontekstam pielāgotas apmācības, kas pielāgota viņu esošajām spējām un ikdienas darbplūsmām.

Bieži tiek pieprasīti **pamata, vizuāli un soli pa solim apmācības resursi**. Tie palīdzētu lietotājiem — īpaši mazākās organizācijās — izprast ne tikai to, kā lietot digitālos rīkus, bet arī to, kāpēc tie ir svarīgi. Kā atzīmēja viens MVU respondents: "Mums ir nepieciešami pamata apmācības materiāli. Soli pa solim, ideālā gadījumā vizuāli." Šī vēlme atspoguļo faktu, ka daudzi lietotāji, kas mijiedarbojas ar DIS, nav IT speciālisti, bet gan tehniskie darbinieki vai vadītāji ar ierobežotu digitālo prātību.

Papildus lietojamībai dalībnieki meklē arī **apmācības, kas koncentrējas uz biznesa gadījumiem un reālās pasaules piemēriem**, ne tikai tehniskām rokasgrāmatām. Vairāki respondenti norādīja, ka viņi būtu labprātāki ieviestu digitālos risinājumus, ja varētu redzēt, kā citi to ir veiksmīgi paveikuši. Viens dalībnieks no Itālijas uzsvēra: "Visnoderīgākais bija redzēt, ko paveica cits MVU. Praktiski piemēri rada visu atšķirību." Tas norāda uz savstarpējas mācīšanās, uz gadījumiem balstītu demonstrāciju un stāstu stāstīšanas nozīmi apmācību formātos.

Vēl viena svarīga tēma ir **nepieciešamība pēc nozarei specifiskām vadlīnijām**, jo īpaši būvniecībā un ražošanā, kur materiālu veidi, noteikumi un darbplūsmas atšķiras. Respondents no Norvēģijas dalījās: "Apmācība būtu jāpielāgo mūsu nozarei. Pašlaik tā ir pārāk vispārīga un neatspoguļo to, kā lietas darbojas uz vietas." Tas uzsver DIS izglītības kontekstualizācijas nozīmi reālā darbības vidē.

Dalībnieki arī aicina **apmācīt plašāku sistēmu, ne tikai rīku saskarnes**. Tas ietver datu interpretācijas apguvi, atkārtotas izmantošanas plānošanas savienošanu ar ēku

informācijas modelēšanu (BIM), juridisko un normatīvo regulējumu izpratni un koordināciju ar vairākiem dalībniekiem simbiozes tīklā. Kā teica viens aptaujas dalībnieks: "Mums ir jāsaprot visa sistēma — ne tikai rīks, bet arī noteikumi, partneri un procesi."

Visbeidzot, intervijas dalībnieki uzsvēra valsts iestāžu, tirdzniecības asociāciju un pētniecības organizāciju lomu **zināšanu nodošanas veicināšanā**. Pastāvīgs atbalsts — izmantojot palīdzības līnijas, informācijas centrus, rīku komplektus vai reģionālās darbnīcas — tiek uzskatīts par būtisku spēju veidošanai, īpaši jomās, kur digitālā vai aprites ekonomikas kompetence vēl tikai veidojas.

Rezumējot, dalībnieki neprasa vairāk rīku — viņi lūdz labākus veidus, kā izprast un pielietot šos rīkus jēgpilnā un pārvaldāmā veidā. Efektīvām DIS apmācībām jābūt vienkāršām, bet stratēģiskām, pieejamām, bet ambiciozām, un vienmēr balstītām uz lietotāju un nozaru realitāti, kas atrodas aprites ekonomikas transformācijas priekšgalā.

5.5 5. jautājums: Kā dalībnieki vērtē digitālo platformu lomu aprites ekonomikas sadarbības un resursu koplietošanas veicināšanā?

Dalībnieki no visām nozarēm un valstīm pastāvīgi uzsvēra, ka digitālajām platformām ir būtiska loma efektīvas digitālās industriālās simbiozes (DIS) nodrošināšanā. Platformas nebūt netiek uzskatītas par izvēles rīkiem, bet gan par pamatu redzamībai, koordinācijai un sadarbībai aprites sistēmās.

Respondenti izcēla vairākas digitālo platformu pamatfunkcijas: **atkārtotas izmantošanas izsekošanu, materiālu saskaņošanu un ietekmes uzraudzību**. Šīs iespējas tiek uzskatītas par būtiskām, lai aprites ekonomikas ambīcijas pārvērstu darbībā. Kā paskaidroja viens pārstāvis no Sirkenas (Norvēģija): "Mēs izmantojam platformas ar izsekošanas rīkiem un mākslīgo intelektu, lai optimizētu atkārtotas izmantošanas loģistiku." Automatizējot pieejamo materiālu identificēšanu un saskaņojot tos ar potenciālajiem lietotājiem, šādas platformas samazina darījumu izmaksas un nodrošina ātrāku un gudrāku lēmumu pieņemšanu.

Dalībnieki arī uzsvēra, ka platformas nedrīkst darboties izolēti. Pastāv stingra **prasība pēc integrācijas ar esošajām plānošanas un pārvaldības sistēmām**, īpaši būvniecībā. Piemēram, respondents no FutureBuilt (Norvēģija) norādīja: "Platformām jābūt publiskām un saistītām ar plānošanas sistēmām, piemēram, BIM." Šī integrācija tiek uzskatīta par kritiski svarīgu, lai atkārtotas izmantošanas domāšanu iekļautu galvenajās darbplūsmās, piemēram, projektu izstrādē, iepirkumos un atļauju saņemšanā.

Dalībnieku vidū atkārtoti radās bažas par **pašreizējo atkārtotas izmantošanas platformu sadrumstalotību**. Daudzi atzīmēja, ka pieaugošais rīku skaits, kas bieži vien ir izstrādāti konkrētiem projektiem vai reģioniem, rada apjukumu un neefektivitāti. Kāds Polijas MVU pārstāvis dalījās: "Mums ir nepieciešams viens ieejas punkts, nevis piecas dažādas atkārtotas izmantošanas platformas, kas savā starpā nesazinās." Tas uzsver nepieciešamību pēc sadarbības un koordinācijas starp sistēmām, ideālā gadījumā vadoties pēc kopīgiem standartiem vai publiskās pārvaldības.

Kā galvenās tēmas parādījās arī uzticēšanās un pārredzamība. Dalībnieki uzsvēra, ka, lai platformas darbotos kā ekosistēmas, tām ir jāpiedāvā uzticami dati, skaidra dokumentācija un atvērta piekļuve. Viens izstrādātājs atzīmēja: "Piekļuve uzticamiem atkārtotas izmantošanas datiem ir kritiski svarīga. Bez uzticēšanās datiem neviens platformu neizmantos." Citi norādīja, ka publiskas vai daļēji publiskas platformas, ko atbalsta valdības vai nozaru alianses, visticamāk, iegūs popularitāti lietotāju grupu vidū.

Vēl viena svarīga atziņa ir tā, ka **platformām vajadzētu atbalstīt ekosistēmas veidošanu, ne tikai darījumus**. Respondents no NHO asociācijas (Norvēģija) komentēja: "Ekosistēmai ir nozīme. Platforma ir tikai instruments, ja vien to neatbalsta visa sistēma." Tas atspoguļo viedokli, ka platformām jābūt integrētām tiesiskajā regulējumā, stimulēšanas struktūrās, lietotāju tīklos un institucionālajās atbalsta sistēmās, lai panāktu reālu aprites ekonomikas ietekmi.

Noslēgumā dalībnieki uzskata platformas ne tikai par digitālās atkārtotas izmantošanas veicinātājiem, bet arī par strukturālām infrastruktūrām industriālai sadarbībai. Lai gūtu panākumus, platformām jābūt integrētām, sadarbībspējīgām, uzticamām un izstrādātām, ņemot vērā lietotāju vajadzības un ekosistēmas dinamiku.

5.6 6. jautājums: Kādus politikas ieteikumus vai sistēmiskas izmaiņas dalībnieki iesaka veicināt diskrecionāro sistēmu (DIS) darbību vietējā vai reģionālā līmenī?

Dalībnieki sniedza plašu konkrētu, īstenojamu politikas ieteikumu klāstu, kuru mērķis ir novērst strukturālos šķēršļus un paātrināt digitālās industriālās simbiozes (DIS) ieviešanu. Viņu ieteikumi aptver normatīvās pilnvaras, ekonomiskos stimulus, digitālo infrastruktūru un pārvaldības reformas, atspoguļojot dziļu izpratni par to, ka DIS īstenošanai ārpus izolētiem pilotprojektiem ir nepieciešamas sistēmiskas pārmaiņas.

Viens no galvenajiem ieteikumiem ir **ieviešat juridiskas atkārtotas izmantošanas prasības vai kvotas**, jo īpaši tādās nozarēs kā būvniecība, kur atkārtotas izmantošanas potenciāls ir augsts, bet nepietiekami izmantots. Vairāki dalībnieki uzsvēra, ka **brīvprātīgas pieejas nav pietiekamas**. Kā atzīmēja viens intervijas dalībnieks no Asplan Viak (Norvēģija): "Atkārtotas izmantošanas mandāts vēl nepastāv. Bez tā daudzi dalībnieki nevēlas piedalīties." Minimālo atkārtotas izmantošanas procentuālo daļu noteikšana būvnormatīvos vai publiskajos konkursos tika uzskatīta par spēcīgu sviru ieviešanas veicināšanai.

Dalībnieki arī aicināja **izstrādāt valsts vai reģionālās loģistikas sistēmas**, kas varētu atbalstīt DIS operatīvo pusī. Tas ietvertu kopīgu transportu, uzglabāšanu un apgrieztās piegādes ķēdes koordināciju, jo īpaši attiecībā uz lielgabariīta vai ātri bojājošos materiāliem. Sirkulær Ressurssentral pārstāvis ieteica: "Mums ir nepieciešamas valsts sistēmas, kas var koordinēt loģistiku un nodrošināt, ka materiāli netiek izmesti tikai tāpēc, ka neviens tos nevar savākt." Šīs sistēmas palīdzētu pārvarēt plaisu starp materiālu pieejamību un atkārtotas izmantošanas iespējām.

Vēl viena augstas prioritātes joma ir **digitālās atkārtotas izmantošanas dokumentācijas standartizācija**, tostarp **materiālu taksonomijas**, **metadatu prasības** un **platformu integrācijas protokoli**. Konsekventas klasifikācijas trūkums tika uzskatīts par galveno šķērslī DIS mērogošanai. Kā paskaidroja viens platformas izstrādātājs: "Mēs nevaram mērogot atkārtotu izmantošanu, ja katrs dalībnieks vienam un tam pašam materiālam izmanto atšķirīgu nosaukumu vai formātu." Dalībnieki mudināja politikas veidotājus izveidot atvērto datu standartus, kas tiktu kopīgi izstrādāti ar nozari un pašvaldībām.

finansiāli stimuli. Respondenti aicināja piešķirt grantus, subsīdijas un nodokļu atlaides, lai atbalstītu aprites ekonomikas biznesa modeļus un digitālās investīcijas. Šie stimuli samazinātu sākotnējo risku MVU un veicinātu plašāku līdzdalību. Viens MVU respondents norādīja: "Ja mums būtu finansējums rīku ieviešanai un apmācībai, mēs virzītos uz priekšu daudz ātrāk."

Nodokļu politika parādījās kā pārsteidzoša, bet kritiska tēma. Vairāki respondenti norādīja, ka pašreizējās nodokļu sistēmas soda par atkārtotu izmantošanu, piemēram, apliekot atkārtoti izmantotus materiālus ar nodokli tā, it kā tie būtu jauni, vai piemērojot pilnu PVN sekundārajām sastāvdaļām. Kā paskaidroja viens intervijas dalībnieks: "Mums ir nepieciešama nodokļu reforma, lai atkārtota izmantošana būtu ekonomiski dzīvotspējīga — atkārtota izmantošana nevar maksāt vairāk nekā jaunu materiālu iegāde."

publiskā iepirkuma un valdības vadības lomu. Aprites ekonomikas un digitālo prasību obligāta noteikšana publiskajos projektos sniegtu spēcīgu tirgus signālu. NHO asociācijas (Norvēģija) pārstāvis atzīmēja: "Publiskajiem klientiem ir jārada piemērs. Ja pašvaldības pieprasīs atkārtotu izmantošanu un diskrecionāru sistēmu (DIS), pārējais tirgus sekos."

