

VILNIAUS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO ADMINISTRAVIMO FAKULTETAS

EKONOMINĖ ANALITIKA

Tomas Savickas

MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

**INTEGRUOTAS ŽALIAVŲ PANAUDOJIMO DARNUMO VERTINIMAS EUROPOS
SAJUNGOJE**

*INTEGRATED ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF THE USE OF RAW MATERIALS
IN THE EUROPEAN UNION*

Darbo vadovas Dr. Tomas Baležentis

Vilnius, 2023

TURINYS

TURINYS	2
ĮVADAS	3
1. Žaliavų sektoriaus apžvalga	4
1.1 Žaliavų gavyba	4
1.2 Žaliavų sektoriaus pridėtinė vertė	7
1.3. Moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra (MTTP)	9
1.4 Aplinkosaugos ir socialinis aspektas	11
2. Darnus žaliavų panaudojimas	13
2.1. Žiedinė ekonomika	13
2.2. Žaliavų perdirbimas	16
2.3. Išteklių panaudojimo efektyvumo matavimas	17
2.4. Žiedinės ekonomikos indikatoriai	18
3. Moksliniai tyrimai skirti tvarumo analizei	20
4. Tvarumo vertinimo metodologija	23
4.1 Kiekybinis modelis	23
4.2 Duomenys ir kintamieji	24
5. Tvaraus žaliavų panaudojimo Europos Sąjungoje vertinimas	31
5.1 Normalizavimas	31
5.2 WASPAS-N metodo taikymas	33
5.3 Rezultatai	34
IŠVADOS	37
PASIŪLYMAI	38
LITERATŪROS SĄRAŠAS	39

ĮVADAS

Darbo aktualumas – vienas dažniausiai ekonominės veiklos vertinimo, prognozių ateičiai sudarymo ir kito planavimo metu dėmesio susilaukiantis aspektas yra tvarumas ar kita forma apibendrintas žmogaus ūkinės veiklos efektas aplinkai. Šis darbas savo ruožtu apžvelgia pradinio ir būtinojo bet kokiai prekių gamybai reikalingą pradinių žaliavų sektorių, siekiant įvertinti Europos Sąjungoje pasiektą išteklių panaudojimo darnumą.

Darbo naujumas – darnaus žaliavų panaudojimo tyrimų tema yra nauja ir dar siaurai išnagrinėta mokslinėje literatūroje. Atsižvelgiant į keliamus aplinkosauginius tikslus pasaulio ir Europos Sąjungos lygiu, tvaraus žaliavų panaudojimo reikšmė augs.

Darbo tikslas – atlikti Europos Sąjungoje naudojamų žaliavų tvarumo įvertinimą, palyginti valstybių narių pažangą įgyvendinant žiedinės ekonomikos planą.

Darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti mokslinėje literatūroje pateikiamą informaciją apie žaliavų panaudojimo dinamiką Europos Sąjungoje.
2. Apžvelgti mokslinius straipsnius, kuriuose pateikiamas tvaraus žaliavų panaudojimo vertinimas.
3. Atlikti Europos Sąjungoje naudojamų žaliavų darnumo įvertinimą, leidžiantį palyginti valstybių narių pažangą žiedinėje ekonomikoje.
4. Identifikuoti valstybių narių pažangą ir atsilikimą lemiančius veiksnius.

Darbo metodai - mokslinės literatūros analizė, duomenų vizualizavimas, aprašomoji statistika, daugiakriterinis vertinimas.

1. Žaliavų sektoriaus apžvalga

Europos Sąjungos žaliavų sektorius yra esminis ekonominio vystymosi elementas, įgyvendinantis pažangias technologijas ir prisidedantis prie bendro vidaus produkto formavimo. Šis sektorius apima įvairias žaliavas, pradedant mineralais ir metalais, baigiant statybinėmis medžiagomis, kurios yra svarbios pramonės ir statybos sektoriams. Tyrimai parodo, kad Europos Sąjunga yra vis labiau priklausoma nuo žaliavų importo, o pačios išteklių gavybos procesai tampa vis sudėtingesni ir nuo šaltinio atradimo iki gavybos pradžios praeina ilgesnis laiko tarpas nei bet kada anksčiau istorijoje. Analizuojamame žaliavų sektoriuje taip pat vis svarbesnė tampa žiedinė ekonomika, kuria siekiama minimalizuoti poveikį aplinkai ir skatinti tvarų išteklių naudojimą. Europos Sąjunga nustatė konkrečius tikslus, įskaitant klimatui neutralią ekonomiką iki 2050 m.

1.1 Žaliavų gavyba

Žaliavomis galima pavadinti iš esmės bet kokią gamtoje aptinkamą medžiagą, kuri būtų savo natūralioje formoje ir nebūtų kaip nors perdirbta vartojimui. Priklausomai nuo išteklių išgavimo metodo, juos galima suskirstyti į tris pagrindines grupes: išgaunamus iš žemės gelmių, iškasamus karjeruose ir užauginamus (biologiniai ištekliai). Grupuojant žaliavas šiuo metodu galima nesunkiai indikuoti jų paieškos ir išgavimo pinigų ir laiko sąnaudas, kurios pagal prieinamumo galimybes yra atitinkamai aukštesnės. (3rd Raw Materials Scoreboard, 2021). Žemės gelse esančių mineralų kasyklų ar statybos medžiagoms reikalingų resursų karjerų įrengimas yra ir laikui imlus procesas, kuris, kaip pastebima, užtrunka vis ilgesnį laiko tarpą. Nuo šaltinio atradimo iki gavybos pradžios, praeitame dešimtmetyje vidutiniškai praeidavo 12,5 metų, kai paskutinį dešimtmetį šis vidurkis išaugo iki 20-ies metų. (Schodde, 2017). Ateityje nepasikeitus procesams dėl kasyklų eksploatavimo pradžios šis veiksnys gali turėti didesnę įtaką tiek žaliavų kainai tiek bendrai jų pasiūlos apimčiai.

Iš žemės išgauti ištekliai įprastai yra apdirbami mechaniniu būdu, pagal poreikį išgauti medžiagai taip pat naudojami cheminiai ar fiziniai procesai, kurių rezultatas yra nuo šalutinių produktų atskirta žaliava. Taip pat kai kurie šalutiniai produktai, atskirti išgavimo metu yra laikomi žaliavomis (pvz., dauguma kobalto yra šalutinis produktas vario arba nikelio kasyboje). Biologinių išteklių ar statybinių medžiagų išgavimo grandinės dažniausiai yra trumpesnės, jų išgavimo metodai dažnai priklauso ir nuo konkretaus galutinio produkto, kam šios žaliavos bus skirtos (World Bank, 2016)

Žaliavos yra ne tik pagrindas rinkose prekiaujamų prekių gamybai, bet ir pačios iš savęs yra laikomos prekėmis. Didžiąja dalimi populiariausių žaliavų yra prekiaujama pasaulinėse rinkose,

o jų kainos pasikeitimai, ateities sandoriai ir tendencijos sekamos kasdien. Išteklių prekyba yra vykdoma ir sudarant ilgalaikes ar trumpalaikes tiekimo sutartis arba pirkimo-pardavimo susitarimus. Šių susitarimu dėka gamintojai ir žaliavų tiekėjai gali užsitikrinti kainų pastovumą, kuris tuo pačiu užtikrina ir galutinio gaminio kainos pastovumą. Kaip jau minėta anksčiau, kai kurių žaliavų išgavimas yra brangus procesas, todėl į retų (dažniausiai žemės gelmių išteklių) kainą įeina ir jų žvalgybos, kasyklų įrengimo sąnaudos.

Pasiūlos kainai įtakos turi ir sektoriaus technologinė pažanga ir galimybės atrasti medžiagos pakaitalą galutinio produkto gamybai. Smarkiai išaugus medžiagos kainai rinkose didėja paskatos investuoti į pakaitalų paiešką. Kadangi moksliniai tyrimai reikalauja daug laiko ir papildomų investicijų, juos dažniausiai paskatina tik ilgesnio laikotarpio išaugusi žaliavų kaina.

Kitas kainos veiksnys yra rinkos koncentracija kai kuriems išgaunamiems resursams. Taip nutinka situacijose, kai tam tikrą produktą išgauna mažai gavėjų (valstybių). Tokiais atvejais rinka gali išsikreipti, tapti koncentruota tam tikrame pasaulio regione arba apskritai monopolizuota vienos valstybės. Priklausomybė nuo vieno tiekėjo paveikia ne tik žaliavos kainą rinkoje, bet ir jos nuolatinio ir nenutrūkstamo tiekimo patikimumą. (European Commission, 2020). Siekiant identifikuoti galimus pavojus ir valdyti tiekimo grandines, Europos komisija yra identifikavusi žaliavų, turinčių didelę ekonominę reikšmę ir tuo pačiu aukštą tiekimo riziką, sąrašą (European Commission, 2020).

Tačiau apžvelgti bendrą Europos Sąjungos priklausomybę nuo išorės tiekėjų galima ir išanalizavus prekybos žaliavomis balansus. Priklausomybės iš esmės nekinta laike ir Europos Sąjunga per paskutinius dešimtmečius išlieka įvairių rūšių metalus importuojančia ir nemetaus eksportuojančia šalimi. Atrodytų paradoksalu, kad Europos Sąjungos šalys neturi neigiamo statybinių medžiagų balanso su kitomis pasaulio valstybėmis, tačiau šis pigesnių medžiagų teigiamas prekybos balansas paaiškinamas lokalia medžiagų rinka. Dėl palyginus žemos kainos ir didelių transportavimo sąnaudų, šio tipo žaliavas išlieka ekonomiškai naudinga išgauti ir įsigyti vietinėje rinkoje (European Innovation Partnership, 2021).

Europos Sąjungos žaliavų gavyba priklauso nuo 4 pagrindinių aspektų:

1. Nacionalinės mineralų politikos. ES valstybės narės, o dažniais atvejais ir skirtingi valstybių regionai turi nustatytas išteklių paieškos ir gavybos tvarkas, kurių skirtumai lemia investuotojų požiūrį ir lūkesčius dėl galimybės plėtoti gavybą regione. Pagrindiniai elementai, lemiantys naudingųjų iškasenų politikos patrauklumą apima supaprastintą leidimų išdavimą, politikos stabilumą, skaidrų sprendimų priėmimą ir prieigos prie naudingųjų iškasenų telkinių užtikrinimą. Pačios mineralų politikos patrauklumą vertina

gavybos kompanijos, o „Fraser Institute“ 2020 metų kasybos įmonių tyrimas pateikė analizę apie įmonių vadovų galimybes suvokti politikos gaires. Tyrimo metu sudarytas politikos suvokimo indeksas (PSI) naudojamas kaip tarpinis rodiklis sujungtas su informacijos apie investicinį patrauklumą indeksu (IAI), kuris sujungia politikos sistemos suvokimą su geologiniu išteklių gavybos patrauklumu. Atsižvelgiant į bendrąją tendenciją, politikos suvokimas ir investicijų patrauklumas per paskutinį dešimtmetį, beveik be išimčių, pagerėjo. Vis dėlto, lyginant Europos Sąjungos šalis nares su kitomis valstybėmis, ne ES narės išlieka patrauklesnės investicijoms (Fraser Institute, 2020).

2. Visuomenės priėmimo. Ernst & Young rizikų susijusių su kasyba ir metalais 2023 metams vertinimu, aplinkos, socialinio ir valdymo (angl. Environmental, social and governance (ESG)) aspektas yra didžiausią riziką nešantis veiksnys. Šalys, kurios turi potencialo išteklių gavybai tikisi, kad gavybos bendrovės geriau įvertins riziką ir galimybes ir aiškiai jas išreikš atlikdami skaidrų, rezultatais pagrįstą vertinimą, vykdys griežtesnę atskaitomybę vietos savivaldai. Tačiau šis aspektas remiasi ne tik į gavybos šalies požiūrį, bet ir į bendrovės, vykdančios gavybą, akcininkus, kuriems svarbu užsitikrinti gerą įmonės reputaciją, siekiant išvengti akcijų vertės praradimo (Mitchell, 2022). Visuomenės priėmimas įvertintas projekto „Horizontas 2020“ apklausoje INFACT99. Rezultatai atskleidė teigiamą Europos Sąjungos valstybių požiūrį į tyrinėjimą bendrai ir kasybą, atsižvelgiant į sektoriaus svarbą visai ekonomikai, galimybes įsidarbinti vietos gyventojams ir užsitikrinti nepriklausomybę nuo išteklių importo. Vis dėlto, dar pastebimas išlikęs neigiamas požiūris į gręžinių įrengimą tiek žvalgybos tiek gavybos tikslais, o bendrai žaliavų išgavimo veikla vertinama kaip turinti neigiamos įtakos aplinkai (Benighaus, 2018).
3. Žaliavų paieškos. Mineralų ir metalų kainos ir paklausa ateityje yra pagrindinės žvalgybos paskatos, o naudingųjų iškasenų žvalgyba priskiriama prie didelės rizikos verslų, kur viena sėkminga kasykla iš tūkstančio tyrinėtų geografinių vietovių yra eksploatuojama. Investicijos į kasybos projektą yra ilgalaikės ir imlios dideliame kapitalui, todėl sprendimą investuoti į žvalgybinę veiklą Europos Sąjungoje susiduria su anksčiau aptartu mineralų gavybos politikos suvokimu ir investicijų patrauklumu. Pagal 2017 m. duomenis, Europos Sąjungoje žaliavų paieškos išlaidos sudarė 3 % pasaulinių žvalgybos išlaidų, tačiau sunaudojama tais pačiais metais čia suvartojama nuo 25 iki 30 % pasaulyje pagaminamų metalų. Pagal 2019 metų duomenis, didžiausia dalis investicijų buvo skirta aukso (37%), vario (30%) ir cinko (25%) paieškoms. Tuo tarpu didžiausios investicijos į žvalgybą išlieka

Pietų Amerikoje ir Australijoje, nors iš šiuose regionuose paieškai skirti biudžetai glaudžiai koreliuoja su žaliavų kainomis rinkose (S&P Global).

4. Kasybos vykdymo. Europos Sąjunga vykdo pagrindinių būtinųjų metalų, tauriųjų, specialiųjų ir pramoninių metalų gavybą, tačiau šių kasyklų apimtys nepatenkina vidinės paklausos, todėl išlieka priklausomybė nuo importo iš kitų regionų. Per paskutinius 5 metus ES veiklą pradėjo trylika naujų kasyklų, kuriose išgaunami taurieji metalai, grafitas, cinkas, varis, volframas, manganas ir litis, tačiau buvo uždarytos 2 kalio kasyklos. Nepaisant metalų gavybos deficito, beveik pilnai apsirūpina statybinėmis medžiagomis Europos Sąjungos vidaus rinkoje (European Innovation Partnership, 2021).

