


Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultāte
Faculty of Economics and Social Development

Uzņēmējdarbības un vadībzinātnes institūts
Institute of Business and Management Science



Mg.sc.ing., Mg.uzņēmējdarbības vadībā **Inese Trušiņa** 

ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS SISTĒMANALĪZE

SYSTEM ANALYSIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātnes doktora grāda zinātnes doktore (Ph.D.) sociālajās zinātnēs
iegūšanai

SUMMARY

of the Doctoral thesis for the acquiring Doctoral degree Doctor of
Science (Ph.D.) in Social Sciences

Jelgava 2025

INFORMĀCIJA

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Uzņēmējdarbības un vadībzinātnes institūtā.

Promocijas darbs izstrādāts ar LBTU zinātnisko projektu atbalstu: Nr. 8.2.2.0/20/I/001 “LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli” (2023.) un Nr. Z70 “Integrēta pieeja ilgtspējīgas attīstības sociāli ekonomisko rādītāju noteikšanai” (2023.-2024.).

Doktora studiju programma – Agrārā un reģionālā ekonomika.

Promocijas darba zinātniskā vadītāja – LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes vadošā pētniece, viesdocente Dr.oec. Elita Jermolajeva.

Promocijas darba zinātniskā aprobācija noslēguma posmā:

- Apspriests un aprobēts LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Uzņēmējdarbības un vadībzinātnes institūta akadēmiskā personāla pārstāvju sēdē 2024. gada 3. aprīlī.
- Apspriests un aprobēts LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Ekonomikas un finanšu institūta, Uzņēmējdarbības un vadībzinātnes institūta akadēmiskā personāla pārstāvju apvienotā akadēmiskā sēdē 2024. gada 23. maijā.
- Atzīts par pilnīgi sagatavotu un pieņemts Promocijas padomē 2024. gada 25. oktobrī.

Oficiālie recenzenti:

Dr.habil.oec. Baiba Rivža – akadēmiķe, LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes profesore.

Dr.oec. Iluta Arbidāne – Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijas Ekonomikas un pārvaldības fakultātes profesore.

Dr.oec. Viktorija Skvarciāny – Viļņas Gedimīna Tehniskās universitātes Biznesa, menedžmenta un inženierekonomikas fakultātes asociētā profesore, Lietuva.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LBTU Ekonomikas un uzņēmējdarbības zinātņu Agrārās un reģionālās ekonomikas apakšnozaru Promocijas padomes atklātajā sēdē 2025. gada 21. februārī Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātē (Svētes ielā 18, Jelgava) 212. auditorijā plkst. 10.00.

Ar promocijas darbu var iepazīties LBTU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielajā ielā 2, Jelgavā un http://llufb.llu.lv/promoc_darbi.html.

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei asociētajai profesorei Dr.oec. Gunitai Mazūrei, Svētes ielā 18, Jelgavā, LV-3001, tālr. 63024214, e-pasts: Gunita.Mazure@lbtu.lv.

Atsauksmes vēlams sūtīt ieskenētā veidā ar parakstu.

Padomes sekretāre: LBTU asociētā profesore Dr.oec. Gunita Mazūre.

SYNOPSIS

The doctoral thesis has been elaborated at the Institute of Business and Management Science, Faculty of Economics and Social Development, Latvia University of Life Sciences and Technologies (LBTU).

The doctoral thesis was developed thanks to the support of LBTU scientific projects: No. 8.2.2.0/20/I/001 “Transition of LLU to the new doctoral funding model” (2023) and No. Z70 “Integrated approach to determining socio-economic indicators of sustainable development” (2023-2024).

Doctoral Programme – Agrarian and Regional Economics.

Supervisor of the doctoral thesis – Dr.oec. Elita Jermolajeva, Leading Researcher, Assistant Professor, Faculty of Economics and Social Development of LBTU.

Scientific approbation of the doctoral thesis at the final stage:

- Discussed and approbated at the meeting of representatives of the academic staff of the Institute of Business and Management Science of the Faculty of Economics and Social Development of LBTU on 03 April, 2024.

- Discussed and approbated at the joint academic meeting of representatives of the academic staff of the Institute of Economics and Finance, the Institute of Business and Management Science of Faculty of Economics and Social Development of LBTU on 23 May, 2024.

- Recognized as fully prepared and accepted by the Doctoral Council for Economics of LBTU on 25 October, 2024.

Official reviewers:

Dr.habil.oec. Baiba Rivža – Academician, Professor of the Faculty of Economics and Social Development of LBTU.

Dr.oec. Iluta Arbidāne – Professor of the Faculty of Economics and Management of Rezekne Academy of Technologies.

Dr.oec. Viktorija Skvarciany – Associated Professor of the Faculty of Business, Management and Engineering Economics of Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania.

Presentation and defence of the doctoral thesis will be held at an open meeting of the Doctoral Council for Economics of LBTU at February 21, 2025 at the Faculty of Economics and Social Development (18 Svetes iela, Jelgava), Room 212, at 10:00 AM.

The PhD thesis is available for review at the Fundamental Library of LBTU, Lielā iela 2, Jelgava, and on the website http://llufb.llu.lv/promoc_darbi.html.

You are welcome to send your comments to the secretary of the Doctoral Council: Svētes iela 18, Jelgava, LV-3001, Latvia, phone No. +371 63024214, e-mail: Gunita.Mazure@lbtu.lv.

It is recommended to send your comments in a scanned format and undersigned.

Secretary of the Doctoral Council: associated professor of LBTU Dr.oec. Gunita Mazūre.

SATURS

INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKI PĒTNIECISKO DARBU/ INFORMATION ON RESEARCH PAPERS AND SCIENTIFIC WORK.....	6
IEVADS	11
1. ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS NOVĒRTĒŠANAS UN MONITORINGA SISTĒMAS TEORĒTISKIE ASPEKTI.....	14
1.1. Ilgtspējīgas attīstības jēdziena vēsturiskie aspekti un teorētiskais pamatojums.....	14
1.2. Ilgtspējīgas attīstības formalizācija un rādītāji.....	17
1.3. Dabaszinātņu pieeja ekonomikā, dzīvās sistēmas un energopļūsmas	20
1.4. Sociāli ekonomisko sistēmu jaudas izmaiņas sistēmanalīzes metodoloģija	22
1.5. Sociāli ekonomiskās sistēmas novērtēšanas metodoloģija.....	29
2. DAŽĀDU SOCIĀLI EKONOMISKO SISTĒMU (VALSTU) ATTĪSTĪBAS RĀDĪTĀJU IZMAIŅU ANALĪZE NAUDAS IZTEIKSMĒ UN ENERGOVIENĪBĀS	36
2.1. Vērtējamo sociāli ekonomisko sistēmu attīstības rādītāju izmaiņu analīze naudas un enerģijas vienībās.....	37
2.2. Sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) mijiedarbība un pozicionēšana pasaules līmenī	51
3. LATVIJAS ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS RĀDĪTĀJU PLĀNOŠANA, NOVĒRTĒŠANA UN MONITORINGS.....	56
3.1. Latvijas ilgtspējīgas attīstības tiesiskie un institucionālie aspekti	56
3.2. Latvijas ilgtspējīgas attīstības analīze 1990.-2019. gadā IAMM modeļa ietvaros	59
3.3. Latvijas ilgtspējīgas attīstības mērķi līdz 2030. un 2060. gadam un iespējamie ilgtspējīgas attīstības scenāriji	61
GALVENIE SECINĀJUMI	72
PROBLĒMAS UN TO RISINĀJUMI.....	76

CONTENT

INTRODUCTION.....	78
1. THEORETICAL ASPECTS OF THE ASSESSMENT AND MONITORING SYSTEM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT	82
1.1. Historical aspects and theoretical basis of the concept of sustainable development.....	82
1.2. Formalization and indicators of sustainable development	85
1.3. Natural science approach to economy, living systems and energy flows	88
1.4. Socio-economic systems power changes systemanalysis methodology	90
1.5. Socio-economic system evaluation methodology	97
2. ANALYSIS OF CHANGES IN THE DEVELOPMENT INDICATORS OF DIFFERENT SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS (COUNTRIES) IN MONEY AND ENERGY UNITS.....	104
2.1. Analysis of changes in the development indicators of evaluated socioeconomic systems in monetary and energy units	105
2.2. Interaction and positioning of the evaluated soci-oeconomic systems (countries) at the world level.....	119
3. PLANNING, EVALUATION AND MONITORING OF LATVIA'S SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDICATORS.....	124
3.1. Legal and institutional aspects of sustainable development of Latvia	125
3.2. Analysis of Latvia sustainable development in 1990-2019. within the SDMM model	128
3.3. Latvia's sustainable development goals until 2030 and 2060 and possible sustainable development scenarios	130
MAIN CONCLUSIONS	141
PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS.....	146

INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKI PĒTNIECISKO DARBU/ INFORMATION ON RESEARCH PAPERS AND SCIENTIFIC WORK

Promocijas darba pētījumu rezultāti publicēti **21 rakstā** starptautiskajos zinātniskajos un LZP atzītajos nacionālajos zinātniskajos izdevumos, t.sk. **10 publikācijas** indeksētas *Scopus* un *Web of Science* datu bāzēs, no tām piecas – Q1 un Q2 žurnālos/ The research results of the doctoral thesis were published in **21 articles** in international scientific and national scientific publications recognized by Latvian Science Council, incl. **10 publications** are indexed in *Scopus* and *Web of Science* databases, five of them – in Q1 and Q2 journals:

1. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E. (2024). Assessing the sustainability of advanced and developing countries: A different perspective. *Journal of Business, Management and Economics Engineering*, VGTU, Vilnius, Lithuania, 22(1), pp. 96-111, DOI: <https://doi.org/10.3846/bmee.2024.19981>. (*Scopus Q2*)
2. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E., Abramov, V., Gopejenko, V. (2024). World Development Assessment in an Invariant Coordinate System of Energy Units: The Newly Industrialized Economies Perspectives. *Journal of Infrastructure, Policy and Development (JIPD)*, Vol.8(3), DOI: <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i3.3110> (*Scopus Q2*)
3. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E., Gopejenko, V. (2023). Nonlinear Natural Scientific Thinking and Ecological Consciousness for Sustainability. *Journal of Teacher Education for Sustainability*. Vol. 25, no. 2, pp. 165-186, 2023. DOI: 10.2478/jtes-2023-0022 (*Scopus Q2*)
4. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E., Gopejenko, V. (2023). Sustainable Development Design and Management Methodology Using Natural Science Units. *Proceedings of the 2023 International Conference "Economic Science for Rural Development"*, LBTU ESAF, Nr. 57, 2023, Jelgava, Latvija. pp. 287-297. DOI: 10.22616/ESRD.2023.57.028 (*WoS*)
5. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E., (2023). A Different View On The Country's Sustainable Development Indicators – Latvia's Example. *Proceedings of the conference "Research for Rural Development"*, LBTU, vol. 38, pp. 94-102. DOI: 10.2478/plua-2023-0019 (*Scopus, WoS*)
6. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E., Sloka, B. (2022). Analysis of Energy Resources' Flows as The Sustainable Development Parameters. In: *Economics Science for Rural Development*, Nr. 56., pp. 254-263, Jelgava: LLU, ISSN 1691-3078. DOI: 10.22616/ESRD.2022.56.025 (*WoS*)
7. Jermolajeva, E., **Trusina, I.** (2022). Is Sustainable Development Really Sustainable – Theoretical Reflections, Statistics and the Need for Changes. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, vol. 24, no. 2, pp. 166-179, DOI: 10.2478/jtes-2022-0023 (*Scopus Q2*)

8. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E. (2022). The main indicators of digital transformation of the economy in a new approach to sustainability. *Proceedings of the 11th EURINT International Conference, Alexandru Ioan Cuza university of Iasi, Rumania, 20.-21.05.2022.*, Vol.9, pp. 255-278. RePEc:jes:eurint:y:2022:v:9:p:255-278
9. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E. (2021). The scientific discourse on the concept of sustainable development, *Eastern Journal of European studies, Volume 12, Issue 2*, pp. 298-322. ISSN2068-651X, eISSN2068-6633, DOI: 10.47743/ejes-2021-0215 (**Scopus Q1, WoS**)
10. **Trusina, I.**, Jermolajeva, E. (2021). A new approach to the application of the principles of sustainable development. In: *Economic Science for Rural Development*, Nr. 55., 2021, Jelgava: LLU, ISSN 1691-3078, pp. 231-240, DOI: 10.22616/ESRD.2021.55.023 (**WoS**)
11. Merkuryev, Y, Okhtilev, M, Sokolov, B, **Trusina, I**, Zelentsov, V. (2012). Intelligent Technology for Space and Ground Based Monitoring of Natural Objects in Cross-Border EU-Russia Territory, *Proceeding of IEEE International geoscience and remote sensing symposium (IGARSS)*, Munich, Germany, pp.2759-2762. DOI: 10.1109/IGARSS.2012.6350354 (**WoS**)
12. Lektauers, A., **Trusina, I.** (2011). Combined Multi-Scale System Dynamics and Agent-Based Framework for Sustainable Community Modelling. *RTU Zināniskie raksti, 14. sējums, N.2*, Latvija.
13. Lektauers, A., Trušīņš, J., **Trusina, I.** (2011). Kuldīgas novada ilgtspējīgas attīstības sistēmdinamiskais modelis. *RTU Zināniskie raksti, 14. sējums, N.3*, Latvija.
14. Lektauers, A., Trušīņš, J., **Trusina, I.**, Merkuryev, J. (2011). The Capabilities of Simulation in Spatial Planning. *Scientific Journal of Riga Technical University, Computer Science. Information Technology and Management Science*, Latvia.
15. Lektauers, A., Trusins, J., **Trusina, I.** (2010). A Conceptual Framework for Dynamic Modeling of Sustainable Development for Local Government in Latvia. *Proceedings of the 28th International Conference of the System Dynamics Society*, SKR, Seoul, 25-29. 07., 2010. Seoul: System Dynamics Society, pp. 1-14.
16. **Trusina, I.**, Lektauers, A. (2010). A Conceptual Framework for Dynamic Modeling of Sustainable Development for Local Government, European Social Simulation Association (ESSA) International Conference. *Conference materials*, Kassel, Germany.
17. **Trušīņa, I.** (2010). Ilgtspējīgās telpiskās attīstības kritēriji un indikatori. *RTU Zināniskie raksti, 14. sējums, N.1*, Latvija.
18. **Trusina, I.** (2009). Indicators and Criteria Modeling for Sustainable Spatial development. *International conference "Spatial strategy for Sustainable Development"*, *Konferences materiāli*, Rīga, Latvija.

19. **Trusina, I.** (2009). Land Use Management System: Latvian Experience. *International Conference "New Models for Innovation Management and Urban Dynamics"*, *Conference Materials*, 12-14 October, 2009, pp. 12-20, University de Algarve, Portugal, Faro.
20. **Trusina, I.**, Buka, E., Trusins, J. (2009). Sustainable Spatial Development of Recreation and Tourism System. *Sustainable Spatial Development of Recreation and Tourism System, Proceeding materials of AESOP Conference*, pp. 45-54, Liverpool University, Liverpool, United Kingdom.
21. **Trusina, I.** (2009). Brownfield Development Experience in Latvia. *New Models for Innovative Management and Urban Dynamics*, 2009, No.1, pp. 10-16.

Par pētījumu rezultātiem ziņots **26 starptautiskajās zinātniskajās konferencēs**, no tām svarīgākās/ The research results and findings were reported at **26 international scientific conferences**, the most important of them:

1. 25th International Scientific Conference "Economic Science For Rural Development 2024". Prezentācija "System-Dynamic Approach To Assessing Sustainable Development: The Example of the USA", 16.-17.05., 2024., Jelgava, LBTU ESAF, Latvija.
2. 9th NoRSA Conference "Regional Outcomes of Global Challenges in the Nordic Countries". Presentation "An Integrated Approach to the Systematic Analysis of Sustainable Development of the Baltic States", 2.-3.05.2024., Vilnius, Lithuania.
3. 24th International Scientific Conference "Economic Science For Rural Development 2023". Prezentācija "Sustainable Development Design And Management Methodology Using Natural Science Units" 10.-12.05., 2023., Jelgava, LBTU ESAF, Latvija.
4. 44th Eurasia Business and Economics Society (EBES) Conference. Presentation "Analysis of the Sustainable development of emerging economies in as invariant coordinate system of energy unit" 6.-8.07., 2023., Istanbul, Turkey.
5. International Scientific Conference "Business and Management 2023". Presentation "Assessing the sustainability of advanced and developing countries: A different perspective" Vilnius Gediminas Technical University, 11.-12.05., 2023. Vilnius, Lithuania.
6. 29th International Scientific Conference "Research for Rural Development". Prezentācija "A Different View On The Country's Sustainable Development Indicators – Latvia's Example" 17-18.05., 2023., Jelgava, LBTU, Latvija.
7. International Conference on Advancing Sustainable Futures (ICASF 2023). Presentation "Some examples of sustainability evaluation in developed and developing countries", 5.-6.12., 2023., Dubai, United Arab Emirates.

8. International Scientific Practical Conference “Intelligent Information Systems in Project and Program Management”. Presentation “*The energy approach for Assessing the Potential for Innovative Sustainable Development*” 15.09.2023., Koblevo, Ukrain.
9. 21st International Conference Information Technologies and Management. Prezentācija “*Systemic dynamic conceptual model of sustainable development in the energy coordinate system*” 20-21.04., 2023., ISMA, Rīga, Latvija.
10. 6th International Economic Forum “Open innovation: from the Creativity of the Individual to an Innovative Science-Based Economy”. Prezentācija “*Some parameters for assessing the potential for innovative development of the country*” 21.-22.09., 2023., Rīga, Latvija.
11. V Pasaules latviešu zinātnieku kongress “Zinātne Latvijai”. Stenda referāts “*Latvija2030 stratēģijas mērķu izpēte, izmantojot sociāli ekonomiskās sistēmas jaudas (enerģijas plūsmu) izmaiņu analīzes metodi*”, 2023. gada jūnijs, Rīga, Latvija.
12. 23rd International Scientific Conference “Economic Science for Rural Development 2022”. Prezentācija “*Analysis of Energy Resources’ Flows as The Sustainable Development Parameters*”, 11.-13.05., LLU ESAF, Jelgava, Latvija.
13. Latgales Forums, VPP “Latvijas mantojums un nākotnes izaicinājumi valsts ilgtspējai” projekts “INTERFRAME-LV – Latvijas valsts un sabiedrības izaicinājumi un to risinājumi starptautiskā kontekstā”. Prezentācija “*Atšķirīgs skatījums uz valsts ilgtspējīgas attīstības rādītājiem*”, 08.06.2022., Rēzekne, Latvija.
14. 6. Starptautiskais ekonomikas forums “Krīze kā stimuls izmaiņām: Cilvēks. Daba. Uzņēmējdarbība”, Latvijas Zinātņu akadēmijas Ekonomikas institūts. Prezentācija “*The New Approach to the Analysis of Latvia s Sustainable Development Indicators*”, 30.06.2022., Rīga, Latvija
15. International On-line Scientific Conference “Challengers of Economics, Education and Society Development in the Nordic – Baltic Countries and beyond”, Nordic Association For Agricultural Science. Presentation “*The impact of digital transformation on the sustainability of the Nordic-Baltic countries*”, 01.06.2022, Vytautas Magnus University, Vilnius, Lithuania.
16. EURINT International Conference. Section moderator un presentation “*The main indicators of digital transformation of the economy in a new approach to sustainability*”, Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, 20.-21.05.2022, Iasi, Rumania.
17. 17th International Scientific Conference “Social Sciences for Regional Development 2022”. Presentation “*New Approach to the Analysis of*

- Regional Sustainable Development on the Eve of Changes in the Contemporary*”, 15.10.2022., Daugavpils Universitāte, Latvija.
18. 22th International Scientific Conference “Economic Science for Rural Development 2021”. Prezentācija “*New approach to the application of the principles of sustainable development*”, LLU, ESAF, 13.-14.05.2021., Jelgava, Latvija.
 19. NoRSA-ESPON International Conference “Post-COVID-19 Sustainable Development and Regional Restructuring in the Baltic Sea Region”. Presentation “*Tendencies of sustainable regional development in the context of SDG: the situation in Latvia*”, Tartu University, 13.-14.10.2021, Estonia.
 20. 16th International Scientific Conference “Social Sciences for Regional Development 2021”. Prezentācija plenārsēdē “*Ecological economic approach as the basis for the formation of sustainable regional development and improving the quality of life*”, Daugavpils Universitāte, 15.-16.10.2021., Daugavpils, Latvija.
 21. 28th International Conference of the System Dynamics Society. Prezentācija “*A Conceptual Framework for Dynamic Modeling of Sustainable Development for Local Government in Latvia*”, 25.-29.07.2010, Seul, South Korea.

Cita pieredze/ Other activities:

1. Docētāja LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes bakalaura programmā “Ekonomika” un “Komercdarbība un uzņēmuma vadība”, studiju kurss “Statistika” (kopš 2024. gada septembra)/ *Lecturer in the bachelor program "Economics" and "Entrepreneurship and Business Management" of the Faculty of Economics and Social Development of LBTU, study course "Statistics" (since September 2024).*
2. Docētāja Informācijas sistēmu menedžmentu augstskolas bakalaura programmā “Informācijas sistēmas”, studiju kurss “Matemātiskās metodes” (no 2020.-pašreiz)/ *Lecturer in the Bachelor's program "Information systems", study course "Mathematical Methods" (from 2020-present) of the ISMA (Riga, Latvia).*
3. Docētāja Informācijas sistēmu menedžmentu augstskolas maģistrantūras programmā “Informācijas sistēmas”, studiju kurss “Skaitliskās metodes” (no 2021.-pašreiz)/ *Lecturer in the Master's degree program "Information systems", study course "Numerical Methods" (from 2021-present) of the ISMA (Riga, Latvia).*

IEVADS

Promocijas darba tēmas izvēles motivācija un pamatojums

Mūsdienās daudzas pasaules valstis ir akceptējušas ilgtspējīgas attīstības pamatprincipus, veidojot aizvien ciešākas saites starp dabas, ekonomikas un sociālajām parādībām. Tomēr šo procesu analīze ir parādījusi, no vienas puses, datu nepietiekamību un to salīdzināšanas iespējas un, no otras puses, attiecību trūkumu starp objektīvajiem dabas likumiem (invariantiem) un sabiedrības ilgtspējīgas attīstības principu. Jāatzīst, ka sociāli ekonomisko sistēmu pārvaldībā joprojām nepastāv konsekventi izmērāmā formā izteiktas sistēmiskas saiknes ar dabas, ekonomiskajiem un sociālajiem procesiem, kas savukārt var novest pie nepareiziem vērtējumiem un pat izraisīt krīzes. Ja dabas likumi ir formulēti analītiskā formā un izmērāmu lielumu izteiksmē, tad sociālās attīstības likumi parasti tiek definēti, izmantojot tādus rādītājus, kas nav saistīti ar dabas procesiem un tādējādi apgrūtina pētījumu veikšanu, lai noteiktu to savstarpējās attiecības.

Dabaszinātņu likumi, kas ir universāli empīriski vispārinājumi, joprojām netiek pietiekami piemēroti sociāli ekonomisko procesu analīzei, jo, neskatoties uz dažādām iestrādņēm, pasaulē līdz šim nav radīta atbilstoša sistēma, un veikti nepieciešamie fundamentālie un starpdisciplinārie pētījumi. Turklāt, no kontroles teorijas ir zināms, ka kontroles process ir objektīvs, ja sistēma iekļauj kontrolētā objekta kustības principu – likumu, tas ir, saglabāšanas un izmaiņu likumi. Šādi likumi ir jebkurai sociāli ekonomiskajai sistēmai. Ja globālā vai lokālā līmenī darbojas tikai subjektīvi likumi, tas neizbēgami nonāk pretrunā ar objektīviem likumiem (dabas likumiem) un rada negatīvas sociālās, ekonomiskās un vides sekas. Tāpēc nepieciešams izstrādāt teorētiskus un metodoloģiskus nosacījumus, kas būtu balstīti uz izmērāmiem lielumiem (rādītājiem), kas atbilstu dabas sistēmu raksturošanai un vienlaikus būtu piemērojami sociāli ekonomisko procesu novērtēšanai. Šajā kontekstā var formulēt vairākas problēmas.

1. Ilgtspējīgas attīstības procesu analīzes neatbilstība sistēmiskai pieejai: dalījums trīs atsevišķās sistēmās (ekonomika, ekoloģija un sabiedrība) un to atsevišķs vērtējums (indikācija) nevar dot pilnvērtīgu priekšstatu un izpratni par sociāli ekonomiskās sistēmas darbības rezultātiem un attīstības perspektīvām. Mēģinājumi kapitāla teorijas ietvaros izveidot un summēt dabas un sociālo kapitālu monetāro vērtību, lai ietekmētu makroekonomikas politikas lēmumus, ir metodoloģiski sarežģīti un grūti pārbaudāmi. Zaļās grāmatvedības princips, kas darbojas pēc vājās ilgtspējības noteikumiem, negarantē ilgtspējīgu attīstību (*Blignaut, De Wit, 2000*). Ilgtspējīga attīstība ir vairāk nekā tikai vides, ekonomikas un sociālās kultūras ilgtspējības komponentu summa. Pat ja tiek sasniegta ekonomiskā, vides un sociālā ilgtspējība, definīcija nenozīmē, ka tiek sasniegta ilgtspējīga attīstība. Ir nepieciešama visaptveroša pieeja, kas ietver visus galvenos ilgtspējīgas attīstības principus (*Hediger, 1997*).

2. Pasaulē joprojām nav vienotas pieejas kvantitatīvo ilgtspējīgās attīstības kritēriju definīcijai un noteikšanai – rādītāji tiek iegūti ar dažādām metodēm un dažādās mērvienībās, kas nav pietiekami, lai pilnvērtīgi izprastu un atbilstoši novērtētu procesus, kas nepieciešami procesu kvalitatīvai uzraudzībai (monitoringam). Metodoloģiskā līmenī Bosela (*Bossel, 2002*), Rokstroma (*Rockstrom et al., 2016*), Bolšakova (*Bolshakov et al., 2019*) pieejas un modeļi liecina, ka jāmeklē vairākas iespējas, kā apvienot sociāli ekonomisko darbības modeļi ar ekoloģisko modeļi, kas izriet no ietekmes uz globālo sistēmu.
3. Mūsdienu izaicinājumi liek pāriet no pašreizējā lineārā ekonomikas modeļa uz nelineāriem modeļiem, kas dabu uztver kā dzīvības atbalsta sistēmu sociālajai labklājībai un reaģē uz atgriezeniskās saites efektiem. Šie apgalvojumi ir analizēti vairāku zinātnieku darbos, kas pamato mūsdienu ekonomikas un ilgtspējības attīstības teorijas (*Capra et al., 2017; Thurner, 2018; Ryznichenko et al., 2009; Odum, 2007*).
4. Tā kā esošā sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgās attīstības mērvienību sistēma naudas izteiksmē ir mainīga un nestabila, tad ir jāveido jauna – invariantu koordinātu sistēmā ar atbilstošām mērvienībām. Sodijs (*Soddy, 1933*) savos darbos izteica apgalvojumu, ka ekonomistu uzmanības centrā jābūt enerģijas plūsmai jeb jaudai. Odums un Deilijš (*Daly, 1993; Odum, 1968*) deva jaunu impulsu pētījumiem, apgalvojot, ka jauda ir primārais, universālākais visu cilvēku darbības veidu mērs dabā. Enerģijas plūsmas pamatlikumi ir attiecināmi gan uz visiem cilvēka dzīves procesiem, gan arī uz dabu, tajā skaitā sabiedrību, ekonomiku, ekoloģiju, kultūru un estētiku. Kostanza (*Costanza, 2004*) atzīmēja, ka pieejamā enerģija ir vienīgā fundamentālā vērtība un vienīgais ierobežojošais ražošanas faktors, kas atbilst ražošanas teorijas kritērijiem un spēj izskaidrot apmaiņas vērtības.

Pamatojoties uz iepriekš minēto, promocijas darba pētījuma aktualitāti nosaka nepieciešamība turpināt pilnveidot ilgtspējīgās attīstības teoriju un novērtēšanas metodes, izmantojot nemonetāru dabaszinātņu procesu atspoguļojumu **starpdisciplinārā pētījumā, ņemot vērā ekonomikas, matemātikas, fizikas un vides likumsakarības**. Tātad ir svarīgi izveidot sistēmisku pieeju ilgtspējīgās attīstības procesu novērtēšanai un monitoringam, kas ietver sistēmanalīzi un vadības lēmumu pieņemšanu.

Pētījuma hipotēze: ilgtspējīgās attīstības plānošanas un monitoringa modelis ļauj novērtēt dažādu sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) attīstību.

Pētījuma objekts: ilgtspējīga attīstība.

Pētījuma priekšmets: sociāli ekonomisko sistēmu ilgtspējīgās attīstības procesu sistēmanalīze.

Promocijas darba mērķis: analizēt ilgtspējīgās attīstības procesus, balstoties uz sistēmisku pieeju, lai radītu ilgtspējīgās attīstības monitoringa modeļi un izstrādātu priekšlikumus Latvijas ilgtspējīgās attīstības stratēģisko mērķu plānošanai.

Mērķa sasniegšanai risinātie darba uzdevumi.

1. Izpētīt ilgtspējīgas attīstības teorētiskos aspektus, koncepcijas un modeļus pasaulē.
2. Salīdzināt un veikt sistēmanalīzi dažādu sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) attīstības rādītājiem naudas izteiksmē un energovienībās.
3. Izstrādāt ilgtspējīgas attīstības novērtēšanas metodoloģiju un ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeli, izmantojot jaudas izmaiņu sistēmanalīzes pieeju un invariantu koordinātu sistēmu.
4. Analizēt sistēmiskās pieejas ietvaros Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģisko mērķa rādītājus un prognozēt tos invariantu koordinātu sistēmā energovienībās līdz 2030. un 2060. gadam.

Izmantotās pētījumu metodes: zinātniskās: kontentanalīze; monogrāfiskā metode; analīzes un sintēzes metode; indukcijas metode; dedukcijas metode; loģiski konstruktīvā metode. Statistiskās analīzes: aprakstošā statistikas metode; matemātiskās datu analīze metode; laika rindu analīze. Citas: Greindžera metode, cēloņsakarības tests; Pīrsona korelācijas tests; Durbina-Vatsona tests.

Promocijas darba informācijas avoti

Pētījuma izstrādei izmantoti Latvijas un Eiropas Savienības normatīvie dokumenti, zinātniskā literatūra no Scopus, EBSCO, Science Direct u.c. datubāzēm, Latvijas Republikas Ministru kabineta un ministriju mājas lapās pieejamā informācija, Latvijas Oficiālās statistikas portāls, Reģionālās attīstības rādītāju modeļa dati, kā arī citi publiski pieejamie informācijas avoti: Apvienoto Nāciju organizācijas, Pasaules Bankas un Starptautiskās Enerģētikas asociācijas datu bāzes.

Pētījuma teorētiskā bāze balstās uz ekonomikas virzienu “attīstības monitoringa sistēmas nozīme reģionālās ilgtspējības un sociālekonomiskā izaugsme”. Sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) ilgtspējīga attīstība izskatīta kompleksās sistēmas teorijas un ekoloģiskās ekonomikas koncepcijas ietvaros. Ilgtspējīgas attīstības monitoringa uzdevumu formalizēšanai izmantota ilgtspējīgas attīstības vadīšanas metodoloģija un atvērto nelīdzsvaroto sociālo ekonomisko sistēmu jaudas (energoplūsmu) dinamikas sistēmanalīzes pieeja. Darbā izmantotās pētniecības metodes ir balstītas uz daudzu ārvalstu un Latvijas zinātnieku darbiem, kas minēti izmantoto informācijas avotu sarakstā.

Promocijas darba zinātniskās novitātes: starpdisciplinārā pētījumā izstrādāta sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) ilgtspējīgas attīstības rādītāju novērtēšanas metodoloģija, izmantojot dabaszinātņu procesus un sajaistot ekonomikas, matemātikas, fizikas un vides likumsakarības. Izveidots ilgtspējīgas attīstības monitoringa modelis. Pirmo reizi Latvijā noformulēti ilgtspējīgas attīstības rādītāji energovienībās. Analizēti Latvijas un vairāku citu valstu sociāli ekonomiskie rādītāji ilgtspējīgas attīstības kontekstā, kā arī prognozēti Latvijas iespējamie ilgtspējīgas attīstības scenāriji līdz 2030. un 2060. gadam.

Tautsaimnieciskā nozīme: pētījuma rezultātus var izmantot valsts un pašvaldību institūcijas ilgtspējīgas attīstības rādītāju plānošanas, novērtēšanas un monitoringa procesā, augstākās izglītības iestāžu studiju procesā par ilgtspējīgas attīstības jautājumiem.

Aizstāvamās tēzes.

- 1. tēze:** ilgtspējīgas attīstības teorētisko aspektu izpēte ir pamats esošo koncepciju un metožu trūkumu izvērtēšanai un tālākai pilnveidošanai.
- 2. tēze:** ilgtspējīgas attīstības principu formalizācija energovienībās, izmantojot invariantu koordinātu sistēmu un jaudas izmaiņu sistēmanalīzes pieeju, ļauj noteikt jebkuras sociāli ekonomiskās sistēmas (valsts) esošā stāvokļa un mērķa rādītājus, norādot problēmas un prognozējot attīstības scenārijus.
- 3. tēze:** Latvijas ilgtspējīgas attīstības plānošanas un monitoringa modelis invariantu koordinātu sistēmā energovienībās ļauj prognozēt iespējamus valsts attīstības scenārijus.

Pētījuma ierobežojumi: pētījumā izvēlētas, analizētas un vērtētas 15 pasaules valstis. Pētījuma periods aptver 30 gadus – no 1990. līdz 2019., ar atsevišķiem izņēmumiem attīstīto valstu ASV, Japānas, Francijas, Vācijas un Itālijas datiem, kur analīze veikta par laiku no 1960. līdz 2019. gadam. Darba 3. nodaļā analizēti Latvijas attīstības plānotie rādītāji līdz 2030. un 2060. gadam, ietverot arī 2021. gada faktiskos datus.

Promocijas darba apjoms (*Ph.D.*) zinātniskā grāda iegūšanai sociālajās zinātnēs ir 148 lapas. Darbā ir 66 tabulas, 49 attēli, 18 pielikumi (uz 55 lapām), izmantoti 257 informācijas avoti, t.sk. 231 avots – angļu valodā.

1. ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS NOVĒRTĒŠANAS UN MONITORINGA SISTĒMAS TEORĒTISKIE ASPEKTI

Promocijas darba 1. nodaļā analizēti ilgtspējīgas attīstības koncepcijas veidošanās priekšnoteikumi un vēsturiskie aspekti, analizēti stiprās un vājās ilgtspējības modeļi, kapitāla teorijas pieejas koncepcija. Lai pamatotu darba nākošajās nodaļās izmantotās metodes un veiktu aprēķinus, pētīta dabaszinātņu pieejas izmantošana ekonomikā un aprakstīta ilgtspējīgas attīstības koncepcija energovienībās, kā arī sociāli ekonomiskās sistēmas jaudas jeb enerģijas plūsmu modelis.

1.1. Ilgtspējīgas attīstības jēdziena vēsturiskie aspekti un teorētiskais pamatojums

Sabiedrības attīstība un globālās ekonomikas pārveidošana uz ilgtspējīgiem pamatiem ir viens no mūsdienu nozīmīgākajiem izaicinājumiem visas pasaules

mērogā. Tas prasa fundamentālas izmaiņas gan cilvēku apziņā, gan darbībā, tas prasa jaunu redzējumu un jaunas pieejas, lai veidotu jaunu realitāti. Ilgtspējīgas attīstības koncepcijas kā pasaules organizēšanas principa izveides galvenais mērķis jau pirmsākumā ir bijis veicināt labi funkcionējošu mijiedarbību starp cilvēkiem, sabiedrību, ekonomiku un planētas dzīvību uzturošo ekosistēmu atjaunošanās spēju. Šī izlīdzināšana ir īpašs dinamiskā līdzsvara veids mijiedarbībā starp populāciju un tās vides nestspēju. Ilgtspējīgas attīstības jēdziens ir kļuvis par etalonu vides zinātniskajiem pētījumiem un ir ieguvis attīstības paradigmas raksturu (*Alvarado-Herrera et al., 2017; Gore, 2015*) kopš tā parādīšanās 1987. gadā ANO organizētās Pasaules vides un attīstības komisijas sagatavotajā ziņojumā, kas vēlāk tika nosaukts komisijas vadītājas, Norvēģijas premjerministres Bruntlandes vārdā (*Brundtland, 1987*). Lielākā daļa pasaules valstu pieņēma Ilgtspējīgas attīstības pamatprincipu, saskaņā ar kuru pilsoniskā sabiedrība un valsts ir atbildīgas par visaptverošas drošības nodrošināšanu un spēju apmierināt gan pašreizējās, gan nākotnes paaudžu vajadzības. Pēc Zemes samita Riodežaneiro 1992. gadā šī koncepcija kļuva par dominējošo un tika iekļauta daudzu pasaules valstu starptautiskajos līgumos, nacionālajās konstitūcijās un likumos (*Redclift, 2005*). Romas kluba (*Meadows et al., 1972*) darba rezultātā ir radusies ilgtspējīgas attīstības interpretācija, ko mēdz dēvēt par “trīs vienīgo ilgtspējīgas attīstības jēdzienu”, uzsverot trīs ilgtspējīgas attīstības pilāru savstarpējo atkarību: vides, sociālo un ekonomisko. Ilgtspējīga attīstība kļūst sasniedzama tikai tad, kad veidojas stabilitāte katrā no trim uzskaitītajām sastāvdaļām. Sākotnēji šis formulējums pozitīvi ietekmēja ilgtspējīgas attīstības koncepcijas izstrādi un ļāva formalizēt mērķus, taču jāatzīmē, ka, pēc promocijas darba autores domām, vēlāk šis definējums sāka bremzēt sistēmisko skatījumu uz ilgtspējību un ilgtspējīgu attīstību. Apvienoto Nāciju organizācijas Ekonomikas komisija norāda, ka ilgtspējīga attīstība ir attīstība, kas var ilgt “mūžīgi” vai vismaz ļoti ilgi, vairākas paaudzes (*UN, 2007*). Nemot vērā labklājības jēdzienu, ilgtspējīgu attīstību var formulēt kā labklājības pieaugumu ļoti ilgā laika periodā. Vēl fundamentālāka definīcija varētu būt: ilgtspējīga attīstība ir patēriņa pieaugums tā plašākajā ekonomiskajā interpretācijā ļoti ilgā laika periodā, t.i., ilgtspējīgas attīstības mērķis ir nodrošināt gan šodien dzīvojošo labklājību, gan nākamo paaudžu labklājības potenciālu.

Vājās un stiprās ilgtspējības koncepcijas

Vājās ilgtspējības koncepcija tika noformulēta 20. gadsimta 70. gados kā neoklasicisma ekonomiskās izaugsmes teorijas paplašinājums, uzskatot neatjaunojamos dabas resursus par ražošanas faktoru. Tā kļuva par galveno virzienu 90. gados ilgtspējīgas attīstības diskursa un kapitāla teorijas kontekstā. Neoklasicisma ekonomika pieņem, ka enerģija un matērija (preces) cirkulē praktiski slēgtā neierobežotu resursu (izejvielu) un bezgalīgu pārstrādes iespēju (izejas) sistēmā, ko ekonomikā sauc par negatīvām ārējām sekām. Lai gan resursi ir ierobežoti, daba tiek uzskatīta par neizsīkstošu resursu piegādātāju

ražošanai, un līdzīgs skatījums tiek attiecināts uz dabas spēju asimilēt piesārņojumu. Ir svarīgi atzīmēt, ka vājās ilgtspējības apstākļos ir pieļaujama beznosacījumu aizstāšana starp dažādiem kapitāla veidiem. Tas nozīmē, ka dabas resursi var samazināties tik ilgi, kamēr palielinās cilvēka radītais kapitāls.

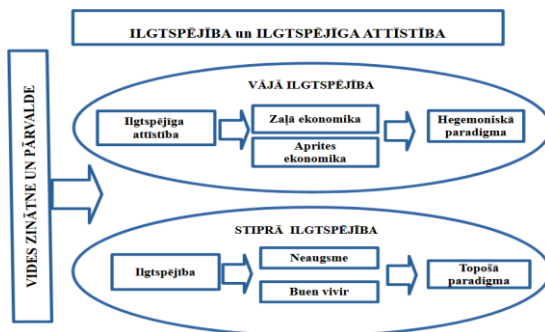
Atšķirībā no neoklasicisma teorijas, ekoloģija nevar uzskatīt cilvēka ekonomiku atsevišķi no dabas, bet, gluži pretēji, par daļu no SES, kas apmainās ar vielu, enerģiju un informāciju ar vidi un uzskata tās sastāvdaļas par vairāk nekā tikai precēm un tirgotiem pakalpojumiem. Šis arguments lielā mērā ir nodrošinājis teorētisko bāzi, uz kuru balstās stiprās ilgtspējības koncepcija, pieņemot, ka dažus dabas elementus nevar aizstāt ar mākslīgo kapitālu un ar SES saistītās nenoteiktības pakāpes dēļ “piesardzības principam” vajadzētu dominēt pār neoklasicisma teorijas ekonomisko loģiku (*Cózar, 2005; Kriebel et al., 2001*). Atšķirībā no vājās ilgtspējības, stiprā ilgtspējība uzsver vides mērogu, nevis ekonomiskos ieguvumus. Tas nozīmē, ka dabai ir tiesības pastāvēt – ka tā eksistē, un tā ir jānodod no paaudzes paaudzē nemainītā sākotnējā formā.

Vides ekonomika un ekoloģiskā ekonomika

Vides ekonomika ir balstīta uz neoklasicisma ekonomikas modeli, kas lielāku uzsvaru liek uz negatīvām ārējām sekām, piemēram, piesārņojumu un ekosistēmu zudumu. Neoklasicisma ekonomika ir plaša teorija, kas koncentrējas uz piedāvājumu un pieprasījumu kā ekonomiskās aktivitātes virzītājspēkiem. Vides un ekoloģiskā ekonomika ir ekonomiskās domas apakšnozares, kas pēta mijiedarbību starp cilvēka darbību un dabisko vidi. Atšķirība ir tāda, ka vides ekonomika pēta attiecības starp vidi un ekonomiku, savukārt ekoloģiskā ekonomika uzskata ekonomiku par plašākas ekosistēmas apakšsistēmu. Vides ekonomika balstīta uz vājās ilgtspējīgās attīstības principiem.

Ropke (2004) formulēja ekoloģisko ekonomiku kā dabas un ekonomisko procesu mijiedarbību cilvēka iedarbības rezultātā. Dabiskie procesi tādā nozīmē, ka tos var uzskatīt par bioloģiskiem, fizikāliem un ķīmiskiem procesiem un pārvērtībām. Tāpēc ekonomika ir jāpēta ne tikai kā dabas objekts, bet ekonomiskos procesus nepieciešams konceptualizēt termiņos, ko parasti lieto dabas procesu raksturošanai. Cilvēka darbību var raksturot ar enerģijas un vielas plūsmām, tāpēc, sākot ar 20. gadsimta 80.-90. gadiem ekoloģijas speciālisti palielināja savu interesi par ekonomikas jautājumiem (*Costanza, 1989; Georgescu-Roegen, 1986*). Ja ekonomiskās un ekoloģiskās sistēmas tiek konceptualizētas vienā un tajā pašā enerģijas un matērijas plūsmu “valodā”, ir dabiski apgalvot, ka cilvēka ekonomika ir “iestrādāta” zemes ģeobiosfērā.

Ņemot vērā iepriekš aprakstītos dažādos viedokļus par ilgtspējīgas attīstības iespējamām perspektīvām, hegemonisku pozīciju ieņēma vājās ilgtspējības koncepcija (1.1. att.) un vides ekonomikas modeļi un instrumenti.



Avots: autores veidots pēc Ruggerio (2021)

1.1. att. Ilgtspējības un ilgtspējīgas attīstības struktūra

Vides ekonomikas ideja atstāt pamatkapitālu vismaz nemainīgu ir plaši izplatīta, bet rodas jautājums, vai vienu kapitāla veidu var aizstāt ar citu. Tas ir diskusiju centrā starp “vāju” un “stipru” ilgtspējību un to, kā panākt paaudžu vienlīdzību.

1.2. Ilgtspējīgas attīstības formalizācija un rādītāji

Ilgtspējīga attīstība ir saistīta ar cilvēka attīstības mērķu sasniegšanas principu, vienlaikus saglabājot dabas sistēmu spēju nodrošināt dabas resursus un ekosistēmu pakalpojumus ekonomiskās un sociālās attīstības kontekstā (Cerin, 2006). Jaunākie no šiem izaicinājumiem ir Tūkstošgades attīstības mērķi (TAM) un Ilgtspējīgas attīstības mērķi (IAM), kas tika formulēti 2015. gadā. Tūkstošgades attīstības mērķi iezīmēja vēsturisku globālu mobilizāciju, lai sasniegtu svarīgu sociālo prioritāšu kopumu visā pasaulē (Breuer et al., 2019). IAM īstenošana turpinājās ar ANO programmu *Agenda 2030* – rezolūciju “Mūsu pasaules pārveidošana: ilgtspējīgas attīstības programma 2030. gadam jeb Dienaskārtība 2030” (neoficiāls biedrības LAPAS tulkojums no angļu valodas *Agenda 2030*), ko 2015. gadā pieņēma ANO Ģenerālajā asamblejā (LAPAS, 2015). Programmā *Agenda 2030* ir iekļautas piecas tēmas, kas pazīstamas kā *pieci Ps* (angļu val.): cilvēki (*people*), planēta (*planet*), labklājība (*prosperity*), miers (*peace*) un partnerība (*partnership*). Nosauktās piecas tēmas aptver 17 mērķus un 169 apakšmērķus ar 263 rādītājiem (Hylton, 2019) un nozīmē – cīnīties ar nabadzību, aptverot tādas jomas kā veselība, izglītība, enerģētika, ekonomiskā izaugsme, rūpniecība, inovācijas, klimata pārmaiņas, dabas resursi un citas. Dilemma starp tiekšanos pēc stingras nostājas galvenajos jautājumos un plašas politiskās atzinības iegūšanu, kā arī ilgtspējības vairāku dimensiju atbalstīšanu un izpratni, kā arī pasākumu, kritēriju un principu izstrādi ir bijis galvenais izaicinājums ceļā uz ilgtspējības ieviešanu, kopš tika pieņemti IAM (Lele, 1991). Zinātnieks Kenijs (Kenney, 2015) formulējis piecas galvenās IAM kritikas:

- 1) mērķi neņem vērā nevienlīdzību starptautiskajā sistēmā;
- 2) mērķi tiek izvirzīti no augšas uz leju un birokrātiski ignorē vietējo kontekstu;
- 3) IAM ir centieni, nevis mērķi un nav saistīti ar SMART (*Specific, Measurable, Achievable, relevant, Time-based*) koncepciju;
- 4) mērķi nav obligāti sasniegšanai, kas nozīmē, ka valstis netiek “sodītas” par to neievērošanu;
- 5) informācijas un datu trūkums.

Pogge (*Pogge, Sengupta, 2015*) ir uzsvēris, ka IAM ir *centienu paziņojums*, bet mērķu formulējumam ir jāsniedz skaidrs priekšstats par soļiem, kas nepieciešami mērķu sasniegšanai, kā arī jānodrošina neatkarīga uzraudzības organizācija. Sveins (*Swain, 2018*) novērtēja, ka ambiciozos IAM ir grūti izmērit, īstenot un uzraudzīt – pastāv iespējama neatbilstība starp IA mērķiem, jo īpaši starp sociāli ekonomisko attīstību un vides ilgtspējības mērķiem. Kritika arī rada jautājumus par plaši formulētu IAM izmērāmību un uzraudzību. Kopējie mērķi nav saistoši, un katrai valstij ir jāizstrādā savi nacionālie vai reģionālie plāni.

Pēc promocijas darba autores domām, iepriekš minētie autori pārāk vienkāršoti kritizē apstiprinātos un pieņemtos dokumentus, neuzsverot un neformulējot galvenās problēmas, piemēram, cik no ilgtspējīgas attīstības mērķiem, uzdevumiem un rādītājiem tiks sasniegti līdz 2030. gadam, un kāds būs kopējais rezultāts. Lielāka uzmanība IAM sasniegšanai un papildu ekonomiskā izaugsme šo secinājumu nemaina – ir vajadzīga transformācijas pārmaiņas un, iespējams, pat paradigmas maiņa. Metodoloģiskā līmenī Bosela (*Bossel, 2002*), Rokstroma (*Rockstrom et al., 2016*), Bolšakova (*Bolshakov et al., 2019; Dart, 2022*) pieejas un modeļi liecina, ka ir iespējams apvienot sociāli ekonomisko darbības modeli ar ekoloģisko modeli, kas izriet no ietekmes uz globālo sistēmu. Radīto *globālās sistēmas modeli* varētu izmantot, lai prognozētu turpmāko ilgtspējīgas attīstības mērķu sasniegšanu un samazinātu spiedienu uz dabu.

