



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

Dovilė Kuginytė

**PIRMINIŲ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS
APDIRBIMO PROCESŲ SUDERINIMAS SU EFEKTYVIU
KRITINIŲ METALŲ ATGAVIMU**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Dr. Inga Gurauskienė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

**PIRMINIŲ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS
APDIRBIMO PROCESŲ SUDERINIMAS SU EFEKTYVIU
KRITINIŲ METALŲ ATGAVIMU**

Baigiamasis magistro projektas

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba

(kodas 621H17002)

Vadovas

Dr. Inga Gurauskienė

Recenzentas

Prof. Dr. Jolita Kruopienė

Projektą atliko

Dovilė Kuginytė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Dovilė Kuginytė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Pirminių elektros ir elektroninės įrangos apdirbimo procesų suderinimas su efektyviu kritinių metalų atgavimu“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Dovilės Kuginytės**, baigiamasis projektas tema „Pirminių elektros ir elektroninės įrangos apdirbimo procesų suderinimas su efektyviu kritinių metalų atgavimu“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Kuginytė Dovilė. Pirminių elektros ir elektroninės įrangos apdirbimo procesų suderinimas su efektyviu kritinių metalų atgavimu. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas dr. Inga Gurauskienė; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslo kryptis ir sritis: Bendroji inžinerija, Technologijos mokslai

Kaunas, 2016. 70 p.

SANTRAUKA

Kritiniai metalai (KM) – žaliavos, kurios yra ypatingos svarbos, dėl didėjančios tiekimo rizikos ateinančius keliasdešimt metų. Patikimos ir nekliudomos prieigos prie kritinių metalų kelia vis didesnį susirūpinimą ES ir visame pasaulyje. Europos Sąjungos ekonomikos plėtra yra glaudžiai susijusi su kritinių metalų naudojimu – elektros ir elektroninėje įrangoje (EEĮ). KM svarba ateityje didės, nes sparčiai diegiamos naujos technologijos: liečiamosios technologijos, plokščiakraniai televizoriai, mažą anglies dvideginį išmetančios technologijos, atsinaujinančios energijos įrenginiai ir kt. Darniam išteklių naudojimui reikalinga sumažinti pirminių žaliavų naudojimą – didinant išteklių naudojimo veiksmingumą ir skatinant atliekų perdirbimą. Pakartotinis KM naudojimas gali prisidėti prie žiedinės ekonomikos modelio kūrimo, kuris paremtas principu, kad medžiagos ir produktai būtų naudojami pakartotinai, atnaujinami ir perdirbami. KM atgavimo pagrindas yra pirminio apdirbimo procesai.

Darbo tikslas – įvertinti kritinių metalų atgavimo potencialą iš pirminių elektros ir elektroninės įrangos apdirbimo procesų bei nustatyti, kaip pirminis apdirbimas įtakoja tolimesnius KM atgavimo procesus ir efektyvumą.

Darbo objektas – elektros ir elektroninės įrangos atliekų (EEĮA) srautai Lietuvoje, Vokietijoje ir įmonėje UAB „EMP recycling“, kaip kritinių metalų atgavimo šaltiniai.

Darbo metodika sudaryta remiantis Kopenhagos išteklių instituto, Federalinės Vokietijos aplinkos apsaugos agentūros ataskaita, Bakas et. al.,: „Esamas ir potencialus KM kiekis EEĮA“ (2014) ir Christian et. al., ataskaita “80 mobiliųjų telefonų kompozicija“ (2014), kurios pritaikytos Lietuvos ir Vokietijos atvejais. Mokslinės literatūros, Eurostato, Aplinkos apsaugos agentūros duomenų bazės. Taikomos surinkti informaciją: apie EEĮ išleidimą į Lietuvos ir Vokietijos rinką, surinkimą, tvarkymą, siekiant įvertinti KM pirminio apdirbimo potencialą iš EEĮA srauto Lietuvoje ir Vokietijoje. Atliekų surinkimo ir tvarkymo duomenys analizuojami – UAB „EMP recycling“, siekiant įvertinti įmonės KM pirminio apdirbimo potencialą.

Pagrindiniai rezultatai: KM potencialas iš mobiliųjų išmaniųjų telefonų Lietuvoje 2013 metais: 11,16 kg – 13,47 kg. Potencialas Vokietijoje: 493,8 kg – 594,96 kg. Potencialus galimas atgauti KM kiekis naudojant pirminio apdirbimo technologijų vidurkį: Lietuvoje apie 5,97 kg – 9,02 kg, Vokietijoje apie 317,91 kg – 356,75 kg. KM nuostoliai pirminio apdirbimo metu siekia iki 50 %. Įvertintas KM potencialas iš mobiliųjų išmaniųjų telefonų įmonėje UAB „EMP recycling“: 0,938 kg – 1,1 kg. Pastaruoju metu KM atgavimo potencialas naudojant turimas technologijas siekia tik 0,27 kg. Nustatyta, kad įmonės pirminio apdirbimo technologijos ir turimi įrenginiai suteikia galimybę atgauti: auksą, sidabrą ir kobaltą. Nuostoliai

pirminio apdirbimo metu siekia iki 77 %. Pakeitus mobiliųjų išmaniųjų telefonų pirminio apdirbimo technologijas, galimas atgauti KM kiekis padidėtų iki 90 %.

KM atgavimas yra didelis iššūkis mažoms valstybėms. Galimas atgauti KM potencialas skiriasi net šimtais kartų. Dažnai mažos ir labai mažos įmonės koncentruojasi tik į aukso, sidabro atgavimą, dėl ekonominės perspektyvos. Įmonė UAB „EMP recycling“ pirminio apdirbimo metu paruošia mišinius: aukso, sidabro ir kobalto atgavimui. Pakeitus mobiliųjų išmaniųjų telefonų pirminio apdirbimo technologiją, KM atgavimas padidėtų iki keliasdešimt kartų bei būtų atgaunami įvairesni kritiniai metalai.

Kuginytė Dovilė. *Master's thesis in Pre – treatment of Electrical and Electronic Equipment Waste as Determinant for Efficient Recovery of Critical Materials in the Circular Economy* / supervisor dr. Inga Gurauskienė. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Sciences, General Engineering.

Kaunas, 2016. 70 p.

SUMMARY

Critical materials (CMs) – the raw materials, which are of huge importance for increasing the supply risk the next several decades. Critical materials reliable and unhindered access are of increasing concern in the EU and around the world. The European Union's economic development is closely related to the critical materials use of electrical and electronic equipment (EEE). CMs importance will increase in the future, due to the rapid introduction of new technologies: the touch screen technology, flat screen televisions, low – carbon energy technologies, renewable energy equipment and ect. For sustainable resources necessary to reduce the use of primary raw materials – by increasing resource efficiency and promoting recycling. The second use of the CMs could contribute to the development of circular economy model, which is based on the principle that the materials and products are reused and recycled. The recovery of CMs is based on the pre – treatment technologies.

The aim of the research is to evaluate the recovery potential of CMs from the electrical and electronic equipment waste (WEEE) pre – treatment technologies and determine how the pre – treatment technologies further influenced by the recovery of CMs processes and efficient.

The object is electrical and electronic equipment waste flows in Lithuania, Germany and the UAB “EMP recycling” company as sources the recovery of CMs.

The working methodology adopted is based on the Copenhagen Resources Institute and German Federal Environment Agency reports titled “Present and potential future recycling of critical metals in WEEE”(Bakas et. al., 2014) and Christian et. al., “Elemental Compositions of Over 80 Cell Phones” (2014), which are adapted to the case of Germany and Lithuania. Data is obtained from scientific literature, such as the Eurostat statistics sources, the Lithuania Environmental Protection Agency reports, with these sources about WEEE explained in the context of the Lithuanian and Germany markets. The collection and treatment potentials of CMs WEEE pre – treatment in Lithuania and Germany are considered. Analysing the collection and management of UAB “EMP Recycling” company data in order to assess potential CMs recovery.

The following results obtain in the research: the estimated CMs potential the recovery efficient of mobile phones in Lithuania 2013: 11,16 kg – 13,47 kg. The recovery potential efficient in Germany: 493, 8 kg – 594,96 kg. Potential the recovery efficient of pre – treatment technologies mean: in Lithuania 5,97 kg – 9,02 kg, in Germany 317,91 kg – 356,75 kg. CMs losses of pre – treatment technologies are about 50 %. The estimated CMs potential the recovery efficient of mobile phones in UAB “EMP recycling” company: 0,938 kg – 1,1 kg. Currently the recovery potential of CMs by using technology are available about 0,27 kg in this company. It was found that the company pre – treatment technology allows to recover: gold, silver and cobalt.

Losses of metals are about 77 %. If the company could change pre – treatment technology of mobile phones, the recovery of efficient could be 90 %.

The recovery of CMs are a huge challenge for small countries. Possible potential the recovery efficient of CMs varies even hundreds of times. Small pre – treatment companies have been interested in the recovery of precious metals: gold, silver for the economic value. UAB “EMP recycling” company existing technology and equipment allow processing of WEEE to recover: silver and gold. If would be change pre – treatment technology of mobile phones CMs the recovery efficient would increase to several tens of times.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	9
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	10
SANTRUMPŲ SĄRAŠAS	12
ĮVADAS.....	13
1. ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS SVARBA, KAIP ANTRINIS KRITINIŲ METALŲ ŠALTINIS.....	15
1.1 KRITINIAI METALAI	15
1.1.1 Metalų išteklių ir kasybos pramonė.....	15
1.1.2 Medžiagų kritiškumo įvertinimas.....	16
1.1.3 Kritiniai metalai Europos Sąjungoje	17
1.1.4 Kritinių metalų pasaulinė padėtis ir tiekimas į Europos Sąjungą.....	18
1.1.5 Kritinės medžiagos rinkoje.....	20
1.2 ELEKTROS IR ELEKTRONINĖ ĮRANGA IR JOS ATLIEKOS EUROPOS SĄJUNGOJE	22
1.2.1 Elektros ir elektroninė įranga ir jos tiekimas į Europos Sąjungos rinką.....	22
1.2.2 Elektros ir elektroninės įrangos atliekos Europos Sąjungoje	24
1.2.3 Kritiniai metalai elektros ir elektroninėje įrangoje.....	26
1.2.4 Elektros ir elektroninės įrangos atliekų pirminio apdirbimo technologijos.....	27
1.2.5 Kritinių metalų atgavimas iš elektros ir elektroninės įrangos atliekų.....	30
1.3 ELEKTROS IR ELEKTRONINĖ ĮRANGA ŽIEDINĖS EKONOMIKOS KONTEKSTE.....	33
2. KRITINIŲ METALŲ ATGAVIMO IŠ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS ATLIEKŲ ĮVERTINIMO METODAI.....	36
2.1 TYRIMO OBJEKTO IR APIMTIES NUSTATYMAS	37
2.2 DUOMENŲ RINKIMAS, VERTINIMAS IR SKAIČIAVIMAI	37
3. KRITINIŲ METALŲ ATGAVIMO GALIMYBIŲ VERTINIMAS IŠ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS ATLIEKŲ.....	40
3.1 ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS IR JŲ ATLIEKŲ SITUACIJOS ANALIZĖ LIETUVOJE	40
3.2 POTENCIALŪS KRITINIŲ METALŲ KIEKIAI IŠ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS LIETUVOJE IR VOKIETIJOJE	44
3.3 POTENCIALŪS GALIMI ATGAUTI KRITINIŲ METALŲ KIEKIAI PIRMINIO APDIRBIMO METU IŠ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS ATLIEKŲ	46
3.4 PIRMINIO APDIRBIMO TECHNOLOGIJOS IR ATGAUNAMAS KRITINIŲ METALŲ KIEKIS ĮMONĖJE UAB „EMP RECYCLING“	49
3.5 KRITINIŲ METALŲ ATGAVIMO IŠ MOBILIŲJŲ TELEFONŲ SSGG ANALIZĖ	57
IŠVADOS.....	58
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	60
TEISĖS AKTAI	63
INTERNETINIAI PUSLAPIAI	64
PRIEDAI	65

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1 lentelė. 2013 metais Europos Komisijos nustatytos kritinės medžiagos ES.
- 2 lentelė. Atliekų surinkimo plėtra ir struktūra diktuojama Direktyvos 2012/19/ES.
- 3 lentelė. Kritinių metalų produkcija ir naudojimas EEJ.
- 4 lentelė. Vokietijoje nustatyti KM – IT ir telekomunikacijų įrangoje.
- 5 lentelė. Metalų perdirbimo rodikliai.
- 6 lentelė. Svarbūs komponentai ir kritinės medžiagos – IT ir telekomunikacijų įrangoje.
- 7 lentelė. Prieinami ir atgauti KM kiekiai mobiliuosiuose telefonuose Vokietijoje: stacionarių ir nešiojamų kompiuterių, plokščių ekranų ir baterijų atliekų.
- 8 lentelė. Pirminio apdirbimo technologijos: aukso ir paladžio.
- 9 lentelė. Darbo tyrimo eiga.
- 10 lentelė. Mobiliųjų telefonų kiekio iš EEJA apskaičiavimas, tonomis.
- 11 lentelė. KM kiekiai mobiliuosiuose telefonuose, g / kg.
- 12 lentelė. KM kiekiai mobiliuosiuose telefonuose, g / kg.
- 13 lentelė. EEJ tiekimas vidaus rinkai, surinkimas ir tvarkymas 2010 – 2014 metais.
- 14 lentelė. Svarbūs komponentai ir kritinės medžiagos mobiliuosiuose telefonuose.
- 15 lentelė. Potencialūs KM kiekiai surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais.
- 16 lentelė. Numatomas mobiliųjų telefonų pirminio apdirbimo efektyvumas Lietuvoje 2013 metais.
- 17 lentelė. Numatomas mobiliųjų telefonų pirminio apdirbimo efektyvumas Vokietijoje 2013 metais.
- 18 lentelė. Kritinių metalų atgavimo efektyvumas mobiliuosiuose telefonuose, taikant skirtingas pirminio apdirbimo technologijas.
- 19 lentelė. KM kiekis surinktuose mobiliuosiuose telefonuose taikant I ir II metodiką – UAB „EMP recycling“ įmonėje.
- 20 lentelė. KM kiekis apdorotuose mobiliuosiuose telefonuose – UAB „EMP recycling“.
- 21 lentelė. KM atgavimo normos UAB „EMP recycling“ – naudojamas įmonėje ir rekomenduojamas pirminio apdirbimo būdas mobiliesiems telefonams.
- 22 lentelė. KM atgavimo iš mobiliųjų telefonų atliekų pirminio apdirbimo metu SSGG analizė (stiprybės ir silpnybės)
- 23 lentelė. KM atgavimo iš mobiliųjų telefonų atliekų pirminio apdorojimo metu SSGG analizė (galimybės ir grėsmės)

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1 paveikslas. Žaliavų kritiškumo įvertinimas ES 2014.
- 2 paveikslas. Pagrindinės šalys tiekiančios kritinius metalus Europos Sąjungai.
- 3 paveikslas. Teigiamą žaliavų rinkos dinamika ES.
- 4 paveikslas. Prognozuojamas vidutinis, metinis kritinių metalų paklausos augimas rinkoje iki 2020 metų (% per metus).
- 5 paveikslas. EEĮ sudėtis pateikta į ES rinką 2012 metais.
- 6 paveikslas. Susidarę EEĮA kiekiai tonomis 2012 metais ES.
- 7 paveikslas. Supaprastinta EEĮA perdirbimo grandinė.
- 8 paveikslas. EEĮA pirminio apdirbimo etapai.
- 9 paveikslas. Žiedinės ekonomikos koncepcija.
- 10 paveikslas. Surinktos buitinės EEĮA kiekis (kg / gyventojui) per metus ES 2014 metais.
- 11 paveikslas. EEĮ tiekimas LR vidaus rinkai 2010 – 2014 metais.
- 12 paveikslas. Surinktos ir apdorotos IT ir telekomunikacijų įrangos atliekos Lietuvoje 2010 – 2014 metais.
- 13 paveikslas. Surinktos ir apdorotos IT ir telekomunikacijų įrangos atliekos Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais.
- 14 paveikslas. Surinktas ir apdorotas mobiliųjų telefonų kiekis Vokietijoje 2013 metais.
- 15 paveikslas. KM atgavimo potencialo palyginimas – I ir II metodikos, surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje 2013 metais.
- 16 paveikslas. KM atgavimo potencialo palyginimas – I ir II metodikos, surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Vokietijoje 2013 metais.
- 17 paveikslas. Lietuvoje ir UAB „EMP recycling“ įmonėje apdoroti EEĮA kiekiai 2013 metais.
- 18 paveikslas. KM kiekis ir pirminio apdirbimo efektyvumas, KM atgavimui – UAB „EMP recycling“ įmonėje.
- 19 paveikslas. Įvertinta sidabro MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją.
- 20 paveikslas. Įvertinta sidabro MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą.
- 21 paveikslas. Įvertinta kobalto MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją.
- 22 paveikslas. Įvertinta indžio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją.
- 23 paveikslas. Įvertinta indžio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą.