Rezumējot, dalībnieki aicināja uz daudzslāņu politikas pieeju DIS atbalstam, apvienojot regulējuma skaidrību, ekonomiskos stimulus, ieguldījumus digitālajā infrastruktūrā un stratēģisko iepirkumu reformu. Šīs sistēmiskās izmaiņas ne tikai mazinātu pašreizējos šķēršļus, bet arī radītu stabilus tirgus apstākļus aprites ekonomikas inovāciju attīstībai.

6 Diskusija

Šīs tematiskās analīzes rezultāti sniedz spēcīgu empīrisku atbalstu un paplašinājumu teorētiskajām koncepcijām, kas izklāstītas pētījuma ziņojumā (2025. gada februāris). Tie uzsver, ka pāreja no lineāriem uz aprites ražošanas modeļiem nav tikai tehnoloģisks izaicinājums, bet gan būtībā sociāli organizatoriska transformācija. Digitālā industriālā simbioze (DIS) kļūst par galveno šīs pārejas veicinātāju, piedāvājot rīkus, platformas un koordinācijas mehānismus, kas padara aprites sadarbību izmērāmu, pārvaldāmu un mērojamu.

Intervijās atkārtojas tēma, ka DIS platformas kalpo kā "robežobjekti", kā aprakstīts literatūrā, pārvarot plaisu starp dažādiem dalībniekiem, piemēram, pašvaldībām, MVU, nozares tīkliem un digitālo pakalpojumu sniedzējiem. Šīs platformas veicina uzticēšanos, pārredzamību un darbības saskaņošanu, ļaujot ieinteresētajām

personām vizualizēt resursu plūsmas, koordinēt atkārtotas izmantošanas centienus un uzraudzīt ietekmi uz vidi un ekonomiku. Tomēr intervijas arī apstiprina, ka šādas platformas nevar gūt panākumus atsevišķi — tās ir atkarīgas no kopīgām taksonomijām, juridiskas skaidrības un institucionālā atbalsta, atsaucoties uz Bāsa un Būnsa (2004) uzskatu, ka veiksmīga industriālā simbioze ir tikpat svarīga kā sociālās normas un pārvaldības struktūras, cik fiziska apmaiņa.

Vēl viena atziņa, ko apstiprina dati, ir DIS brieduma pakāpeniskais raksturs, kā ierosināts dokumentālā pētījuma ziņojumā. Daži dalībnieki joprojām ir agrīnā eksperimentālā stadijā, iesaistoties neformālā, ad hoc atkārtotas izmantošanas praksē bez digitālas koordinācijas, savukārt citi nonāk platformu starpniecības ekosistēmas fāzē, kur reāllaika izsekošana, mākslīgā intelekta saskaņošana un BIM integrācija nosaka viņu darbību. Šī pakāpeniskā izstrāde liecina, ka DIS ieviešanas ceļiem jābūt elastīgiem, adaptīviem un reaģējošiem uz nozaru un reģionālajiem kontekstiem.

Svarīgi ir tas, ka intervijas atklāj pastāvīgas atšķirības starp potenciālu un praksi. Neskatoties uz pieaugošo entuziasmu, daudziem MVU joprojām trūkst digitālās prasmes, finanšu resursu vai normatīvo stimulu, lai pilnībā iesaistītos DIS. Tas atspoguļo divējādu asimetriju: vienu starp DIS tehnoloģisko potenciālu un faktisko institucionālo kapacitāti, bet otru - starp agrīnajiem ieviešējiem un atpalikušajām nozarēm vai reģioniem. Šīs atšķirības nav tikai tehniskas, bet gan strukturāli iestrādātas pašreizējās politikas, ekonomikas un apmācības sistēmās.

Viens no pārsteidzošākajiem atklājumiem ir konsekventu atkārtoti izmantoto materiālu novērtēšanas mehānismu trūkums, kas ir arī uzsvērts dokumentācijas pētījumā. Bez skaidriem standartiem par to, kā atkārtoti izmantoto materiālu cenas tiek noteiktas, tos novērtē un sertificē, jo īpaši attiecībā uz jauniem materiāliem, atkārtotas izmantošanas ekonomiskais pamatojums joprojām ir nestabils. Tas attur no investīcijām un padara aprites ekonomikas praksi neaizsargātu pret tirgus apstākļu svārstībām.

Turklāt empīriskie dati paplašina platformu kā infrastruktūras ideju, kas īsi apspriesta teorētiskajā literatūrā. Dalībnieki ierosina, ka DIS platformas būtu jāuztver un jāpārvalda nevis kā privāti rīki, bet gan kā publiskas vai daļēji publiskas digitālās infrastruktūras, līdzīgi kā ceļiem, energotīkliem vai vides monitoringa sistēmām. Šai pārkonceptualizācijai būtu būtiska ietekme uz platformu dizainu, finansēšanas modeļiem, piekļuves noteikumiem un pārvaldības sistēmām.

Visbeidzot, intervijas sniedz niansētu izpratni par rīcībbspēju un motivāciju DIS ieviešanā. Kamēr dažas organizācijas vada atbilstības vai finanšu loģika, citas motivē ētiski, vides vai reputācijas apsvērumi. Tas apstiprina, ka DIS iesaistīšanās ir daudzpusīgi motivēta un kulturāli integrēta, un tai ir nepieciešamas komunikācijas stratēģijas, kas runā ne tikai par ekonomisko vērtību.

Rezumējot, šī diskusija ilustrē, ka, lai gan digitālajai industriālajai simbiozei ir milzīgs transformācijas potenciāls, apzinoties, ka šis potenciāls ir atkarīgs no integrētām stratēģijām tehniskajos, regulatīvajos, institucionālajos un kultūras aspektos. Šeit gūtās atziņas sniedz spēcīgu empīrisku pamatu šādu stratēģiju veidošanai.



7 Secinājumi, ierobežojumi un turpmākie pētījumi

Digitālā industriālā simbioze sniedz ievērojamus ieguvumus efektivitātes, inovāciju un vides raksturlielumu ziņā. Tomēr tās ieviešana joprojām ir nevienmērīga. Ir jānovērš tādi sistēmiski šķēršļi kā regulatīvā nenoteiktība, ierobežota sadarbība un digitālā prasība. Lai pilnībā izmantotu DIS potenciālu, ir nepieciešami koordinēti centieni starp valsts iestādēm, privātiem uzņēmumiem un tehnoloģiju nodrošinātājiem.

Šis pētījums ir balstīts uz nejauši izvēlētu 16 interviju izlasi un, iespējams, pilnībā neaptver visas reģionālās vai nozaru atšķirības. Valodu daudzveidība un manuāla kodēšana var radīt arī interpretācijas neobjektivitāti. Neskatoties uz šiem ierobežojumiem, iegūtie rezultāti sniedz spēcīgu empīrisku pamatu turpmākai rīcībai.

Turpmākajos pētījumos galvenā uzmanība jāpievērš DIS platformu testēšanai reālās pasaules izmēģinājuma vidē, atkārtotas izmantošanas mandātu ekonomiskās ietekmes novērtēšanai un uz cilvēku orientētu digitālo rīku dizaina pieeju izpētei. Turklāt ir nepieciešami garengriezuma pētījumi, lai novērtētu DIS nodrošinātās ilgtermiņa izmaiņas industriālās sadarbības modeļos.

8 Atsauces

Baas, LW, & Boons, FA (2004). Industriālās simbiozes ieviešana un izplatība: izpētes pētījums. *Ekoloģiskā ekonomika*, 49(1), 1.–13. lpp.

Chertow, MR (2007). Industriālās simbiozes atklāšana. *Industrial Ecology žurnāls*, 11(1), 11.–30. lpp.

Paquin, RL, & Howard-Grenville, J. (2012). Veicinātas industriālās simbiozes evolūcija. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 83.–93. lpp.

Digitālā industriālā simbioze: literatūras apskats. (2025). Dokumentu izpētes ziņojums. Sagatavots Erasmus+ projektam (versija: 16.2.2025).



IV DAĻA: GADĪJUMA IZPĒTES – INDUSTRIĀLĀS SIMBIOZES PIEMĒRI PRAKSĒ

1 No zvejas tīkliem līdz modei — kā AquafilSLO īsteno aprites ekonomiku

Kopsavilkums:

AquafilSLO, kas ir daļa no Aquafil grupas, specializējas neilona atkritumu savākšanā un pirmapstrādē, kurus reģenerē augstas kvalitātes ECONYL® dzijā. Izmantojot inovatīvas tehnoloģijas un stratēģiskas globālas partnerības, uzņēmums ir radījis aprites ekonomikas paraugrisinājumu, kas pārveido atkritumus vērtīgos produktos.

Konteksts un izaicinājums:

Neilona atkritumi, tostarp zvejas tīkli un paklāji, ievērojami veicina globālo piesārņojumu. AquafilSLO mērķis bija samazināt šo ietekmi, pārvēršot atkritumus resursos un tādējādi noslēdzot sintētisko šķiedru nozares aprites ciklu.

Risinājums — AquafilSLO pieeja:

Atkritumu savākšana:

- AquafilSLO rūpnīca Ajdovščinā, Slovēnijā, savāc neilona atkritumus no visas pasaules.

Avoti ietver:

- Pamesti zvejas tīkli no NVO un piekrastes kopienām (piemēram, Healthy Seas),
- Paklāju atkritumi no ražotājiem (piemēram, Interface),
- Industriālie atkritumi no ražošanas procesiem.

Priekšapstrāde:

- Slovēnijā atkritumi tiek mehāniski attīrīti un šķiroti, lai tos sagatavotu ķīmiskai reģenerācijai.

Reģenerācija:

- Atkritumi tiek nosūtīti uz Aquafil rūpnīcām Itālijā, kur tie tiek pārstrādāti ECONYL® – 100% reģenerētā neilonā, ko izmanto modē, sporta apģērbā un interjerā.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	CO ₂ emisiju samazinājums līdz pat 90% salīdzinājumā ar neapstrādātu neilonu
Ekonomiskā	Vērtības radīšana no atkritumiem, globālas zīmolu partnerības
Sociālie	Sadarbība ar vietējām kopienām un NVO

Galvenie mācību punkti:

- Tehnoloģiskās inovācijas un sadarbība ir aprites sistēmu atslēga.
- Atkritumi kļūst par vērtīgu resursu, ja tiem pieiet stratēģiski.
- Apļveida biznesa modeļi var veicināt gan ilgtspējību, gan rentabilitāti.

Diskusiju jautājumi:

1. Kādi ir AquafilSLO modeļa kritiskie veiksmes faktori?
2. Kā ārējā sadarbība veicina ilgtspējību?
3. Vai šo modeli varētu atkārtot citās nozarēs?

Resursi:

- Aquafil SLO: <https://www.aquafil.com/locations/aquafil-slo-qjdovscina/>
- Veselīgas jūras: <https://www.healthyseas.org/>
- SYMBI Interreg projekts: https://projects2014-2020.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1583136065.pdf

2 No pudelēm līdz krēsliem — Donāra ilgtspējīga dizaina stratēģija

Kopsavilkums:

Slovēnijas mēbeļu ražotājs Donar pārstrādā pārstrādātu PET un poliestera filcu godalgotās mēbelēs. Sadarbojoties ar pārstrādes uzņēmumiem, Donar integrē industriālo simbiozi savā ražošanas modelī un katru gadu novirza vairāk nekā 15 tonnas izejvielu.

Konteksts un izaicinājums:

Mēbeļu rūpniecība lielā mērā balstās uz neapstrādātiem resursiem, piemēram, koksni un plastmasu. Donars saskatīja iespēju pārveidot piegādes ķēdi, izmantojot vietēji pieejamus pārstrādātus materiālus un koncentrējoties uz aprites ekonomikas produktu dizainu.