Ilgspējās rādītāju veidošana

Pirmā visaptverošā ilgtspējīgas attīstības rādītāju sistēmas izstrāde bija ANO Ilgtspējīgas attīstības komisijas darbs, kas tika prezentēts 1996. gadā (*UN, 1996*). Jāatzīmē arī Pasaules Bankas piedāvātie rādītāji ikgadējā ziņojuma “Pasaules attīstības rādītāji” (*World Bank*) ietvaros. Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācijas (OECD) vides rādītāju sistēma ir izstrādāta, pamatojoties uz struktūru “spiediens – stāvoklis – reakcija”, un tās modifikācijas ir guvušas plašu atzinību pasaulē un atsevišķās valstīs. Otrā pieeja ilgtspējīgas attīstības rādītāju veidošanai ietver apkopota (integrālā) rādītāja izstrādi, kas vispildnīgāk tiek īstenota ANO (*UN*) un Pasaules Bankas (*World Bank*) pētījumos.

Kapitāla teorijas koncepcija un rādītāji

Ilgspējīgas attīstības definīcija paredz, ka ir nepieciešams taisnīgs resursu un aktīvu sadalījums starp paaudzēm, tāpēc ir vajadzīga koncepcija, kas ļauj novērtēt, vai tiek panākta paaudžu vienlīdzība. Pirmie darbi un kapitāla pieejas

jēdziena definīcijas, kas ir kļuvušas par fundamentālām ilgtspējīgas attīstības izpētē, parādījās 20. gs. 80. gadu beigās Pīrsa publikācijās (*Pearce et al., 1989*). Uz kapitālu vai bagātību balstītā pieeja ir izrādījusies noderīga ilgtspējības pamatjēdzienu izstrādē un balstās senās ekonomiskās domāšanas tradīcijās par izaugsmi un attīstību. Bagātība tiek uzskatīta kā visu tautsaimniecības aktīvu vērtība, kas ir nākotnes labklājības pamats, un pašreizējām pārmaiņām bagātībā ir jāietekmē arī nākotnes bagātība. Kapitāla teorijas ietvaros ilgtspējīgu attīstību var definēt kā bagātības mēru uz vienu iedzīvotāju, kas laika gaitā nesamazinās (*UN, 2007*). Kapitāla teorijas pieejas pamatā esošajos teorētiskajos modeļos parasti tiek pieņemta Koba-Duglasa (*Cobb-Douglas*) ražošanas funkcija bez iedzīvotāju skaita pieauguma un bez tehnoloģiskām izmaiņām. Daudzi ekonomisti, tai skaitā promocijas darba autore, atzīst, ka kapitāla teorijas pieeja ir noderīgs instruments ilgtspējīgas attīstības problēmu risināšanai. Šī pieeja piedāvā salīdzinoši vienkāršus ilgtspējības noteikumus un rādītājus. Faktiski var atzīt, ka populārākie sociālās labklājības indeksi – nacionālais kopprodukts (NKP) uz vienu iedzīvotāju un ANO Attīstības programmas Tautas attīstības indekss būtībā ir pašreizējās (konkētajā laika periodā esošās) labklājības rādītāji.

ANO un Pasaules Bankas ilgtspējīgas attīstības nacionālo kontu sistēma un rādītāji

Pasaules Bankas Nacionālo kontu sistēma (NKS) ir sākumpunkts uz kapitālu balstītu ilgtspējīgas attīstības rādītāju mērīšanas sistēmas izstrādei. Tā ir starptautisks standarta ieteikumu kopums par to, kā apkopot ekonomiskās aktivitātes rādītājus. NKS apraksta saskaņotu, konsekventu un integrētu makroekonomisko kontu kopumu starptautiski saskaņotu jēdzienu, definīciju, klasifikāciju un grāmatvedības noteikumu kontekstā, tai skaitā:

1. NKS ir finanšu un saražotā pamatkapitāla uzskaites sistēma;
2. pastāv dabas kapitāla mērījumu sistēma, kas atbilst SNA (Apvienoto Nāciju organizācijas vides un ekonomikas kontu sistēma) (*UN, 2008*);
3. daudzi dati, kas vajadzīgi cilvēku kapitāla aplēšu sagatavošanai, ir pieejami SNA.

Pasaules Bankas darbs pie valstu kopējās bagātības mērīšanas ir bijis visaptverošs nacionālās bagātības uzskaites veidošanas process (*World Bank, 2006*). Galvenais rādītājs ir koriģētā neto jeb īstā ietaupījuma likme, ko mēra kā (reālās) bagātības izmaiņas.

Fiziskās enerģijas plūsmu kontu koncepcija un metodika

Eiropas statistikas sistēma 2009. gadā uzsāka Vides ekonomiskās uzskaites sistēmas (*SEEA*) enerģijas kontu izstrādi, un tika panākta vienošanās sākt ar fiziskās enerģijas plūsmas kontiem (*PEFA*). Fiziskās enerģijas plūsmas konti (*PEFA*) tika izstrādāti saskaņā ar Vides un ekonomiskās uzskaites sistēmas – Centrālā ietvara (*SEEA-CF*) struktūrām un uzskaites principiem. Vides un ekonomikas grāmatvedības sistēma satur starptautiski saskaņotus standarta

jēdzienus, definīcijas, klasifikācijas, grāmatvedības noteikumus un tabulas starptautiski salīdzināmas statistikas veidošanai par vidi un tās saistību ar ekonomiku. *SEEA* struktūra atbilst uzskaites struktūrai, kas ir līdzīga nacionālo kontu sistēmai (NKS) un izmanto jēdzienus, definīcijas un klasifikācijas, kas atbilst nacionālo kontu sistēmām, lai veicinātu vides un ekonomikas statistikas integrāciju.

Uz kapitāla teorijas balstīti ilgtspējīgas attīstības rādītāju veidošanas principi, Pasaules bankas nacionālo kontu un fizisko enerģiju plūsmu kontu koncepcija un metodika kļuva par pamatu sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) ilgtspējīgas attīstības mūsdienu monitoringa modeļa veidošanai.

1.3. Dabaszinātņu pieeja ekonomikā, dzīvās sistēmas un energoplūsmas

Dabaszinātņu pieeja ekonomikā ir balstīta uz koncepciju, ka sociālā, ekonomiskā un vides zinātnē ir dzīvības zinātnes neatņemamas sastāvdaļas, kas darbojas sistēmā: sabiedrība – vide – cilvēks. Sociālie, ekonomiskie un vides procesi ir balstīti uz enerģijas, matērijas un informācijas plūsmu transformācijām, kas ir visu dabas un sociālo procesu pamatā. Neko nav iespējams saražot, netērējot enerģijas plūsmas jeb jaudu (*Odum, 2007*). Tādējādi enerģijas, matērijas un informācijas plūsmu transformācijas ir sabiedrības, ekoloģijas un ekonomikas pamatā, un tās ir pakļautas saglabāšanās un pārmaiņu pamatlikumiem. Šie likumi veido sociālo, ekonomisko un vides procesu fundamentālu ierobežojumu kopu un zinātnisko pamatu apsvērumiem par sociāli ekonomiskās aktivitātes mijiedarbību ar dabas procesiem, pamatojoties uz noteiktiem likumiem. Tomēr materiālās, enerģijas un informācijas savstarpējās saiknes starp sociālajiem, ekonomiskajiem un vides procesiem netika atspoguļotas un analizētas tradicionālajās sociāli ekonomiskajās teorijās.

Enerģijas plūsmas

Jebkura sistēma nevar pastāvēt bez mijiedarbības ar tās apkārtējo dabisko vidi un apvieno divus saistītus procesus: (1) aktīvo vides ietekmes plūsmu, kas nosaka sistēmas iespējas; (2) šīs ietekmes rezultātā iegūto resursu plūsmas izmantošanu sabiedrības materiālo un nemateriālo vajadzību apmierināšanai. Sociālo, ekonomisko un ekoloģisko procesu pamatā ir enerģijas, matērijas un informācijas plūsmu transformācija. Nav iespējams saražot nevienu produktu/pakalpojumu, netērējot laiku un enerģijas plūsmu, t.i., jaudu. Tā kā enerģijas, vielu un informācijas plūsmu transformācijas ir sabiedrības, ekoloģijas un ekonomikas pamatā, tās ir pakļautas gan saglabāšanās, gan arī izmaiņu pamatlikumiem. Šie likumi veido sociālo, ekonomisko un ekoloģisko procesu fundamentālu ierobežojumu kopumu un zinātnisku pamatu sociāli ekonomisko aktivitāšu izskatīšanai mijiedarbībā ar dabas procesiem, pamatojoties uz dabaszinātņu likumiem. Viens no pirmajiem pētniekiem 20. gadsimtā, kurš izstrādāja dabaszinātņu pieeju ekonomikā, izmantojot termodinamikas likumus,

bija Sodijs (*Soddy, 1923*). Viņš norādīja, ka sabiedrības bagātība ir ienākumi, kas ir dzīvības mērķiem pieejamā jauda. Ja tas ir pieejams pietiekamā daudzumā un izmantošanai ērtā veidā noteiktā zināšanu attīstības līmenī, var iegūt visu, kas nepieciešams sabiedrības dzīvei. 1933. gadā Sodijs izteica apgalvojumu, ka ekonomistu uzmanības centrā jābūt enerģijas plūsmai jeb jaudai. Odums (*Odum*) un Deilijs (*Daly*) deva jaunu impulsu pētījumiem, apgalvojot, ka jauda ir primārais, universālākais visu cilvēku darbības veidu mērs dabā. Enerģijas plūsmas pamatlíkumi ir attiecināmi uz visiem cilvēka procesiem un arī uz dabu, tajā skaitā uz sabiedrību, ekonomiku, ekoloģiju, kultūru un estētiku (*Daly, 1993; Odum, 1968*). Jautājumi par enerģētiskās vērtības teorijas izveidi, lai papildinātu vai aizstātu tradicionālo neoklasicisma subjektīvās vērtības teoriju, kas balstīta uz lietderību, ir analizēta Stalinga zinātniskajos darbos (*Stallinga, 2020*).

Tradicionālie ekonomisti atzina, ka, ja viņi varētu noteikt galveno ieguldījumu ražošanas procesā, viņi varētu izskaidrot apmaiņas vērtības ražošanas attiecību izteiksmē (*Kennedy, 2020*). Problēma bija tā, ka tradicionālie primārie faktori faktiski ir ražošanas starpposma faktori. Kostanza (*Costanza, 2004*) uzsvēra enerģijas īpašības, kas atbilst primāro faktoru kritērijiem, tai skaitā, ka enerģija ir visur esoša, visu ekonomiskajās un ekoloģiskajās sistēmās ražoto preču īpašība. Viņš arī atzīmēja, ka enerģija ir svarīgs ieguldījums visos ražošanas procesos un enerģijas pamatīpašība (spēja strādāt) nav aizvietoājama. Kostanza (*Costanza*) atzīmēja, ka pieejamā enerģija ir vienīgā fundamentālā vērtība un vienīgais ierobežojošais ražošanas faktors, kas atbilst ražošanas teorijas kritērijiem un spēj izskaidrot apmaiņas vērtības. Tādā veidā uz pieejamās enerģijas izmantošanu ražošanā var veidot vērtības teoriju, kas ļauj izvairīties no problēmām, ar kurām saskārās klasiskā ekonomiskā teorija, mēģinot izskaidrot apmaiņas vērtību ekonomiskajās sistēmās. Izmantojot enerģētisko apmaiņas vērtību koncepcijas pieeju, iespējams noteikt izmaksas neatkarīgi no patērētāju vēlmēm. No vienas puses, tā ir kritika, bet, no otras puses, energoietilpīgās pieejas galvenais mērķis bija tieši atrast objektīvas pieejas, kas pilnībā nenosaka individuālās vēlmes (*Costanza, 2004*). Tirgus ekonomikā nauda cirkulē slēgtos lokos, savukārt jauda ienāk no ārpusē, pārvietojas pa sistēmas iekšējās struktūras līmeņiem un atstāj sistēmu. Odums attīstīja šo koncepciju ar mērķi nodrošināt dabaszinātnisku pamatu naudai un pieņemumam, ka lietderīgā jauda ir dabiskais vērtības pamats, ja ieguldījums sistēmas attīstībā ir galvenais vērtības kritērijs. Tātad, ja naudas plūsmas attiecība pret enerģijas plūsmu (jeb jaudu) ir nemainīga, tad nauda varētu kļūt par faktu, kas apliecina jaudas esamību.

Enerģijas plūsmas dzīvās nelīdzsvara sistēmās

Viens no pirmajiem autoriem, kas izmantoja dabaszinātnisku pieeju, analizējot dzīvās sociāli ekonomiskās sistēmas, bija Podolinskis (*Podolinsky*), norādot, ka cilvēks kā vienīgais zinātnei zināmais dabas spēks ar noteiktiem gribas aktiem spēj palielināt uz Zemes virsmas uzkrātās saules enerģijas daļu un samazināt uz Zemes izkļiedētās enerģijas daudzumu pasaules telpā. Sabiedrības

un dabas sistēma apvieno divus saistītus procesus: aktīvu ietekmi uz vidi un šīs ietekmes rezultātā iegūto resursu plūsmas izmantošanu sabiedrībā – šos procesus vieno dzīves procesa jeb darba procesa jēdziens (*Podolinsky, 1881*). Attīstība notiek, ja līdz ar nesamazinošu dabas resursu patēriņa pieaugumu nesamazinās arī sabiedrības iespēju izmantošanas efektivitāte. Mijiedarbība ar vidi nodrošina jebkuras dzīvās sistēmas nelīdzsvarotību. Tas nozīmē, ka materiālu un enerģijas plūsmas no vides ieplūst sistēmā un izplūst ārā – starp dzīvo sistēmu un vidi notiek materiālu un enerģijas apmaiņa. Ilgtspējīga attīstība ir sabiedrības līdzsvara mijiedarbība ar vidi, kas nodrošina dabas sistēmu attīstības likumam atbilstošu attīstības (paplašinātas atražošanas) saglabāšanos. Pastāv saistība starp sociālās sistēmas iespējām un tās vajadzībām:

- iespēju mērs ir jauda noteiktam laikam;
- vajadzības mērs ir jaudas palielināšana, kuras sistēmai šobrīd nav, bet kas nepieciešama, lai nodrošinātu pāreju uz ilgtspējīgu attīstību.

1.4. Sociāli ekonomisko sistēmu jaudas izmaiņas sistēmanalīzes metodoloģija

Ilgtspējīgas attīstības koncepcija enerģijas vienībās

Pamatojoties uz stabila nelīdzsvara principu, dzīvās sistēmās cirkulējošo enerģijas plūsmu galvenā īpašība ir to spēja veikt ārēju lietderīgo darbu jeb darba spējas – lietderīgā jauda. Dzīvo atvērto sociāli ekonomisko sistēmu ilgtspējīgas attīstības koncepcija enerģijas vienībās ir balstīta uz:

- sociāli ekonomiskās sistēmas definīcijas, kas nosaka, ka sociāli ekonomiskās sistēmas ir lielas uz cilvēku balstītas sistēmas, tostarp sociālās, ekonomiskās, tehnoloģiskās, vides un citas apakšsistēmas. Sociāli ekonomiskās sistēmas ir sarežģītas adaptīvas sistēmas, kas ir atvērtas, dinamiskas, nelineāras un dzīvās sistēmas neatņemama sastāvdaļa. Sistēma ir nelīdzsvarota un attālinās no līdzsvara ar tās attīstības paātrinājumu, bet tuvojas līdzsvaram, sistēmai degradējoties.

- pieciem galvenajiem likumiem (invariantiem):

- 1) sociāli ekonomiskās sistēmas jaudas (jeb energoplūsmu) nezūdamības likums;
- 2) sociāli ekonomiskās sistēmas attīstības saglabāšanas likums;
- 3) ilgtspējīgas attīstības likums (enerģijas vienībās);
- 4) ilgtspējības cikliskās attīstības likums (enerģijas vienībās);
- 5) sociāli ekonomiskās sistēmas enerģijas un naudas plūsmu konvertācijas likums.

1. Sistēmas jaudas (jeb enerģijas plūsmu) nezūdamības likums.

Sistēmas jaudas (energoplūsmu) nezūdamības likums (*Kuznecov, 2015; Odum, 2007*) nosaka, ka sociāli ekonomiskās sistēmas (kā dzīvās atvērtās sistēmas) attīstības procesā, ienākošā enerģijas plūsma (kopējā jauda) $N(t)$ laikā periodā t

ir vienāda ar izejošās lietderīgās enerģijas plūsmas (jaudas) $P(t)$ un jaudas zudumu $G(t)$ summu (formula 1.1.):

$$N(t) = P(t) + G(t), \quad (1.1.)$$

2. Sistēmas attīstības saglabāšanas likums.

Sistēmas ekonomiskās sistēmas attīstības saglabāšanas likums (*Podolinsky, 1881; Vernadsky, 2006; Odum, 2007*) nosaka, ka attīstība tiek saglabāta noteiktā laika periodā pie nosacījumiem, ka saglabājas sistēmas kvalitāte telpiskā un laika dimensijā, kā arī saglabājas nepārtraukts pilnas jaudas izmantošanas (transformācijas) efektivitātes $F(t)$ pieaugums atbilstoši formulai 1.2.:

$$\Delta F(t) = \frac{dF(t)}{dt} \Delta t > 0, \quad (1.2.)$$

kur $F(t)$ – tehnoloģiskās izcilības (ekselences), efektivitātes rādītājs.

Tehnoloģiskās izcilības rādītājs $F(t)$ raksturo sociāli ekonomiskās sistēmas pilnas jaudas izmantošanas (transformācijas) efektivitātes nepārtrauktu pieaugumu saskaņā ar formulu 1.3.:

$$F(t) = \frac{P(t)}{N(t)} \quad (1.3.)$$

Oduma (*Odum, 2007*) formulējumā likums nosaka, ka dominē tās sociāli ekonomiskās sistēmas, kas maksimāli palielina kopējo lietderīgo jaudu no visiem avotiem un elastīgi ar maksimālo efektivitāti sadala šo spēku tām vajadzībām, kas ietekmē izaugsmi un attīstību. Tehnoloģiskās efektivitātes rādītājs $F(t)$ raksturo koncentrēšanos uz zinātniski ietilpīgu “augsto tehnoloģiju” attīstību un pielietojumu, kā arī gatavību pārejai uz nākamo tehnoloģisko posmu energoresursu sadaļā, ko nosaka šādi faktori:

- elektrības patēriņa īpatsvars gala patēriņā un šīs daļas pieauguma temps, kas nosaka ražošanas nepārtraukto procesu un digitalizācijas attīstības līmeni (*Trusina, Jermolajeva, 2022*);
- elektrības ražošanas industrijas attīstības līmeni, ko nosaka energoresursu daļa ar augstāko enerģijas blīvumu energonesējos, pirmkārt kodolenerģija (*Weissbach et al., 2013; Stern et al., 2017*).

Pilnas jaudas tehnoloģiskās (transformācijas) efektivitātes rādītājs $F(t)$ raksturo sociāli ekonomiskās sistēmas iekšējo struktūru, un tā vērtību nosaka tehnoloģiskās paradigmas, pārvaldes paradigmas un cilvēka attīstības paradigmas noteikumi.

3. Ilgtspējīgas attīstības likums (enerģijas vienībās).

Ilgtspējīgas attīstības likums (enerģijas vienībās) (*Bolshakovs et al., 2019; Trusina, Jermolajeva, 2022; Odum, 2007*) nosaka, ka ilgtspējīga attīstība ir nepārtraukts brīvās lietderīgās jaudas veidošanas process ar mērķi palielināt sistēmas iespējas apmierināt esošās pastāvīgās vajadzības, palielinot sistēmas pilnas jaudas efektivitāti, samazinot zudumus un nepalielinot patēriņa jaudu, negatīvas ārējās un iekšējās ietekmes un ierobežoto resursu apstākļos. Ilgtspējīga attīstība tiek atbalstīta ilgtermiņā, ievērojot nosacījumus invariantu koordinātu sistēmā enerģijas vienībās.

Balstoties uz likuma formalizāciju un sistēmas ilgspējīgas attīstības nepieciešamajiem un pietiekamajiem noteikumiem promocijas darba autore formulē galvenās sociāli ekonomiskās sistēmas attīstības tendences (1.1.tabula).

1.1. tabula

**Sociāli ekonomisko sistēmu attīstības tendences atkarībā no sistēmas
jaudas rādītāju izmaiņu virziena**

Nr. p.k.	Sistēmas tendence	Sistēmas jaudas rādītāju izmaiņas				
		Atražošana	dN(t)	dP(t)	dG(t)	dF(t)
1.	Izaugsme	paplašināta	> 0	> 0	> 0	= 0
2.	Attīstība	paplašināta	≥ 0	dP > dN > 0	> 0	> 0
3.	Ilgspējīga attīstība	paplašināta	≥ 0	> 0	< 0	> 0
4.	Neaugsmē	vienkārša	= 0	= 0	≥ 0	= 0
5.	Kritums	samazināta	< 0	< 0	> 0	= 0
6.	Degradācija	samazināta	= 0	< 0	> 0	< 0
7.	Sabrukums	samazināta	= 0	= 0	= 0	= 0

Avots: autores veidota

1. Izaugsme – kopējās lietderīgās jaudas (saražotās produkcijas) pieaugums, galvenokārt pateicoties resursu patēriņa pieaugumam, nevis to izmantošanas efektivitātes pieaugumam.

2. Attīstība – kopējās lietderīgās jaudas (saražotās produkcijas) pieaugums, galvenokārt pateicoties resursu izmantošanas efektivitātes paaugstināšanai, nevis patēriņa pieaugumam.

3. Ilgspējīga attīstība – inovatīvās attīstības reproducēšana ilgtermiņā, ieviešot progresīvas tehnoloģijas un lietderīgās jaudas pieauguma tempa palielināšanu ilgtermiņā.

4. Neaugsmē (nulles izaugsme) jeb stagnācija – kopējās lietderīgas jaudas (saražotās produkcijas) pieauguma neesamība noteiktā laika periodā.

5. Kritums – kopējās lietderīgas jaudas (saražotās produkcijas) kritums, galvenokārt sakarā ar resursu patēriņa kritumu bez tehnoloģiskās efektivitātes pazemināšanās.

6. Degradācija – kopējās lietderīgas jaudas (saražotās produkcijas) kritums ar tehnoloģiskās efektivitātes pazemināšanu; sistēma nevar nodrošināt savu funkciju izpildi, tiek kavēta attīstība.

7. Sistēmas sabrukums – sistēmas pastāvēšanas izbeigšanās process.

Lai izveidotu jaunu pieeju un metodoloģiju sociāli ekonomiskās sistēmas rādītāju novērtēšanai energovienībās, promocijas darba autore šo likuma ietvaros formulē nepieciešamos terminus:

Lietderīgā jauda P(t) ir sociāli ekonomiskās sistēmas darbības rezultātā izveidotā lietderīgā jauda, kas tiek virzīta un izmantota sistēmas spēju palielināšanai apmierināt esošās un nākamās pastāvīgās vajadzības. Lietderīgā jauda ir sistēmas tehnoloģiskās attīstības līmeņa un enerģijas patēriņa struktūras

funkcija un nosaka sociāli ekonomiskās sistēmas intelektuālo spēju attīstīties un tehnoloģisko inovāciju līmeni. Formulētās metodoloģijas ietvaros $P(t)$ izmaiņu tendences analīze ir pamats universālo ilgtspējīgas attīstības un uzraudzības rādītāju noteikšanas pamatstruktūras veidošanai.

Produktivitāte PHPE(t) ir sociāli ekonomiskās sistēmas darbības rezultātā izveidotā lietderīgā jauda uz vienu nodarbināto iedzīvotāju LM(t), kas tiek izmantota sistēmas spēju palielināšanai apmierināt esošās un nākamās pastāvīgās vajadzības.

Dzīves kvalitāte QoLE(t) kā mērķa funkcija enerģijas vienībās tiek definēta kā cilvēka vajadzību apmierināšanai nepieciešamā jauda uz vienu iedzīvotāju M(t) ar mērķi realizēt arvien lielākas iespējas, ņemot vērā vides kvalitāti un tehnoloģiju attīstības līmeni. Jo augstāka ir dzīves kvalitāte, jo lielāks potenciāls nodrošināt sociāli ekonomiskās sistēmas attīstību, izmantojot inovatīvās ekonomikas priekšrocības un instrumentus, lai uzlabotu dzīves telpas kvalitāti tagadējām un nākamajām paaudzēm.

4. Ilgtspējības cikliskās attīstības likums (enerģijas vienībās).

Sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas cikliskās attīstības likums (Kuzņecov, 2015; Odum, 2007) nosaka, ka sociāli ekonomiskās sistēmas attīstības tendencēm un virzieniem ir periodisks raksturs, kas iekļaujas sistēmas dzīves ciklā trijos posmos – augšana, briedums un kritums. Saskaņā ar Kuzņecova (Kuzņecov, 2015) ilgtspējīgas attīstības periodiskuma modeli un Oduma (Odum, 2007) attīstības cikla modeli, sistēmas posmi tiek raksturoti šādi:

- augšanas posms, kurā pastāv iespējas palielināt ieejošās un izejošās enerģijas plūsmas, ir raksturīgs ar lielu izaugsmes ātrumu, vienlaikus ar ievērojamiem jaudas zudumiem. Augšanas posmā veidojas vienkāršas struktūras un produkti, konkurence minimāla. Nepieciešamais noteikums – neierobežoti materiālie, informācijas un enerģijas resursi;

- brieduma posms, kurā, izmantojot iepriekšējā periodā visus pieejamos avotus un uzkrāto potenciālu, sistēma ilgtermiņā nodrošina līdzsvara stāvokli ar augstu un ilgtspējīgu struktūras daudzveidību un sarežģītību. Augsta dzīves kvalitāte un taisnīga sadalījuma princips ir ciešāk saistīts ar ilgtspējīgu brieduma stāvokli nekā ar izaugsmes periodu. Brieduma posmam ir raksturīgi materiālo, informācijas un enerģijas resursu ierobežojumi, maksimāla efektivitāte un minimāli zudumi;

- pēc brieduma posma sākas kritums un tālāka sistēmas iespējamā pārveidošanās vai transformācija. Sociāli ekonomiskā sistēma tālāk var attīstīties vājināšanās virzienā (degradācija un sabrukšana) vai restrukturizācijas un jaunas izaugsmes virzienā. Izaugsmes un attīstības procesā uzvar un dominē tās sistēmas, kas maksimāli palielina kopējo lietderīgo jaudu no visiem avotiem un elastīgi pārdala tām vajadzībām, kas ietekmē turpmāko izaugsmi.

5. Sistēmas enerģijas un naudas plūsmu konvertācijas likums.

Sistēmas enerģijas un jaudas plūsmu konvertācijas likums (Odum, 2007) nosaka, ka naudas un enerģijas aprīte sociāli ekonomiskajās sistēmās ir pašas sabiedrības

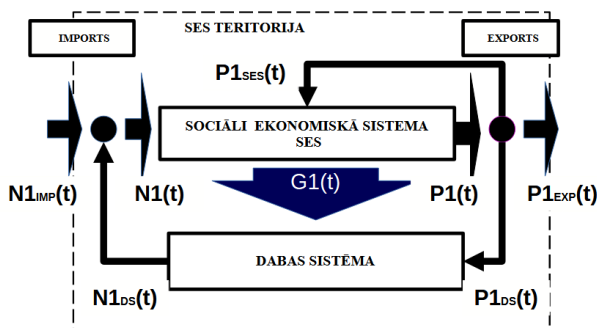
iekšējās organizēšanās mehānisms, lai sasniegtu maksimālās iespējas, kas palīdz uzturēt līdzsvaru starp resursu un produktu plūsmām, kuras notiek pretējā virzienā. Lietderīgās enerģijas plūsma (jauda) ir reālās bagātības mērs. Izmaiņas lietderīgās jaudas izmantošanā vai naudas apritē maina lietderīgās jaudas/ naudas attiecību. Kad apgrozībā ir vairāk naudas, bet reālās bagātības piedāvājums nepalielinās, pirktpēja samazinās un otrādi. Jaudas/ naudas attiecība norāda apgrozībā esošās naudas vienības reālo bagātības ekvivalentu. Attīstīto valstu nacionālajām valūtām ir augsts jaudas/ naudas koeficients, kas piešķir naudai lielāku pirktpēju salīdzinājumā ar attīstības valstīm, kurās šī attiecība ir mazāka.

Noformulētās ilgtspējīgas attīstības koncepcijas (energovienībās) ietvaros ir iespējama jaudas (enerģijas plūsmu) jēdziena ieviešana ilgtspējīgas attīstības definīcijā; attīstības invariantu koordinātu sistēmas ieviešana enerģijas mērvienībās; sociāli ekonomiskās sistēmas attīstības un monitoringa formalizācijas procesa ieviešana, izmantojot energoplūsmu modeli.

Sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas attīstības monitoringa modelis energovienībās

Sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeli (IAMM) ir izveidojusi promocijas darba autore saskaņā ar ilgtspējīgas attīstības koncepciju enerģijas vienībās un noformulētajiem ilgtspējīgas attīstības nepieciešamajiem un pietiekamajiem noteikumiem. Sociāli ekonomiskās sistēmas (SES) ilgtspējīgas attīstības analīzē kā modelis (energovienībās) tiek pieņemts sistēmas gala patēriņa energoplūsmu modelis (1.2. att.). Tā ietvaros gala patēriņa pilnā jauda (enerģijas plūsma) $N1(t)$, ko saņem sociāli ekonomiskā sistēma noteiktā teritorijā, ir vienāda ar plūsmu summu – no dabas sistēmas $N1_{NS}(t)$ un ārējā importa $N1_{IMP}(t)$ plūsmu uz attiecīgo teritoriju. Darbības rezultātā SES zaudē daļu jaudas $G1(t)$ un rada lietderīgo jaudu (energovielu) $P1(t)$.

Pilna gala patēriņa jauda $N1(t)$ sociāli ekonomiskās sistēmas ietvaros tiek izmantota, transformēta un pārveidota par pilnu lietderīgo jaudu $P1(t)$. Lietderīgā jauda $P1(t)$ (darba mērs) nozīmē iespējas jeb saražoto kopproduktu, kas varētu būt izmantojams sistēmas jaudas palielināšanai $P1_{SES}(t)$ vai iedarbībai uz apkārtējo vidi $P1_{DS}(t)$, lai pēc laika dt sabiedrība savā rīcībā varētu saņemt dažādas resursu plūsmas, ko mēra ar vērtību $N1(t+dt)$ – kopējā izdalītā patērētā primārā energoresursu jauda. $N1(t)$ vērtība ir daudzkārt lielāka par $P1(t)$ vērtību. Pēc $N1(t)$ jaudas pārveidošanas un transformācijas sistēma zaudē jaudas daļu $G1(t)$ – zaudētās iespējas. Sistēmas rīcībā esošās jaudas apjoms ir sistēmas iespējamās ietekmes mērs uz vidi. Pieprasījums ir sistēmas nepieciešamās iespējas (jauda), kas šobrīd (konkrētā laikā) nav pieejamas, bet kurām ir jābūt, lai saglabātu attīstību nākotnē.



Avots: autores veidots

1.2. att. Sociāli ekonomisko sistēmu enerģijas jaudas (enerģijas plūsmu) shēma

Pieņemtā modeļa ietvaros sociāli ekonomiskās sistēmas (SES) gala patēriņa pilna jauda $N1(t)$ summāri sastāv no fosilās enerģijas patērētās jaudas (mašīnas, mehānismi un tehnoloģiskie procesi) $N1-T(t)$, elektroenerģijas patēriņa jaudas $N1-E(t)$, kā arī pārtikas un barības patēriņa jaudas $N1-F(t)$. Katra no šīm atsevišķajām plūsmām veido lietderīgo jaudu ($P1-E$, $P1-T$, $P1-F$), kas summāri dod pilnu lietderīgo jaudu $P1(t)$. Sistēmas jaudas zudumi $G1(t)$ veidojas pēc tā paša principa.

Atbilstoši Klārka-Fišera strukturālo izmaiņu teorijai (*Trusina et al., 2023*), pilnu gala patēriņa jaudu $N1(t)$, lietderīgo jaudu $P1(t)$ un jaudu zudumus $G(t)$ iespējams sadalīt trīs plūsmās pa nozarēm – industriālās nozares plūsmā (IND), lauksaimniecības ieguves un mežsaimniecības nozares plūsmā (AG) un visa veida pakalpojumu plūsmā (ST). Savukārt katras nozares enerģijas plūsmas summāri sastāv no fosilās patērētās enerģijas jaudas (mašīnas, mehānismi un tehnoloģiskie procesi) $N1-T(t)$, elektroenerģijas patēriņa jaudas $N1-E(t)$ un pārtikas un barības patēriņa jaudas $N1-F(t)$.

Sistēmas patērētā enerģijas plūsma jeb gala patēriņa pilnā jauda $N1(t)$ ietver visu veidu energoresursus, kas nepieciešami dzīvības, ražošanas, tehnoloģisko un citu procesu nodrošināšanai saskaņā ar 1.4. formulu:

$$N1(t) = N1-T(t) + N1-E(t) + N1-F(t), \quad (1.4.)$$

kur:

$N1(t)$ – gala patēriņa pilna jauda;

$N1-T(t)$ – fosilā patērētā jauda (mašīnas, mehānismi un tehnoloģiskie procesi);

$N1-E(t)$ – elektrības patēriņa jauda;

$N1-F(t)$ – pārtikas un barības patēriņa jauda.

Galapatēriņa enerģijas plūsmu summa nosaka sabiedrības vajadzības un potenciālu, ekonomikas apjomu (*Podolinsky, 1881; Bauer, 2002; Shamaeva, 2019*). Saskaņā ar dzīvo sistēmu jaudas saglabāšanas likumu (*Kuznecov, 2015*), galvenais sociāli ekonomisko sistēmu attīstības mērķis ir darbības rezultātā

palielināt lietderīgās jaudas $P(t)$ apjomu un samazināt zaudējumus $G1(t)$. IAMM ietvaros sistēmas lietderīgā jauda $P1(t)$ aprēķināma saskaņā ar formulu 1.5.:

$$P1(t) = N1 - T(t) \times J_T + N1 - E(t) \times J_E + N1 - F(t) \times J_F, \quad (1.5.)$$

kur:

J – enerģijas pārveidošanas rādītāji konkrētiem resursiem. 2019. gada dati: fosilai degvielai $J_T = 0.25$; pārtikai $J_F = 0.05$ (UNSC, 1974; Lindeman, 1942); elektrībai $J_E = 0.80 + EA \times 0.20$, kur EA – elektrības daļa, kas saņemta no kodolenerģijas avotiem.

Jaudas zudumi $G1(t)$ ir starpība starp sistēmas pilnu jaudu un lietderīgo jaudu, kas izteikta vatos (W), ko aprēķina saskaņā ar 1.6. formulu:

$$G1(t) = N1(t) - P1(t) \quad (1.6.)$$

Promocijas darba autore ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa rādītāju minimālās kopas aprēķinam izmanto rādītājus no oficiālām datu bāzēm un 15 izvēlēto analizējamo valstu enerģijas bilancēm (*EuroStat, IEA, World Bank*). IAMM ietvaros, un saskaņā ar iepriekš aprakstītajiem ilgtspējīgās attīstības likumiem, definēta ilgtspējīgas attīstības rādītāju minimālā kopa (1.2. tabula).

1.2. tabula

Ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa (IAMM) rādītāju minimālā kopa

Nr. p.k.	Rādītājs	Apzīm.	Mērv.	Formula
1.	Pilna gala patēriņa jauda, sistēmas apjoms, vajadzības	N1	W	Formula 1.4.
2.	Lietderīgā jauda, sistēmas iespējas, inovāciju līmenis	P1	W	Formula 1.5.
3.	Gala patēriņa jaudas zudumi, sistēmas zaudētās iespējas, ietekme uz vidi	G1	W	Formula 1.6.
4.	Tehnoloģiskā efektivitāte	F1	%	$F1 = P1 / N1$
5.	Vides kvalitāte	Q1	%	$Q1 = G1(t-1) / G1(t)$
6.	Elektrības gala patēriņa daļa no gala patēriņa	E1	%	$E1 = N1 - E / N1$
7.	Ekoloģiskā pēda	FOOT	W	$FOOT = G1 / S$
8.	Gala patēriņa jauda uz 1 iedz.	D1	W	$D1 = N1 / M$
9.	Elektrības gala patēriņa jauda uz 1 iedzīvotāju	D1-E	W	$D1 - E = N1 - E / M$
10.	Lietderīgā jauda uz 1 iedzīvotāju	U1	W	$U1 = P1 / M$
11.	Produktivitāte uz 1 nodarbināto	PHPE	W	$PHPE = P1 / LM \times M$
12.	Dzīves kvalitāte uz 1 iedzīvotāju	QoLE	W	$QoLE = U1 \times Q \times TAN / 100$

Avots: autore veidota

Ilgtspējīgas attīstības modelis ietver rādītājus energovienībās un arī integrētos rādītājus uz vienu iedzīvotāju, tai skaitā gala patēriņa jaudu uz vienu iedzīvotāju D1; elektroenerģijas gala patēriņa jaudu uz vienu iedzīvotāju D1-E; dzīves standartu kā gala patēriņa lietderīgo jaudu uz vienu iedzīvotāju U1; produktivitāti energovienībās kā gala patēriņa lietderīgo jaudu uz vienu nodarbināto PHPE; dzīves kvalitāti enerģijas vienībās uz vienu iedzīvotāju QoLE.

1.5. Sociāli ekonomiskās sistēmas novērtēšanas metodoloģija

Ilgtspējīgas attīstības koncepcijas energovienībās kontekstā un IAMM ietvaros, novērtēšanas Objekts ir telpiski ierobežota sistēmas *daba-sabiedrība-cilvēks* daļa (apakšsistēma), kurā ir dabas resursi, apdzīvotība un saimniekošanas sistēma, kas veic vadības darbības dzīvības uzturēšanai un attīstībai. Promocijas darba ietvaros tiek identificēti seši sociāli ekonomisko vērtējamo Objektu līmeņi sistēmā *daba-sabiedrība-cilvēks*: 1. Pasaule. 2. Reģions. 3. Valsts. 4. Pašvaldība. 5. Pilsēta. 6. Sabiedrība. To var definēt kā *ligzdotu sistēmu* (Bolshakov et al, 2019; Bossel, 2002). Katrs no Objekta sešiem līmeņiem var tikt izskatīts kā Vērtējamais Objekts. Katram Vērtējamam Objektam (1. līmenis) ir ārējā vide (3. līmenis) un iekšējā vide (2. līmenis). Visos līmeņos notiek mijiedarbība arī ar apkārtējo vidi.

Vērtējamā Objekta kā sociāli ekonomiskās sistēmas esošā stāvokļa novērtēšana notiek šādā secībā pa līmeņiem:

1. līmenis. Vērtējamais objekts kopumā (tiek vērtēts 3 posmos).

1.posms. Objekta vērtējums naudas izteiksmē.

Saskaņā ar Starptautiskā Valūtas fonda (SVF) rekomendācijām, 1.3. tabulā ir apkopoti rādītāji, kā arī papildus rādītāji, kas raksturo Vērtējamo Objektu kopumā. Ilgtspējīgas attīstības izstrādes procesā katra valsts papildus izvēlas sociāli ekonomiskos rādītājus.

2.posms. Objekta vērtējums enerģijas vienībās.

Saskaņā ar ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeli, sistēmas energoplūsmu modeli un jaudas izmaiņu sistēmanalīzi, tiek aprēķināti Vērtējamā Objekta ilgtspējīgas attīstības rādītāji analizējamā periodā.

Izveidotā ilgtspējīgas attīstības modeļa integrēto rādītāju minimālā kopa varētu noteikt soaicāli ekonomiskās sistēmas potenciālu ilgtspējīgai attīstībai. Šajā posmā pēc pilnas gala patēriņa jaudas $N1(t)$ un elektrības gala patēriņa jaudas $N1-E(t)$ laika rindu analīzes tiek identificēti kritiskie punkti, sistēmas izaugsmes, attīstības vai neaugsmes un krituma intervāli. Intervālos tiek analizēta energoresursu ieejošās plūsmas, lietderīgās jaudas $P1(t)$, produktivitātes PHPE(t) un dzīves kvalitātes QoLE(t) izmaiņas. Sociāli ekonomiskās sistēmas lietderīgās jaudas $P1(t)$ izmaiņas nosaka augšanas, brieduma un krituma posmus.

Sociāli ekonomiskās sistēmas (valsts) attīstības rādītāju minimālā kopa

Nr. p.k.	Rādītājs	Apzīm.	Mērv.
1.	Iekšzemes kopprodukts pēc pirktspējas paritātes	IKP PPP	ASV dolāri
2.	Iekšzemes kopprodukts pēc pirktspējas paritātes uz 1 iedzīvotāju	PPX	ASV dolāri
3.	Iedzīvotāji	M	skaitis
4.	Preču un pakalpojumu eksports, % no IKP	EXP	%
5.	Neto enerģijas importa daļa, % no enerģijas patēriņa	IMPE	%
6.	Koriģētie neto ietaupījumi uz 1 iedzīvotāju	ANS	ASV dolāri
7.	Nodarbinātie iedzīvotāji, % no iedzīvotāja skaita	LM	%
8.	Rūpniecības (ieskaitot būvniecību) pievienotā vērtība, % no IKP	IN	%
9.	Lauksaimniecības, mežsaimniecības un zivsaimniecības pievienotā vērtība, % no IKP	AG	%
10.	Pakalpojumu (ieskaitot transporta) pievienotā vērtība, % no IKP	ST	%
11.	Teritorija	S	km ²
12.	Cilvēka dzīves ilgums	TAN	gadi

Avots: autores apkopotie dati no Pasaules Bankas, EuroStat, ANO UNDATA datu bāzēm

3.posms. Objekta naudas un enerģijas plūsmu mijiedarbības un konvertācijas vērtējums.

Naudas plūsmu un enerģijas plūsmu konvertācijas novērtējums

Vērtējamo sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) naudas un enerģijas plūsmu sabalansētības nolūkā tika aprēķināts naudas/ jaudas konvertācijas koeficients laika posmā no 1990. līdz 2019. gadam. Saskaņā ar aprēķinātajiem datiem, 2007. gadā pasaules vidējā naudas/ jaudas attiecība bija 21 ASV dolārs par vienu vatu (1.3. att.). Šī rādītāja vērtība pasaulē pieauga, kas nozīmēja pirktspējas pieaugumu (5. likums). Konvertācijas koeficienta PW vidējās pasaules vērtības izmaiņas grafika ekstrapolācija parāda (1.3. att.), ka 1971. un 1972. gadā koeficienta vērtība bija $PW=1$, kas nozīmē $1W=1\$$ jeb sabalansētu izaugsmi un attīstību. Konvertācijas koeficienta PW vērtību noteikā gadā var aprēķināt pēc formulas 1.7.:

$$PW = 0.5863 (\text{gadskaitlis}) - 1156 \quad (1.7.)$$

Pētījuma ietvaros tika aprēķinātas un izmantotas šādas WP koeficienta vērtības:

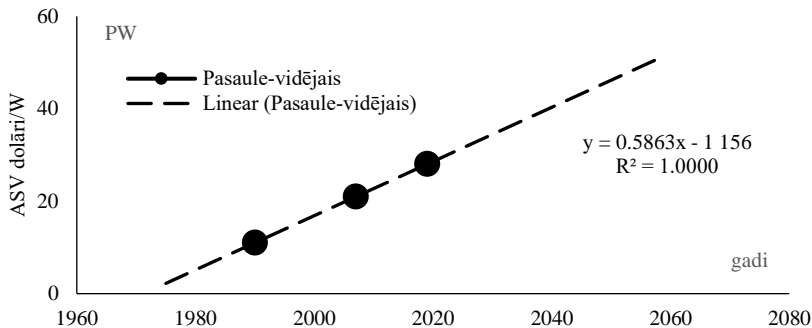
Gads	1990.	2000.	2010.	2020.	2030.	2040.	2050.	2060.
PW	11	17	22	28	34	40	46	52

Iekšzemes kopproduktu pēc pirktspējas paritātes uz vienu iedzīvotāju PPXE (pēc jaudas analīzes metodes) un atšķirību ar PPX (pēc IKP PPP analīzes metodes), kas apzīmēts ar $SK(t)$, var aprēķināt pēc formulām 1.8. un 1.9.:

$$PPXE(t) = U1(t) \times PW(t) \quad (1.8.)$$

$$SK(t) = PPX(t) - PPXE(t), \quad (1.9.)$$

Pasaules vidējo naudas/ jaudas konvertācijas koeficientu PW promocijas darba ietvaros autore izmanto naudas plūsmas noteikšanai, kas ir nodrošināta ar lietderīgās jaudas (enerģijas plūsmu) apjomu.



Avots: autore aprēķini

1.3. att. **Naudas/ jaudas konvertācijas rādītāja PW izmaiņas 1990.-2019. gadā**

Naudas plūsmas un enerģijas plūsmas cēloņsakarības analīze

Valstu IKP PPP un jaudas patēriņa korelācijas novērtējums tika veikts, izmantojot Pīrsona koeficientu, Grendžera cēloņsakarības testu un Durbina-Vatsona testu. Pārbaudē tika izmantots lineārās daudzregresijas modelis, lai pārbaudītu attiecības starp vienu atkarīgo mainīgo (endogēno) un vairākiem neatkarīgiem (eksogēniem) mainīgajiem. Izvēlētie mainīgie: gala energoresursu patēriņa jauda $N1(t)$; elektrības patēriņa jauda $N1-E(t)$; lietderīgā jauda $P1(t)$; elektrības daļa kopējā gala patēriņā $E(t)$. Papildus iegūtajiem datiem tika veikts Durbina-Vatsona tests.

2. līmenis. Objekta iekšējā vide.

Sociāli ekonomiskās sistēmas (valsts) jaudu un naudas plūsmu analīze pēc Kaldora sektorālā modeļa

Otrajā līmenī analizēta Objekta ekonomikas sektorālā struktūra, izmantojot rādītājus naudas vienībās un energovienībās. 1.4. tabulā iekļauti rādītāji, kas atspoguļo Objekta IKP PPP sektorālo struktūru. Rādītāji izveidoti *Kaldora ekonomikas sektorālā modeļa* formalizācijas rezultātā, un AG apzīmē lauksaimniecības, mežsaimniecības un zivsaimniecības īpatsvaru IKP, bet IN - rūpniecības (ieskaitot būvniecību) īpatsvars IKP. Atbilstoši STINA rādītāja vērtībai, kas raksturo IKP ražošanas un neražošanas daļu īpatsvaru attiecību, promocijas darba autore izveidoja sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) ekonomiku klasifikāciju (1.5. tabula).

Sociāli ekonomiskās sistēmas sektorālie rādītāji

Nr. p.k.	Rādītājs	Apzīm.	Formula
1.	Industrializācijas faktors, naudas vienībās	STINA	$= (100 - IN - AG) / (IN + AG)$
2.	Lauksaimniecības faktors, naudas vienībās	I-STINA	$= IN / AG$
3.	Industrializācijas nodarbinātības faktors, naudas vienībās	EMINA	$= (100 - LM_{IN} - LM_{AG}) / (LM_{IN} + LM_{AG})$
4.	Lauksaimniecības nodarbinātības faktors	EMISA	$= LM_{IN} / LM_{AG}$
5.	Industrializācijas faktors, energovienībās	STINA-E	$= (100 - (N1_{IN}) - (N1_{AG})) / ((N1_{IN}) + (N1_{AG}))$
6.	Lauksaimniecības faktors, energovienībās	ISTINA-E	$= (N1_{IN}) / (N1_{AG})$
7.	Industrializācijas faktors naudas vienībās attiecībā pret faktoru energovienībās	STINA-R	$= STINA / STINA-E$
8.	Lauksaimniecības faktors naudas vienībās attiecībā pret faktoru energovienībās	ISTINA-R	$= ISTINA / ISTINA-E$

Avots: autores veidota

Izveidotā klasifikācija tika aprobēta, aprēķinot rādītājus vairāk kā 30 pasaules valstīm, un dati salīdzināti ar Starptautiskā valūtas fonda klasifikāciju.

Sektorālo rādītāju klasifikācija

Apzīm.	STINA vērtība	Ekonomikas un sabiedrības apraksts pēc autores klasifikācijas	SVF klasifikācija
IS	4.0 <	Postindustriālā ekonomika Informācijas un zināšanu sabiedrība	Attīstīta ekonomika
PE	3.1 – 3.9	Pārejas ekonomika	Attīstīta ekonomika
HT	2.1 – 3.0	Augstu tehnoloģiju ekonomika	Attīstīta ekonomika
IN	1.0 – 2.0	Industriālā ekonomika	Attīstības ekonomika
AG	< 1.0	Industriālā un agrārā ekonomika, vāja infrastruktūra	Attīstības ekonomika

Avots: autores veidota

Klasifikācija sākas no postindustriālās sabiedrības un ekonomikas ar augstu IKP līmeni uz vienu iedzīvotāju un lielu servisa daļu (IS grupa) līdz valstīm ar industriālo un agrāro ekonomiku ar zemu servisa un infrastruktūras līmeni (AG grupa).