1.2 Žaliavų sektoriaus pridėtinė vertė

Bendras ekonomikos augimas iš esmės priklauso nuo sukuriamos vertės kiekviename ekonomikos sektoriuje, o žaliavos yra pagrindinis vertės komponentas pramonės srityje ir per ją prisideda prie bendro vidaus produkto sukūrimo. Priklausomai nuo to, kokios apdirbimo stadijos yra žaliava, priklauso ir jos pridėtinė vertė: žemiausia vertė gaunama tiesiog išgaunant grynąją medžiagą, pavyzdžiui metalų rūdas, kai didžiausia vertė sugeneruojama pramonės, metalą pavertus konkrečiu gaminiu (European Commission, 2017)

Pagal 2017 metais atliktų skaičiavimų duomenis, didžiausią vertę Europos Sąjungoje sugeneravo įprastų metalų ir ne metalinių mineralų žaliavos. Tarp metalų, didžiausia vertės dalis priklausė nuo geležies ir plieno – 58%, nespalvotųjų metalų – 41%, kai taurieji metalai sudarė tik nedidelę vertės dalį. Ne metalinių žaliavų sektoriuje didžioji dalis vertės sukurta dėka pagaminto cemento – 40%. Bendra visų žaliavų sektoriaus sukurta pridėtinė vertė siekė 205 mlrd. eurų ir viršijo prieš krizinį 2008 metų lygį (Eurostat).

Vertinant sukuriamą produktą pagal žaliavų tiekimo grandinę, galima išskirti 4 pagrindinius etapus: žaliavų gavyba – sugeneruota 39.5 mlrd. EUR, apdirbimas – 174.4 mlrd. EUR, gamyba (pramonė, statybos, biologiniai produktai) – 1 394.8 mlrd. EUR, remontas ir žaliavų perdirdimas – 92.8 mlrd. EUR. Teigiamas indikatorius yra pakartotinio vartojimo augimas 13% nuo 2014 metų, kuris pralenkė gavybos ir apdirbimo etapų sukuriamos vertės augimą, bendrai sudariusį tik 10%.

Nors ekonomikoje yra priimta laikyti, jog išsivysčiusios ekonomikos didžiausią savo dalį vertės sukuria tik paslaugų sektoriuje, žaliavų gavyba ir jos apimčių didinimas neturėtų būti laikomas žingsniu atgal. Lyginant resursų išgavimą išsivysčiusiame Vakarų pasaulyje su besivystančiomis šalimis galime pastebėti ryškų technologinį skirtumą. Per paskutinius veiklos

metus vis labiau imamasi pažangesnių technologijų naudojimo mineralų kasyboje ir tokiu būdu šis sektorius ne tik pats kuria paklausą paslaugų ir pramonės sektoriams, bet ir iš darbo jėgai paklausaus, tampa kapitalui ir technologijoms paklausiu sektoriumi. Tokiu būdu kasybos įranga tampa vis svarbesniu komponentu, o auganti išteklių paklausa ar kaina skatina šio sektoriaus plėtrą tiek gamybos masto tiek technologinės pažangos prasme.

Gavybinės įrangos sektoriuje paskutiniaisiais metais vykstantis operacinės veiklos skaitmeninimas užtikrina galimybę sekti procesų efektyvumą, siekiant jį nuolatos didinti. Mažinant žmogiškos klaidos faktorių taip pat vis dažniau išvengiame nelaimingų atsitikimų, sektoriuje užtikrinama aukštesnė darbų sauga, kartu sumažinamas ir neigiamas poveikis aplinkai. Šiuo metu sektoriuje yra fiksuojama augantis robotų panaudojimas, siekiant automatizuoti gamybos procesą, naujos 5G technologijos pritaikymas įrangos valdymui ir stebėjimui, elektrina varomi įrenginiai, kurie pakeičia dyzeliną ir užtikrina švaresnį procesą, apsaugant aplinką ir darbuotojų sveikatą. Technologinę pažangą kuria daugiausiai šio sektoriaus lyderiaujančios įmonės – JAV veikianti „Caterpillar“, Japonijos „Hitachi Construction Machinery“ ir Švedijos „Atlas Copco“.

Didžiausias kasybos įrangos apimtis eksportuojantys regionai yra Europos Sąjunga, Japonija, Kinija ir JAV, kai didžiausiais importuotojais pasaulyje išlieka besivystančių valstybių regionai, tokie kaip Azija, vidurio Afrika, Centrinės Amerikos šalys. Nors ES sąjunga dar 2013 metais pasaulyje buvo pirmaujantis regionas tarp įrangos gryojo eksporto, šios apimtys laipsniškai mažėja. Tai lėmė net 34% kritęs eksportas iš Europos Sąjungos. Dėl mažos žaliavų gamybos plėtros pačioje ES viduje ir mažėjančio eksporto, per ateinančius metus ES veikiančios įrangos gamintojai tikėtina susidurs su paklausos produkcijai stygiumi, kas nulems ir šio sektoriaus susitraukimą Europoje. Nepaisant paklausos sumažėjimo, ES dar 2017 išliko pasaulio lyderė, užimdama 18% bendros pasaulinės eksporto rinkos.

Kadangi žaliavų, ypač žemės gelmių mineralų, kasybos sektorius ES yra technologiškai pažengęs, įrangos gamintojai taip pat koncentruojasi į auštųjų technologijų poreikį turinčias eksporto rinkas. Didžiausia eksportuojama dalis iš Europos Sąjungos pasiekia JAV, Jungtinę Karalystę ir rusijos federaciją.

1 lentelė

Europos Sąjungos eksportuojamos kasybos įrangos pasiskirstymas pagal importuojančias valstybes, 2017 m.

Valstybė	Eksporto dalis, %
Jungtinės Amerikos Valstijos	16,9
Jungtinė Karalystė	8,9
rusijos federacija	6,2
Australija	5,8
Kinija	4,7
Norvegija	4,4
Šveicarija	3,5
Kitos šalys	49,6

Šaltinis: European Commission, 3rd Raw Materials Scoreboard, 2021.

1.3. Moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra (MTTP)

Moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra (MTTP) yra sėkmingos pramonės veiklos ilguoju laikotarpiu būtina investicijų kryptis. Technologinė pažanga leidžia ne tik sumažinti veiklos sąnaudas, bet ir sukurti naujus produktus ar padidinti atliekamos veiklos efektyvumą. Pramonės srityje, MTTP leidžia užtikrinti didesnę saugumą ir padidinti vykdomo proceso tvarumą, sumažinti aplinkos taršą ir kitus neigiamu išorės efektus.

Moksliniai tyrimai nebūtinai visuose sektoriuose sukuria perversmus, tačiau prisideda prie esamų procesų optimizavimo. Pavyzdžiui metalų gavyboje, tyrimų pagalba siekiama pirmiausia sumažinti nelaimingų atsitikimų tikimybę, energijos vartojimą, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. Kitose šakose, kaip miškininkystė, tai gali būti ir didesnę proveržį sukuriantys atradimai, kaip naujų augalų rūšių išvedimas, atsparių neigiamiems aplinkos poveikiams (klimato kaitai, kenkėjams). Žvelgiant į žaliavų tyrimus, reikia išskirti žaliavų žvalgybos išlaidas, kurios nėra priskiriamos prie mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros (MTTP). Bendros ES išlaidos į tyrimus pagal sektorių svyruoja nuo 150 iki 450 mln. eurų per metus. Per paskutinį dešimtmetį galima identifikuoti augančias investicijas į mokslinę pažangą netauriųjų metalų ir statybų sektoriuose, kai tuo pačiu metu miškininkystės ir tauriųjų metalų sektorių tyrimų finansavimo augimas sustojo. Vis dėlto, šią statistiką ir tendencijas reiktų vertinti konservatyviai, nes MTTP specifika tarp sektorių skiriasi, todėl kapitalas skirtas tyrimų veiklai nebūtinai atspindi proveržį srityse. Dėl šių

priežasčių buvo pradėta lyginti MTTP skirtą finansavimą su sektoriaus sugeneruotų pardavimų apimtimis. Pagal šį rodiklį iš anksčiau aptartų 4 šakų, finansavimas augo tiek minėtiems statybų, miškininkystės ir tauriųjų metalų sektoriuose, tačiau augimas praktiškai sustingęs netauriųjų metalų gavybos tyrimuose.

Taigi nors bendras žaliavų sektoriaus MTTP finansavimas iki paskutinių fiksuotų duomenų 2018 metais buvo kasmet augantis tiek absoliučia, tiek procentine dalimi, lėčiau nei kiti, ypač inovacijoms paklausūs sektoriai. Į mokslinių tyrimų išlaidas įskaičiuojamos ne tik korporacijų biudžetuose numatytos tam išlaidos, bet ir ES skirtos tikslinės lėšos. Siekiant paspartinti sektoriaus vystymąsi, Europos Sąjunga numatė 600 mln. eurų paramą, pagal „Horizontas 2020“ programą, kuri buvo panaudota 2014-2020 metais.

Viena iš metrikų, kuri gali būti naudojama MTTP finansavimo efektyvumo matavimui yra naujų išradimų patentų skaičius. Patentais siekiama apsaugoti atrastas inovacijas nuo kopijavimo, o užregistruojamų patentų santykis su mokslinių tyrimų veiklai skirtomis lėšomis gali indikuoti valstybių ar regionų gebėjimą konvertuoti tyrimams panaudotas lėšas ir atrastas žinias į technologiją. Tokiu būdu valstybės, matydamos investicijų efektyvumą gali padidinti kapitalą skiriamą perspektyviems atradimams, o padidėję MTTP biudžetai savo ruožtu atneša dar daugiau patentų per metus.

Europos Sąjunga iki 2008 metų pasaulyje pagal registruotus technologinius atradimus žaliavų sektoriuje nusileisdavo tik lyderiaujančiai Japonijai, kurios atradimai stabiliai kas metus mažėdavo, kol ES išlaikydavo beveik pastovų, 1600 aplikacijų dėl patentų paraiškų skaičių. Tuo pačiu laikotarpiu, Kinija kasmet didino registruojamų patentų apimtį ir nuo 2012 tapo lyderiaujančiu pasaulio regionu. Pagal 2016 metų duomenis, Kinijoje buvo pateikta virš 10 000 patentų paraiškų ir tai dvigubai lenkė Japonijos ir 6 kartus Europos Sąjungos apimtį.

Technologijų registracijos pagal jų paskirties lauką indikuoja tas pačias valstybes lyderes, tačiau leidžia palyginti kur sugeneruojama daugiausiai inovacijų. Pavyzdžiui nuo 2013 metų fiksuojamas augantis patentų skaičius su perdirbimu susijusioms technologijoms ir kartu mažėjantis kasyklų ir su žemės gelmių mineralų gavyba susijusiems išradimams. Vien Europos Sąjunga, kasyklų technologijų plėtroje naujų atradimų registracijas sumažino trečdaliu. Tokį pasikeitimą galima paaiškinti ir žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimu, kuomet pereinama nuo išteklių gavybos plėtros ir apimčių didinimo iki pakartotinio išteklių panaudojimo, produktų ir prekių remonto ar jų perdirbimo atgal į gamybines žaliavas. Kitos priežastys lemiančios mažėjančias registruotas inovacijas yra patentų vagystės ir išaugusi pasaulinė konkurencija.

1.4 Aplinkosaugos ir socialinis aspektas

Tvarus žaliavų panaudojimas šių dienų kontekste neįsivaizduojamas be plataus aplinkosauginio aspekto įvertinimo, neapsiribojant tik tiesioginiu žaliavų taupymu ir jų panaudojimo efektyvumu. Vienas pagrindinių ES tikslų aplinkos politikoje yra dekarbonizacija ir perėjimas prie anglies dvideginio taršos nedidinančios ekonomikos (angl. carbon-neutral). Žaliavų gavyba ir apdirbimo grandinės procesas iki galutinio vartojamojo produkto taip pat neaplenkia šios politikos gairių.

Priklausomai nuo išgaunamos medžiagos, žaliavų gavybos procesas į atmosferą išmeta šiltnamio efekto dujas jų gavybos, apdirbimo ar perdirbimo metu. Daugiausiai šiltnamio efekto dujų išskiriama tokiuose procesuose kaip kasyba ir metalurgija, kurių produkcijos apimtys lemia didelį energijos poreikį. Šiuose sektoriuose sumažinti anglies išmetimą pereinant nuo procesuose naudojamo iškastinio kuro, prie elektra varomų įrengimų arba kaip alternatyva panaudojamas anglies dvideginio taršos nedidinančiu laikomas biokuras (European Commission, 2018).

Pagal 2015 metų duomenis, žaliavų industrija Europos Sąjungos lygiu sudarė 7,2% visų išmetamų šiltnamio efekto dujų per metus, kai pasaulyje šis sektorius paaiškino 12% išmetimų į atmosferą. Teigiamas aspektas yra pastovus ES emisijų mažėjimas kas metus, tačiau augantis bendras pasaulinis emisijų kiekis gerokai atsveria regiono pasiekimus pasaulinio klimato kaitai stabdyti. Optimistinių indikacijų pastebima 2015 metais, kai pasaulinis emisijų kiekis sumažėjo labiau, nei Europos Sąjungos išmetimai (atitinkamai 4 % ir 3% kritimas CO₂ emisijose). Šis bendrų apimčių palyginimas suteikia informacijos apie sektoriaus daromą įtaką klimatui, tačiau suteikia mažai informacijos apie technologinius proveržius ir perėjimą prie atsinaujinančios energetikos, nes apimčių svyravimai gali paprasčiausiai priklausyti nuo gavybos apimčių (o šios nuo ekonominių ciklų).

Emisijų intensyvumo rodiklis yra geresnis progreso matas, nes yra skaičiuojamas kaip išmetamo CO₂ kiekis vienam žaliavos vienetui pagaminti. Tokiu būdu yra atskiriama sektoriaus plėtra ar susitraukimas nuo jo keliamo poveikio aplinkai. Pagal šį rodiklį didžiausia pažanga ES buvo pasiekta medienos ir spalvotųjų metalų gavyboje. Per paskutinius 50 metų šiose srityse išmetimų apimtys vienam produkto vienetui pagaminti sumažėjo virš 80%. Vis dėlto, atsižvelgiant į ateities tendencijas, tolesnis šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo intensyvumo mažinimas tobulinant technologijas atrodo ribotas, o ypač taip vertinami tokių žaliavų kaip cemento ar spalvotųjų metalų gavybos procesai.