24 paveikslas. Įvertinta aukso MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją.

25 paveikslas. Įvertinta aukso MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą.

26 paveikslas. Įvertinta berilio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją.

27 paveikslas. Įvertinta berilio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą.

28 paveikslas. Įvertinta galio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją.

29 paveikslas. Įvertinta galio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą.

30 paveikslas. Įvertinta germanio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją.

31 paveikslas. Įvertinta germanio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą.

SANTRUMPŲ SAŖAŠAS

AAA – aplinkos apsaugos agentūra;

Ag – sidabras;

Au – auksas;

Be – berilis;

BVP – bendras vidaus produktas;

Co – kobaltas;

EEĮ – elektros ir elektroninė įranga;

EEĮA – elektros ir elektroninės įrangos atliekos;

ES – Europos Sąjunga;

Ga – galis;

Ge – germanis;

In – indis;

IT– informacinės technologijos;

KM – kritiniai metalai;

LR – Lietuvos Respublika;

MSA – medžiagų srautų analizė;

W – volframas.

IVADAS

Temos aktualumas. Ekonomikos plėtra yra glaudžiai susijusi su kritinių metalų (KM) naudojimu. KM yra didelės vertės ištekliai, kurie gali būti atgaunami ir panaudojami antrą kartą. Pakartotinis jų naudojimas pasauliniu mastu gali prisidėti prie žiedinės ekonomikos modelio kūrimo, kuris paremtas principu, kad medžiagos ir produktai būtų naudojami pakartotinai, atnaujinami ir perdirbami. Numatoma nauda, tai poveikio aplinkai mažinimas pirminio metalų išgavimo metu, užtikrinamas metalų prieinamumas, mažesnės metalų kainos, taip pat naujų darbo vietų kūrimas ekonomikos sektoriuose. Metalų atgavimas yra ekonomiškai efektyvesnis nei pašalinti išteklius produkto gyvavimo ciklo pabaigoje ir pradėti viską iš naujo: nuo kasybos ir pirminės metalų gamybos. Iki šiol perdirbimas yra sutelktas į konkrečius metalus, daugiausia tauriuosius ir juoduosius metalus. Tai plienas, varis ar aliuminis, dėl nesudėtingo jų atgavimo. Tačiau reikia atsižvelgti į kritinių metalų atgavimą, kurie yra ties tiekimo rizikos riba. Tai tampa dideliu uždaviniu 21 amžiuje visame pasaulyje. Daug KM yra prarandama, dėl netinkamo produktų šalinimo jų gyvavimo ciklo pabaigoje, nepakankamos perdirbimo praktikos ar struktūrinių trūkumų perdirbimo grandinėje. Daugelio KM atgavimo normos šiuo metu yra <1 % (Chancerel et. al., 2015).

Europos Sąjungos (ES) ekonomikai yra labai svarbu mineralinių žaliavų kainos. Viena vertus, ES turi nemažai žaliavų, tačiau jų gavyba susiduria su konkurencija, dėl žemės naudojimo paskirties ir aplinkos reguliavimo bei technologinių apribojimų, kurie yra svarbūs prieigai prie naudingų iškasenų telkinių (Europos Komisijos komunikatas, 2008). ES yra priklausoma nuo žaliavų importo, kurios yra naudojamos aukštomis technologijoms diegti, pavyzdžiui indžio, aukso, germanio ir kt. ES negaunant svarbių metalų nebus galimybių diegti aukštų technologijų. Visa tai, sumažintų Europos Sąjungai galimybes, dėl aplinką tausojančios gamybos.

Temos problematika. KM yra labai svarbūs, nes jiems būdinga itin didelė pasiūlos trūkumo rizika bei ekonominė svarba. Patikimos ir nekliudomos prieigos prie tam tikrų žaliavų kelia vis didesnę susirūpinimą ES ir visame pasaulyje. Technologinė pažanga elektros ir elektroninės įrangos (EEĮ) pramonėje yra priklausoma nuo kritinių metalų. Pavyzdžiui, išmaniajame telefone gali būti iki 50 skirtingų metalų, kurie pagerina funkcijas, užtikrina mažą dydį bei lengvumą.

Daugelis elektros ir elektroninės įrangos atliekų (EEĮA) nepatenka į perdirbimo įmones, tai sąlygoja didelius KM praradimus. Taip pat, didelius KM nuostolius sąlygoja informacijos trūkumas ir maža patirtis apie tam tikros įrangos perdirbimo galimybes ir galimus atgauti KM kiekius. Kita vertus, dažnai pirminio atliekų apdirbimo įmonės orientuojasi į brangiuosius metalus (auksą, sidabrą bei platiną), dėl ekonominės svarbos, neatsižvelgdamos į tai, kad yra galimybė atgauti kitus KM esančius EEĮA.

Siekiant tvaraus išteklių naudojimo, naujų technologijų plėtros, o tai yra labai svarbu ES plėtoti konkurencingumą ateityje, siekiama sukurti uždarus pramonės ciklus, kad EEĮA būtų traktuojamos ne kaip atliekos, o kaip žaliavos įtraukiant gamintojus, vartotojus, perdirbėjus, suinteresuotas šalis ir kitas atsakingas institucijas.

Temos naujumas. Europos Komisija 2008 metais pradėjo vykdyti „Žaliavų iniciatyva“ – sumažinti pirminių žaliavų naudojimą didinant išteklių naudojimo veiksmingumą ir skatinant atliekų perdirbimą, kurio

pagrindinis tikslas atgauti kritines medžiagas. Europos Bendrija 2013 metais paskelbė 20 svarbiausių žaliavų, kurioms būdinga didelė pasiūlos rizika bei ekonominė svarba. Didžiausia dalis KM yra naudojamos EEJ, tačiau nėra plačiai aprašomas KM atgavimo potencialas iš šios įrangos. EEJA perdirbimu galima spręsti poveikio aplinkai mažinimą per visą gyvavimo ciklą bei KM išteklių trūkumo mažinimą.

Darbo objektas – elektros ir elektroninės įrangos srautai Lietuvoje, Vokietijoje ir įmonėje UAB „EMP recycling“, kaip kritinių metalų atgavimo šaltiniai.

Darbo tikslas – įvertinti kritinių metalų atgavimo potencialą iš pirminių elektros ir elektroninės įrangos apdirbimo procesų bei nustatyti, kaip pirminis apdirbimas įtakoja tolimesnius kritinių metalų atgavimo procesus ir efektyvumą.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti elektros ir elektroninės įrangos svarbą, kaip antrinį kritinių metalų šaltinį;
2. Ištirti kritinių metalų potencialą iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvoje ir Vokietijoje;
3. Ištirti kritinių metalų atgavimo potencialą iš mobiliųjų telefonų atliekų pirminio apdirbimo metu Lietuvoje ir Vokietijoje;
4. Ištirti kritinių metalų atgavimo potencialą iš mobiliųjų telefonų atliekų pirminio apdirbimo įmonėje – UAB „EMP recycling“;
5. Atlikti pirminio mobiliųjų telefonų apdirbimo SSGG analizę.

1. ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS SVARBA, KAIP ANTRINIS KRITINIŲ METALŲ ŠALTINIS

Kritiniai metalai – žaliavos, kurios yra ypatingos svarbos. Šioms žaliavoms vis didėja tiekimo rizika ateinančius keliasdešimt metų. Europos Sąjungos ekonomikos plėtra yra glaudžiai susijusi su kritinių metalų naudojimu EEJ. Darniam išteklių naudojimui reikalinga sumažinti pirminių žaliavų naudojimą – didinant išteklių naudojimo veiksmingumą ir skatinant atliekų perdirbimą. Antrinis kritinių metalų naudojimas paremtas žiedinės ekonomikos koncepcija, kad medžiagos ir produktai būtų naudojami pakartotinai, atnaujinami ir perdirbami. Kritinių metalų antrinis panaudojimas labiausiai priklauso nuo pirminio apdirbimo procesų – rankinio išmontavimo, mechaninio apdirbimo arba kombinacijos.

1.1 Kritiniai metalai

Pastaraisiais dešimtmečiais KM paklausa rinkoje sparčiai išaugo, dėl plėtojamų aukštųjų technologijų. Daugelis Europos šalių yra priklausomos nuo KM importo, tai įtakoja didelę grėsmę Europos pramonei ir pasauliniam konkurencingumui. Fizinis žaliavų trūkumas, didėjanti metalų paklausa įtakoja esminius pokyčius pasaulinėje rinkoje ir tampa politine problema, tai turi įtakos ekonomikos sektoriaus dominavimui Europos Vakarų šalyse. Svarbių žaliavų šaltiniai yra tose pasaulio dalyse, kuriose nėra tinkamos ekonomikos rinkos sistemos arba šalys yra politiškai ir ekonomiškai nestabilios, dėl šių priežasčių kyla tam tikra rizika.

1.1.1 Metalų ištekliai ir kasybos pramonė

Nuo 1900 metų metalų mineralų kasyba išaugo vienu, dviem ar net trimis kartais (Gunn, 2014). Pagrindinė priežastis yra ta, kad metalų įvairovės poreikis ir kiekis yra žymiai didesnis, lyginant su ankstesniais laikotarpiais. Pagrindinių metalų, ypatingai tų, kurie naudojami šiuolaikinėse aukštosiose technologijose naudojimas išaugo apie 80 %. Tai platinos grupės metalai, indis, galis, retųjų žemių elementai (Gunn, 2014). Metalai yra neatsinaujinantys ištekliai, o lengviausiai prieinamos metalų mineralų išteklių kasybos vietos yra išnaudotos. Kasybos bendrovės privalo ieškoti sunkiau prieinamose vietose, kuriose gaunamų metalų mineralų kokybė yra prastesnė, išgavimas sunkesnis ir brangesnis (Speirs et. al., 2015). Norint naudoti metalus inžineriniais tikslais pirmiausia reikia išgauti iš žemės natūraliai aptinkamų mineralų, iš kurių pagrindiniai: oksidai, sulfidai arba karbonatai. Mineralai nėra gryni, o su priemaišomis, todėl norint gauti grynus metalus – reikalingas atskyrimas. Kasybos, atskyrimo ir metalo gavybos procesai sunaudoja labai daug energijos.

Vykdam metalų mineralų kasybą sunkiau prieinamose vietose jų kokybė yra prastesnė, tai lemia šių išteklių naudojimo padidėjimą, nes išgauta mineralų suma yra didelė palyginti su vertingu gautu išteklių kiekiu. Kaip pavyzdys, didžiausia pasaulio kasybos pramonė – Bingamo kanjono kasykla (Bingham Canyon) esanti Jutos valstijoje, kuri kasdien išgauna 145 000 tonų rūdos, o susidarantys vertės neturintys ištekliai siekia 263 000 tonų. Nepaisant to, kasyba ir su ja susijusi perdirbimo veikla prisideda prie aplinkos blogėjimo.

Metalų tiekimas apima daugelį šalių, todėl labai svarbu įvertinti kokios šalys ir kokius metalų mineralų kiekius išgauna. Didžiausios kasybos kompanijos pasaulyje remiantis rinkos kapitalizacija yra: „BHP Billiton“ Australijoje, jos rinka siekia iki 190 milijardų JAV dolerių per metus, „Rio Tinto“ Jungtinėje Karalystėje 95 milijardai JAV dolerių, „Vale“ Brazilijoje 90 milijardų JAV dolerių per metus, „Xstrata“ Šveicarijoje 51 milijardas JAV dolerių per metus ir kitos (Gunn, 2013). Kasybos pramonės ekonominė dalis visada reaguoja į rinkos kainas, kurios yra išreikštos metalų mineralų kainomis.

Pagrindinės išteklių naudojimo priežastys: padidėjęs gyventojų populiacijos skaičius bei šiuolaikinių aukštųjų technologijų plitimas visame pasaulyje. Pagrindinis abejonių keliantis klausimas yra: ar galima toliau tiekti metalų išteklius reikalingus aukštosioms technologijoms, ar galiausiai esantys resursai nebus išseikvoti? Siekiant valdyti neatsinaujinančių išteklių srautus pasaulyje yra reikalingas medžiagų kritiškumo įvertinimas.

1.1.2 Medžiagų kritiškumo įvertinimas

Per praėjusį dešimtmetį stipriai sumažėjo žaliavų tiekimas. Pagrindinės priežastys, tai spartus besivystančių rinkų augimas, ypač Kinijos, vis didėjančios naujų technologijų dinamikos ir augantis metalų diversifikavimas, nes metalai technologijose pasižymi aukštomis fizinėmis savybėmis (Gloser et. al., 2015). ES yra priklausoma nuo žaliavų importo (apie 20 %). Žaliavų trūkumas gali turėti neigiamą poveikį ekonomikos augimui ir dinamikai. Žaliavų naudojimą sunkina žemos jų perdirbimo normos, kurios dažniausiai yra <1 % ir pakeičiamumas kitomis žaliavomis. Europos Komisijos duomenimis medžiaga turi būti traktuojama kaip ypatingai svarbi, kai tiekimo rizika ir galimas poveikis ekonomikai yra žymiai didesnis nei daugeliui kitų medžiagų (Wager et. al., 2015).