3. līmenis. Objekta mijiedarbība ārējā vidē, pozicionēšana un konkurētspēja pasaulē.

Objekta novērtēšanai ārējā vidē tiek ieviesti integrālie rādītāji valsts pozīcijas novērtējumam pasaules mērogā (1.6. tabula).

1.6. tabula

Sociāli ekonomiskās sistēmas rādītāji valsts novērtējumam pasaules līmenī

Nr. p.k.	Rādītājs	Apzīm.	Formula vai avots
1.	Valsts iedzīvotāju daļa pasaulē	m_i	$m_i = M_i / M_w$
2.	Valsts IKP īpatsvars pasaules IKP	ikp_i	$ikp_i = IKP_i / IKP_w$
3.	Valsts elektrības patēriņa jaudas daļa pasaulē	e_i	$e_i = N1-E_i / N1-E_w$
4.	Valsts gala patēriņa jaudas daļa pasaulē	n_i	$n_i = N1_i / N1_w$
5.	Valsts lietderīgās jaudas daļas vērtība pasaulē	p_i	$p_i = P_i / P_w$
6.	<i>VALSTS GLOBĀLĀ KONKURĒTSPĒJA</i> – valsts relatīvais svars pēc lietderīgās jaudas $P(t)$ un iedzīvotāju skaita $M(t)$	WM_i	$WM_i = p_i / m_i$
7.	<i>VALSTS TEHNOLOĢISKĀ KONKURĒTSPĒJA</i> – valsts relatīvais svars pēc elektrības gala patēriņa jaudas $E(t)$ un iekšzemes kopprodukta $IKP(t)$	WE_i	$WE_i = e_i / ikp_i$
8.	<i>VALSTS ILGTSPĒJĪBAS POTENCIĀLS</i> – valsts relatīvais svars pēc lietderīgās jaudas $P(t)$ un iekšzemes kopprodukta $IKP(t)$	WP_i	$WP_i(t) = p_i(t) / ikp_i(t)$

Avots: autores veidota

Valstu mijiedarbības integrālie rādītāji

Vērtējamo valstu mijiedarbības un savstarpējās ietekmes analīzei izmantota rādītāju matrica attiecīgajā gadā – valstis/ valstu ilgtspējīgas attīstības rādītāji enerģijas vienībās V_{ij} (1.7. tabulā).

1.7. tabula

Vērtējamo valstu rādītāju matrica attiecīgā gadā

Valsts	1. rādītājs	2. rādītājs	...	...	12. rādītājs
1. valsts	V_{11}$	...	...	...	V_{1,12}$
...
N. valsts	$V_{N,1}$	...	...	...	V_{N12}

Avots: autores veidota

Izmantojot korelācijas funkciju, aprēķināta un izveidota mijiedarbības korelācijas matrica. Aprēķinātais korelācijas koeficients ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa (IAMM) ietvaros raksturo valstu mijiedarbības līmeni.

Sistēmas stāvokļa definēšana invariantu koordinātu sistēmā

No ilgtspējīgas attīstības koncepcijas enerģijas vienībās izriet, ka attīstība ir ilgtspējīga, ja ir izpildīti šādi noteikumi:

NEPIECIEŠAMĀIS NOTEIKUMS ir sistēmas lietderīgās jaudas izmaiņas $\Delta P1(t)$ pozitīva dinamika.

PIETIEKAMIE NOTEIKUMI ir:

- tehnoloģiskās efektivitātes izmaiņas $\Delta F(t)$ pozitīva dinamika;
- jaudas zudumu izmaiņas $\Delta G(t)$ negatīva dinamika.

Galvenie rādītāji sistēmas iespējamo stāvokļu un mērķu formulēšanai apkopoti 1.8. tabulā.

1.8. tabula

Galvenie rādītāji potenciālo mērķu veidošanai

Nr. p.k.	Rādītājs	Apzīm.	Izmaiņas	Izmaiņu ātrums	Izmaiņu paātrinājums
1.	Lietderīgā jauda	P1	dP1	d ² P1	d ³ P1
2.	Pilna gala patēriņa jauda	N1	dN1	d ² N1	d ³ N1
3.	Elektrības patēriņa jauda	N1-E	dN1-E	d ² N1-E	d ³ N1-E
4.	Jaudas zudumi	G1	dG1	d ² G1	d ³ G1
5.	Tehnoloģiskā ekselence	F1	dF1	d ² F1	d ³ F1
6.	Elektrības patēriņa daļa	E1	dE1	d ² E1	d ³ E1
7.	Produktivitāte	PHPE	dPHPE	d ² PHPE	d ³ PHPE
8.	Dzīves kvalitāte	QoLE	dQoLE	d ² QoLE	d ³ QoLE

Avots: autores veidota

Anālizē sākas no izaugsmes, neaugsmes vai attīstības krituma identifikācijas, kas varētu ilgt kā minimums trīs gadus. Tālāk – ne mazāk kā deviņu gadu nepārtraukta perioda laikā tiek analizēti iespējamie attīstības varianti, un nākamais analizējamais periods ir ne mazāk ka 27 gadi jeb ilgtspējīga attīstība. Līdzīgā veidā izmaiņas tiek sadalītas visos ilgtspējīgas attīstības rādītājos. Iegūtās rādītāja vērtības ļauj identificēt mērķa stāvokli un pēc tam aprēķināt valsts kā vērtējamā Objekta nepieciešamo nākotnes stāvokli un vajadzības. Dažādi attīstības scenāriji atspoguļoti 1.9. tabulā.

1.9. tabula

Objekta attīstības tendences formalizācijas apraksta piemēri

Nr. p.k.	Tendence	dM	dP	dN	dG	dF	dQoLE	d ² N	d ² P	d ² QoLE
1.	Izaugsme	> 0	> 0	> 0	> 0	> 0	> 0	> 0	= 0	= 0
2.	Attīstība	> 0	> 0	> 0	≥ 0	> 0	> 0	> 0	> 0	> 0
3.	Ilgspējīga attīstība	> 0	> 0	> 0	< 0	> 0	> 0	> 0	> 0	> 0
4.	Neaugums	< 0	= 0	= 0	≤ 0	= 0	= 0	= 0	= 0	= 0
5.	Kritums	< 0	< 0	< 0	> 0	= 0	< 0	> 0	> 0	> 0
6.	Degradācija	< 0	< 0	< 0	> 0	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0

Avots: autores veidota

Katrs mērķis atbilst noteiktam sociāli ekonomiskās sistēmas stāvoklim. Lai noteiktu atbilstību starp mērķa tipu un Objekta pašreizējo stāvokli, ir jāaprēķina mērķa rādītāju vērtības noteiktam laikam, un iegūtais rezultāts jāsaista ar iespējamo mērķa. Rezultātā var saņemt atbildi uz jautājumu: kāda veidā mērķi atbilst Objekta esošajam stāvoklim.

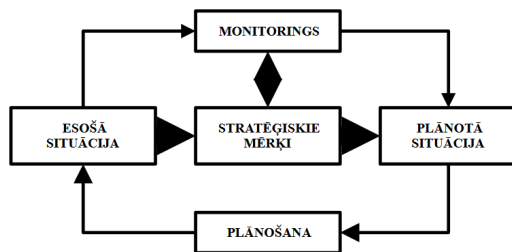
Nākamais posms ir sociāli ekonomiskās sistēmas attīstības stratēģiskās vīzijas, mērķu un rādītāju formulēšana. Balstoties uz ilgtspējīgas attīstības koncepcijas galveniem definējumiem, sociāli ekonomiskās sistēma (valsts) ir sarežģīta nelineāra sistēma, tāpēc nevar izmantot lineārās prognozēšanas metodes, tai skaitā ekstrapolācijas, lineārās regresijas un citas. Ilgtspējīgas attīstības prognozes modeļi promocijas darba ietvaros tiek veidoti ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa (IAMM) ietvaros, izmantojot scenāriju pieeju un formulējot scenāriju modeļus. Galvenie scenāriju izstrādes modelēšanas nosacījumi ietver:

- sistēmas vīzijas veidošanu, kas ir vēlamās nākotnes veidošana, kuru iespējams īstenot vislabvēlīgākajos apstākļos. Vīzija ietver misijas un mērķu definēšanu.
- Prognozēšanu, kas ietver nākotnes attīstības prognozēšanu, pamatojoties uz pašreizējo notikumu un tendenču analīzi, izmantojot statistikas vai ekonomiskās metodes. Prognoze ir vērsta uz kvantitatīviem raksturlielumiem un neņem vērā visus riskus. Iespējamiem notikumiem ir jābūt ar augstu varbūtības līmeni, ka tie notiks.
- Scenāriju veidošanu, kas ir iespējamo notikumu attīstības apraksts nākotnē, kas balstās uz noteiktiem nosacījumiem un pieņēmumiem.

Plānojot scenārijus, vīzijas un prognozes tiek izmantotas kā ievade, bet scenāriji darbojas kā procesa gala rezultāts. Visu veidu mērķus var izmantot kā analīzes iespējas saskaņā ar procedūrām IAMM modeļa ietvaros. Iespējamos mērķa rādītājus var izmantot kā sākotnējos uzstādījumus: populācija (iedzīvotāju skaits), kas nesamazinās; ražošanas dubultošana; iedzīvotāju dzīves līmeņa dubultošana; dzīves kvalitātes uzlabošana.

Sistēmas ilgtspējīgas attīstības monitoringa koncepcija un integrētie rādītāji

Rādītāju sistēmas izstrādi nosaka monitoringa objekts, priekšmets, mērķis un uzdevumi, kā arī izveidotā metodiskā bāze. Turklāt ir nepieciešams noteikt pētāmā Objekta (valsts kā sociāli ekonomiskās sistēmas – SES) būtiskākās īpašības gan kopumā, gan atsevišķiem elementiem. Rādītājiem jāatbilst vairākiem nosacījumiem: izmērāmība, pieejamība, uzticamība, salīdzināmība, periodiskums. Sociāli ekonomiskās sistēmas monitoringa struktūra ietver vairākus elementus (1.4. att.).



Avots: autores veidots

1.4. att. Monitoringa sistēmas struktūra

SES uzraudzības sistēmas darbības organizācija ietver vairākus secīgus posmus: (1) uzraugāmā objekta esošā stāvokļa nepārtraukta uzraudzība; (2) informācijas bāzes veidošana par objektu dinamiskā; (3) objekta stāvokli un attīstību ietekmējošo faktoru izpēte; (4) kontrole pār objektu izmaiņu raksturu; (5) noviržu un to cēloņu novērtējums, pamatojoties uz kritēriju (rādītāju) sistēmu.

2. DAŽĀDU SOCIĀLI EKONOMISKO SISTĒMU (VALSTU) ATTĪSTĪBAS RĀDĪTĀJU IZMAIŅU ANALĪZE NAUDAS IZTEIKSMĒ UN ENERGOVIENĪBĀS

Lai aprobētu promocijas darba autores izveidoto **ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeli (IAMM)**, 2. nodaļā analizētas dažādas sociāli ekonomiskās sistēmas (valstis) (2.1. tabula) saskaņā ar darbā aprakstīto teoriju (1.4., 1.5. apakšnodaļā) un salīdzinot valstu rādītājus pēc divām metodēm: (1) IKP naudas izteiksmē; (2) attīstības rādītājiem invarianu koordinātu sistēmā energovienībās, pamatojoties uz promocijas darba autores metodi, kas balstās uz Kuzņecova un Oduma modeļiem. Tādējādi iegūti atšķirīgi analizējamo sociāli ekonomisko sistēmu ilgtspējīgas attīstības novērtēšanas rezultāti, un izskaidrota to nozīme ne tikai valsts esošās (konkrētās) situācijas novērtēšanā, bet it īpaši turpmākās attīstības prognozēšanā un monitorēšanā.

Promocijas darba ievaros tika izvēlētas, analizētas un novērtētas **15 sociāli ekonomiskās sistēmas (valstis) trīs grupās** (2.1.tabula):

- 1) piecas attīstītās valstis – ASV, Japāna, Itālija Francija, Vācija;
- 2) piecas attīstības valstis – Brazīlija, Dienvidāfrika, Indonēzija, Ķīna, Turcija;
- 3) piecas ES jaunās valstis – Horvātija, Igaunija, Latvija, Lietuva un Ungārija.

Saskaņā ar Starptautiskā Valūtas fonda lietoto terminoloģiju, **attīstītās ekonomikas** ir termins, ar kuru apzīmē pasaules **attīstītākās valstis** (*SVF ziņojums, 2020*). SVF 2020. gadā klasificēja 39 valstis kā valstis ar attīstītu ekonomiku, un septiņas no tām ir postindustriālās valstis, kas veido zināšanu sabiedrību: ASV, Kanāda, Japāna, Lielbritānija, Vācija, Francija, Itālija.

Promocijas pētījumā 1. grupā tika izvēlētas ASV, Japāna un trīs ES valstis – Francija, Vācija, Itālija – kā ES lielākās ekonomikas.

2.1.tabula

Visu vērtējamo valstu raksturojums 2019. gadā

Grupa	Valsts	Apzīm.	PPX*	S**	SVF klasifikācija	Specifiskie faktori
1. grupa Attīstītās valstis	ASV	US	57.4	3 796	Attīstītās valstis	Lielākās attīstītās ekonomikas pasaulē
	Vācija	DE	50.5	357		
	Francija	FR	65.1	633		
	Itālija	IT	45.8	302		
	Japāna	JP	42.3	378		
2.grupa Attīstības valstis	Brazīlija	BR	15.3	8 516	Attīstības valstis	Jaunās industrializētās ekonomikas (NIC)
	Dienvīdāfrika	ZA	14.4	1 221		
	Ķīna	CN	16.6	9 597		
	Turcija	TR	27.7	784		
	Indonēzija	ID	12.4	1905		
3.grupa ES jaunās valstis	Latvija	LV	32.9	65	Attīstītās valstis	Ekonomikas un sabiedrības transformācija
	Lietuva	LT	39.9	65		
	Igaunija	EE	39.0	45		
	Ungārija	HU	34.6	93		
	Horvātija	HR	31.6	49		

* tūkstoši ASV dolāru

** valsts teritorija 2019. gadā (10³ km²)

Avots: autoreis veidota pēc Pasaules Bankas datiem

Promocijas darba ietvaros tika analizētas piecas attīstības valstis – Brazīlija, Indonēzija, Ķīna, Turcija un Dienvīdāfrika (2. grupa), kas, pēc ekspertu viedokļa, tiek definētas kā jaunās industrializētās valstis (SVF ziņojums, 2016). 2020. gadā SVF klasificēja šīs valstis kā **attīstības ekonomikas** jeb **jaunās ekonomikas**.

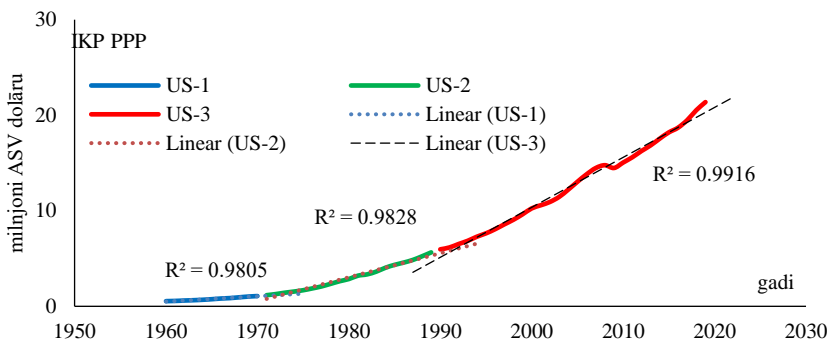
Promocijas pētījumā trešajā valstu grupā tika izvēlētas un analizētas piecas ES jaunās valstis, kurās pēc 1991. gada bija strauja ekonomikas un sabiedrības transformācija – **Latvija**, Lietuva, Igaunija, Ungārija un Horvātija. Pēc SVF klasifikācijas, tās kā ES dalībvalstis ir pieskaitāmas pie **attīstītām valstīm**.

2.1. Vērtējamo sociāli ekonomisko sistēmu attīstības rādītāju izmaiņu analīze naudas un enerģijas vienībās

Vērtējamo attīstīto valstu IKP rādītāju analīze naudas izteiksmē

Amerikas Savienoto valstu iekšzemes kopprodukta pēc pirkspējas paritātes IKP PPP no 1960. līdz 2019. gadam, bet Francijas, Vācijas, Itālijas un Japānas rādītāju no 1990. līdz 2019. gadam izmaiņu grafikam ir lineārs raksturs (2.1. att. un 2.2. att.). Kritiskais punkts bija 1990. gadā, bet pēc tam līdz 2019. gadam IKP PPP pieauguma ātrums palielinājās vairāk kā divas reizes pret iepriekšējo

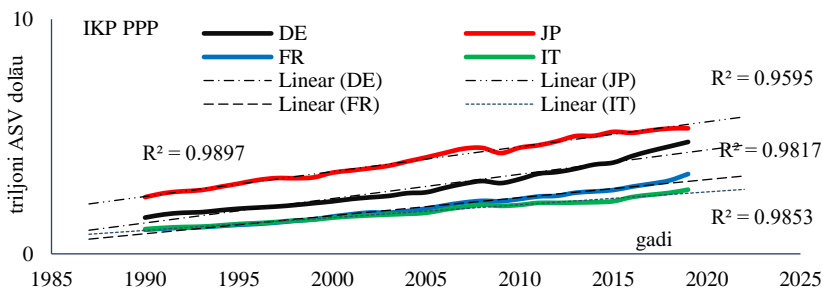
periodu. Šis periods raksturojas ar Padomju Savienības sabrukumu un ASV (US) paziņojumu par postindustriālas sabiedrības izveidošanu. Laika periodā no 1990. līdz 2019. gadam tika analizēta Japāna (JP) un izvēlētās trīs Eiropas Savienības attīstītās valstis – Vācija (GE), Itālija (IT) un Francija (FR).



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.1. att. Vērtējamās Amerikas Savienoto Valstu (US) IKP PPP izmaiņas 1960.-2019. gadā

Vācijas, Japānas, Itālijas un Francijas iekšzemes kopprodukta pēc pirktspējas paritātes IKP PPP(t) izmaiņu grafikam (2.2. att.) ir lineārs raksturs ar augstu determinācijas koeficienta R^2 vērtību no 0.96-0.99.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.2. att. Vērtējamo četru attīstīto valstu (DE, FR, IT, JP) IKP PPP izmaiņas 1990.-2019. gadā

Atbilstoši Kaldora ekonomikas sektorālajam modelim, visās vērtējamās attīstītajās valstīs laika periodā no 1990. līdz 2019. gadam turpināja pieaugt pakalpojumu (ieskaitot transporta) ekonomikas sektora ST(t) pievienotā vērtība kā IKP PPP daļa. Saskaņā ar promocijas darba autores Kaldora modeļa formalizāciju un 1.15. tabulā definētajiem rādītājiem, vērtējamām valstīm tika aprēķināti rādītāji 2019. gadā (2.2. tabula).

Vērtējamo attīstīto valstu sektorālie rādītāji un ekonomikas klasifikācija 2019. gadā

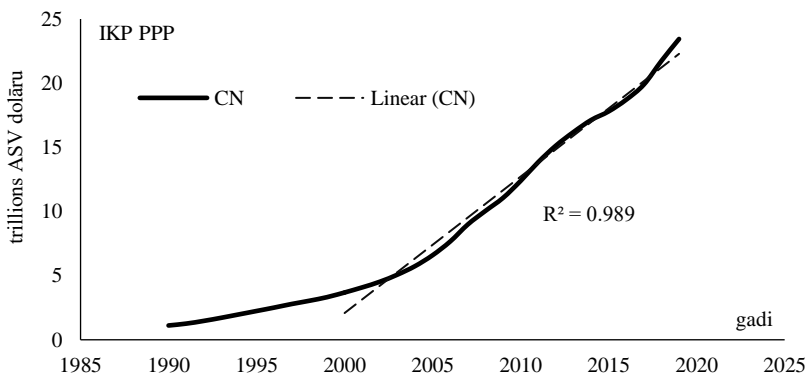
Valsts	STINA	I-STINA	EMISA	EMINA	SVF klasifi kācija	Autores piedāvātā ekonomikas klasifikācija	
US	4.3	22	4	12	Attīstīta	IS	Postindustriālā
FR	4.3	11	3	8	Attīstīta	IS	Postindustriālā
IT	3.3	11	4	9	Attīstīta	PE	Pārejas
DE	2.6	35	2	23	Attīstīta	HT	Augsto tehnoloģiju
JP	2.4	28	3	21	Attīstīta	HT	Augsto tehnoloģiju

Avots: autores veidota

Neskatoties uz to, ka SVF definējis analizējamās valstis kā attīstītas, pēc promocijas darba autores piedāvātās valstu ekonomikas klasifikācijas, šīm piecām attīstītajām valstīm ir atšķirīgs STINA rādītājs, kas savukārt raksturo atšķirīgu industrializācijas līmeni.

Vērtējamo attīstības valstu IKP PPP rādītāju analīze naudas izteiksmē

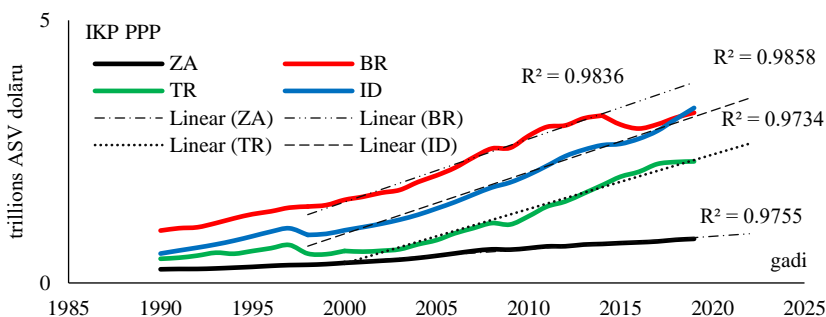
Brazīlijā (BR), Indonēzijā (IN), Ķīnā (CN), Turcijā (TR) un Dienvidāfrikā (ZA) iekšzemes kopprodukta pēc pirktspējas paritātes IKP PPP(t) izmaiņu grafikam 1990.-2019. gadā ir lineārs raksturs (2.3. att. un 2.4. att.).



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.3. att. Vērtējamās Ķīnas (CN) IKP PPP izmaiņas 1990.-2019. gadā

Ķīnā IKP PPP pēc 2000. gada strauji pieauga un saglabāja pieauguma tempus līdz 2019. gadam. Turcijā, Brazīlijā, Indonēzijā un Dienvidāfrikā IKP PPP pieauguma tempi bija daudz zemāki nekā Ķīnā. Brazīlijā pēc 2015. gada vērojama IKP PPP lejupslīde.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.4. att. Vērtējamo attīstības valstu (BR, ID, ZA, TR) IKP PPP izmaiņas 1990.-2019. gadā

Pēc SVF definīcijas, šīs vērtējamās sociāli ekonomiskās sistēmas tiek uzskatītas kā attīstības valstis. Atbilstoši promocijas darba autores klasifikācijai, kas formulēta saskaņā ar Kaldora sektorālo modeli, var secināt (2.3. tabula):

- Ķīna, Turcija un Indonēzija ir attīstības industriālās valstis (STINA zem 2.0), kas atrodas augšanas periodā;
- Dienvidāfrikā ir lielāks servisa un transporta sektors (STINA=2.9) un salīdzinoši zema lauksaimniecības pievienotās vērtības daļa (I-STINA=12) no IKP PPP;
- Brazīlija atrodas brieduma stadijā (augšana bremsējas) kā pārejas ekonomika (STINA=3.3) virzienā uz postindustriālas sistēmas veidošanu ar salīdzinoši lielu servisa un transporta pievienotās vērtības daļu IKP PPP.

2.3. tabula

Vērtējamo attīstības valstu sektorālie rādītāji un ekonomikas klasifikācija 2019. gadā

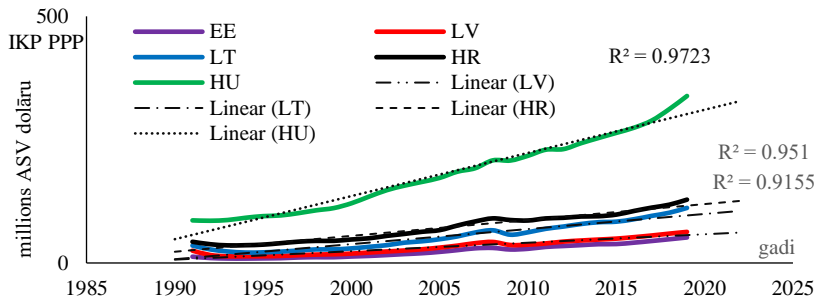
Valsts	STINA	I-STINA	EMISA	EMINA	SVF klasifikācija	Autores piedāvātā ekonomikas klasifikācija	
BR	3.4	5	2	2	Attīstības	PE	Pārejas
ZA	2.9	12	2	1	Attīstības	HT	Augsto tehnoloģiju
TR	1.8	5	1	2	Attīstības	IN	Industriālā
CN	1.2	5	1	1	Attīstības	IN	Industriālā
ID	1.0	3	1	1	Attīstības	IN	Industriālā

Avots: autores veidota

Kopumā var secināt, ka visām vērtējamām attīstības valstīm no 2000. gada vērojama IKP PPP strauja pieauguma dinamika ar dažādu pieauguma ātrumu. Pēc Kaldora sektorālā modeļa, valstis atrodas dažādos ekonomikas attīstības līmeņos – no industriālas ekonomikas līdz pārejai uz postindustriālo ekonomiku.

Vērtējamo ES jauno valstu IKP PPP rādītāju analīze naudas izteiksmē

Vērtējamo valstu – Latvijas (LV), Lietuvas (LT), Igaunijas (EE), Horvātijas (HR) un Ungārijas (HU) iekšzemes kopprodukta pēc pirktspējas paritātes IKP PPP(t) izmaiņu grafikam laika periodā no 1990. līdz 2019. gadam ir lineārs raksturs (2.5. att.).



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas un EuroStat datiem

2.5. att. Vērtējamo ES jauno valstu (EE, HR, HU, LT, LV) IKP PPP izmaiņas 1990.-2019. gadā

Pēc SVF sistēmas, vērtējamās ES jaunās valstis pēc iestāšanās ES un NATO tika klasificētas kā attīstītās valstis. Atbilstoši promocijas darba autores klasifikācijai un saskaņā ar Kaldora sektorālo modeli, Lietuva, Igaunija un Ungārija atrodas augšanas stadijā un klasificējas kā augsti tehnoloģiskas ekonomikas (2.4. tabula).

Horvātijā un Latvijā ir iestājies brieduma periods, un tās klasificējas kā pārejas ekonomikas ar augstu servisa (pakalpojumu) un transporta pievienotās vērtības daļu IKP PPP.

2.4. tabula

Vērtējamo ES jauno valstu sektorālie rādītāji ekonomikas klasifikācija 2019. gadā

Valsts	STINA	I-STINA	EMISA	EMINA	SVF klasifi kācija	Autores piedāvātā ekonomikas klasifikācija	
HR	3.4	7	2.1	5	Attīstītās	PE	Pārejas
LV	3.3	5	2.2	3	Attīstītās	PE	Pārejas
LT	2.9	8	2.1	4	Attīstītās	HT	Augsto tehnoloģiju
EE	2.5	12	2.1	9	Attīstītās	HT	Augsto tehnoloģiju
HU	2.6	7	1.7	7	Attīstītās	HT	Augsto tehnoloģiju

Avots: autores veidota

Saskaņā ar IKP analīzi naudas izteiksmē, izvēlētais valstis tiek strukturētas pēc Kaldora modeļa sektorālā rādītāja STINA, kā arī IKP PPP uz vienu iedzīvotāju PPX(t) lieluma (2.5. tabula).

**Vērtējamās valstis Kaldora matricā 2019. gadā pēc IKP rādītāju
analīzes naudas izteiksmē**

STINA intervāls	Autores piedāvātā klasifikācija	PPX, tūkst. eiro				
		50 <	40 <	30 <	20 <	10 <
4.0 un vairāk	Postindustriālā ekonomika	US FR				
3.0 – 3.9	Pārejas ekonomika		IT	LV HR		BR
2.0 – 2.9	Augsto tehnoloģiju ekonomika	DE	JP	EE HU LT		ZA
1.0 – 1.9	Industriāla ekonomika				TR	CN
< 1.0	Industriāla ekonomika Vāja infrastruktūra					ID

Avots: autores veidota

Lielākā daļa no vērtējamām valstīm (US, FR, IT, EE, HU, LT, TR, ID) izvietojas pa diagonāli, kas nozīmē ekonomikas struktūras un PPX atbilstību 2019. gadā. Pārējās valstis:

- Vācija (DE) un Japāna (JP) ir zem diagonāles, kas nozīmē ekonomikas struktūras neatbilstību PPX;
- Latvija (LV), Horvātija (HR), Dienvidāfrika (ZA) un Brazīlija (BR) ir virs diagonāles, kas nozīmē PPX neatbilstību ekonomikas struktūrai.

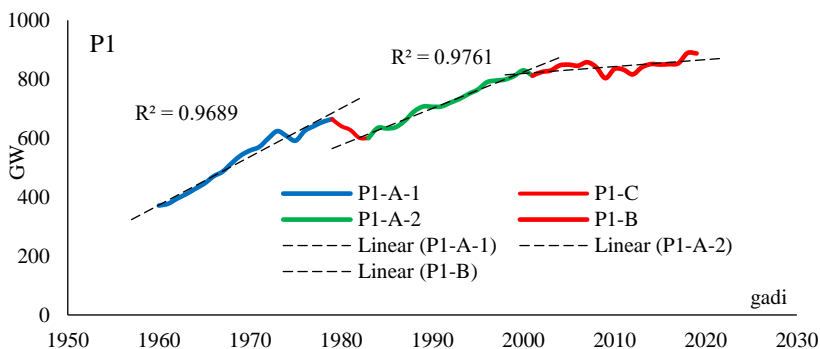
Iegūtie aprēķinu rezultāti tiek ņemti vērā valstu tālākās analīzes procesā invariantu koordinātu sistēmā energovienībās.

Vērtējamo attīstīto valstu rādītāji invariantu koordinātu sistēmā

Attīstīto valstu rādītāji invariantu koordinātu sistēmā energovienībās vērtēti ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa (IAMM) ietvaros, izmantojot integrēto rādītāju minimālo kopu. ASV lietderīgās jaudas P1(t) izmaiņas 1960.-2019. gadā redzamas 2.6. attēlā.

Attēlā identificēti četri intervāli ar kritiskiem sākuma un beigu punktiem, kas korelējas ar politiskajiem notikumiem ASV: (1) P1-A-1 (1960.-1973.-1979.); (2) P1-C (1980.-1983.); (3) P1-A-2 (1984.-1990.-2000.); (4) P1-B (2001.-2019.).

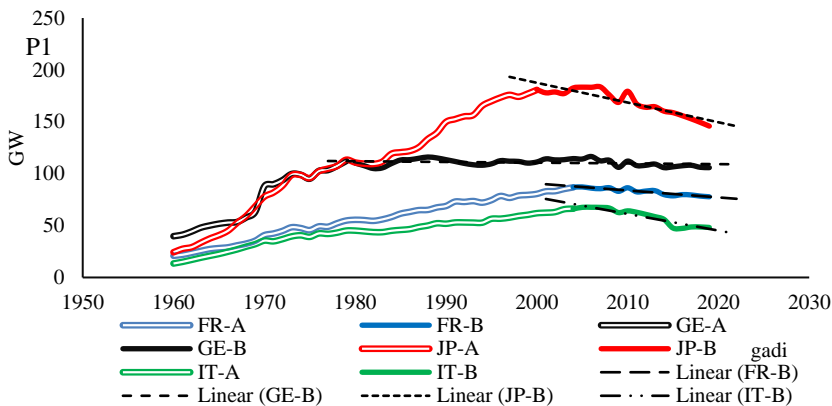
Vācijā, Francijā, Itālijā un Japānā lietderīgās jaudas P1(t) izmaiņas (2.7. att.) analizētas 1960.-2019. gadā un salīdzinātas ar ASV datiem attiecīgajā laika posmā. Vācijā lietderīgās jaudas P1(t) izmaiņu grafikā no 1960. līdz 1980. gadam vērojams pieaugums augšanas posmā, bet pēc 1980. gada – neaugsmes vai kritums. Japānā (JP) lietderīgās jaudas P1(t) pieaugums turpinājās līdz 2001. gadam, sasniedzot salīdzinoši augstu līmeni (178 GW), pēc kura sākās neaugsmes un ekonomikas kritums brieduma perioda ietvaros.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.6. att. ASV lietderīgās jaudas P1 izmaiņas 1960.-2019. gadā

Francijā un Itālijā identificēts augšanas kritiskais punkts ap 2005. gadu, pēc kura sākās neaugsmes un ekonomikas kritums brieduma perioda ietvaros. Pēc 2000. gada vērtējamās attīstītās valstis nonāca lēnas attīstības posmā – brieduma stadijā. Katra vērtējamā valsts līdz autores analizējamam periodam ir bijusi ar atšķirīgu attīstību un rādītājiem.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.7. att. Lietderīgās jaudas P1 izmaiņas vērtējamās attīstītajās valstīs (FR, DE, IT, JP) 1960.-2019. gadā

Vērtējamo attīstīto valstu ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa – IAMM rādītāji 2019. gadā apkopoti 2.6. tabulā. Var secināt, ka visas analizējamās attīstītās valstis raksturo augsts tehnoloģiskās efektivitātes F1 līmenis (40-36) un liela patērētās elektrības jaudas daļa, kuras avots ir kodolenerģijas ražošana. Visās vērtējamās valstīs ir augsts produktivitātes līmenis, tai skaitā viens no augstākajiem – ASV (PHPE=4.9). ASV 2019. gadā bija viens no

visaugstākajiem dzīves kvalitātes līmeņiem (1.9 kW) starp vērtējamām attīstītajām valstīm.

2.6. tabula

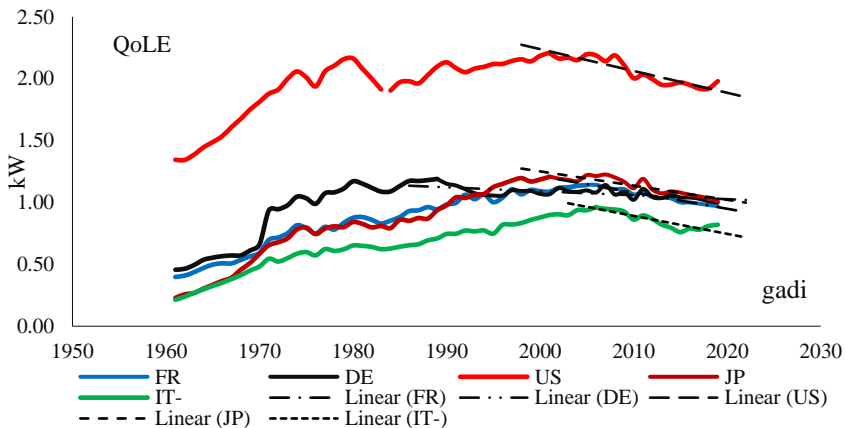
Vērtējamo attīstīto valstu IAMM rādītāju minimālā kopa 2019. gadā

Valsts	dM	N1	N1-E	P1	G1	F1	E1	EA	FOOT	U1	PHPE	QoLE
	%	GW	GW	GW	GW	%	%	%	kW	kW	kW	kW
ASV	32	2150	435	767	1383	36	21	17	141	2.3	4.9	1.9
Japāna*	0	371	105	146	225	41	30	27*	562	1.2	2.1	1.1
Francija	16	215	49	79	129	37	24	78	203	1.2	3.0	1.0
Vācija	5	290	57	102	188	36	19	16	528	1.2	2.5	1.0
Itālija	6	159	33	58	101	36	21	00	335	1.0	2.2	0.9

*Japānas rādītāji 2010. gadā

Avots: autores veidota un aprēķini pēc Pasaules bankas datu bāzes

Vērtējamo attīstīto valstu dzīves kvalitātes QoLE rādītāju energovienībās var uzskatīt kā potenciālu sistēmas tālākai attīstībai (industrializācija, modernizācija utt.), un tas ir atspoguļots 2.8. attēlā no 1960. līdz 2019. gadam. ASV dzīves kvalitātes rādītājs QoLE 2001.gadā bija viens no augstākajiem un pēc tam sākās kritums, bet Vācijā šī rādītāja izaugsme beidzās 1989. gadā un līdz 2019. gadam bija gandrīz bez izmaiņām. Visām vērtējamām attīstītajām valstīm pēc 2005. gada brieduma posma ietvaros vērojama dzīves kvalitātes QoLE kritums.



Avots: autores veidots un aprēķini Pasaules bankas datu bāzes

2.8. att. Vērtējamo attīstīto valstu dzīves kvalitātes QoLE izmaiņas un tendences 1960.-2019. gadā

Promocijas darba autore uzskata, ka, **saskaņā ar ilgtspējīgas attīstības pamatprincipu, dzīves kvalitātes rādītājiem arī brieduma posmā vajadzētu paaugstināties, iespējams, ar mazāku ātrumu.** Tāpēc dzīves kvalitātes (QoLE) pazemināšanos (kritumu) varētu izskaidrot kā valsts neefektīvu adaptāciju pret

ārējiem faktoriem vai neefektīvu transformāciju iekšējo faktoru ietekmē. Svarīgi – vai sociāli ekonomiskā sistēma ir gatava adaptācijai, ja mainās ārējie apstākļi.

Vērtējamo attīstīto valstu rezultātu īss apkopojums:

Amerikas Savienotajās Valstīs (US) ir postindustriāla ekonomika ar deindustrializācijas līmeni STINA=4.3. ASV raksturo augsts dzīves kvalitātes (QoLE=1.9) un produktivitātes (PHPE=4.9) līmenis starp vērtējamām valstīm un pasaulē, kas bija sasniegts augšanas periodā līdz 2000. gadam. No otras puses, šajā periodā nebija sasniegti augsti tehnoloģiskās efektivitātes rādītāji (F=36). Elektrības gala patēriņa daļa kopējā patēriņā 2019. gadā bija 21 % kā zemākais starp vērtējamām attīstītajām valstīm. Elektrības daļa, kas saražota atomstacijās, arī bija zema (EA=17%). Savukārt ietekme uz vidi (FOOT=141) diezgan augsta. Brieduma periodā no 2000. gada vērojama dzīves kvalitātes QoLE rādītāja samazināšanās.

Francijā (FR) ir postindustriāla ekonomika ar vienu no lielāko deindustrializācijas līmeni (STINA=4.3) starp ES valstīm. Augšanas periodā nebija sasniegti pietiekoši augsti PHPE un QoLE rādītāji – gandrīz divas reizes zemāki nekā ASV. Augsti tehnoloģiska elektrības ražošana (78 % no kodolreaktoriem) netika pietiekoši izmantota attīstībai. Savukārt ietekme uz vidi (FOOT=203) bija augsta.

Vācijā (DE) ir augstu tehnoloģiju ekonomika. Salīdzinoši zems tehnoloģiskais līmenis (F1=36), bet ietekme uz vidi (FOOT=203) pietiekoši augsta. Tai pašā laikā – industrializēta valsts (STINA=2.6) ar potenciālu turpināt moderno industrializāciju un digitalizāciju.

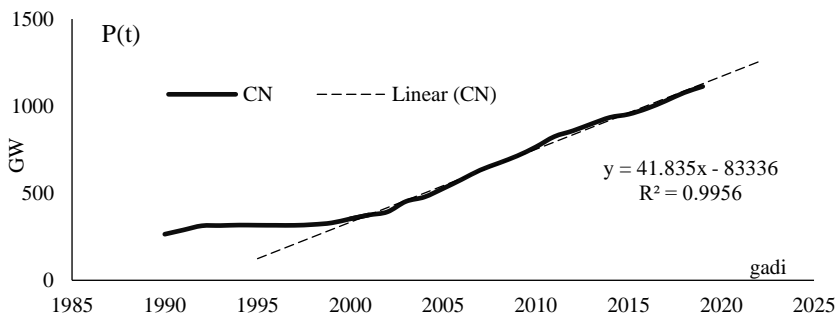
Japānā (JP) ir augstu tehnoloģiju ekonomika. Valsti raksturo augsts tehnoloģiskās efektivitātes (F1=41) un produktivitātes (PHPE=5.6) līmenis starp vērtējamām valstīm, kas ir ASV līmenī. Deindustrializācijas līmenis nepārsniedz 3.0 (STINA=2.4), kas dod papildus stabilitāti ekonomikai, bet, acīmredzot, netika pilnvērtīgi izmantots, jo pēc 2010. gada vērojams QoLE samazinājums – sākās krituma posms. Pēc 2010. gada kā vājo vietu Japānā var uzskatīt atkarību no ārējiem resursiem un atomenerģētikas demontāzā.

Itālijā (IT) ir pārejas ekonomika. Augsti dzīves kvalitātes QoLE un PHPE rādītāji, bet attīstības periodā netika sasniegti PHPE rādītāji, piemēram, Japānas līmenī. Zemāki produktivitātes un dzīves kvalitātes rādītāji salīdzinājumā ar Japānu, kas, iespējams, saistīti ar straujāku iedzīvotāju skaita pieaugumu un augstāku darba ņēmēju īpatsvaru ar nepietiekami augstu kvalifikāciju. Deindustrializācijas līmenis pārsniedza 3.0 (STINA=3.3), kas arī ietekmēja PHPE līmeni.

Vērtējamo attīstības valstu rādītāju analīze invariantu koordinātu sistēmā

Attīstības valstu rādītāji invariantu koordinātu sistēmā energovienībās tiek vērtēti ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa (IAMM) integrēto rādītāju minimālās kopas ietvaros. Atbilstoši autores izstrādātajai metodikai ir aprēķināti rādītāji laika periodā no 1990. līdz 2019. gadam. Pasaulē lielākās ekonomikas –

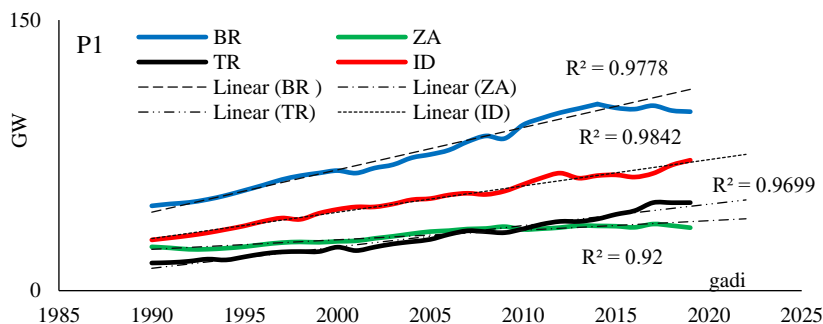
Ķīnas lietderīgās jaudas $P(t)$ izmaiņas 1990.-2019. gadā redzama 2.9. attēlā. Sākot no 2001. gada, Ķīnā vērojams straujš lietderīgās jaudas pieaugums ar lineāru raksturu, kas turpinājās līdz 2019. gadam.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.9. att. Lietderīgās jaudas P izmaiņas Ķīnā (CN), 1990.-2019. gadā

Lietderīgās jaudas $P(t)$ pieaugumam Turcijā visu periodu no 1990. līdz 2019. gadam un Brazīlijā līdz 2014. gadam ir lineārs raksturs (2.10. att.), bet pēc 2015. gada Brazīlijā sākās krituma posms. Dienvidāfrikā lietderīgā jauda pieaugums visu analizējamo periodu bija salīdzinoši zems. Dienvidāfrika un Turcija visu vērtējamo periodu bija lēnās augšanas stadijā, bet viena no pasaules lielākajām ekonomikām – Ķīna pēc 2001. gada – straujas ekonomiskās augšanas posms.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.10. att. Lietderīgās jaudas $P1$ izmaiņas vērtējamās attīstības valstīs (BR, TR, ID, ZA) 1990.-2019. gadā

Vērtējamo attīstības valstu ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa (IAMM) rādītāji 2019. gadā ir apkopoti 2.7. tabulā. Valstis raksturo gandrīz vienāds tehnoloģiskās efektivitātes ($F1$) līmenis un mazu patērētās elektrības daļu, kuras ražošanas avots ir kodolenerģija (EA).

Ķīnā vērtēšanas periodā paaugstinājās tehnoloģiskais līmenis (F1) par 9 punktiem un sasniedza vidējo pasaules līmeni (F1=37). Brazīlijā izaugsmes posmā līdz 2014. gadam paaugstinājās tehnoloģiskais līmenis par 2 punktiem un arī sasniedza pasaules līmeni. Indonēzijā 2019. gadā pietrūka 3 punktu līdz pasaules vidējam tehnoloģiskajam līmenim (F1=34). Dienvidāfrika no 1990. gada bija brieduma stadijā, pārsniedzot 2019. gadā pasaules tehnoloģisko līmeni par 2 punktiem (F1=39).

2.7. tabula

Vērtējamo attīstības valstu IAMM rādītāju minimālā kopa 2019. gadā

Valsts	dM	N1	N1-E	P1	G1	F1	E1	EA	FOOT	U1	PHPE	QoLE
	%	GW	GW	GW	GW	%	%	%	kW	kW	kW	kW
CN	24	3033	719	1113	1920	37	25	2	200	1.0	1.4	0.6
ZA	40	90	22	35	55	39	29	6	46	0.6	1.4	0.4
TR	28	132	29	49	83	37	22	0	106	0.6	1.3	0.4
BR	46	268	59	110	158	37	19	3	198	0.5	1.0	0.4
ID	40	216	33	73	143	34	16	0	38	0.3	0.4	0.2

Avots: autores aprēķini

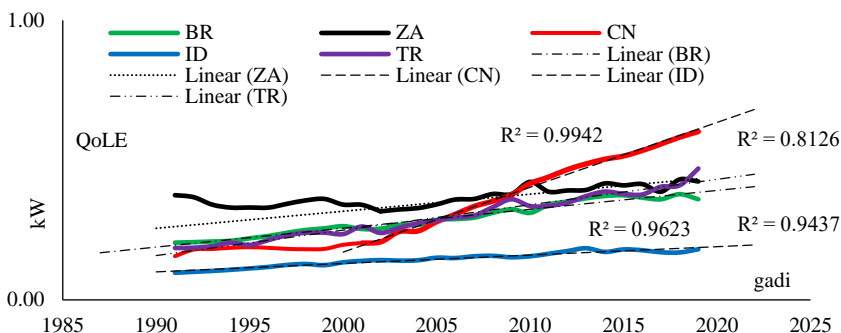
Vērtējamo attīstības valstu dzīves kvalitātes QoLE rādītājam energovienībās, kā potenciālam sistēmas tālākai attīstībai (industrializācija, modernizācija utt.), 2.11. attēlā ir lineārs izaugsmes raksturs Ķīnā, bet Brazīlijā, Dienvidāfrikā un Turcijā vērojama palēnināta izaugsme ar zemāku pieauguma ātrumu.

Vērtējamās attīstības valstīs IAMM ietvaros, un izmantojot sistēmas jaudas izmaiņu sistēmanalīzes metodoloģiju salīdzinājumā ar IKP analīzes metodi, attīstībai bija lineārs raksturs gan naudas izteiksmē, gan energovienībās.

Vērtēšanas rezultātu īss kopsavilkums:

Ķīnā (CN) ir industriāla ekonomika ar industrializācijas rādītāju STINA=1.2, augšanas periodā ar lietderīgās jaudas P1(t) pozitīvu tendenci. Dzīves kvalitātes rādītājs (QoLE=0.7) nebija sasniedzis pietiekoši augstu līmeni salīdzinājumā ar attīstītām valstīm (ASV QoLE=1.9). Valstī nav moderni elektroenerģijas avoti (EA=2%), un turpmāk tas var ietekmēt attīstības tempus. Ietekme uz vidi (FOOT=200) salīdzinoši augsta un atbilstoša augšanas posmam. Grendžera tests parāda cēloņsakarību starp enerģijas plūsmu un IKP PPP. Būtu nepieciešama ekonomikas modernizācija.

Indonēzijā (ID) ir industriāla ekonomika ar zemu infrastruktūras attīstības līmeni, industrializācijas rādītāju STINA=0.9, augšanas periodā ar lietderīgās jaudas P1 pozitīvu tendenci. Visi rādītāji zemāki kā Ķīnā. Nepieciešama turpmāka industrializācija un modernizācija. Grendžera tests parāda cēloņsakarību starp enerģijas plūsmu un IKP PPP.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas datiem

2.11. att. **Vērtējamo attīstības valstu dzīves kvalitātes QoLE izmaiņas 1990.-2019. gadā**

Brazīlijā (BR) ir pārejas ekonomika ar industrializācijas rādītāju $STINA=3.4$, kas parāda mazu ražošanas sektoru. Brieduma posma sākums – pēc autores sektorālās klasifikācijas un attīstības cikla modeļa. Augšanas posmā nav sasniegti pietiekoši augsti produktivitātes ($PHPE=1.0$) un dzīves kvalitātes ($QoLE=0.4$) rādītāji. Liela ietekme uz vidi ($FOOT=198$). Grendžera tests pēc 2014.gada neparāda cēloņsakarību, kas nozīmē valsts attīstības potenciāla nepalielināšanos vai samazinājumu.