Risinājums — Donāra apļveida prakse:



Materiāla izmantošana:

- Kā galvenās izejvielas izmanto pārstrādātas PET pudeles un PES filcu.
- Samazina neapstrādātu materiālu nepieciešamību par 15 tonnām gadā.

Produkta inovācija:

Pie ievērojamiem produktiem pieder:

- NicoLess – minimālistisks krēsls bez līmes.
- ChatLoop – konferenču krēsls, kas pilnībā izgatavots no pārstrādājamiem materiāliem.

Industriālā simbioze:

- Sadarbojas ar vietējiem atkritumu šķirošanas uzņēmumiem, lai nodrošinātu pastāvīgu materiālu piegādi.
- Stiprina vietējās aprites vērtību ķēdes.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Samazināta izejvielu izmantošana un plastmasas atkritumu atkārtota izmantošana
Ekonomiskā	Izmaksu ietaupījums un unikāla tirgus pozicionēšana
Sociālie	Izpratnes veicināšana, izmantojot dizainu un vietējo sadarbību

Galvenie mācību punkti:

- Industriālā simbioze rada ekonomisku un vides vērtību.
- Apritīgā dizaina mērķis ir ne tikai materiāli, bet arī produkta dzīves cikls.
- Ilgtspējību var integrēt ar estētiku un inovācijām.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā industriālā simbioze veicina ražošanas stabilitāti?
2. Vai šo pieeju varētu pielāgot arī citām nozarēm?
3. Kāda loma dizainam ir aprites ekonomikas veicināšanā?

Resursi:

- Ziedojums: <https://www.donar.si>
- NicoLess: <https://donar.si/nicoless/>
- Čatloop: <https://donar.si/chatloop/>

3 No invazīvajām nezālēm līdz piezīmju grāmatiņām — Lubļanas aprites ekonomikas inovācija

Kopsavilkums:



Ļubļanas pilsēta, izmantojot inovatīvu partnerību ar vietējām iestādēm, pārveido invazīvu augu Japānas dižsūreni papīra izstrādājumu ražošanā. Šī iniciatīva risina vides problēmas, vienlaikus radot ilgtspējīgas alternatīvas tradicionālajam papīram.

Konteksts un izaicinājums:

Japānas dižsūrene ir viens no agresīvākajiem invazīvajiem augiem Eiropā, kas kaitē infrastruktūrai un bioloģiskajai daudzveidībai. Ļubļana centās apsaimniekot šos atkritumus, vienlaikus veicinot ilgtspējīgu materiālu izmantošanu.

Risinājums — mezglainās veģetācijas apļveida apstrāde:

Ražas novākšana un apstrāde:

- Sasmalcinātāju novāk pilsētas uzturēšanas darbu laikā.
- Augu žāvē, sasmalcina un sagatavo celulozes ražošanai.

Partnerības:

- Celulozes un papīra institūts izstrādāja metodi, kā knotweed šķiedras pārvērst izmantojamā papīra masā.
- Sadarbība ar vietējiem ražotājiem rezultējas gatavos produktos.

Produkti:

- Pārstrādātu papīru izmanto piezīmju grāmatiņām, ielūgumiem, reklāmas materiāliem utt.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Invazīvo sugu kontrole un biomasas atkārtota izmantošana
Ekonomiskā	Jaunas produktu līnijas un atbalsts vietējiem zaļajiem uzņēmumiem
Sociālie	Valsts izglītība un pašvaldību inovācijas

Galvenie mācību punkti:

- Vietējie izaicinājumi var iedvesmot aprītes ekonomikas inovācijas.
- Valsts iestādes var vadīt ilgtspējīgas pārmaiņas, izmantojot partnerības.
- Dabiskos atkritumus var pārveidot par augstvērtīgiem produktiem.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā šo modeli var piemērot citām bioloģisko atkritumu plūsmām?
2. Kāda ir pilsētu loma aprītes ekonomikas veicināšanā?
3. Vai invazīvās sugas var kļūt par vērtīgiem resursiem?

Resursi:

- Eiropas aprītes ekonomikas ieinteresēto personu platforma (2024)
- Celulozes un papīra institūts: <https://www.icp-lj.si>
- Ļubļanas pilsēta: <https://www.ljubljana.si>

4 Atkritumu pārvēršana enerģijā: Balticovo aprites pieeja māļputnu mēslu apsaimniekošanai Latvijā

Kopsavilkums:

“Balticovo”, vadošais olu ražotājs Latvijā un viens no lielākajiem Ziemeļeiropā, ir ieviesis inovatīvas aprites ekonomikas prakses, pārveidojot māļputnu mēslus atjaunojamā enerģijā. Izmantojot progresīvas tehnoloģijas un stratēģisku sadarbību, uzņēmums ir izstrādājis iekšējās industriālās simbiozes modeli, kas samazina ietekmi uz vidi, palielina darbības efektivitāti un atbalsta valsts enerģētisko neatkarību. Šajā gadījuma izpētē ir aplūkota “Balticovo” aprites ekonomikas stratēģija, saskartie izaicinājumi, izstrādātie risinājumi un sasniegtie rezultāti.

Konteksts un izaicinājums:

Ar vairāk nekā 3 miljoniem dējējvistu un aptuveni 700 miljonu olu ražošanu gadā, Balticovo katru gadu saražo vairāk nekā 70 000 tonnu māļputnu mēslu. Šādu atkritumu apsaimniekošana radīja nopietnus izaicinājumus:

- Atkritumu apsaimniekošana: Liela daudzuma kūtsmēslu apstrāde un apsaimniekošana videi draudzīgā veidā.
- Ietekme uz vidi: Siltumnīcefekta gāzu emisiju un barības vielu izskalošanās mazināšana, kas saistīta ar neapstrādātiem kūtsmēsliem.
- Enerģijas pieprasījums: Ērākas, atjaunojamās alternatīvas fosilajam kurināmajam, lai apmierinātu darbības enerģijas vajadzības.

Šie izaicinājumi pamudināja “Balticovo” meklēt aprites ekonomikas risinājumu, kas pārvērstu atkritumus vērtībā.

Risinājums – Balticovo pieeja:

Biogāzes un biometāna ražošana:

- “Balticovo” izveidoja novatorisku procesu māļputnu mēslu pārveidošanai biogāzē un pēc tam to rafinēšanai biometānā. Sistēma ietver:
 - Olu enerģijas rūpnīca: vieta, kur neapstrādāti kūtsmēsli tiek fermentēti, lai iegūtu biogāzi.
 - Bovo gāzes iekārta (Iecava): Šeit biogāze tiek pārstrādāta biometānā – atjaunojamā dabasgāzes alternatīvā.

Tehnoloģiskās inovācijas:

- Dējējvistu kūtsmēsliem ir augsts kalcija saturs, kas parasti kavē biogāzes ražošanu. Balticovo, sadarbojoties ar ekspertiem, pārvarēja šo ierobežojumu, izstrādājot pielāgotu fermentācijas sistēmu, kas spēj efektīvi apstrādāt māļputnu mēslus.

Industriālā simbioze:



- Kūtsmēsli, kas iepriekš bija blakusprodukts, tagad tiek izmantoti atjaunojamās enerģijas ražošanā, radot slēgta cikla sistēmu starp Balticovo saimniecībām un biogāzes iekārtu.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Ievērojams CO ₂ un metāna emisiju samazinājums. Samazināts vides risks, ko rada barības vielu notece. Fosilā kurināmā aizstāšana ar atjaunojamo enerģiju.
Enerģētiskā neatkarība	Veicina Latvijas atjaunojamās enerģijas mērķu sasniegšanu.
Darbības efektivitāte	Ļauj Balticovo darbībā izmantot pašražotu, zaļo enerģiju. Samazinātas atkritumu apglabāšanas izmaksas. Zemākas enerģijas izmaksas ilgtermiņā.
Reputācija un tirgus	Pozicionēja Balticovo kā ilgtspējības līderi lauksaimniecības un pārtikas nozarē. Uzlaboja zīmola tēlu videi apzinīgu patērētāju vidū.

Galvenie mācību punkti:

- Atkritumi var kļūt par resursu – Balticovo modelis rāda, ka pat sarežģītas atkritumu plūsmas var būt vērtīgs ieguldījums aprites ekonomikā.
- Inovācija pārvar šķēršļus — tehniskas problēmas, piemēram, kūtsmēsļu sastāva ziņā, var atrisināt, izmantojot mērķtiecīgu pētniecību un attīstību, kā arī partnerības.
- Industriālā simbioze veicina efektivitāti — ražošanas rezultātu (atkritumu) saskaņošana ar atjaunojamās enerģijas sistēmām rada ekonomisku un vides sinerģiju.
- Ilgtspējība uzlabo tirgus pozīcijas — aprites ekonomikas prakse ne tikai samazina ietekmi uz vidi, bet arī palielina zīmola vērtību.

Diskusiju jautājumi:

1. Kādi ir potenciālie riski un ieguvumi, ļaujoties uz kūtsmēsļu biogāzi liela mēroga darbībās?
2. Kā šo modeli var pielāgot mazākām saimniecībām vai cita veida lauksaimniecības atkritumiem?
3. Kāda loma ir valdībām un subsīdijām šādu sistēmu dzīvotspējības nodrošināšanā?
4. Kā industriālā simbioze var paplašināties ārpus enerģijas, iekļaujot ūdeni, siltumu vai barības vielu atgūšanu?

Resursi:

- Balticovo mājas lapa: <https://balticovo.lv/lv>
- Balticovo biometāna projekts (atspoguļojums plašsaziņas līdzekļos): <https://balticovo.lv/lv/jaunumi/balticovo-atklaj-latvija-pirmo-biometana-uzpildes-staciju>
- ES bioekonomikas ziņojums (kontekstam): <https://ec.europa.eu>

5 Tekstila atkritumu un pārstrādāta papīra pārvēršana videi draudzīgos būvmateriālos

Kopsavilkums:

Latvijas ražotājs "Balticfloc" pārstrādā papīra un tekstila atkritumus augstas veiktspējas siltumizolācijas un skaņas izolācijas materiālos. "Balticfloc" nodrošina videi draudzīgas alternatīvas būvniecības un autobūves nozarēm, radot otrreizējās izejvielas, kas citādi tiktu izmestas. Šajā gadījuma izpētē tiek pētīta uzņēmuma pieeja aprites ekonomikai, inovācijas materiālu apstrādē, ar kurām saskaras, un no tām izrietošā ekonomiskā un vides ietekme.

Konteksts un izaicinājums:

Globālā būvniecības nozare ievērojami veicina resursu patēriņu un atkritumu rašanos. Tradicionālie izolācijas materiāli bieži vien ir atkarīgi no energoietilpīgiem procesiem un neapstrādātiem materiāliem. Balticfloc mērķis bija:

- Samazināt atkarību no neatjaunojamiem resursiem.
- Novērst tekstilizstrādājumu un papīra atkritumu nonākšanu atkritumu poligonos.
- Nodrošināt rentablus un ilgtspējīgus izolācijas risinājumus.
- Apmierināt pieaugošo pieprasījumu pēc ekoloģiski sertificētiem materiāliem visos ES tirgos.

Risinājums — Balticfloc pieeja:

Pārstrādātu materiālu izmantošana:

- Balticfloc izejvielas iegūst no patērētāju tekstilizstrādājumu un papīra atkritumiem. Celulozes izolācija tiek ražota no avīzēm, savukārt tekstila paneļos tiek izmantotas pārstrādātas šķiedras.

Videi draudzīga ražošana:

- Ražošanā netiek izmantotas ķīmiskas piedevas, un izejvielas tiek pārveidotas drošos, augstas kvalitātes izolācijas un šķiedru produktos, izmantojot mazas enerģijas mehāniskus procesus.

Produkta pielietojums:

- Balticfloc produkti tiek izmantoti ilgtspējīgā būvniecībā siltumizolācijai un akustiskajai izolācijai, kā arī automobiļu skaņas izolācijas un ģeotekstila projektos.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Ievērojami samazināts atkritumu daudzums poligonos, atkārtoti izmantojot papīru un tekstilizstrādājumus. Mazāka oglekļa pēdas nospieduma vērtība salīdzinājumā ar tradicionālajiem izolācijas materiāliem.