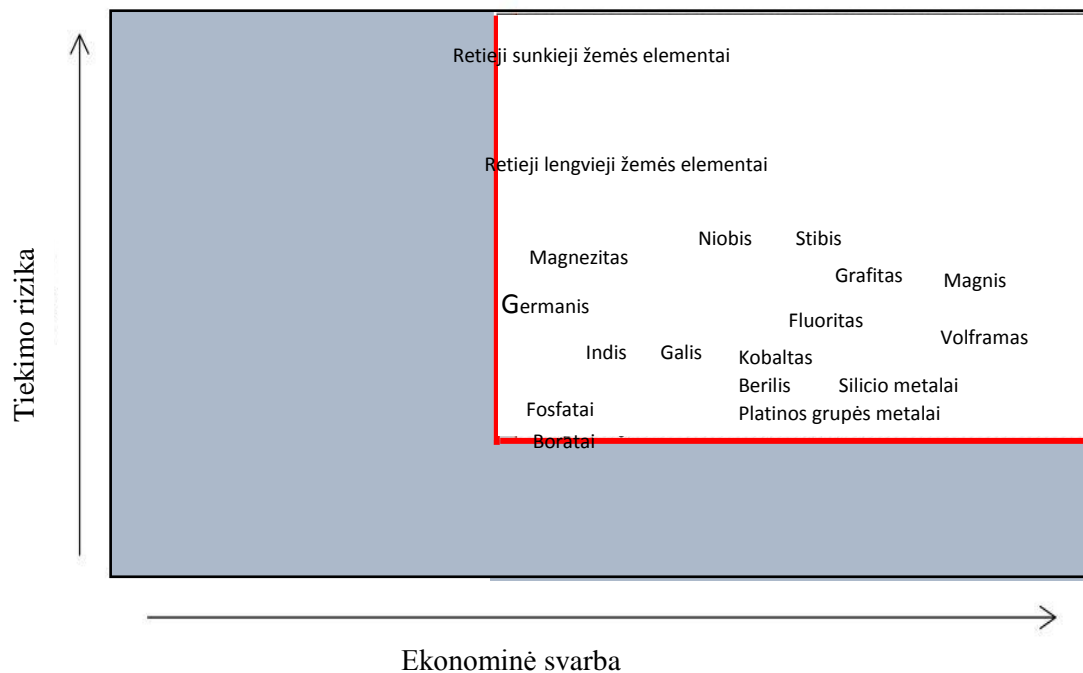
Medžiagų tiekimo apribojimams yra labai svarbu sisteminė tiekimo rizika ir ekonominės pasekmės, todėl yra vertinamas medžiagų kritiškumas. Kritiškumo įvertinimas priklauso nuo geologinių, geopolitinių, technologijų, ekonominių, ekologinių ir socialinių aspektų.

ES naudojami keli kritiškumo vertinimo rodikliai, kurie apibrėžia medžiagų svarbą:

- *Ekonominė svarba*: kiekvienos medžiagos santykis susijęs su pramonės sektoriais ir didele pridėtine verte ES BVP. Pagal bendrą ES BVP yra apibrėžiama medžiagos ekonominė svarba. Tam yra naudojami kiekybiniai matavimai.
- *Tiekimo rizika – prastas valdymas*: pasaulio valdymo indikatorius matuoja medžiagų tiekimo riziką. Pasaulio valdymo indikatorius vertina: per trumpą laiką esamą rinką, medžiagų koncentracijas šalyje, priklausomybę nuo šalutinių produktų tiekimo, galimybes plėtoti alternatyvius šaltinius, perdirbimo galimybes (Knoeri et. al., 2013). Šis vertinimo rodiklis atsižvelgia į atsakomybę, politinį stabilumą, valdžios efektyvumą, reguliavimą ir įstatymus.
- *Ryšys su pramone*: Pramonės šakose neenergetinės medžiagos yra susijusios visuose tiekimo grandinės etapuose.
- *Šiuolaikinės technologijos*: Šiuolaikinės technologijos ir gyvenimo kokybė priklauso nuo prieigos prie žaliavų.

- *Aplinka*: poveikis aplinkai yra glaudžiai susijęs su žaliavomis. Medžiagų kritiškumo įvertinime aplinkos apsaugos klausimai turi mažą potencialą, nors metalų kasyba ir gamyba turi didelį poveikį aplinkai (Knoeri et. al., 2013).

Pagrindiniai kritiškumo įvertinimo rodikliai – ekonominė svarba ir tiekimo rizika. Didėjant ekonominei svarbai ir tiekimo rizikai patekusi medžiaga už „slenksčio ribų“ yra klasifikuojama, kaip kritinė. Taip pat, atsižvelgiama į tai, kad šiuo metu yra pakaitalų trūkumas. Kritiškumo vertinimas atliktas iš 54 kandidačių medžiagų (1 paveikslas).



1 paveikslas. Žaliavų kritiškumo įvertinimas ES 2014. Šaltinis: Europos Komisija, 2014

1.1.3 Kritiniai metalai Europos Sąjungoje

Terminas „kritiškumas“ pirmą kartą buvo paminėtas 1939 metais kontekste su žaliavomis (Achzet and Helbig, 2013). KM egzistuoja pasauliniu arba regioniniu lygmeniu, apima konkrečias pramonės šakas arba technologijas. Seniau metalų naudojimas buvo žymiai mažesnis, lyginant su dabartiniais laikais. Pastaraisiais metais tam tikri metalai tampa vis svarbesni įvairiose aukštosiose technologijose ir jų paklausa sparčiai auga (Gunn, 2014). Vystantis naujoms aukštosioms technologijoms sparčiai išaugo metalų tiekimas į rinką. Per pirmuosius kelerius metus, XXI amžiuje, „kritiškumo“ etikėtė pradėta taikyti metalams, kurie gali būti reti ir pasibaigus jų ištekliams, sumažės galimybės plėtoti įvairias aukštasias technologijas (Gunn, 2014).

Remiantis ekonomikos augimu (ypatingai besivystančiose šalyse) ir naujais technologijų aplinkosauginiais reikalavimais (pavyzdžiui atsinaujinanti energija ir elektra varomos transporto priemonės) – kritinių medžiagų paklausa nuolatos auga. Pavyzdžiui, didelis kritinių medžiagų pažeidžiamumas (įrodytas tantalio), dėl padidėjusios mobiliųjų telefonų paklausos 2000 metais. 2010 – 2011 metų laikotarpiu padidintos retųjų žemės elementų kainos, dėl sparčiai išaugusios paklausos (Worrell and Reuter, 2014). Ypatingą susirūpinimą kelia „kritinės“ medžiagos.

Kritinės medžiagos klasifikuojamos, kaip labai svarbios: pasižymi nedideliu kiekiu, laikui bėgant rezervai gali išsekti, atsižvelgiama į potencialius tiekimo apribojimus, didelę kainą bei ekonomiką. Šiuo metu, yra labai mažas medžiagų pakaitalų potencialas, sunku rasti pakaitalus, dėl specialių ir unikalių medžiagų savybių (Peiro et. al., 2013). Taip pat, pastaruoju metu yra mažas KM atgavimo potencialas.

Strategijos reglamentuojančios kritinių metalų išteklių naudojimą ES:

2010 metais Lisabonos strategiją pakeitė „**Europa 2020**“: pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo strategija. Vienas iš tikslų yra sukurti išteklius tausojančią, ekologiškesnę ir labiau konkurencingą ekonomiką. Toks požiūris atsirado, dėl ribotų išteklių pasaulyje (Europos Komisijos komunikatas, 2010).

Europos Komisija 2008 metais pradėjo vykdyti „**Žaliavų iniciatyva**“ – įgyvendinant svarbiausius poreikius, kad užtikrinti ekonomikos augimą ir darbo vietų kūrimą Europoje. Tai atspindi didelį susirūpinimą, dėl didėjančios pasaulinės paklausos iš turtingų išteklių šalių ir su tuo susijusių galimų tiekimo sutrikimų. „Žaliavų iniciatyvą“ parengė pagal vienodas galimybes gauti išteklių trečiojoje šalyse geresnėmis žaliavų gavybos ES sąlygomis. Taip pat, sumažinti pirminių žaliavų naudojimą, didinant išteklių naudojimo veiksmingumą ir skatinant atliekų perdirbimą (Europos Komisijos komunikatas, 2014).

Europos Komisija kas tris metus atlieka kritiškumo įvertinimą ES lygiu, dėl įvairių žaliavų. 2010 metais buvo įvertinta 41 medžiaga – kandidatė į KM ir 14 medžiagų klasifikuojama – kritinės. 2013 metais naudojant kritiškumo metodiką iš 54 kandidačių medžiagų kritinėmis klasifikuojama – 20. Į sąrašą įtrauktos šešios medžiagos, tai koksinė anglis, chromas, magnezitas, silicio metalai, boratai, fosfatai (1 lentelė).

2013 metais iš kritinių medžiagų sąrašo buvo pašalintas tantalas. Priežastis – sumažėjęs tantalio tiekimo rizikos rodiklis bei pasikeitusi tantalio pirminės gamybos koncentracija. Ličio metalas yra neįtraukiamas į KM sąrašą, nes ekonominė svarba viršija ribą, bet tiekimo rizika nepatenka į kritiškumo ribą (Europos Komisija, 2014). Lyginant 2010 ir 2013 metus: 2013 metais retieji žemės elementai išskirti į dvi dalis – sunkieji ir lengvieji. Jiems priskiriama 15 lantanoidų, skandis ir itris. Retieji žemės elementai tampa vis svarbesni ekologiškų, mažą anglies dioksidą išskiriančių technologijų ekonomikai.

1 lentelė. 2013 metais Europos Komisijos nustatytos kritinės medžiagos ES. Šaltinis: Europos Komisija, 2014

Stibis	Koksinė anglis	Galis	Indis	Platinos grupės metalai	Sunkieji retieji žemės elementai	Lengvieji retieji žemės elementai
Berilis	Chromas	Kobaltas	Fluoritas	Germanis	Magnezitas	Volframas
Silicio metalai	Boratai	Fosfatai	Magnis	Grafitas	Niobis	

1.1.4 Kritinių metalų pasaulinė padėtis ir tiekimas į Europos Sąjungą

Pagrindinis reikalavimas siekiant tvarios ekonomikos vystymosi ir sėkmingos aukštųjų technologijų gamybos yra saugus apsirūpinimas žaliavomis: be sutrikimų ir kliūčių, kas ypatingai lemia dideles prekių kainas ir rinkos nepastovumą (Gloser et. al., 2015). Dauguma pramoninių šalių yra priklausoms nuo žaliavų importo, nes jų vidaus žaliavos ir jų eksploatavimas yra labai menki.

Didelė žaliavų tiekimo problema yra ta, kad žaliavų kasybos šalys patiria politinį nestabilumą, netinkamas ekonomines ir socialines sąlygas. Taip pat, didelis potencialas politinių konfliktų, tai kelia grėsmę žaliavų tiekimui. Be socialinių, ekonominių ir politinių aspektų pirminių žaliavų gavyba, ekologiniai kasybos padariniai ir žaliavų apdorojimas, vis dažniau pasiekia visuomenės dėmesį. Visuomenė turi įtakos kasybos apribojimams šalyje ir saugaus tiekimo taisyklėms arba potencialiam aplinkos tvarkymui ir sertifikatų reikalavimams žaliavas naudojančioms šalims (Gloser et. al, 2015). Kyla didelis nerimas, kad naujos aukštosios technologijos negalės būti diegiamos, dėl aukštų kainų žaliavų rinkoje.

ES turi daug mineralų statyboms, užpildų ir yra pagrindinis tiekėjas pasauliui gipso ir natūralaus akmens. ES taip pat yra antra pagal dydį pasaulyje išgaunanti tam tikrus mineralus. Tai hafnis (47 %), molis (37 %), perlitas (37 %), kvarcinis smėlis (35 %) (Europos Komisija, 2014). ES išgauna varį, šviną, sidabrą ir cinką, tačiau jų kiekis yra labai mažas, kad būtų pakankama tiekti į ES vidaus rinką. ES turi įvairių mineralų, užpildų, tačiau yra priklausoma nuo KM importo, norint diegti aukštas technologijas. ES vidaus kritinių metalų išgavimas siekia tik 3 %.

Be pirminių žaliavų, ES taip pat labai priklausoma nuo antrinių žaliavų. Per pastaruosius dešimtmečius perdirbto metalo laužo naudojimas išaugo iki 40 % – 60 % ES naudojamo metalo. Per pastaruosius metus ES spalvotųjų ir tauriųjų metalų laužo importas sumažėjo beveik 40 %, o eksportas padidėjo daugiau nei 125 %, todėl prasidėjo šio laužo trūkumas ir pakilo kainos (Europos Komisijos komunikatas, 2008). Panaši tendencija ir juodojo metalo laužo. Viena iš priežasčių, kad daug produktų būvio ciklo pabaigoje yra nelegaliai išvežami iš ES.

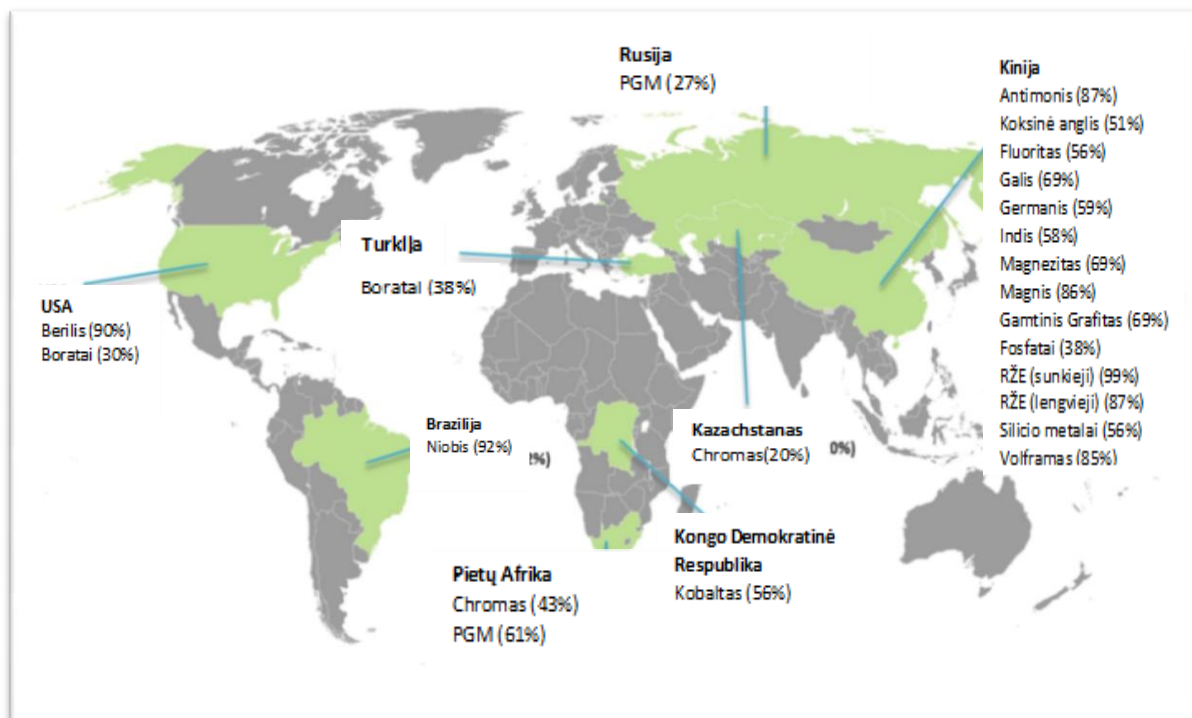
Yra trys pagrindinės priežastys, kodėl metalai yra labai svarbūs. Platina ir indis, tai metalai, kurie turi didelę ekonominę svarbą pagrindiniuose sektoriuose, ES susiduria su didele tiekimo rizika, kas lemia šių metalų didelę importo priklausomybę. Aukšta metalų koncentracija tam tikrose šalyse ir trūksta šių metalų pakaitalų.