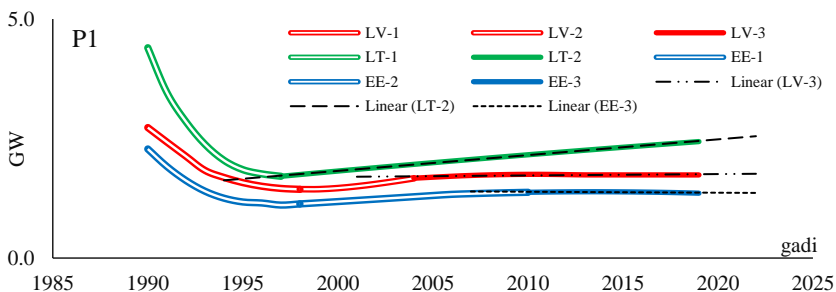
Turcijā (TR) ir industriāla ekonomika ar industrializācijas rādītāju $STINA=1.8$. Augšanas periodā ar lietderīgās jaudas $P1(t)$ pozitīvu tendenci, bet visi rādītāji zemāki nekā Ķīnā. Būtu nepieciešama turpmāka industrializācija un modernizācija. Grendžera tests parāda cēloņsakarību starp elektroenerģijas patēriņu un IKP PPP.

Dienvīdāfrikā (ZA) ir augsti tehnoloģiska ekonomika ar industrializācijas rādītāju $STINA=2.9$ un augstu tehnoloģisko efektivitāti ($F1=39$), bet neatbilstošs produktivitātes ($PHPE=1.4$) un dzīves kvalitātes līmenis ($QoLE=0.4$). Salīdzinoši – Francijā pie tehnoloģiskās efektivitātes $F1=37$, attiecīgie rādītāji $PHPE=3.0$ un $QoLE=1.0$. Grendžera tests neparāda cēloņsakarību, kas nozīmē valsts attīstības potenciāla nepalielināšanās.

Latvijas un citu ES jauno valstu rādītāju analīze invariantu koordinātu sistēmā

ES jauno valstu rādītāji invariantu koordinātu sistēmā energovienībās tiek vērtēti ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa integrēto rādītāju minimālās kopas ietvaros. Atbilstoši promocijas darba autores izstrādātajai metodikai, ir aprēķināti rādītāji periodā no 1990. līdz 2019. gadam. Latvijā (LV), Lietuvā (LT), Igaunijā (EE), Horvātijā (HR) un Ungārijā (HU) lietderīgās jaudas $P1$ izmaiņas (2.12.att. un 2.13. att.) analizētas laika periodā no 1990. līdz 2019. gadam. Latvijā, Lietuvā un Igaunijā 1990.-1999. gadā un Horvātijā, Ungārijā 1990.-1994. gadā ir raksturīgs lietderīgās jaudas $P1(t)$ straujš samazinājums, kas

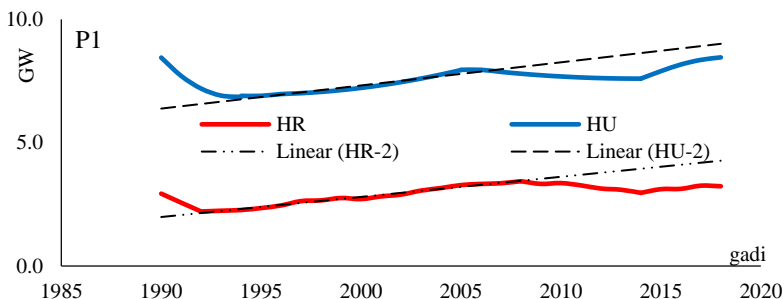
izskaidrojams ar sociāli ekonomiskās sistēmas transformāciju. Datu analīzes rezultātā var secināt, ka 2019. gadā lietderīgās jaudas līmenis nevienā no vērtējamām ES jaunajām dalībvalstīm nebija sasniedzis 1990. gada līmeni. Latvijā pēc sākotnējā jaudas samazinājuma līdz 2000. gadam bija vērojams pieaugums, bet, sākot no 2007.-2008. gada, iestājās nemainīgas lietderīgās jaudas periods līdz 2019. gadam.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas un Eurostat datiem

2.12. att. **Lietderīgās jaudas P1 izmaiņas Latvijā (LV), Lietuvā (LT) un Igaunijā (EE) 1990.-2019. gadā**

Horvātijā un Ungārijā (2.13. att.) lietderīgās jaudas P1(t) izmaiņu grafikā vērojams kritums laika periodā no 1990. un līdz 1995. gadam. Pēc 1993. gada Horvātijā sākās lietderīgās jaudas pieaugums – līdz 2008. gadam. Līdz 2005. gadam Ungārijā vērojams izaugsmes periods, tad kritums līdz 2014. gadam un pieaugums no 2015. gada. Lietderīgās jaudas izmaiņu tendence 1995.-2019. gadā Ungārijā kopumā bija pozitīva (2.13. att.).



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas un EuroStat datiem

2.13. att. **Lietderīgās jaudas P1 izmaiņas Horvātijā (HR) un Ungārijā (HU) 1990.-2019. gadā**

Pēc 2001. gada valstis nonāca lēnas attīstības posmā – brieduma stadijā, un tām visām bija vērojams tehnoloģiskās efektivitātes koeficienta F(t) pieaugums, tomēr 2019. gadā neviena no tām nebija sasniegusi pasaules vidējo tehnoloģisko

līmeni. Vērtējamo ES jauno valstu ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeļa – IAMM rādītāji 2019. gadā ir apkopoti 2.8. tabulā.

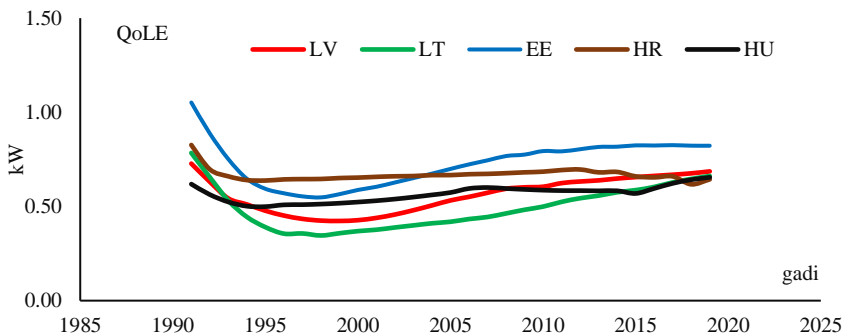
2.8. tabula

Vērtējamo ES jauno valstu IAMM rādītāju minimālā kopa 2019. gadā

Valsts	dM %	N1 GW	N1-E GW	P1 GW	G1 GW	F1 %	E1 %	EA %	FOOT kW	UI kW	PHPE kW	QoLE kW
EE	-18	4	1	1	2	40	22	00	55	1.0	2.2	0.8
LV	-28	5	1	2	4	33	15	00	58	0.9	2.0	0.7
LT	-28	7	1	2	5	32	17	00	25	0.9	1.8	0.7
HU	-7	24	5	9	16	35	19	53	167	0.9	1.0	0.7
HR	-16	9	2	3	6	36	21	00	100	0.8	1.7	0.6

Avots: autores veidota un aprēķini

Analizētajā periodā visās vērtējamās ES jaunajās valstīs raksturīgs ievērojams iedzīvotāju skaita samazinājums, zems tehnoloģiskās attīstības rādītājs F1(t), izņemot Igauniju (F1=40), kā arī produktivitātes PHPE(t) līmenis zemāks kā attīstītajās valstīs (ASV PHPE=4.9). Vērtējamo jauno ES attīstīto valstu dzīves kvalitātes QoLE rādītājs energovienībās kā potenciāls sistēmas tālākai attīstībai (industrializācija, modernizācija utt.) parādīts 2.14. attēlā. Var secināt, ka 2019. gadā valstu rādītāji nebija sasnējuši 1990. gada līmeni. Augstākais dzīves kvalitātes līmenis energovienībās 2019. gadā bija Igaunijā.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas un Eurostat datiem

2.14. att. Dzīves kvalitātes QoLE izmaiņas vērtējamās ES jaunajās valstīs 1990.-2019. gadā

Kopumā var secināt, ka IAMM ietvaros, un izmantojot sistēmas jaudas izmaiņu sistēmanalīzes metodoloģiju, salīdzinājumā ar IKP analīzes metodi naudas izteiksmē, ES jaunajās valstīs ir bijusi sarežģīta attīstība laika posmā no 1990. līdz 2019. gadam. IAMM modelis ir palīdzējis identificēt ilgstošu neaugsmes posmu šīm valstīm pēc 2000. gada.

Vērtējamo ES jauno valstu rezultātu īss kopsavilkums:

Lietuvā (LT) – augstu tehnoloģiju ekonomika ar industrializācijas rādītāja vērtību STINA=2.9. Vislielākais ekonomikas kritums 1990.-1995. gadā starp vērtējamam valstīm. Zems tehnoloģiskās efektivitātes rādītājs ($F1=32$). Jaunam industrializācijas posmam nav modernu elektroenerģijas avotu ($EA=0$), arī kopējā gala patēriņā zema elektrības daļa ($E1=17$), kas raksturo mazu reālo industriālo sektoru. Dzīves kvalitātes līmenis atbilstošs visām pārējām vērtējamām valstīm ($QoLE=0.7$). Vienīgā no valstīm, kurā bija lietderīgās jaudas nepārtraukts pieaugums 2000.-2019. gadā, ko apstiprina Grendžera tests.

Igaunijā (EE) – augstu tehnoloģiju ekonomika ar industrializācijas rādītāja vērtību STINA=2.5. Starp Baltijas valstīm augstākais tehnoloģiskais ($F1=40$), produktivitātes ($PHPE=2.2$) un dzīves kvalitātes ($QoLE=0.8$) līmenis. Nav modernu elektroenerģijas avotu ($EA=0$). Pēc 2010. gada lietderīgās jaudas $P1(t)$ pieaugums apstājās, lai gan IKP izaugsme turpinājās.

Horvātijā (HR) – pārejas ekonomika ar industrializācijas rādītāja vērtību STINA=3.4. Zems tehnoloģiskās efektivitātes rādītājs ($F1=36$). Valstij nav moderna elektrības avota ($EA=00$), un elektrības daļa kopējā gala patēriņā augstākā ($E1=22$) starp vērtējamam valstīm, kas raksturo salīdzinoši lielāku reālo industriālo sektoru. Dzīves kvalitātes līmenis atbilstoši visām vērtējamām ES jaunajām valstīm ($QoLE=0.6$).

Ungārijā (HU) – augstu tehnoloģiju ekonomika ar industrializācijas rādītāja vērtību STINA=2.6. Zems tehnoloģiskās efektivitātes rādītājs ($F1=35$). Jaunam industrializācijas posmam ir moderns elektroenerģijas avots ($EA=53$). Elektrības daļa kopējā gala patēriņā zema ($E1=19$), kas raksturo mazu reālo industriālo sektoru. Dzīves kvalitātes līmenis atbilstoši visām vērtējamām ES jaunajām valstīm ($QoLE=0.7$).

Latvijā (LV) ir pārejas ekonomika, zems tehnoloģiskās efektivitātes rādītājs ($F1=33$). Jaunam industrializācijas posmam nav modernu elektroenerģijas avotu ($EA=0$), arī elektrības daļa kopējā gala patēriņā ir zema ($E1=15$), kas raksturo mazu reālo industriālo sektoru. Dzīves kvalitātes līmenis atbilstoši citām vērtējamām ES jaunajām valstīm ($QoLE=0.7$).

2.2. Sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) mijiedarbība un pozicionēšana pasaules līmenī

Promocijas darbā visu vērtējamo valstu savstarpējās ietekmes analīzei izmantota mijiedarbības matrica *valstis/ IAMM rādītāji* (2.9. tabula). Pamatojoties uz autores veikto aprēķinu rezultātiem, un ņemot vērā korelācijas koeficientu virs 0.9, var sagrupēt šādus valstu klasterus: (1) Latvija, Lietuva, Igaunija un Horvātija (zila krāsā); (2) Indonēzija, Brazīlija un Dienvidāfrika (zaļā krāsā); (3) Vācija, Itālija, Francija un Japāna (sarkanā krāsā); (4) ASV, Ķīna un Indonēzija (pelēkā krāsā); (5) Francija, Vācija, Japāna, Turcija un Brazīlija (oranžā krāsā); (6) Ungārija un Horvātija (dzeltenā krāsā). Katrs klasteris

apvieno valstis ar integrētā IAMM rādītāja korelāciju virs 0.9, kas aprēķināts 2019. gadā (2.9. tabulā). Integrētais IAMM rādītājs veidots no katras valsts ilgtspējīgas attīstības rādītāju minimālās kopas konkrētājā gadā.

2.9. tabula

**Visu vērtējamo valstu mijiedarbības korelācijas matrica IAMM kontekstā
2019. gadā**

	CN	ZA	BR	TR	ID	EE	LV	LT	HR	HU	US	FR	DE	JP	IT
CN	1														
ZA	0.8	1													
BR	0.8	0.9	1												
TR	0.8	0.9	1.0	1											
ID	1.0	0.9	0.9	0.8	1										
EE	-0.2	0.2	0.3	0.4	-0.1	1									
LV	-0.1	0.2	0.3	0.4	0.0	1.0	1								
LT	0.0	0.2	0.2	0.3	0.0	0.9	0.9	1							
HR	-0.1	0.3	0.4	0.5	0.0	0.9	0.9	0.8	1						
HU	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.0	0.8	0.8	0.6	0.9	1					
US	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	1				
FR	0.7	0.8	0.9	0.9	0.7	0.4	0.5	0.3	0.5	0.6	0.7	1			
DE	0.4	0.6	0.9	0.9	0.5	0.6	0.7	0.4	0.8	0.8	0.4	0.9	1		
JP	0.5	0.7	0.9	0.9	0.6	0.5	0.6	0.4	0.7	0.8	0.5	0.9	1.0	1	
IT	0.4	0.6	0.8	0.8	0.4	0.7	0.7	0.5	0.8	0.8	0.4	0.9	1.0	1.0	1

Avots: autores veidota un aprēķini

Saskaņā ar promocijas darba autores veiktās analīzes rezultātiem invariantu koordinātu sistēmā, Kaldora matrica tika pārveidota enerģijas vienībās saskaņā ar IKP analīzi naudas izteiksmē (2.10. tabula). Tabula veidota, ņemot vērā valstu klasifikāciju pēc STINA koeficienta vērtības un lietderīgās jaudas uz vienu iedzīvotāju U1(t). Galvenie secinājumi:

- pārejai uz postindustriālo sabiedrību un zināšanu ekonomiku ir nepieciešams lietderīgās jaudas līmenis uz vienu iedzīvotāju U1 vairāk nekā 4.0 kW. ASV (US) un Francijas (FR) līmenis ir nepietiekams, kas izpaužas kā dzīves kvalitātes QoLE pazemināšanās;
- valstīs virs attīstības diagonāles (DE, IT, JP, TR, BR, ZA, LV, LT, EE, HU, HR) – neatbilstība starp ekonomikas struktūru (STINA) un lietderīgās jaudas līmeni U1 ir iemesls attīstības tempu palēninājumam;
- valstīs zem attīstības diagonāles (tādu starp novērtētajām nav) – uzkrāts pietiekams lietderīgās jaudas U1 līmenis un nepieciešams aktivizēt turpmāko ekonomikas un sabiedrības attīstību;
- valstīs attīstības diagonālē (CN, ID) – līdzsvarota attīstība, nepieciešams pieņemt stratēģiskus lēmumus tālākai attīstības virzībai.

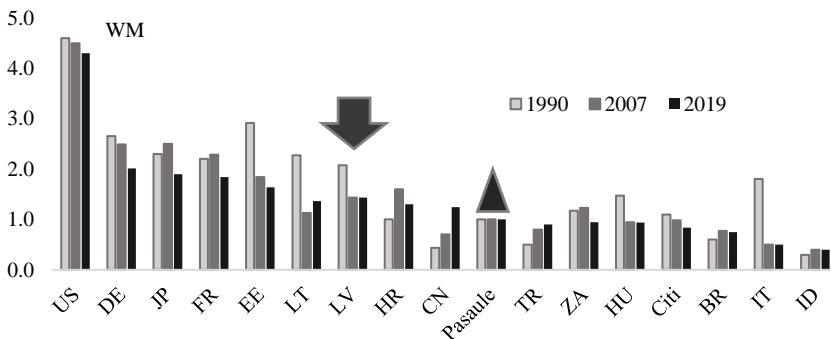
Vērtējamās valstis Kaldora matricā IAMM kontekstā 2019. gadā

STINA intervāls	Autores piedāvātā klasifikācija	Lietderīgā jauda uz 1 iedz. U1, kW				
		4.0 <	3.0-3.9	2.0-2.9	1.0-1.9	1.0 >
4.0 <	Postindustriālā ekonomika			US	FR	
3.0 – 3.9	Pārejas ekonomika				IT	HR LV BR
2.0 – 2.9	Augsto tehnoloģiju ekonomika				DE EE JP	HU LT ZA
1.0 – 1.9	Industriāla ekonomika				CN	TR
< 1.0	Industriālā ekonomika Vāja infrastruktūra					ID

Avots: autores veidota

**Vērtējamo sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) pozicionēšana pasaulē
Valsts konkurētspējas rādītājs WM pasaulē pēc lietderīgās jaudas (P)
normalizēts ar iedzīvotāju skaitu (M)**

Vērtējamo valstu relatīvā svara rādītājs WM pēc lietderīgās jaudas $P1(t)$, kas normalizēts ar iedzīvotāju skaitu $M(t)$, nosaka attiecīgās valsts konkurētspēju pasaules līmenī. Valstis sakārtotas pēc 2019. gada rādītāja un 2.15. attēlā redzams, ka viena no augstākajām konkurētspējas WM vērtībām 2019. gadā bija ASV (4.3). Relatīvi augsts rādītājs bija ES jaunajām valstīm 1990. gadā, bet Indonēzijas, Itālijas un Brazīlijas ikviena iedzīvotāja ieguldījums pasaules lietderīgās jaudas veidošanā bija ļoti zems.



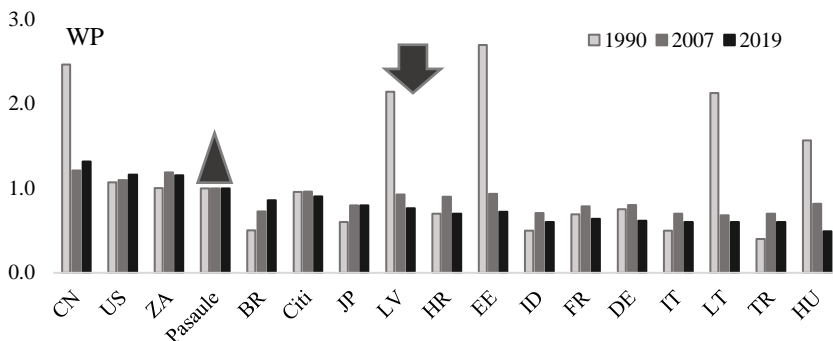
Avots: autores veidots un aprēķini

**2.15. att. Vērtējamo valstu globālās konkurētspējas rādītāji (WM)
IAMM kontekstā**

No Baltijas valstīm augstākais WM rādītājs bija Igaunijā 1990., 2007. un arī 2019. gadā, tālāk sekoja Latvija un Lietuva.

Valsts ilgtspējības potenciāla jeb naudas/ jaudas plūsmu līdzsvara rādītājs WP pēc lietderīgās jaudas (P) un pasaules iekšzemes kopprodukta (IKP)

Valsts relatīvais svars pēc lietderīgās jaudas un iekšzemes kopprodukta WP raksturo valsts ilgtspējības potenciālu jeb naudas/ jaudas plūsmu sabalansētības dinamiku (2.16. att.). Valstis sakārtotas pēc 2019. gada datiem, laika periodā no 1990. līdz 2019. gadam rādītāja vērtība pakāpeniski izlīdzinājās virzībā uz vidējo pasaules vērtību WP=1. No Baltijas valstīm augstākais tas bija Latvijā (WP=0.8).

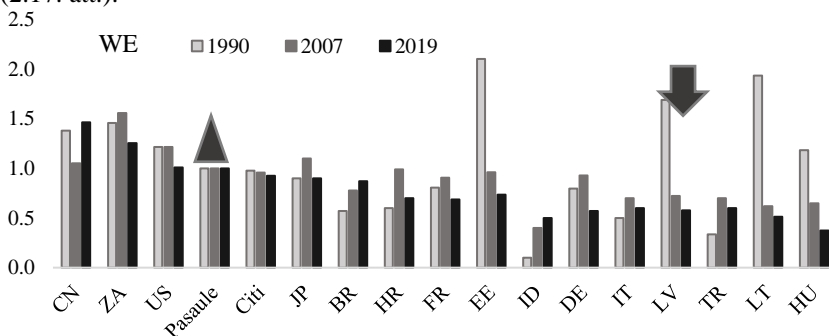


Avots: autores veidots un aprēķini

2.16. att. Vērtējamo valstu ilgtspējības līdzsvara rādītāji (WP) IAMM kontekstā

Valstu tehnoloģiskās konkurētspējas rādītājs WE

Valsts relatīvais svars pēc elektrības gala patēriņa jaudas un iekšzemes kopprodukta WE raksturo valsts tehnoloģisko konkurētspēju pasaules līmenī (2.17. att.).



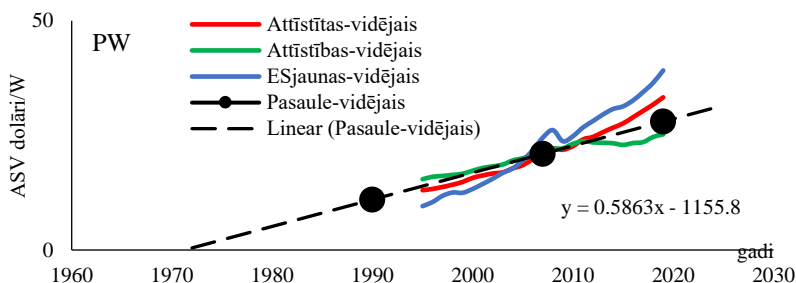
Avots: autores veidots un aprēķini

2.17. att. Vērtējamo valstu globālās tehnoloģiskās konkurētspējas rādītāji WE IAMM kontekstā

Valstis sakārtotas pēc 2019. gada datiem, un augstākais tehnoloģiskais rādītājs 2019. gadā virs pasaules līmeņa bija Ķīnā (1.vieta), Dienvidāfrikā (2.vieta) un ASV (3.vieta).

Vērtējamo sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) naudas un enerģijas plūsmu konvertācija

Vērtējamo valstu naudas un enerģijas plūsmu sabalansētībai tika aprēķināts naudas/ jaudas konvertācijas koeficients 1990.-2019. gadā. Saskaņā ar aprēķinātajiem datiem, 2007. gadā pasaules vidējais naudas/ jaudas koeficients PW (\$/W) bija 21 ASV dolārs par vienu vatu (2.18. att.). Šī vērtība attiecas uz visām 15 vērtētajām valstīm, tai skaitā uz lielākajām pasaules ekonomikām – ASV un Ķīnu. Pēc 2008. gada PW vērtība attīstītajās valstīs, t.sk. ES jaunajās, sāka pieaugt straujāk nekā vidēji pasaulē, kas nozīmē pirktspējas pieaugumu.



Avots: autores veidots un aprēķini

2.18. att. Vērtējamo valstu konvertācijas rādītāja PW nauda/ jauda izmaiņas 1990.-2019. gadā

Attīstības valstīs rādītāja PW vērtība pieauga lēnāk nekā vidēji pasaulē, pirktspēja samazinājās. Konvertācijas koeficienta PW vidējās pasaules vērtības izmaiņas grafika ekstrapolācija (2.19. att.) parāda, ka ap 1973. gadu koeficienta vērtība bija $PW=1$, kas nozīmē $1W=1\$$ jeb sabalansētu izaugsmi un attīstību. Vērtējamo valstu naudas/ jaudas konvertācijas koeficienta PW vērtība aprēķināta 2019. gadā (2.11. tabula).

Valstis ir sakārtotas pēc SK (formula 1.9.) lieluma, kas raksturo atšķirību starp iekšzemes kopproduktu pēc pirktspējas paritāti uz vienu iedzīvotāju PPXE pēc jaudas analīzes metodes un starp iekšzemes kopproduktu pēc pirktspējas paritāti uz vienu iedzīvotāju PPX pēc IKP PPP analīzes metodes.

**Vērtējamo valstu ar dažādām metodēm aprēķināto PPX salīdzinājums
2019. gadā**

Valsts	PPX	UI	PPXE	SK	PW
	ASV dolāri/10 ³	kW	ASV dolāri/10 ³	ASV dolāri/10 ³	\$/W
Vācija	57.3	1.2	33.6	23.7	48
Lietuva	39.9	0.7	19.6	20.3	57
Itālija	45.8	1.0	28.0	17.8	46
Francija	50.5	1.2	33.6	16.9	42
Igaunija	39	0.8	22.4	16.6	49
Ungārija	34.6	0.7	19.6	15.0	49
Horvātija	31.6	0.6	16.8	14.8	53
Latvija	32.9	0.7	19.6	13.3	47
Turcija	27.7	0.6	16.8	10.9	46
Japāna	42.3	1.2	33.6	8.7	35
Indonēzija	12.4	0.3	8.4	4.0	41
Brazīlija	15.3	0.5	14.0	1.3	31
ASV	65.1	2.3	64.4	0.7	28
Pasaule	17.6	0.6	17.6	0.0	28
Dienvīdāfrika	14.4	0.6	16.8	-2.4	24
Ķīna	16.6	0.8	22.4	-5.8	21

Avots: autores veidota un aprēķini

Viena no lielākām atšķirībām ir Vācijā (SK=48), bet Ķīnā un Dienvidāfrikā PPXE vērtība ir zem pasaules līmeņa, un atšķirība SK ir ar “mīnus” zīmi.

3. LATVIJAS ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS RĀDĪTĀJU PLĀNOŠANA, NOVĒRTĒŠANA UN MONITORINGS

Promocijas darba 3. nodaļā analizēta Latvijas ilgtspējīgas attīstības plānošanas un uzraudzības sistēma, kā arī prognozēti četri iespējamie Latvijas attīstības scenāriji līdz 2030. un 2060. gadam, izmantojot promocijas darba autores izveidoto ilgtspējīgas attīstības monitoringa modeli (IAMM).

3.1. Latvijas ilgtspējīgas attīstības tiesiskie un institucionālie aspekti

Ikvienas sociāli ekonomiskās sistēmas attīstības plānošanas mērķis ir sekmēt valsts ilgtspējīgu un stabilu attīstību, kā arī iedzīvotāju dzīves kvalitātes uzlabošanu. Apkopojot dažādos materiālos pieejamo informāciju, autore izveidojusi ilgtspējīgas attīstības likumdošanas ietvaru (3.1. att.), kurā norādīti vairāku līmeņu svarīgākie politiskie dokumenti.

Globālais līmenis PASAULE	ANO Agenda 21 Agenda 2030 (2015)
EIROPAS SAVIENĪBA	ES 2030 (2019) ES 6 prioritātes 2019-2024 Stratēģiskais plāns 2020-2024
BALTIJAS JŪRAS REĢIONS	ES Stratēģija Baltijas jūras reģionam
LATVIJA	Latvija 2030 (2010) Nacionālais attīstības plāns 2021-2027 Nacionālās izaugsmes stratēģija (2005)
	Vietējais līmenis Reģionālās politikas pamatnostādnes 2021-2027 Reģionālās attīstības likums (2002)

Avots: autores veidots

3.1. att. **Ilgtermiņģīgas attīstības likumdošanas ietvars 2021. gadā**

Ilgtermiņģīgas attīstības plānošana Latvijā aizsākās 20. gadsimta 90. gadu sākumā pēc neatkarības atgūšanas. Latvijā Ilgtermiņģīgas attīstības politiku ieviesa 2002. gadā, pamatojoties uz 1992. gada Riodežaneiro deklarāciju (UN, 1992). 2010. gadā tika apstiprināts Latvijas svarīgākais ilgtermiņa plānošanas dokuments – Latvijas ilgtermiņģīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam jeb Latvija 2030. Latvijas plānošanas sistēma ir decentralizēta un atbilst subsidiaritātes principam. Attīstības plānošanas dokumenti tiek izstrādāti ilgtermiņam (līdz 25 gadiem), vidējam termiņam (līdz 7 gadiem) un īstermiņam (līdz 3 gadiem).

Svarīgākie valsts ilgtermiņģīgas attīstības mērķi dokumentā Latvija 2030 tiek īstenoti ar septiņu gadu valsts attīstības plāniem, piemēram, Latvijas Nacionālo attīstības plānu 2021.-2027. gadam (NAP2027), nozaru politikām un plāniem, kas sasaista politikas mērķus ar valsts budžetu, izmantojot rādītāju kopumu. Valsts attīstības plānošanai un novērtēšanai Latvijas Republikas Ministru prezidents izveido un vada Nacionālās attīstības padomi. Tā ir koleģiāla institūcija, kuru veido ministri un Saeimas, Valsts prezidenta, kā arī valdības sociālo partneru pārstāvji. Padomes sastāvs ir noteikts Attīstības plānošanas sistēmas likumā (Attīstības plānošanas sistēma, 2009.). Valsts kanceleja (iepriekš – Pārresoru koordinācijas centrs) izstrādā hierarhiski augstākos nacionālā līmeņa attīstības plānošanas dokumentus un koordinē to īstenošanu, organizē un īsteno nozaru politiku savstarpējo koordināciju un pārresoru uzraudzību, kā arī izstrādā priekšlikumus valsts reformu īstenošanai un resursu pārdalei atbilstoši valsts attīstības prioritātēm (Valsts pārvaldes iekārtas likums, 2002). Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija ir vadošā institūcija valsts reģionālās politikas izstrādē un īstenošanā, kā arī reģionālās attīstības

valsts atbalsta pasākumu īstenošanas koordinēšanā. Galvenie dokumenti ilgtspējīgai attīstībai Latvijā:

- Latvija 2030 jeb Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam ;
- valsts attīstības plāns septiņiem gadiem kā vidējā termiņa plānošanas dokuments;
- valdības deklarācija un rīcības plāns nosaka valdības prioritāros mērķus, kas kopumā atbilst IAM mērķiem;
- citi dokumenti - nozaru politikas un plāni arī tiek saskaņoti ar IAM;
- Latvija 2030 stratēģijas uzraudzības ziņojumi;
- Latvijas ziņojumi ANO par Ilgtspējīgas attīstības mērķu ieviešanu (LAPAS NVO ziņojums, 2022).

Pārskatos par Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģijas ieviešanu (Latvija 2030) ir septiņi stratēģiskie rādītāji (3.1. tabula). Atbilstoši rādītāju vērtības izmaiņām (pieaugums vai samazinājums, tuvošanās vai novirzīšanās no plānotajām vērtībām) ir grūti izveidot vienotu kopainu par Latvijas virzību uz ilgtspējīgu attīstību.

3.1. tabula

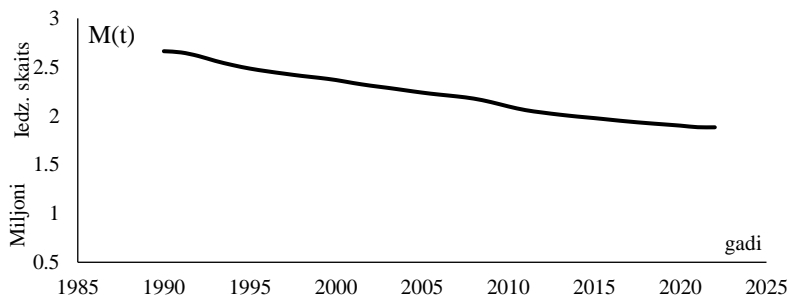
Latvija 2030 stratēģiskās attīstības mērķi rādītāji 2009., 2019., 2021. un 2030. gadā

Nr. p.k.	Stratēģiskais rādītājs	Mērv.	2009. fakts	2019. fakts	2021. fakts	2030. plāns	Avots
1.	Iedzīvotāju skaits	milj.	2.26	1.91	1.88	>2.02	CSP
2.	Džini indekss	x	37	35	34	<30	Eurostat
3.	IKP uz vienu iedzīvotāju	tūkst.eiro	14	16	18	>27	Eurostat
4.	Tautas attīstības indekss	vieta pasaulē	41	39	39	<30	UNDATA
5.	IKP uz 1 iedz. reģionālās atšķirības	%	43	41	41	<30	Eurostat
6.	Ekoloģiskās pēdas nospiedums	ha uz 1 iedz.	3.	6.4	7.7	<2.5	GFN
7.	Globālās konkurētspējas indekss	vieta pasaulē	68	67	67	<40	WEF

Avots: autores veidota

Samazinās darbspējīgo iedzīvotāju skaits un valsts budžeta iespējas nodrošināt publisko pakalpojumu pieejamību un infrastruktūras kvalitāti. Tāpēc par galvenajiem rīcības virzieniem tautsaimniecības izaugsmes saglabāšanai ilgtermiņā tika uzsvērtā demogrāfiskā politika un ekonomiskā politika (*Latvija 2030 et al. ziņojums, 2015*). Kā redzams 3.2. attēlā, tad Latvijas iedzīvotāju skaits pakāpeniski ir samazinājies visā analizējamā laika periodā par 28 %, un skaitliskā

izteiksmē tas ir bijis par vairāk kā 500 tūkstošiem cilvēku (*Pasaules bankas datu bāze*).



Avots: autores veidots pēc Pasaules bankas datiem

3.2. att. Latvijas iedzīvotāju skaits 1990.-2022. gadā

Vairāki zinātnieki Latvijā ir norādījuši uz iedzīvotāju skaita samazināšanās tendenci, piemēram, jau 2007. gadā tika secināts, ka valsts ir dziļas demogrāfiskās krīzes situācijā, un, lai gan ģimene un veselība ir dzīves kvalitātes prioritārie aspekti, kas iekļauti valsts izstrādātajos attīstības dokumentos, tomēr būtiskas pārmaiņas ne tuvākajā, ne vidēji tālā perspektīvā nevar gaidīt (*Zvidriņš, 2007*).

3.2. Latvijas ilgtspējīgas attīstības analīze 1990.-2019. gadā IAMM modeļa ietvaros

Promocijas darba 2. nodaļā tika vērtēta Latvijas ilgtspējīgas attīstības dinamika 1990.-2019. gadā. Latvijas nākotnes ilgtspējīgas attīstības scenārija formulēšanai IAMM ietvaros nepieciešamie mērķu rādītāju minimālā kopa ar 12 rādītājiem apkopota 3.2. tabulā.

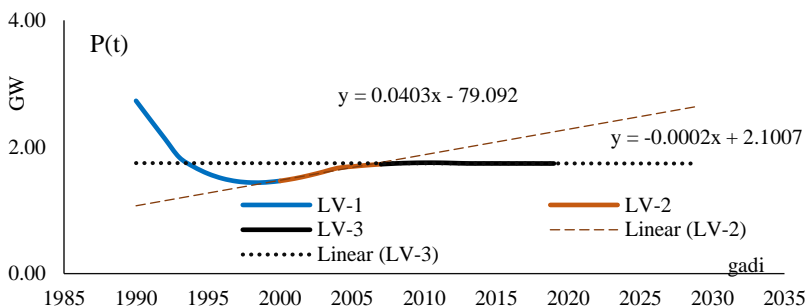
3.2. tabula

Latvijas IAMM rādītāju minimālā kopa 2019. gadā

dM	N1	N1-E	P1	G1	F1	E1	EA	U1	FOOT	PHPE	QoLE
%	GW	GW	GW	GW	%	%	%	kW	kW	kW	kW
-28	5.5	0.83	1.75	3.8	33	15	00	0.9	58	1.6	0.7

Avots: autores veidota un aprēķini

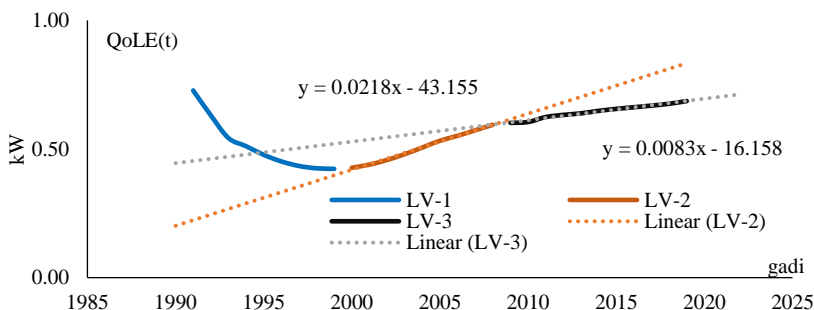
Saskaņā ar aprēķiniem, var secināt, ka Latvija attīstījās 1997.-2008. gadā, palielinot lietderīgo jaudu, tehnoloģisko efektivitāti un ilgtspējīgas attīstības potenciālu (3.3. att.). Pēc 2008. gada lietderīgās jaudas pieaugums apstājās, nesasniedzot 1990. gada līmeni. Pēc 2007. gada IKP PPP turpināja palielināties, mainot rādītāja jauda/ nauda attiecības.



Avots: autores veidots un aprēķini pēc Pasaules Bankas un Eurostat datiem

3.3. att. **Lietderīgās jaudas P1 izmaiņas Latvijā (LV) 1990.-2019. gadā un tendence līdz 2030. gadam**

Aprēķinātie dati liecina, ka Latvijas iedzīvotāju dzīves kvalitāte QoLE (enerģijas vienībās) būtiski samazinājās pēc 1990. gada (3.4. att.), kas izskaidrojams ar sociāli ekonomiskās sistēmas transformāciju. Zemākais punkts bija 1999. gadā, pēc kura sākās augšupeja, lai gan 2019. gadā 1990. gada līmenis nebija sasniegts.



Avots: autores veidots un aprēķini

3.4. att. **Latvijas iedzīvotāju dzīves kvalitātes QoLE izmaiņas enerģijas vienībās 1990.-2019. gadā**

Balstoties uz promocijas darba 1. nodaļā aprakstīto metodiku un 2. nodaļā veiktajiem aprēķiniem, var pozicionēt, ka Latvijā ir pārejas ekonomika uz postindustriālo sistēmu ar lielu pakalpojuma un transporta sektoru pievienotās vērtības daļu no IKP PPP (STINA=3.3). Pēc 2019. gada datiem var secināt, ka Latvijai ir zems tehnoloģiskās efektivitātes rādītājs ($F1=33$) un jaunam industrializācijas posmam nav modernu elektroenerģijas avotu ($EA=0$). Arī elektrības daļa kopējā gala patēriņā ir zema ($E=15$), kas raksturo mazu reālo industriālo (rūpniecības) sektoru. Latvijā 2008. gadā, nesasniedzot 1990. gada līmeni visos IAMM rādītājos, sākās brieduma posms ar neaugsmes un pat stagnācijas tendenci (3.3. tabula).

Latvijas attīstības tendences 1990.-2019. gadā

Nr. p.k.	Tendence	Periods	dM	dP	dN	dG	dQ	dF	d ² N	d ² P
1.	Kritums	1990.-1996.	<0	<0	<0	<0	>0	=0	<0	<0
2.	Izaugsme	1997.-2008.	<0	>0	>0	≥0	>0	>0	>0	>0
3.	Neaugums	2009.-2019.	<0	=0	=0	≤0	>0	=0	=0	=0

Avots: autorei veidota un aprēķini

Iegūtās mērķa vērtības 3.4. tabulā 2009.-2019. gadā ļauj identificēt Latvijas situāciju kā neilgtspējīgu attīstību, t.i., saglabājas attīstības iespēja, bet nākotnē var paātrināties recesija, notikt patēriņa samazināšanās un dzīves kvalitātes pasliktināšanās, neskatoties uz 3.4. attēlā atspoguļoto pozitīvo tendenci.

Ja Latvijas attīstība turpināsies līdzīgi kā pēc 2008.-2019. gada tendences stagnācija - neaugums, tas var nozīmēt ilgstošu stagnāciju un pat tālāku degradāciju. Diemžēl pirmie nopietnie signāli iedzīvotāju skaita samazināšanās veidā jau ir notikuši (3.3. att.).

Promocijas darba autorei iegūtie rezultāti un secinājumi par Latvijas ekonomiku apliecina, ka situācija diemžēl nav būtiski uzlabojusies, salīdzinot, piemēram, ar 2007. gadā publicētā pētījuma datiem, kurā norādīts, ka valstī ir ekonomikas augums, bet nav ekonomiskās attīstības. Tiek minēts arī fakts, ka Latvijas tautsaimniecība nepakļaujas plānotajām struktūrpolitikas nostādņēm, kas paredzēja rūpniecības attīstību, kā arī norādīti vairāki valsts attīstību kavējošie ārējie un iekšējie riska faktori (*Karnīte, 2007*).

3.3. Latvijas ilgspējīgas attīstības mērķi līdz 2030. un 2060. gadam un iespējamie ilgspējīgas attīstības scenāriji

Promocijas darba 2. daļas analīzes rezultāti tiek izmantoti, lai formulētu **Latvijas ilgspējīgas attīstības scenārijus līdz 2030. un 2060. gadam.** Salīdzinājumam tiek izvēlētas divas attīstītās valstis brieduma stadijā (ASV un Japāna) un viena attīstības valsts izaugsmes stadijā (Ķīna) 2019. gadā (3.4. tabula):

- ASV kā valsts ar postindustriālo ekonomiku (STINA=4.3) un augstu konkurētspējas līmeni pasaulē (WM=4.3);
- Japāna kā valsts ar HT ekonomiku (STINA=2.4) un augstāko tehnoloģisko efektivitāti;
- Ķīna kā valsts ar industriālo ekonomiku (STINA=1.2) un augstu tehnoloģisko konkurētspējas līmeni pasaulē (WE=1.5).

Salīdzinošie dati no izvēlēto valstu analīzes ir apkopoti 3.4. tabulā un iekrāsoti pelēkā krāsā.

ASV 2019. gadā bija viena no valstīm ar augstāko dzīves kvalitātes līmeni (QoLE=1.9), kā arī uzkrāto lietderīgo jaudu vienam iedzīvotājam (U1=2.3) un darba ražīguma potenciālu (PHPE=4.9). Šie ASV rādītāji tiek pieņemti kā

ieteikumi Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenārija veidošanas stratēģiskajiem mērķiem (3.4.tabula).

Japāna ir viena no augsto tehnoloģiju un inovatīvākajām valstīm pasaulē, un to apliecina arī dati promocijas darba 2. nodaļā – tehnoloģiju koeficients $F1(t)=41$, elektroenerģijas īpatsvars $E(t)=30\%$. Līdz 2010. gadam atomelektrostacijās saražotās elektroenerģijas īpatsvars EA(t) vidēji bija 25%. Japānas tehnoloģiju koeficients ($F1=41$) un dzīves kvalitātes rādītājs (QoLE=1.1) tiek pieņemti kā ieteikumi Latvijas inovatīvās attīstības stratēģiskajiem mērķiem.

3.4. tabula

Latvijas attīstības scenāriju izstrādei izvēlēto valsts rādītāji 2019. gadā

Valsts	dM	F1	E1	EA	U1	FOOT	PHPE	QoLE	WM	WE
	%	%	%	%	kW	kW	kW	kW	x	x
LV	-28	33	15	00	0.9	58	1.6	0.7	1.4	0.6
JP	0	41	30	00	1.2	562	2.1	1.1	1.9	0.9
US	32	36	21	17	2.3	141	4.9	1.9	4.3	1.0
CN	24	37	25	2	1.0	200	1.4	0.6	1.2	1.5

Avots: autore aprēķini

Ķīna ir viena no jaunās industrializācijas valstīm, un 20 gadus (2002.-2019.) valsts ekonomika attīstījās ātrā tempā, sasniedzot labus rezultātus. Sākot ar 2012. gadu, Ķīna sāka apsteigt ASV kopējās neto jaudas ziņā. Ķīnas gala patēriņa jaudas, elektroenerģijas patēriņa jaudas un tīrās jaudas pieauguma tempa rādītāji tiek pieņemti kā ieteikumi Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenārija veidošanas stratēģiskajiem mērķiem.

Izveidotā IAMM ietvaros, ņemot vērā noformulētās ilgtspējīgas attīstības nepieciešamos un pietiekamos noteikumus, kā arī Latvijas valsts attīstības rādītāju vērtēšanas rezultātus, promocijas darba autore formulē un analizē četrus iespējamus Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenārijus vispirms līdz 2060. gadam un pēc tam arī līdz 2030. gadam (3.5. tabula) ar nosacītiem nosaukumiem:

1. **Latvijas Viensēta** (apzīmējums – **LV**);
2. **Latvija 2000** (apzīmējums – **LV20**);
3. **Baltijas Ceļš** (apzīmējums – **BC**);
4. **Skandināvu Tilts** (apzīmējums – **ST**).

Katrs no četriem iespējamajiem prognozētajiem scenārijiem Latvijai tiek raksturots ar iepriekš izvēlēto un analizējamo valstu – Japānas, Ķīnas un ASV labākajiem sasniegumiem, uz kuriem būtu jātiecas.

Latvijas attīstības scenāriju rādītāju izmaiņas līdz 2060. gadam redzamas 3.6. tabulā, kā arī vēlamie sasniedzamie rezultāti ik pēc 10 gadiem (autore piedāvātais kontroles periods).

Latvijas attīstības scenāriji līdz 2060. gadam

Nr. p.k.	Scenārijs	Attīstības scenāriji un tendences līdz 2060. gadam
1.	Latvijas viensēta (LV)	Latvijas 2019. gada <i>esošā stāvokļa nepasliktināšanās</i> līdz 2060. gadam
2.	Latvija 2000 (LV20)	Latvijas pāreja uz <i>industriālo attīstību</i> līdz 2060. gadam, nodrošinot Latvijas industriālās ekonomikas paplašinātu atražošanu un Ķīnas industrializācijas tempus 2000.-2019. gadā
3.	Baltijas ceļš (BC)	Latvijas pāreja uz <i>inovatīvu HT attīstību</i> līdz 2060. gadam, sasniedzot attīstīto HT industriālo valstu (Japāna) 2019. gada dzīves kvalitāti (QoLE=1.1) un tehnoloģisko efektivitāti (F1=41)
4.	Skandināvu tilts (ST)	Latvijas pāreja uz <i>ilgtspējīgu attīstību</i> līdz 2060. gadam, sasniedzot pasaules attīstīto valstu (ASV) 2019. gada dzīves kvalitātes līmeni (QoLE=1.9) un jaudas zudumu negatīvo dinamiku

Avots: autores veidota un aprēķini

Atbilstoši 3.5. un 3.6. tabulas datiem, katram scenārijam aprēķinātie rādītāji tiek novērtēti, un noteikta to atbilstība nepieciešamajiem un pietiekamajiem ilgtspējīgas attīstības noteikumiem.

Latvijas attīstības scenāriju rādītāju izmaiņas līdz 2060. gadam

Nr. p.k.	Scenārijs	Rādītāju izmaiņas ik pēc 10 gadiem					Atražošanas veids
		N1	N1-E	E1	dM	IKP	
		%	%	%	%	x	
1.	LV	> 0	> 0	> + 0	+ 0.00	pozitīva	x
2.	LV20	>+15	>+30	> + 10	+ 5.00	pozitīva	paplašināta
3.	BC	>+5	>+20	> + 15	+ 0.00	pozitīva	inovatīva
4.	ST	>+10	>+50	> + 30	+ 7.00	pozitīva	inovatīva un paplašināta

Avots: autores veidota un aprēķini

Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenāriji līdz 2060. gadam

1. Attīstības scenārija Latvijas Viensēta (LV) rādītāji aprēķināti saskaņā ar promocijas darbā izstrādāto metodoloģiju IAMM ietvaros un doti 3.7. tabulā. Tabulā ar dzeltenu krāsu apzīmētas sistēmā ienākošās enerģijas plūsmas – pilna patēriņa jauda N1 un elektrības patēriņa jauda N1-E.

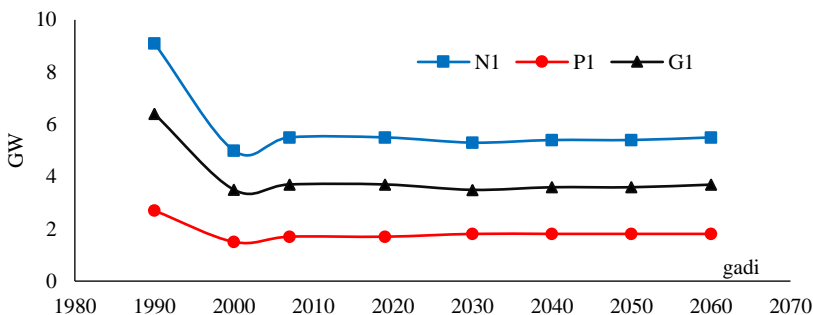
Ar zaļo krāsu apzīmēti rādītāji, kas nosaka nepieciešamos un pietiekamos ilgtspējīgas attīstības noteikumus – lietderīgā jauda P1, jaudas zudumi G1 un tehnoloģiskā efektivitāte F1. Scenārija *Latvijas Viensēta* gala patēriņa jauda N1(t) līdz 2060. gadam palielinās statistiskās kļūdas ietvaros ne vairāk kā 3%, nav nepieciešami papildus enerģijas resursi.