Europos Sąjunga, siekdama sustiprinti laisvą ir sąžiningą prekybą pasaulyje, stengiasi užtikrinti aukščiausius galimus standartus ir užtikrinti, kad žaliavų gavybos procese trečiojoje valstybėje nebūtų pažeidžiamos žmonių teisės, būtų laikomasi darbo ir aplinkos apsaugos. Prekyba žaliavomis vyksta pasaulinėse rinkose, todėl informacija apie konkrečios žaliavos gamybos sąlygas dažnu atveju nepasiekia vartotojo, kuris įsigyja galutinę prekę. Įmonės, siekiančios užtikrinti aukščiausius standartus ir informuoti apie tai savo galutinį vartotoją praranda konkurencinį pranašumą prieš mažiau socialiai atsakingus rinkos dalyvius. Siekdama išspręsti šį klausimą, Europos Sąjunga yra priėmusi 2014/95/EU497 direktyvą, kuri numato didelių įmonių prievolę skelbti informaciją apie savo įgyvendinamą socialinės atsakomybės politiką. Šios bendrovės turi pateikti duomenis apie suteikiamas darbo sąlygas ir įgyvendinamą antikorupcinę programą.

Atskiros kasybos bendrovės skatiną „atsakingą tiekimą“, kurio tikslas užtikrinti, kad visos produkcijos gamyboje panaudotos žaliavos buvo išgautos taikant atsakingos kasybos praktiką. Tokių programų tikslas yra padidinti visuomenės pasitikėjimą kasybos sektoriumi. Prasta sektoriaus reputacija yra viena iš kertinių priežasčių stabdančių naujų kasyklų atidarymą tiek Europos Sąjunga tiek visame pasaulyje.

Viena iš sektoriaus reputacijos visuomenės akyse sričių – darbuotojų teisių apsauga ir saugumo užtikrinimas. Remiantis 2017 metų duomenimis apie nemirtinų incidentų skaičių pagal ūkinės veiklos sektorių, kasyboje buvo užfiksuota 2402 tenkantys nelaimingi atsitikimai 100 000 darbuotojų, kai tuo tarpu pavojingiausias atsitikimų skaičiumi sektorius buvo žvejyba, kuriame fiksuoti 3352 nelaimingi atsitikimai, tenkantys 100 000 darbuotojų. Incidentų skaičius išlieka panašus ir antrame gamybos grandinės etape, kur žemės gelmių žaliavų perdurbimas sukėlė 3137 incidentą, lyginant su pirmoje vietoje esančiu statybos sektoriumi, kuriame vidutiniškai tenka 3279 incidentai.

2. Darnus žaliavų panaudojimas

Žiedinė ekonomika, kaip strateginė koncepcija, kurią įgyvendina Europos Sąjunga, yra skirta skatinti ilgalaikį išteklių tvarumą ir minimalizuoti aplinkos poveikį. Tai išryškina siekį atsieti ekonominį augimą nuo išteklių naudojimo ir sumažinti CO2 pėdsaką. Europos Komisija, vykdant žiedinės ekonomikos planą, nustatė konkrečius tikslus, įskaitant klimato neutralumą iki 2050 m. Ši koncepcija apima medžiagų srauto analizę, kurios metu stebima, kaip žaliavos juda per ekonomiką, pradedant nuo įvežamos žaliavos, per gamybą ir vartojimą, ir baigiant perdirbimu arba atliekų tvarkymu. Tyrimai, naudojant Sankey diagramas, leidžia vizualiai atvaizduoti žiedinės ekonomikos principus, pabrėžiant svarbų vaidmenį perdirbimo ir atliekų sumažinimo procesuose. Šie tyrimai taip pat iškelia iššūkius, pavyzdžiui, didelį statybinių atliekų kiekį, kuriems reikia efektyvesnio perdirbimo, ir galimus trūkumus panaudojimo srityje. Apibendrinant, žiedinė ekonomika yra priemonė, kuriuo siekiama sukurti tvarų ir efektyvų išteklių naudojimo modelį, kuris atitiktų ES ilgalaikės darnaus vystymosi tikslus bei kovos su klimato kaita ir išteklių išsekimu uždavinius.

2.1. Žiedinė ekonomika

Žiedinė ekonomika apibrėžiama kaip būseną, kai „produktų, medžiagų ir išteklių vertė ekonomikoje išlaikoma kuo ilgiau ir atliekų susidarymas kaip įmanoma mažesnis“ (European Commission, 2015). Nuo 2015 metų Europos Komisija priėmė paramos veiksnių planą savo žiedinės ekonomikos stiprinimui, kurį 2020 metais papildė antrosios žiedinės ekonomikos veiksnių planas - Europos žaliasis kursas. Šios programos esmė yra iki 2050 m. neutralizuoti poveikį klimatui ir atsieti ekonomikos augimą nuo išteklių naudojimo, kartu užtikrinant ilgalaikį ES konkurencingumą. Sėkmingas programos įgyvendinimas siejamas su visų rinkos dalyvių įtraukimu į žiedinę ekonomiką, paskui pažangiausias rinkos įmones pamažu įtraukti tradicinius ekonomines veiklos subjektus (European Commission, 2020).

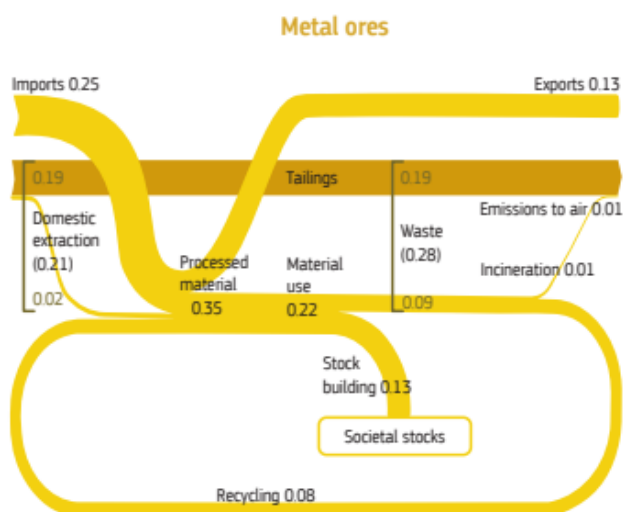
Žiedinės ekonomikos išmatavimas atliekamas medžiagų srauto analizės pagalba. Šis metodas leidžia analizuoti duomenų rinkinį, kuriame surenkama informacija apie į rinką patenkančių ir ją paliekančių medžiagų kiekį, stebint jų suvartojimą ir perdirbimo apimtį. Tokiu būdu galima nustatyti žaliavų cirkuliavimo lygį, kuris apibūdina žiedinės ekonomikos pažangą. Šią sistemą sudaro medžiagų srauto vizualizacijos ir 10 pagrindinių rodiklių. Greta srauto analizės, Europos komisija taiko ir medžiagų sistemos analizę, kuri pritaikyta atskirų žaliavų cirkuliavimui išmatuoti ir įvertinti jų panaudojimą Europos Sąjungos viduje.

Vienas iš veiksmingų žiedinės ekonomikos pavyzdžių makro lygmeniu yra medžiagų srautų Sankey diagrama, kuri seka, analizuojamais metais, kaip ekonomikoje juda žaliavos, pradedant importu ir gavyba, kas vėliau persikelia į gamybą, o tuomet į vartojimą. Po vartojimo išskiriamos likusios atliekos ir pakartotinis žaliavų panaudojimas perdirbant. Šios vizualizacijos parodo, kas atsitinka su išgautais ištekliais vidaus rinkoje arba kaip jie palieka Europos Sąjungos vidaus rinką.. Taip pat Sankey vizualizacijos srautus agreguoja įvairiais lygiais: bendri žaliavų srautai, konkrečių žaliavų grupės srautai ir atskirų žaliavų srautai. Taip sudaryta schema leidžia daryti išvadą dėl žaliavų cirkuliavimo ES ekonomikoje ir apskaičiuoti kelis rodiklius:

- 1) eksploataavimo pabaigos perdirbimo sąnaudas
- 2) priklausomybę nuo importo
- 3) prekybą antrinėmis žaliavomis
- 4) statybos ir griovimo atliekų perdirbimą.

1 paveikslas

Metalų rūdos Sankey vizualizacija, mlrd. tonų per metus Europos Sąjungoje, 2017 m.

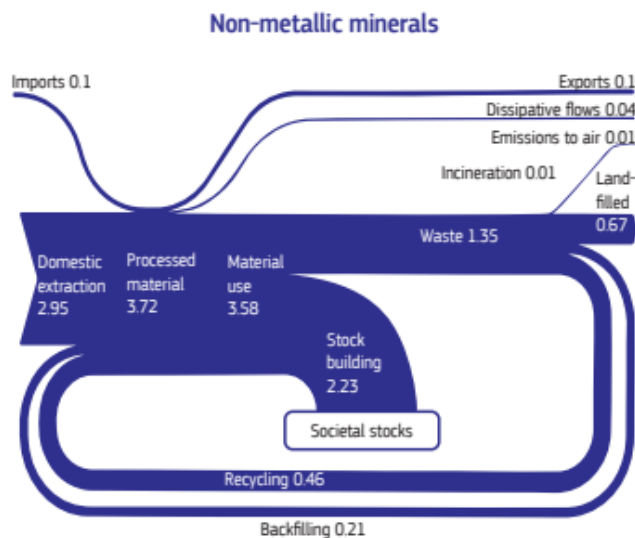


Šaltinis: European Commission, 3rd Raw Materials Scoreboard, 2021.

Pirmame paveiksle pavaizduota Sankey vizualizacija metalų rūdos, kaip žaliavų grupės, judėjimą žiedinėje ekonomikoje, Europos Sąjungoje. Iš 0,35 mlrd. tonų rūdos panaudojamos gamyboje per metus, 0,08 mlrd. tonų buvo atgauta perdirbus jau anksčiau pagamintus gaminius, o tai sudarė per 23% nuo bendros gamybos apimties. Tam, kad būtų patenkinta 0,35 mlrd. tonų paklausa, ES turi importuoti virš 70% bendro suvartojamo rūdos kiekio, kas indikuoja didžiulę priklausomybę nuo importo šios žaliavų grupės atžvilgiu.

2 paveikslas

Nemetalinių mineralų Sankey vizualizacija, mlrd. tonų per metus, 2017 metų duomenimis.



Šaltinis: European Commission, 3rd Raw Materials Scoreboard, 2021.

Priešinga situacija yra vertinant ne metalų grupės žaliavas, kurių didžiąją dalį sudaro statybų sektoriuje naudojamos medžiagos. Šioje grupėje importuojama žaliavų dalis sudaro 2,6% nuo bendro sunaudojamo kiekio. Tačiau nors ir nėra priklausomybės nuo užsienio tiekėjų, ne metalų gaminių perdirbimas į pakartotinį vartojimą sugrąžina vos 12% žaliavų, panaudotam pirminiam tikslui. Šioje vietoje verta pažymėti, kad būtent statybinės atliekos yra didžiausias atliekų šaltinis Europos Sąjungoje, vidutiniškai sudarantis ~35% metinių bendrijos atliekų kiekio pagal masę. Didžiąją dalį šių atliekų sudaro plytos, keramika, mediena, betonas ir tik mažoji dalis (iki 1%) šių atliekų yra sudaryta iš panaudotų metalų, kurie kurtų ekonomines paskatas platesniam atliekų perdirbimui (Bergsdal, 2018).

Siekiant praplėsti žiedinės ekonomikos ribas ne metalų žaliavų grupėje, Europos Sąjungos patvirtintas perdirbimo koeficientas nuo 2020 metų buvo 70%. Šio rodiklio pasiekti būtų neįmanoma, jeigu ne lankstus reguliavimas, leidžiantis panaudoti statybines atliekas kaip užpildomą medžiagą naujose statybose ar formuojant kelius, landšaftą. Tokiu būdu fiksuojami atliekų perdirbimo vidurkiai viršija 80-85% kas metus, tačiau iš perdirbimo naujų produktų gamybą pasiekia vos 12% šio kiekio.

2.2. Žaliavų perdirbimas

Žaliavų perdirbimas yra vienas pagrindinių ES žaliavų iniciatyvos objektų. Iniciatyvos planuose numatyta siekti aukštesnių produktų gamybos standartų, kurie leistų platesnio masto gaminių perdirbimą, padidinant jiems reikalingų žaliavų panaudojimą (European Commission, 2011).

Pagrindiniai šios iniciatyvos motyvai yra priklausomybės nuo importo mažinimas, ekologijos skatinimas, kuriant gamintojų konkurenciją gaminti aplinkai draugišką produkciją ir tokiu būdu paskatinti žiedinės ekonomikos vystymąsi. Pagrindinė kliūtis, ribojanti perdirbimo apimtį, išlieka ekonominė, kai produkto perdirbimo kaštai gerokai viršija gautiną naują iš pakartotinai panaudotų žaliavų. Kitos kliūtys įvardijamos kaip infrastruktūros stoka, kuri leistų efektyviai surinkti, saugoti ir perdirbti atliekas, ar perdirbimo proceso neefektyvumas, kai gamybos metu prarandama per daug medžiagos (Ciacci, 2015).

Lyginant perdirbimo galimybes, svarbu išskirti du pagrindinius matavimo vienetus – eksploatacijos pabaigos perdirbimo rodiklis (end-of-life recycling rate EOL-RR), parodo procentą nuo vartojimo atliekų, kuris yra faktiškai perdirbamas. Eksploatavimo pabaigos perdirbimo įvesties norma (end-of-life recycling input rate EOL-RIR) parodo koks kokį procentą produkcijai skirtų žaliavų kiekio sudaro iš perdirbimo sugeneruotos žaliavos. Kadangi atliekų perdirbimo apibrėžimas tiek iniciatyvose, tiek kituose teisės aktuose yra platus, įprastai moksliniuose tyrimuose koncentruojamasi į įvesties normą. Šis rodiklis taip pat naudojamas ir atliekant žiedinės ekonomikos tyrimus (Eurostat).