ES ekonomikai yra labai svarbu mineralinių žaliavų įperkamumas. Viena vertus ES turi nemažai žaliavų, tačiau jų gavyba susiduria su konkurencija, dėl žemės naudojimo paskirties ir aplinkos reguliavimo bei technologinių apribojimų, kurie yra svarbūs prieigai prie naudingų iškasenų telkinių (Europos Komisijos komunikatas, 2008).

Pagrindiniai KM tiekėjai Europai tiekia apie 90 % kritinių medžiagų. Kinija yra įtakingiausia pasaulinės pasiūlos požiūriu. Kinija Europos Sąjungai tiekia 14 kritinių medžiagų (2 paveikslas). Žaliavos yra tiekiamos tik iš šių šalių, dėl to, kad kai kurių svarbių žaliavų telkiniai yra tose pasaulio vietose, kuriose neveikia rinkos ekonomika ir kuriose politinė, ir ekonominė padėtis yra nestabili – kyla tam tikra rizika (Europos Komisijos komunikatas, 2008).

Pagrindinė retųjų žemės elementų tiekėja yra Kinija, kuri kontroliuoja 95 % pasaulio produkcijos. Ši šalis pradėjo mažinti medžiagų eksportą, tai didina įtampą Europos pramonei. Retųjų žemės metalų prieinamumas gali sumažėti iki 40 % (50 149 tonų iki 30 258 tonų) (Knoeri et. al., 2013). Brazilija išgauna daugiau nei tris ketvirtadalius pasaulyje esančio niobio, kuris naudojamas superlaidžiuose magnetuose. Mobiliesiems telefonams yra būtinas kobalto prieinamumas, kuris gali sumažėti, dėl politinio nestabilumo

Demokratinėje Kongo Respublikoje. Tokie tiekimo sutrikimai gali suvaržyti technologinę pažangą netolimoje ateityje.



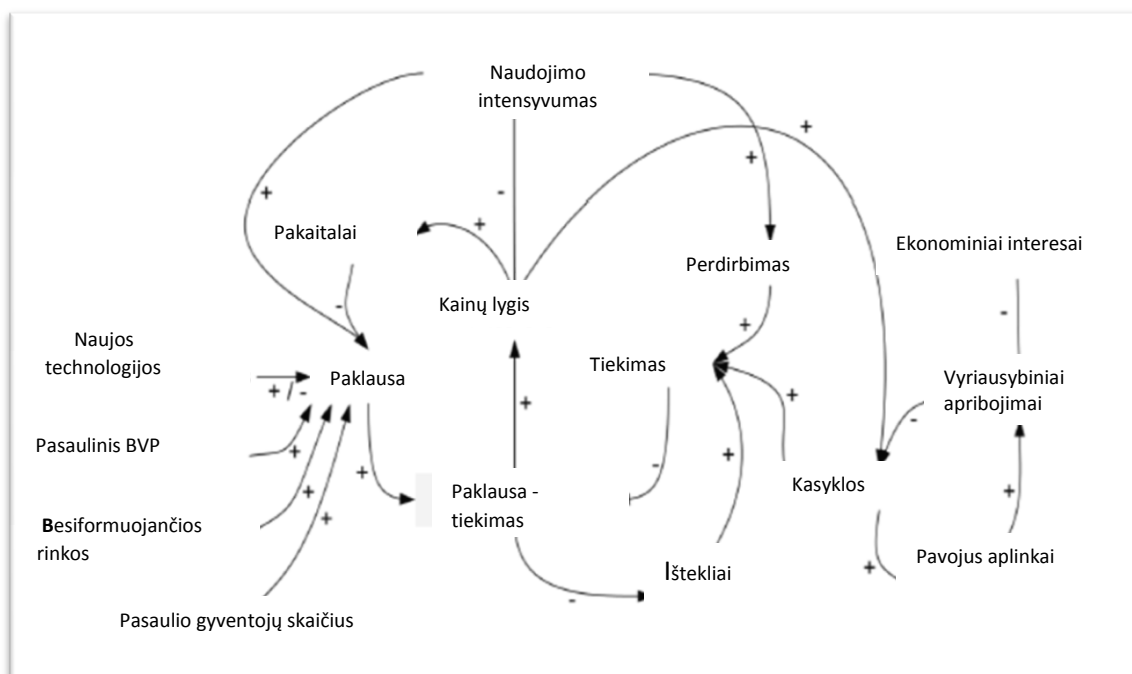
2 paveikslas. Pagrindinės šalys tiekiančios kritinius metalus Europos Sąjungai. Šaltinis: Europos Komisija, 2014

1.1.5 Kritinės medžiagos rinkoje

Išteklius išgaunančios ir nuo išteklių priklausomos šalys priėmė strategijas, kaip apsaugoti jų išteklius arba užtikrinti jų tiekimo balansą. Daugelis išteklių turtingų šalių ėmėsi priemonių, kad išlaikyti išteklius savo pramonės plėtrai. Tai dažnai sukelia iškraipymus pasaulinėje rinkoje. Pavyzdžiui, Kinija apriboja eksportą tam tikrų pagrindinių žaliavų. Daugelis besiformuojančių ekonomikų vykdo panašias strategijas, kad išsaugoti išteklius ir panaudoti savo šalies pramonės tobulinimui. Tai apima eksporto mokesčius ir kvotas kartu su subsidijomis, kainų nustatymus dvejomis kainodaros sistemomis ir ribojamomis investavimo taisyklėmis. Kinija, Rusija, Argentina, Ukraina, Pietų Afrika, Indija yra vienos iš pagrindinių šalių taikančios tokias priemones. ES pramonės sektoriai atsideria nepalankioje konkurencingoje padėtyje (Europos Komisijos komunikatas, 2011).

ES nurodė, kad bus naudojamos visomis galimomis priemonėmis, kad užtikrinti prieigą prie žaliavų: įskaitant prekybos apsaugos priemonių naudojimą siekiant apsaugoti rinką ir pramonę nuo nesąžiningos konkurencijos, stipresnės Pasaulio prekybos organizacijos disciplinos ir prekybos susitarimai su visais pagrindiniais prekybos partneriais. ES patvirtino užsiimti „Žaliavų diplomatija“, ypatingai Afrikoje remiant tvarų vystymąsi ir politikos augimą, skatinant Europos institucijas finansuoti infrastruktūrą kasybos ir naftos perdėbimo projektus palengvinant žaliavų tiekimą.

Teigiama žaliavų rinkos dinamika priklauso nuo: naujų technologijų, besiformuojančių rinkų, pasaulinio BVP. Išgaunant žaliavas didelis barjeras yra ekonominiai interesai, vyriausybinių apribojimai bei pavojus aplinkai. Didėjant žaliavų poreikiui kinta kainų lygis, labai svarbu rasti galimus žaliavų pakaitalus bei pereiti prie pažangesnio medžiagų perdirbimo (3 paveikslas).



3 paveikslas. Teigiama žaliavų rinkos dinamika ES. Šaltinis: Fraunhofer ISI, 2014

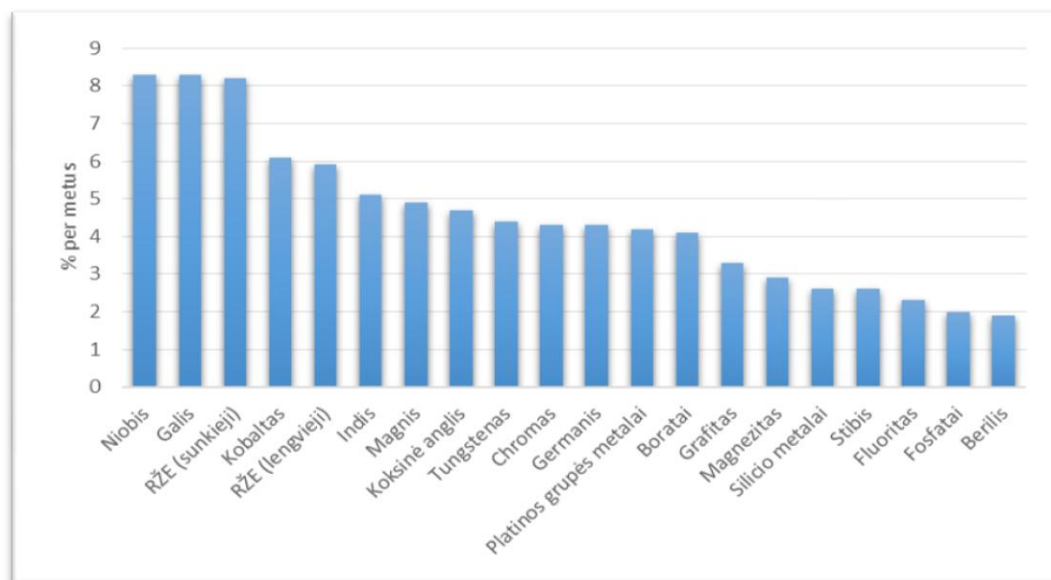
Europos komisijos duomenimis yra prognozuojama kritinių metalų pusiausvyra rinkoje iki 2020 metų. Didžiausia metalų trūkumo rizika: stibio, koksinių anglies, galio, indžio, platinos grupės metalų bei sunkiųjų retųjų žemės elementų. Prognozuojamas metalų perteklius, tai boratų, magnio, grafito, niobio, lengvųjų retųjų žemės elementų bei fosfatų. Prognozuojama subalansuota rinka: berilio, chromo, kobalto, fluorito, germanio, magnezito, tungsteno, silicio metalų.

Europos komisijos duomenimis yra nustatytas vidutinis metinis KM paklausos rinkoje augimas iki 2020 metų, % per metus (4 paveikslas). Didžiausia prognozuojama paklausa: niobio, galio ir sunkiųjų retųjų žemės elementų. Daugiau nei 8 % paklausos augimas per metus. Tačiau, tai nereiškia, kad padidėjęs metalų tiekimas pakeis šių medžiagų kritiškumą (Europos Komisija, 2014).

Remiantis tuo, kad KM paklausos poreikis kintant metams vis didės reikalingas medžiagų atgavimas ir antrinis jų panaudojimas. Dažnai antrinė produkcija yra labai maža savo kiekiu / koncentracija. Tačiau antrinės produkcijos pranašumas yra tas, kad žymiai mažiau suvartojama energijos metalų atgavimo metu iš EEĮ lyginant su pirmine gavyba.

Antrinės žaliavos sudaro labai mažą rinkos dalį ES. Kokybė ir antrinių žaliavų tiekimas labai priklauso nuo atliekų tvarkymo praktikos ir materialinių srautų atskyrimo. Pagrindinius kliūčių barjerus antrinėms medžiagoms rinkoje galima identifikuoti horizontaliuoju pobūdžiu, atsižvelgiant į tam tikras medžiagas. Trūksta antrinių žaliavų kokybės standartų ES lygmeniu, nepakanka informacijos apie atgautos medžiagos

kokybę, prastas medžiagos prieinamumas įrangoje, kuri turi būti perdirbta, kainų skirtumai tarp pirminės ir antrinės medžiagos, reguliavimo kliūtis nacionaliniu, regioniniu ir vietos lygmeniu, nepakankamas bendradarbiavimas / informacijos mainai vertės grandinėje (tarp gamintojų, perdirbėjų ir atsakingų institucijų už atliekų tvarkymą). Prognozuojama, kad iki 2020 metų KM atgavimo normos viršys 10 % ES, o iki 2050 metų bus daugiau nei 25 %.



4 paveikslas. Prognozuojamas vidutinis, metinis kritinių metalų paklausos augimas rinkoje iki 2020 metų (% per metus). Šaltinis: Europos Komisija, 2014

1.2 Elektros ir elektroninė įranga ir jos atliekos Europos Sąjungoje

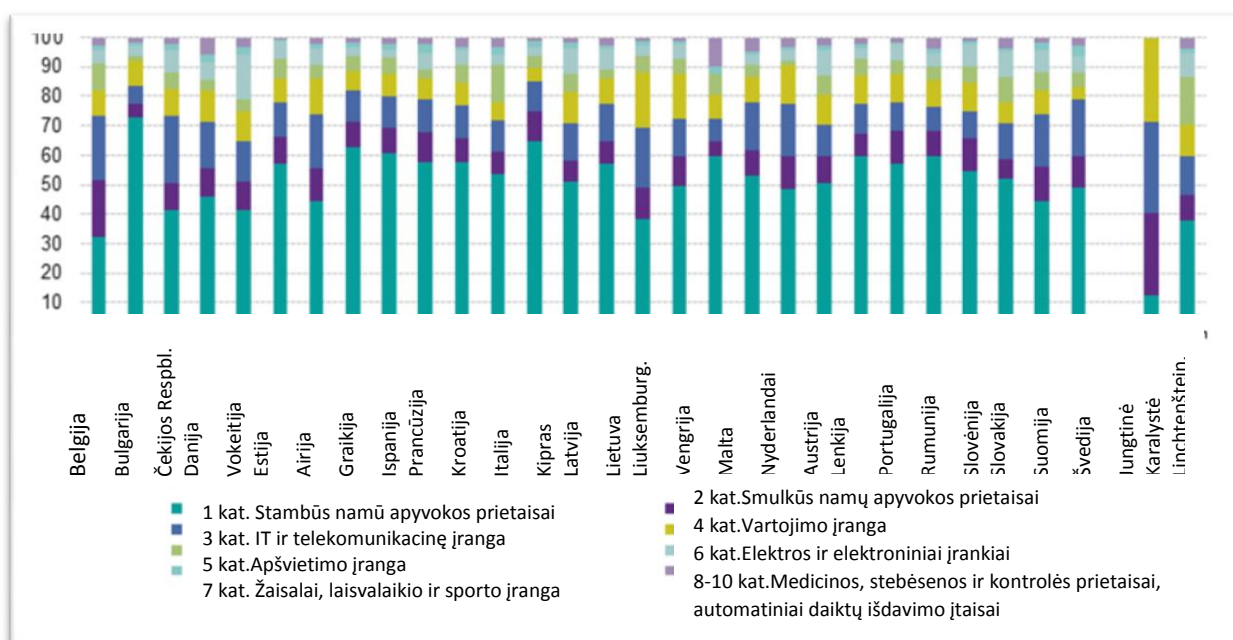
Plečiantis rinkai, trumpėjant naujovių diegimo ciklams – elektros ir elektroninė įranga keičiama sparčiau. Didėjant EEĮ produkcijai susidaro vis didesnis kiekis EEĮA, tai tampa pagrindiniu atliekų šaltiniu. Šiuo metu, yra nepakankamai išplėtotas EEĮA perdirbimas, netenkama daug vertingų žaliavų, kurios gali būti traktuojamos kaip antrinė produkcija. Labai svarbu tvarti EEĮ gamyba ir vartojimas, susidarantys mažesni atliekų kiekiai: pakartotinai naudojant, perdirbant. Reikalinga, kad ištekliai būtų naudojami veiksmingiau, susidarytų mažesni atliekų kiekiai bei maksimaliai būtų naudojamos antrinės žaliavos.