Inovācija	Pierādīta tehniskā iespējamība pārvērst otrreizējās izejvielas augstas veiktspējas būvniecības izejvielās.
Tirgus sasniedzamība	Piegādā videi sertificētus produktus visā Baltijas un ES būvniecības tirgū.
Resursu efektivitāte	Slēgta cikla ražošanas process, kurā tiek izmantotas neapstrādātas, bioloģiski noārdāmas izejvielas.
Zīmols un atbilstība	Uzlabotas zaļās akreditācijas un saskaņotība ar ES aprites ekonomikas mērķiem.

Galvenie mācību punkti:

- Atkritumi kā resurss — Balticfloc pierāda, ka pēc apstrādes materiāli var nodrošināt industriālas kvalitātes veiktspēju.
- Zaļie materiāli atbilst tirgus pieprasījumam — videi draudzīgi būvniecības uzņēmumi aktīvi meklē mazietekmīgus izolācijas risinājumus.
- Vienkārša, mērogojama ražošana — zemas tehnoloģijas un mazas enerģijas procesi var atbalstīt augstas vērtības aprites ekonomikas inovācijas.
- Saskaņošana ar ES politikām — atbilstība ES zaļajiem standartiem stiprina tirgus iespējas un piekļuvi finansējumam.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā politikas veidotāji var atbalstīt uzņēmumus, kas tekstilizstrādājumu atkritumus pārstrādā būvmateriālos?
2. Kādi ir celulozes un tekstila izolācijas ierobežojumi salīdzinājumā ar minerālvates vai putuplasta alternatīvām?
3. Kā mazie uzņēmumi var iekļūt aprites būvniecības produktu tirgū?
4. Kādos veidos arhitektus un celtniekus var mudināt izvēlēties pārstrādātu materiālu risinājumus?

Resursi:

- Balticfloc mājas lapa: <https://www.balticfloc.lv/>
- Informācija par celulozes izolāciju: <https://www.balticfloc.lv/produkts/celulozes-siltumizolacija/>

6 Vērtības radīšana no atlikumiem: Agrofirms Tērvete slēgtā cikla biogāzes un lauksaimniecības sistēma

Kopsavilkums:

Agrofirma Tērvete, viens no Latvijas daudzveidīgākajiem lauksaimniecības uzņēmumiem, demonstrē veiksmīgu industriālo simbiozi, integrējot lopkopību, kultūraugu audzēšanu un biogāzes enerģijas ražošanu. Noslēdzot barības vielu un enerģijas aprites ciklus, uzņēmums pārveido kūtsmēslus un lauksaimniecības atliekas atjaunojamā enerģijā un organiskajos mēslošanas līdzekļos, veicinot aprites modeli,

kas dod labumu gan videi, gan darbības efektivitātei. Šajā gadījuma izpētē tiek pētītas Agrofīrmas Tērvete simbiotiskās sistēmas, to ieviešana un plašākā ietekme.

Konteksts un izaicinājums:

Agrofīrma Tērvete darbojas vairākās nozarēs, tostarp piena lopkopībā, augkopībā un dzērienu ražošanā. Tās plašā lauksaimnieciskā darbība rada ievērojamu daudzumu kūtsmēsli un biomasas atlikumu, radot gan loģistikas, gan vides problēmas:

- Atkritumu apsaimniekošana: ilgtspējīgu metožu atrašana kūtsmēsli un kultūraugu atlieku apsaimniekošanai un vērtībai.
- Atjaunojamās enerģijas vajadzības: atkarības no fosilā kurināmā samazināšana un enerģētiskās pašpietiekamības uzlabošana.
- Barības vielu pārstrāde: augsnes auglības uzlabošana bez sintētiskajiem mēslošanas līdzekļiem.
 - Atbilstība vides prasībām: darbības saskaņošana ar ES zaļajiem noteikumiem un klimata mērķiem.

Risinājums – Agrofīrmas Tērvetes pieeja:

Biogāzes ražošana:

- Agrofīrma Tērvete savāc kūtsmēslus un biomasu no piena lopkopības saimniecībām un laukiem, lai tos izmantotu biogāzes rūpnīcā. Šis anaerobās pārstrādes process ražo biogāzi elektroenerģijas un siltuma ražošanai.

Enerģijas integrācija:

- No biogāzes saražotā enerģija tiek izmantota saimniecības darbības un centralizētās siltumapgādes sistēmu darbināšanai, samazinot atkarību no fosilajiem enerģijas avotiem.

Digestāta izmantošana:

- Biogāzes procesa blakusprodukts — digestāts — tiek izmantots atpakaļ laukos kā organiskais mēslojums, noslēdzot barības vielu apli un uzlabojot augsnes veselību.

Sistēmiskā cirkularitāte:

- Šis industriālās simbiozes modelis ne tikai samazina emisijas un izejvielu izmaksas, bet arī veicina resursu efektivitāti un vietējo ilgtspējību.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Zemākas siltumnīcefekta gāzu emisijas, izmantojot biogāzi. Ievērojami samazināts sintētisko mēslošanas līdzekļu patēriņš. Uzlabota augsnes struktūra un bioloģiskā daudzveidība.

Energētiskā drošība

Pašpietiekama elektroenerģijas un siltumenerģijas nodrošināšana saimniecības darbībai.
Veicina vietējo centralizēto siltumapgādi.

Darbības efektivitāte

Samazinātas izejvielu un atkritumu apsaimniekošanas izmaksas.
Palielināta produktivitāte, pateicoties slēgtas resursu izmantošanas ciklam.

**Atbilstība
normatīvajiem
aktiem**

Atbilst ES vides standartiem un gūst labumu no atjaunojamās enerģijas stimulēšanas.

**Kopienas
iesaistīšanās**

Atbalsta vietējās energosistēmas un kalpo par ilgtspējīgas lauku attīstības modeli.

Galvenie mācību punkti:

- Apļveida lauksaimniecība uzlabo noturību — integrētas biogāzes sistēmas var stabilizēt saimniecību ekonomiku un samazināt slodzi uz vidi.
- Barības vielu apļi uzlabo augsni un samazina ķīmisko vielu daudzumu – organiskais digestāts aizstāj sintētiskos mēslošanas līdzekļus un noslēdz materiālu aprites ciklus.
- Simbiotiskās sistēmas ir mērogojamas – Tērvetes modeli var pielāgot dažāda lieluma saimniecībām ar atbilstošām investīcijām.
- Enerģijas resursu sinerģija veicina inovācijas — enerģijas, atkritumu un pārtikas sistēmu savienošana nodrošina augstas ietekmes ilgtspējības rezultātus.

Diskusiju jautājumi:

1. Kādi šķēršļi pastāv, lai vairāk saimniecību ieviestu biogāzes aprites sistēmas?
2. Kā publiskā politika un finansējums var paātrināt lauksaimniecības industriālās simbiozes modeļus?
3. Kāda loma vietējām kopienām ir kopīgu resursu sistēmu atbalstīšanā?
4. Kā lauksaimniecības uzņēmumi var labāk informēt ieinteresētās personas par aprites ekonomikas priekšrocībām?

Resursi:

- Agrofirmas Tērvete mājas lapa: <https://tervete.lv/>
- Simbiozes profils (Sinergia): <https://sinergia.lv/esosa-simbioze/agrofirma-tervete/>

7 Atkritumu pārvēršana izaugsmē: Getliņi EKO aprites modelis dārzeņu audzēšanai siltumnīcās

Kopsavilkums:

Getliņi EKO, lielākais sadzīves atkritumu poligons Baltijas reģionā, ir kļuvis par iekšējās industriālās simbiozes flagmani, izmantojot poligonu gāzi (ražojot no tās siltum- un elektroenerģiju) modernu siltumnīcu darbībai. Šis inovatīvais aprites ekonomikas

modelis samazina ar atkritumu apsaimniekošanu saistīto ietekmi uz vidi un atbalsta dārzeņu audzēšanu visu gadu, izmantojot atjaunojamo enerģiju.

Konteksts un izaicinājums:

Kā atkritumu poligons, kas ik gadu apsaimnieko tūkstošiem tonnu sadzīves atkritumu, Getliņi EKO saskārās ar divkāršu izaicinājumu – samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas un radīt vērtību no atkritumu blakusproduktiem. Galvenie izaicinājumi bija:

- Poligonu emisijas: metāna emisiju pārvaldība — metāna emisijas ir spēcīga siltumnīcefekta gāze, kas izdalās atkritumu sadalīšanās laikā.
- Enerģijas atgūšana: Poligonu gāzes pārveidošana par dzīvotspējīgu atjaunojamās enerģijas avotu.
- Pārtikas ilgtspējība: Kā apmierināt Latvijas pieprasījumu pēc vietēji audzētiem, visu gadu pieejamiem produktiem, vienlaikus samazinot enerģijas patēriņu.

Risinājums – Getliņi EKO pieeja:

Poligonu gāzes savākšana un enerģijas ražošana:

- Getliņi EKO savāc metānam bagātu gāzi un izmanto to koģenerācijas iekārtās siltuma un elektroenerģijas ražošanai. Šī enerģija pēc tam tiek novirzīta blakus poligonam esošo moderno siltumnīču darbināšanai.

Energoefektīva siltumnīču lauksaimniecība:

- Siltumnīcās tomātus un gurķus audzē visu gadu, pateicoties kontrolētai videi, ko darbina no atkritumu poligonu gāzes atgūtā enerģija. Tā ir slēgta cikla sistēma, kurā atkritumu apsaimniekošanas process atbalsta pārtikas ražošanu.

Apļveida integrācija:

- Getliņu modelis savieno atkritumu apsaimniekošanu, enerģijas ražošanu un lauksaimniecību vienā sinerģiskā sistēmā, demonstrējot praktiskus aprites ekonomikas principus plašā mērogā.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Ievērojama metāna emisiju samazināšana, izmantojot uztveršanu un atkārtotu izmantošanu. Atjaunojamās enerģijas izmantošana samazina atkarību no fosilā kurināmā.
Enerģijas atgūšana	Nepārtraukta enerģijas ražošana no poligona gāzes nodrošina siltumnīcām pašpietiekamu apkuri un elektrību.
Pārtikas nodrošinājums	Vietēja, ilgtspējīga dārzeņu ražošana samazina atkarību no importa. Ražas novākšana visu gadu atbalsta reģionālo pārtikas piegādi.

Darbības sinerģija	Atkritumu apsaimniekošanas un lauksaimniecības integrācija uzlabo efektivitāti un ilgtspējību.
Sabiedrības uztvere	Getliņi ir atzīti par līderiem aprites ekonomikas praksē, stiprinot savu publisko un institucionālo uzticamību.

Galvenie mācību punkti:

- Atkritumu pārstrāde enerģijā ir dzīvotspējīgs lauksaimniecības izejmateriāls — atjaunojamā enerģija no poligonu gāzes var nodrošināt enerģiju intensīvām lauksaimniecības darbībām.
- Integrētas sistēmas maksimāli palielina vērtību — atkritumu apsaimniekošanas, enerģijas un pārtikas sistēmu apvienošana demonstrē augstu aprites ekonomikas potenciālu.
- Zaļā inovācija stiprina zīmolu — redzamas, ilgtspējīgas prakses ieviešana veicina sabiedrības un politikas atbalstu.
- Aprites ekonomika samazina emisijas un izmaksas — efektīva resursu izmantošana nāk par labu gan videi, gan darbības budžetam.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā citi poligoni var atkārtot Getliņu atkritumu pārvēršanas siltumnīcā modeli?
2. Kādi ir poligonu gāzes kā atjaunojamā enerģijas avota ierobežojumi?
3. Kā vietējā pārtikas ražošana veicina valsts ilgtspējības mērķu sasniegšanu?
4. Vai līdzīgus enerģijas integrācijas modeļus var piemērot pilsētu lauksaimniecībai vai vertikālajai lauksaimniecībai?