Europos komisijos 2020 metais atliktame tyrime „Atsparumo, susijusio su svarbiausiosiomis žaliavomis, didinimas. Kaip siekti didesnio saugumo ir tvarumo?“ identifikuojama, kad tik su nedidelėmis išimtimis, antrinės žaliavos paprastai sudaro mažą gamybos sąnaudų dalį. Pagrindinis šio, kas trejus metus atliekamo, tyrimo uždavinys – sudaryti Europos Sąjungai svarbiausių žaliavų sąrašą. Sąrašas sudaromas remiantis žaliavos ekonomine reikšme, t. y. panaudojimu pramonės reikmėms ir tiekimo rizika, kuri nustatoma apskaičiuojant pirminių žaliavų tiekėjų koncentraciją pagal valstybes ir jų valdymo struktūrų stabilumą. Iniciatyvoje išdėstyta strategija taip pat siekiama stiprinti medžiagų gavybą ES viduje ir remti antrinių žaliavų gavybą užtikrinant žiediskumą (European Commission, 2020).

Pagal į produkciją pateikiamų žaliavų kiekį, atėjusį iš antrinės gamybos, didžiausią EOL-RIR rodiklį pasiekia švinas (75%), taip pat nemaža dalis žaliavų atgaunama iš renio (50%), volframo (42%), geležies rūdos (31%), alavo (31%) ir cinko (31%). Šis rezultatas daugiausiai pasiekiamas

dėl nusistovėjusių gamybos, vartojimo ir perdirbimo grandinių, kurios Europos Sąjungos vidaus rinkoje veikia jau ilgą laiką. Vertinant į svarbiausių medžiagų sąrašą įtrauktas žaliavas, daugiausiai perdirbama volframo (42 %), europio (38 %), itrio (31 %), paladžio (28 %), rodžio (28 %) ir platinos (25 %). Vis dėlto, išskiriama ir probleminė perdirbimo sritis - specialieji ir retieji metalai, kurių antrinis perkėlimas į gamybą sudaro iki 1%, dėl anksčiau minėto ekonominio neefektyvumo. Toks žemas pakartotinio panaudojimo procentas nepasiūlo alternatyvos pirkimui iš rizikingų pirminių tiekėjų rinkoje ir toliau didinimą ES priklausomybę nuo importo, todėl Europos komisijos tyrime numatyta inicijuoti svarbiausiųjų žaliavų mokslinius tyrimus, susijusius su atliekų perdirbimu, pažangiosiomis medžiagomis ir pakeičiamumu, teikti siūlymus platesniam žaliavų pakaitalų paieškos ir panašių tyrimų finansavimui. (European Commission, 2020).

Kitas alternatyvus sprendimas – retųjų medžiagų gavyba iš Europos Sąjungos šaltinių. Atsižvelgiant į geografinį svarbiausiųjų žaliavų pasiskirstymą Europoje, numatoma galimybių pradėti baterijų žaliavų, pvz., ličio, nikelio, kobalto, grafito ir mangano, gavybą atidarant naujas kasyklas. Nors paklausa šioms žaliavoms bendrijoje nuolatos auga, priežastys, kodėl naujos kasyklos nėra atidaromos vis dar išlieka tos pačios: investicijų į žvalgymą ir kasybą trūkumas, nacionalinių leidimų išdavimo procedūrų gausa ir trukmė ar nepakankamas visuomenės pritarimas (European Commission, 2020).

2.3. Išteklių panaudojimo efektyvumo matavimas

Tradicinis ekonomikos modelis yra pastatytas ant tiesinės žaliavų panaudojimo grandinės principo, t.y. nuo medžiagos išgavimo iki jos suvartojimo ir išmetimo. Tačiau toks požiūris į žaliavų panaudojimą nėra tvarus ir veda link resursų išsekimo ir gyvenimo kokybės pabloginimo ateities kartoms. Todėl kaip alternatyva tiesiniam modeliui, sparčiai populiarėja žiedinės ekonomikos idėja, kurios pagrindinė idėja yra išteklių gyvavimo ciklo prailginimas uždaroje jų panaudojimo grandinėse arba žieduose, tokiu būdu tiek sumažinant aplinką teršiančias atliekas, tiek išsaugant žaliavų vertę jas panaudojant pakartotiniuose gamybos procesuose.

Tokį ekonomikos žiedą sudaro trys pagrindiniai etapai: gamyba, vartojimas ir perdirbimas. Gamybos etape svarbiausia apgalvoti produktų pateikimą rinkai, kad tai neprieštarautų bendrai žiedinės ekonomikos idėjai (produkcija būtų perdirbama). Vartojimo etape svarbu apgalvoti dalinimosi ekonomikos galimybes, kad pagaminti produktai būtų išnaudojami maksimaliai, o jų mažiausio kiekio užtektų didžiausiai daliai populiacijos. Perdirbimo etape svarbiausia užtikrinti sklandų žaliavų sugrąžinimą į gamybos ir vartojimo procesus, siekiant maksimaliai atkurti prarastą žaliavos vertę. Šie principai ir sprendimai juos įgyvendinant gali būti priimami tiek įmonės, tiek regiono ar valstybės lygmeniu.

Kadangi žiedinė ekonomika savo koncepcija yra daugialypė sistema, jai galima pritaikyti ne vieną naudos išmatavimo metodą. Pagrindinės galimos naudos matavimo kryptys yra ekologinių naujovių indėlis, veikla ir rezultatai, kartu su išteklių efektyvumu ir socialiniais-ekonominiais rodikliais. Tačiau šioje vietoje yra susiduriama su klausimo problematika – svarbiausių krypčių žiedinei ekonomikai išskyrimu. Šios problemos pavyzdys būtų siekis įvertinti kuri valstybė geriau išvysčiusi tausojančiąją ekonomiką, kai: viena valstybė turi aukštesnę metalų perdirbimo konversiją, o kita sugeneruoja mažiau biologinių atliekų. Todėl siekiant gauti apibendrintas išvadas apie ekonomikos pažangą, neužtenka vadovautis atskirais etalonais, tačiau reikia jų rezultatus apjungti į vieną, problemą apibendrinantį rodiklį, kuris leistų palyginti valstybes tarpusavyje.

Mokslinėje literatūroje aprašytame šalių žiedinės ekonomikos vertinime yra naudojamas CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) metodas, kurio pagalba yra priskiriami svoriai kiekvienai vertinamai žaliosios ekonomikos sričiai. Svičių apskaičiavimo metodas pasiūlytas Diakoulaki, Mavrotas ir Papayannakis 1995 metais, kurio pagrindas yra tarpusavyje neprieštaraujančių savybių svičių apskaičiavimas taikant sprendimų matricą (Keshavarz-Ghorabae, 2021). Šis kriterijų reikšmių išskyrimas reikalingas kelių kriterijų sprendimų priėmimui (MCDM), kuris savo ruožtu leidžia atlikti skaičiavimus ir pagal pasiektą pažangą žiedinėje ekonomikoje, surikiuoti ES valstybes.

Minėtame tyrime yra vertinamos 27 ES valstybės, panaudojant makro lygmens duomenis prieinamus Eurostat duomenų bazėse, koncentruojantis į perdirbimą, perdirbtų medžiagų panaudojimą ir medžiagų cirkuliaciją rinkoje. Pasirinkti kriterijai apėmė panaudotų perdirbtų žaliavų procentą gamyboje, nuo visų sunaudotų žaliavų, perdirbamų medžiagų eksportą ir importą iš ES, biologinių atliekų perdirbamą masę, vienam gyventojui, elektronikos prietaisų perdirbimo procentą, pakavimo medžiagų pakartotinio panaudojimo procentą ir perdirbamų komunalinių atliekų procentą. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad didžiausią pažangą žiedinės ekonomikos srityje yra padariusios Vokietija ir Austrija, o žemiausius įvertinimus surinko Rumunija ir tokios mažosios ES valstybės, kaip Malta ir Kipras.

2.4. Žiedinės ekonomikos indikatoriai

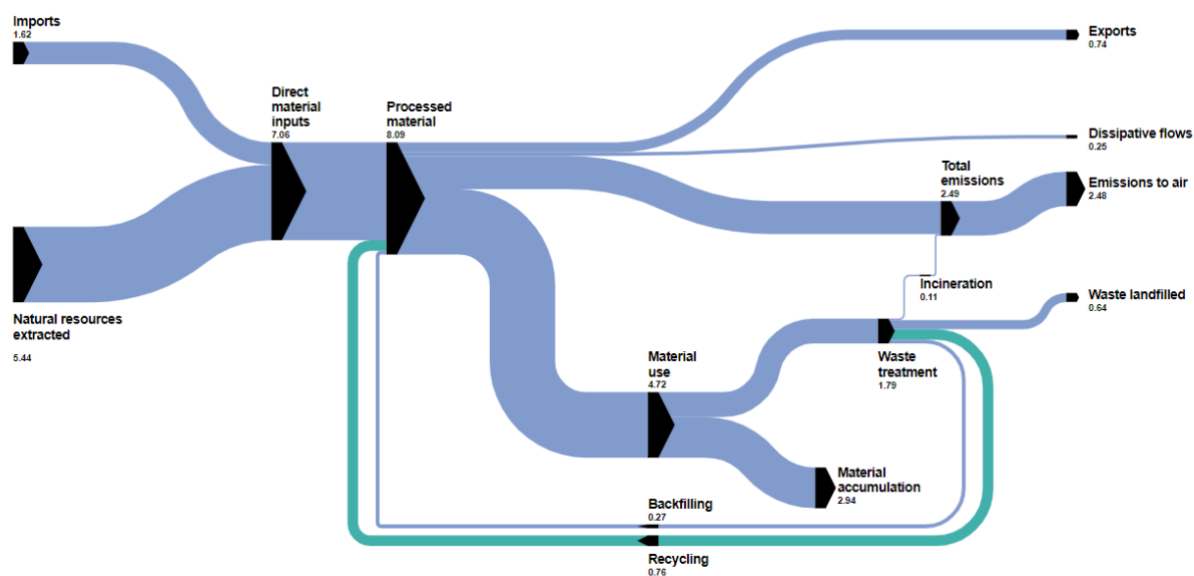
Siekiant atlikti integruotą žaliavų panaudojimo vertinimą, reikia įvertinti bendrą žaliavų panaudojimo grandinę nuo jų gavybos iki perdirbimo. Kiekviename grandinės etape fiksuojami tam tikri efektyvumo rodikliai, kurių pagalba galima įvertinti vykdomus procesus ir juos palyginti tarp valstybių arba laike. Žvelgiant į medžiagų gyvavimo grandinę, galima ją suskirstyti į šiuos pagrindinius etapus:

1. Žaliavų gavyba. Susidedanti iš išgaunamų natūralių resursų ir importuojamų žaliavų.
2. Apdirbamos žaliavos. Tai yra žaliavų gavybos ir perdirbamų žaliavų apimtis, kurios pasiekia gamybos sektorių.
3. Emisijos. Iš gamybos proceso išskiriamos emisijos į atmosferą.
4. Atliekų tvarkymas. Perdirbamų medžiagų pakartotinis grąžinimas į apdirbimą arba nepanaudojamų atliekų laidojimas ir deginimas.

3 pav. pateikiamas žaliavų panaudojimo ciklas pagal 2021 metų duomenis. Iš apdirbamoje gamyboje panaudotų 8,09 gigatonų (Gt) medžiagų, 5,44 Gt (67,24%) išgauta pačioje ES, 1,62 Gt (20,02%) importuota iš trečiųjų valstybių ir 1,03 Gt (12,73%) buvo pakartotinai panaudojamos žaliavos. Po žaliavų panaudojimo gamyboje, vartojimą pasiekė 4,72 Gt (58,34%), kai 2,75 Gt (33,75%) tapo į atmosferą išmestomis emisijomis, kurios buvo sugeneruotos energetikos ir biologinių žaliavų, energijos gamybai. Papildomai 0,74 Gt (9,14%) buvo eksportuota už ES ribų. Kadangi energetikai panaudotos žaliavos iš esmės nebėra panaudojamos antrą kartą, tai tikrasis iš vartojimo, po perdirbimo sugrįžantis žaliavų kiekis į gamybą sudaro beveik 22%. Iš importuojamų žaliavų atskyrus energetikai skirtas medžiagas (1,18 Gt) ir palyginę likusią dalį 0,44 Gt su perdirbama 1,62 Gt apimtimi, galime padaryti išvadą, kad ES iš pakartotinio žaliavų panaudojimo išgauna beveik 4 kartus didesnį kiekį žaliavų, nei importuoja iš išorės.

3 paveikslas

Žaliavų panaudojimo Europos Sąjungoje grandinė, 2021.



Šaltinis: Eurostat. Material flow diagram.

3. Moksliniai tyrimai skirti tvarumo analizei

Tvarumas paskutinių metų mokslinėje literatūroje yra dažnai nagrinėjama ir apžvelgiama tema, ne išimtis ir žaliavų sektorius. Jeigu paskutinių metų vartojimo ir bendras pasaulio pragyvenimo lygis ir toliau augs, OECD vertinimu iki 2060 metų pasaulinė žaliavų paklausa beveik padvigubės nuo 2018 metais panaudotų 90 Gt iki 167 Gt. Pagal tokias apimtis, prognozuojamas žaliavų, pvz., biomasės, iškastinio kuro, metalų ir nemetalinių mineralų, gavybos ir perdirbimo padidėjimas gali pabloginti oro, vandens ir dirvožemio taršą ir reikšmingai prisidėti prie klimato kaitos (MRS Bulletin, 2018). Šis paklausos augimas vyksta nepaisant vis didesnio skaičiaus valstybių perėjimo nuo gamybos prie paslaugų pramonės ir nuolatinio gamybos efektyvumo gerinimo, dėl kurio sumažėjo išteklių, sunaudojamų kiekvienam bendrojo vidaus produkto vienetui, kiekis. OECD vertinimu, tikėtina, kad perdirbimo pramonė, kuri šiuo metu yra dešimtadalį kasybos sektoriaus dydžio pagal šiai tenkančią BVP dalį, taps konkurencingesnė ir augs. Tačiau nepaisant perdirbimo pramonės augimo, prognozuojama, kad ji vis tiek išliks daug mažesnė nei pirminių medžiagų kasyba.