Attīstības scenārija *Latvijas Viensēta (LV)* rādītāji 1990.-2060. gadā

Nr. p.k.	Rādītājs	Mērv.	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	2060	2030-2060
			Vērtēšanas periods				Plānošanas periods				izmaiņas
1.	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	=0
2.	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	=0
3.	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	=0
4.	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	=0
5.	F1	%	31	31	33	33	33	33	33	33	=0
7.	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	=0
8.	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	=0

Avots: autores veidota un aprēķini

Scenārijs nesekmē valsts jaudas un potenciāla palielināšanu turpmākai attīstībai (3.5. att.).



Avots: autores veidots un aprēķini

3.5. att. Attīstības scenārija *Latvijas Viensēta (LV)* rādītāju izmaiņas 1990.-2060. gadā

Scenārija *Latvijas Viensēta* dinamika no 2019. gada parāda, ka dzīves kvalitātes QoLE izmaiņas ir nelielas – apmēram 3-4% līdz 2060. gadam.

Var secināt, ka sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas attīstības nepieciešamie un pietiekošie noteikumi nav izpildīti. Tātad scenārija *Latvijas Viensēta* rādītāju izmaiņas līdz 2060. gadam **neatbilst** ilgtspējīgas attīstības nepieciešamajiem un pietiekamajiem noteikumiem.

2. Attīstības scenārijs *Latvija 2000 (LV20)* rādītāju N1(t) un N1-E(t) aprēķiniem izmantoti Ķīnas industrializācijas rādītāji 2000.-2019. gadā (3.8. tabula). Scenārija *Latvija 2000* rādītāji apkopoti 3.9. tabulā (apzīmējumi atbilst iepriekš aprakstītajam 3.7. tabulā).

Ķīnas un Latvijas attīstības scenārija *Latvija 2000 (LV20)* rādītāju izmaiņas b koeficienti

Valsts	Periods	P1 izmaiņas koeficients b,W	N1 izmaiņas koeficients b,W	N1-E izmaiņas koeficients b, W
Latvija	1997.-2008.	0.04	x	x
Ķīna	2000.-2019.	0.04	0.10	0.03

Avots: autores veidota un aprēķini

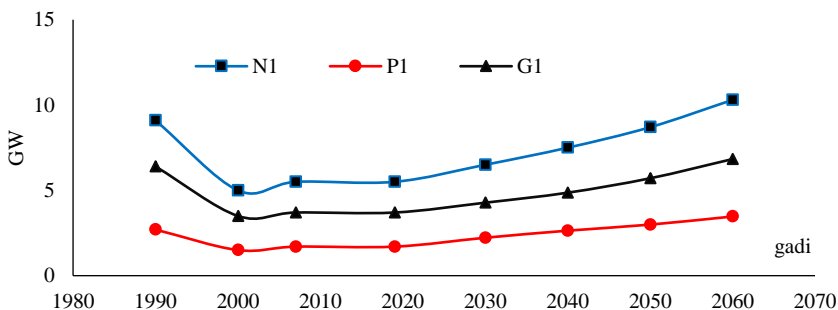
Jāuzsver, ka scenārija *LV20* realizācijai nepieciešams iedzīvotāju skaita palielinājums vismaz 5% ik pēc 10 gadiem, un tā rezultātā 2060. gadā Latvijas iedzīvotāju skaits varētu sasniegt 2.3 milj. cilvēku.

Attīstības scenārija *Latvija 2000 (LV20)* rādītāji 1990.-2060. gadā

Nr. p.k.	Rādītāji	Mērv.	1990	2000	2007	2019	2030	2040	2050	2060	2030-2060
			Vērtēšanas periods				Plānošanas periods				
1.	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	6.6	7.5	9.2	10.3	>0
2.	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	1.0	1.3	1.8	2.2	>0
3.	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	2.0	2.4	3.0	3.5	>0
4.	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	4.6	5.6	6.2	6.8	>0
5.	F1	%	31	31	33	33	34	36	37	38	>0
7.	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	1.9	2.2	2.8	3.2	>0
8.	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	>0

Avots: autores veidota un aprēķini

Paplašināta atražošana *LV20* scenārijā paredz pilnas enerģijas patēriņa un elektrības patēriņa jaudas ievērojamu palielināšanu, un 3.6. attēlā redzams, ka šajā gadījumā lietderīgās jaudas P1 līmenis 2060. gadā pārsniegtu 1990. gada līmeni.



Avots: autores veidots un aprēķini

3.6. att. Attīstības scenārija *Latvija 2000 (LV20)* rādītāju izmaiņas 1990.-2060. gadā

Scenārijs *Latvija 2000* ir Latvijas attīstības augšanas posma sākums, kas pieļauj vides piesārņojuma palielināšanu (skatīt G1 un FOOT dinamiku) ar nelielu dzīves kvalitātes QoLE pieauguma ātrumu.

Var secināt, ka sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas attīstības nepieciešamie un pietiekamie noteikumi netiek izpildīti. Tātad scenārija *Latvija 2000* rādītāju izmaiņas līdz 2060. gadam neatbilst ilgtspējīgas attīstības nepieciešamajiem un pietiekamajiem noteikumiem.

3. Scenārija *Baltijas Ceļš (BC)* rādītāji aprēķināti un apkopoti 3.10. tabulā.

Scenārija *Baltijas Ceļš* ietvaros palielinātos valsts tehnoloģiskā efektivitāte (F1=37), bet ietekme uz vidi paliktu nemainīga, ko parāda jaudas zudumu G1 un ekoloģiskās pēdas (energovienībās) FOOT dinamika (3.10. tabula, 3.10. att.). Galvenais attīstības scenārija *Baltijas Ceļš* akcents ir likts uz industrijas un servisa tehnoloģiskā līmeņa paaugstināšanu līdz F1=42, t.sk. jauno tehnoloģiju un inovāciju ieviešanu. Tas atspoguļo elektrības gala patēriņa daļas palielināšanu kopējā patēriņā no 15% 2019. gadā līdz 27% un vairāk 2060. gadā

3.10. tabula

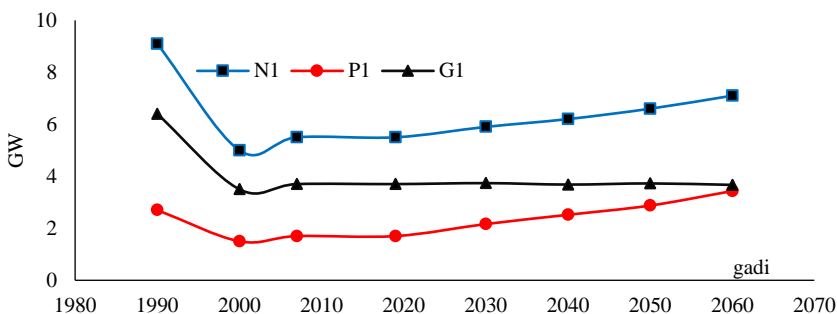
Attīstības scenārija *Baltijas Ceļš (BC)* rādītāji 1990.-2060. gadā

Nr.p. k.	Rādītājs	Mērv.	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	2060	2030-2060
			Vērtēšanas periods				Plānošanas periods				izmaiņas
1.	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	5.9	6.2	6.5	6.7	>0
2.	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	>0
3.	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	2.2	2.5	2.8	3.0	>0
4.	F1	%	31	31	33	33	35	39	40	42	>0
5.	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	=0
6.	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	>0
7.	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	1.9	2.3	2.5	2.8	>0

Avots: autores veidota un aprēķinī

Pie scenārija *Baltijas Ceļš* nosacījumiem Latvijai iespējama pozitīva attīstības tendence, jo paaugstinātos iedzīvotāju dzīves kvalitāte. Tai pat laikā, var secināt, ka Latvijā 2060. gadā netiktu sasniegts valsts 1990. gada līmenis (3.7. att.).

Dzīves kvalitātes pieaugums pēc šī scenārija tiek plānots divas reizes lielāks nekā scenārija *Latvija 2000* ietvaros. Scenārija *Baltijas Ceļš* rādītāju izmaiņas līdz 2060. gadam atbilst ilgtspējīgas attīstības nepieciešamajiem noteikumiem un daļēji arī pietiekamajiem noteikumiem attiecībā uz tehnoloģiskās efektivitātes palielināšanu.



Avots: autores veidots un aprēķini

3.7.att. Attīstības scenārija *Baltijas Ceļš (BC)* rādītāju izmaiņas 1990.-2060. gadā

Jaudas zudumu izmaiņa, kā pietiekamais parametrs, laika periodā no 2040. līdz 2060. gadam arī plānots kā nemainīgs ar iespējamo negatīvo tendenci turpmāk. Var secināt, ka sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas attīstības nepieciešamie un pietiekamie noteikumi tiek izpildīti. Tātad scenārija *Baltijas Ceļš* rādītāju izmaiņas līdz 2060. gadam **atbilst** ilgtspējīgas attīstības nepieciešamajiem un pietiekamajiem noteikumiem.

4. Scenārijs *Skandināvu Tilts (ST)* nosacījumi var nodrošināt Latvijai pozitīvu attīstības tendenci, paaugstinoties dzīves kvalitātei un 2060. gadā sasniedzot ASV 2019. gada līmeni (QoLE=1.9). Scenārija realizācija paredz līdz 2060. gadam ievērojamu tehnoloģiskās efektivitātes paaugstināšanu (F1=55) un elektrības patēriņa jaudas palielināšanu vairāk kā četras reizes. Viens no svarīgākajiem noteikumiem šī scenārija gadījumā ir moderno elektrības ražošanas avotu izmantošana, piemēram, atomenerģētika. Arī iedzīvotāju skaita palielinājums ir viens no svarīgiem ilgtspējīgas attīstības nosacījumiem.

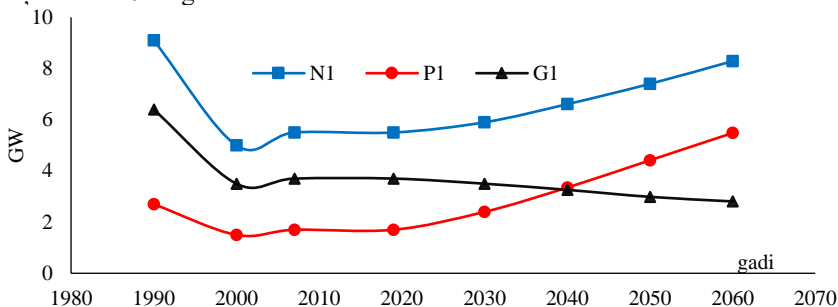
3.11. tabula

Attīstības scenārija *Skandināvu Tilts (ST)* rādītāji 1990.-2060. gadā

Nr. p.k	Rādītājs	Mērv.	Vērtēšanas periods				Plānošanas periods				2030-2060 Izmaiņas
			1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	2060	
1.	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	6.2	6.9	7.8	8.7	>0
2.	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	1.3	2.1	3.0	4.0	>0
3.	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	2.4	3.3	4.4	5.6	>0
4.	F1	%	31	31	33	33	38	44	49	55	>0
5.	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	3.7	3.6	3.4	3.1	<0
7.	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	>0
8.	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	2.2	3.1	4.1	5.2	>0
9.	U1	kW	1.0	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	>0

Avots: autores veidota un aprēķini

Var secināt, ka scenārijā *Skandināvu Tilts* 2060. gadā Latvijā tiktu pārsniegts 1990. gada valsts attīstības līmenis (3.8. att.), tomēr tas prasītu vismaz 36 gadus, rēķinot no 2024. gada.



Avots: autores veidots un aprēķini

3.8. att. Attīstības scenārija *Skandināvu tilts* (ST) rādītāju izmaiņas 1990.-2060. gadā

Dzīves kvalitātes QoLE pieaugums šī scenārija ietvaros ir vislielākais, ņemot vērā ietekmes uz vidi G1 samazinājumu. Ilgtspējīgas attīstības scenārija *Skandināvu Tilts* realizācija būtu iespējama pie ievērojamas tehnoloģiskās efektivitātes palielināšanas (līdz F1=55) un elektrības patēriņa jaudas daļas palielināšanās kopējā patēriņā līdz 46%.

Var secināt, ka sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas attīstības nepieciešamie un pietiekamie noteikumi tiek izpildīti. Tātad scenārija *Baltijas ceļš* rādītāju izmaiņas līdz 2060. gadam **atbilst** ilgtspējīgas attīstības nepieciešamajiem un pietiekamajiem noteikumiem.

Latvijas attīstības IKP PPPE(t) izmaiņas aprēķinātas katram scenārijam (3.12. tabula), izmantojot PW vērtības noteiktajā gadā.

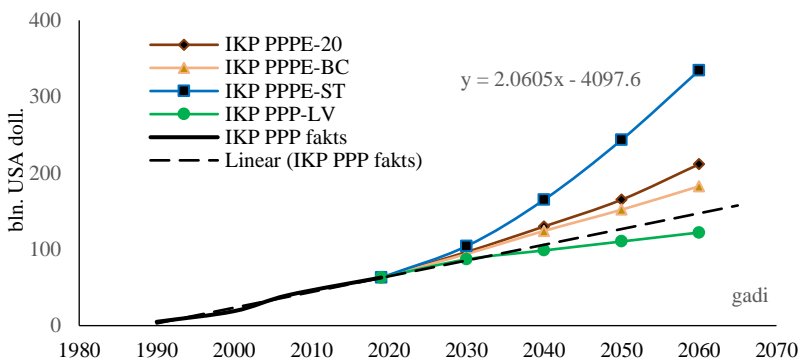
3.12. tabula

Latvijas attīstības scenāriju IKP PPPE izmaiņas 1990.-2060. gadā

Scenārijs	Rādītājs	Mērvien.	1990	2000	2007	2019	Plānošanas periods			
			Vērtēšanas periods				2030	2040	2050	2060
Latvija	IKP PPP	trīj. ASV dolāru	5	19	40	63	x	x	x	x
LV	IKP PPPE		5	19	40	63	87	99	110	122
BC			5	19	40	63	94	124	158	182
ST			5	19	40	63	104	165	243	334
LV20			5	19	40	63	125	212	309	435

Avots: autores veidota un aprēķini

Latvijas iespējamo ilgtspējīgas attīstības scenāriju IKP PPPE izmaiņas 1990.-2060. gadā vizuāli redzamas 3.9. attēlā.



Avots: autores veidots un aprēķini

3.9. att. Latvijas iespējamo ilgtspējīgas attīstības scenāriju IKP PPPE izmaiņas 1990.-2060. gadā

Nepieciešamie resursi Latvijas attīstības scenāriju realizācijai enerģijas un naudas vienībās ir aprēķināti (provizoriski), izmantojot jaudas/ naudas konvertācijas koeficientu PW (3.13. tabulā).

3.13. tabula

Nepieciešamie resursi Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenāriju realizācijai līdz 2060. gadam

Scenārijs	Nepieciešamie papildu resursi enerģijas vienībās, gadā	Nepieciešamie papildu finanšu resursi naudas vienībās (dolāros), gadā
1. Latvijas Viensēta (LV)	N1 = 0	0.0 mlrd. \$
2. Latvija 2000 (LV20)	N1 = 123 MW, N1-E = 35 MW	6.4 mlrd. \$
3. Baltijas Ceļš (BC)	N1 = 40 MW, N1-E = 25 MW	2.1 mlrd. \$
4. Skandināvu Tilts (ST)	N1 = 107 MW, N1-E = 80 MW	5.5 mlrd. \$

Avots: autores veidota un aprēķini

Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenāriju rādītāju kopsavilkums atspoguļots 3.14. tabulā. Prognozētie iespējamie Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenāriji *Latvija 2000*, *Baltijas Ceļš* un *Skandināvu Tilts* nodrošina lietderīgās jaudas $P(t)$ pozitīvu tendenci, kas, savukārt, var palielināt potenciālu turpmākai attīstībai. Atbilstoši formulētajam 3. likumam (23.-24. lpp.), Latvijā būtu nepieciešams uzsākt augšanas posmu, pazeminot STINA vērtību no 3.3 līdz vismaz 2.4 (Japānas piemērs), kas nozīmē ražošanas sektora palielināšanu. Augšanas posmu var nodrošināt lielāki finanšu un enerģijas resursi, kas galvenokārt ir politisku lēmumu rezultāts. Iespējamie Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenāriji *LV2000*, *BC* un *ST* nodrošina lietderīgās jaudas $P(t)$ pozitīvu tendenci, kas, savukārt, var palielināt valsts potenciālu turpmākai attīstībai.

Ja IKP PPP naudas plūsma tiek nodrošināta ar enerģijas plūsmas (lietderīgās jaudas) palielinājumu, tad valsts jauda var pieaugt. Latvijas attīstības scenārijs *Latvijas Viensēta* kā esošās situācijas turpinājums neatbilst ilgtspējīgas attīstības prasībām, jo starpība starp nodrošinātu un nenodrošinātu IKP PPP vērtību pieaugtu ar katru gadu, kas var novest pie nestabilas ekonomiskās situācijas un ārējās vides ietekmes palielināšanās.

Promocijas darba 1. nodaļā autore norāda, ka ilgtspējīgas attīstības koncepcija pasaulē tika veidota un attīstījās industriālās ekonomikas modeļa ietvaros, kas faktiski paredz tikai valsts ekonomikas *izaugsmes, neaugsmes* vai *krituma* posmus. *Brieduma* periods, kurā no 2000. gada atrodas pasaules attīstītās valstis, tai skaitā Latvija, prasa īpašus attīstības scenārijus ar mērķi uzsākt/ ieiet izaugsmes posmā un palielināt valsts lietderīgo jaudu un potenciālu turpmākai attīstībai.

3.14. tabula

Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenāriju 2060.g. rādītāju kopsavilkums

Nr. p.k.	Rādītājs	Mērvien.	Scenāriji			
			LV	LV20	BC	ST
1.	SES IKP PPP dinamika	x				
2.	SES lietderīgās jaudas P1 dinamika	x				
3.	SES tehnoloģiskās efektivitātes F1 dinamika	x				
4.	SES jaudas zudumu G1 dinamika	x				
5.	Dzīves kvalitāte QoLE	kW	0.7	1.0	1.2	1.9
6.	Dzīves kvalitātes QoLE pieauguma ātrums	W/t	0	6	12	31
7.	Tehnoloģiskā efektivitāte F1	%	33	38	42	55
8.	Elektrības patēriņa daļa E1	%	15	21	27	46
9.	Scenārija raksturojums	x	ne-IA	ne-IA	IA	IA

Apzīmējumi: IA – ilgtspējīga attīstība; ne-IA – neilgtspējīga attīstība

Avots: autores veidota un aprēķini

Ilgtspējīgas attīstības saglabāšana nozīmē šādu noteikumu izpildīšanu:
- lietderīgās jaudas P1 pozitīvu izmaiņu tendence, kas ir nepieciešama un obligāta valsts jaudas un potenciāla palielināšanai (skat. 3. likumu 23.-24. lpp.);
- pāru lineāro regresiju starp lietderīgo jaudu P1(t) un iekšzemes kopproduktu pēc pirktspējas paritātes IKP PPP(t) (skat. 5. likumu 25.-26. lpp.).

Autore uzskata, ka Latvijas ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanai līdz 2060. gadam par AMBICIOZĀKO var uzskatīt scenāriju *Skandināvu Tilts*, bet par REĀLĀKO – scenāriju *Baltijas Ceļš*, jo tā realizācijas procesā Latvijā uzlabotos mērķa rādītāji pēc ilgstošas neaugsmes un stagnācijas. 3.13. tabulā redzams, ka tam ik gadu būtu nepieciešami enerģijas resursi $N1(t)=180$ MW, $N1-E(t)=60$ MW un finanšu resursi 5 mljrd. dolāri.

Iespējamais Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenārijs līdz 2030. gadam
Kā jau iepriekš tika uzsvērts, tad promocijas darbā iegūtie dati var būt par pamatu Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģijas izstrādes un monitoringa procesiem.

3.15. tabula

Ilgspējīgas attīstības stratēģiskie rādītāji – Latvija 2030 un autores piedāvātie IAMM ietvaros 2019. un 2030. gadā

Nr. p.k.	Autores Apzīmējums	Rādītājs	Mērvienība	2019. fakts	2030. (plāns vai scenārijs)
Latvija 2030					
1.	M	Iedzīvotāju skaits	milj.	1.91	>2.02
2.	GINI	Džini indekss	x	35	< 30
3.	HDI	Tautas attīstības indekss	vieta pasaulē	39	< 30
4.	Footprint	Ekoloģiskās pēdas nospiedums	ha	6.4	< 2.5
5.	GCI	Globālās konkurētspējas indekss	vieta pasaulē	67	< 40
6.	PX	IKP uz 1 iedzīvotāju	eiro 10 ³	16	>27
7.	IKP	IKP	eiro 10 ⁹	31	>54
Rādītāji IAMM ietvaros (fakts un scenārijs <i>Baltijas Ceļš</i>)					
8.	N1	Pilna gala patēriņa jauda	GW	5.5	5.9
9.	N1-E	Elektrības gala patēriņa jauda	GW	0.8	1.1
10.	P1	Lietderīgā jauda	GW	1.7	2.2
11.	U1	Lietderīgā jauda uz 1 iedz.	kW	0.9	1.1
12.	PHPE	Produktivitāte	kW	1.6	2.0
13.	QoLE	Dzīves kvalitāte	kW	0.7	0.9
14.	FOOT	Ekoloģiskā pēda	kW	58	59
15.	F1	Tehnoloģiskā efektivitāte	%	33	36
16.	E1	Elektrības gala patēriņa daļa	%	15	19
17.	WM	Globālā konkurētspēja	x	1.4	x
18.	WE	Tehnoloģiskā konkurētspēja	x	0.6	x

Avots: autores veidota

Lai izvērtētu valsts iespējamo attīstību līdz 2030. gadam, par pamatu tiek ņemts autores izstrādātais Latvijas ilgtspējīgas attīstības scenārijs līdz 2060.

gadam *Baltijas Ceļš* – kā reālākais izpildāmais. Septiņu ilgtspējīgas attīstības stratēģisko rādītāju izlase no dokumenta Latvija 2030 salīdzināta ar 2019. gada faktiskajiem datiem (3.15. tabulā).

Nākamie 11 (no 8. līdz 18.) ir autore izstrādātā IAMM modeļa ietvaros aprēķinātie rādītāji 2019. un pēc scenārija *Baltijas Ceļš* 2030. gadā. Tabulas dati parāda, ka praktiski visas Latvija 2030 ilgtspējīgas attīstības analizējamo stratēģisko rādītāju faktiskās vērtības 2019. gadā diezgan būtiski atpaliek no plānotajiem rādītājiem, kas rada pamatotas šaubas par to sasniegšanu 2030. gadā. Tai pat laikā jāuzsver, ka promocijas darba izstrādāšanas nobeiguma procesā (līdz 2024. gada aprīlim) nebija pieejami visi jaunākie dati, tāpēc pilnvērtīgi pamatotu secinājumu izdarīšanai būtu nepieciešams turpināt pētījumus. Latvijas ilgtspējīgas attīstības rādītāji IAMM ietvaros ļauj kvalitatīvāk izvērtēt valsts sociāli ekonomisko situāciju un plānot valsts attīstību starpdisciplinārā skatījumā.

Var secināt, ka **gadījumā, ja Latvijas attīstības tempi pieaugtu pēc 2019. gada atbilstoši promocijas darba autores aprēķiniem, tad ilgtspējīgas attīstības scenārijs *Baltijas Ceļš* būtu reāli sasniedzams ne tikai līdz 2060. gadam, bet jau līdz 2030. gadam.**

GALVENIE SECINĀJUMI

Promocijas darbā izvirzītā pētījuma hipotēze – *ilgtspējīgas attīstības plānošanas un monitoringa modelis ļauj novērtēt dažādu sociāli ekonomisko sistēmu (valstu) attīstību – ir apstiprinājies.*

1. Mūsdienu izaicinājums visas planētas mērogā prasa fundamentālas izmaiņas gan cilvēku apziņā, gan darbībā, tas prasa jaunu redzējumu un jaunas pieejas, lai veidotu jaunu realitāti. Ilgtspējīgas attīstības plānošanas un monitoringa teorētisko aspektu izpēte ir pamats esošo sistēmu trūkumu izvērtēšanai un tālākai pilnveidošanai.
2. Vājās ilgtspējības koncepcija tika noformulēta 20. gadsimta 70. gados kā neoklasicisma ekonomiskās izaugsmes teorijas paplašinājums, uzskatot neatjaunojamās dabas resursus par ražošanas faktoru. Tā kļuva par galveno virzienu 90. gados ilgtspējīgas attīstības diskursa un kapitāla teorijas kontekstā. Neoklasicisma ekonomika pieņem, ka enerģija un matērija (preces) cirkulē praktiski slēgtā neierobežotu resursu (izejvielu) un bezgalīgu pārstrādes iespēju (izejas) sistēmā, ko ekonomikā sauc par negatīvām ārējām sekām.
3. Atšķirībā no neoklasicisma teorijas, ekoloģija nevar uzskatīt cilvēka ekonomiku atsevišķi no dabas, bet, gluži pretēji, to uzskata par daļu no sociāli ekonomiskās sistēmas, kas apmainās ar vielu, enerģiju un informāciju ar vidi, un uzskata tās sastāvdaļas par vairāk nekā tikai precēm

- un pakalpojumiem. Uz šīs teorētiskās bāzes balstās stiprās ilgtspējības koncepcija.
4. *Ilgspējīgas attīstības* definīcija paredz, ka ir nepieciešams taisnīgs resursu un aktīvu sadalījums starp paaudzēm, tāpēc ir nepieciešama koncepcija, kas ļauj novērtēt, vai tiek panākta paaudžu vienlīdzība. Klasiskā attīstības teorija lielu uzsvaru liek uz investīcijām un kapitālu kā galvenajiem attīstību noteicošajiem faktoriem, kas tradicionāli aprobežojas ar ekonomikas attīstības izpratni, paplašinot tirgus un palielinot antropogēno kapitālu. Šī teorija tiek paplašināta, lai risinātu arī jautājumu par to, kā panākt ilgtspējīgu attīstību.
 5. Sākumpunkts uz kapitālu teorijas balstītas ilgtspējīgas attīstības rādītāju mērīšanas sistēmas izstrādei kļuva Pasaules bankas Nacionālo kontu sistēma, kas apraksta konsekventu un integrētu makroekonomisko kontu kopumu starptautiski saskaņotu jēdzienu, definīciju, klasifikāciju un grāmatvedības noteikumu kopuma kontekstā. No 2009. gada sākās vides ekonomiskās uzskaites sistēmas enerģijas kontu izstrāde Eiropas statistikas sistēmā.
 6. Dabaszinātņu pieeja ekonomikā ir balstīta uz koncepciju, ka sociālie, ekonomiskie un vides procesi ir enerģijas, matērijas un informācijas plūsmu transformācijā, kas ir visu dabas un sociālo procesu pamatā. Dabaszinātnes likumi veido sociālo, ekonomisko un vides procesu fundamentālo ierobežojumu kopu un zinātnisko pamatu apsvērumiem sociāli ekonomiskās aktivitātes mijiedarbībā ar dabas procesiem. Pastāvošās materiālās, enerģijas un informācijas savstarpējās saiknes starp sociālajiem, ekonomiskajiem un vides procesiem netika atspoguļotas un analizētas tradicionālajās sociālajās un ekonomiskajās teorijās.
 7. Pēc Kuzņecova attīstības modeļa, *ilgtspējīga attīstība* ir nepārtraukts brīvās lietderīgās jaudas veidošanās process ar mērķi palielināt sistēmas iespējas apmierināt esošās un nākamās pastāvīgās vajadzības, palielinot sistēmas pilnas jaudas efektivitāti, samazinot zudumus un nepalielinot patēriņa jaudu negatīvas ārējās un iekšējās ietekmes un ierobežotu resursu apstākļos.
 8. Pēc Oduma cikliskā modeļa, sociāli ekonomiskās sistēmas attīstības tendences un virzieni iekļaujas *sistēmas dzīves ciklā* – augšana, briedums un kritums. Pēc brieduma perioda sistēmas tālākā attīstība var notikt vājināšanas virzienā (degradācija un sabrukšana) vai restrukturizācijas un jaunas izaugsmes virzienā. Izaugsmes un attīstības procesā dominē tās sistēmas, kas maksimāli palielina kopējo lietderīgo jaudu no visiem avotiem un elastīgi pārdala tām vajadzībām, kas ietekmē turpmāko efektivitāti un izaugsmes procesu.
 9. Promocijas darbā izveidota sociāli ekonomiskās sistēmas novērtēšanas metodoloģija un ilgtspējīgas attīstības monitoringa modelis (IAMM), iekļaujot trīs metodiskos uzdevumus:

- a) jaudas (enerģijas plūsmu) jēdziena ieviešana ilgspējīgas attīstības definīcijā;
 - b) invariantu koordinātu sistēmas ieviešana enerģijas mērvienībās;
 - c) formalizācijas procesa ieviešana, izmantojot sistēmas energoplūsmu modeļi, Kaldora IKP sektorālo modeļi un jaudas izmaiņu sistēmanalīzes metodoloģiju.
10. Metodisko uzdevumu risinājums dod iespēju veikt: integrālo kritēriju un rādītāju izvēli; sistēmisku esošā stāvokļa izvērtēšanu; dažādu risinājumu vidēja un ilgtermiņa seku novērtējumu; objektu parametriskās dinamikas novērtējumus; vidēja un ilgtermiņa stratēģiju izstrādi izvirzīto ilgspējīgas attīstības mērķu sasniegšanai.
 11. Lai aprobežotu promocijas darbā izveidoto ilgspējīgas attīstības monitoringa modeļi (IAMM), tika analizētas dažādas valstis pēc divām metodēm: (1) IKP analīze naudas izteiksmē; (2) attīstības rādītāju analīze invariantu koordinātu sistēmā energovienībās, pamatojoties uz promocijas darba autores metodi, kas balstās uz Kuzņecova un Oduma moduļiem. Analīzes rezultātā tika iegūti atšķirīgi analizējamo sociāli ekonomisko sistēmu ilgspējīgas attīstības novērtēšanas rezultāti un izskaidrota to nozīme ne tikai valsts esošās situācijas novērtēšanā, bet arī turpmākās attīstības prognozēšanā un monitorēšanā.
 12. Promocijas darba ievaros tika izvēlētas, analizētas un novērtētas 15 sociāli ekonomiskās sistēmas (valstis) trīs grupās: 1) piecas attīstītās valstis – ASV, Francija, Vācija, Itālija un Japāna; 2) piecas attīstības valstis – Brazīlija, Indonēzija, Ķīna, Turcija un Dienvidāfrika; 3) piecas ES jaunās attīstītās valstis – Latvija, Lietuva, Igaunija, Ungārija un Horvātijā.
 13. Saskaņā ar IKP PPP analīzi naudas izteiksmē, visām vērtējamām valstīm laika periodā no 1990. līdz 2019. gadam bija pozitīva augšanas tendence ar dažādu augšanas ātrumu un paātrinājumu. Visātrāk auga vērtējamās attīstības valstis, piemēram, Ķīna augšanas posmā, bet vislēnāk – attīstītās valstis – ASV un Francija brieduma posmā.
 14. IAMM ietvaros un izmantojot sistēmas jaudas izmaiņu sistēmanalīzes metodoloģiju, var secināt, ka pēc 2001. gada vērtējamās attīstītās valstis nonāca lēnas attīstības posmā – brieduma stadijā, kas ir nepieciešama, lai veiktu sociāli ekonomiskajā sistēmas (valsts) kvalitatīvas izmaiņas un sagatavotos nākamajam attīstības posmam. Tajā pašā laikā jāuzsver, ka katrā analizētā valstī līdz autores analizējamam periodam (1990. gadam) ir bijusi ar atšķirīgu attīstību un rādītājiem.
 15. Vērtējamo attīstības valstu lietderīgās jaudas un dzīves kvalitātes rādītāji energovienībās kā potenciāls sistēmas tālākai attīstībai (industrializācija, modernizācija utt.) ir augšanas periodā. Vērtējamām valstīm dzīves kvalitātes pieaugums ir ar dažādu pieauguma ātrumu, tomēr visi rādītāji ir zemāki nekā attīstītajām valstīm.

16. Visām vērtējamām ES jaunajām valstīm 1990.-1999. gadā ir raksturīgs lietderīgās jaudas straujš samazinājums, kas izskaidrojams ar sociāli ekonomiskās sistēmas izmaiņām, un 2019. gadā jaudas līmenis nevienā valstī nebija sasniedzis 1990. gada līmeni. Pēc 2001. gada vērtējamās valstis nonāca lēnās attīstības posmā – brieduma stadijā, un tām vērojams tehnoloģiskās efektivitātes koeficienta pieaugums, tomēr 2019. gadā tās nebija sasniegušas pasaules vidējo tehnoloģisko līmeni. Visās šajās valstīs bija ievērojams iedzīvotāju skaita samazinājums, zems tehnoloģiskās attīstības rādītājs, zema produktivitāte un dzīves kvalitāte. Kopumā var secināt, ka vērtējamās ES jaunajās valstīs ir bijusi sarežģīta attīstība 1990.-2019. gadā. IAMM modelis palīdzēja identificēt ilgstošu neaugsmes periodu vērtējamām valstīm pēc 2000. gada.
17. Pēc promocijas darba autore domām, saskaņā ar ilgtspējīgas attīstības koncepciju, dzīves kvalitātes rādītājiem arī brieduma periodā vajadzētu paaugstināties, iespējams, ar zemāku ātrumu. Tāpēc dzīves kvalitātes kritumu varētu izskaidrot kā valsts neefektīvu adaptāciju pret ārējiem faktoriem vai neefektīvu transformāciju iekšējo faktoru ietekmē. Svarīgi – vai sociāli ekonomiskā struktūra gatava adaptācijai, ja mainās ārējie apstākļi.
18. Ilgtspējīgas attīstības principu formalizācija energovienībās, izmantojot invariantu koordinātu sistēmu un jaudas izmaiņu analīzes pieeju, ļauj noteikt **жебkuras** sociāli ekonomiskās sistēmas (valsts) esošā un mērķa stāvokļa rādītājus, problēmas un prognozējamās attīstības scenārijus.
19. Iegūtās mērķa vērtības 1990.-2019. gadā ļauj identificēt Latvijas situāciju kā neilgtspējīgu attīstību, t.i., saglabājas attīstības iespēja, bet nākotnē var paātrināties recesija, notikt patēriņa samazināšanās un dzīves kvalitātes pasliktināšanās, neskatoties uz dzīves kvalitātes pozitīvo tendenci. Latvijā ir pārejas ekonomika ar zemu tehnoloģiskās efektivitātes rādītāju ($F1=33$). Jaunam industrializācijas posmam nav pieejami moderni elektroenerģijas avoti ($EA=0$), kā arī elektrības daļa kopējā gala patēriņa ir viena no zemākajām ($E=15$) starp vērtējamām valstīm – tātad mazs reālais industriālais sektors. Dzīves kvalitātes līmenis atbilstoši citām vērtējamām ES jaunajām valstīm ($QoLE=0.7$). Ja Latvijas attīstība arī turpmāk būs tāda, kā pēc 2019. gada, tas var nozīmēt ilgstošu stagnāciju un pat tālāku degradāciju.
20. IAMM ietvaros pēc Latvijas attīstības vērtēšanas rezultātiem autore formulē un analizē četrus iespējamās ilgtspējīgas attīstības scenārijus ar dažādiem mērķiem un ar nosacītiem nosaukumiem: 1) *Latvijas Viensēta (LV)*; 2) *Latvija 2000 (LV20)*; 3) *Baltijas Ceļš (BC)*; 4) *Skandināvu Tilts (ST)*. Scenāriji *LV20*, *BC* un *ST* nodrošina lietderīgās jaudas $P(t)$ pozitīvu tendenci, kas, savukārt, var palielināt valsts potenciālu turpmākai attīstībai.
21. Autore secina, ka **Latvijas ilgtspējīgas attīstības mērķu sasniegšanai reālākais scenārijs būtu *Baltijas Ceļš*, bet ambiciozākais scenārijs – *Skandināvu Tilts*.**

22. Latvijas ilgtspējīgas attīstības plānošanas un monitoringa modelis invariantu koordinātu sistēmā energovienībās, izmantojot jaudas izmaiņas un ekonomikas strukturālos modeļus, ļauj novērtēt valsts ilgtspējīgu attīstību nevis tikai ar rādītājiem naudas izteiksmē, bet arī ar citu – IAMM metodi.
23. IAMM izmantošana var palīdzēt valsts ilgtspējīgas attīstības stratēģisko mērķu sasniegšanā, un izveidotie rādītāji var būt par pamatu esošo stratēģisko mērķu rādītāju plānošanai, uzraudzībai un pārskatīšanai, lai uzlabotu Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģijas izstrādes izstrādes un monitoringa procesus.
24. Esošā sociāli ekonomiskās sistēmas ilgtspējīgas attīstības mērvienību sistēma naudas izteiksmē ir mainīga un nestabila, kas Latvijas un arī citu valstu attīstībā uzrāda galvenokārt pozitīvas attīstības tendences un tādejādi dažkārt sniedz pat maldīgu priekšstatu par attīstības procesiem. Tāpēc promocijas darbā pilnveidota ilgtspējīgas attīstības teorija un novērtēšanas metodes, izmantojot nemonetāru dabaszinātņu procesus starpdisciplinārā pētījumā, ņemot vērā ekonomikas, matemātikas, fizikas un vides likumsakarības, kas veido sistēmisku pieeju ilgtspējīgas attīstības procesu novērtēšanai un monitoringam.

PROBLĒMAS UN TO RISINĀJUMI

Pirmā problēma.

Latvijā līdz šim nav bijuši fundamentālie un lietīšie pētījumi par valsts ilgtspējīgu attīstību, izmantojot starpdisciplināru pieeju un sistēmas jaudas izmaiņu sistēmanalīzi invariantu koordinātu sistēmā. Izpētot Latvijas zinātnieku publiski pieejamos rakstus, var konstatēt, ka tajos praktiski netiek izmantoti un analizēti mūsdienu pasaules zinātnieku starpdisciplināro pētījumu rezultāti, kuros aizvien plašāk tiek pielietota dabaszinātņu pieeja ekonomisko procesu izvērtēšanā.

Iespējamie risinājumi:

1. Iepazīstināt plašāku zinātnisko auditoriju (konferencēs, semināros, publikācijās u.tml.) ar starpdisciplināro pieeju valsts stratēģiskās ilgtspējīgās attīstības plānošanai un monitorēšanai un autores izstrādāto IAMM, kas balstās uz sistēmas jaudas izmaiņu sistēmanalīzes pieeju un invariantu koordinātu sistēmu. Tas ļauj prognozēt attīstības mērķa rādītājus invariantu koordinātu sistēmā energovienībās, lai nodrošinātu mūsdienīgu un starpdisciplināru pieeju valsts attīstības kritērijiem.
2. Latvijas zinātniekiem aktīvāk iesaistīties starpdisciplināros pētījumus gan nacionālā, gan starptautiskā līmenī un izstrādāt atbilstošas publikācijas, lai iekļautos mūsdienu pasaules zinātnes telpā.

3. Ieteikt Latvijas Zinātņu akadēmijai organizēt plašākas diskusijas, seminārus un citus pasākumus starpdisciplināro pētījumu popularizēšanai Latvijas zinātniskajā vidē.
4. Universitāšu un citu augstākās izglītības iestāžu studiju programmās plašāk izmantot starpdisciplinārus studiju kursus, lai tādējādi izglītotu un informētu par pasaules jaunākajām zinātnes tendencēm, kā arī audzinātu jaunos zinātniekus atbilstoši mūsdienu prasībām.

Otrā problēma.

Publiski pieejamie statistikas dati par energoresursu gala patēriņu valsts, sektoru un ieguves avotu griezumā ir nepilnīgi un fragmentēti, turklāt dažādas datu bāzes izmanto atšķirīgas metodikas rādītāju aprēķināšanai – Latvijas statistiskie dati atšķirās dažādās datu bāzes. Lielākā problēma darba gaitā bija atrast vēsturiskos datus pirms 1990. gada un identificēt aprēķināšanas metodiku. Šādu datu sadalījumā pa valsts reģioniem nav vispār, kas tādējādi nedod iespēju veikt reģionālos pētījumus par energoresursu ieguvu, patēriņu, kā arī citiem rādītājiem, kas nepieciešami IAMM reģionu līmenī.

Iespējamie risinājumi:

1. Latvijas Oficiālās statistikas portālā pilnveidot datu bāzi par energoresursu gala patēriņu valstī kopumā un atsevišķos sektoros, kā arī energoresursu ieguves avotiem.
2. Veidot statistiku par energoresursu gala patēriņu, kā arī to energoresursu avotiem Latvijas reģionos.
3. VARAM sadarbībā ar Oficiālo statistikas portālu pilnveidot Reģionālās attīstības rādītāju moduli (RAIM) ar datiem par ilgtspējīgu attīstību, lai kompleksi varētu novērtēt valsts un atsevišķu reģionu ilgtspējīgu attīstību.

Trešā problēma.

Pēc internetā publiski pieejamās informācijas var secināt, ka Latvijas ilgtspējīgas attīstības novērtēšanas un Latvija 2030 rādītāju uzraudzības dati netiek regulāri publiskoti, kas nerada pārlicību par nepieciešamās uzmanības pievēršanu šim procesam, un kas galarezultātā var novest pie plānoto rezultātu neizpildes un stratēģisko mērķa rādītāju nesasniegšanas 2030. gadā. Nav izveidota kompleksa, starpdisciplināra plānoto rādītāju uzraudzības sistēma gan valstī kopumā, gan pa reģioniem.

Iespējamie risinājumi:

1. Valsts kanceļejai, kas pārņēmusi Pārresoru koordinācijas centra funkcijas nacionālā līmeņa attīstības plānošanas dokumentu uzraudzībā:
 - uzlabot sadarbības koordināciju starp ministrijām, lai nepieciešamības gadījumā varētu savlaicīgāk reaģēt un ieteikt veikt izmaiņas valsts stratēģiskās attīstības mērķa rādītājos;

- aktīvāk sadarbotiem ar dažādiem sociālajiem partneriem, t.sk. NVO, kas var sniegt būtisku ieguldījumu sabiedrības plašākā iesaistē ilgtspējīgas attīstības mērķu sasniegšanā;
 - regulāri publiskot iegūtos rezultātus, tādējādi informējot sabiedrību par ilgtspējīgas attīstības rādītājiem un iesaistot Latvija 2030 mērķu sasniegšanā tikpat aktīvi, kā tas bija sākotnēji dokumenta izstrādes procesā.
2. Latvijas ilgtspējīgas attīstības procesa plānošanā, novērtēšanā un uzraudzībā izmantot promocijas darba autores izveidoto IAMM un prognozēt rādītājus invarianšu koordinātu sistēmā energovienībās, lai nodrošinātu mūsdienīgu un starpdisciplināru pieeju valsts attīstības rādītājiem.
 3. Latvijas plānošanas reģioniem aktīvāk iesaistīties ilgtspējīgas attīstības rādītāju plānošanā, novērtēšanā un uzraudzībā, lai tādējādi pievērstu lielāku uzmanību, pamatotu un uzsvērtu visu valsts reģionu līdzsvarotu attīstību un katra iedzīvotāja tiesības uz labklājību un augstu dzīves kvalitāti.
 4. Piemērot izstrādāto IAMM Latvijas reģionu ilgtspējīgas attīstības novērtēšanā (ar statistiskajiem datiem reģionu līmenī).

INTRODUCTION

Nowadays, many countries of the world have accepted the basic principles of sustainable development, creating ever closer links between natural, economic and social phenomena. However, the analysis of these processes has shown, on the one hand, the insufficiency of data and the possibilities of their comparison, and, on the other hand, the lack of relationships between the objective laws of nature (invariants) and the principle of sustainable development of society. It must be recognized that in the management of socio-economic systems, there are still no systemic connections expressed in a consistently measurable form with natural, economic and social processes, which in turn can lead to wrong assessments and even cause crises. If the laws of nature are formulated in an analytical form and in terms of measurable quantities, then the laws of social development are usually defined using indicators that are not related to natural processes and thus make it difficult to conduct research to determine their interrelationships. The laws of natural sciences, which are universal empirical generalizations, are still not sufficiently applied to the analysis of socio-economic processes, because, despite various developments, an appropriate system has not yet been created in the world, and the necessary fundamental and interdisciplinary researches have not been carried out. In addition, it is known from control theory that the control process is objective if the system includes the principle of movement of the controlled object – laws, that is, laws of conservation and change. Such laws exist for any socio-economic system. If only subjective laws operate at the global or local level, it inevitably conflicts with objective laws (laws of nature) and creates negative social, economic and

environmental consequences. Therefore, it is necessary to develop theoretical and methodological conditions that would be based on measurable quantities (indicators) that would correspond to the characterization of natural systems and at the same time would be applicable to the evaluation of socio-economic processes. Several problems can be formulated in this context:

1. Inadequacy of sustainable development to a systemic approach: division into three separate systems (economy, ecology and society) and their separate evaluation (indication) cannot give a full picture and understanding of the performance results and development prospects of the socio-economic system. Attempts within the framework of capital theory to create and sum up the monetary value of natural and social capital to influence macroeconomic policy decisions are methodologically complex and difficult to test. The principle of green accounting, which operates according to the rules of weak sustainability, does not guarantee sustainable development (*Blignaut, De Wit, 2000*). Sustainable development is more than the sum of environmental, economic and socio-cultural sustainability components. Even if economic, environmental and social sustainability is achieved, the definition does not mean that sustainable development is achieved. A comprehensive approach that includes all the main principles of sustainable development is needed (*Hediger, 1997*).

2. There is still no unified approach to the definition and determination of quantitative criteria of sustainable development in the world - the indicators are obtained by different methods and in different measurement units, which are not sufficient to fully understand and adequately evaluate the processes necessary for quality monitoring of the processes. At the methodological level, the approaches and models of Bossel (*Bossel, 2002*), Rockstrom (*Rockstrom et al., 2016*), Bolshakov (*Bolshakov et al., 2019*) show that several options must be sought to combine the socio-economic operating model with the ecological model resulting from the impact on the global system.

3. Today's challenges require a shift from the current linear economic model to non-linear models that perceive nature as a life support system for social well-being and respond to feedback effects. These claims have been analyzed in the works of several scholars, which underpin modern theories of economic and sustainable development (*Capra et al., 2017; Thurner, 2018; Riznichenko et al., 2009; Odum, 2007*).

4. Since the existing system of units of measurement of the sustainable development of the socio-economic system in terms of money is variable and unstable, a new one must be created – in an invariant coordinate system with appropriate units of measurement. Soddy (1933) stated in his works that the focus of attention of economists should be energy flow or power. Odum and Daly (*Daly, 1993; Odum, 1968*) gave new impetus to research by arguing that power is the primary, most universal measure of all forms of human activity in nature. The basic laws of energy flow are applicable to all processes of human life, as well as to nature, including society, economy, ecology, culture and aesthetics.

Costanza (2004) noted that available energy is the only fundamental value and the only limiting factor of production that meets the criteria of the theory of production and is capable of explaining exchange values.

Based on the above, the relevance of the research of the doctoral thesis is determined by the need to continue improving the theory of sustainable development and evaluation methods, using the reflection of non-monetary processes of natural sciences in interdisciplinary research, taking into account the regularities of economics, mathematics, physics and the environment. Therefore, it is important to create a systemic approach to the evaluation and monitoring of sustainable development processes.

Research hypothesis: sustainable development planning and monitoring model allows to assess the development of various socio-economic systems (countries).

Research object: sustainable development.

Research subject: system analysis of sustainable development processes of socio-economic systems.

The aim of the doctoral thesis: to analyze sustainable development processes, based on a systemic approach, in order to create a sustainable development monitoring model and develop proposals for planning the strategic goals of Latvia's sustainable development.

Tasks solved to achieve the goal:

1. To study the theoretical aspects, concepts and models of sustainable development in the world.
2. To compare and analyze the development indicators of different socio-economic systems (countries) in terms of money and energy units.
3. To develop sustainable development assessment methodology and SDMM, using system capacity change analysis approach and invariant coordinate system.
4. To analyze the indicators of sustainable development of Latvia and forecast them in the invariant coordinate system in energy units 2030 and 2060.

Research methods used: scientific: content analysis; monographic method; method of analysis and synthesis; induction method; deduction method; the logically constructive method. Statistical analyses: descriptive statistical method; mathematical data analysis method; time series analysis. Other: Granger method, causality test; Pearson correlation test; Durbin-Watson test.

Sources of information for the thesis: regulatory documents of Latvia and the European Union, scientific literature from Scopus, EBSCO, Science Direct, etc. were used for the development of the research. databases, information available on the websites of the Cabinet of Ministers and ministries of the Republic of Latvia, the Official Statistics Portal of Latvia, Regional Development Indicators model data, as well as other publicly available sources of information: United Nations, World Bank and International Energy Association databases.

The theoretical basis of the study is based on the direction of economics "the importance of the development monitoring system in regional sustainability and socio-economic growth". The sustainable development of socio-economic

systems (countries) is examined within the framework of the theory of the complex system and the concept of ecological economy. To formalize the tasks of sustainable development monitoring, the sustainable development management methodology and the system analysis approach of the dynamics of power (energy flows) of open unbalanced social economic systems are used. The research methods used in the work are based on the works of many foreign and Latvian scientists, which are mentioned in the list of used information sources.