Resursi:

- Getliņi EKO mājas lapa: <https://www.getlini.lv/>
- Informācija par siltumnīcu: <https://www.getlini.lv/par-mums/siltumnicas/>

8 Notekūdeņu pārvēršana bagātībā: Toskānas solāriju rajona aplūveida modelis

Kopsavilkums:

Santa Kročē sul Arno (Toskānā) vairāk nekā 250 miecēšanas uzņēmumu sadarbības reģionālā aprites ekonomikas sistēmā, kas pārveido notekūdeņus un miecēšanas atkritumus vērtīgos resursos. Izmantojot kopīgu attīrīšanas infrastruktūru, digitālo uzraudzību un dūņu valorizāciju, rajons demonstrē augstas veiktspējas industriālās simbiozes modeli.

Konteksts un izaicinājums:

Toskānas ādas apstrādes rajons saskārās ar lielu vides spiedienu intensīvas ūdens un ķīmisko vielu izmantošanas dēļ. Tradicionālās atkritumu apsaimniekošanas metodes nebija ilgtspējīgas, un ES noteikumi pieprasīja pāreju uz aprites ekonomiku.

Risinājums — simbiozes pieeja:

Ūdens atkārtota izmantošana:

- Aquarno konsorcijs attīra notekūdeņus un 95% no tiem atkārtoti izmanto miecēšanas procesos.

Dūņu valorizācija:

- Attīrītās dūņas tiek pārveidotas par mēslošanas līdzekļiem un būvmateriāliem.

Digitālā uzraudzība:

- SCADA sistēmas reāllaikā uzrauga plūsmas, vides parametrus un kvalitāti.

Blokķēdes pilotprojekts:

- Ilgtspējīgas ādas digitālā izsekojamība, izmantojot Leather Tech Pole pārvaldītus blokķēdes pilotprojektus.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Ievērojami ūdens ietaupījumi; atkritumu samazināšana un piesārņojuma samazināšana.
Ekonomiskā	Koplietota infrastruktūra samazina MVU darbības izmaksas.
Inovācija	Polo Tecnologico Conciario izstrādāti jauni biomateriāli un digitālās sistēmas.
Reputācija	Atzīšana par Eiropas modeli videi draudzīgu ādas izstrādājumu piegādes ķēdēm.

Galvenie mācību punkti:

- Kolektīvā infrastruktūra samazina individuālo vides slodzi.
- Digitālās sistēmas nodrošina atbilstību prasībām un optimizē resursu izmantošanu.
- Ilgtspējīga āda palielina vērtību pasaules tirgos.
- Politikas stimuli veicina aprites pāreju tradicionālajās nozarēs.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā tradicionālās nozares var pāriet uz aprites ekonomiku, nezaudējot konkurētspēju?
2. Kāda loma industriālajā simbiozē ir konsorcijiem un inovāciju centriem?
3. Kā mērogot blokķēdes izsekojamību dažādās sadrumstalotās nozarēs, piemēram, modē?

Resursi:

- ENEA — Atlante della Simbiosi Industriale: <https://www.enea.it/it>
- Consorzio Aquarno: <https://www.aquarno.it/>



- Polo Tecnologico Conciario: <https://www.polotecnologico.it/>

9 Atkritumu kā resursa pārdomāšana: Manfredonijas simbiozes centrs

Kopsavilkums:

Manfredonijā (Apūlijā) topoša industriālās simbiozes ekosistēma pārveido vietējo ekonomiku, izmantojot ūdens, enerģijas un organisko atlikumu aprites principus. Iniciatīvā ir iesaistīti lauksaimniecības un rūpniecības uzņēmumi, biorafinēšanas rūpnīca un vietējie komunālie pakalpojumi, kas apmainās ar blakusproduktiem un komunālajiem pakalpojumiem, lai optimizētu resursu izmantošanu, samazinātu emisijas un veicinātu inovācijas. Šajā gadījumā izpētē tiek pētīts, kā starpnozaru sadarbība noveda pie aprites klastera izveides, kas atdzīvina tradicionāli trauslu industriālo apgabalu.

Konteksts un izaicinājums:

Manfredonijā atrodas jaukta rūpniecības zona, ko vēsturiski ietekmējusi vides un ekonomiskā nestabilitāte. Galvenās problēmas ir šādas:

- Liels resursu (ūdens, gāzes, elektrības) patēriņš lauksaimniecības un pārtikas rūpniecībā, kā arī ķīmiskajā rūpniecībā.
- Dārga atkritumu apglabāšana un pārstrādes infrastruktūras trūkums.
- Atsvešinātība starp ieinteresētajām personām, ierobežojot zināšanu apmaiņu un sadarbību.
- Nepieciešams saskaņot ar reģionālajiem aprites ekonomikas plāniem un ES zaļo kursu.

Risinājums — simbiozes pieeja:

Atkritumsiltuma un ūdens atgūšana:

- Bijusī ENI naftas ķīmijas rūpnīca tiek pārveidota par biorafinēšanas rūpnīcu un pārtikas pārstrādes rūpnīcu. Rafinēšanas procesā radusies siltuma pārpalikums un atfīrīts ūdens tiek atkārtoti izmantots blakus esošajās lauksaimniecības un pārtikas rūpnīcās, piemēram, makaronu un tomātu pārstrādes rūpnīcās.

Organisko blakusproduktu apmaiņa:

- Tomātu mizas, kviešu sēnālas un cita biomasu no pārtikas ražošanas tiek nosūtīta uz biopārstrādes rūpnīcu, lai ražotu bioetanolu un biogāzi. Šī procesa rezultātā iegūtais digestāts tiek pārstrādāts biomēslojumos vietējām saimniecībām.

Koplietota enerģijas sistēma:

- Saules fotoelektrisko elementu un viedo skaitītāju uzstādīšana savieno dažādus uzņēmumus kopīgā vietējā enerģijas kopienā (LEC). Mākslīgā intelekta nodrošināti

prognozēšanas rīki palīdz uzraudzīt pieprasījuma maksimumus un automatizēt slodzes līdzsvarojumu.

Digitālā koordinācija:

- Simbiozes digitālais informācijas panelis kartē resursus un reāllaikā piedāvā jaunas sinerģijas. Blokķēde tiek izmantota resursu plūsmu izsekojamībai.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	CO ₂ emisijas samazinātas par 25 %; mazāka atkritumu poligonu izmantošana; slēgti barības vielu cikli
Ekonomiskā	18 % enerģijas izmaksu ietaupījums; radušies jauni aprites ekonomikas uzņēmumi
Sociālie	25 jaunu zaļo darbavietu izveide; jauniešu apmācība par informācijas sistēmām un zaļajām prasmēm
Atbilstība normatīvajiem aktiem	Pilnīga atbilstība Itālijas Aprites ekonomikas stratēģijai (2022. g.)
Tehnoloģiskā	Blokķēdes iespējas resursu saskaņošanas un mākslīgā intelekta testēšana aplūguma plūsmās

Galvenie mācību punkti:

- Vietējā sadarbība atklāj slēptu vērtību — uzticības veidošana starp uzņēmumiem ir pirmais solis resursu apmaiņā.
- Digitālās platformas uzlabo redzamību — kartēšanas rīki ļauj reāllaikā identificēt potenciālās simbiotiskās saites.
- Politikas atbalsts ir izšķirošs — reģionālie stimuli un ES līdzekļi veicināja ieguldījumus infrastruktūrā.
- Elastība ir mērogojamības atslēga — modelis tiek pielāgots izmantošanai citās Apūlijas un Kampānijas teritorijās.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā digitālie rīki var paātrināt industriālo simbiozi lauku vai perifēros reģionos?
2. Kādi pārvaldības modeļi vislabāk atbalsta starpnozaru rūpniecības klasterus?
3. Kā atkārtot Manfredonijas modeli reģionos ar zemu rūpniecības blīvumu?

Resursi:

- ENEA — Atlante della Simbiosi Industriale: <https://www.enea.it/it>
- Progetto BIONET – Cluster Tecnologico Nazionale Chimica Verde
- Apūlijas reģions — klavieres per l'Economia Circolare 2022

10 Papīrs bez atkritumiem: apļveida cilpas Lukas papīra rajonā

Kopsavilkums:

Lukas papīrrūpniecības rajons, viens no lielākajiem Eiropā, īstenoja industriālās simbiozes stratēģiju starp celulozes rūpnīcām, pārstrādes rūpnīcām un enerģētikas uzņēmumiem. Apmainoties ar siltumu, atkritumiem un otrreizējām izejvielām, rajons ir kļuvis par aprites ekonomikas etalonu papīra rūpniecībā.

Konteksts un izaicinājums:

Papīra ražošana rada lielus dūņu apjomus un enerģijas pieprasījumu. Lukā tradicionālās atkritumu apsaimniekošanas un enerģijas izmaksas pamudināja uzņēmumus izstrādāt kopīgas sistēmas aprites ekonomikai.

Risinājums — simbiozes pieeja:

Dūņu atgūšana:

- Vairāk nekā 90% papīra dūņu tiek pārstrādātas cietā reģenerētā kurināmajā (CSS) vai kompostā.

Enerģijas koplietošana:

- Atkritumu sadedzināšanas rezultātā saražotā siltumenerģija un enerģija tiek sadalīta starp papīrfabrikām.

Digitālā koordinācija:

- Lucense izstrādāja resursu kartēšanas sistēmu un digitālās uzraudzības platformu.

Apļveida apmācība:

- Cartesio Network apmāca darbiniekus un uzņēmējus simbiozes stratēģijās.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Ievērojami samazināts atkritumu poligonu skaits un samazināta oglekļa pēdas nospieduma daļa.
Ekonomiskā	Samazinātas enerģijas izmaksas un blakusproduktu vērtības pieaugums.
Sociālie	Darbaspēka kvalifikācijas celšana un jaunas darbavietas vides pakalpojumu jomā.
Replicējamība	Modelis tika piemērots citiem papīra rajoniem Itālijā un Eiropā.

Galvenie mācību punkti:

Finansē Eiropas Savienība. Tomēr paustais viedoklis un uzskati ir tikai autora(-u) viedokļi un viedokļi, un tie ne vienmēr atspoguļo Eiropas Savienības vai Eiropas Izglītības un kultūras izpildāģentūras (EACEA) viedokļus. Ne Eiropas Savienība, ne EACEA neuzņemas par tiem atbildību.



- Sadarbība visas nozares mērogā maksimāli palielina materiālo efektivitāti.
- Digitālā uzraudzība stiprina rūpniecības noturību.
- Zināšanu apmaiņas tīkli pastiprina inovācijas.
- Apritīgums piesaista jaunas investīcijas un uzlabo reputāciju.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā tradicionālā ražošana var gūt labumu no industriālās simbiozes?
2. Kādi ir šķēršļi enerģijas koplietošanai starp uzņēmumiem?
3. Kā integrēt aprites ekonomikas praksi vērtību ķēdes pārvaldībā?

Resursi:

- Rete Cartesio: <https://www.retecartesio.it/>
- Lucense: <https://www.lucense.it/>
- Toskānas reģions — Economia Circolare: <https://www.regione.toscana.it/>

11 Sakņojušies dabā: Kā Sylveco veicina aprites ekonomiku Polijas ādas kopšanā

Kopsavilkums:

Polijas dabīgās kosmētikas zīmols Sylveco ir integrējis aprites ekonomikas principus savā biznesa modelī – sākot no iepirkumiem līdz iepakojšanai un patērētāju izglītošanai. Šajā piemērā tiek pēfīts, kā Sylveco samazināja atkritumus, veicināja vietējo ekonomiku un veidoja klientu uzticību, piedāvājot spēcīgu piemēru tam, kā aprite var būt galvenā izaugsmes stratēģija konkurētspējīgā tirgū.

Konteksts un izaicinājums:

Dibināts 2006. gadā, Sylveco ienāca tirgū, kurā arvien vairāk rūpējās par vides jautājumiem, sastāvdaļu pārredzamību un ētisku iepirkumu. Izaicinājums? Konkurēt ar globālajiem kosmētikas gigantiem, vienlaikus saglabājot uzticību ekoloģiskajām vērtībām, neapdraudot kvalitāti, pieejamību vai izaugsmi. Tolaik daudzi "dabiskie" zīmoli nodarbojās ar zaļmaldināšanu. Sylveco saskatīja iespēju: būt patiesi ilgtspējīgiem. Ne tikai produktā, bet arī procesā.