OECD paskelbtoje The Global Material Resources Outlook to 2060 ataskaitoje pateikta pasaulinė septynių metalų (geležies, aliuminio, vario, cinko, švino, nikelio ir mangano), betono, smėlio, žvyro gavybos ir gamybos poveikio aplinkai analizė. Tyrimas parodo, kad šios medžiagos daro didžiausią poveikį oro ir vandens taršai, taip kartu prisideda prie klimato kaitos. Iš šių paminėtų medžiagų, varis ir nikelis daro didžiausią poveikį aplinkai priklausomai nuo išgaunamo jų kiekio, o geležis, plienas ir betonas turi didžiausią absoliutų poveikį dėl didelio šių išteklių panaudojamo kiekio. Verta atsižvelgti ir į energijos gamybai skirtas žaliavas, iškastinį kurą, kurio deginimas išskiria šiltnamio efektą sukeliančias dujas. Dėl išaugusios pasaulinės energijos paklausos šių žaliavų išmetamas CO₂ kiekis manoma išaugs nuo 28 Gt 2018 metais iki 50 Gt 2060-aisiais.

Nors ateities prognozėse yra modeliuojamas didesnis bendras vartojimas ir didesnės išgaunamų žaliavų apimtys, tai nebūtinai tuo pačiu reiškia didesnę žalą aplinkai. Vertinant Europos Sąjungos duomenis, vien per pastaruosius 20 metų Europoje metinis atliekų kiekis vienam gyventojui nuolatos mažėjo. Amžiaus pradžioje vienam gyventojui tekdavo apie 500 kg atliekų per metus, tačiau ES Atliekų pagrindų direktyvos dėka į sąvartynus patenkančių atliekų kiekis kasmet mažėja ir 2014 m. duomenimis šis skaičius siekė 150 kg. Vis dėlto, tai tik perdirbamų medžiagų rezultatas, bet ir populiarėjančio atliekų deginimo, kuris nuo 1995 m. iki 2014 m. išaugo nuo 67 kg iki 127 kg vienam gyventojui (Elza Bontempi, 2017).

Kadangi didžioji dalis taršos (pagal kiekį) ateina iš žaliavų, kurios išgaunamos pirminiu etapu pačioje Europos Sąjungoje (pavyzdžiui žvyras, smėlis, betonas, geležis), šių medžiagų perdirbimui ar panaudojimo efektyvumui nėra skiriamas toks didelis dėmesys mokslinėje literatūroje. Tačiau paskutiniaisiais metais, dėl COVID-19, sutrūkinėjusių žaliavų ir prekių tiekimo grandinių dėka buvo atkreiptas dėmesys į kritinės reikšmės žaliavų panaudojimą. Kritinėmis žaliavomis yra laikomos technologijų gamybai reikalingos medžiagos ir mineralai, kurių vidinė gavyba yra labai ribota arba negalima. Tokiomis medžiagomis yra laikomas kobaltas, volframas, niobis ir kiti retieji žemės gelmių mineralai. Tačiau pats medžiagos priskyrimas kritinėms žaliavoms nėra vienareikšmiškas. Europos Sąjunga kasmet patvirtina sąrašą medžiagų, kurios ekspertų rekomendacijomis yra priskiriamos kritinių medžiagų grupei. Pagrindiniai mokslininkų išskiriami kriterijai yra šie:

- 1) Žaliavos ekonominė reikšmė. Šis kriterijus turi apimti vertinamos medžiagos įtaką ekonominei veiklai ar nacionaliniam saugumui. Numatomi galimi efektai valstybei ar regionui, susidūrus su tiriamos žaliavos trūkumu.
- 2) Žaliavos tiekimo rizika. Šis kriterijus turėtų padėti įvertinti tiekimo grandines, kuriomis daugiausia žaliavos pasiekia regioną. Priklausomai nuo tiekimo kelio ir nuo žaliavą išgaunančio regiono stabilumo priklausys žaliavos tiekimo stabilumas.

Panaudojus šiuos du kriterijus, galima apskaičiuoti pakeitimo rodiklius norimoms žaliavoms. Pakeitimo rodiklis pagal ekonominę reikšmę ir pagal tiekimo riziką atitinkamai parodys kaip paprasta ar sudėtinga yra medžiagą pakeisti kita ar atrasti kitą galimą žaliavos tiekimo kelią (A. H. Tkaczyk, 2018). Čia taip pat atkreiptinas dėmesys, kad vertinamam kritiškumui tiesioginės įtakos neturi medžiagos koncentracija žemėje (retumas).

Mokslininku požiūriu, vienas iš sprendimo būdų sumažinti žaliavų riziką yra kritiškų žaliavų pakeitimas kitomis, nekritiškoms. Žinoma, toks sprendimas yra ribotas, nes tai arba sumažintų ir apribotų gaminių savybes arba sąlygotų išaugusias galutinių produktų kainas. Taip pat, daliai gaminių kai kurios žaliavos šiuo metu vis dar yra nepakeičiamos technologiškai, pavyzdžiui Kobaltas, o netiesioginis efektas pasireikštų dėl išaugusios galimo pakaitalo paklausos, kai nekritiška žaliava, dėl padidėjusios paklausos, taptų kritiškai reikšminga. Kitas sprendimo būdas būtų medžiagų perdirbimas. Pagrindinis perdirbamų medžiagų trūkumas – antram panaudojimui yra sugražinama mažiau medžiagos, nei buvo išgauta pirminėje gamyboje. Tačiau ir pats perdirbimas ne visiškai priklauso vien tik nuo žaliavos. Kuo didesnė skirtingų medžiagų koncentracija gaminyje, tuo sudėtingesnis ir brangesnis yra perdirbimo procesas. Kritinės žaliavos daugiausiai panaudojamas technologijų pramonėje, kuri rinkai pristato vis sudėtingesnius gaminius, o dėl šios priežasties perdirbamų kritinių žaliavų rodiklis paskutiniaisiais metais krenta.

Pagal 2017 metų Europos Komisijos atliktą vertinimą, Kobalto antriniam panaudojimui neatgaunama, Niobio yra perdirbama iki 0,3%, o bendrai retųjų žemės mineralų ES perdirba nuo 3 iki 8 proc. (A. H. Tkaczyk, 2018).

4. Tvarumo vertinimo metodologija

4.1 Kiekybinis modelis.

Šio darbo pagrindinis tikslas yra atlikti Europos Sąjungos valstybių narių vertinimą darnaus žaliavų panaudojimo srityje. Tyrime naudojami oficialios statistikos duomenys, reprezentuojantys žiedinės ekonomikos išsivystymą, o jų apibendrintas įvertinimas atliekamas panaudojus optimizacijos metodus. Tyrimo metu siekiama atlikti atskirų valstybių vertinimą, nustatyti didžiausią pažangą turinčias ES valstybes ir labiausiai atsiliekančias, taip pat identifikuoti galimus skirtumus ir atotrūkius tarp skirtingų ES regionų ir apžvelgti kokia yra pirmaujančių valstybių geroji praktika, leidžianti pasiekti aukščiausią rezultatą.

Atlikti valstybių narių rezultatų stebėseną galima ir iš atskirų rodiklių, reprezentuojančių tam tikrą žiedinės ekonomikos dalį (atliekų rūšiavimo, perdirbimo, pakartotinio panaudojimo lygi), tačiau turint didelį kiekį skirtingų kiekybinių rodiklių yra sudėtinga aprėpti jų visumą ir padaryti išvadas apie bendrą rezultatą. Dėl šios priežasties šiame darbe, kaip ir neretai kituose, panašaus pobūdžio tyrimuose, yra naudinga apjungti tiriamuosius objektus, t. y. tam tikrus ekonominės veiklos rodiklius, į vieną sudėtinį rodiklį. Tokiu būdu daugialypė ir sudėtinga problema gali būti sujungta į vieną rodiklį, suteikiantį galimybę palyginti valstybių rezultatus tarpusavyje. Tačiau svarbu įvertinti ir galimą sudėtinio rodiklio konstravimo trūkumą – agreguotas skirtingų duomenų rezultatas gali lemti klaidinančias išvadas dėl subjektyvumo (pasirinkimo, kaip sudaryti sudėtinius indikatorius, o tai gali apimti svorių priskyrimą skirtingiems rodikliams) ir informacijos praradimo (sudėtinių indikatorių sukūrimas reikalauja originalių duomenų transformacijos arba agregavimo). (Handbook on Constructing Composite Indicators : Methodology and User Guide, 2008)

Vertinimui atlikti šiame darbe panaudojami valstybių statistiniai rodikliai, susiję su tvariu žaliavų panaudojimu, o susisteminta informacija panaudojama daugiakriteriniam sprendimų priėmimui (MCDM Multi-Criteria Decision Making). MCDM yra analitinė metodika, kuria naudojamosi, norint priimti sprendimus, kai yra daug skirtingų kriterijų arba galimybių, į kurias reikia atsižvelgti į priimančią sprendimą, o MCDM procesas padeda įvertinti ir palyginti skirtingas galimybes, atsižvelgiant į jų svarbą ir tarpusavio sąveiką, siekiant rasti optimalų sprendimą. Šiam vertinimui tinkamas MCDM metodas būtų "WASPAS-N" ("Weighted Aggregated Sum Product Assessment - Normalized"). Šis metodas yra "WASPAS" (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) metodo modifikacija, naudojamo daugiakriteriniame sprendimų priėmime. Pagrindinis "WASPAS-N" tikslas yra išspręsti tam tikras metodologines problemas, susijusias su

vidutinės vertės apskaičiavimu naudojant tiesinę normalizaciją. Jis yra taikomas situacijose, kai turime daug kriterijų ir norime įvertinti alternatyvas remiantis šiais kriterijais.

Pagrindiniai "WASPAS-N" vertinimo etapai (Handbook on Constructing Composite Indicators : Methodology and User Guide, 2008):

- Sudaroma daugiakriterinio sprendimų priėmimo (MCDM) problema, kurią galima reprezentuoti sprendimų matrica. Matricoje yra n alternatyvų ir m kriterijų. Kiekvienas elementas x_{ij} atspindi alternatyvos i reitingą pagal j kriterijų.
- Sprendimų matrica X normalizuojama naudojant tiesinę normalizaciją, taikant atskirą formulę naudojant naudos ir kaštų kriterijus, kas padeda pereiti prie vienodos skalės.
- "WASPAS-N" metodas naudoja svertinį vidurkį ir svertinį geometrinį vidurkį kaip dviejų tipų vidurkius, kurie leidžia įvertinti alternatyvas.

Šis metodas taip pat atlieka normalizaciją su maksimaliomis vertėmis, siekiant įveikti metodologines problemas, kurios gali kilti lyginant tiesinį ir geometrinį vidurkį.

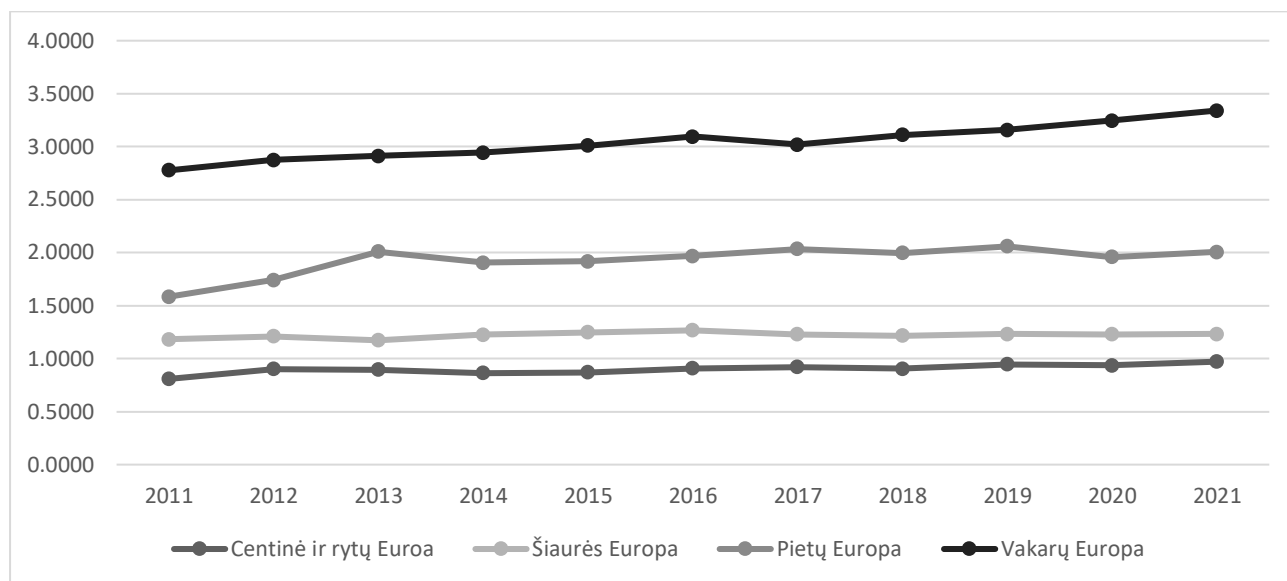
4.2 Kintamieji.

Tyrimo matavimams atlikti naudojami Eurostat surenkami statistiniai tvarios ekonomikos indikatoriai. Atskirų kintamųjų dinamikos analizei panaudojamas valstybių narių grupavimas pagal Europos regionus: Šiaurės Europa, Vakarų Europa, Pietų Europa, Centrinė ir rytų Europa.

Resursų produktyvumas - Šis rodiklis apibrėžiamas kaip bendras vidaus produktas, padalintas iš vidaus žaliavų suvartojimo (domestic material consumption, DMC). DMC matuoja visą ekonomikos tiesiogiai naudojamų žaliavų kiekį. Tai apibrėžiama kaip metinis kiekis žaliavų, išgautų iš vietinės ekonomikos teritorijos, pridedant importo ir eksporto skirtumą. Aukštesnės resursų produktyvumo vertės identifikuoja efektyvų žaliavų panaudojimą, sukuriantį daugiau vertės ekonomikai. Šioje srityje Vakarų Europos šalys beveik trigubai lenkia likusias ES valstybes (4 pav.), čia vienas kilogramas gamyboje panaudotų žaliavų sukuria 3 € bendrojo vidaus produkto, kai centrinėje ir rytų Europoje sukuriami 0,9 € vertės. Lyderiaujančios šalys pagal produktyvumą yra Liuksemburgas (4,14 €/kg), Nyderlandai (4,03 €/kg), Italija (3,36 €/kg), kai mažiausią produktyvumą turi mažiau išsivysčiusios ES narės: Bulgarija (0,34 €/kg), Rumunija (0,39 €/kg) ir Estija (0,60 €/kg)

4 paveikslas

Išteklių produktyvumas Europos Sąjungoje, 2011-2021 m., €/kg.