The main scientific novelties of the doctoral thesis: in this interdisciplinary study, the methodology for evaluating indicators of sustainable development of socio-economic systems (countries) has been developed, using natural science processes and connecting the regularities of economics, mathematics, physics and the environment. The sustainable development monitoring model has been created. Sustainable development indicators in energy units have been formulated for the first time in Latvia. The socio-economic indicators of Latvia and several other countries are analyzed in the context of sustainable development, as well as the possible scenarios of sustainable development of Latvia until 2030 and 2060 are modeled.

Economic significance: the results of the study can be used in the process of planning, evaluation and monitoring of sustainable development indicators of state and local government institutions, in the study process of higher education institutions on sustainable development issues.

Theses to be defended.

Thesis 1: the study of the theoretical aspects of sustainable development is the basis for evaluating the shortcomings of existing concepts and methods and for further improvement.

Thesis 2: the formalization of the principles of sustainable development in energy units, using the invariant coordinate system and the power change analysis approach, allows determining the current state and target indicators of any socio-economic system (country), indicating problems and predicting development scenarios.

Thesis 3: The sustainable development planning and monitoring model of Latvia in the invariant coordinate system in energy units allows to predict the possible scenarios of the country's development.

Research limitations: the study selected, analyzed and evaluated 15 countries of the world. The research period covers 30 years - from 1990 to 2019, with some exceptions for the data of the developed countries USA, Japan, France, Germany and Italy, where the analysis was carried out for the period from 1960 to 2019. Chapter 3 of the paper analyzes the planned indicators of Latvia's development until 2030 and 2060, including actual data for 2021.

The length of the doctoral thesis (Ph.D.) for obtaining a scientific degree in social sciences is 148 pages. The work contains 66 tables, 49 images, 18 annexes (on 55 pages), 257 sources of information are used, incl. 231 sources – in English.

1. THEORETICAL ASPECTS OF THE ASSESSMENT AND MONITORING SYSTEM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Chapter 1 of the doctoral thesis analyzes the prerequisites and historical aspects of the formation of the sustainable development concept, analyzes the strong and weak sustainability models, the concept of the capital theory approach. In order to justify the methods and calculations used in the following chapters of the work, the use of the natural science approach in the economy is studied and the concept of sustainable development in energy units is described, as well as the model of the capacity or energy flows of the socio-economic system.

1.1. Historical aspects and theoretical basis of the concept of sustainable development

The development of society and transformation of the global economy on a sustainable basis is one of today's most important challenges on a global scale. It requires fundamental changes in both people's consciousness and actions, it requires a new vision and new approaches to create a new reality. The main goal of the concept of sustainable development, as a world organizing principle, has been to promote well-functioning interaction between people, society, economy and the regenerative power of the planet's life-sustaining ecosystems. This leveling off is a special type of dynamic balance in the interaction between a population and the carrying power of its environment. The concept of sustainable development has become a benchmark for environmental scientific research and has acquired the character of a development paradigm (*Alvarado-Herrera et al., 2017; Gore, 2015*) since its appearance in 1987 in a report prepared by the World Commission on Environment and Development organized by the UN, which was later named the Commission on behalf of the leader, Prime Minister of Norway Brundtland (*Brundtland, 1987*). Most of the world's countries adopted the basic principle of Sustainable Development, according to which civil society and the state are responsible for ensuring comprehensive security and the ability to meet the needs of both present and future generations. After the Earth Summit in Rio de Janeiro in 1992, this concept became dominant and was incorporated into international treaties, national constitutions and laws of many countries around the world (*Redclift, 2005*).

The work of the Club of Rome (*Meadows et al., 1972*) has resulted in an interpretation of sustainable development that is often referred to as the "triple concept of sustainable development", emphasizing the interdependence of the three pillars of sustainable development: environmental, social and economic. Sustainable development becomes achievable only when stability is established

in each of the three listed components. Initially, this formulation had a positive impact on the development of the concept of sustainable development and allowed for the formalization of the goals, but it should be noted that, according to the author of the doctoral thesis, this definition later started to slow down the systemic view of sustainability and sustainable development.

The Economic Commission of the United Nations states that sustainable development is development that can last “forever” or at least for a very long time, several generations (*UN, 2007*). Taking into account the concept of well-being, sustainable development can be formulated as an increase in well-being over a very long period of time. An even more fundamental definition could be: sustainable development is an increase in consumption in its broadest economic interpretation over a very long period of time, i.e. the goal of sustainable development is to ensure both the well-being of those living today and the well-being potential of future generations.

Weak and strong concepts of sustainability

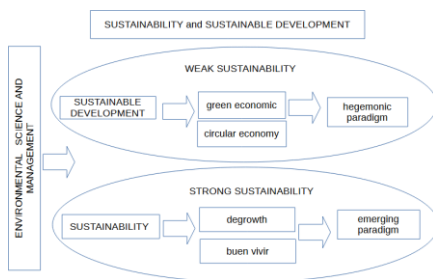
The concept of weak sustainability was formulated in the 1970s as an extension of the neoclassical theory of economic growth, considering non-renewable natural resources as a factor of production. It became mainstream in the 1990s in the context of sustainable development discourse and capital theory. Neoclassical economics assumes that energy and matter (goods) circulate in a virtually closed system of unlimited resources (raw materials) and infinite processing possibilities (outputs), which in economics are called negative externalities. Although resources are limited, nature is seen as an inexhaustible supplier of resources for production, and a similar view is applied to nature's ability to assimilate pollution. It is important to note that under conditions of weak sustainability, unconditional substitution between different types of capital is permissible. This means that natural resources can decrease as long as man-made capital increases. Unlike neoclassical theory, ecology cannot consider the human economy separately from nature, but, on the contrary, as part of a socio-economic system that exchanges matter, energy and information with the environment and considers its components as more than just goods and traded services. This argument has largely provided the theoretical basis on which the concept of strong sustainability rests, assuming that some elements of nature cannot be replaced by artificial capital and that, due to the degree of uncertainty associated with the socio-economic system, the “precautionary principle” should prevail over the economic logic of neoclassical theory (*Cózar, 2005; Kriebel et al., 2001*). Unlike weak sustainability, strong sustainability emphasizes environmental rather than economic benefits. This means that nature has the right to exist – that it exists and must be passed down from generation to generation in its original form.

Environmental economic and ecological economic

Environmental economics is based on a neoclassical economic model that places greater emphasis on negative externalities such as pollution and ecosystem

loss. Neoclassical economics is a broad theory that focuses on supply and demand as the driving forces of economic activity. Environmental and ecological economics are subfields of economic thought that study the interaction between human activity and the natural environment. The difference is that environmental economics studies the relationship between the environment and the economy, while ecological economics views the economy as a subsystem of a larger ecosystem. Environmental economics is based on weak principles of sustainable development. Ropke (*Ropke, 2004*) formulated the ecological economy as the interaction of natural and economic processes as a result of human influence. Natural processes in the sense that they can be considered as biological, physical and chemical processes and transformations. Therefore, the economy should be studied not only as a natural object, but economic processes should be conceptualized in terms that are usually used to describe natural processes. Starting from the 80s-90s of the 20th century, ecological specialists increased their interest in economic issues (*Costanza, 1989; Georgescu-Roegen, 1986*) and assumed that human activity can be characterized by flows of energy and matter. If economic and ecological systems are conceptualized in the same “language” of energy and matter flows, it can be argued that the human economy is “embedded” in the earth's geobiosphere. The idea of keeping the share capital at least constant is widespread, but the question arises whether one form of capital can be replaced by another. It is at the heart of the debate between 'weak' and 'strong' sustainability and how to achieve intergenerational equity. According to the concept of intergenerational justice, each succeeding generation has at least as much capital as the previous generation. It is also important to note that strong sustainability does not coincide with the concept of substitutability.

Taking into account the previously described different views on the possible perspectives of sustainable development, the hegemonic position was occupied by the concept of weak sustainability (Fig. 1.1 and environmental economic models and tools.



Source: created by the author by Ruggiero (2021)

Fig.1.1. Structure of sustainability and sustainable development

The environmental economics idea of leaving fixed capital at least unchanged is widespread, but the question arises whether one form of capital can be replaced by another.

1.2. Formalization and indicators of sustainable development

Sustainable development is related to the principle of achieving human development goals while maintaining the ability of natural systems to provide natural resources and ecosystem services in the context of economic and social development (*Cerin, 2006*). The most recent of these challenges are the Millennium Development Goals (MDGs) and the Sustainable Development Goals (SDGs), which were formulated in 2015. The Millennium Development Goals marked a historic global mobilization to achieve a set of important social priorities around the world (*Breuer et al., 2019*). The implementation of the SDGs continued with the UN program Agenda 2030 – the resolution "Transforming our world: sustainable development program for 2030 or Agenda 2030" (unofficial translation of the LAPAS association from English Agenda 2030), which was adopted by the UN General Assembly in 2015 (LAPAS, 2015). Agenda 2030 includes five themes known as the five Ps: people, planet, prosperity, peace and partnership. The named five themes cover 17 goals and 169 sub-goals with 263 indicators (*Hylton, 2019*) and are meant to fight poverty, covering areas such as health, education, energy, economic growth, industry, innovation, climate change, natural resources and others. The dilemma between striving for strong positions on key issues and gaining broad political acceptance, as well as supporting and understanding the multiple dimensions of sustainability, as well as developing measures, criteria and principles, has been a major challenge on the road to implementing sustainability since the adoption of the SDGs (*Lele, 1991*). The scientist Kenny (*Kenny, 2015*) formulated five main criticisms of the SDGs:

- 1) the goals do not take into account inequality in the international system;
- 2) goals are set from the top down and bureaucratically ignore the local context;
- 3) IAMs are efforts, not goals, and are not related to the SMART (Specific, Measurable, Achievable, relevant, Time-based) concept;
- 4) the goals are not mandatory, which means that countries are not penalized for not meeting them;
- 5) lack of information and data.

Pogge (*Pogge, Sengupta, 2015*) has emphasized that the SDGs are a statement of aspirations, but the formulation of the goals should provide a clear picture of the steps needed to achieve the goals, as well as ensure an independent monitoring organization. Swain (*Swain, 2018*) assessed that ambitious SDGs are difficult to measure, implement and monitor – there is a possible mismatch between IA goals, especially between socio-economic development and environmental sustainability goals. Criticism also raises questions about the

measurability and monitoring of broadly worded SDGs. The common targets are not binding and each country must develop its own national or regional plans. According to the author of the doctoral thesis, the above-mentioned authors overly simplistically criticize the approved and accepted documents, without emphasizing and formulating the main problems, for example, how many of the goals, tasks and indicators of sustainable development will be achieved by 2030, and what will be the overall result? Greater focus on achieving the SDGs and additional economic growth does not change this conclusion – transformational change and perhaps even a paradigm shift is needed. At the methodological level, the approaches and models of Bossel (*Bossel, 2002*), Rockstrom (*Rockstrom et al., 2016*), Bolshakov (*Bolshakov et al., 2019; Dart, 2022*) show that it is possible to combine the socio-economic activity model with the ecological model, which results from the impact on the global system. The resulting model of the global system could be used to predict future achievement of sustainable development goals and reduce pressure on nature. The first comprehensive development of a system of sustainable development indicators was the work of the UN Commission on Sustainable Development, which was presented in 1996 (*UN, 1996*). It should also be noted the indicators proposed by the World Bank within the framework of the annual report "World Development Indicators" (*World Bank*). The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) system of environmental indicators is developed on the basis of the "pressure-state-response" structure, and its modifications have gained wide acceptance in the world and in individual countries. The second approach to the creation of sustainable development indicators includes the development of an aggregated (integral) indicator, which is most fully implemented in the studies of the UN (UN) and the World Bank (World Bank).

Capital theory concept and indicators

The definition of sustainable development presupposes the need for a fair distribution of resources and assets between generations, so a concept is needed to assess whether intergenerational equity is being achieved. The first works and definitions of the concept of the capital approach, which have become fundamental in the study of sustainable development, appeared in the late 1980s in the publications of Pearce (*Pearce et al., 1989*). The capital or wealth-based approach has proven useful in developing the basic concepts of sustainability and is rooted in a long tradition of economic thinking about growth and development. Wealth is seen as the value of all assets in the economy, which is the basis of future prosperity, and current changes in wealth must affect future wealth. Within the framework of capital theory, sustainable development can be defined as a measure of wealth per capita that does not decrease over time (*UN, 2007*). The theoretical models underlying the capital theory approach generally assume a Cobb-Douglas production function with no population growth and no technological change. Many economists, including the author of the doctoral thesis, recognize that the capital theory approach is a useful tool for solving

sustainable development problems. This approach offers relatively simple sustainability rules and indicators. In fact, it can be recognized that the most popular indices of social well-being – the gross national product (GNP) per capita and the Human Development Index of the United Nations Development Program are essentially indicators of current (existing in the specified time period) well-being.

The system of national accounts and indicators for sustainable development of the UN and the World Bank

The World Bank's System of National Accounts (SNA) is the starting point for developing a system for measuring capital-based sustainable development indicators. It is an international set of standard recommendations on how to collect indicators of economic activity. SNA describes a coherent, consistent and integrated set of macroeconomic accounts in the context of internationally agreed concepts, definitions, classifications and accounting rules, including:

- 1) SNA is a financial and produced fixed capital accounting system;
- 2) there is a natural capital measurement system that complies with the SNA (United Nations System of Environmental and Economic Accounts) (*UN, 2008*);
- 3) many data needed for the preparation of human capital estimates are available in SNA.

The World Bank's work on measuring the total wealth of countries has been a comprehensive process of creating national wealth accounts (*World Bank, 2006*). The main indicator is the adjusted net or real saving rate, measured as the change in (real) wealth.

Concept and methodology of physical energy flow accounts

In 2009, the European Statistical System started the development of System of Environmental Economic Accounting (SEEA) energy accounts, and it was agreed to start with Physical Energy Flow Accounts (PEFA). Physical Energy Flow Accounts (PEFA) were developed in accordance with the structures and accounting principles of the System of Environmental and Economic Accounting – Central Framework (SEEA-CF). The environmental and economic accounting system contains internationally agreed standard concepts, definitions, classifications, accounting rules and tables for creating internationally comparable statistics on the environment and its relationship with the economy. The structure of the SEEA follows an accounting structure similar to the System of National Accounts (SNA) and uses concepts, definitions and classifications consistent with the systems of national accounts to facilitate the integration of environmental and economic statistics. The principles of creating sustainable development indicators based on capital theory, the concept and methodology of the World Bank's national accounts and accounts of physical energy flows became the basis for creating a modern monitoring model of the sustainable development of socio-economic systems (countries).

1.3. Natural science approach to economy, living systems and energy flows

The approach of natural sciences in economics is based on the concept that social, economic and environmental science are integral components of life science, operating in the system: society - environment - man. Social, economic and environmental processes are based on transformations of energy, matter and information flows, which are the basis of all natural and social processes. It is impossible to produce anything without spending energy flows or power (*Odum, 2007*). Thus, transformations of energy, matter and information flows underlie society, ecology and economy and are subject to fundamental laws of conservation and change. These laws form a set of fundamental limitations of social, economic and environmental processes and the scientific basis for considerations of the interaction of socio-economic activity with natural processes based on certain laws. However, the material, energy and information interconnections between social, economic and environmental processes were not reflected and analyzed in traditional socio-economic theories.

Energy flows

Any system cannot exist without interaction with its surrounding natural environment and combines two related processes: (1) the active flow of environmental influences that determine the capabilities of the system; (2) the use of the flow of resources obtained as a result of this influence to satisfy the material and non-material needs of society. Social, economic and ecological processes are based on the transformation of energy, matter and information flows. It is impossible to produce any product/service without spending time and energy flow, i.e. power. Since the transformations of energy, substance and information flows are the basis of society, ecology and economy, they are subject to the fundamental laws of both conservation and change. These laws form a set of fundamental limitations of social, economic and ecological processes and a scientific basis for examining socio-economic activities in interaction with natural processes based on the laws of natural sciences. One of the first researchers in the 20th century who developed a natural science approach to economics using the laws of thermodynamics was Soddy (*Soddy, 1923*). He pointed out that the wealth of society is income, which is the power available for the purposes of life. If it is available in sufficient quantity and in a convenient way for use at a certain level of development of knowledge, everything necessary for the life of society can be obtained. In 1933, Soddy made the claim that the focus of economists' attention should be energy flow, or power.

Odum and Daly gave new impetus to research by arguing that power is the primary, most universal measure of all human activity in nature. The basic laws of energy flow are applicable to all human processes and also to nature, including society, economy, ecology, culture and aesthetics (*Daly, 1993; Odum, 1968*). Questions about the creation of a theory of energetic value to supplement or replace the traditional neoclassical theory of subjective value based on utility

have been analyzed in Stalling's scientific works (*Stallinga, 2020*). Traditional economists recognized that if they could identify the key inputs to the production process, they could explain exchange values in terms of production relations (*Kennedy, 2020*).

The problem was that traditional primary factors are actually intermediate factors of production. Costanza (*2004*) emphasized the properties of energy that meet the criteria of primary factors, including that energy is ubiquitous, a property of all goods produced in economic and ecological systems. He also noted that energy is an important input in all production processes and the basic property of energy (the ability to do work) is irreplaceable. Costanza noted that available energy is the only fundamental value and the only limiting factor of production that meets the criteria of production theory and is able to explain exchange values. In this way, a theory of value can be built on the use of available energy in production, which avoids the problems that classical economic theory encountered when trying to explain exchange value in economic systems. Using the energy exchange value concept approach, it is possible to determine costs independently of consumer preferences. On the one hand, this is a criticism, but on the other hand, the main goal of the energy-intensive approach was precisely to find objective approaches that do not completely determine individual preferences (*Costanza, 2004*). In a market economy, money circulates in closed loops, while power enters from outside, moves through the levels of the system's internal structure, and leaves the system. Odums developed this concept with the aim of providing a natural scientific basis for money and the assumption that useful power is the natural basis of value, if investment in the development of the system is the main criterion of value. So, if the ratio of money flow to energy flow (or power) is constant, then money could become a fact that confirms the existence of power.

Energy flows in living non-equilibrium systems

Podolinsky was one of the first authors who used a natural scientific approach when analyzing living socio-economic systems. He pointed out that man is the only force of nature known to science, which, by certain acts of will, is able to increase the share of solar energy accumulated on the Earth's surface and reduce the amount of energy scattered on the Earth in the space of the world. The system of society and nature combines two related processes: active influence on the environment and the use of the flow of resources obtained as a result of this influence in society - these processes are united by the concept of life process or work process (*Podolinsky, 1881*). Development takes place when the efficiency of using society's opportunities does not decrease along with an unabated increase in the consumption of natural resources. Interaction with the environment ensures imbalance in any living system. This means that material and energy flows from the environment flow into the system and flow out – there is an exchange of materials and energy between the living system and the environment. Sustainable development is a balanced interaction of society with

the environment, which ensures the preservation of development (expanded reproduction) in accordance with the law of development of natural systems. There is a relationship between the possibilities of the social system and its needs:

- the measure of possibilities is power for a certain time;
- the measure of need is the increase of power, which the system does not currently have, but which is necessary to ensure the transition to sustainable development

1.4. Socio-economic systems power changes systemanalysis methodology

The concept of sustainable development in energy units

Based on the principle of stable disequilibrium, the main characteristic of energy flows circulating in living systems is their ability to perform external useful work, or work capacity – useful power. The concept of sustainable development of living open socio-economic system in energy units is based on:

- definition of socio-economic system: socio-economic systems are large human-based systems including social, economic, technological, environmental and other subsystems. Socio-economic systems are complex adaptive systems that are open, dynamic, non-linear and an integral part of a living system. The system is non-equilibrium and moves away from equilibrium as its development accelerates, but approaches equilibrium as the system degrades.

- the five main laws (invariants):

1. law of power (or energy flows) conservation for social-economic system;
2. law of development conservation for social-economic system;
3. law of sustainable development (in energy units);
4. law of sustainability ciclical development (in energy units);
5. law of socio-economic system energy and money flows conversion.

1. Law of power (or energy flows) conservation for social-economic system

Law of power (or energy flows) conservation (*Kuznecov, 2015; Odum, 2007*) states that in the process of development of a socio-economic system (as a living open system), the incoming energy flow (total power) $N(t)$ during the period t is equal to the outgoing useful energy flow (power) $P(t)$ and the power loss $G(t)$ amount (formula 1.1.):

$$N(t) = P(t) + G(t), \quad (1.1.)$$

2. Law of development conservation for social-economic system

Law of development conservation (*Podolinsky, 1881; Vernadsky, 2006; Odum, 2007*) states, that the development of the socio-economic system is maintained over a period of time under the conditions that the quality of the system is maintained in the spatial and temporal dimensions, as well as a continuous increase in the full power transformation efficiency $F(t)$ - according to the formula 1.2.:

$$\Delta F(t) = \frac{dF(t)}{dt} \Delta t > 0, \quad (1.2.)$$

where $F(t)$ – indicator of technological excellence, technological efficiency.

The technological efficiency indicator $F(t)$ characterizes the continuous increase in the efficiency of the full power utilization (transformation) of the socio-economic system according to the formula 1.3.:

$$F(t) = \frac{P1(t)}{N1(t)} \quad (1.3.)$$

In Odum's formulation (*Odum, 2007*), the law states that those socio-economic systems that maximize the total useful power from all sources and flexibly distribute this power with maximum efficiency to those needs that affect growth and development are dominant. The indicator of technological efficiency $F(t)$ characterizes the focus on the development and application of scientifically intensive "high technologies", as well as readiness for the transition to the next technological stage in the energy resources section, which is determined by the following factors:

- the share of electricity consumption in final consumption and the growth rate of this share, which determines the continuous production process and the level of digitalization development (*Trusina, Jermolajeva, 2022*);
- the level of development of the electricity production industry, which is determined by the share of energy resources with the highest energy density in energy carriers, primarily nuclear energy (*Weissbach et al., 2013; Stern et al., 2017*).

The indicator of full power technological efficiency $F(t)$ characterizes the internal structure of the socio-economic system, and its value is determined by the rules of the technological paradigm, management paradigm and human development paradigm.

3. Law of sustainable development (in energy units)

Law of sustainable development (in energy units) (*Boļšakovs et al., 2019; Trusina, Jermolajeva, 2022*) states, that sustainable development is a continuous process of creating free useful power with the aim of increasing the system's ability to meet the ongoing needs of the current and future generations, increasing the efficiency of the system's full power, reducing losses and not increasing consumption, in conditions of negative external and internal impact and limited resources. Sustainable development is supported in the long term by observing conditions in an invariant coordinate system in energy units.

Based on the formalization of the law and the necessary and sufficient rules for the sustainable development of the system, the author of the doctoral thesis formulates the main development trends of the socio-economic system (Table 1.1.) :

1. growth – an increase in total useful power (produced output), mainly due to an increase in the consumption of resources, rather than an increase in the efficiency of their use;

2. development – an increase in the total useful power (produced output), mainly due to an increase in the efficiency of resource use, rather than an increase in consumption;
3. sustainable development – reproduction of innovative development in the long term by introducing advanced technologies and increasing the growth rate of useful power in the long term;
4. degrowth (zero growth) or stagnation – the absence of growth in total useful power (produced output) in a certain period of time;
5. decline – a decline in total useful power (produced output), mainly due to a decline in resource consumption without a decrease in technological efficiency;
6. degradation – a drop in total useful power (produced output) with a decrease in technological efficiency; the system cannot ensure the performance of its functions, development is hindered;
7. collapse – the process of the end of the system's existence.

Table 1.1

Development trends of socio-economic systems depending on the direction of system power indicators changes

Nr.	Systems trends	Systems power indicators				
		Reproduction	dN(t)	dP(t)	dG(t)	dF(t)
1	Growth	expanded	> 0	> 0	> 0	$= 0$
2	Development	expanded	≥ 0	$dP > dN > 0$	> 0	> 0
3	Sustainable development	expanded	≥ 0	> 0	< 0	> 0
4	Degrowth	simple	$= 0$	$= 0$	≥ 0	$= 0$
5	Decline	reduced	< 0	< 0	> 0	$= 0$
6	Degradation	reduced	$= 0$	< 0	> 0	< 0
7	Collapse	reduced	$= 0$	$= 0$	$= 0$	$= 0$

Source: created by the author

Designation for Table 1.1:

t – time period;

dN(t) – changes in incoming energy flow (total power), determines the type of reproduction;

dP(t) – changes in the outgoing useful energy flow (power), determine the necessary rules;

dG(t) – changes in power losses, determine the sufficient rules;

dF(t) – changes in the technological excellence indicator of the system.

In order to create a new approach and methodology for evaluating indicators of the socio-economic system in energy units, the author of the doctoral thesis formulates the necessary terms within the framework of this law.

Useful power P(t) is the power created as a result of the operation of the socio-economic system, which is directed and used to increase the system's capabilities to meet current and future permanent needs. The useful power is a function of the level of technological development of the system and the structure

of energy consumption and determines the intellectual capacity of the socio-economic system to develop and the level of technological innovation. Within the framework of the formulated methodology, the analysis of the change trend of $P(t)$ is the basis for the creation of the basic structure for determining universal sustainable development and monitoring indicators.

Productivity in energy units PHPE(t) is the useful power created as a result of the operation of the socio-economic system per one employed person $LM(t)$, which is used to increase the system's ability to meet current and future permanent needs.

Quality of life in energy units QoLE(t) as a target function in energy units is defined as the power required to satisfy human needs per inhabitant $M(t)$ with the aim of realizing ever greater opportunities, taking into account the quality of the environment and the level of technological development. The higher the quality of life, the greater the potential to ensure the development of the socio-economic system using the advantages and tools of the innovative economy to improve the quality of living space for current and future generations.

4. Law of sustainability ciclical development (in energy units)

The law of sustainability ciclical development of socio-economic system (*Kuznetsov, 2015; Odum, 2007*) states that the trends and directions of the socio-economic system development have a periodic character, which is included in the life cycle of the system in three stages - growth, maturity and decline. According to Kuznecov's (*Kuznecov, 2015*) periodicity model of sustainable development and Odum's (*2007*) development cycle model, the stages of the system are characterized as follows:

- growth – the stage in which there are opportunities to increase the incoming and outgoing energy flows, is characterized by a high growth rate, at the same time with significant power losses. In the growth stage, simple structures and products are formed, competition is minimal. The necessary rule – unlimited material, information and energy resources.

- maturity – the stage in which, using all available sources and accumulated potential in the previous period, the system ensures a long-term equilibrium state with high and sustainable structural diversity and complexity. A high quality of life and the principle of fair distribution are more closely related to a sustainable state of maturity than to a period of growth. The maturity stage is characterized by limitations of material, information and energy resources, maximum efficiency and minimum losses.

- after the maturity stage, the decline and further possible transformation of the system begins. The socio-economic system can further develop in the direction of weakening (degradation and collapse) or in the direction of restructuring and new growth. In the process of growth and development, those systems that maximize the total useful power from all sources and flexibly redistribute it to those needs that affect future growth win and dominate.

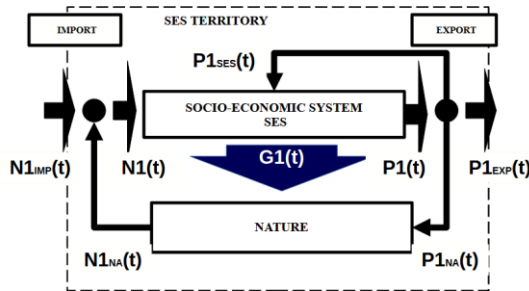
5. Law of socio-economic system energy and money flows conversion

The law of conversion of system energy and power flows (*Odum, 2007*) states that the circulation of money and energy in socio-economic systems is a mechanism of the internal organization of society itself to achieve maximum opportunities, which helps to maintain a balance between resource and product flows that occur in the opposite direction. The flow of useful energy (power) is a measure of real wealth. Changes in the use of useful power or in the circulation of money change the useful power/money ratio. When there is more money in circulation but the supply of real wealth does not increase, purchasing power decreases and vice versa. The power/money ratio indicates the real wealth equivalent of a unit of money in circulation. The national currencies of developed countries have a high power/money ratio, which gives money more purchasing power compared to developing countries where this ratio is lower.

Within the framework of the formulated concept of sustainable development (in energy units), it is possible to introduce the concept of capacity (energy flows) into the definition of sustainable development; implementation of development invariant coordinate system in energy measurement units; implementation of the process of formalization of the development and monitoring of the socio-economic system using the energy flow model.

Sustainable development monitoring model of socio-economic system in energy units

The socio-economic system sustainable development monitoring model (SDMM) was created by the author of the doctoral thesis in accordance with the concept of sustainable development in energy units and the formulated five laws. In the analysis of the sustainable development of the socio-economic system (SES), the model (in energy units) of the system's final consumption energy flows (Fig. 1.2) is adopted. Within the framework of the model, the full power of final consumption (energy flow) $N1(t)$ received by the socio-economic system in a certain territory is equal to the sum of flows - from the natural system $N1_{NS}(t)$ and the flow of external imports $N1_{IMP}(t)$ to the respective territory. As a result of the operation, the SES loses part of the power $G1(t)$ and produces a useful power (energy flow) $P1(t)$. Full final consumption power $N1(t)$ within the socio-economic system is used, converted and transformed into full useful power $P1(t)$. The useful power $P1(t)$ (measure of work) means the possibilities, or the produced total product, which could be used for increasing the system power $P1_{SES}(t)$ or for the impact on the surrounding environment $P1_{NA}(t)$, so that after time dt society can receive various resource flows at its disposal, which is measured by the value $N1(t+dt)$ – the total distributed and consumed power of primary energy resources. The value of $N1(t)$ is many times greater than the value of $P1(t)$. After converting and transforming power $N1(t)$, the system loses a part of power $G1(t)$ – lost opportunities.



Source: created by the author

Fig.1.2. Scheme of socio-economic systems energy flows (power)

The amount of power available to a system is a measure of the system's potential impact on the environment. Demand is the necessary capabilities (power) of the system, which are not available at the moment (at a specific time), but which must be available to maintain development in the future. Within the framework of the adopted model, the full power of final consumption of the socio-economic system $N1(t)$ consists of fossil energy consumption power (machines, mechanisms and technological processes) $N1-T(t)$, electricity consumption power $N1-E(t)$, as also food and feed consumption power $N1-F(t)$. Each of these separate flows forms the useful power ($P1-E$, $P1-T$, $P1-F$), which in sum gives the full useful power $P1(t)$. System power losses $G1(t)$ are formed according to the same principle. According to the Clark-Fisher theory of structural changes (Trusina et al., 2023), the full final consumption power $N1(t)$, useful power $P1(t)$ and power losses $G(t)$ can be divided into three flows by sector - the flow of the industrial sector (IND), in the agricultural, mining and forestry sector flow (AG) and in the all types service flow (ST). On the other hand, the energy flow of each industry consists of the fossil energy consumption power (machines, mechanisms and technological processes) $N1-T(t)$, electricity consumption power $N1-E(t)$ and food and feed consumption power $N1-F(t)$. The energy flow consumed by the system, or the full power of final consumption $N1(t)$, includes all types of energy resources necessary to ensure life, production, technological and other processes in accordance with 1.4. formula:

$$N1(t) = N1-T(t) + N1-E(t) + N1-F(t), \quad (1.4.)$$

The sum of end-use energy flows determines the needs and potential of society, the size of the economy (Podolinsky, 1881; Bauer, 2002; Shamaeva, 2019). According to the law of power conservation for living systems (Kuznecov, 2015), the main goal of socio-economic systems development is to increase the amount of useful power $P(t)$ and reduce losses $G1(t)$ as a result of operation. Within the framework of SDMM, the useful power of the system $P1(t)$ can be calculated according to formula 1.5:

$$P1(t) = N1-T(t) \times J_T + N1-E(t) \times J_E + N1-F(t) \times J_F, \quad (1.5.)$$

where:

J – energy conversion rates for specific resources, 2019 data: for fossil resources $J_T = 0.25$; for food $J_F = 0.05$ (UNSC, 1974; *Lindeman, 1942*); for electricity $J_E = 0.80 + EA \times 0.20$, where EA – the share of electricity received from nuclear power sources.

Power loss $G1(t)$ is the difference between the system's full power $N1(t)$ and the useful power $P1(t)$, expressed in watts (W), calculated according to 1.6. formula:

$$G1(t) = N1(t) - P1(t) \quad (1.6.)$$

The author of the doctoral thesis uses indicators from official databases and the energy balances of the 15 selected analyzed countries to calculate the minimum set of indicators of the sustainable development monitoring model. (*EuroStat, IEA, World Bank*). Within the framework of SDMM, in accordance with the above-described laws of sustainable development, a minimum set of sustainable development indicators is defined (Table 1.2).

Table 1.2

The minimal set of the sustainable development monitoring model (SDMM) indicators

Nr.	Indicators	units	Desig.	Formulae
1	Full final consumption power, system size, needs	W	N1	Formula 1.4.
2	Useful power, system capabilities, level of innovation	W	P1	Formula 1.5.
3	Final consumption power losses, lost opportunities, impact on the environment	W	G1	Formula 1.6.
4	Technological efficiency	%	F1	= $P1 / N1$
5	Environmental quality	%	Q1	= $G1(t-1) / G1(t)$
6	Final electricity consumption share of final consumption	%	E1	= $N1-E / N1$
7	Ecological footprint	W	FOOT	= $G1 / S$
8	Final consumption power per capita	W	D1	= $N1 / M$
9	Electricity final consumption power per inhabitant	W	D1-E	= $N1-E / M$
10	Useful power per capita	W	U1	= $P1 / M$
11	Productivity	W	PHPE	= $P1 / LM \times M$
12	Quality of life	W	QoLE	= $U1 \times Qx \text{ TAN} / 100$

Source: created by the author

The sustainable development model includes indicators in energy units, as well as integrated indicators per inhabitant, including: final consumption power per capita D1; final consumption of electricity power per capita D1-E; standard of living as useful power of final consumption per capita U1; productivity in energy units as useful power of final consumption per PHPE employed; quality of life in energy units per capita QoLE.

1.5. Socio-economic system evaluation methodology

In the context of the concept of sustainable development in energy units and within the framework of SDMM, the object of assessment is a spatially limited part (subsystem) of the system nature – society – man, which contains natural resources, population and the management system, which performs management activities for the maintenance and development of life. Within the framework of the doctoral thesis, six levels of socio-economically evaluated objects are identified in the system nature – society – man: 1. World. 2. Region. 3. State. 4. Municipality. 5. The city. 6. Society. It can be defined as a nested system (*Bolshakov et.al, 2019; Bossel, 2002*). Each of the Object's six levels can be considered as an Evaluable Object. Each Evaluable Object (level 1) has an external environment (level 3) and an internal environment (level 2). At all levels there is also interaction with the surrounding environment.

The evaluation of the existing state of the evaluated Object as a socio-economic system is carried out in the following order:

Level 1: The Evaluated Object as a whole (assessed in 3 stages)

1st stage. Evaluation of the object in monetary terms.

According to the recommendations of the International Monetary Fund (IMF), Table 1.3 summarizes the indicators, as well as additional indicators, which characterize the Evaluated Object as a whole. In the process of developing sustainable development, each country additionally selects socio-economic indicators.

Table 1.3

The minimum set of socio-economic system development indicators

Nr.	Indicators	Design.	units
1	Gross domestic product at purchasing power parity	GDP PPP	USA doll.
2	GDP PPP per capita	PPX	USA doll.
3	Population	M	capita
4	Export of goods and services, % of GDP	EXP	%
5	Share of net energy import, % of energy use	IMPE	%
6	Adjusted net savings per capita	ANS	USA doll.
7	Employed population, % of population	LM	%
8	Added value of industry , % of GDP	IN	%
9	Added value of agriculture, % of GDP	AG	%
10	Added value of services (including transport), % of GDP	ST	%
11	Territory	S	km2
12	Life expectancy of people	TAN	years

Source: created by the author using World Bank, EuroStat, ANO UNDATA data

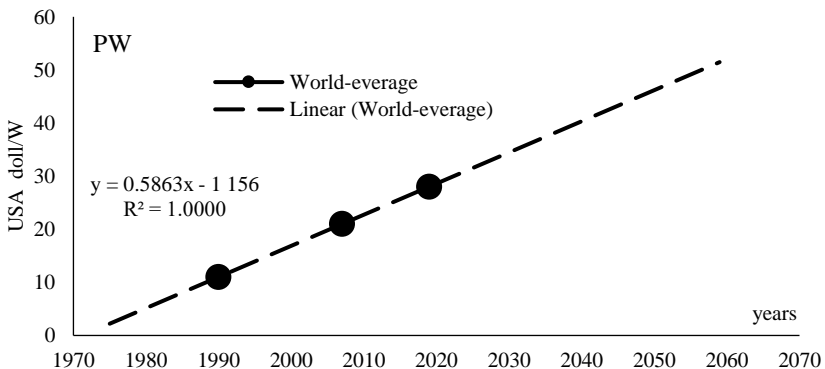
2nd stage. Object evaluated in energy units.

According to the sustainable development monitoring model (Table 1.2), the system energy flow model and the analysis of power changes, the sustainable development indicators of the Evaluated Object are calculated in the analyzed period. The minimum set of integrated indicators, within the framework of the created sustainable development monitoring model, could determine the potential of the socio-economic system for sustainable development. At this stage, critical points, intervals of system growth, development or non-growth and decline are identified after the analysis of the time series of the full final consumption power $N1(t)$ and final electricity consumption power $N1-E(t)$. Changes in the incoming flow of energy resources, useful power $P1(t)$, productivity $PHPE(t)$ and quality of life $QoLE(t)$ are analyzed at intervals. Changes in the useful power $P1(t)$ of the socio-economic system determine the stages of growth, maturity and decline.

3rd stage. Evaluation of the interaction and conversion of cash and energy flows of the object.

Evaluation of the conversion of cash flows and energy flows

In order to balance the money and energy flows of the evaluated socio-economic systems (countries), the money/power conversion coefficient was calculated in the period from 1990 to 2019. According to the calculated data, in 2007 the world average money/power ratio was 21 US dollars per watt (Fig. 1.3). The value of this indicator increased in the world, which meant an increase in purchasing power (Law 5).



Source: calculated by the author

Fig.1.3. Changes in the money/power conversion indicators PW in 1990-2019

The extrapolation of the graph of changes in the average world value of the conversion coefficient PW shows (Fig. 1.3) that in 1971 and 1972 the value of the coefficient was PW=1, which means 1W=1\$, or balanced growth and development. The value of the conversion factor PW in the rule per year can be calculated according to formula 1.7:

$$PW = 0.5863 (\text{the year}) - 1156 \quad (1.7.)$$

The following WP coefficient values were calculated and used in the study:

Years	1990.	2000.	2010.	2020.	2030.	2040.	2050.	2060.
PW	11	17	22	28	34	40	46	52

The difference between PPXE (according to the power analysis method) and PPX (according to the GDP PPP analysis method) of the gross domestic product according to purchasing power parity per capita, denoted by SK(t), can be calculated according to formulas 1.8 and 1.9:

$$PPXE(t) = U1(t) \times PW(t) \quad (1.8.)$$

$$SK(t) = PPX(t) - PPXE(t) \quad (1.9.)$$

where:

PW(t) – world average money/power conversion factor;

U1(t) – full consumption power N1(t) per capita.

Causal analysis of cash flow and energy flow

The assessment of the correlation between GDP PPP and power consumption of countries was carried out using Pearson coefficient calculation, Granger causality test and Durbin-Watson test. The test used a linear multiple regression model to test the relationship between one dependent variable (endogenous), that is GDP PPP, and several independent (exogenous) variables. Selected variables: consumption power of final energy resources N1(t); electricity consumption power N1-E(t); useful power P1(t); share of electricity in total final consumption E1(t). A Durbin-Watson test was performed on the obtained data.

Level 2: The internal environment of the object

Analysis of power and cash flows of the socio-economic system (state) according to Kaldor's sectoral model

At the second level, the sectoral structure of the Object's economy is analyzed using indicators in monetary units and energy units. Table 1.4 includes indicators that reflect the sectoral structure of the Object's GDP PPP. The indicators were created as a result of the formalization of the Kaldor sectoral model of the economy, and AG denotes the share of agriculture, forestry and fisheries in GDP, and IN - the share of industry (including construction) in GDP.

Table 1.4

The socio-economic systems sectoral indicators

Nr.	Indicators	Design.	Formula
1	Industrialization factor in monetary units	STINA	$= (100 - IN - AG) / (IN + AG)$
2	Agricultural factor in monetary units	I-STINA	$= IN / AG$
3	Industrialization employment factor	EMINA	$= (100 - LM_{IN} - LM_{AG}) / (LM_{IN} + LM_{AG})$
4	Agricultural employment factor	EMISA	$= LM_{IN} / LM_{AG}$
5	Industrialization factor in energy units	STINA-E	$= (100 - (N1_{IN}) - (N1_{AG})) / ((N1_{IN}) + (N1_{AG}))$
6	Agricultural factor in energy units	ISTINA-E	$= (N1_{IN}) / (N1_{AG})$
7	The industrialization factor in monetary units relative to the factor in energy units	STINA-R	$= STINA / STINA-E$
8	Agricultural factor in monetary units relative factor in energy units	ISTINA-R	$= ISTINA / ISTINA-E$

Source: created by the author

According to the value of the STINA indicator, which characterizes the ratio of the share of the production and non-production parts of GDP, the author of the doctoral thesis created a classification of economies of socio-economic systems (states) (Table 1.5). Classification start from post-industrial society and economies with a high level of GDP per capita and a large share of services (IS group) to countries with industrial and agrarian economies with low level of service and infrastructure (AG group).

Table 1.5

The sectoral indicators and economy classification

Author's classification designation	STINA value	Description of economy and society	IMF Economy classification
IS	4.0 <	Post-industrial economy Information and science society	Developed
PE	3.1 – 3.9	Economy in transition	Developed
HT	2.1 – 3.0	HT economy	Developed
IN	1.0 – 2.0	Industrial economy	Developing
AG	< 1.0	Industrial and agrarian economy. Low level of infrastructure	Developing

Source: created by the author

Level 3: Interaction of the object in the external environment, positioning and competitiveness in the world

For the assessment of the object in the external environment, integral indicators for the assessment of the country's position on the world scale are introduced (Table 1.6).

Table 1.6

Indicators of the socio-economic system for evaluation at the world level

Nr.	Indicators	Design.	Formula / source
1	Energy import, % of total energy consumption	EIMP	World Bank
2	Country population share in the world	m_i	$m_i = M_i / M_w$
3	The share of national GDP in world GDP	ikp_i	$ikp_i = IKP_i / IKP_w$
4	Share of national electricity consumption power in the world	e_i	$e_i = N1-E_i / N1-E_w$
5	Share of national final consumption of full power in the world	n_i	$n_i = N1_i / N1_w$
6	Share of national useful power in the world	p_i	$p_i = P_i / P_w$
7	GLOBAL COMPETITIVENESS Relative national weight by useful power P(t) and population M(t)	WM_i	$WM_i = p_i / m_i$
8	TECHNOLOGICAL COMPETITIVENESS Relative national weight by final electricity consumption power share E(t) and GDP(t)	WE_i	$WE_i = e_i / ikp_i$
9	SUSTAINABILITY POTENTIAL Relative national weight by useful power P(t) and GDP(t)	WP_i	$WP_i(t) = p_i(t) / ikp_i(t)$

Source: created by the author

Integral indicators of the interaction of countries

An interaction matrix was used to analyze the interaction and mutual influence of the evaluated socio-economic systems (countries) – countries/minimal set of indicators of sustainable development of countries within the framework of SDMM (Table 1.7) in the corresponding year.

Table 1.7

Interaction matrix of the evaluated objects

	Indicator 1	Indicator 2	Indicator 12
1st country					
...					
N country					

Source: created by the author

Using the correlation function, a correlation matrix is calculated and created. The calculated correlation coefficient within the Sustainable Development Monitoring Model (SDMM) characterizes interaction level between countries.

Defining the state of the system in an invariant coordinate system. From the concept of sustainable development in energy units, REQUIRED RULE: Positive dynamics of useful power change $\Delta P1(t)$ and SUFFICIENT RULES: (1) positive dynamics of changes in technological efficiency $\Delta F(t)$; (2) negative dynamics of power loss changes $\Delta G(t)$. In Table 1.8 the main indicators for formulating possible states and goals of the system are summarized.

Table 1.8

Key indicators for building of potential targets

Nr.	Indicators	Design.	Changes	Speed of changes	Acceleration of change
1	Useful power	P1	dP1	d ² P1	d ³ P1
2	Full final consumption power	N1	dN1	d ² N1	d ³ N1
3	Final electricity consumption power	N1-E	dN1- E	d ² N1 -E	d ³ N1-E
4	Power losses	G1	dG1	d ² G1	d ³ G1
5.	Technological efficiency	F1	dF1	d ² F1	d ³ F1
6	Electricity final consumption share	E1	dE1	d ² E1	d ³ E1
7	Productivity	PHPE	dPHPE	d ² PHPE	d ³ PHPE
8	Quality of Life	QoLE	dQoLE	d ² QoLE	d ³ QoLE

Source: created by the author

The analysis starts from the identification of growth, non-growth or decline in development, which could last for a minimum of three years. Next, possible development variants are analyzed during a continuous period of no less than nine years, and the next period to be analyzed is no less than 27 years, or sustainable development. In a similar way, changes are distributed across all indicators of sustainable development. The obtained indicator values allow to identify the target state and then to calculate the necessary future state and needs of the country as the evaluated Object. A description of the different development scenarios is shown in Table 1.9.

Table 1.9

Exaples of formalized description of systems different development trends

Nr.	Trend	dM	dP	dN	dG	dF	dQoL E	d ² N	d ² P	d ² QoL E
1	Growth	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	=0	=0
2	Development	>0	>0	>0	≥0	>0	>0	>0	>0	>0
3	Sustainable development	>0	>0	>0	<0	>0	>0	>0	>0	>0
4	Degrowth	<0	=0	=0	<0	=0	=0	=0	=0	=0
5	Decline	<0	<0	<0	>0	=0	<0	>0	>0	>0
6	Degradation	<0	<0	<0	>0	<0	<0	<0	<0	<0

Source: created by the author

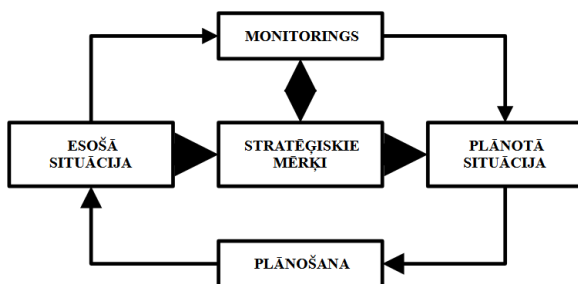
Each goal corresponds to a certain state of the socio-economic system. In order to determine the correspondence between the target type and the current state of the Object, it is necessary to calculate the values of the target indicators for a certain time and associate the obtained result with the possible target. As a result, you can get an answer to the question: in what way do the goals correspond to the current state of the Object.

The next stage is the formulation of the strategic vision, goals and indicators for the development of the socio-economic system. Based on the main definitions of the concept of sustainable development, the socio-economic system (state) is a complex non-linear system, so linear forecasting methods, including extrapolations, linear regressions and others, cannot be used. Sustainable development forecast models are created within the framework of the sustainable development monitoring model (IAMM) as part of the doctoral thesis, using the scenario approach and formulating scenario models. The main modeling conditions for scenario development include: (1) creating a system vision; (2) forecasting; (3) creating scenarios.

In scenario planning, visions and forecasts are used as input, while scenarios act as the end result of the process. All types of targets can be used as analysis options according to the procedures within the IAMM model.

System sustainable development monitoring concept and integrated indicators

The development of the indicator system is determined by the monitoring object, subject, goal and tasks, as well as the created methodological base. In addition, it is necessary to determine the essential characteristics of the evaluated Object (the country as a socio-economic system - SES) both in general and for individual elements. Indicators must meet several conditions: measurability, availability, reliability, comparability, periodicity. The monitoring structure of the socio-economic system includes several elements (Fig. 1.4).



Source: created by the author

Fig. 1.4. The structure of monitoring system

The operational organization of the SES monitoring system includes several stages: (1) continuous monitoring of the existing condition of the evaluated object; (2) creating an information base about the object in dynamics; (3) research of the factors influencing the condition and development of the object; (4) control over the nature of object changes; (5) assessment of deviations and their causes based on the system of criteria (indicators).

2. ANALYSIS OF CHANGES IN THE DEVELOPMENT INDICATORS OF DIFFERENT SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS (COUNTRIES) IN MONEY AND ENERGY UNITS

In order to approve the sustainable development monitoring model (SDMM) created by the author of the thesis, chapter 2 analyzes various socio-economic systems (countries) (Table 2.1.) in accordance with the theory described in subsections 1.4 and 1.5 and compares country indicators according to two methods: (1) GDP in monetary terms; (2) development indicators in the invariant coordinate system in energy units, based on the author of the thesis method, which is based on the models of Kuznecov and Odum. Thus, different results of the evaluation of the sustainable development of the analyzed socio-economic systems were obtained, and their significance was explained not only in the evaluation of the current (concrete) situation of the country, but especially in the forecasting and monitoring of future developmen. Within the framework of the thesis, 15 socio-economic systems (countries) in three groups were selected, analyzed and evaluated (Table 2.1).