1.2.1 Elektros ir elektroninė įranga ir jos tiekimas į Europos Sąjungos rinką

„Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES 2012 m. liepos 4 d. dėl elektros ir elektroninės įrangos atliekų“ apibrėžia: elektros ir elektroninė įranga arba EEĮ – įranga, kuriai tinkamai veikti reikalinga elektros srovė arba elektromagnetiniai laukai, ir tokios srovės bei laukų generavimo, perdavimo ir matavimo įranga, skirta naudoti esant ne didesnei kaip 1 000 voltų kintamosios srovės įtampai ir ne didesnei kaip 1 500 voltų nuolatinės srovės įtampai (Europos Parlamento ir tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES).

EEĮ yra suskirstyta į 10 kategorijų: stambūs namų apyvokos prietaisai, smulkūs namų apyvokos prietaisai, IT ir telekomunikacijų įranga, vartojimo įranga ir fotovoltinės plokštės, apšvietimo įranga, elektriniai

ir elektroniniai prietaisai (išskyrus stambius stacionarius pramoninius prietaisus), žaislai, laisvalaikio ir sporto įranga, medicininiai prietaisai (išskyrus implantuotus ir infekuotus produktus), stebėsenos ir kontrolės prietaisai, automatiniai daiktų išdavimo įtaisai (3 priedas) (AAA, 2014).



5 paveikslas. EEĮ sudėtis pateikta į ES rinką 2012 metais. Šaltinis: Eurostat, 2012

Kiekvienais metais yra pateikiama EEĮ sudėtis į ES valstybių rinką pagal įrangos kategorijas (matuojama tonomis) (5 paveikslas). 2012 metais dominuojanti EEĮ kategorija ES valstybėse: stambūs namų apyvokos daiktai (1 kategorija). Antra pagal dominavimą EEĮ kategorija daugumoje ES valstybių (20 iš 28): IT ir telekomunikacijų įranga (3 kategorija). Smulki buitinė technika (2 kategorija) ir vartotojų įranga (4 kategorija), pagal patiektą kiekį į rinką reitinguoja į 3 ir 4 vietas. Medicininiai prietaisai (8 kategorija), stebėsenos ir kontrolės įranga (9 kategorija) ir automatiniai daiktų išdavimo įtaisai (10 kategorija) sudaro mažą dalį išleistą į EEĮ rinką (apie 5 %).

Tarptautinės telekomunikacijų sąjungos naujausios ataskaitos duomenimis iki 2015 metų pabaigos visame pasaulyje bus daugiau nei 7 milijardai mobiliojo ryšio abonentų (Sarath et. al., 2015). Daroma prielaida, kad bent vienam asmeniui yra priskiriamas vienas mobilus telefono ryšio abonentas.

Pagrindiniai ES teisės aktai EEĮ:

- „2012 m. spalio 25 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2012/27/ES dėl energijos vartojimo efektyvumo“;
- „2013m. sausio 13 d. RoHS direktyva 2011/65/ES dėl tam tikrų pavojingų medžiagų naudojimo ir apribojimo elektros ir elektroninėje įrangoje“;
- „2009m. spalio 21 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/125/EB nustatanti, su energija susijusių gaminių ekologinio projektavimo reikalavimus“.

1.2.2 Elektros ir elektroninės įrangos atliekos Europos Sąjungoje

„Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES 2012 m. liepos 4 d. dėl elektros ir elektroninės įrangos atliekų“ apibrėžia: Elektros ir elektroninės įrangos atliekos arba EEĮ atliekos – elektros arba elektroninė įranga, kuri yra atliekos, kaip apibrėžta Direktyvos 2008/98/EB 3 straipsnio 1 dalyje, įskaitant visus komponentus, smulkias sudedamąsias dalis ir komplektavimo gaminius, kurie laikomi išmetamo produkto dalimis (Europos Parlamento ir tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES).

Vienas iš svarbiausių ES aplinkos apsaugos politikos tikslų – išlaikyti, saugoti ir gerinti aplinkos kokybę, saugoti žmonių sveikatą bei apdairiai ir racionaliai naudoti gamtos išteklius. Šie aspektai grindžiami atsargumo principu ir principu, kurio tikslas imtis prevencinių veiksmų, kad žala aplinkai būtų taisoma ten kur yra jos šaltinis. Tai yra pagrįsta „Teršėjas moka“ principu.

Penktojoje aplinkosaugos veiksmų programoje (5) buvo nurodyta, kad siekiant tvarios plėtros, reikia iš esmės keisti dabartinius plėtros, gamybos, vartojimo ir elgsenos modelius bei pritariama tam, kad būtų sumažinama gamtinių išteklių naudojimo atliekų ir užtikrinama taršos prevencija. Elektros ir elektroninės įrangos atliekos yra viena svarbiausių reguliuotinių sričių, atsižvelgiant į atliekų prevencijos, naudojimo ir saugaus jų šalinimo principų taikymą (Europos Parlamento ir tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES).

Nebenaudojamos EEĮA valdymas apima:

- EEĮ atnaujinimas ir remontas;
- Pakartotinis naudojimas EEĮ arba jos komponentų;
- Galutinis apdirbimas metalų atgavimui;
- Pašalinimas.

Pakartotinis EEĮA naudojimas, atnaujinimas ir remontavimas yra labiausiai pageidautinas nebenaudojamos įrangos valdymo principas, kad pasiekti didesnę išteklių naudojimo efektyvumą. Siekiant panaudoti įrangą dar kartą, ji turi būti funkcionali. EEĮA perdirbimas leidžia atgauti tauriuosius ir specialiuosius metalus taip sumažinant poveikį aplinkai susijusį su žaliavų gamyba ir užtikrinant, kad esančios pavojingos medžiagos įrangoje yra atitinkamai tvarkomos (Namias, 2013).

Europoje 2012 metais tik apie 35 % EEĮA buvo surinktos ir perdirbtos. Kitos likusios EEĮA apie 65 % (6,15 mln. tonų): eksportuojamos (1,5 mln. tonų), perdirbamos pagal neatitinkančias sąlygas Europoje (3,15 mln. tonų), išardytos dėl vertingų dalių (750 000 tonų) arba tiesiog išmestos į kontenerius (750 000 tonų) (Huisman et. al., 2015).

Susidarę EEĮA kiekiai yra skirtingi visose ES valstybėse (6 paveikslas). Daugiausia EEĮA surinkta: Vokietijoje, Prancūzijoje, Italijoje ir Didžiojoje Britanijoje. Stambūs namų apyvokos daiktai sudarė 1,5 mln., tonų arba 43 % iš visų surinktų elektros ir elektronikos atliekų ES. IT ir telekomunikacijų įrangos surinkta 615 000 tonų, o vartotojų įrangos 572 000 tonų. Surinktos smulkios buitinės technikos EEĮA apie 224 000. Likusios šešios kategorijos kartu sudarė apie 187 000 tonų arba 5,3 % nuo surinktų EEĮA. Numatomas EEĮA augimas nuo 2,5 % iki 2,7 % per metus (Mudgal et. al., 2013). Iki 2020 metų EEĮ atliekos gali išaugti daugiau nei 12 000 milijonų tonų per metus (6 paveikslas). Europos Direktyvoje 2012/19/ES yra nustatyta, kad nuo

2016 iki 2019 metų minimalus EEĮ atliekų surinkimo lygis būtų 45 %, o nuo 2019 metų minimalus atliekų surinkimo lygis siektų 65 % (2 lentelė).

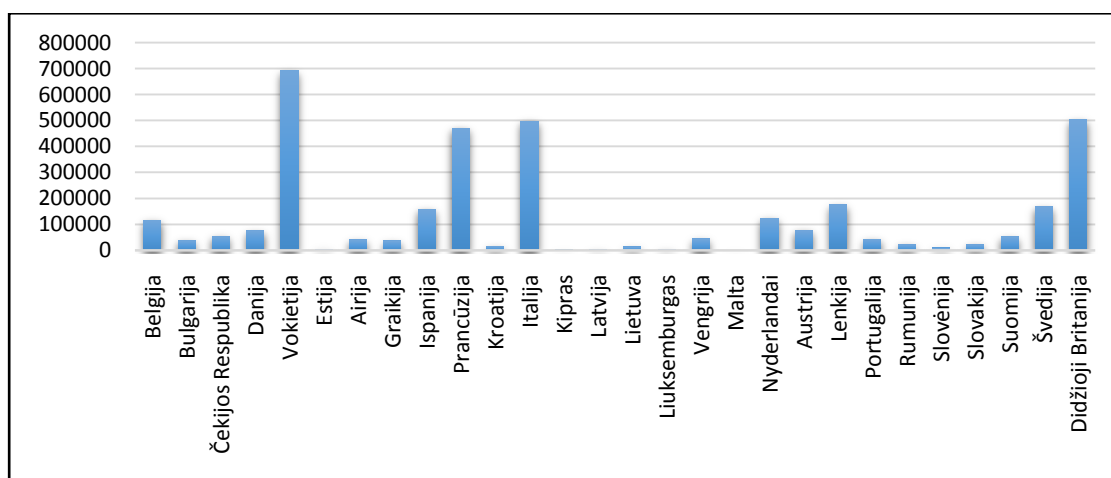
2 lentelė. Atliekų surinkimo plėtra ir struktūra diktuojama Direktyvos 2012/19/ES. Šaltinis : lentelė sudaryta remiantis Europos Direktyvos 2012/19/ES duomenimis

Metai	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Užduotis	Minimalus surinktos buitinės EEĮ kiekis 4 kg/gyventojui					EEĮ atliekų surinkimo lygis 45 % nuo tiekimo į rinką		EEĮ atliekų surinkimo lygis 65 % nuo tiekimo į rinką	

Pagrindiniai ES teisės aktai EEĮA:

- „Europos parlamento ir tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES 2012 m. liepos 4 d. dėl elektros ir elektroninės įrangos atliekų“;
- „2008 m. lapkričio 19 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2008/98/EB dėl atliekų“;
- „2006m. rugsėjo mėn. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2006/66/EB dėl baterijų ir akumuliatorių bei nebenaudojamų baterijų ir akumuliatorių“.

Vienas iš svarbiausių žingsnių įrangos atliekų tvarkyme – nustatyti EEĮA srautus. Įrangos srautai prasideda nuo vartotojų / namų ūkių ir verslo įmonių. Pirmieji EEĮA srautai juda nacionaline arba gamintojų surinkimo sistemų kryptimi. Namų ūkiai atliekas gali pristatyti į savivaldybių surinkimo punktus. Pagal įstatymus savivaldybės turi teikti bent vieną vietą, kur galėtų būti pašalinamos EEĮ atliekos. Gamintojų arba nacionalinės sistemos turi sutartis su savivaldybėmis, dėl visų EEĮ atliekų surinkimo ir perdirbimo. Kaip vartotojai, taip ir įmonės disponuoja EEĮA, tačiau per skirtingus atliekų tvarkymo ir perdirbimo kanalus. Dažniausiai susidariusios EEĮA įmonėse tiekiamos nacionaliniams perdirbėjams (Mudgal et. al., 2013). Dėl šios priežasties įmonėse susidariusios EEĮA sudaro papildomus atskirus srautus. Labai svarbu pažymėti, kad EEĮA grandinėje yra daug dalyvių.



6 paveikslas. Susidarę EEĮA kiekiai tonomis 2012 metais ES. Šaltinis: Eurostat, 2012

1.2.3 Kritiniai metalai elektros ir elektroninėje įrangoje

KM yra naudojami elektros ir elektroninėje įrangoje dėl aukštų fizinių ir elektrocheminių savybių, kurios suteikia EEĮ tams tikras savybes ar funkcijas. „Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES 2012 m. liepos 4 d. dėl elektros ir elektroninės įrangos atliekų“, apibrėžia: atskyrimas – apdirbimas rankiniu, mechaniniu, cheminiu arba metalurginiu būdu taip, kad pavojingos medžiagos, mišiniai ir komponentai apdorojimo procese sudaro aiškiai identifikuojamą atliekų srautą ar aiškiai identifikuojamą atliekų srauto dalį (Europos Parlamento ir tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES).

Daugiau nei 40 % pasaulinės gavybos vario, indžio, stibio, alavo, retųjų žemės elementų yra naudojamos EEĮ. Pagrindinė EEĮ kategorija, kurioje naudojami kritiniai metalai – IT ir telekomunikacijų įranga. Tai kompiuteriai, televizoriai, mobilieji telefonai, DVD grotuvai, įskaitant ir „žaliasias technologijas“ ir kt. (3 lentelė).

3 lentelė. Kritinių metalų produkcija ir naudojimas EEĮ. Šaltinis: Zimmermann, 2010

Kritiniai metalai	2010 metų produkcija	Naudojimas EEĮ
Stibis	135 000 tonų	19 % naudojama baterijose
Berilis	190 tonų	Elektros įrangoje ir buitinėje technikoje naudojama apie 20 %; IT ir telekomunikacijų įrangoje apie 20 %; Mechaniniuose įrenginiuose apie 15 %; Guma, plastikas ir stiklas apie 10 % (įeinantys į EEĮ sudėti).
Kobaltas	88 000 tonų	Baterijose naudojama apie 23 – 27 %; Lydiniuose ir magnetuose 21 – 26 %; Kita (medicininiai prietaisai 12-12 %.
Galis	106 tonos	Elektroniniai komponentai apie 66 %; Optoelektroniniai prietaisai 18 – 20 %.
Germanis	120 000 tonų	Elektronikos įranga 15 %; Fotelektronika 5 %.
Niobis	63 000 tonų	Ypač atsparūs elektrinės įrangos lydiniai apie 10 – 26 %.
Indis	574 tonos	Skystųjų kristalų ekranai 74 – 85 %; Kita (LED, medicinoje) 2 – 4 %.
Platinos grupės metalai	183,2 tonos	Elektros ir elektroninė įranga 11 %; Kita (medicinos prietaisai ir kt.) 5 – 10 %.
Retieji žemių elementai	-	Apšvietimas, televizoriai, monitoriai 8 – 10 %; Magnetai 7 %; Elektronika 3 %.
Volframas	61 105 tonų	Lydiniai apie 6 % ir pagaminti produktai (pvz., EEĮ laidai) 17 %.