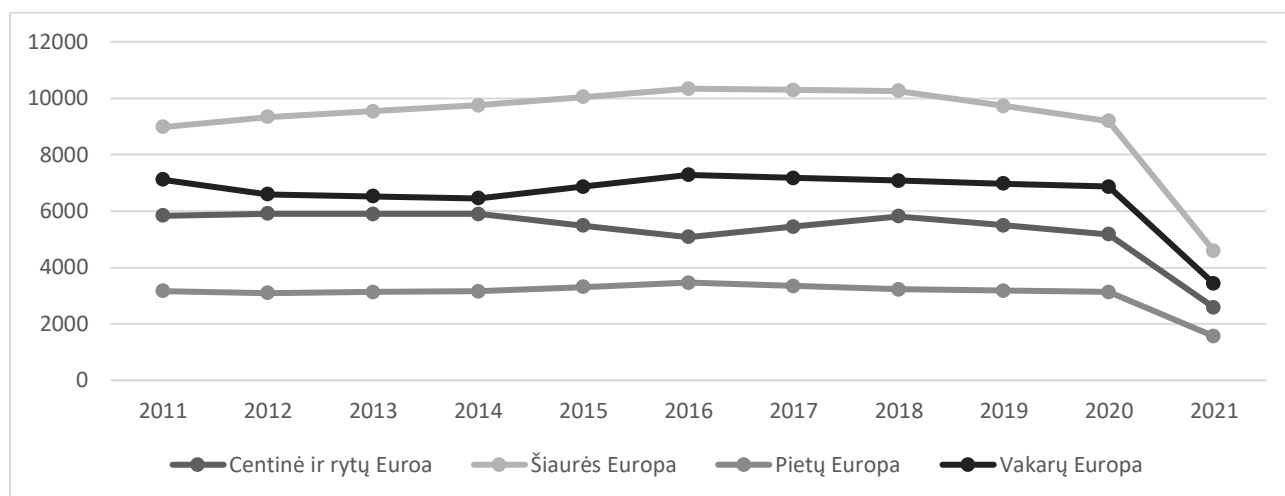
Šaltinis: Eurostat. Sudaryta autoriaus.

Atliekų generavimas vienam gyventojui apibrėžiamas kaip visų šalyje sugeneruotų atliekų, įskaitant pagrindines mineralines atliekas suma, padalinta iš šalies vidutinio gyventojų skaičiaus. Rodiklis matuojamas kilogramais vienam gyventojui.

Per paskutinius 10 metų sugeneruojamas atliekų kiekis vienam gyventojui išliko pastovus ir siekė apie 5 000 kg vienam gyventojui Europos Sąjungoje. Galima pastebėti, kad šis rodiklis gana ženkliai skiriasi skirstant valstybes nares pagal geografinį regioną, daugiausiai dėl į statistiką įtraukiamų energetinių išteklių, kurių Šiaurės Europos valstybės sunaudoja daugiausiai (5 pav.). Nuo 2021 metų yra stebimas ženklus kritimas, nulemtas COVID-19 pandemijos, kai buvo apribota gyventojų ir verslo subjektų ūkinė veikla, lėmusi sumažėjusį vartojimą ir tuo pačiu atliekų susidarymą. Paskutiniu dešimtmečiu mažiausią atliekų kiekį sukurdavo Latvija (1 112 kg), Kroatija (1 128 kg) ir Portugalija (1 384 kg), o didžiausias apimtis generuodavo Suomija (19 380 kg), Bulgarija (18 718 kg) ir Estija (15 442 kg).

5 paveikslas

Atliekų generavimas vienam gyventojui Europos Sąjungoje, 2011-2021 m. kg / vienam gyventojui.

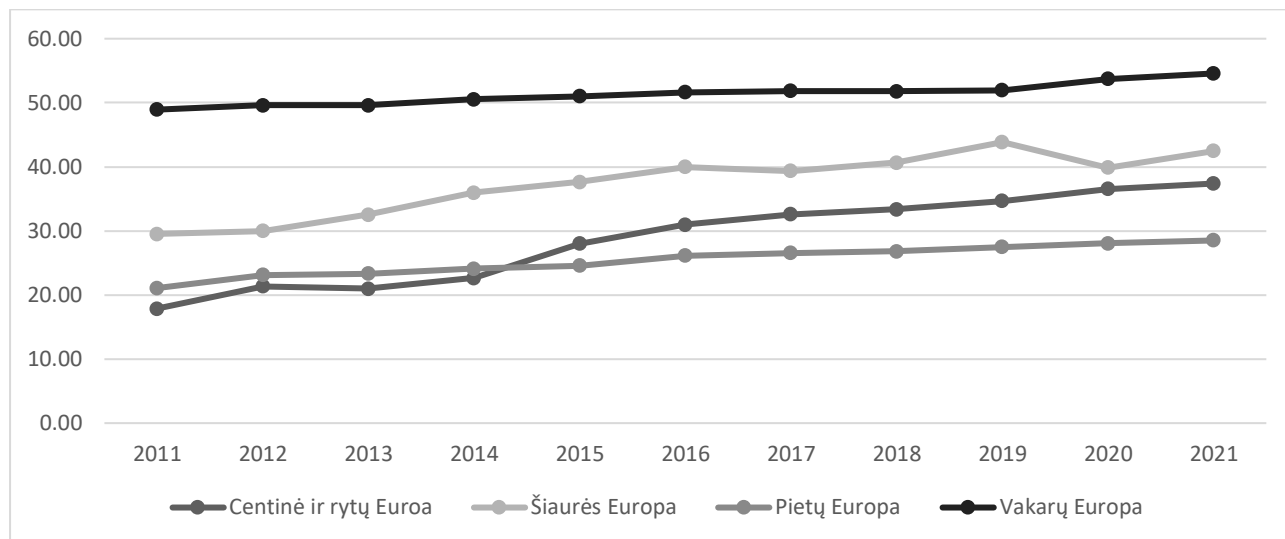


Šaltinis: Eurostat. Sudaryta autoriaus.

Komunalinių atliekų perdirbimo lygis matuoja perdirbtų komunalinių atliekų dalį nuo viso komunalinių atliekų kiekio ir yra išreikštas procentais. Perdirbimas apima medžiagos perdirbimą, kompostavimą ir anaerobinį skaidymą. Analizuojamu laikotarpiu perdirbamas atliekų lygis augo visoje Europos Sąjungoje ir siekė apie 44,8% Bendrijos lygiu. Iš pateikto grafiko galima matyti, kad šis rodiklis žymiai skiriasi grupuojant valstybes pagal geografinį regioną (6 pav.). Paskutiniu dešimtmečiu daugiau nei pusę (51,4%) susidariusių komunalinių atliekų pavyksta perdirbti Vakarų Europos valstybėms, po kurių seka Šiaurės Europa (37,4%), o mažiausią perdirbamų atliekų santykį turi Pietų Europa (25,8%).

6 paveikslas

Komunalinių atliekų perdirbimo lygis, 2011-2021 m. %.

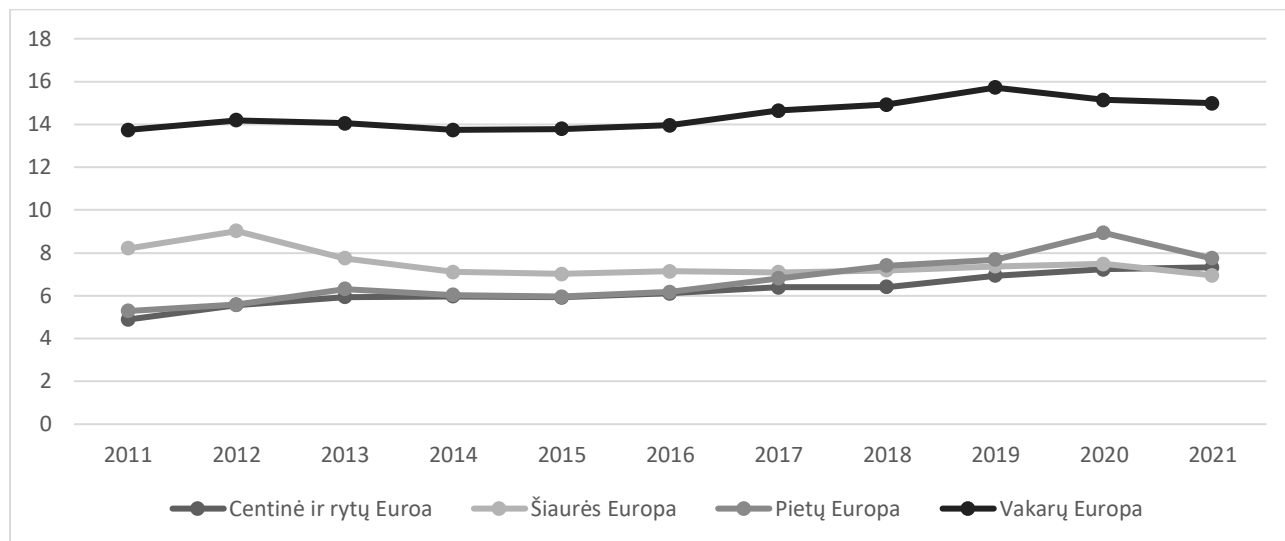


Šaltinis: Eurostat. Sudaryta autoriaus.

Žiedinio medžiagų naudojimo lygis – rodiklis, kuris matuoja medžiagų dalies, perdirbtos ir grąžintos į ekonomiką, taupant pirminių žaliavų išgavimą, medžiagų naudojimo dalį. Žiedinis žaliavų naudojimas, apibrėžiamas kaip santykis tarp medžiagų žiedinio naudojimo ir viso medžiagų naudojimo. Visas medžiagų naudojimas matuojamas sumuojant bendrą vidaus žaliavų suvartojimą (DMC) ir medžiagų pakartotinio naudojimo kiekį. Medžiagų žiedinio naudojimo kiekis yra apskaičiuojamas kaip perdirbtų atliekų kiekis vietinėse perdirbimo įmonėse, iš jo atimant importuotas atliekas, skirtas perdirbimui, ir eksportuotas atliekas, skirtas perdirbimui užsienio rinkose. Didelė žiedinio medžiagų naudojimo rodiklio vertė rodo, kad daugiau antrinių medžiagų pakeičia pirmines žaliavas, taip mažinant pirminių medžiagų išgavimo poveikį aplinkai. Analizuojamu laikotarpiu žiedinio medžiagų naudojimo lygis augo visoje Bendrijoje ir siekė apie 11,5% Europos Sąjungos mastu. Iš grafiko (7 pav.) galima matyti, kad šis rodiklis žymiai skiriasi lyginant Europos regionus, o labiausiai išsiskiria Vakarų Europos šalys. Paskutiniu dešimtmečiu 14,5% medžiagų Vakarų Europos šalyse buvo naudojamos „žiediškai“. Likusių regionų pažanga šiuo klausimu buvo labai panaši ir siekė 6,4-7,4% vidurkį.

7 paveikslas

Žiedinio medžiagų naudojimo lygis, 2011-2021 m. %.

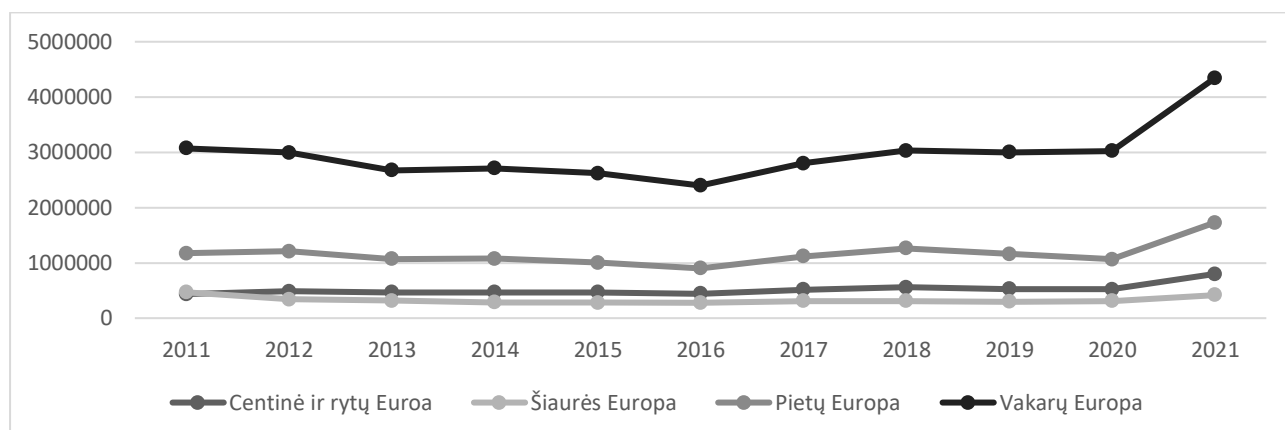


Šaltinis: Eurostat. Sudaryta autoriaus.

Perdirbamų žaliavų prekyba – rodiklis, kuris matuoja kiekius išrinktų atliekų kategorijų ir šalutinių produktų, kuriais yra prekiaujama tarp Europos Sąjungos narių (intra-EU) ir už Europos Sąjungos ribų (extra-EU). Perdirbamų žaliavų prekyba tarp Europos Sąjungos šalių matuojama kaip importas iš ES šalių, o importas iš ne ES šalių ir eksportas į ne ES šalis matuojamas kaip žaliavų eksportas.

8 paveikslas

Perdirbamų medžiagų prekyba (prekyba perdirbtomis žaliavomis ES ribose), 2011-2021 m. %.



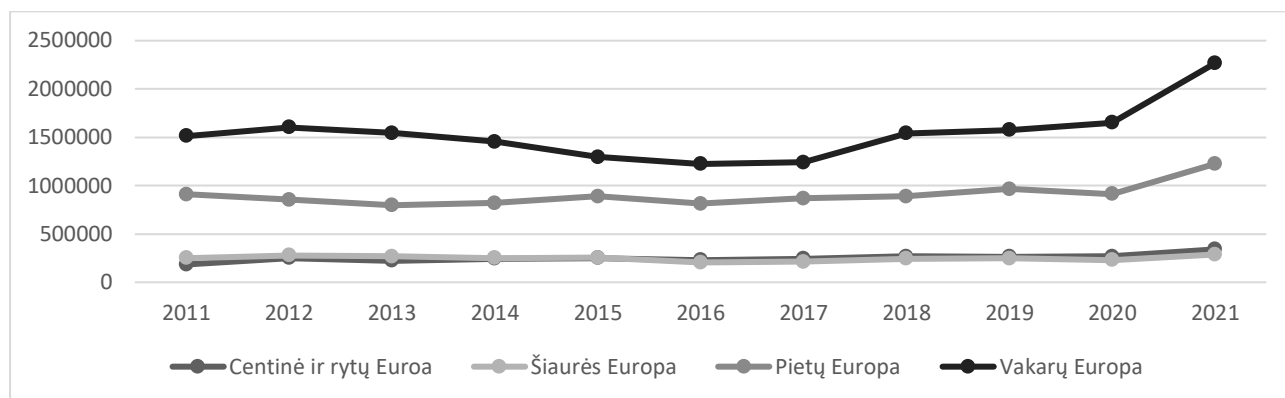
Šaltinis: Eurostat. Sudaryta autoriaus.