It is follow countries:

- 1) five developed countries – USA, Japan, Italy France and Germany;
- 2) five developing countries – Brazil, South Afrika, Indonezia, China and Turkey;
- 3) five EU new countries – Croatia, Estonia, Latvia, Lithiania un Hungary.

According to the terminology used by the International Monetary Fund, advanced economies are the term used to describe the world's most developed countries (IMF Report, 2020). In 2020, the IMF classified 39 countries as developed economies, and seven of them are post-industrial countries that form a scientific society: USA, Canada, Japan, Great Britain, Germany, France, Italy. The USA, Japan and three EU countries – France, Germany, Italy – were chosen as the EU's largest economies in group 1 of the doctoral thesis.

The author analyzed five developing countries – Brazil, Indonesia, China, Turkey and South Africa (group 2), which, according to experts, are defined as newly industrialized countries (IMF report, 2016). In 2020, the IMF classified these countries as developing economies, or emerging economies.

Table 2.1

Characteristics of the valuated countries in 2019

Group	Countries	Desi gn.	PPX*	S**	SVF classification	Specific factors
1. Developed countries	USA	US	57.4	3 796	Developed countries	The largest developed economies in the world
	Germany	DE	50.5	357		
	France	FR	65.1	633		
	Italy	IT	45.8	302		
	Japan	JP	42.3	378		
2. Developing countries	Brazil	BR	15.3	8 516	Developing countries	New industrialized economies (NIC)
	South Afrika	ZA	14.4	1 221		
	China	CN	16.6	9 597		
	Turkey	TR	27.7	784		
	Indonezia	ID	12.4	1905		
3. ES new countries	Latvia	LV	32.9	65	Developed countries	Economic and social transformation
	Lithiania	LT	39.9	65		
	Estonia	EE	39.0	45		
	Hungary	HU	34.6	93		
	Croatia	HR	31.6	49		

* thousand US dollars

** national territory in 2019 (10^3 km²)

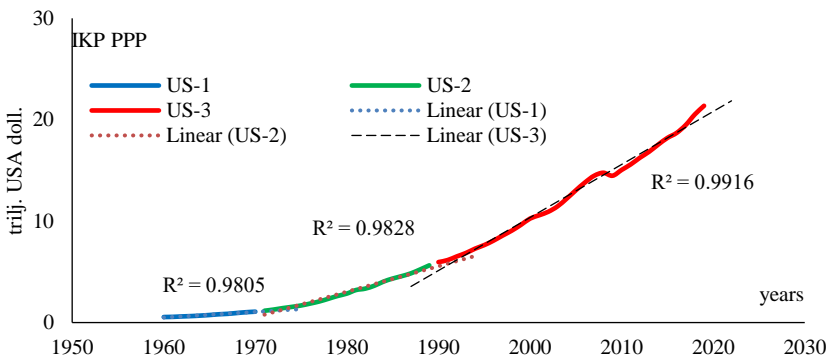
Source: calculated by the author using World Bank data

In the doctoral thesis, the third group of countries selected and analyzed five new countries of the EU, in which there was a rapid transformation of economy and society after 1991 – Latvia, Lithuania, Estonia, Hungary and Croatia. According to the IMF's classification, they, as EU members, are among developed countries.

2.1. Analysis of changes in the development indicators of evaluated socioeconomic systems in monetary and energy units

Analysis of the GDP indicators of the evaluated developed countries in monetary terms

The graphs of the changes in the gross domestic product at purchasing power parity GDP PPP from 1960 to 2019 for the United States and for France, Germany, Italy and Japan from 1990 to 2019 are linear in nature (Fig. 2.1, 2.2). In the US, the critical point was in 1990, but then until 2019, the GDP PPP growth rate more than doubled compared to the previous period.

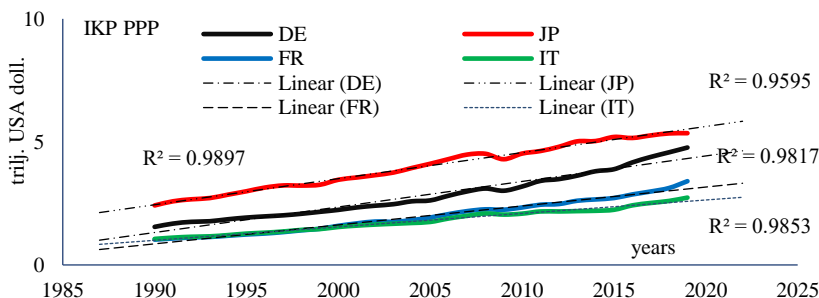


Source: calculated by the author using World Bank data

Fig. 2.1. **The GDP PPP changes of the evaluated USA in 1960-2019**

This period is characterized by the collapse of the Soviet Union and United States (US) statement on the creation of a post-industrial society. In the time period from 1990 to 2019, Japan (JP) was analyzed and three developed countries of the European Union were selected – Germany (DE), Italy (IT) and France (FR).

The graph of changes in the gross domestic product by purchasing power parity GDP PPP(t) of Germany, Japan, Italy and France (Fig. 2.2) has a linear character with a high value of the coefficient of determination R^2 of 0.96-0.99.



Source: calculated by the author using World Bank data

Fig. 2.2. **The GDP PPP changes of the evaluated developed countries (DE, FR, IT, JP) in 1990-2019**

According to Kaldor's sectoral model of the economy, in all evaluated developed countries, in the period from 1990 to 2019, the added value of the service (including transport) economic sector $ST(t)$ continued to increase as a share of GDP PPP. According to the formalization of Kaldor's model, the author of the doctoral thesis, structural indicators were calculated for the evaluated countries in 2019 (Table 2.2).

Table 2.2

Sectoral indicators and national economic classification of the evaluated developed countries in 2019

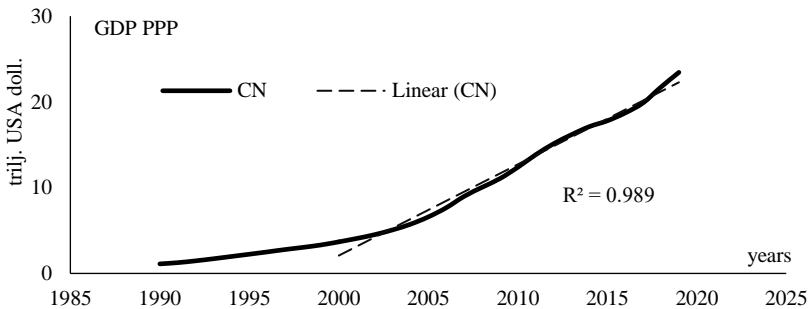
Countries	STINA	I-STINA	EMISA	EMINA	SVF classification	Author's proposed economy classification	
						IS	Postindustrial
US	4.3	22	4	12	Developed	IS	Postindustrial
FR	4.3	11	3	8	Developed	IS	Postindustrial
IT	3.3	11	4	9	Developed	PE	Transition
DE	2.6	35	2	23	Developed	HT	HT technology
JP	2.4	28	3	21	Developed	HT	HT technology

Source: calculated and created by the author

Despite the fact that the IMF defined the analyzed countries as developed, according to the economic classification of the countries proposed by the author of the thesis, these evaluated developed countries have a different STINA indicator, which characterizes a different level of industrialization and, accordingly, the level of development.

Analysis of the GDP indicators of the evaluated developing countries in monetary terms

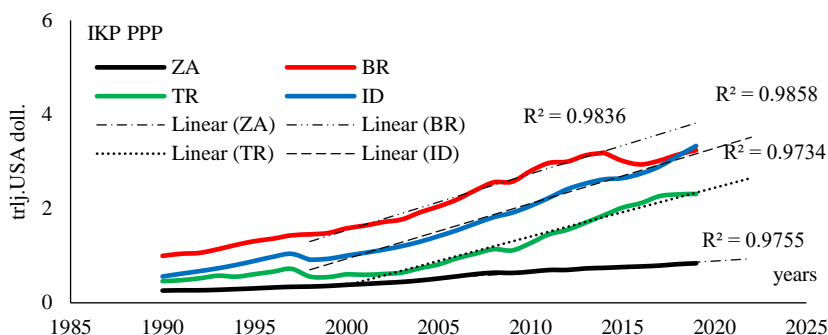
In Brazil (BR), Indonesia (IN), China (CN), Turkey (TR) and South Africa (ZA), the graph of changes in gross domestic product at purchasing power parity GDP PPP(t) in 1990-2019 has a linear character (Fig. 2.3 and 2.4).



Source: calculated by the author using World Bank data

Fig.2.3. The GDP PPP changes of the evaluated developing countries in 1990-2019

In China, GDP PPP increased rapidly after 2000 and maintained growth rates until 2019. Turkey, Brazil, Indonesia and South Africa had much lower GDP PPP growth rates than China. In Brazil, after 2015, there is a decline in GDP PPP.



Source: calculated by the author using World Bank data

Fig. 2.4. **The GDP PPP changes of the evaluated developing countries (ZA, BR, TR, ID) in 1990-2019**

According to the IMF definition, these evaluated socio-economic systems are considered as developing countries. According to the classification of the doctoral thesis author, formulated according to Kaldor's sectoral model, it can be concluded (table 2.3):

- China, Turkey and Indonesia are developing industrial countries (STINA below 2.0) in a period of growth;
- South Africa has a larger service and transport sector (STINA=2.9) and relatively low value added share of agriculture (I-STINA=12) of GDP PPP;
- Brazil is in the maturity stage (growth slows down) as a transitional economy (STINA=3.3) towards the creation of a post-industrial system with a relatively large added value share of service and transport in GDP PPP.

Table 2.3

Sectoral indicators and national economic classification of the evaluated developing countries in 2019

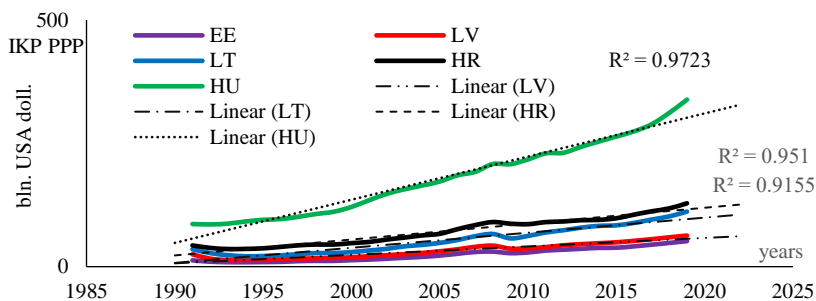
Count-ries	STINA	I-STINA	EMISA	EMINA	IMF classification	Author's proposed economy classification	
BR	3.4	5	2	2	Developing	PE	Transition
ZA	2.9	12	2	1	Developing	HT	HT technology
TR	1.8	5	1	2	Developing	IN	Industrial
CN	1.2	5	1	1	Developing	IN	Industrial
ID	1.0	3	1	1	Developing	IN	Industrial

Source: calculated and created by the author

In general, it can be concluded that all developing countries under evaluation have seen rapid growth dynamics of GDP PPP with different growth rates since 2000. According to Kaldor's sectoral model, countries are at different levels of economic development – from an industrial economy to the transition to a post-industrial economy.

Analysis of the GDP indicators of the evaluated new EU countries in monetary terms

The graph of changes in the gross domestic product by purchasing power parity GDP PPP(t) of the evaluated countries – Latvia (LV), Lithuania (LT), Estonia (EE), Croatia (HR) and Hungary (HU) in the period from 1990 to 2019 have a linear character (Fig. 2.5).



Source: calculated by the author using World Bank and EuroStat data

Fig. 2.5. The GDP PPP changes of the evaluated new EU countries (EE, HR, HU, LT, LV) in 1990-2019

According to the IMF system, the new countries of the EU to be evaluated after joining the EU and NATO were classified as developed countries. According to the classification of the author of the thesis and according to Kaldor's sectoral model, Lithuania, Estonia and Hungary are in the growth stage and are classified as high-tech economies (Table 2.4). Croatia and Latvia have entered a period of maturity, and they are classified as transition economies with a high value added share of services and transport in GDP PPP.

Table 2.4

Sectoral indicators and national economy classification of the evaluated new EU countries in 2019

Countries	STINA	I-STINA	EMISA	EMINA	SVF classification	Author's proposed economy classification	
Croatia	3.4	7	2.1	5	Developed	PE	Transition
Latvia	3.3	5	2.2	3	Developed	PE	Transition
Lithuania	2.9	8	2.1	4	Developed	HT	HT technology
Estonia	2.5	12	2.1	9	Developed	HT	HT technology
Hungary	2.6	7	1.7	7	Developed	HT	HT technology

Source: calculated and created by the author

According to the analysis of GDP PPP in monetary terms, the evaluated countries are structured according to the Kaldor model sectoral indicator STINA and the size of GDP PPP per capita PPX(t) (Table 2.5). Most of the evaluated

countries (US, FR, IT, EE, HU, LT, TR, ID) are located diagonally, which means the compliance of the economic structure and PPX in 2019. Other countries:

- Germany (DE) and Japan (JP) are below the diagonal, which means that the structure of the economy does not correspond to the PPX;
- Latvia (LV), Croatia (HR), South Africa (ZA) and Brazil (BR) are above the diagonal, which means that PPX does not correspond to the structure of the economy.

Table 2.5

Evaluated countries in Kaldor matrix by PPX analysis in monetary units, 2019

STINA interval	Author's proposed economy classification	PPX, euro x 10 ³				
		50 <	40 <	30 <	50 <	10 <
4.0 and more	Postindustrial economy	US FR				
3.0 – 3.9	Transition economy		IT	LV HR		BR
2.0 – 2.9	HT economy	DE	JP	EE HU LT		ZA
1.0 – 1.9	Industrial economy				TR	CN
< 1.0	Industrial economy Low level of infrastructure					ID

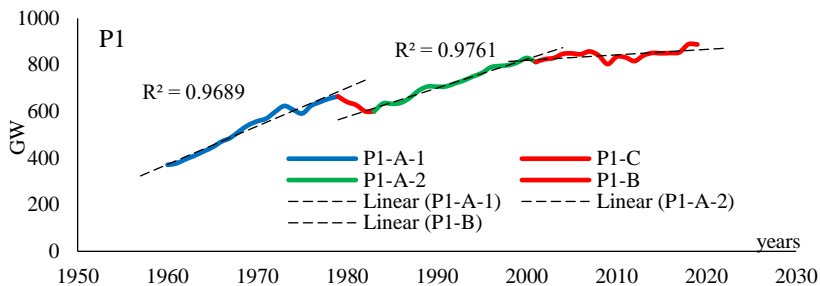
Avots: created by the author

The obtained calculation results are taken into account in the process of further analysis of countries in the invariant coordinate system in energy units.

Indicators of the evaluated developed countries in the invariant coordinate system

The indicators of developed countries in the invariant coordinate system in energy units are evaluated within the framework of the sustainable development monitoring model (SDMM) using the minimum set of integrated indicators. Changes in the US useful power P1(t) in 1960-2019 can be seen in Fig. 2.6. The figure identifies four intervals with critical start and end points that correlate with political events in the US: (1) P1-A-1 (1960-1973-1979); (2) P1-C (1980-1983); (3) P1-A-2 (1984-1990-2000); (4) P1-B (2001-2019).

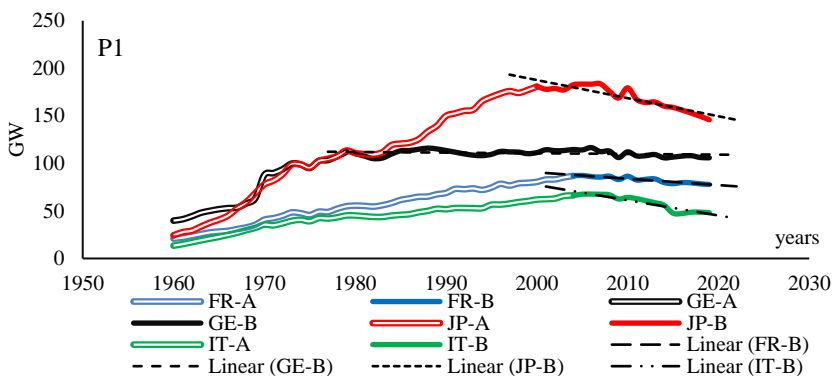
In Germany (DE), France (FR), Italy (IT) and Japan (JP), the changes in useful power P1(t) (Fig. 2.7) have been evaluated for the years 1960-2019 and compared with the US data for the corresponding period. In Germany, the graph of changes in useful power P1(t) from 1960 to 1980 shows an increase in the growth phase, but after 1981 – no increase or decrease.



Source: calculated by the author

Fig. 2.6. The changes of the useful power P1 of the United States (US) in 1960-2019

In Japan, the growth of useful power P1(t) continued until 2001, reaching a relatively high level (178 GW), after which stagnation and economic decline began within the maturity period.



Source: calculated by the author

Fig. 2.7. The changes of the useful power P1 of the evaluated developed countries (DE, IT, JP, FR) in 1960-2019

In France and Italy, a critical point of growth has been identified around 2005, after which non-growth and economic decline within the maturity period began. After the year 2000, the evaluated developed countries entered the stage of slow development – the stage of maturity. Each evaluated country has had different development and indicators until the period analyzed by the author. The indicators of the evaluated developed countries – SDMM in 2019 are summarized in Table 2.6.

Table 2.6.

Minimal set of SDMM indicators of the evaluated developed countries in 2019

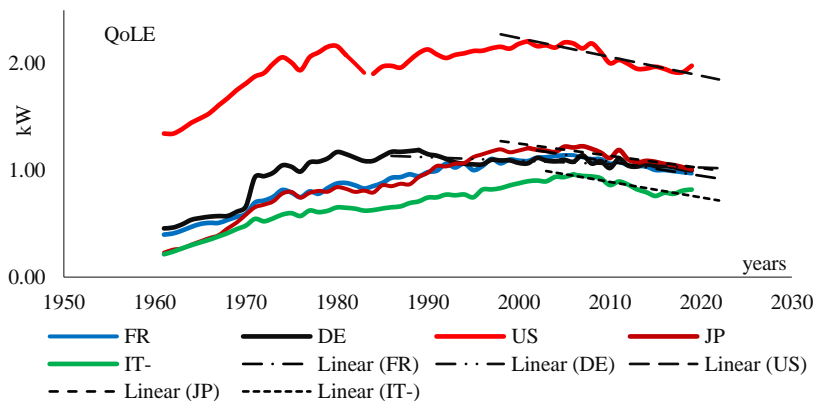
Count- ries	dM %	N1 GW	N1-E GW	P1 GW	G1 GW	F1 %	E1 %	EA %	FOOT kW	U1 kW	PHPE kW	QoLE kW
US	32	2150	435	767	1383	36	21	17	141	2.3	4.9	1.9
JP*	0	371	105	146	225	41	30	27*	562	1.2	2.1	1.1
FR	16	215	49	79	129	37	24	78	203	1.2	3.0	1.0
DE	5	290	57	102	188	36	19	16	528	1.2	2.5	1.0
IT	6	159	33	58	101	36	21	00	335	1.0	2.2	0.9

*Japan indicators in 2010

Source: calculated by the author

It can be concluded that all the evaluated developed countries are characterized by a high level of technological efficiency F1 (40-36) and a large share of the consumed electricity power, the source of which is nuclear energy production. All evaluated countries have a high level of productivity, incl. one of the highest – USA (PHPE=4.9). In 2019, the USA had one of the highest levels of quality of life (1.9 kW) among the evaluated developed countries.

The indicators of the quality of life (QoLE) of the evaluated developed countries as a potential for further development of the system, including industrialization, modernization, etc., are reflected in Fig.28 from 1960 to 2019. The US indicator was one of the highest in 2001 and then began to decline, while in Germany its growth ended in 1989. After 2005, the quality of life (QoLE) decreased for all developed countries under evaluation.



Source: calculated by the author

Fig. 2.8. The changes and trends of the quality of life QoLE of the evaluated developed countries (US, DE, FR, JP, IT) in 1960-2019

The author of the thesis believes that, according to the concept of sustainable development, indicators of the quality of life should increase during the maturity stage, possibly at a slower rate. Therefore, the decrease (decline) in the quality of life (QoLE) could be explained as ineffective adaptation of the country to external factors or ineffective transformation under the influence of internal factors. At this stage, it is important whether the socio-economic system is ready to adapt if the external conditions change.

A brief summary of the of the developed countries evaluation results:

In the United States (US) – a post-industrial economy with a level of deindustrialization (STINA=4.3). The USA is characterized by a high level of quality of life (QoLE=1.9) and productivity (PHPE=4.9) among the evaluated countries and in the world, which was achieved during the growth period until 2000. On the other hand, high technological efficiency indicators were not achieved during this period (F=36). The share of the final consumption of electricity in the total consumption in 2019 was (E1=21%) the lowest among the evaluated developed countries. The share of electricity produced in nuclear plants was also low (EA=17%). On the other hand, the impact on the environment (FOOT=141) is quite high. In the period of maturity, from 2000, a decrease in the quality of life (QoLE) indicator can be observed.

France (FR) is a post-industrial economy with one of the highest levels of deindustrialization (STINA=4.3) among EU countries. During the growth period, the indicators of productivity (PHPE) and quality of life (QoLE) were not sufficiently high - almost two times lower than in the USA. High-tech electricity production (78% from nuclear reactors) was not sufficiently used for development. On the other hand, the impact on the environment (FOOT=203) was high.

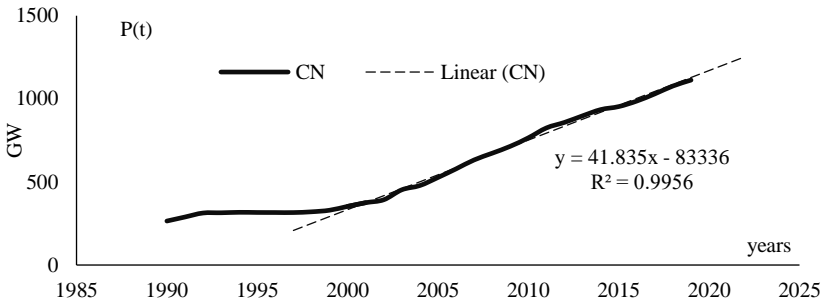
In Germany (DE) – high-tech economy. Relatively low technological level (F1=36), but the impact on the environment (FOOT=203) is sufficiently high. At the same time – an industrialized country (STINA=2.6) with the potential to continue modern industrialization and digitization.

In Japan (JP) – a high-tech economy. The country is characterized by a high level of technological efficiency (F1=41) and productivity (PHPE=5.6) among the evaluated countries, which is at the level of the USA. The level of industrialization does not exceed 3.0 (STINA=2.4), which gives additional stability to the economy, but, apparently, was not fully used, because after 2010 a decrease in the quality of life (QoLE) was observed - the decline phase began. After 2010, dependence on external resources and the dismantling of nuclear energy can be considered as a weak point in Japan.

In Italy (IT) – a transitional economy. High quality of life (QoLE) and productivity (PHPE) indicators, but during the development period the values were not reached, for example, at the level of Japan. This is probably related to faster population growth and a higher proportion of workers with insufficiently

high qualifications. The level of industrialization exceeded 3.0 (STINA=3.3), which also affected the level of productivity (PHPE).

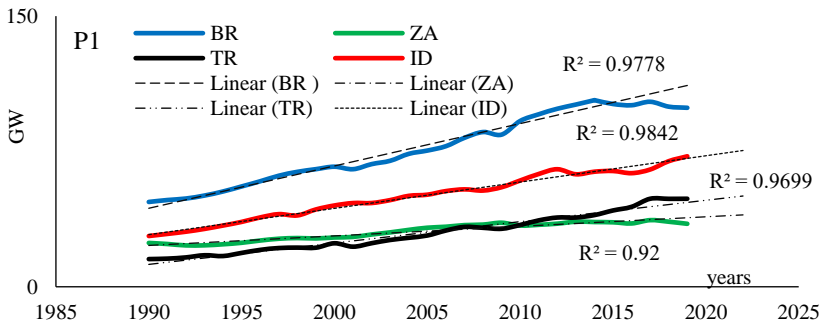
Evaluating the indicators of developing countries in the invariant coordinate system in energy units are evaluated within the Sustainable Development Monitoring Model (SDMM) using the minimum set of integrated indicators. According to the methodology developed by the author, indicators have been calculated for the period from 1990 to 2019. The changes in the useful power $P(t)$ of the world's largest economy – China in 1990-2019 can be seen in Fig. 2.9. Starting from 2001, China has seen a rapid increase in useful power with a linear character, which continued until 2019.



Source: calculated by the author

Fig. 2.9. Changes of the useful power P1 of the evaluated developing countries (BR, CN, ID, TR, ZA) in 1990-2019

The growth of useful power $P(t)$ in Turkey for the entire evaluation period from 1990 to 2019 and in Brazil until 2014 has a linear character (Fig. 2.10), after 2015 in Brazil, a period of decline began. In South Africa, the growth of useful power was linear throughout the evaluated period, but relatively slow.



Source: calculated by the author

Fig. 2.10. Changes of the useful power P1 of evaluated developing countries (BR, TR, ID, ZA) in 1990-2019

South Africa and Turkey were in the stage of slow growth during the entire period under review, but one of the world's largest economies – China after 2001 – was in the stage of rapid economic growth. In China, the technological level (F1) increased by 9 points during the evaluation period and reached the world average level (F1=37). In Brazil, during the growth stage until 2014, the technological level increased by 2 points and also reached the world level. In 2019, Indonesia was 3 points short of the world's average technological level (F1=34). South Africa was in the maturity stage from 1990, exceeding the world technological level by 2 points in 2019 (F1=39). The indicators of the sustainable development monitoring model (SDMM) of the evaluated developing countries in 2019 are summarized in Table 2.7.

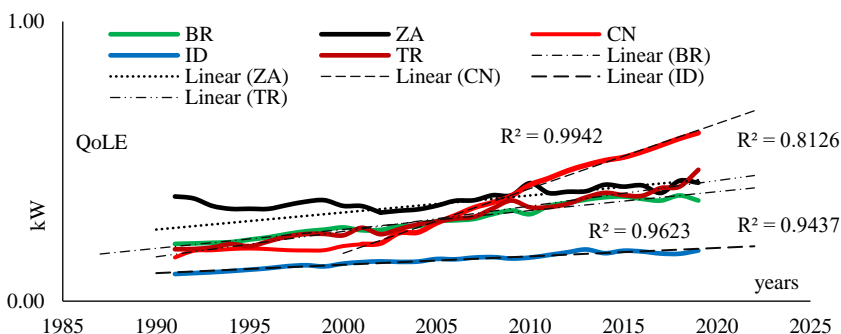
Table 2.7

Minimal set of SDMM indicators of the evaluated developing countries in 2019

Countries	dM	NI	NI-E	PI	G1	F1	E1	EA	FOOT	U1	PHPE	QoLE
	%	GW	GW	GW	GW	%	%	%	kW	kW	kW	kW
China	24	3033	719	1113	1920	37	25	2	200	1.0	1.4	0.6
South Afrika	40	90	22	35	55	39	29	6	46	0.6	1.4	0.4
Turkey	28	132	29	49	83	37	22	0	106	0.6	1.3	0.4
Brazil	46	268	59	110	158	37	19	3	198	0.5	1.0	0.4
Indonezia	40	216	33	73	143	34	16	0	38	0.3	0.4	0.2

Source: calculated by the author

The countries are characterized by almost the same level of technological efficiency (F1) and a small share of consumed electricity, the source of which is nuclear energy (EA). The quality of life (QoLE) indicator of the evaluated developing countries in energy units, as a potential further development of the system (industrialization, modernization, etc.) in Fig. 2.11, has a linear growth character.



Source: calculated by the author

Fig. 2.11. The changes of the quality of life QoLE of the evaluated developing countries (BR, CN, ID, ZA, TR) in 1990-2019

Brazil, South Africa and Turkey are experiencing slower growth with lower growth rates than China. In the evaluated developing countries within the framework of SDMM, and using the system power change analysis method compared to the GDP analysis method, the development had a linear character both in monetary terms and in energy units.

A brief summary of the of the developing countries evaluation results:

In China (CN) – an industrial economy with an industrialization index $STINA=1.2$, in the growth period with a positive trend of useful power $P1(t)$. The quality of life indicator ($QoLE=0.7$) had not reached a sufficiently high level compared to developed countries (US $QoLE=1.9$). The country does not have modern sources of electricity ($EA=2\%$), and this may affect development rates in the future. Environmental impact ($FOOT=200$) relatively high and appropriate for the growth stage. The Granger test shows the causal relationship between energy flow and GDP in PPP. Modernization of the economy would be necessary.

In Indonesia (ID) – an industrial economy with a low level of infrastructure development, industrialization index $STINA=0.9$, in the growth period with a positive trend of useful power $P1$. All indicators are lower than in China. Further industrialization and modernization is needed. The Granger test shows the causal relationship between energy flow and GDP PPP.

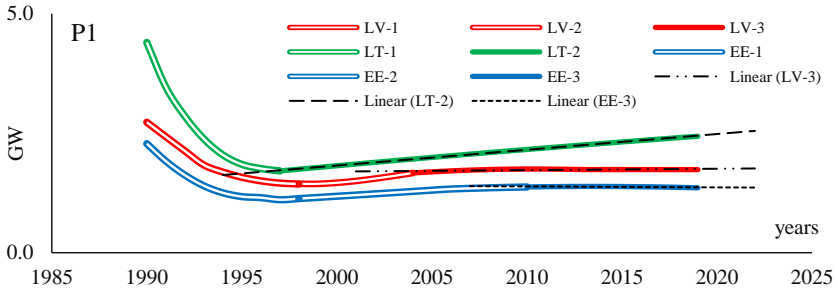
In Brazil (BR) – a transition economy with an industrialization index of $STINA=3.4$, which shows a small manufacturing sector. The beginning of the maturity stage – according to the author's sectoral classification and development cycle model. Sufficiently high indicators of productivity ($PHPE=1.0$) and quality of life ($QoLE=0.4$) have not been achieved during the growth stage. High environmental impact ($FOOT=198$). The Granger test after 2014 does not show a causal relationship, which means no increase or decrease in the country's development potential.

In Turkey (TR) – an industrial economy with an industrialization indicator $STINA=1.8$. During the growth period, with a positive trend of useful power $P1(t)$, but all indicators are lower than in China. Further industrialization and modernization would be necessary. The Granger test shows the causal relationship between electricity flow and GDP PPP.

In South Africa (ZA) – a highly technological economy with an industrialization indicator $STINA=2.9$ and high technological efficiency ($F1=39$), but an inadequate level of productivity ($PHPE=1.4$) and quality of life ($QoLE=0.4$). Comparatively – in France, at technological efficiency $F1=37$, the corresponding indicators $PHPE=3.0$ and $QoLE=1.0$. The Granger test does not show a causal relationship, which means no increase in the country's development potential.

Evaluating the indicators of EU new countries, incl. Latvia in the invariant coordinate system

The indicators of the EU new countries in the invariant coordinate system in energy units are evaluated within the framework of the sustainable development monitoring model, using the minimum set of integrated indicators. In accordance with the methodology developed by the author of the thesis, indicators have been calculated for the period from 1990 to 2019. Changes in useful power $P1(t)$ in Latvia (LV), Lithuania (LT), Estonia (EE), Croatia (HR) and Hungary (HU) (Fig. 2.12 and 2.13) were evaluated in the period from 1990 to 2019.

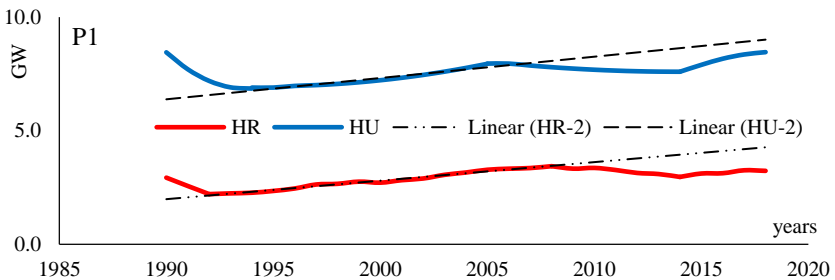


Source: calculated by the author

Fig. 2.12. The changes of of the useful power $P1$ of Latvia (LV), Lithuania (LT) and Estonia (EE) in 1990-2019

In Latvia, Lithuania and Estonia in 1990-1999, and in Croatia, Hungary in 1990-1994, there was a sharp decrease in useful power $P1(t)$, which can be explained by the transformation of the socio-economic system. As a result of the analysis, it can be concluded that in 2019 the level of useful power $P1(t)$ in none of the evaluated new EU member states had reached the level of 1990. In Latvia, after the initial reduction of power until 2000, there was an increase, but starting from 2007-2008, a period of constant useful power $P1(t)$ began until 2019.

In Croatia and Hungary (Fig. 2.13), the graph of changes in useful power $P1(t)$ shows a decline in the time period from 1990 to 1995.



Source: calculated by the author

Fig. 2.13. The changes of the useful power $P1$ of Croatia (HR), Hungary (HU) in 1990-2019

After 1993, the increase of useful power began in Croatia - until 2008. Until 2005, there was a period of growth in Hungary, then a decline until 2014 and an increase from 2015. The trend of changes in useful power in 1995-2019 in Hungary was generally positive (Fig. 2.13). After 2001, the countries entered the stage of slow development – the stage of maturity, and all countries showed an increase in the technological efficiency coefficient $F(t)$, however, in 2019, none of the evaluated countries had reached the world's average technological level

The indicators of the Sustainable Development Monitoring Model (SDMM) of the EU new countries to be evaluated in 2019 are summarized in Table 2.8.

Table 2.8

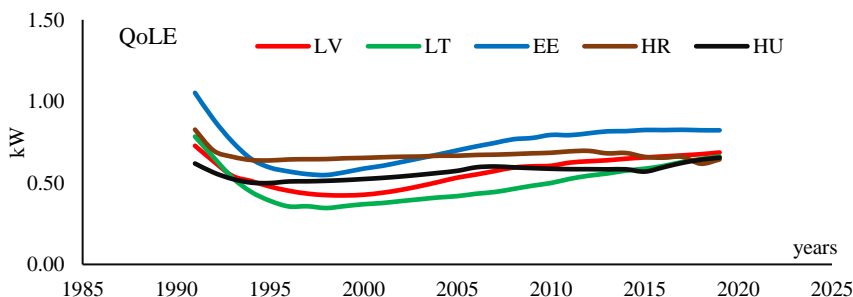
Minimal set of SDMM indicators of the evaluated new EU countries in 2019

Countries	dM	N1	N1-E	P1	G1	F1	E1	EA	FOOT	U1	PHPE	QoLE
	%	GW	GW	GW	GW	%	%	%	kW	kW	kW	kW
Estonia	-18	4	1	1	2	40	22	00	55	1.0	2.2	0.8
Latvia	-28	5	1	2	4	33	15	00	58	0.9	2.0	0.7
Lithuania	-28	7	1	2	5	32	17	00	25	0.9	1.8	0.7
Hungary	-7	24	5	9	16	35	19	53	167	0.9	1.0	0.7
Croatia	-16	9	2	3	6	36	21	00	100	0.8	1.7	0.6

Source: calculated by the author

During the evaluation period, all the evaluated new EU countries had a significant population decrease, a low technological efficiency $F1(t)$, except Estonia ($F1=40$), as well as a lower level of productivity (PHPE) than in developed countries (US PHPE=4.9).

The quality of life (QoLE) indicators of the evaluated new EU developed countries, as a potential for further development of the system (industrialization, modernization, etc.) is shown in Fig. 2.14. It can be concluded that in 2019 the national indicators did not reach the level of 1990. The highest level of quality of life (QoLE) in energy units in 2019 was in Estonia.



Source: calculated by the author

Fig. 2.14. The changes of the quality of life QoLE in the evaluated EU new countries (EE, HR, HU, LT, LV) in 1991-2019

Within the framework of SDMM, using the system power change analysis method, compared to the GDP analysis method in monetary terms, it can be concluded that the new countries of the EU have had a complex development in the period from 1990 to 2019. The SDMM model has helped to identify a long period of non-growth for these countries after 2000.

A brief summary of the of the new EU countries evaluation results:

In Lithuania (LT) – a high-tech economy with an industrialization indicator $STINA=29$. The biggest economic decline in the year 1990-1995 among the evaluated countries. Low technological efficiency ($F1=32$). There are no modern sources of electricity ($EA=0$) for a new stage of industrialization, also a low share of electricity in the total final consumption ($E1=17$), which characterizes a small real industrial sector. The level of quality of life ($QoLE$) corresponds to all other evaluated countries ($QoLE=0.7$). The only one of the countries where there was a continuous increase of the useful power in the year 2000-2019, which is confirmed by the Granger test.

In Estonia (EE) – a high-tech economy with an industrialization indicator $STINA=25$. The highest of technological efficiency ($F1=40$), productivity ($PHPE=2.2$) and quality of life ($QoLE=0.8$) level among the Baltic States. No modern sources of electricity ($EA=0$). After 2010, growth in useful power $P1(t)$ stopped, although GDP growth continued.

In Croatia (HR) – transition economy with industrialization index value $STINA=34$. Low technological efficiency indicator ($F1=36$). The country does not have a modern source of electricity ($EA=00$), and the share of electricity in the total final consumption is the highest ($E1=22$) among the evaluated countries, which characterizes a relatively larger real industrial sector. The level of quality of life ($QoLE$) according to all evaluated new EU countries ($QoLE=0.6$).

In Hungary (HU) – a high-tech economy with an industrialization indicator $STINA=26$. Low technological efficiency ($F1=35$). A new stage of industrialization has a modern source of electricity ($EA=53$). The share of electricity in the total final consumption is low ($E1=19$), which characterizes a small real industrial sector. The level of quality of life ($QoLE$) according to all evaluated new EU countries ($QoLE=0.7$).

In Latvia (LV) – a transitional economy. Low technological efficiency indicator ($F1=33$). A new stage of industrialization has no modern sources of electricity ($EA=0$), also the share of electricity in the total final consumption is low ($E1=15$), which characterizes a small real industrial sector. The level of quality of life ($QoLE$) in accordance with other evaluated EU new countries ($QoLE=0.7$).

2.2. Interaction and positioning of the evaluated socio-economic systems (countries) at the world level

The doctoral thesis uses the interaction matrix countries/ SDMM indicators for the analysis of the interection of all evaluated countries (Table 2.9).

Table 2.9

**The interaction matrix of the evaluated countries in the context of SDMM
in 2019**

	CN	ZA	BR	TR	ID	EE	LV	LT	HR	HU	US	FR	DE	JP	IT
CN	1														
ZA	0.8	1													
BR	0.8	0.9	1												
TR	0.8	0.9	1.0	1											
ID	1.0	0.9	0.9	0.8	1										
EE	-0.2	0.2	0.3	0.4	-0.1	1									
LV	-0.1	0.2	0.3	0.4	0.0	1.0	1								
LT	0.0	0.2	0.2	0.3	0.0	0.9	0.9	1							
HR	-0.1	0.3	0.4	0.5	0.0	0.9	0.9	0.8	1						
HU	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.0	0.8	0.8	0.6	0.9	1					
US	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	1				
FR	0.7	0.8	0.9	0.9	0.7	0.4	0.5	0.3	0.5	0.6	0.7	1			
DE	0.4	0.6	0.9	0.9	0.5	0.6	0.7	0.4	0.8	0.8	0.4	0.9	1		
JP	0.5	0.7	0.9	0.9	0.6	0.5	0.6	0.4	0.7	0.8	0.5	0.9	1.0	1	
IT	0.4	0.6	0.8	0.8	0.4	0.7	0.7	0.5	0.8	0.8	0.4	0.9	1.0	1.0	1

Source: calculated and constructed by the author

Based on the results of the author's calculations, the following clusters of countries can be grouped: (1) Latvia, Lithuania, Estonia and Croatia (blue color); (2) Indonesia, Brazil and South Africa (green color); (3) Germany, Italy, France and Japan (red color); (4) USA, China and Indonesia (gray color); (5) France, Germany, Japan, Turkey and Brazil (orange color); (6) Hungary and Croatia (yellow color). Each cluster combines countries with a correlation of the integrated SDMM indicator above 0.9 calculated in 2019. The integrated indicator is formed from the SDMM minimum set of each country in a given year.

According to the evaluation results of the author of the thesis in the invariant coordinate system, the Kaldor matrix was transformed using energy units (Table. 2.10). Taking into account the classification of countries according to the STINA coefficient value and useful power per capita $U_1(t)$, Table. 25 was modified and table 2.10 was created. Main conclusions:

1.the transition to a post-industrial society and a knowledge economy requires a level of useful power per capita (U_1) of more than 4.0 kW. The level in the United States (US) and France (FR) is insufficient, which is manifested in a decrease in the quality of life (QoLE); 2.in countries above the development diagonal (DE, IT, JP, TR, BR, ZA, LV, LT, EE, HU, HR) – discrepancy between the structure of the economy (STINA) and the level of useful power U_1 is the reason for the slowdown in development rates.

Table 2.10

The Kaldor's matrix of the evaluated countries in the context of SDMM in 2019

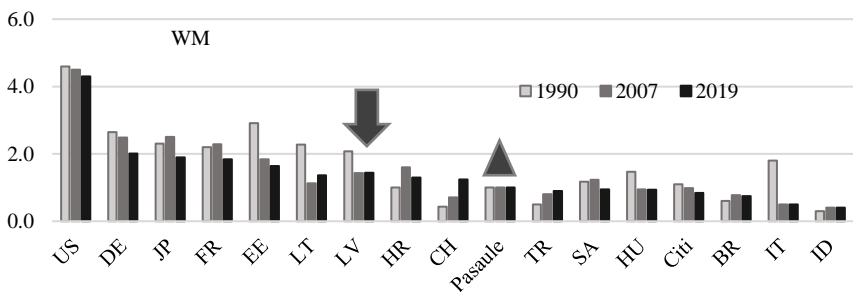
STINA interval	Author's proposed economy classification	Useful power per capita U1, kW				
		4.0 <	3.0-3.9	2.0-2.9	1.0-1.9	1.0 >
4.0 <	Postindustrial economy			US	FR	
3.0 – 3.9	Transition economy				IT	HR LV BR
2.0 – 2.9	HT economy				DE JP EE	HU ZA LT
1.0 – 1.9	Industrial economy				CN	TR
< 1.0	Industrial economy low level of infrastructure					ID

Source: calculated and created by the author

- in countries below the development diagonal (there are none among those assessed) – a sufficient level of useful power (U1) has been accumulated and it is necessary to activate the further development of the economy and society;
- in countries on the development diagonal (CN, ID) – balanced development, it is necessary to make strategic decisions for further development.

Positioning of evaluated socio-economic systems (countries) in the world Global competitiveness indicator (WM) of the country in the world by useful power (P1) normalized by population (M)

The relative weight indicator (WM) of the evaluated countries according to the useful power $P1(t)$, normalized by the population $M(t)$, determines the global competitiveness of the respective country at the world level (Fig. 2.15).



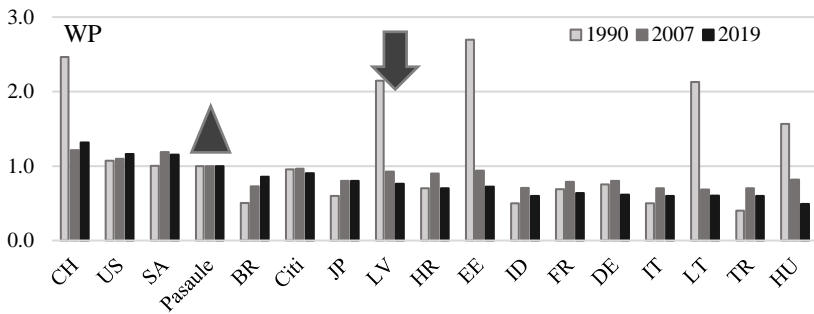
Source: calculated and created by the author

Fig. 2.15. Global Competitiveness indicators of the evaluated countries WM in context of SDMM

The countries are arranged according to the 2019 indicator and Fig. 215 shows that one of the highest competitiveness (WM) values in 2019 was the USA (4.3). The new EU countries had a relatively high rate in 1990, but the contribution of each inhabitant of Indonesia, Italy and Brazil to the formation of the world's useful power P1 was very low. Among the Baltic States, the highest (WM) indicator was in Estonia in 1990, 2007 and also in 2019, followed by Latvia and Lithuania.

Country sustainability potential or balance of money/power flows (WP) by useful power (P1) and world gross domestic product (GDP)

The country's relative weight in terms of useful power P1 and gross domestic product GDP (WP) characterizes the country's sustainability potential, or the balance of money/power flows (Fig. 2.16).



Source: calculated by the author

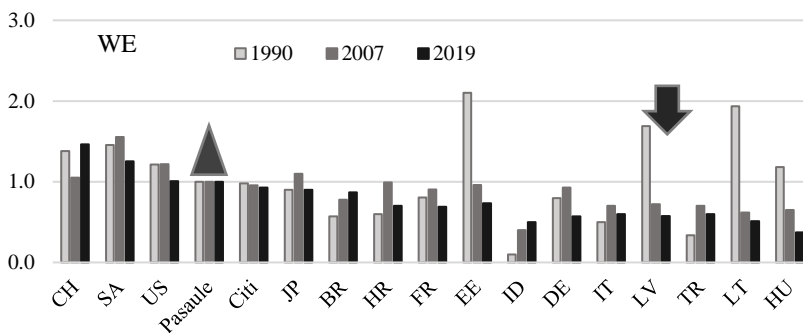
Fig. 2.16. Sustainability potential indicators WP of the evaluated countries in context of SDMM

The countries are arranged according to the data of 2019 and it can be seen that in the period from 1990 to 2019 the value of the indicator gradually leveled off towards the average world value (WP=1). Among the Baltic States, it was the highest in Latvia (WP=0.8).

Global indicator of technological competitiveness (WE) of countries

The country's relative weight in terms of final electricity consumption power (N1-E) and gross domestic product (GDP) characterizes the country's global technological competitiveness at the world level (Fig. 2.17).

The countries are arranged according to 2019 data, and the highest technological index in 2019 above the world level was in China (1st place), South Africa (2nd place) and the USA (3rd place).

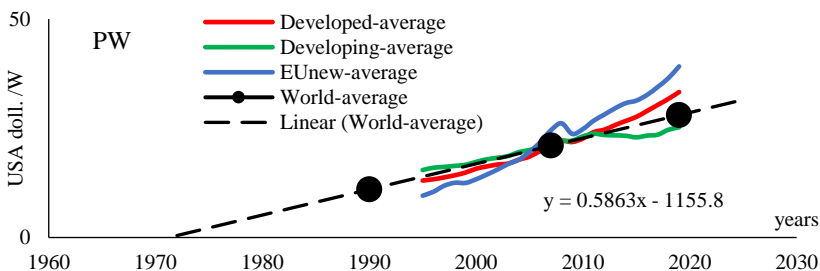


Source: calculated by the author

Fig. 2.17. **Technological competitiveness indicator WE of the evaluated countries in context of SDMM**

Conversion of money and energy flows of socio-economic systems (countries) to be evaluated

In order to balance the money and energy flows of the evaluated countries, the money/power conversion factor was calculated for the year 1990-2019. According to the calculated data, in 2007 the world average money/power ratio PW (\$/W) was 21 US dollars per watt (Fig. 2.18). This value applies to all 15 evaluated countries, including the world's largest economies - the USA and China. After 2008, the value of PW in developed countries began to grow faster than the world average, which means an increase in purchasing power.



Source: calculated by the author

Fig. 2.18. **The changes in the money/ power conversion indicators PW of the evaluated countries 1990-2019**

In developing countries, the PW value of the indicator grew more slowly than the world average, purchasing power decreased. The extrapolation of the graph of the change in the average world value of the conversion coefficient PW (Fig. 2.19) shows that around 1973 the value of the coefficient was $PW=1$, which means $1W=1\$$, or balanced growth and development. The PW value of the money/power conversion factor of the evaluated countries was calculated in 2019

(table 2.11). The countries are arranged by the size of SK (formula 1.9), which characterizes the difference between the gross domestic product at purchasing power parity per capita PPXE according to the power analysis method and the gross domestic product at purchasing power parity per capita PPX according to the GDP PPP analysis method.

Table 2.11

Comparison of PPX calculated by different methods for the evaluated countries in 2019

Countries	PPX	U1	PPXE	SK	PW
	USA doll./10 ³	kW	USA doll./10 ³	USA doll./10 ³	\$/W
Germany	57.3	1.2	33.6	23.7	48
Lithuania	39.9	0.7	19.6	20.3	57
Italy	45.8	1.0	28.0	17.8	46
France	50.5	1.2	33.6	16.9	42
Estonia	39	0.8	22.4	16.6	49
Hungary	34.6	0.7	19.6	15.0	49
Croatia	31.6	0.6	16.8	14.8	53
Latvia	32.9	0.7	19.6	13.3	47
Turkey	27.7	0.6	16.8	10.9	46
Japan	42.3	1.2	33.6	8.7	35
Indonesia	12.4	0.3	8.4	4.0	41
Brazil	15.3	0.5	14.0	1.3	31
USA	65.1	2.3	64.4	0.7	28
World	17.6	0.6	17.6	0.0	28
South Afrika	14.4	0.6	16.8	-2.4	24
China	16.6	0.8	22.4	-5.8	21

Source: calculated by the author

One of the biggest differences is in Germany (SK=48), but in China and South Africa the PPXE value is below the world level and the difference in SK has a “minus” sign.