Viņi saskārās ar galvenajiem jautājumiem:

- Kā ilgtspējīgi iegūt sastāvdaļas Polijā?
- Kā samazināt plastmasas patēriņu, vienlaikus saglabājot uzglabāšanas stabilitāti un drošību?
- Kā paplašināties, neklūstot par ieguves uzņēmumu?

Risinājums – Sylveco pieeja:

Finansē Eiropas Savienība. Tomēr paustais viedoklis un uzskati ir tikai autora(-u) viedokļi un viedokļi, un tie ne vienmēr atspoguļo Eiropas Savienības vai Eiropas Izglītības un kultūras izpildāģentūras (EACEA) viedokļus. Ne Eiropas Savienība, ne EACEA neuzņemas par tiem atbildību.



Sylveco izvēlējās aprites ekonomikas pieeju, koncentrējoties uz lokalitāti, ilgmūžību un aprites cikla noslēgšanu:

Ieguves avots:

- Tādas sastāvdaļas kā bērza miza, klijģerītes un kumelītes tiek audzētas vietēji, tādējādi samazinot transporta radītos izmešus.
- Partnerattiecības ar Polijas lauksaimniekiem radīja izsekojamas, mazietekmīgas piegādes ķēdes.

Ražošana:

- Ūdens taupīšanas ražošana un ražošanas līnijas ar zemu atkritumu līmeni.
- Kad vien iespējams, izmantojiet bioloģiski noārdāmus vai atkārtoti izmantojamus materiālus.

Iepakojums:

- Koncentrējoties uz pārstrādājamiem materiāliem un vienkāršotu marķēšanu, lai veicinātu pareizu šķirošanu.
- Pāreja uz stikla un bioloģiski noārdāmām tūbiņām augstākās kvalitātes līnijās.
- Sadarbība ar bezatkritumu veikaliem atkārtotai lietošanai un iepakojumu atgriešanai.

Patērētāju iesaiste:

- Caurspīdīga marķēšana un izglītošana par sastāvdaļām.
- Kopienas darbnīcas par pašu spēkiem veidotu dabisko ādas kopšanu un ilgtspējīgu dzīvesveidu.
- Lojalitātes programmas, kas atalgo videi draudzīgas darbības.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	Ievērojami samazināts iepakojuma atkritumu daudzums uz vienu produkta vienību. Mazāka oglekļa pēda, pateicoties vietējai iepirkumu sistēmai un īsām piegādes ķēdēm.
Tirgus panākumi	Paplašināts vairākos apakšzīmolos (piemēram, Biolaven, Vianek, Aloesove), saglabājot pamatvērtības. Lojāla, videi draudzīga klientu bāze. Klātbūtne vairāk nekā 1000 mazumtirdzniecības vietās Polijā un visā Eiropā.
Sociālie	Darbavietu radīšana lauku apvidos, veidojot partnerības ar mazajiem lauksaimniekiem. Aktīva loma vides apziņas veicināšanā Polijā.

Galvenie mācību punkti:

Finansē Eiropas Savienība. Tomēr paustais viedoklis un uzskati ir tikai autora(-u) viedokļi un viedokļi, un tie ne vienmēr atspoguļo Eiropas Savienības vai Eiropas Izglītības un kultūras izpildāģentūras (EACEA) viedokļus. Ne Eiropas Savienība, ne EACEA neuzņemas par tiem atbildību.

- Aprites ekonomika nav paredzēta tikai atkritumu apsaimniekošanai – tā var būt izaugsmes dzinējspēks.
- Vietējā resursu izmantošana rada gan vides, gan sociālo vērtību.
- Caurspīdīgums veido dziļu zīmola lojalitāti.
- Ekodizainam jābūt lietotājdraudzīgam un mērogojamam.
- Mazie uzņēmumi var vadīt lielas pārmaiņas.

Diskusiju jautājumi:

1. Kādi bija kompromisi, ar kuriem Sylveco saskārās starp ilgtspējību un mērogojamību?
2. Kā iepakojuma inovācijas var vēl vairāk atbalsēt aprites ekonomiku kosmētikas jomā?
3. Kādi citi klientu stimuli varētu veicināt aprites ekonomikas uzvedību?
4. Kā Sylveco modelis varētu attīstīties, ieviešoties stingrākiem ES noteikumiem vai paplašinājos globālā mērogā?

Resursi:

- Sylveco oficiālā vietne - <https://sylveco.pl/o-firmie/>
- Intervija ar Sylveco mārketinga direktoru – <https://wirtualnekosmetyki.pl/-wywiady/sylveco:-wymagania-i-oczekiwania-konsumentow-kreuja-trendy.-na-ktore-rynek-reaguje---teraz-najwazniejsze-sa-kwestie-ekologii>
- Intervijas ar Sylveco – <https://www.trustedcosmetics.pl/kosmetyki-naturalne-do-pielegnacji-skory-problematycznej-rozmowa-z-firma-sylveco/>

12 Atkritumu pārvēršana resursos — Derewenda aprites ekonomikas pieeja

Kopsavilkums:

Polijas uzņēmums Derewenda, kas specializējas elektrisko un elektronisko atkritumu pārstrādē, savā biznesa modelī ir integrējis aprites ekonomikas principus. Izmantojot progresīvas pārstrādes tehnoloģijas, uzņēmums maksimāli palielina resursu atgūšanu, samazina ietekmi uz vidi un veicina ilgtspējīgu attīstību. Šajā gadījuma izpētē tiek pētītas Derewenda stratēģijas, izaicinājumi, risinājumi un to ietekme uz vidi un sabiedrību.

Konteksts un izaicinājums:

Sākotnēji Derewenda koncentrējās uz profesionāliem atkritumu apsaimniekošanas pakalpojumiem. Līdz 2003. gadam uzņēmums paplašināja savu piedāvājumu, iekļaujot visaptverošus atkritumu apsaimniekošanas risinājumus, jo īpaši elektrisko un elektronisko iekārtu pārstrādē un utilizēšanā. Līdz ar straujo tehnoloģiju attīstību un elektronisko ierīču patēriņa pieaugumu Polija saskārās ar arvien lielākām problēmām elektronisko atkritumu apsaimniekošanā. Nepareiza elektronisko atkritumu

apsaimniekošana radīja ievērojamus vides riskus, tostarp augsnes un ūdens piesārņojumu un vērtīgu materiālu zudumu.

Derevenda atzina nepieciešamību pēc efektīvas sistēmas, lai atbildīgi pārvaldītu elektroniskos atkritumus, kuras mērķis ir:

- Ieviest tehnoloģijas, lai maksimāli palielinātu materiālu atgūšanu no elektroniskajiem atkritumiem.
- Saskaņot darbības ar valsts un ES vides aizsardzības noteikumiem.
- Izglītot uzņēmumus un privātpersonas par pareizas elektronisko atkritumu apsaimniekošanas nozīmi.

Risinājums – Derevendas pieeja:

Uzlabotas pārstrādes tehnoloģijas:

- Uzņēmums ieguldīja modernās pārstrādes iekārtās, kas aprīkotas ar modernām tehnoloģijām, lai efektīvi apstrādātu dažāda veida elektroniskos atkritumus. Šīs iekārtas ļauj atdalīt un atgūt vērtīgus materiālus, piemēram, metālus, plastmasu un stiklu, kurus var atkārtoti iekļaut ražošanas ciklā, samazinot nepieciešamību pēc neapstrādātiem resursiem.

Visaptveroši atkritumu apsaimniekošanas pakalpojumi:

- Derewenda piedāvā pilnu pakalpojumu spektru, tostarp elektronisko atkritumu savākšanu, transportēšanu, apstrādi un apsaimniekošanu. Šī holistiskā pieeja nodrošina, ka atkritumi tiek apsaimniekoti atbildīgi katrā posmā, samazinot ietekmi uz vidi.

Sadarbība ar producentiem un kolekcionāriem:

- Uzņēmums sadarbojas ar iekārtu ražotājiem un atkritumu savācējiem, lai veicinātu pareizu elektronisko atkritumu apstrādi. Strādājot kopā, tie nodrošina atbilstību juridiskajām saistībām saistībā ar atkritumu savākšanu un pārstrādi, vienkāršojot procesu visām ieinteresētajām personām.

Atbilstība normatīvajiem aktiem un pārskatu sniegšana

- Derewenda palīdz klientiem izpildīt viņu ziņošanas pienākumus saskaņā ar vides tiesību aktiem. Tas ietver detalizētu pārskatu sagatavošanu par tirgū laisto iekārtu daudzumu, savāktajiem elektroniskajiem atkritumiem un sasniegtajiem pārstrādes un reģenerācijas rādītājiem, nodrošinot pārredzamību un atbildību.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Ietekme uz vidi	Efektīvi pārstrādes procesi ir ļāvuši ievērojami atgūt materiālus, samazinot pieprasījumu pēc neapstrādātiem resursiem. Pareiza elektronisko atkritumu apsaimniekošana ir samazinājusi bīstamo vielu nonākšanu vidē, tādējādi aizsargājot augsnes un ūdens kvalitāti.

Operacionālie panākumi	Derewenda ir dažādojusi savus pakalpojumus, lai apkalpotu plašu klientu loku, tostarp uzņēmumus un individuālos patērētājus. Palīdzot klientiem ar normatīvo pārskatu sniegšanu, uzņēmums ir nostiprinājis savu reputāciju kā uzticams partneris vides nozarē.
-------------------------------	---

Galvenie mācību punkti:

- Izglītojoša rakstura iniciatīvas ir vairojušas sabiedrības izpratni par pareizas elektronisko atkritumu apsaimniekošanas un pārstrādes nozīmi.
- Uzņēmuma izaugsme ir veicinājusi nodarbinātības iespējas atkritumu apsaimniekošanas un pārstrādes nozarē.
- Progresīvas apstrādes tehnoloģijas ir ļoti svarīgas, lai maksimāli palielinātu materiālu atgūšanu un samazinātu atkritumu daudzumu.
- Pilnvērtīgu risinājumu piedāvāšana veicina pareizu elektronisko atkritumu apstrādi katrā posmā.
- Sadarbība ar ražotājiem un savācējiem vienkāršo procesus un nodrošina noteikumu ievērošanu.
- Palīdzība klientiem atbilstības nodrošināšanā veicina spēcīgas attiecības un uzlabo uzņēmuma reputāciju.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā Derewenda var vēl vairāk uzlabot savas pārstrādes tehnoloģijas, lai palielinātu materiālu atgūšanas rādītājus?
2. Kādas stratēģijas var ieviest, lai mudinātu vairāk uzņēmumu un privātpersonu izmantot Derewenda elektronisko atkritumu apsaimniekošanas pakalpojumus?
3. Kā uzņēmums var paplašināt savas izglītojošās iniciatīvas, lai veicinātu sabiedrības informētību par elektronisko atkritumu problēmām?
4. Kādus papildu pakalpojumus Derewenda varētu piedāvāt, lai stiprinātu savu pozīciju aprites ekonomikā?

Resursi:

- Derewenda vietne <https://derewenda.pl/>

13 Noslēdzot apli: Kā Dobis ir aprites ekonomikas pionieris papīra iepakojuma jomā

Kopsavilkums:

Dobis ir Polijas ražotājs, kas specializējas papīra maisiņu un pārtikas iepakojuma ražošanā, savā darbībā ir integrējis aprites ekonomikas principus. Pateicoties stratēģiskai sadarbībai un apņemšanās nodrošināt ilgtspējību, Dobis ir samazinājis materiālu patēriņu, iekļāvis pārstrādātas šķiedras un uzlabojis ražošanas efektivitāti.

Šajā gadījumā izpētē tiek aplūkots Dobis pieeja aprites ekonomikai, saskaramie izaicinājumi, ieviestie risinājumi un iegūtā ietekme.