Atliktame tyrime Vokietijoje nustatyti aštuoni pagrindiniai KM, kurie sudaro IT ir telekomunikacijų įrangą (4 lentelė). Mobilieji telefonai turi apie 25 % kritinių metalų. Vertingų metalų kiekiai mobiliojoje įrangoje yra palyginti maži – 0,015 g paladžio. Tačiau remiantis 1 milijardų mobiliųjų telefonų yra reikalinga

15 tonų paladžio. Nepriklausomai nuo mažo KM kiekio elektros ir elektroninėje įrangoje yra būtina rasti visas galimybes juos sugrąžinti antriniam panaudojimui.

4 lentelė. Vokietijoje nustatyti KM – IT ir telekomunikacijų įrangoje. Šaltinis: Bakas et. al., 2014

Metalas	Mobilieji telefonai	Kompiuteriai	Plokčiaekraniai televizoriai ir monitoriai	Nešiojamieji kompiuteriai
Kobaltas	+		+	+
Indis	+	+	+	+
Volframas	+	+	+	
Berilis	+	+		+
Galis	+	+	+	+
Germanis	+	+		+
Paladis	+	+	+	+
Rūtenis		+	+	+

1.2.4 Elektros ir elektroninės įrangos atliekų pirminio apdirbimo technologijos

Japonijoje, Jungtinėse Amerikos Valstijose ir Europoje EEĀ apdoravimo technologijos lyginant su kitomis šalimis yra pažangesnės, geriau įrengta infrastruktūra ir aukštesnio laipsnio mechanizacijos. Neigiamos savybės: brangios įrangos ir didelės veiklos sąnaudos (Li et. al., 2012).

Kritinių metalų atgavimas veiksmingiausias būdas spręsti išteklių trūkumą ir sušvelninti poveikį aplinkai susijusį su metalų gavyba ir naudojimu. Papildomas pranašumas, kad metalų atgavimo metu sunaudojamas mažesnis energijos kiekis lyginant su energijos kiekiu pirminės gavybos metu.

Perspektyviausias kritinių metalų atgavimas yra iš elektros ir elektronikos įrangos 3 kategorijos IT ir telekomunikacijų įrangos. Šioje įrangoje naudojama daugiausia kritinių ir tauriųjų metalų, todėl norint atgauti naudojamus didelius KM kiekius, dėl vis didėjančios jų paklausos reikia koncentruotis į 3 kategorijos atliekų perdirbimą. Tam tikruose EEĀ komponentuose yra pavojingų medžiagų, pavyzdžiui, gyvsidabris ir kadmio, kurie yra žalingi aplinkai jeigu netinkamai tvarkomi ir šalinami [...] (Tanskanen, 2013). Didelė dalis EEĀ yra netinkamai apdorotos, šalinamos sąvartyne, deginamos.

EEĀ atliekos turi sudėtinius medžiagų mišinius ir komponentus, kurie dėl savo pavojingumo netinkamai tvarkomi gali sukelti didelių aplinkos apsaugos ir sveikatos problemų. Šiuolaikinė EEĀ gamyba reikalauja ribotų ir brangių išteklių (pvz., 10 % viso pasaulio aukso yra naudojami jų gamybai). Siekiant pagerinti EEĀ tvarkymą, padidinti išteklių naudojimo efektyvumą yra būtina perdirbti šią įrangą.

EEĀ gali būti iki 60 skirtingų elementų iš kurių didžioji dalis yra vertinga (auksas, sidabras), kiti komponentai yra kenksmingi:

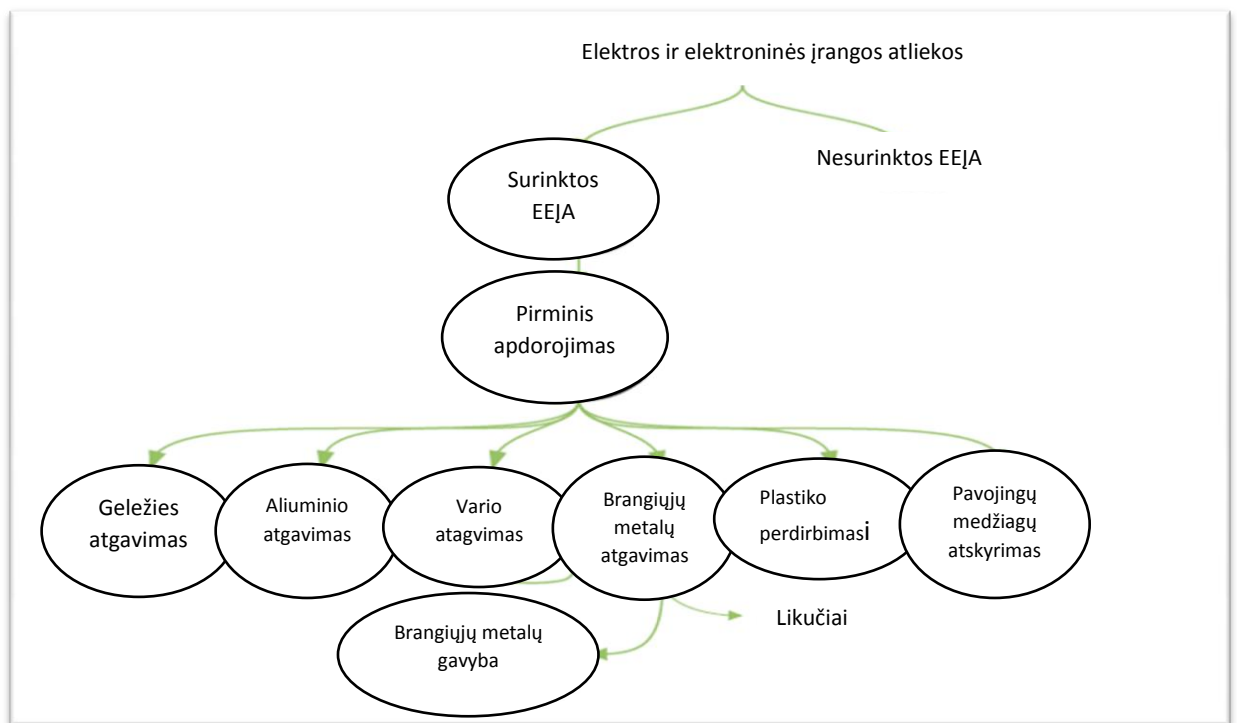
- Taurieji metalai (Auksas, sidabras, paladis);
- Spalvotieji metalai: varis, aliuminis, nikelis, cinkas, geležis ir kt.;
- Pavojingi metalai: gyvsidabris, berilis, kadmio ir kt.;
- Halogenai: bromo, chromo ir kt.;
- Organinės medžiagos įskaitant ir plastiką;

➤ Stiklas ir keramika.

Esant šiems komponentams EEĪA sudėtyje būtina skatinti perdirbimą. Pagrindiniai EEĪA perdirbimo etapai – rinkimas, pirminis ir galutinis apdorojimas. Vienas iš pagrindinių tikslų yra sukurti srautus, kad būtų produktyvus kritinių metalų atgavimas iš EEĪA (7 paveikslas).

Pirminis apdirbimas, tai išardymas / išmontavimas rūšiuojant vertingus ir pavojingus komponentus. Apdirbimas dar gali būti vadinamas atnaujinimu. Atliekami mechaniniai / fizikiniai procesai arba metalurgijos procesai, kad atgauti pageidautinų medžiagų kiekius. Galutinio atgavimo įmonėse metalai išgaunami naudojant hidrometalurgijos, pirometalurgijos arba biometalurgijos procesus. EEĪA likučiai, kurie negali būti panaudojami yra deginami arba išmetami į sąvartyną.

Pirminio apdirbimo metu siekiama atskirti medžiagas į skirtingus srautus, atsižvelgiant į jų atgavimo procesus. Pirminis apdirbimas skirstomas į tris etapus: rūšiavimas, išardymas ir išankstinis apdirbimas, kurio tikslas, kad medžiaga būtų paruošta galutiniam apdirbimui (8 paveikslas). Pirminio apdirbimo metu pašalinamos pavojingos medžiagos, kurios yra būtinos pašalinti pagal Direktyvą 2012/19/ES ir atskiriamos vertingos EEĪ medžiagos. Atskirti komponentai – spalvotosios frakcijos yra siunčiamos į plieno gamyklą, kur atgaunama geležis. Aliuminio frakcijos siunčiamos į aliuminio gamyklą ir vario lydiniai siunčiami į integruotą lydyklą, kur atgaunamas varis, taurieji ir kiti spalvotieji metalai. Akivaizdu yra tai, kad pirminis apdirbimas atlieka labai svarbų vaidmenį kontroliuojant visą EEĪA perdirbimą. Jei tam tikra medžiaga yra paskirta ne į tą atkūrimo srautą, tokiu būdu yra gaunamas silpnas atkūrimo efektyvumas galutinio apdorojimo metu. Vadinasi, EEĪA turi būti tinkamai išmontuotos, apdorotos, kad būtų nukreiptos į tinkamus medžiagos perdirbimo srautus (Chancerel et. al. 2009).



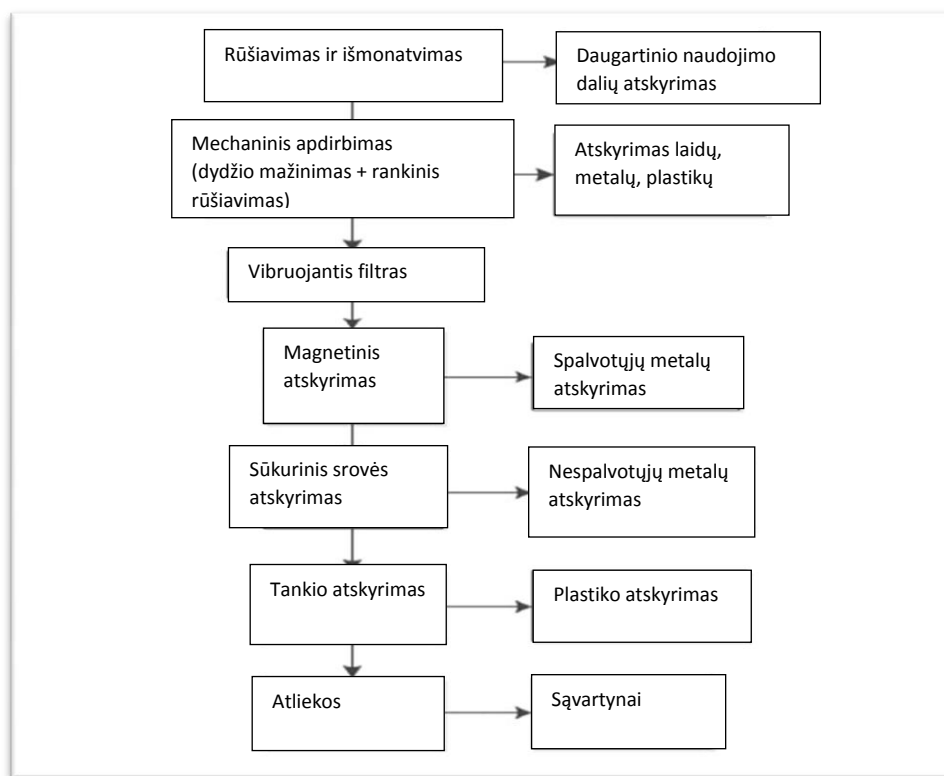
7 paveikslas. Supaprastinta EEĪA perdirbimo grandinė. Šaltinis: Chancerel et. al., 2009

Rankinis išmontavimas

Rankinio išmontavimo metu įranga yra suskirstoma į komponentus: elektronikos elementai, elektroniniai vamzdeliai ir kitos dalys. Rankinio išmontavimo metu yra atskiriami dideli medžiagų kiekiai su mažais nuostoliais. Po pirminio išmontavimo toliau yra taikomi mechaniniai metodai. EEĪA yra surūšiuojama į spalvotuosius metalus, aliuminį, plastikus, kabelius, spausdintines plokštes, baterijas, kompozicinės medžiagos (Chancerel et al., 2009).

Mechaninis apdirbimas

Mechaninis apdorojimas, tai atliekų tūrio mažinimas, kada jos pamažu yra smulkinamos iki 20 mm dydžio. EEĪA smulkinimo technologijos: pjovimo sistemos, rotorius smūginiai malūnai, rotorius smulkintuvai (Bakas et. al., 2014). Mechaninis perdirbimas susideda iš pavojingų medžiagų atskyrimo, smulkinimo, spalvotųjų metalų atskyrimo (pagal dydį, svorį, formą, tankį, elektrines ir magnetines savybes) ir plastikų, stiklo, medienos ir gumos pašalinimo į sąvartyną. Metalų frakcijos yra ekstrahuojamos iš susmulkintos medžiagos, naudojant magnetines juostas pašalinti juodiesiems metalams, po kurio sūkurinių srovių separatorius atskiria spalvotuosius metalus. Spalvotieji metalai toliau suskirstomi į aliuminį, žalvarį, varį ir kt., naudojant optinį rūšiavimą, tankio atskyrimą, sūkurinių srovių arba vibracijos atskyrimą (Shluep et. al., 2009). Plačiai yra naudojami rotorius smulkintuvai ir rotorius smūginiai malūnai, tačiau šis mechaninis smulkinimas negali efektyviai atgauti brangiųjų metalų (Oliveira et. al., 2012). Susidaro dideli nuostoliai, kartais susimaišo frakcijos, tai užkerta kelią efektyviam metalų atgavimui.



8 paveikslas. EEĪA pirminio apdirbimo etapai. Šaltinis: Pannuzzo, 2014

Pjovimo sistemas. Standartiniai pjovimo sistemų aparatai mažai tinkami apdoroti EEĪA, nes jos turi tik sumažinti atliekų tūrį, o ne sunaikinti medžiagų kompoziciją (Bakas et. al., 2014). Todėl šį apdirbimo būdą reikia taikyti su kitais apdirbimo principais ir nuostatais.

Rotoriaus smulkintuvai. Jie dažnai naudojami pradiniuose apdirbimo etapuose optimizuoti medžiagų dydį ir rūšiavimą tolimesniems etapams.