Perdirbamų žaliavų prekyboje ES viduje Vakarų Europos šalys sudaro 60% visos ES apyvartos ir šis atotrūkis panašus, kad išliks ir ateinančiais periodais, dėl taip pat didžiausių augimo tempų, lyginant su kitais regionais. Pagrindinės valstybės sudarančios didžiąją dalį prekybos yra

Vokietija, Belgija, Italija. Beveik identiška situacija yra su perdirbtų produktų eksportu už Bendrijos ribų, čia Vakarų šalys užima 55% rinkos dalies, o pagal apimtį pirmuoja tos pačios šalys – Vokietija ir Italija.

9 paveikslas

Perdirbamų medžiagų prekyba (prekyba perdirbtomis žaliavomis už ES ribų), 2011-2021 m. %.



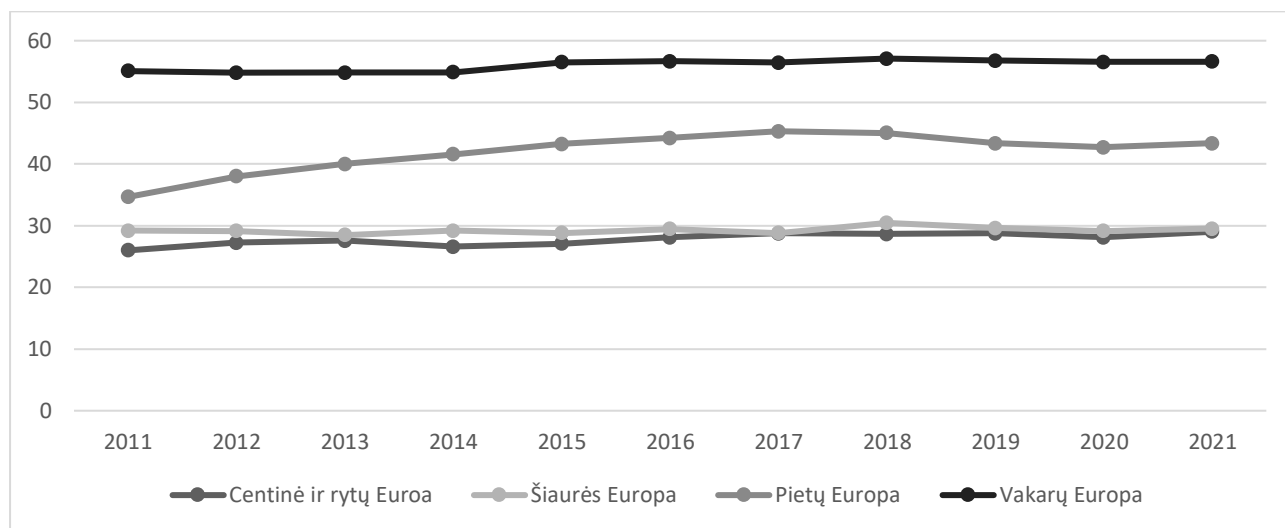
Šaltinis: Eurostat. Sudaryta autoriaus.

Priklausomybė nuo žaliavų importo - rodiklis suteikia santykį tarp importo (IMP) ir tiesioginių medžiagų įvesties (DMI) procentais. Medžiagų importo priklausomybė rodo, kiek ekonomika priklauso nuo importo, siekdama patenkinti savo medžiagų poreikius. Vienas iš Europos Sąjungos tikslų yra sumažinti priklausomybę nuo užsienio valstybių tiekiamų žaliavų, taip valdant tiekimo grandinių riziką, kuri sukelia problemas ekonomikoje, kaip tai įvyko COVID-19 pandemijos metu.

Didžiausią dalį žaliavų į savo ekonomiką importuoja Vakarų (vidutiniškai 56%) ir Pietų (vidutiniškai 43%) ES valstybės. Šis santykis paskutiniaisiais metais daugiausiai išliko pastovus, išskyrus Pietų regioną, kurio priklausomybė nuo importo 2011-2017 metais pastoviai augo ir paskutiniaisiais metais nusistovėjo panašiam lygyje. Mažiausiai priklausomos šalys šioje srityje yra centrinės ir rytų Europos valstybės: Rumunija (9,8%), Bulgarija (15,6%) ir Lenkija (18,1%), visiškai priešingas rezultatas matomas Vakarų šalyse, ypač mažose valstybėse: Liuksemburgas (90%), Nyderlandai (77,9%), Malta (72,3%).

10 paveikslas

Valstybių priklausomybė nuo žaliavų importo 2011-2021 m. %.



Šaltinis: Eurostat. Sudaryta autoriaus.

5. Tvaraus žaliavų panaudojimo Europos Sąjungoje vertinimas

5.1 Normalizavimas.

Integruoto žaliavų panaudojimo vertinimui naudojami šiame darbe anksčiau aptarti statistiniai rodikliai. Prieš taikant daugiakriterinį sprendimų priėmimo modelį, turimos rodiklių reikšmės yra standartizuojamos, panaudojant tiesioginį normalizavimą, kai maksimizuojamos reikšmės yra dalinamos iš didžiausio rodiklio įverčio, o minimizuojamos reikšmės yra panaudojamos kaip daliklis mažiausiam rodiklio įverčiui.

Maksimalios reikšmės naudojamos komunalinių atliekų perdirbimo lygiui, resursų produktyvumui, žiedinio medžiagų naudojimo lygiui ir perdirbamų medžiagų prekyba (prekyba perdirbtomis žaliavomis ES ribose) normalizuoti, t. y. rodikliams, kurių norimas rezultatas arba reikšmės būtų didžiausios. Reikšmės maksimizuojamos naudojant formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad [1]$$

Minimalios reikšmės naudojamos atliekų generavimas vienam gyventojui, priklausomybei nuo žaliavų importo, perdirbamų medžiagų prekybai (prekyba perdirbtomis žaliavomis už ES ribų) normalizuoti, t. y. rodikliai, kurių siekiamas rezultatas turi būti kuo žemesnis. Reikšmės minimizuojamos naudojantis formule:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad [2]$$

Atlikus maksimizavimo ir minimizavimo operacijas, gauti rezultatai yra perkeltami į verčių lentelę. Naujai sudarytos matricos eilutėse yra valstybių narių pavadinimai, o stulpeliuose iš operacijų gauti kintamųjų įverčiai, kurie toliau bus naudojami daugiakriteriniame sprendimų priėmimo modelyje.

2 lentelė

Apskaičiuotos vidutinių normalizuotų reikšmių vertės, 2021 m..

Valstybė	Komunalinių atliekų perdirbimo lygis	Atliekų generavimas vienam gyventojui	Žiedinis žaliavų panaudojimas	Resursų produktyvumas	Priklausomybė nuo žaliavų importo	Prekyba perdirbtomis žaliavomis ES ribose	Prekyba perdirbtomis žaliavomis ne ES ribose
Belgija	0,81858	0,25140	0,60651	0,71603	0,13717	0,67795	0,00013
Bulgarija	0,41593	0,08835	0,14497	0,07342	0,65359	0,03861	0,00268
Čekija	0,63864	0,41217	0,33728	0,24537	0,30120	0,10732	0,00275
Danija	0,84956	0,42948	0,23077	0,47074	0,26596	0,05821	0,00076
Vokietija	1,00000	0,30742	0,37574	0,57828	0,25063	1,00000	0,00007
Estija	0,44690	0,12193	0,44675	0,15115	0,34130	0,01078	0,00816
Airija	0,57965	0,45659	0,05917	0,77726	0,30395	0,01573	0,00094
Graikija	0,34145	0,55941	0,10059	0,35066	0,24038	0,03320	0,00054
Ispanija	0,54130	0,66502	0,23669	0,54252	0,25575	0,30515	0,00019
Prancūzija	0,64602	0,32288	0,58580	0,62956	0,28249	0,21154	0,00034
Kroatija	0,46313	1,00000	0,16864	0,25444	0,28169	0,02027	0,00993
Italija	0,76549	0,50408	0,54438	0,71590	0,21142	0,47180	0,00015
Kipras	0,22566	0,59534	0,08284	0,28107	0,31348	0,00301	0,00921
Latvija	0,65044	0,98801	0,18343	0,19970	0,31847	0,01673	0,00729
Lietuva	0,65339	0,61895	0,11834	0,17026	0,26385	0,02653	0,00175
Liuksemburgas	0,81563	0,10145	0,11243	0,84708	0,11161	0,09690	0,00756
Vengrija	0,51475	0,84309	0,20118	0,21223	0,35842	0,05640	0,01090
Malta	0,20059	0,21659	0,33728	0,44392	0,14286	0,00058	1,00000
Nyderlandai	0,85251	0,20669	1,00000	1,00000	0,12180	0,32239	0,00021
Austrija	0,92183	0,19190	0,36391	0,47824	0,23095	0,21162	0,00155
Lenkija	0,59440	0,33014	0,26923	0,17176	0,50761	0,17182	0,00035
Portugalija	0,44838	0,91998	0,07396	0,25425	0,33113	0,05204	0,00261
Rumunija	0,16667	0,20210	0,04142	0,07565	1,00000	0,03774	0,00198
Slovėnija	0,89676	0,41471	0,32544	0,33944	0,22075	0,05713	0,00107
Slovakija	0,72124	0,63376	0,24556	0,29792	0,22124	0,04482	0,01003
Suomija	0,57522	0,07064	0,05917	0,20269	0,54645	0,02257	0,00482
Švedija	0,58260	0,10113	0,19527	0,39343	0,44444	0,07640	0,00100

Šaltinis: Sudaryta autoriaus.

5.2 WASPAS-N metodo taikymas.

Atlikus normalizavimą tyrime pereinama prie daugiakriterinio modelio konstravimo – šiuo atveju pasirinkti WASPAS-N modelio modifikacijos. Normalizuotų reikšmių matricos reikšmės dauginamos iš pasirinktų svorių, o šios sandaugos sumuojamos, apskaičiuojant apibendrintą tiriamosios šalies balą, kurio dydis apibendrina šalies rezultatą. Tokiu būdu įvertinamas valstybės indėlis (šiuo atveju Q reikšmė), kuris apibendrina šalies pasiekimus vykdant tvarios, žiedinės ekonomikos įgyvendinimą. Q reikmė apskaičiuojama pagal formulę (3).

$$Q_i = \sum_{j=1}^m \bar{x}_{ij} \omega_j \quad [3]$$

Vienas iš svarbiausių tyrimo etapų yra modelyje panaudojamų kintamųjų svorių pasirinkimas. Šiame tyrimo etape įvertinamas kintamųjų reikšmingumas pagrindiniam šio darbo klausimui – tvaraus žaliavų panaudojimui. Naudojami svoriai pasirenkami ne atsitiktinai, didesnę reikšmę suteikiant perdirbimo ir žiedinės ekonomikos rodikliams, šiek tiek sumažinant ne taip tiesiogiai su tvarium ekonomikos vystymų susijusių duomenų svarbą skaičiavime. Remiantis šiomis kriterijų reikšmingumo prielaidomis, didžiausią svorį tyrime įgauna komunalinių atliekų perdirbimo lygis, žiedinio medžiagų panaudojimo lygis, resursų produktyvumas ir atliekų generavimas vienam gyventojui (visiems kriterijams priskiriama po 0,2 svorio modelyje). Taip yra pasirenkama todėl, kad šie rodikliai siejami tiesiogiai su žaliavų naudojimo, kai tuo tarpu priklausomybė nuo žaliavų importo ar prekyba žaliavomis jau yra netiesiogiai su tiriamu objektu susiję kintamieji. Likusiems rodikliams yra priskiriami vienodi svoriai (1/15), argumentuojant tuo, kad tyrimo eigoje neidentifikuota daugiau objektyvių priežasčių, kodėl likę kriterijai būtų vienas už kitą reikšmingesni tyrime. Rodikliams priskirtos svorių reikšmės pateikiamos lentelėje nr. 3.

3 lentelė

Žaliavų panaudojimo tvarumo rodikliams priskirtos svorių reikšmės.

Kintamasis	Svoris
<i>Komunalinių atliekų perdirbimo lygis</i>	1/5
<i>Žiedinio medžiagų naudojimo lygis</i>	1/5
<i>Resursų produktyvumas</i>	1/5
<i>Atliekų generavimas vienam gyventojui</i>	1/5
<i>Priklausomybė nuo žaliavų importo</i>	1/15
<i>Perdirbamų medžiagų prekyba (prekyba perdirbtomis žaliavomis ES ribose)</i>	1/15
<i>Perdirbamų medžiagų prekyba (prekyba perdirbtomis žaliavomis už ES ribų)</i>	1/15

Šaltinis: Sudaryta autoriaus.

5.3 Rezultatai

Atliktas vertinimas leidžia surikiuoti šalis pagal šių žiedinės ekonomikos vykdymo rezultata: pirmaujančios šalys – Vakarų Europos valstybės – Vokietija, Nyderlandai, Belgija, užima pirmąsias vietas, tarp jų patenka ir viena Pietų Europos valstybė - Italija. Kaip ir buvo tikėtasi Kipras, Bulgarija ir Rumunija atsidūrė sąrašo apačioje, demonstruodamos žemiausius rezultatus. Prie prasčiausiai įvertintų valstybių atsidūrė ir Šiaurės Europos valstybė – Suomija, kas nebuvo prognozuota tyrimo pradžioje. Peržiūrėjus Suomijos kintamųjų duomenis atidžiau, galima pastebėti, kad šaliai prastą rezultatą lemia tris kartus Europos Sąjungos vidurkį viršijantis atliekų generavimas vienam gyventojui ir keturis su puse karto mažesnis žiedinio žaliavų panaudojimo rodiklis. Kadangi komunalinių atliekų perdirbimo procentas yra žemesnis už bendrijos vidurkį, galima daryti prielaidą, kad Suomija daug neišsiskiria savo namų ūkių elgsena tvarumo klausimu nuo pažangių Europos valstybių, tačiau prastus statistinius rodiklius lemia kita šalies vykdoma ūkinė veikla.