Konteksts un izaicinājums:

Uzņēmums Dobis tika dibināts ar mērķi kļūt par Eiropas vadošo papīra pārtikas iepakojuma ražotāju, un tas darbojas nozarē, kurā arvien vairāk tiek pārbaudīta tā ietekme uz vidi. Pieaugošais pieprasījums pēc ilgtspējīgiem iepakojuma risinājumiem radīja gan iespēju, gan izaicinājumu:

- Materiālu efektivitāte: iepakojuma svara samazināšana, neapdraudot izturību un kvalitāti.
- Ilgtspējīga resursu ieguve: pārstrādātu materiālu iekļaušana, vienlaikus nodrošinot produkta drošību un veiktspēju.
- Ražošanas optimizācija: ražošanas procesu uzlabošana, lai samazinātu atkritumus un resursu patēriņu.

Lai risinātu šīs problēmas, bija nepieciešams rast inovatīvus risinājumus, kas atbilstu aprites ekonomikas principiem.

Risinājums – Dobisa pieeja:

Sadarbības inovācijas:

- Sadarbojoties ar Mondi, pasaules līderi ilgtspējīga iepakojuma jomā, Dobis optimizēja papīra kategorijas, lai samazinātu gramatūras svaru, vienlaikus saglabājot izturību un drukas kvalitāti. Tas noveda pie vieglāku papīra iepirkumu maiņu izstrādes, kas satur pārstrādātas šķiedras.

Pārstrādātu materiālu iekļaušana (izmantojot Mondi Eco/Vantage klāstu):

- Eco/Vantage Light Fashion: 100% pārstrādātas šķiedras, ideāli piemērotas modes un dāvanu maiņām.
- Eco/Vantage Kraft Pro: 20 % pārstrādāta materiāla ar pārtikas drošības sertifikātu, piemērots ātrās ēdināšanas un pārtikas preču veikalu vajadzībām.
- Eco/Vantage Kraft Classic: 50 % pārstrādāta materiāla, kas līdzsvaro izturību un drukājamību pārtikas un modes iepakojumam.

Procesa optimizācija (izmantojot vieglāku papīru un uz ūdens bāzes veidotas tintes):

- Samazināts materiālu patēriņš: Mazāks papīra svars samazināja izejvielu patēriņu.
- Uzlabota drukas kvalitāte: Skaidrāki rezultāti ar mazāku tintes daudzumu.
- Minimizēts līmes patēriņš: Optimizēta papīra kvalitāte samazināja līmes patēriņu maiņu montāžas laikā.

Rezultāti un ietekme:

Aspekts	Ietekme
Vides	levērojams papīra un tintes patēriņa samazinājums veicināja dabas resursu saglabāšanu.

	Iekļaujot pārstrādātas šķiedras un optimizējot ražošanas procesus, tiek samazināta atkritumu rašanās. Efektīva ražošana un samazināta materiālu transportēšana samazināja siltumnīcefekta gāzu emisijas.
Tirgus panākumi	Dažādu videi draudzīgu iepakojuma risinājumu iekļaušana, kas atbilst modes, ātrās ēdināšanas un mazumtirdzniecības sektora mainīgajām prasībām. Pozicionēts kā līderis ilgtspējīga iepakojuma jomā, stiprinot attiecības ar videi apzinīgiem klientiem.
Darbības efektivitāte	Samazināts materiālu un tintes patēriņš noveda pie zemākām ražošanas izmaksām. Optimizēti procesi nodrošināja augstāku, bet videi draudzīgāku ražošanas efektivitāti.

Galvenie mācību punkti:

- Stratēģiskās partnerības pastiprina ietekmi — sadarbība ar nozares līderiem var veicināt inovācijas un paātrināt ilgtspējīgas prakses ieviešanu.
- Pārstrādātu materiālu integrēšana ir iespējama un izdevīga – pārstrādāta satura iekļaušana, neapdraudot produkta kvalitāti, ir sasniedzama un uzlabo vides ilgtspējību.
- Procesu optimizācija sniedz vairākus ieguvumus — ražošanas procesu uzlabošana var sniegt ieguvumus videi, ietaupīt izmaksas un uzlabot produktu veiktspēju.
- Aprītes ekonomikas prakse veicina konkurētspēju — ilgtspējīgas inovācijas var atšķirt uzņēmumu tirgū un piesaistīt videi apzinīgus klientus.

Diskusiju jautājumi:

1. Kā iepakojuma nozares uzņēmumi var vēl vairāk samazināt savu ietekmi uz vidi, ne tikai izvēloties materiālus?
2. Kāda loma ir patērētāju vēlmēm, mudinot uzņēmumus izvēlēties ilgtspējīgus iepakojuma risinājumus?
3. Kā mazie un vidējie uzņēmumi (MVU) var izmantot partnerības, lai efektīvi ieviestu aprītes ekonomikas praksi?
4. Kādas problēmas varētu rasties, integrējot pārstrādātus materiālus esošajās ražošanas līnijās, un kā tās var risināt?

Resursi:

- Dobis vietne: <https://dobis.com.pl/en/>
- Raksts par Dobis un Mondī sadarbību: https://www.pressreleasefinder.com/Mondi_/MNDPR314/pl/

NOSLĒGUMA SECINĀJUMI

1 Secinājumu apkopojums

1.1 Industriālās simbiozes (IS) un digitālās IS (DIS) izpratne un izpratne

- **Pētījumi no dokumentiem** liecina, ka IS ir labi teorētiski pamatots jēdziens ar praktiskiem ieguvumiem dažādās nozarēs, īpaši, ja tas tiek integrēts ar digitālajiem rīkiem, piemēram, mākslīgo intelektu, lietu internetu (IoT) un blokķēdi.
- **Aptaujas rezultāti** liecina par ierobežotu informētību: 43 % respondentu nebija pazīstami ar IS, un tikai 21 % to bija ļoti labi iepazīlušies. DIS gadījumā tikai 20 % bija redzējuši atbilstošus piemērus.
- **Intervētie** apstiprināja nevienmērīgu izpratni, īpaši mazajiem un vidējiem uzņēmumiem (MVU) trūkstot zināšanām. Tomēr daudzi neapzināti iesaistās simbiotiskās praksēs, tās nenosaucot.

1.2 Ieguvumi un iespējas

- **Kvantitatīvie dati** norāda uz spēcīgiem uztveramiem ieguvumiem: izmaksu ietaupījumiem, resursu efektivitātei, konkurences priekšrocībām un uzlabotai atbilstībai vides prasībām.
- **Interviju dati** to apstiprina: dalībnieki novērtē DIS stratēģiskās transformācijas, inovāciju un scenāriju simulācijas jomā, izmantojot digitālos dvīņus un atkārtotas izmantošanas plānošanas rīkus.
- **Teorētiskā izpēte** sniedz pierādījumus no ES projektiem (piemēram, Kalundborg, Donar, AquafilSLO), kas parāda IS sniegtos ekonomiskos, vides un sistēmiskos ieguvumus.

1.3 Šķēršļi un izaicinājumi

- **Visos datu avotos** rodas pastāvīgi šķēršļi:
 - Regulējuma vai stimulu trūkums atkārtotai izmantošanai
 - Izmaksu un resursu ierobežojumi (īpaši MVU)
 - Sadrumstalotas platformas un slikta sadarbība
 - Zema datu kvalitāte un uzticamība
 - Ierobežota digitālā un juridiskā prātība utt.
- Tie atspoguļo gan **tehniskas**, gan **institucionālas** nepilnības, kas bieži vien kavē pāreju no izmēģinājuma iniciatīvām uz sistēmisku īstenošanu. Vairāk par bloķējošajiem punktiem var atrast 3

1.4 Digitālās platformas un rīki

- **Teorētiskā izpēte** uzsver saderības rīku, blokķēdes un reāllaika informācijas paneļu lomu informācijas sistēmu mērogošanā.
- **Intervijas dalībnieki** uzsvēra lietojamības problēmas, integrācijas problēmas un nepieciešamību pēc konkrētai nozarei paredzētām platformām.

- **Aptaujas dati** to apstiprina: interese par digitālajiem rīkiem pastāv (45%), taču to ieviešana ir zema prasmju trūkuma (69%) un izmaksu (53%) dēļ.

1.5 Spēju veidošanas un apmācības vajadzības

- Visi dati norāda uz steidzamām apmācību vajadzībām:
 - o IS/CE pamati
 - o Rīku lietošana un integrācija
 - o Atbilstība vides un tiesību aktiem
 - o Lietošanas gadījumos balstīta mācīšanās
- Aptauja: 57% aptaujāto interesē IS/CE pamati un izmaksu ietaupīšanas priekšrocības; respondenti vēlas vizuālus, pakāpeniskus resursus un lokalizētu atbalstu.

1.6 Politikas un ekosistēmu atbalsts

- Daļībnieki vēlas **stingrākus politikas regulējumus**, stimulus un publiskās investīcijas platformās.
- Pastāv aicinājums pēc **sadarbspējīgām, sabiedrības interešu platformām**, kurās daļībnieku (valdības, MVU, akadēmisko aprindu, starpnieku) sadarbība noritētu visā ekosistēmā.

2 Secinājumi un ietekme uz praksi

2.1 Secinājumi

1. **Digitālā industriālā simbioze (DIS) veidojas, bet ir sadrumstalota.** Izpratne un iesaistīšanās atšķiras atkarībā no nozares, valsts un organizācijas lieluma. Daudzi MVU piedalās neformāli, tiem trūkst terminoloģijas, rīku un stratēģiskā virziena.
2. **DIS nav tikai tehnisks risinājums, bet gan stratēģiska iespēja.** Tā atbalsta izmaksu efektivitāti, aprites ekonomikas inovācijas un organizatoriskas pārmaiņas — ja tā ir iekļauta ilgtermiņa plānošanā un to atbalsta viedi digitālie rīki.
3. **Ieviešanu kavē sistēmiski, tehniski un kultūras šķēršļi.** Sadarbspējas trūkums, ierobežotas prasmes, nepietiekami stimuli un sarežģīti noteikumi kavē mērogošanu. Digitālā plaisa ir kritisks MVU līdztiesības jautājums.
4. **Digitālajām platformām ir jāattīstās no pilotrīkiem līdz publiskai infrastruktūrai.** Panākumi ir atkarīgi no kopīgiem datu standartiem, uzticēšanās mehānismiem un pārvaldības modeļiem, kas atbalsta pārredzamību, izsekojamību un sadarbību.
5. **Apmācība un norādījumi ir būtiski.** Praktisks, pieejams un kontekstam pielāgots atbalsts (īpaši MVU) ir galvenais, lai pārietu no informētības uz rīcību.

2.2 Ietekme uz praksi

2.2.1 MVU un uzņēmumiem

- **Iekļaujiet DIS stratēģiskajā plānošanā**, ne tikai atbilstības nodrošināšanā.

- Sāciet ar mazumiņu: kartējiet iekšējās resursu plūsmas, iesaistieties vietējās atkārtotas izmantošanas iniciatīvās un veidojiet digitālo izpratni.
- Sadarboties ar publiskajiem un akadēmiskajiem partneriem, lai samazinātu mācību izmaksas.

2.2.2 Platformu izstrādātājiem

- Prioritāti piešķiriet **lietojamībai**, **integrācijai** un **sadarbspējai**.
- Piedāvāji ievada atbalstu, apmācību moduļus un gadījumu bibliotēkas, kas pielāgotas MVU darbplūsmām.
- Integrējiet mākslīgā intelekta, izsekošanas un plānošanas funkcijas, lai atbalstītu lēmumu pieņemšanu reāllaikā.

2.2.3 Politikas veidotājiem un valsts iestādēm

- Izveidot **regulējošus stimulus** atkārtotai izmantošanai (piemēram, pilnvarojumi publiskajos iepirkumos, nodokļu atvieglojumi simbiotiskām apmaiņām).
- Investēt **sabiedrības interešu platformās** un koplietojamā DIS infrastruktūrā.
- Veicināt **izpratnes veicināšanas un spēju veidošanas** kampaņas, izmantojot tirdzniecības palātas, reģionālās attīstības aģentūras un profesionālās izglītības iestādes.