3. PLANNING, EVALUATION AND MONITORING OF LATVIA’S SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDICATORS

In Chapter 3 of the doctoral thesis the author analyzes the sustainable development planning and monitoring system of Latvia, as well as predicts four possible development scenarios of Latvia until 2030 and 2060, using the sustainable development monitoring model (SDMM) created by the author.

3.1. Legal and institutional aspects of sustainable development of Latvia

The purpose of planning the development of any socio-economic system is to promote the sustainable and stable development of the country, as well as to improve the quality of life of the population. By collecting the information available in various materials, the author created a legislative framework for sustainable development (Fig. 3.1), which indicates the most important political documents of several levels. Sustainable development planning in Latvia began in the early 90s of the 20th century after the regaining of independence, when the country started creating appropriate policies with the intention of balancing economic and social processes with environmental needs. In Latvia, the Sustainable Development Policy was introduced in 2002, based on the 1992 Rio Declaration (UN, 1992). After the revision of the Sustainable Development Strategy of the European Union in 2006, a new sustainable development planning process was started in Latvia, in which the citizens could also express their vision for Latvia in 2030 in all dimensions of sustainability. In 2010, Latvia's most important long-term planning document was approved - Latvia's sustainable development strategy until 2030, or Latvia 2030. Latvia's planning system is decentralized and complies with the principle of subsidiarity.

Global level		UN	
WORLD		Agenda 21	
		Agenda 2030 (2015)	
EU		EU 2030 (2019)	
		EU 6 prioriTIES 2019-2024	
		Strategy plan 2020-2024	
		EU Strategy for BSR	
BSR		National level	
		Local level	
		Regional policy guidelines 2021-2027	
		Law of regional development (2002)	

Source: created by the author

Fig. 3.1. **The legislative framework of the sustainable development in 2021**

A specific action is initiated by the planning level closest to the relevant problem to be solved. National government deals with issues that cannot best be done at the local government, community or individual level. Development planning documents are developed for the long term (up to 25 years), medium term (up to 7 years) and short term (up to 3 years).

The most important national sustainable development goals in the document Latvia 2030 are implemented through seven-year national development plans, such as the National Development Plan of Latvia 2021-2027 (NAP2027),

sectoral policies and plans that link policy goals with the national budget using a set of indicators.

The Prime Minister of the Republic of Latvia establishes and directs the National Development Council for the planning and evaluation of national development. It is a collegial institution made up of ministers and representatives of the Saeima, the President, as well as the government's social partners. The composition of the Council is determined in the Development Planning System Law (Development Planning System, 2009).

The State Chancellery (previously – Interdepartmental Coordination Center) develops the hierarchically highest national-level development planning documents and coordinates their implementation, organizes and implements the mutual coordination of sectoral policies and interdepartmental supervision, as well as develops proposals for the implementation of state reforms and redistribution of resources in accordance with national development priorities (State Administration equipment law, 2002).

The Ministry of Environmental Protection and Regional Development is the leading institution in the development and implementation of national regional policy, as well as in coordinating the implementation of state support measures for regional development. The main documents for sustainable development in Latvia:

- Latvia 2030, or Latvia's sustainable development strategy until 2030, is Latvia's main long-term development planning document;
- State development plan for seven years as a medium-term planning document, which includes the main policy outcome indicators for the seven-year period, indicative additional funding needed to achieve the goals;
- the government's declaration and action plan define the government's priority goals, which generally correspond to the goals of the SDGs;
- other documents – sectoral policies and plans are also coordinated with the SDGs;
- Latvia 2030 strategy monitoring reports;
- Latvia's reports to the UN on the implementation of the Sustainable Development Goals, incl. NGO reports developed by LAPAS (LAPAS NGO report, 2022).

The reports on the implementation of Latvia's sustainable development strategy (Latvija 2030) have seven strategic indicators (Table 3.1).

According to changes in the value of the indicators (increase or decrease, approaching or deviating from the planned values), it is difficult to create a unified picture of Latvia's progress towards sustainable development.

Table 3.1

**Indicators of strategic development goals of Latvia 2030 in 2009, 2019,
2021 and 2030**

Nr.	Strategical indicators	Units	2009*	2019	2021	2030**	Source
1	Population	millions	2.26	1.91	1.88	>2.02	CSP
2	Gini index	x	37	35	34	<30	Eurostat
3	GDP per capita	10 ³ euro	14	16	18	>27	Eurostat
4	Human Development Index	ranking	41	39	39	<30	UNDATA
5	Regional differences in GDP per capita	%	43	41	41	<30	Eurostat
6	Ecological footprint	ha per capita	3.5***	6.4	7.7	<2.5	GFN
7	Global Competitiveness Index	ranking	68	67	67	<40	WEF

* Data of the monitoring report on the implementation of Latvia sustainable development strategy 2030 (2012)

** Data of Latvia sustainable development strategy 2030 (2010)

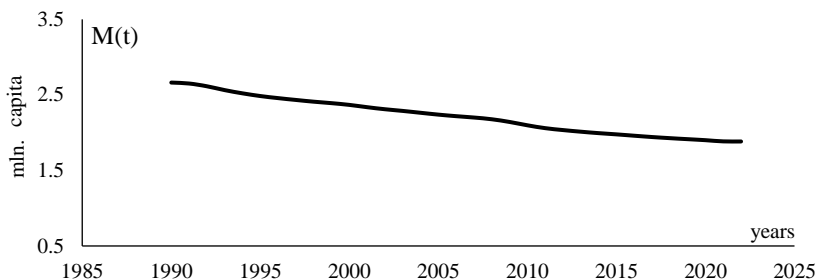
*** 2008. year

Source: created by the author

Monitoring procedures are provided for the implementation and monitoring of Latvia 2030, where it is stipulated that once every two years - in the first and third year after the Saeima elections - the Cabinet of Ministers submits a Report on the sustainable development of the country and the progress of the implementation of the strategy to the Saeima for consideration. Based on the report, the Saeima can decide on individual changes in the strategic settings (Latvija 2030). Monitoring reports of Latvia's sustainable development strategy until 2030 are published on the website of the Cabinet of Ministers, and there have been four such reports until 2024: 2012, 2015, 2017 and 2022 (Latvija 2030 monitoring). However, it should be noted that the 2022 report only analyzes the results of Latvia 2020, but there is no data on the progress of Latvia 2030. The final report on the implementation of the National Development Plan for 2014-2020 analyzes only the results of the NAP2020 implementation, but does not reflect the progress of Latvia 2030.

In 2015, the Latvia 2030 monitoring report emphasized that the population of Latvia will continue to decrease, especially the number of able-bodied and employed population, as a result of the still negative migration balance and the decrease in the number of young people. Therefore, the number of able-bodied population will also decrease, which in turn will weaken the state budget's ability to ensure the availability of public services and the quality of infrastructure. Therefore, demographic policy and economic policy were emphasized as the

main directions of action for maintaining economic growth in the long term (*Latvija 2030 et al. report, 2015*). As can be seen in Fig. 3.2, the population of Latvia has gradually decreased by 28% throughout the analyzed time period, and in numerical terms it has been by more than 500 thousand people (*World Bank database*).



Source: World Bank data

Fig. 3.2. Population of Latvia in 1990-2022

3.2. Analysis of Latvia sustainable development in 1990-2019 within the SDMM model

Several scientists in Latvia have pointed out the tendency of the population to decrease, for example, already in 2007 it was concluded that the country is in a situation of a deep demographic crisis, and although family and health are priority aspects of the quality of life included in the development documents developed by the country, significant changes neither in the near nor in the long term can we expect (*Zvidriņš, 2007*).

Chapter 2 of the doctoral thesis evaluated the sustainable development dynamics of Latvia in 1990-2019. The minimum set of target indicators with 12 indicators required for the formulation of the future sustainable development scenario of Latvia within the framework of SDMM is summarized in Table 3.2.

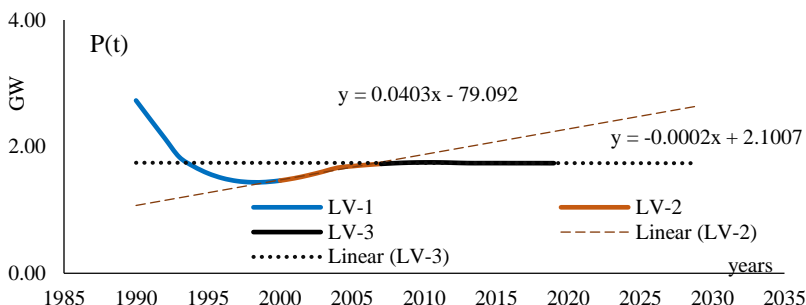
Table 3.2

The minimal set of SDMM indicators of Latvia in 2019

dM	N1	N1-E	P1	G1	F1	E1	EA	U1	FOOT	PHPE	QoLE
%	GW	GW	GW	GW	%	%	%	kW	kW	kW	kW
-28	5.5	0.83	1.75	3.8	33	15	00	0.9	58	1.6	0.7

Source: calculated by the author

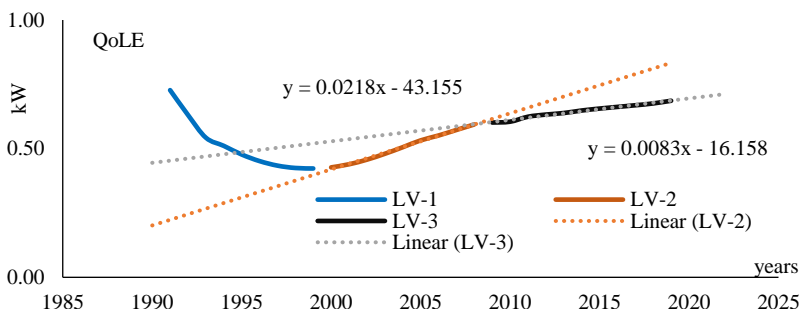
According to the calculations, it can be concluded that Latvia developed in 1997-2008, increasing the useful power, technological efficiency and sustainable development potential (Fig. 3.3). After 2008, the growth of useful power stopped, not reaching the level of 1990. After 2007, GDP PPP continued to increase, changing the power/money ratio of the indicator.



Source: calculated by the author

Fig. 3.3. Changes of the useful power P1 in Latvia (LV) in 1990-2019 and trend till 2030

The calculated data show that the quality of life (QoLE) of Latvian residents in energy units significantly decreased after 1990 (Fig. 3.4), which can be explained by the transformation of the socio-economic system. The lowest point was in 1999, after which the rise began, although in 2019 the level of 1990 had not been reached.



Source: calculated by the author

Fig. 3.4. Changes in the quality of life QoLE of Latvian residents in 1990-2019 in energy units

Based on the methodology described in chapter 1 of the thesis and the calculations made in chapter 2, it can be positioned that Latvia has a transitional economy towards a post-industrial system with a large share of the added value of the service and transport sectors in GDP PPP (STINA=3.3). According to the data of 2019, it can be concluded that Latvia has a low technological efficiency index (F1=33) and there are no modern sources of electricity for a new stage of industrialization (EA=0). The share of electricity in the total final consumption is also low (E=15), which characterizes a small real industrial sector. In Latvia,

in 2008, not reaching the level of 1990 in all SDMM indicators, a stage of maturity began with a trend of non-growth and even stagnation (Table 3.3).

Table 3.3

Development trends of Latvia in 1990 – 2019

Nr.	Trend	Period	years	dM	dP	dN	dG	dQ	dF	d ² N	d ² P
1.	Decline	1990.-1996.	7	<0	<0	<0	<0	>0	=0	<0	<0
2.	Growth	1997.-2008.	12	<0	>0	>0	≥0	>0	>0	>0	>0
3.	Degrowth	2009.-2019.	11	<0	=0	=0	≤0	>0	=0	=0	=0

Source: calculated by the author

The obtained target values in Table 3.3 for the year 2009-2019 make it possible to identify Latvia's situation as unsustainable development, that is, the possibility of development remains, but in the future the recession may accelerate, consumption may decrease and the quality of life may deteriorate, despite the positive trend reflected in Fig. 34. If the development of Latvia continues in the same way as in the period 2008-2019 with a trend of no growth, this may mean long-term stagnation and even further degradation. Unfortunately, the first serious signals in the form of population decline have already occurred (Fig. 3.3).

The results and conclusions of the author of the doctoral thesis about the economy of Latvia confirm that the situation, unfortunately, has not significantly improved compared to, for example, the data of the study published in 2007, which states that there is economic growth in the country, but no economic development. The fact that the Latvian national economy does not comply with the planned structural policy guidelines, which provided for the development of industry, is also mentioned, as well as several external and internal risk factors hindering the development of the country are indicated (*Karnīte, 2007*).

3.3. Latvia’s sustainable development goals until 2030 and 2060 and possible sustainable development scenarios

The results of the analysis of part 2 of the doctoral thesis are used to formulate sustainable development scenarios of Latvia until 2030 and 2060. For comparison, two developed countries in the stage of maturity (USA and Japan) and one developing country in the stage of growth (China) are selected in 2019 (Table 3.5):

- USA as a country with a post-industrial economy (STINA=4.3) and a high level of competitiveness in the world (WM=4.3);
- Japan as a country with HT economy (STINA=2.4) and the highest technological efficiency;
- China as a country with an industrial economy (STINA=1.2) and one of the highest levels of technological competitiveness in the world (WE=1.5).

Comparative data from the assessment of selected countries is summarized in 3.4 tables and colored.

In 2019, **the USA** was one of the countries with the highest level of quality of life (QoLE=1.9), as well as accumulated useful power per capita (U1=2.3) and labor productivity potential (PHPE=4.9). These US indicators are accepted as recommendations for the strategic goals of creating the Latvian sustainable development scenario (Table 3.4).

Japan is one of the most high-tech and innovative countries in the world, and this is also confirmed by the data in chapter 2 of the doctoral thesis - technological efficiency coefficient $F1(t)=41$, share of electricity $E(t)=30\%$. Until 2010, the share of electricity produced in nuclear power plants (EA) was on average 25%. Japan's technological efficiency coefficient (F1) and quality of life index (QoLE=1.1) are accepted as recommendations for the strategic goals of innovative development of Latvia.

China is one of the newly industrialized countries, and for 20 years (2002-2019), the country's economy developed at a fast pace, achieving good results. Beginning in 2012, China began to overtake the United States in total net power. The growth rates of China's final consumption power (N1), electricity consumption power (N1-E) and useful power(P1) are accepted as recommendations for the strategic goals of creating the sustainable development scenario of Latvia.

Table 3.4

Indicators in 2019 of the countries selected for creation of Latvian development scenarios

Country	dM	F1	E1	EA	U1	FOOT	PHPE	QoLE	WM	WE
	%	%	%	%	kW	kW	kW	kW	x	x
LV	-28	33	15	00	0.9	58	1.6	0.7	1.4	0.6
JP	0	41	30	00	1.2	562	2.1	1.1	1.9	0.9
US	32	36	21	17	2.3	141	4.9	1.9	4.3	1.0
CH	24	37	25	2	1.0	200	1.4	0.6	1.2	1.5

Source: calculated by the author

Within the framework of the created SDMM, taking into account the formulated necessary requirements and the results of the assessment of the development indicators of the Latvian state, the author of the doctoral thesis formulates and analyzes four possible scenarios for the development of Latvia with conditional names – first until 2060 and then until 2030 (Table 3.5):

1. **Latvian Homestead** (designation – LV);
2. **Latvia 2000** (designation – LV20);
3. **Baltic Way** (designation – BC);
4. **Scandinavian Bridge** (designation – ST).

Each of the four possible scenarios for Latvia is characterized by the best achievements of the previously selected and analyzed countries – Japan, China and the USA, which should be pursued.

Table 3.5

Development scenarios of Latvia until 2060

Nr.	Scenarios	Development scenarios and trends until 2060
1	Latvian Homestead (LV)	Preservation of Latvia's current situation in 2019 and non-deterioration until 2060
2	Latvia 2000 (LV20)	Latvia's transition to industrial development until 2060, ensuring expanded reproduction of Latvia's industrial economy and China's industrialization rates in 2000-2019
3	Baltic Way (BC)	Latvia's transition to innovative HT development by 2060, reaching the 2019 quality of life (QoLE=1.1) and technological efficiency (F1=41) of developed HT industrial countries (Japan)
4	Scandinavian Bridge (ST)	Latvia's transition to sustainable development by 2060, reaching the 2019 quality of life level of the world's developed countries (USA) (QoLE=1.9) and the negative dynamics of power losses

Source: created by the author

Changes in indicators of Latvia's development scenarios until 2060 can be seen in Table 3.6, as well as desired achievable results every 10 years (proposed control period). According to the data in Tables 3.5 and 3.6, the indicators calculated for each scenario are evaluated and their compliance with the necessary and sufficient rules of sustainable development is determined.

Table 3.6

Latvia's development scenarios indicators changes until 2060

Nr.	Scenarios	Changes and trends in indicators every 10 years					Reproduction
		N1	N1-E	E1	dM	GDP PPP	
		%	%	%	%	x	
1	LV	> 0	> 0	> + 0	+ 0.00	positive	x
2	LV20	>+15	>+30	> + 10	+ 5.00	positive	expanded
3	BC	>+5	>+20	> + 15	+ 0.00	positive	innovative
4	ST	>+10	>+50	> + 30	+ 7.00	positive	innovative un expanded

Source: calculated by the author

Latvia sustainable development scenarios until 2060

1. The indicators of the development scenario of *Latvian Homestead (LV)* are calculated in accordance with the methodology developed in the doctoral thesis within the framework of SDMM and are given in table 3.7.

Within the framework of the scenario, in table 3.7., the energy flows entering the system are marked with yellow color – full consumption power (N1) and electricity consumption power (N1-E).

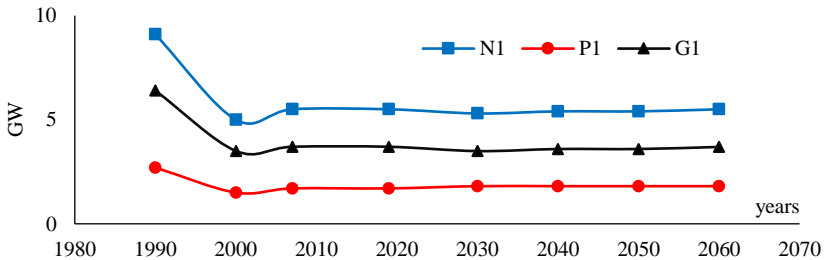
Table 3.7

Indicators of Latvian Homestead (LV) development scenario in 1990-2060

Nr.	Indicators	units	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	2060	2030-2060
			Evaluated period				Planing period				changes
1	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	=0
2	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	=0
3	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	=0
4	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	=0
5	F1	%	31	31	33	33	33	33	33	33	=0
6	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	=0
7	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	=0

Source: calculated by the author

Indicators that determine the necessary and sufficient rules of sustainable development are marked with green color – useful power (P1), power losses (G1) and technological efficiency (F1). Scenario the final consumption power (N1) of the *Latvian Homestead* will increase within the statistical error by no more than 3% by 2060, no additional energy resources are needed. The scenario does not contribute to increasing the country's power and potential for further development (Fig. 3.5).



Source: calculated by the author

Fig. 3.5. **Changes of Latvian Homestead (LV) development scenario indicators in 1990-2060**

The scenario of *Latvian Homestead* from 2019 shows that the changes in the quality of life (QoLE) are small – about 3-4% until 2060.

It can be concluded that the necessary and sufficient conditions for the sustainable development of the socio-economic system have not been met: the changes in the indicators of the *Latvian Homestead* until 2060 do not meet the necessary and sufficient conditions for sustainable development.

2.Development scenario Latvia 2000 (LV20) indicators (N1) and (N1-E) were calculated using China's industrialization indicators for 2000-2019 (Table 3.8).

Table 3.8

Latvia's development scenarios *Latvia 2000 (LV20)* indicators change coefficients

Countries	Period	b of P(t), W	b of N1(t), W	b of N1-E(t), W
Latvia	1997-2008	0.04	x	x
China	2000-2019	0.04	0.10	0.03

Source: calculated by the author

Scenario *Latvia 2000* indicators are summarized in Table 3.9 (designation correspond to the above described table 3.7). It should be emphasized that the realization of this scenario requires a population increase of at least 5% every 10 years, and as a result, the population of Latvia could reach 2.3 million people in 2060. Expanded production within the framework of the *LV20* scenario envisages a significant increase in the power of full energy consumption (N1) and electricity consumption (N1-E).

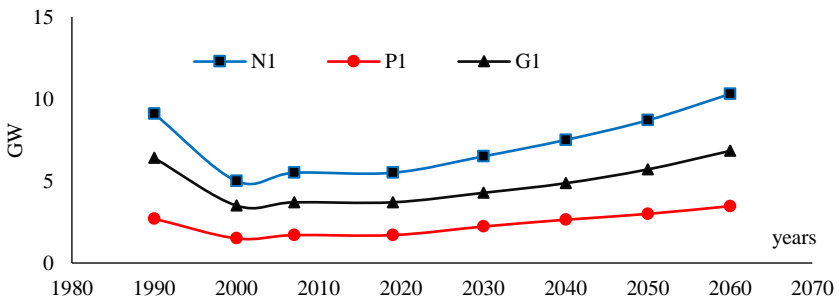
Table 3.9

Indicators of development scenarios *Latvija 2000 (LV20)* in 1990-2060

Nr.	Indicators	units	1990	2000	2007	2019	2030	2040	2050	2060	2030-2060 changes
			Evaluated period				Planing period				
1	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	6.6	7.5	9.2	10.3	>0
2	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	1.0	1.3	1.8	2.2	>0
3	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	2.0	2.4	3.0	3.5	>0
4	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	4.6	5.6	6.2	6.8	>0
5	F1	%	31	31	33	33	34	36	37	38	>0
6	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	1.9	2.2	2.8	3.2	>0
7	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	>0

Source: calculated by the author

Fig. 3.6 shows that in this case the level of useful power (P1) in 2060 would exceed the level of 1990.



Source: calculated by the author

Fig. 3.6. Changes of indicators of *Latvia 2000 (LV20)* development scenario in 1990-2060

Scenario *Latvia 2000* is the beginning of the growth stage of Latvia's development, which allows the increase of environmental pollution (see G1 and FOOT dynamics) with a small growth rate of the quality of life (QoLE).

It can be concluded that the necessary and sufficient rules for the sustainable development of the socio-economic system are not fulfilled. Scenario *Latvia 2000* indicator changes until 2060 do not meet the necessary and sufficient rules of sustainable development.

3. The indicators of the scenario *Baltic Way (BC)* are calculated and summarized in table 3.11.

Within the *Baltic Way* scenario, the country's technological efficiency will increase (F1=37), but the impact on the environment would remain without changes, as shown by the dynamics of power loss (G1) and ecological footprint in energy units (FOOT) (Table 3.10, Fig. 3.7).

Table 3.10

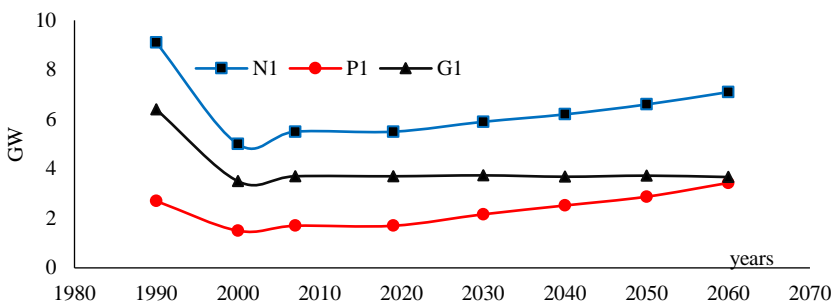
Indicators of development scenarios the *Baltic Way (BC)* in 1990-2060

Nr.	Indi-cat.	units.	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	2060	2030-2060
			Evaluated period				Planing period				changes
1	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	5.9	6.2	6.5	6.7	>0
2	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	>0
3	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	2.2	2.5	2.8	3.0	>0
4	F1	%	31	31	33	33	35	39	40	42	>0
5	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	=0
6	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	>0
7	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	1.9	2.3	2.5	2.8	>0

Source: calculated by the author

The main emphasis of the *Baltic Way* development scenario is on raising the technological efficiency level of industry and service to F1=42, including the introduction of new technologies and innovations. This reflects an increase in the share of final consumption of electricity in total consumption from 15% in 2019 to 27% and more in 2060.

Under the conditions of the *Baltic Way* scenario, a positive development trend is possible for Latvia, as the quality of life (QoLE) would increase. At the same time, it can be concluded that in 2060 Latvia would not reach the national level of 1990 (Fig. 3.7).



Source: calculated by the author

Fig. 3.7. Changes of development scenario *Baltic Way (BC)* indicators in 1990-2060

The increase in the quality of life (QoLE) according to this scenario is planned to be twice as large as in the framework of the *Latvia 2000* scenario. The scenario of changes in the indicators of the *Baltic Way* until 2060 corresponds to the necessary rules of sustainable development and partially also to the sufficient rules regarding the increase of technological effectiveness.

The change in power losses (G1), as a sufficient parameter, in the time period from 2040 to 2060 is also planned as constant with a possible negative trend in the future. It can be concluded that the necessary and sufficient rules for the sustainable development of the socio-economic system are fulfilled. Therefore, the changes in the indicators of the *Baltic Way* scenario until 2060 correspond to the necessary and sufficient rules of sustainable development.

4. Under the conditions of the *Scandinavian Bridges (ST)* scenario, a positive development trend is possible for Latvia, as the quality of life increases and in 2060 it reaches the level of the USA in 2019 (QoLE=1.9). The realization of the scenario envisages a significant increase in technological efficiency (F1=55) and an increase in electricity consumption power by more than four times by 2060 (Table 3.11).

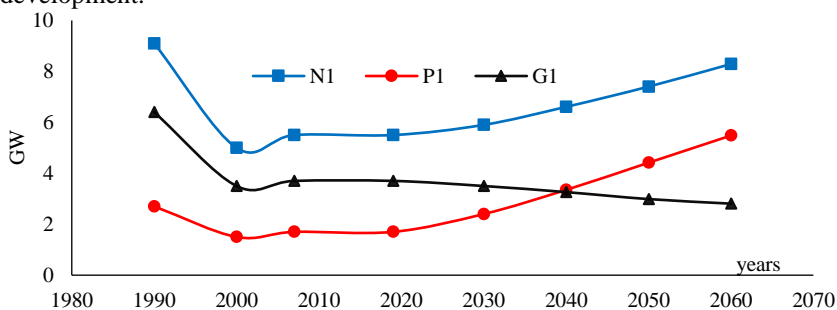
Table 3.11

Development scenarios *Scandinavian Bridge (ST)* indicators in 1990-2060

Nr.	Indicat.	units	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	2060	2030-2060
			Evaluated period				Planing period				changes
1	N1	GW	9.1	5.0	5.5	5.5	6.2	6.9	7.8	8.7	>0
2	N1-E	GW	0.9	0.5	0.8	0.8	1.3	2.1	3.0	4.0	>0
3	P1	GW	2.7	1.5	1.7	1.7	2.4	3.3	4.4	5.6	>0
4	F1	%	31	31	33	33	38	44	49	55	>0
5	G1	GW	6.4	3.5	3.7	3.7	3.7	3.6	3.4	3.1	<0
6	QoLE	kW	0.7	0.4	0.6	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	>0
7	PHPE	kW	1.8	1.3	1.7	1.6	2.2	3.1	4.1	5.2	>0
8	U1	kW	1.0	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	>0

Source: calculated by the author

One of the most important provisions in this scenario is the use of modern sources of electricity generation, such as nuclear power. Population growth is also one of the important conditions for sustainable development. It can be concluded that in the *Scandinavian Bridge 2060* scenario, the level of national development of 1990 would be exceeded in Latvia (Fig. 3.8), but this would require at least 36 years, starting from 2024. The increase in the quality of life (QoLE) within this scenario is the largest, taking into account the reduction of environmental impact (G1). The realization of the sustainable development scenario *Scandinavian Bridge* would be possible with a significant increase in technological efficiency (up to F1=55) and an increase in the share of electricity consumption in the total consumption to 46%. It can be concluded that the necessary and sufficient rules for the sustainable development of the socio-economic system are fulfilled. Therefore, the changes in the indicators of the scenario until 2060 correspond to the necessary and sufficient rules of sustainable development.



Source: calculated by the author

Fig. 3.8. The changes of development scenario *Scandinavian Bridge (ST)* indicators in 1990-2060

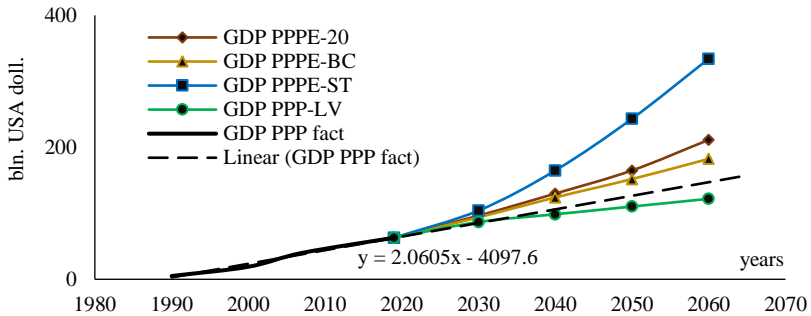
Changes in Latvia's development GDP PPPE(t) were calculated for each scenario (Table 3.12) using PW values in the specified year.

Table 3.12
Changes of the GDP PPPE of Latvia's development scenarios in 1990-2060

Scenarios	Indicat.	Units	1990	2000	2007	2019	2030	2040	2050	2060
			Evaluated period				Planning period			
Latvia	IKP PPP	trlj. US dollars	5	19	40	63	x	x	x	x
LV	IKP PPPE		5	19	40	63	87	99	110	122
BC			5	19	40	63	94	124	158	182
ST			5	19	40	63	104	165	243	334
LV20			5	19	40	63	125	212	309	435

Source: calculated by the author

Changes in the GDP PPPE of the possible sustainable development scenarios of Latvia in 1990-2060 can be seen visually in Fig. 3.13.



Source: calculated by the author

Fig. 3.13. The changes of the GDP PPPE of Latvia's possible sustainable development scenarios in 1990-2060

The necessary resources for the realization of Latvia's development scenarios in energy and money units have been calculated (provisionally) using the power/money conversion factor (PW) in Table 3.13.

Table 3.13

Necessary resources for the realization of Latvia's possible sustainable development scenarios until 2060

Nr.	Scenarios	Required resources in energy units (W), per year	Required financial resources in monetary units (dollars), per year
1	Latvian Homestead (LV)	N1= 140 MW	1 bln. \$
2	Latvia 2000 (LV20)	N1 = 322 MW, N1-E1 = 100 MW	4 bln. \$
3	Baltic Way (BC)	N1 = 180 MW, N1-E1 = 60 MW	5 bln. \$
4	Scandinavian Bridge (ST)	N1 = 210 MW, N1-E1 = 105 MW	6 bln. \$

Source: calculated by the author

















The summary of indicators of sustainable development scenarios of Latvia is reflected in Table 3.14. The predicted possible scenarios of Latvia's sustainable development *Latvia 2000*, *Baltic Way* and *Skandinavian Bridge* ensure a positive trend of useful power (P1), which, in turn, can increase the potential for further development. According to the formulated Law 3 (on pages 23-24), it would be necessary to start a growth phase in Latvia by lowering the value of the industrialization indicator (STINA) from 33 to at least 24 (example of Japan), which means increasing the production sector. The growth phase can be provided

by greater financial and energy resources, which are mainly the result of political decisions. The possible sustainable development scenarios of Latvia – *LV20*, *BC* and *ST* ensure a positive trend of useful power (P1), which, in turn, can increase the country's potential for further development.

If the GDP PPP cash flow is ensured by an increase in energy flow (useful power), then the country's power can increase. Latvia's development scenario *Latvian Homestead* as a continuation of the existing situation, does not meet the requirements of sustainable development, because the difference between the secured and unsecured GDP PPP value would increase every year, which can lead to an unstable economic situation and an increase in the impact of the external environment.

Table 3.14

Summary of indicators of Latvia's sustainable development scenarios in 2060

Nr.	Indicators	Unit	Scenarios			
			LV	LV20	BC	ST
1	SES GDP PPP trend	x				
2	SES useful power P1 trend	x				
3	SES technological efficiency F1 trend	x				
4	SES power losses G1 trend	x				
5	Quality of life QoLE	kW	0.7	1.0	1.2	1.9
6	The rate of increase in QoLE	W/t	0	6	12	31
7	Technological efficiency F1	%	33	38	42	55
8	Electricity consumption part E1	%	15	21	27	46
9	Description of the scenario	x	non-SD	non-SD	SD	SD

Designation: *SD* – sustainable development; *non-SD* – unsustainable development

Source: calculated and created by the author

As it was pointed out in chapter 1 of the doctoral thesis, the concept of sustainable development in the world was created and developed within the framework of the industrial economy model, which actually foresees only stages

of growth, non-growth or decline of the national economy. The period of maturity, in which the world's developed countries, including Latvia, have been since 2000, requires special development scenarios with the aim of starting/entering the growth phase and increasing the country's useful power and potential for further development. Maintaining sustainable development means fulfilling the following rules:

- the trend of positive changes in useful power (P1), which is necessary and mandatory for increasing the state's power and potential (see Law 3);
- pairwise linear regression between useful power (P1) and gross domestic product at purchasing power parity (GDP PPP) (see Law 5 on pages 25-26).

The author believes that **to ensure the sustainable development of Latvia until 2060, the *Skandinavian Bridge* scenario can be considered the MOST AMBITIOUS, and the *Baltic Way* scenario – as the MOST REALISTIC**, because in the process of its implementation, the target indicators in Latvia would improve after a long period of lack of growth and stagnation. Table 3.15 shows that it would require energy resources $N1(t)=180$ MW, $N1-E(t)=60$ MW and financial resources 5 billion dollars annually.

The possible scenario of sustainable development of Latvia until 2030

As it was emphasized earlier, the data obtained in the thesis can be the basis for the development and monitoring processes of Latvia's sustainable development strategy – planning, monitoring and revision of new indicators. In order to evaluate the possible development of the country until 2030, the *Baltic Way*, the scenario of sustainable development of Latvia until 2060 developed by the author, is taken as the most realistic one. A selection of seven strategic indicators of sustainable development from the document Latvia 2030 is compared with the actual data of 2019 (Table 3.15).

The following 11 are the indicators calculated within the framework of the SDMM model developed by the author in 2019 and according to the *Baltic Way* 2030 scenario. The data in the table show that practically all the actual values of the analyzed strategic indicators of the sustainable development of Latvia 2030 in 2019 are quite significantly behind the planned indicators, which raises reasonable doubts about their achievement in 2030. At the same time, it should be emphasized that in the final process of developing the doctoral thesis (until April 2024), not all the latest data were available, so further research would be necessary to draw fully justified conclusions. Indicators of Latvia's sustainable development within the framework of the SDMM allow for a more qualitative evaluation of the country's socio-economic situation and to plan the country's development from an interdisciplinary perspective.

Table 3.15

Strategic indicators of sustainable development – Latvia 2030 and proposed by the author within the framework of SDMM in 2019 and 2030

Nr.	Author's designation	Indicators	Units	2019 fact	2030 (plan or scenarios)
Latvia 2030					
1	M	Population	millions	1.91	>2.02
2	GINI	Gini index	x	35	< 30
3	HDI	Human Development Index	ranking	39	< 30
4	Footprint	Ecological footprint	ha	6.4	< 2.5
5	GCI	Global Competitiveness Index	ranking	67	< 40
6	PX	GDP per capita	euro 10 ³	16	>27
7	IKP	GDP	euro 10 ⁹	31	>54
SDMM indicators (fact and scenario <i>Baltic Way</i>)					
8	N1	Full final consumption power	GW	5.5	5.9
9	N1-E	Final electricity consumption power	GW	0.8	1.1
10	P1	Useful power	GW	1.7	2.2
11	U1	Useful power per capita	kW	0.9	1.1
12	PHPE	Productivity	kW	1.6	2.0
13	QoLE	Quality of life	kW	0.7	0.9
14	FOOT	Ecological footprint	kW	58	59
15	F1	Technological efficiency	%	33	36
16	E1	Part of electricity final consumption	%	15	19
17	WM	Global competitiveness	x	1.4	x
18	WE	Technological competitiveness	x	0.6	x

Source: created by the author

It can be concluded that if Latvia's pace of development increases after 2019 according to the calculations of the author of the doctoral thesis, then the sustainable development scenario *Baltic Way* would be realistically achievable not only until 2060, but already until 2030.

MAIN CONCLUSIONS

The specific tasks of the research have been fulfilled and the goal of the research has been achieved. The research hypothesis put forward in the doctoral thesis – the model of sustainable development planning and monitoring allows to assess the development of various socio-economic systems (countries) – has been confirmed.

1. The modern challenge on the scale of the entire planet requires fundamental changes in both people's consciousness and actions, it requires a new vision and new approaches to create a new reality. The study of the theoretical aspects of sustainable development planning and monitoring is the basis for evaluating the shortcomings of the existing systems and for further improvement.

2. The concept of weak sustainability was formulated in the 1970s as an extension of the neoclassical theory of economic growth, considering non-renewable natural resources as a factor of production. It became mainstream in the 1990s in the context of sustainable development discourse and capital theory. Neoclassical economics assumes that energy and matter (goods) circulate in a virtually closed system of unlimited resources (raw materials) and infinite processing possibilities (outputs), which in economics are called negative externalities.

3. Unlike the neoclassical theory, ecology cannot consider the human economy separately from nature, but, on the contrary, considers it as part of a socio-economic system that exchanges matter, energy and information with the environment, and considers its components as more than just goods and services. The concept of strong sustainability is based on this theoretical foundation.

4. The definition of sustainable development presupposes that a fair distribution of resources and assets between generations is necessary, so a concept is needed that allows to assess whether generational equality is achieved. Classical development theory places great emphasis on investment and capital as the main determinants of development, which is traditionally limited to understanding economic development by expanding markets and increasing anthropogenic capital. This theory is extended to also address the question of how to achieve sustainable development.

5. The World Bank System of National Accounts, which describes a consistent and integrated set of macroeconomic accounts in the context of a set of internationally agreed concepts, definitions, classifications and accounting rules, became the starting point for the development of a system for measuring sustainable development indicators based on the theory of capital. From 2009, the development of energy accounts of the environmental economic accounting system in the European statistical system began.

6. The approach of natural sciences in economics is based on the concept that social, economic and environmental processes are in the transformation of energy, matter and information flows, which are the basis of all natural and social processes. The laws of natural science form a set of fundamental limitations of social, economic and environmental processes and the scientific basis for consideration of socio-economic activity in interaction with natural processes. Existing material, energy and information interconnections between social, economic and environmental processes were not reflected and analyzed in traditional social and economic theories.

7. According to Kuznetsov's development model, sustainable development is a continuous process of formation of free useful power with the aim of increasing the system's ability to meet current and future permanent needs by increasing the efficiency of the system's full power, reducing losses and not increasing consumption power in conditions of negative external and internal influences and limited resources.

8. According to Odum's cyclical model, the development trends and directions of the socio-economic system are included in the life cycle of the system – growth, maturity and decline. After the maturity period, the further development of the system can take place in the direction of weakening (degradation and collapse) or in the direction of restructuring and new growth. The growth and development process is dominated by those systems that maximize the total useful power from all sources and flexibly redistribute it to those needs that affect the future efficiency and growth process.

9. The socio-economic system assessment methodology and sustainable development monitoring model (SDMM) were created in the doctoral thesis, including three methodological tasks:

- introduction of the concept of power (energy flows) in the definition of sustainable development;
- implementation of the invariant coordinate system in energy units;
- implementation of the formalization process using the system energy flow model, the Kaldor GDP sectoral model and the power change analysis methodology.

10. The solution of methodological tasks gives the opportunity to perform: selection of integral criteria and indicators; systemic evaluation of the existing situation; assessment of medium and long-term consequences of different solutions; assessments of parametric dynamics of objects; development of medium and long-term strategies for achieving the set sustainable development goals.

11. In order to approve the sustainable development monitoring model (SDMM) created in the thesis, different countries were analyzed according to two methods: (1) GDP analysis method in monetary terms; (2) analysis of development indicators in the invariant coordinate system in energy units, based on the method of the author of the doctoral thesis, which is based on Kuznetsov and Odum modules. As a result of the analysis, different results of the assessment of the sustainable development of the analyzed socio-economic systems were obtained and their importance was explained not only in the assessment of the current situation of the country, but also in the forecasting and monitoring of future development.

12. Within the framework of the thesis, 15 socio-economic systems (countries) were selected, analyzed and evaluated in three groups: 1) five developed countries – USA, France, Germany, Italy and Japan; 2) five

developing countries – Brazil, Indonesia, China, Turkey and South Africa; 3) the five EU new countries – Latvia, Lithuania, Estonia, Hungary and Croatia.

13. According to the GDP PPP analysis method in monetary terms, all evaluated countries had a positive growth trend in the period from 1990 to 2019 with different growth rates and acceleration. The developing countries under evaluation, such as China in the growth stage, grew the fastest, while the developed countries – USA and France – in the maturity stage grew the slowest.

14. Within the framework of the SDMM and using the system power change analysis method, it can be concluded that after 2001, the developed countries being evaluated entered a stage of slow development – a stage of maturity, which is necessary to make qualitative changes in the socio-economic system (state) and prepare for the next stage of development. At the same time, it should be emphasized that each analyzed country had a different development and indicators until the period analyzed by the author (1990).

15. The indicators of useful power and quality of life in energy units of the evaluated developing countries as a potential for further development of the system (industrialization, modernization, etc.) are in a period of growth. The growth of the quality of life in the evaluated countries has different growth rates, however, all indicators are lower than in developed countries.

16. All evaluated new EU countries in 1990-1999 are characterized by a rapid decrease in useful power, which can be explained by changes in the socio-economic system, and in 2019, the power level in no country had reached the level of 1990. After 2001, the evaluated countries entered the stage of slow development - the stage of maturity, and an increase in the technological efficiency coefficient can be observed for them, however, in 2019 they had not reached the world's average technological level. All of these countries had significant population declines, low rates of technological development, low productivity, and low quality of life. In general, it can be concluded that there was a complex development in the new countries of the EU under evaluation in 1990-2019. The SDMM model helped to identify a long period of non-growth for the evaluated countries after 2000.

17. According to the author of the doctoral thesis, according to the concept of sustainable development, quality of life indicators should also increase during the maturity period, possibly at a lower speed. Therefore, the decline in the quality of life could be explained as ineffective adaptation of the country to external factors or ineffective transformation under the influence of internal factors. What is important is whether the socio-economic structure is ready for adaptation if the external conditions change.

18. The formalization of the principles of sustainable development in energy units, using the invariant coordinate system and the power change analysis approach, allows determining the indicators of the current and target state of any socio-economic system (country), problems and predictable development scenarios.

19. The obtained target values for 1990-2019 make it possible to identify Latvia's situation as an unsustainable development, i.e. the possibility of development remains, but in the future the recession may accelerate, consumption may decrease and the quality of life may deteriorate, despite the positive trend of the quality of life. Latvia has a transition economy with a low technological efficiency index ($F1=33$). Modern sources of electricity are not available for a new stage of industrialization ($EA=0$), as well as the share of electricity in the total final consumption is one of the lowest ($E=15$) among the evaluated countries – thus a small real industrial sector. Level of quality of life in accordance with other evaluated new EU countries ($QoLE=0.7$). If Latvia's development continues to be as it was after 2019, it may mean long-term stagnation and even further degradation.

20. Within the framework of the SDMM, following the results of the assessment of Latvia's development, the author formulates and analyzes four possible sustainable development scenarios with different goals: (1) *Latvian Homestead (LV)*; (2) *Latvia 2000 (LV20)*; (3) *Baltic Way (BC)*; (4) *Scandinavian Bridge (ST)*. Scenarios *LV20*, *BC* and *ST* ensure a positive trend of useful power $P(t)$, which, in turn, can increase the country's potential for further development.

21. The author concludes that the *Baltic Way* would be the most realistic scenario for achieving Latvia's sustainable development goals, while the *Scandinavian Bridge* – the most ambitious scenario.

22. The sustainable development planning and monitoring model of Latvia in the invariant coordinate system in energy units, using power changes and structural models of the economy, allows to assess the country's sustainable development not only with indicators in monetary terms, but also with another method – the SDMM method.

23. The use of SDMM can help in achieving the strategic goals of the country's sustainable development, and the created indicators can be the basis for planning, monitoring and revising the indicators of the existing strategic goals in order to improve the development and monitoring processes of the development of Latvia's sustainable development strategy.

24. The existing system of measuring units of the sustainable development of the socio-economic system in terms of money is variable and unstable, which in the development of Latvia and other countries shows mainly positive development trends and thus sometimes even gives a false impression of the development processes. Therefore, the theory of sustainable development and evaluation methods have been improved in the thesis, using the processes of non-monetary natural sciences in an interdisciplinary study, taking into account the regularities of economics, mathematics, physics and the environment, which form a systemic approach to the evaluation and monitoring of sustainable development processes.

PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS

The first problem.

Until now, there have been no fundamental and applied studies on the sustainable development of the country using an interdisciplinary approach and the power changes system analysis in the invariant coordinate system. Examining the publicly available articles of Latvian scientists, it can be established that they practically do not use and analyze the results of interdisciplinary studies of modern world scientists, in which the approach of natural sciences is increasingly used in the evaluation of economic processes.

Possible solutions:

1. To introduce a wider scientific audience (in conferences, seminars, publications, etc.) to the interdisciplinary approach to the planning and monitoring of the country's strategic sustainable development and the SDMM developed by the author, which is based on the power change system analysis approach and invariant coordinate system. It allows forecasting the development target indicators in the invariant coordinate system in energy units, in order to ensure a modern and interdisciplinary approach to the national development criteria.
2. Latvian scientists should be more actively involved in interdisciplinary research both at the national and international level and to develop appropriate publications in order to be included in the space of modern world science.
3. Recommend to the Latvian Academy of Sciences to organize wider discussions, seminars and other events for the promotion of interdisciplinary research in the scientific environment of Latvia.
4. In the study programs of universities and other higher education institutions, to use interdisciplinary study courses more widely, in order to educate and inform about the latest scientific trends in the world, as well as to educate young scientists according to modern requirements.

The second problem.

The publicly available statistical data on the final consumption of energy resources by country, sector and sources of extraction are incomplete and fragmented, moreover, different databases use different methodologies to calculate the indicators – Latvian statistical data differ from database to database. The biggest problem during the work was to find historical data before 1990 and to identify the calculation methodology. There is no such data in the distribution by regions of the country at all, which does not give the opportunity to conduct regional studies on energy resource extraction, consumption, as well as other indicators that are necessary at the level of SDMM regions.

Possible solutions:

1. Improve the database on the final consumption of energy resources in the country as a whole and in individual sectors, as well as the sources of energy resources, on the Latvian Official Statistics portal.

2. Create statistics on the final consumption of energy resources, as well as sources of energy resources in Latvian regions.
3. VARAM (Ministry of Smart Administration and Regional Development) in cooperation with the Official Statistics Portal, can improve the Regional Development Indicators Module (RAIM) with data on sustainable development, so that the complexes can assess the sustainable development of the country and individual regions.

The third problem.

According to the publicly available information on the Internet, it can be concluded that the Latvia's sustainable development assessment and monitoring data for Latvia 2030 indicators are not regularly made public, which does not create confidence in paying the necessary attention to this process, and which in the final result can lead to non-fulfillment of planned results and non-achievement of strategic target indicators for 2030. year. A complex, interdisciplinary monitoring system of planned indicators has not been established, both in the country as a whole and by region.

Possible solutions:

1. For the State Chancellery, which has taken over the functions of the Interdepartmental Coordination Center in the supervision of national level development planning documents:
 - to improve the coordination of cooperation between the ministries, so that, in case of need, it is possible to react more promptly and recommend changes in the target indicators of the state's strategic development;
 - more active cooperation with various social partners, including NGOs, which can make a significant contribution to the broader involvement of society in achieving the goals of sustainable development;
 - to regularly publish the obtained results, thereby informing the public about ROI indicators and involving Latvia 2030 in achieving the goals as actively as it was initially in the process of developing the document.
2. To use the SDMM created by the author of the thesis in the planning, evaluation and monitoring of Latvia's sustainable development process and to forecast indicators in the invariant coordinate system in energy units in order to ensure a modern and interdisciplinary approach to the country's development indicators.
3. Latvia's planning regions should be more actively involved in the planning, assessment and monitoring of sustainable development indicators, in order to pay more attention to, justify and emphasize the balanced development of all regions of the country and the right of every resident to well-being and a high quality of life.
4. Apply the developed SDMM in the assessment of sustainable development of Latvian regions (with statistical data at the regional level).