Rotoriaus smūginiai malūnai. Siekiant apdoroti medžiagas, kurių dydis mažesnis nei 20 mm ir pagerinti ekonominį pelningumą bei perdirbimo efektyvumą, medžiagos dažnai siunčiamos būtent į rotoriaus smūginius malūnus, kur likusios plastikų ir metalų kompozicijos yra suskirstomos.

Surinkimas, išmontavimas ir mechaninis apdirbimas vykdomas nacionaliniu arba regioniniu lygiu, tuo metu gaunamos frakcijos galutiniam apdirbimui yra geležies, aliuminio, vario. O galutinis apdirbimas vyksta pasauliniu mastu. Labai svarbu, kad išėjimo srautai atitiktų kokybės reikalavimus perdavimui galutiniams vartotojams (Shluep et. al., 2009). Nesutapimai tarp frakcijų gali sukelti didelių KM nuostolių.

Pirminis apdirbimas dažnai sukelia tauriųjų metalų nemažus nuostolius, tam reikia pasiekti optimalų pirminio apdirbimo lygį. Mp3 grotuvams ar mobiliesiems telefonams, dėl jų mažo dydžio, nereikalingas pirminis mechaninis apdirbimas. Šiuos prietaisus po rankinio išmontavimo rekomenduojama tiekti į galutinį apdirbimą. Stambesnėms EEĪA, pavyzdžiui, kompiuteriams reikalingas rankinis išmontavimas ir mechaninis apdirbimas, siekiant atskirti ir rūšiuoti įvairias frakcijas. Kuo daugiau perdirbimo procesų, tuo didesnė tikimybė prarasti daug svarbių metalų. Atliktame tyrime Vokietijoje (Chancerel, 2010) nustatyta, kad derinant rankinį išmontavimą ir mechaninį apdirbimą, prarandami dideli kiekiai vertingų medžiagų. Manoma, kad pirminio apdirbimo metu, atliekant tik rankinį įrangos išmontavimą, aukso ir paladžio atgavimas yra 90 % galutiniame apdirbime (Bakas et. al., 2014).

Ekonominiu požiūriu rankinis išmontavimas generuoja didesnę medžiagų atgavimo vertę nei mechaninis atskyrimas. Norint pasiekti pelningiausią metalų atgavimą, turėtų būti padidintas rankinis išmontavimas (apie 50 % metalų yra prarandami iš spausdintinių plokščių, jeigu nėra apdorojami rankiniu būdu, o siunčiami į mechaninį apdorojimą).

Lyginant rankinį išmontavimą ir mechaninį apdirbimą, išsivysčiusiose šalyse populiariesnis yra pastarasis, nors atgavimo efektyvumas yra mažesnis. Ekonominiu ir ekologišku požiūriu geriausias stambios įrangos perdirbimas yra kombinuoti rankinį ir mechaninį apdirbimą. Smulkiai įrangai reikėtų taikyti tik pirminį rankinį apdirbimą.

1.2.5 Kritinių metalų atgavimas iš elektros ir elektroninės įrangos atliekų

Kritinių metalų atgavimo potencialas yra labai mažas, perdirbimo normą retųjų metalų siekia mažiau nei 1 % visame pasaulyje (5 lentelė). Volframas, sidabras, auksas ir platinos grupės metalai buvo perdirbami ilgą laiką, dėl jų aukštos kainos rinkoje. Šių metalų atgavimas yra ekonomiškai naudingas ir nesudėtingas (Worrell and Reuter, 2014). Nepaisant to, šių elementų yra žemos atgavimo normos, dėl stipraus atskiedimo mišiniuose. Kiti elementai (indis, galis, germanis ir kt.) šiuo metu negali būti atgaunami iš EEĪ atliekų, dėl brangių technologijų arba jų perdirbimo galimybės pramoniniu mastu šiuo metu, yra tik kuriamos (Worrell

and Reuter, 2014). Metalų tokių kaip varis, chromas, auksas perdirbimo normos siekia iki 50 %. KM atgavimo galimybės yra mažos, nes maždaug 50 – 80 % nuo EEJA yra eksportuojamos į besivystančias šalis, o likusi dalis 20 – 50 % yra sumetamos į elektroninių atliekų smulkintuvą be išankstinio išmontavimo, kas lemia didelius KM nuostolius (Binnemans et. al., 2013).

Kritinių metalų atgavimo analizė literatūroje pasirenkama analizuoti IT ir telekomunikacijų įrangos, ši įranga viena iš sparčiausiai augančių sričių pramonėje, didėjant elektros ir elektroninės įrangos technologijų inovacijoms ir plečiantis rinkai, atsižvelgiant į sunaudojamus didelius kiekius metalų (6 lentelė).

Atgaunant metalus būtų sumažinta ES priklausomybė nuo nuolatinio svarbių išteklių tiekimo: skatinama Europos ekonomika (sutaupomos lėšos gamybos pramonei, daugiau pelno perdirbimo įmonėms ypač perdirbant mobiliuosius telefonus), sumažinamas kasybos toksiškumas apdorojimo ir gamybos vietose, bus sumažinta šių produktų atliekų problema.

5 lentelė. Metalų perdirbimo rodikliai. Šaltinis: Wellmer and Hagelucken, 2015

Kritiniai metalai	Perdirbimo rodikliai pagal UNEP	Kritiniai metalai	Perdirbimo rodikliai pagal UNEP
Stibis	1 – 10 %	Niobis	>50 %
Berilis	<1 %	Platinos grupės metalai	>50 %
Kobaltas	>50 %	Paladis	>50 %
Galis	<1 %	Rodis	>50 %
Germanis	<1 %	Rūtenis	>10 % - 25 %
Indis	<1%	Iridis	>25% - 50 %
Magnis	>25 % - 50 %	Osmis	<1 %
Tungstenas	>10 % - 25 %	Lengvieji retieji žemės elementai	<1 %
Chromas	>50 %	Sunkieji retieji žemės elementai	<1 %

Atliekant pirminį apdirbimą, pavyzdžiui, mobiliųjų telefonų plokščių ir kitų aukštos kokybės smulkių prietaisų, svarbu juos atskirti nuo stambios įrangos prieš mechaninį apdirbimą. Kai plokštės yra rankiniu būdu išmontuojamos ir tada smulkinamos taurieji metalai susimaišo su kitomis frakcijomis, kaip stiklo ar aliuminio. Smulkinimas gali sukelti iki 40 % tauriųjų metalų praradimo (Namias, 2013). Dar viena žemos kritinių metalų atgavimo normos priežastis yra tai, kad kritinių metalų atgavimo koeficientas priklauso nuo surinkto EEJA kiekio. Taip pat svarbu, kad šie EEJA nebūtų eksportuojami iš ES kaip seniau. Mobilieji telefonai, kompiuteriai ir kita IT įranga panaudoti ir vis dar turintys kokią nors vertę dažnai yra parduodami antriniam vartotojams, todėl mažai tikėtina, kad patenka į atliekų srautą.

6 lentelė. Svarbūs komponentai ir kritinės medžiagos – IT ir telekomunikacijų įrangoje. Šaltinis: Bakas et. al., 2014

Įranga	Metalai
Mobilieji telefonai	Litis, kobaltas, indis, sidabras, telūras, berilis, galis, germanis, auksas, paladis, volframas, tantalas, retųjų žemių elementai
Stacionarūs kompiuteriai ir nešiojamieji kompiuteriai	Kobaltas, indis, sidabras, telūras, volframas, berilis, galis, germanis, auksas, paladis, tantalas, retųjų žemių elementai, rūtenis

KM atgavimo efektyvumas priklauso nuo pirminio ir galutinio apdirbimo. Metalų atgavimo efektyvumas priklauso nuo to ar EEJA išardymas atliekamas rankiniu, rankiniu ir mechaniniu būdu ar tik mechaniniu. Pavyzdžiui: aukso, paladžio, indžio ir sidabro atgavimo galimybės pirminio apdirbimo metu iš nešiojamų kompiuterių gali būti aukštos apie 90 %, tačiau atliekant mechaninį apdorojimą potencialas atgauti metalus lieka tik 24 % (Bakas et. al., 2014). Daugiausia priklauso nuo metalų ir koks pasirinktas galutinis apdirbimo būdas. Kitaip tariant, kritinių metalų atgavimas labai priklauso nuo perdirbimo grandinės. Mažos surinkimo normos ir netinkamos perdirbimo sekos sumažina perdirbimo apimtį.

Potencialiai iš mobiliųjų telefonų ir nešiojamųjų kompiuterių baterijų apie 2000 tonų KM yra išieškota 2008 metais, apie 2300 tonų 2010 metais ir apie 3000 tonų KM gali būti išieškota 2015 metais (Bakas et. al., 2014).

Bendras perdirbimo veiksmingumas visoje perdirbimo grandinėje KM: mobilieji telefonai 0 – 15 %, stacionarūs kompiuteriai 0 – 40 %, nešiojamieji kompiuteriai 0 – 15 %, televizoriai ir plokščiaekraniai televizoriai 0 – 15 %, mobiliųjų telefonų ir nešiojamųjų kompiuterių baterijos 0 – 15 % (Bakas et. al., 2014).

Remiantis Vokietijoje atliktais tyrimais įvertintas KM atgavimas ir bendras prieinamumas iš EEJA 2008, 2010 ir 2015 metais (7 lentelė). Atgaunant kritinius metalus iš elektros ir elektronikos įrangos patiriami labai dideli nuostoliai pirminio apdirbimo metu. Kai kurių metalų nuostoliai sudaro net 100 %.

Atliktame vertinime Vokietijoje (Chancerel, 2010), kritinių metalų nuostoliai atsiradę pirminio apdirbimo metu gali būti dėl:

- Netinkamų procesų pirminio apdirbimo metu;
- Dėl procesų nesutapimo pirminio apdirbimo ir galutinio apdirbimo metu.
- Cheminių ir fizikinių dėsnų apribojimų (Bakas et. al., 2014).

Vokietijoje atliktame tyrime įvertinant aukso ir paladžio atgavimą geriausias būdas yra derinti rankinį ir mechaninį apdirbimą. Šio proceso metu gaunami mažiausi nuostoliai (8 lentelė)

7 lentelė. Atgauti ir prieinami KM kiekiai mobiliuosiuose telefonuose Vokietijoje: stacionarių ir nešiojamų kompiuterių, plokščių ekranų ir baterijų atliekų. Šaltinis: Bakas et. al., 2014

	2008 245 006 000 kg		2010 337 805 000 kg		2015 638 547 000 kg	
	Atgauta (kg)	Prieinami (kg)	Atgauta (kg)	Prieinami (kg)	Atgauta (kg)	Prieinami (kg)
Kobaltas	125 645	1 253 134	134 261	1 338 710	115 956	1 154 495
Indis	0	3 376	0	4 660	0	9 150
Volframas	0	52 769	0	56 636	0	50 561
Berilis	0	650	0	817	0	1 303
Galis	0	1 238	0	1 347	0	1 341
Germanis	0	737	0	787	0	678
Paladis	936	6 797	1 096	8 186	1 591	12 251
Rūtenis	42	205	50	263	77	468
Bendrai	126 623	1 318 906	135 407	1 411 406	117 624	1 230 247

Prognozuojama, kad iki 2020 metų kritinių metalų perdirbimo normos bus didesnės nei 10 % ES, o iki 2050 metų bus daugiau nei 25 %. Augančios perdirbimo normos padidins antrinės produkcijos naudojimo

galimybes ir padidins bendrą ES išteklių ekonomiką. Šiems tikslams pasiekti reikalaujama bendradarbiavimo įvairių institucijų bei ES valstybių narių vyriausybių.

Pagrindas:

- Surinkti nebenaudojamus produktus, kuriuose yra kritinės medžiagos;
- Pagerinti bendrą organizaciją, logistiką ir perdirbimo grandinės efektyvumą. Susitelkiama į sąsajas ir sistemos požiūrį;
- Užkirsti kelią nelegaliam nebenaudojamų produktų eksportavimui iš ES, kurių sudėtyje yra vertingų žaliavų;

Skatinti mokslinius tyrimus sistemos optimizavimui ir perdirbimu.

8 lentelė. Pirminio apdirbimo technologijos: aukso ir valadžio. Šaltinis: Bakas et. al.. 2014

Perdirbimo tipas	EEIĄ pasiskirstymas procesuose			Pirminio aporojimo atgavimo normos		Bendra išankstinio aporojimo atgavimo norma
	Be išankstinio aporojimo	Rankinis išmontavimas	Mechaninis aporojimas	Rankinis išmontavimas	Mechaninis aporojimas	
Mobilieji telefonai	40 %	10 %	50 %	90 %	24 %	61 %
Stacionarūs kompiuteriai		24 %	76 %	90 %	50 %	60%
CRT monitorius		24 %	76 %	60 %	60%	60 %
Didelė aukštos kokybės įranga		24 %	76 %	90 %	40 %	40%
Maža aukštos kokybės įranga		24 %	76 %	90 %	40 %	40%

Metalų perdirbimo pagrindas: ekonomika, teisės aktai ir technologijos. Ši sistema turi būti sudaryti taip, kad skatintų didinti atliekų perdirbimo normas metalų atgavimui, kad nebūtų apribojimų. Teisės aktai yra labai svarbus, nes kontrolės stoka perdirbimo grandinės dalyviams palieka teisę atgauti tik vertingus komponentus ekonominiu atžvilgiu, o visa kita traktuoti, kaip nesvarbiomis žaliavomis (Reuter et. al., 2013).

1.3 Elektros ir elektroninė įranga žiedinės ekonomikos kontekste

Pasaulyje ribotų išteklių paklausa ir konkurencija toliau didės, todėl Europai reikia ekonomiškiau ir ekologiškiau panaudoti ribotus išteklius. Europos komisija priėmė žiedinės ekonomikos vykdymą, kuri apima: pataisytus teisės aktų pasiūlymus dėl atliekų, kad skatinti Europos perėjimą prie žiedinės ekonomikos, taip bus padidintas konkurencingumas pasauliniu mastu, skatinamas tvarus ekonomikos augimas ir kuriamos naujos darbo vietos pagal „Europa 2020“. Siekiant pereiti prie žiedinės ekonomikos, turi būti įtraukta visa gaminio vertės grandinė: nuo žaliavų gavybos ir transportavimo, gaminio projektavimo, gamybos, platinimo

ir vartojimo, remonto, atliekų tvarkymo bei perdirbimo. Vienas iš pagrindų yra suinteresuotų šalių bendradarbiavimas.

Žiedinės ekonomikos koncepcija siekia kiek įmanoma daugiau sumažinti atliekų kiekį ir išteklių naudojimą: pažangių produktų projektavimu, pakartotiniu produktų naudojimu ir taisymu, perdirbimu, darniu vartojimu ir naujoviškais verslo modeliais [...] (Europos Komisija, 2015). Tai reiškia, visos sistemos pasikeitimus ir naujoves ne tik technologijose, bet ir organizacinėje visuomenėje, finansuose ir politikoje. Žaliavų gavyboje labai svarbu mažinti toksinių medžiagų naudojimą, kurti gaminius, kurie galėtų būti ilgai naudojami ir svarbiausia pasibaigus gaminio gyvavimo ciklui – perdirbti.