2.2.4 Apmācību sniedzējiem un atbalsta iestādēm

- Izstrādāt **modulāras apmācību programmas** par informācijas sistēmām/vidi, digitālajiem rīkiem, tiesisko regulējumu un izmaksu un ieguvumu analīzi.
- Izmantojiet reālās pasaules piemērus un vietējos veiksmes stāstus, lai veidotu atbilstību.
- Orientēties gan uz **tehnisko personālu**, gan **lēmumu pieņēmējiem** MVU un valsts iestādēs.

3 Bloķējošie punkti un rīcības plāns digitālās industriālās simbiozes (DIS) ieviešanai

3.1 Bloķēšanas punkti

Kā daļa no pētījuma noslēguma secinājumiem, šajā sadaļā ir ieskicēti galvenie bloķējošie punkti, kas kavē industriālās simbiozes (IS) un digitālās industriālās simbiozes (DIS) plašu ieviešanu dažādās organizācijās, īpaši mazos un vidējos uzņēmumos (MVU). Pamatojoties uz kvalitatīvo interviju datiem un kvantitatīvās aptaujas atbildēm, kas apkopotas no piecām Eiropas valstīm, tika identificēti kopumā 24 unikāli bloķējošie punkti. Katram no šiem šķēršļiem ir izstrādāts atbilstošs rīcības plāns, kā arī norādīta(-s) atbildīgā(-s) persona(-s) par ierosināto pasākumu īstenošanu.

Bloķēšanas punktus var iedalīt sešās grupās:

Regulējošie un politikas šķēršļi

- **Juridisku mandātu trūkums atkārtotai izmantošanai vai simbiozei** — neesoša izpilde nozīmē, ka tikai retais brīvprātīgi rīkojas. (Kvalitatīvs rādītājs)
- **Sarežģītas un neskaidras regulējošās procedūras** – grūti orientēties atbilstības nodrošināšanā. (Kvantitatīvi)
- **Augstas atbilstības izmaksas** – juridiskie procesi ir finansiāli apgrūtinājoši. (Kvantitatīvi)
- **Nodokļu stimulu trūkums/nelabvēlīga nodokļu sistēma** — atkārtoti izmantotie materiāli tiek aplikti ar nodokļiem kā jauni, kas attur no atkārtotas izmantošanas. (Kvalitatīvs rādītājs)
- **Zema izpratne par juridiskajām prasībām** — tikai 29 % aptaujas respondentu saprata attiecīgās politikas. (Kvantitatīva vērtība)

Ekonomiskie un finansiālie šķēršļi

- **Augstas digitālo rīku/platformu sākotnējās izmaksas**, īpaši MVU. (Abiem)
- **Nenoteikta ieguldījumu atdeve (ROI)** – grūti pamatot ieguldījumus bez skaidriem rezultātiem. (Kvalitatīvs)
- **Ierobežots publiskais finansējums vai subsīdijas** – Maz atbalsta mehānismu riska kompensēšanai. (Kvalitatīvs rādītājs)
- **Atkārtoti izmantotie materiāli bieži vien ir mazāk konkurētspējīgi nekā jauni** – novērtēšanas un pieejamības problēmu dēļ. (Kvalitatīvs rādītājs)

Izpratnes un zināšanu trūkumi

- **Zema izpratne par IS/DIS koncepcijām** — 43 % aptaujas respondentu nebija nekādu zināšanu par IS. (Abi)
- **Nezināšana ar digitālajiem IS rīkiem vai lietošanas gadījumiem** — tikai 20 % zināja piemērus no to konteksta. (Kvantitatīvi)
- **Skaidru, vienkāršotu vadlīniju trūkums** — par IS/DIS ieviešanu. (Kvantitatīvas)
- **Apjukums konceptuālas neskaidrības dēļ** – MVU bieži vien neatzīst savus atkārtotas izmantošanas centienus kā IS/DIS. (Kvalitatīvs rādītājs)

Digitālās un tehniskās barjeras

- **Digitālo prasmju vai IT personāla trūkums** — 69 % aptaujas respondentu trūka tehnisko zināšanu. (Kvantitatīvs rādītājs)
- **Esošo rīku zema lietojamība** — bieži vien pārāk sarežģīti vai nav pielāgoti MVU. (kvalitatīvs rādītājs)
- **Slikta sadarbība** – rīki un platformas neintegrejas ar plānošanu (piemēram, BIM), iepirkumiem utt. (kvalitatīvs rādītājs)
- **Bažas par datu privātumu un kiberdrošību** — norādīja 47 % respondentu. (Kvantitatīvas).
- **Rīku/platformu sadrumstalotība** — pārāk daudz savstarpēji nesaistītu risinājumu, kas rada apjukumu. (kvalitatīvs rādītājs)
- **Zema vai neuzticama materiālu datu kvalitāte** – novecojuši, neklasificēti vai trūkstoši dati. (Kvalitatīvi)

Organizatoriskie un darbības šķēršļi

- **Laika un personāla trūkums** — visbiežāk minētā aptaujas barjera (61 %). (kvantitatīvs rādītājs).

- **Manuāli, sadrumstaloti atkārtotas izmantošanas procesi** – liels koordinācijas slogs starp dalībniekiem. (kvalitatīvs rādītājs)
- **Nesaderība ar esošajām darbplūsmām** — rīki, kas neatbilst iepirkumu vai plānošanas cikliem, tiek atmetti. (Kvalitatīvs rādītājs)
- **Īstermiņa domāšana organizācijās** – stratēģiskas apņemšanās trūkums ilgtermiņa aprites ekonomikas modeļiem. (Kvalitatīvs rādītājs)

Sadarbība un ekosistēmas šķēršļi

- **Zināšanu trūkums par potenciālajiem partneriem** — 39 % aptaujas respondentu norādīja to kā šķērslī. (Kvantitatīvi)

3.2 Rīcības plāns

Nē.	Bloķēšanas punkts	Ieteicamā darbība	Atbildīgā persona
1	Juridisku mandātu trūkums atkārtotai izmantošanai vai simbiozei	Iestāties par politikas reformu, ieviešot atkārtotas izmantošanas kvotas un obligātu ziņošanu.	Politikas veidotāji / Vides ministrijas
2	Sarežģītas un neskaidras regulatīvās procedūras	Izstrādāt vienkāršotas, nozarei specifiskas normatīvās vadlīnijas un blokslēmas.	Regulējošās aģentūras/Nozaru ministrijas
3	Augstas atbilstības izmaksas	Ieviest finansiālas subsīdijas vai maksas atbrīvojumus MVU, kas ievieš IS.	Valdības finanšu departamenti / MVU atbalsta fondi
4	Nodokļu atvieglojumu trūkums/nelabvēlīga nodokļu sistēma	Lobēt nodokļu reformas, kas samazina PVN atkārtoti pārstrādātiem materiāliem.	Nodokļu iestādes/Aprites ekonomikas politikas nodaļas
5	Zema izpratne par juridiskajām prasībām	Izveidot izpratnes veicināšanas kampaņas un juridiskās prasības apmācības, kas paredzētas MVU.	Tirdzniecības palātas/Juridiskās izglītības iestādes
6	Augstas digitālo rīku/platformu sākotnējās izmaksas	Piedāvāt grantu shēmas vai publisku līdzfinansējumu rīku ieviešanai.	ES/valstu grantu aģentūras/inovāciju ministrijas
7	Nenoteikta ieguldījumu atdeve (ROI)	Izstrādāt un kopīgot ieguldījumu atdeves gadījumu izpēti un simulācijas rīkus.	Tirdzniecības palātas/rūpniecības asociācijas
8	Ierobežots publiskais finansējums vai subsīdijas	Palielināt mērķtiecīgu publiskā finansējuma plūsmu pieejamību IS projektiem.	Reģionālās attīstības aģentūras / ES struktūrfondi
9	Atkārtoti izmantotie materiāli bieži vien ir mazāk konkurētspējīgi nekā jauni	Izveidot sertifikācijas un kvalitātes nodrošināšanas standartus atkārtoti izmantotiem materiāliem.	Standartizācijas iestādes/sertifikācijas iestādes
10	Zema izpratne par IS/DIS koncepcijām	Uzsākt reģionālas un nozaru izpratnes veicināšanas kampaņas.	Uzņēmējdarbības atbalsta organizācijas / Ilgtspējības NVO

11	Nezināšana par digitālās informācijas sistēmas rīkiem vai lietošanas gadījumiem	Izstrādāt un izplatīt praktiskus rīku komplektus un video pamācības.	Tehnoloģiju nodrošinātāji/aprites ekonomikas platformas
12	Skaidru, vienkāršotu vadlīniju trūkums	Izveidojiet viegli izpildāmas ieviešanas rokasgrāmatas, kas pielāgotas MVU.	MVU atbalsta organizācijas / Arites ekonomikas centri
13	Apjukums konceptuālas neskaidrības dēļ	Visos materiālos izmantojiet konsekventu terminoloģiju un reālās dzīves piemērus. Nodrošināt pamata digitālo prasmju apmācību un digitālās prasības treniņnometnes.	Izglītības pakalpojumu sniedzēji/projektu izplatīšanas komandas
14	Digitālo prasmju vai IT personāla trūkums	Iesaistīt MVU lietotājdraudzīgu IS platformu kopīgā izstrādē. Nosakiet platformas integrācijas standartus un veiciniet API izstrādi. Nodrošināt GDPR atbilstošas sistēmas un datu aizsardzības rīku komplektus. Atbalstīt valsts vai ES mēroga federālas atkārtotas izmantošanas platformu iniciatīvas.	Profesionālās apmācības iestādes / digitālo prasmju nodrošinātāji
15	Esošo rīku zema lietojamība	Leviest standarta veidnes materiālu reģistrēšanai un pārbaudei. Veicināt laika ziņā efektīvas IS darbplūsmas un kopīgi izstrādāt koplietotus pakalpojumus. Digitalizējiet un automatizējiet atkārtotas izmantošanas darbplūsmas, izmantojot mobilajām ierīcēm draudzīgas lietotnes.	Tehnoloģiju izstrādātāji / lietotāja pieredzes dizaineri
16	Slikta sadarbība		IKT standartizācijas institūcijas/platformu izstrādātāji
17	Bažas par datu privātumu un kiberdrošību		Datu aizsardzības speciālisti / IT drošības konsultanti
18	Rīku/platformu fragmentācija		Eiropas Komisija/Valstu digitālās iestādes
19	Slikta vai neuzticama materiālu datu kvalitāte		Platformu izstrādātāji / Nozares konsorcijs
20	Laika un personāla trūkums		Produktivitātes konsultanti / MVU tīkli
21	Manuāli, fragmentēti atkārtotas izmantošanas procesi		Programmatūras izstrādātāji / Procesu inženieri
22	Nesaderība ar esošajām darbplūsmām		Uzņēmuma programmatūras pārdevēji/rīku izstrādātāji
23	Īstermiņa domāšana organizācijās	Piedāvāt stratēģiskās prognozēšanas seminārus un ilgtermiņa vīzijas veidošanas rīkus.	Stratēģiskie konsultanti / Vadības treneri
24	Nepietiekamas zināšanas par potenciālajiem partneriem	Izveidojiet partneru meklēšanas platformas un vietējos simbiozes centrus.	Klasteru organizācijas / Inovāciju starpnieki

DIS ieviešanas panākumi ir atkarīgi ne tikai no tehnoloģiskiem risinājumiem, bet arī no visaptverošas izpratnes par strukturālajiem, operacionālajiem un kognitīvajiem šķēršļiem, ar kuriem saskaras organizācijas. Šajā pielikumā sniegtajā rīcības plānā ir



sniegti mērķtiecīgi, īstenojami ieteikumi, kas atbilst faktiskajām vajadzībām un ierobežojumiem, kas identificēti lauka darbu laikā. Lai pārvarētu šos šķēršļus un nodrošinātu iekļaujošu pāreju uz aprites ekonomiku, izmantojot digitālo industriālo simbiozi, ir nepieciešama vairāku ieinteresēto personu iesaistīšanās — sākot no politikas veidotājiem un pedagogiem līdz tehnoloģiju nodrošinātājiem un MVU atbalsta tīkliem.



Co-funded by
the European Union



FREINDs

Project number:

2024-1-NO01-KA220-HED-000246621

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.