4 lentelė

WASPAS-N modelio rezultatai.

Nr.	Valstybė	Q (2021 m.)
1	Vokietija	0,702
2	Nyderlandai	0,701
3	Italija	0,643
4	Belgija	0,642
5	Prancūzija	0,536
6	Ispanija	0,509
7	Austrija	0,480
8	Latvija	0,473
9	Malta	0,468
10	Danija	0,461
11	Slovėnija	0,451
12	Kroatija	0,440
13	Vengrija	0,439
14	Airija	0,439
15	Slovakija	0,435
16	Liuksemburgas	0,419
17	Portugalija	0,416
18	Lenkija	0,409
19	Čekija	0,409

20	Lietuva	0,371
21	Švedija	0,359
22	Graikija	0,325
23	Estija	0,305
24	Rumunija	0,305
25	Kipras	0,302
26	Suomija	0,296
27	Bulgarija	0,284

Šaltinis: Sudaryta autoriaus.

Tokį galutinį rezultatą su pirmaujančiomis ir atsiliekančiomis valstybėmis galima analizuoti detaliau, sugrįžtant prie šių šalių statistinių rodiklių. Vokietija ir Nyderlandai pagal normalizuotų tyrimo duomenų lentelę surinko maksimalų balų kiekį net dviejose kintamuosiuose, o trečioje vietoje likusi Belgija net keturiose kategorijose viršijo 0,5 balų ribą. Vokietijai didžiausią balų kiekį suteikė aktyvi prekyba perdirbtomis medžiagomis Europos Sąjungoje ir aukščiausias komunalinių atliekų perdirbimo lygis, kai Nyderlandų aukštą reitingo vietą nulėmė didžiausias žaliavų produktyvumas ir tuo pačiu žiedinis jų panaudojimas. Nors Belgija nepirmauja nei viename iš išvardintų rodiklių, visuose yra surinkusi daugiau nei 0,5 balų. Pastebėtina, kad šių valstybių rezultatą bendrai teigiamai veikia perdirbtų atliekų eksportas Europos Sąjungos viduje, tačiau visos išsivysčiusios šalys pasižymi dideliu atliekų kiekiu, kuris ten vienam gyventojui ir sąlyginai aukšta priklausomybe nuo žaliavų importo. Analizuojant reitingo apačioje esančių valstybių panašumus pastebimas bendras šių šalių privalumas – sąlyginai nedidelė priklausomybė nuo žaliavų importo. Tačiau šis vienas kintamasis nepadaeda įvertinti žaliavų panaudojimo tvarumo, o valstybės kaip Bulgarija, Kipras, Rumunija turi žemiausius rodiklius komunalinių atliekų perdirbime ir žiediniame žaliavų panaudojime, kas nulemia šių valstybių žemiausią reitingavimą apibendrinus visų kintamųjų rezultatus.

Palyginant atskirų Europos regionų surinktų balų vidurkius galima pamatyti kitokį rezultatą, nei atskirų rodiklių analizėje stebėtos tendencijos. Nors Vakarų Europa, kaip ir tikėtasi, yra lyderiaujantis regionas pagal tvarų žaliavų panaudojimą, Šiaurės Europos šalys šiame tyrime pasirodo esančios prasčiausiai integravusios antrinę medžiagų panaudojimą į savo ekonomikas.

5 lentelė

WASPAS-N modelio rezultatai pagal regionus.

Regionas	Q (2021)	Q (2011)	pokytis
Vakarų Europa	0,560	0,534	0,026
Pietų Europa	0,444	0,368	0,076
Centrinė ir rytų Europa	0,396	0,335	0,061
Šiaurės Europa	0,377	0,350	0,027

Šaltinis: Sudaryta autoriaus.

Apžvelgiant Šiaurės valstybes pagal atskirų šalių įvertinimą, žemiausiai įvertintos regiono valstybės yra Suomija (26), Estija (23 vieta) ir Švedija (21 vieta), kurias nežymiai lenkia Lietuva (20 vieta). Regiono šalus lyderės yra Danija (10) ir Latvija (8). Nors Danijos įvertinimas 10-oje vietoje neatrodo kaip išskirtis, dėl aukšto komunalinių atliekų perdirbimo procento ir didelio žaliavų produktyvumo, tačiau Latvijos įvertinimas 8-a vieta yra netikėtas rezultatas. Pagrindinis Latvijos surinkto aukšto balo svoris gaunamas iš to paties kintamojo, kuris nusmukdo Suomiją – atliekų generavimo vienam gyventojui. Remiantis statistiniais duomenimis, Latvija yra antra šalis Europos Sąjungoje pagal mažiausią atliekų vienam gyventojui kiekį, o tai prideda 0,197 vertės (0,2 maksimalus įvertis) prie šaliai apskaičiuoto Q įverčio, kuris bendrai siekė 0,47, kai tuo tarpu Lietuva pagal šį rodiklį užima 7-ą vietą. Pagal kitus tirtus kintamuosius, Latvijos rezultatas iš esmės žymiai nesiskiria nuo Lietuvos. Apibendrinant šio regiono rezultata - 2011 metų duomenimis, Šiaurės Europos valstybės buvo labiau pažengusios nei Centrinės ir Rytų Europos šalys ir ne daug atsiliko nuo Pietų regiono valstybių, tačiau paskutiniaisiais (2021) metų duomenimis tai yra prasčiausiai pasirodantis regionas. Taigi remiantis tyrimo rezultatu, galima teigti, kad regionas, kuriam priskiriama Lietuva turi daugiausiai vietos pažangai žiedinės ekonomikos įdiegimo link.

IŠVADOS

1. Europos Sąjungoje žaliavų gavybos sektorius paskutinius dešimtmečius traukėsi, buvo uždarama daugiau metalų ir mineralų gavybos vietų nei atidaroma, tuo pačiu Europa nuo kitų pasaulio regionų atsiliko ir žaliavų sektoriaus įrangos ir technologijų gamybos srityje. Siekiant išspręsti iš žaliavų trūkumo kylančias rizikas yra investuojama į gyventojų požiūrio į žaliavų gavybą pakeitimą, kuris tapo vienu didžiausių trikdžių išteklių gavyboje ES viduje.
2. Europos Sąjunga iškėlė tikslą tiesinę ekonomiką pakeisti į žiedinę, tačiau toks perėjimas greitu metu nebus įmanomas. Perdirbamų žaliavų kiekis labai priklauso nuo jų savybių. Energetikai panaudojamos medžiagos beveik nebepanaudojamos antrą kartą, todėl iš esmės negali veikti žiedinės ekonomikos sąlygomis. Mokslininkai taip pat skeptiškai vertina perdirbamų medžiagų apimčių statistiką, kuri skaičiuojama pagal plačius pakartotinio panaudojimo apibrėžimus.
3. Prognozuojamas galimas panaudojamų žaliavų kiekio padvigubėjimas per ateinančius 40 metų, kuris nulems ir beveik padvigubėjusį atliekų ir emisijų kiekį. Mokslinėje literatūroje kaip pagrindinė rizika Europos Sąjungai yra išskiriama kritinių žaliavų grupė. Tvarus kritinių žaliavų panaudojimas, pakeitimo ar perdirbimo technologijų paieška – svarbiausi uždaviniai ES liečiantys žaliavų sektorių.
4. Su žiedine ekonomika susijusių rodiklių įvertinimas parodė, kad nors ir nedideliais tempais ir su didesniais atotrūkiiais tarp skirtingų Europos regionų, tačiau judama tvaresnės ekonomikos vystymo link. Auga tiek perdirbamų atliekų dalis, tiek žaliavų produktyvumas ir tarptautinė prekyba perdirbtomis žaliavomis.
5. Atliktas WASPAS-N metodo vertinimas parodė, kad tvariausiai žaliavas naudoja Vakarų ir Pietų Europos valstybės – Vokietija, Nyderlandai, Italija, Belgija. Žemiausius rezultatus rodo Šiaurės ir Centrinės ir rytų Europos šalys – Bulgarija, Suomija, Rumunija.

PASIŪLYMAI

1. Remiantis atlikto žaliavų panaudojimo tvarumo vertinimo rezultatais ir rezultatų analize, pirminis valstybių tikslas turėtų būti nebūtinio arba perteklinio vartojimo mažinimas, kurio tikslas sumažinti generuojamų atliekų kiekį. Sumažinus nuo vartojimo likusių atliekų skaičių automatiškai gaunama didesnė perdirbtų ir pakartotinam vartojimui pateiktų žaliavų dalis.
2. Europos Sąjungos valstybės turėtų peržiūrėti ir įvertinti daugiausiai importuojamų žaliavų panaudojimą žiedinėje ekonomikoje. Perdirbant ir iš naujo panaudojant strateginės reikšmės žaliavas yra naudinga ne tik aplinkai, bet mažina priklausomybę nuo užsienio partnerių ir sumažina su tiekimo grandinėmis susijusias rizikas.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Richard Schodde (2017). *Time Delay Between Discovery And Development – Is It Getting More Difficult?* Prieiga internetu: <http://minexconsulting.com/time-delay-between-discovery-and-development-is-it-getting-more-difficult/>
- European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, (2021). *3rd Raw Materials Scoreboard : European innovation partnership on raw materials*, Publications Office. Prieiga internetu: <https://data.europa.eu/doi/10.2873/567799>
- World Bank (2016). *Special Focus from Commodity Discovery to Production: Vulnerabilities and Policies in LICs*. Prieiga internetu: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/375921452034669380-0050022016/original/GlobalEconomicProspectsJanuary2016Fromcommoditydiscoverytoproduction.pdf>
- European Commission (2020). *Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability*. Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>
- European Commission (2020). *Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report*. Prieiga internetu: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c0d5292a-ee54-11ea-991b-01aa75ed71a1/language-en>
- European Innovation Partnership (2021). Prieiga internetu: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/eb052a18-c1f3-11eb-a925-01aa75ed71a1>
- Fraser Institute (2020). *Survey of mining companies 2020*. Prieiga internetu: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/annual-survey-of-mining-companies-2020.pdf>
- Paul Mitchell (2022). *Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2023*. Prieiga internetu: https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/risks-opportunities
- Ludger Benighaus (2018). *Online-survey of public opinion in Spain, Germany and Finland*. Prieiga internetu: https://www.infactproject.eu/wp-content/uploads/2018/06/INF_DIA_D_2.4_Survey_Public_Opinion_final.pdf

S&P Global (2019). *World Exploration Trend*. Prieiga internetu:

<https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/documents/world-exploration-trends-march-2019.pdf>

European Commission (2015). *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*.

Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0614&from=EN>

European Commission (2020). *A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*. Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098&from=EN>

Håvard Bergsdal (2018). *Projection of Construction and Demolition Waste in Norway*. Prieiga internetu: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1162/jiec.2007.1149>

European Commission (2011). *Tackling the challenges in commodity markets and on raw materials*. Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0025:FIN:en:PDF>

Luca Ciacci (2015). *Environmental Science&Technology: Lost by Design*. Prieiga internetu:

<http://wealthfromwaste.net/wp-content/uploads/2015/09/Lost-by-Design.pdf>

Eurostat. *Circular Economy Indicators*. Prieiga internetu:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/>

European Commission (2020). *Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability*. Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>

European Commission (2017). *Accompanying the Communication from the Commission on the Annual Growth Survey 2018*. Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0674&from=EN>

Eurostat. *Annual detailed enterprise statistics for industry (NACE Rev. 2, B-E)*. Prieiga internetu:

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SBS_NA_IND_R2/default/table?lang=en

European Commission (2018). *A Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. Prieiga internetu:

<https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vktvm72o8kyq>.

Eurostat. *Material flow diagram for European Union*. Prieiga internetu:

https://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/circular_economy/sankey.html?geos=E_U27&year=2021&unit=G_T&materials=TOTAL&highlight=&nodeDisagg=0101100100&flowDisagg=false&translateX=200&translateY=70&scale=0.6&language=EN&xyz=89&material=F6_3_1

Mehdi Keshavarz-Ghorabae (2021). *Determination of Objective Weights Using a New Method Based on the Removal Effects of Criteria (MERECE)*. Prieiga internetu:

<https://www.dpi.com/2073-8994/13/4/525>

MRS Bulletin (2018). *Raw materials use to double by 2060 with severe environmental consequences*. Prieiga internetu: <https://rdcu.be/c2sqq>

Elza Bontempi (2017). *A new approach for evaluating the sustainability of raw materials substitution based on embodied energy and the CO2 footprint*. Prieiga internetu:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617311976>

A. H. Tkaczyk (2018). *Sustainability evaluation of essential critical raw materials: cobalt, niobium, tungsten and rare earth elements*. Prieiga internetu:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/aaba99/pdf>

OECD/European Union/EC-JRC (2008), *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*, OECD Publishing. Prieiga

internetu: <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>.

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF THE USE OF RAW MATERIALS IN THE EUROPEAN UNION

TOMAS SAVICKAS

Master thesis

Economic analysis

Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration

Supervisor – doc. Tomas Baležentis

Vilnius, 2023

SUMMARY

The aim of the study is to assess the sustainability of resources used in the European Union and to compare the progress of member states in implementing the circular economy plan.

The thesis comprises three primary sections: a literature review, the research phase with its outcomes, and the concluding section with recommendations.

The analysis of literature reveals that the raw materials extraction sector in the European Union has faced a decline over the past decade. Although the EU aims to transition from a linear to a circular economy, this shift is not expected to happen swiftly. Scientific literature highlights the group of critical raw materials as the primary risk for the EU. Crucial tasks for the EU's raw material sector include the sustainable use, search for replacements, or development of recycling technologies for critical raw materials.

Following the literature analysis, the author conducted a study on circular economy indicators. The evaluation suggests that there is an observable trend toward more sustainable economic development. Both the proportion of recycled waste and the productivity of raw materials, along with international trade in recycled materials, are on the rise. The assessment using the WASPAS-N method revealed that Western and Southern European countries, such as Germany, the Netherlands, Italy, and Belgium, exhibit a more sustainable utilization of raw materials. Conversely, Northern and Central-Eastern European countries, including Bulgaria, Finland, and Romania, scored lower in terms of sustainable raw material usage.

Based on the results and analysis of the sustainability assessment of raw material usage, the primary goal for countries should be the reduction of unnecessary or excessive consumption, aiming to minimize the generation of waste. A decrease in the remaining waste from consumption automatically results in a higher proportion of materials available for recycling and reuse.