9 paveikslas. Žiedinės ekonomikos koncepcija. Šaltinis: KTU APINI, 2016

Žiedinės ekonomikos koncepcija apima visą vertės grandinę:

- Sumažinti medžiagų kiekius, reikalingus tam tikrai paslaugai tiekti, prailginti produktų naudojimo trukmę;
- Mažinti medžiagų naudojimą, kurios yra pavojingos arba sunku jas perdirbti;
- Sukurti antrinių žaliavų rinkas;
- Projektuoti gaminius, kuriuos lengva prižiūrėti, remontuoti, atnaujinti arba perdirbti (eko dizainas);
- Kurti būtinas paslaugas vartotojams rūpimais klausimais (techninės priežiūros / remontų paslaugomis ir kt.);
- Skatinti atskyrimo, surinkimo sistemas, sumažinti atliekų perdirbimo ir pakartotinio naudojimo išlaidas (Europos Komisijos komunikatas, 2014).

Žiedinės ekonomikos koncepcija apima: žaliavų išgavimą, projektavimą, gamybą, platinimą, vartojimą, naudojimą, pakartotinį panaudojimą taisymą, surinkimą, perdirbimą, bei susidariusias atliekas perdirbimo metu (9 paveikslas). Direktyvos 2009/125/EB įgyvendinančiose priemonėse, turėtų būti nustatyti ekologinio projektavimo reikalavimai, kuriais būtų sudaromos palankesnės sąlygos pakartotinai naudoti, išmontuoti ir naudoti EEĮ atliekas. Siekiant, kad ekologiniu projektavimu būtų užtikrintas kuo geresnis pakartotinis

naudojimas ir naudojimas, tai reikėtų atsižvelgti į visą produkto gyvavimo ciklą (Europos parlamento ir tarybos direktyva, 2009). Žiedinėje ekonomikoje siekiama gerinti veiklos vykdytojų veiklą, kurie dalyvauja EEĮ gyvavimo ciklo etapuose. Tai apima gamintojus, platintojus, vartotojus, taip pat atsakingus asmenis už EEĮA surinkimą, apdorojimą. Labai svarbu produkto gyvavimo cikle gamintojo atsakomybė, kad EEĮ gamyba būtų visapusiškai įvertinta palengvinant jos remontą, galimybę ją modernizuoti, pakartotinai naudoti, išardyti ir perdirbti (2009/125/ES). Gamintojas gali palengvinti žiedinės ekonomikos ciklą įgyvendinimą: informacijos srautais apie gaminį, bendradarbiavimą su perdirbėjais bei suinteresuotomis šalimis.

Pramonės šakose jau pripažįstama pagerinti išteklių naudojimo našumą. Išteklių naudojimo efektyvumo tobulinimas gali sumažinti medžiagų sąnaudas apie 17 – 24 % iki 2030 metų.

Visos EEĮA esančios medžiagos yra svarbios, tačiau KM nusipelno ypatingo dėmesio, nes jų produkcija pasaulyje yra sukoncentruota nedaugelyje šalių, o dauguma KM turi mažą pakeičiamumo potencialą ir žemas perdirbimo normas. Europos komisija skatina efektyvų naudojimą ir perdirbimą svarbiausių medžiagų (Europos Komisijos komunikatas, 2014).

Didžiausia KM atkūrimo vertė remiantis žiedinės ekonomikos koncepcija: išmaniųjų technologijų, LED ir LCD monitorių ir televizorių, tai tampa vienais vertingiausių atliekų srautų. Šiuo metu, mobilieji liečiamieji telefonai užkariauja pasaulio rinką. 2010 metais vien tik Vokietijoje buvo parduota 7 702 000 išmaniųjų telefonų – augimas lyginant su 2009 metais 161,4 % (Buchert et. al., 2012). Išmaniųjų telefonų sudėtyje yra apie 40 įvairiausių metalų, didelė dalis metalų (daugiausia KM) įrangos gyvavimo ciklo pabaigoje būtina atgauti. Didelė kliūtis metalų išieškojimui yra netinkami procesai pirminio apdirbimo metu arba procesų nesutapimas pirminio ir galutinio apdirbimo metu. Dėl šių priežasčių darbo tiriamojoje dalyje bus remiamasi mobiliaisiais liečiamaisiais telefonais, kaip pagrindiniu KM atgavimo šaltiniu.

2. KRITINIŲ METALŲ ATGAVIMO IŠ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS ATLIEKŲ ĮVERTINIMO METODAI

Darbo metodika sudaryta remiantis Kopenhagos išteklių instituto, Federalinės Vokietijos aplinkos apsaugos agentūros ataskaita, Bakas et. al.: „Esamas ir potencialus KM kiekis EEĮA“ (2014) ir Christian et. al., ataskaita „80 mobiliųjų telefonų kompozicija“ (2014), kurios pritaikytos Lietuvos ir Vokietijos atvejais. 9 lentelėje pateikiama darbo tyrimo eiga.

9 lentelė. Darbo tyrimo eiga

Tyrimo eiga	Metodika, duomenų šaltiniai
Tyrimo objekto ir apimties nustatymas	Tyrimo objektas Lietuvos įmonė: UAB „EMP recycling“. Apimtis Lietuvos EEĮ ir EEĮA 2010 – 2014 metais. duomenų lyginimui pasirinkta viena iš pažangiausių ES šalių – Vokietija. Šalių duomenys lyginami 2013 metų.
Duomenų rinkimas ir vertinimas	Mokslinės literatūros, Eurostato, Aplinkos apsaugos agentūros duomenų bazės taikomos surinkti informaciją apie EEĮ išleidimą į Lietuvos ir Vokietijos rinką, surinkimą, tvarkymą, siekiant įvertinti KM pirminio apdirbimo potencialą iš EEĮA srauto Lietuvoje ir Vokietijoje. Analizuojami atliekų surinkimo ir tvarkymo duomenys UAB „EMP recycling“ siekiant įvertinti šių įmonių KM pirminio apdorojimo potencialą.
KM ir EEĮ parinkimas analizei	KM vertinimas grindžiamas tiekimo rizika – ekonomine svarba, regionine koncentracija ir trūkstamomis tinkamomis perdirbimo technologijomis. EEĮ parinkimas analizei grindžiamas: aktualumas KM naudojimui įrangoje bei didelis įrangos paklausos augimas. Įvertintos EEĮ grupės, atsižvelgiant į KM kiekius EEĮ grupėse.
Esamas tiriamų EEĮA kiekis – EEĮ ir EEĮA srautai	Nustatomas atliekant EEĮ ir EEĮA srautų analizę (duomenys AAA ir Eurostato). Galimi susidarantys mobiliųjų telefonų įrangos kiekiai įvertinamas remiantis Chancerel (2010) metodika , tyrimas atliktas Vokietijoje, įvertinant jų kiekį iš viso surinkto IT ir telekomunikacijų įrangos kiekio.
Potencialūs KM kiekiai ir galimi atgauti iš EEĮA pirminio apdorojimo metu	KM kiekiai esantys mobiliuosiuose telefonuose pateikti remiantis „MOE & METI (2010)“ ir Christian et. al., (2014) atliktu tyrimu. Metalams numatomas KM atgavimo potencialas iš mobiliųjų telefonų atliekų. Potencialūs ir galimai paruošti atgauti KM kiekiai iš EEĮA pasirinkti 2013 metų Lietuvos ir Vokietijos mastu. I metodika – nustatomas potencialus galimas atgauti KM kiekis be išankstinio apdirbimo; II metodika – nustatomas potencialus galimas atgauti KM kiekis – rankinis išmontavimas; III metodika nustatomas potencialus KM kiekis – mechaninis apdirbimas; IV metodika nustatomas potencialus KM kiekis – kombinacija rankinio ir mechaninio pirminio apdirbimo metu.

KM atgavimo potencialas UAB „EMP recycling“	Įvertintas apskaičiavus kokia dalis UAB „EMP recycling“ surinktų ir sutvarkytų tiriamų EEĮ yra iš LR kiekio. Pagal apskaičiuotą santykį įvertinamas atgaunamas pirminio apdirbimo KM kiekis UAB „EMP recycling“
SSGG analizė	SSGG analizė atlikta vertinant KM atgavimo potencialą pirminio apdirbimo metu Lietuvoje. Analizė atliekama vertinant: galimybes, stiprybes, silpnybes ir grėsmes pirminio apdirbimo metu.

9 lentelės tęsinys.

2.1 Tyrimo objekto ir apimties nustatymas

Darbo tyrimui pasirinktos Lietuvos ir Vokietijos šalys. Grindžiama tuo, kad Vokietija yra viena iš pažangiausių ES valstybių atliekų tvarkymo atžvilgiu. Atliekų tvarkymo objektu pasirinkta Lietuvos įmonė: UAB „EMP recycling“. UAB „EMP recycling“ viena iš didžiausių Baltijos šalyse EEĮA perdirbimo įmonių.

UAB „EMP recycling“ pagrindinė veikla yra antrinių žaliavų supirkimas, surinkimas, perdirbimas ir prekyba. Per 15 gyvavimo metų įsigyta ir pagaminta daug gamybinių įrenginių: kabelių perdirbimo įrenginys, elektronikos smulkintuvas, katalizatorių malūnas, stambių atliekų smulkinimo ir separavimo linija, pastatyta šaldytuvų perdirbimo gamykla, veikia įvairių medžiagų bandinių ir tyrimų laboratorija (emp.lt). Įmonėje galutiniam apdirbimui paruošti mišiniai iš geležies, nerūdijančio plieno, vario, aliuminio ir žalvario.

UAB „EMP recycling“ turimos technologijos ir įrenginiai suteikia galimybę perdirbti:

- Elektros ir elektroninės įrangos atliekas (EEĮA) (iki 20000 tonų per metus);
- Spalvotųjų metalų laužą;
- Katalizatorių laužą (iki 1000 tonų per metus).

2.2 Duomenų rinkimas, vertinimas ir skaičiavimai

Duomenų rinkimas

Mokslinės literatūros, Eurostato, Aplinkos apsaugos agentūros duomenų bazės. Taikomos surinkti informaciją apie EEĮ išleidimą į Lietuvos ir Vokietijos rinką, surinkimą, tvarkymą, siekiant įvertinti KM pirminio apdirbimo potencialą iš EEĮA Lietuvoje ir Vokietijoje.

Esamų EEĮA kiekiai Lietuvoje ir Vokietijoje įvertinti remiantis AAA bei Eurostato duomenimis 2013 metų. Analizuojami atliekų surinkimo ir tvarkymo UAB „EMP recycling“ duomenys, siekiant įvertinti KM atgavimo potencialą pirminio apdirbimo metu.

Vertinimas

Magistrinio baigiamojo darbo metodika sudaryta remiantis paruošta Kopenhagos išteklių instituto, Federalinės Vokietijos aplinkos apsaugos agentūros ataskaita Bakas et. al., (2014): „Esamas ir potencialus KM kiekis EEĮA“, kurioje jau yra įvertintas KM kiekis ir atgavimo galimybės iš EEĮA: „Chancerel, 2010; MOE & METI, 2010. Taip pat Christian et. al., (2014) ataskaita: “80 mobiliųjų telefonų kompozicija“.

KM pasirinkimas analizei grindžiamas tiekimo rizikos – ekonominės svarbos santykiu regionine koncentracija ir trūkstamomis tinkamomis perdirbimo technologijomis.

Remiantis Kopenhagos išteklių instituto sudaryta ataskaita nustatyti metalai, kurie yra svarbūs. KM yra randami daugiausia 3 kategorijos IT ir telekomunikacijų įrangoje: mobiliuosiuose telefonuose, kompiuteriuose, televizoriuose:

1. grupė: sidabras, kobaltas, indis, volframas.
2. grupė: auksas, berilis, galis, germanis, paladis.

EEĮ parinkimas analizei grindžiamas: aktualumas KM naudojimui įrangoje, didelis įrangos paklausos augimas bei perdirbimo galimybės.

Bendras perdirbimo veiksmingumas KM perdirbimo grandinėje:

- Mobilieji telefonai 0 – 5 %
- Stacionarūs kompiuteriai 0 – 15 %
- Nešiojamieji kompiuteriai 0 – 15 %
- Televizoriai 0 – 15 %

Mažiausias perdirbimo efektyvumas, sunaudojami dideli kiekiai KM bei didelis paklausos augimas ateityje numatomas mobiliųjų išmaniųjų telefonų, todėl tyrime plačiau analizuojama mobiliųjų išmaniųjų telefonų įranga.

Skaičiavimai

Nustatyta KM sudėtis pasirinktuose mobiliuosiuose telefonuose ir kiekiai iš literatūros apžvalgos. Atsižvelgta į atliktus tyrimus: Chancerel 2010, MOE & METI 2010 (Bakas et. al., 2014) ir Christian B, Romanov A., Romanova I and Turbini L.J. (2014).

Mobiliųjų telefonų įrangos kiekio susidarymas apskaičiuojamas remiantis Vokietijoje atliktais skaičiavimais pagal Chancerel (2010) metodą. Pirmiausia apskaičiuojami IT ir telekomunikacijų įrangos EEĮ ir EEĮA srautai. Turint susidariusius EEĮA kiekius – įvertinamas surinktas mobiliųjų telefonų kiekis iš viso surinkto IT ir telekomunikacijų įrangos kiekio, naudojant 0,2 % koeficientą. (10 lentelė).

Vokietijos atliktu tyrimu daroma prielaida, kad susidariusių EEĮ atliekų kategorijų dalis pagal atskirą įrangą yra vienoda visose ES šalyse, kaip ir Vokietijoje (Bakas et. al., 2014). Kiekvienais metais susidariusių įrangų atliekų kiekis nėra vienodas, tačiau remiantis šia metodika yra apskaičiuotas procentinis vidutinis, galimas susidariusios mobiliosios įrangos kiekis.

Remiantis šios metodikos procentine išraiška 0,2 %, apskaičiuojami surinkti mobilieji telefonai Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais, kaip įrangos dalis nuo 3 kategorijos, tonomis (1 formulė):

$$M = m * k / 100 \% ; \quad (1)$$

M - įrangos surinkimo kiekis, t;

m - IT kategorijos surinktas kiekis 2013 m., t;

k - surinktos įrangos dalis nuo IT kategorijos, %. Remiantis Chancerel (2010) tyrimo metodika atlikta Vokietijoje, mobilieji telefonai - 0,20%.

10 lentelė. Mobilųjų telefonų kiekio iš EEĖA apskaičiavimas, tonomis. Šaltinis: Bakas et. al., 2014

EEĖ grupė	EEĖ kategorijos Nr.	EEĖ grupių surinkimo kiekis t. Vokietijoje 2007	EEĖ kategorijų surinkimo kiekis t. Vokietijoje 2007	Surinkta EEĖ grupė / surinkta EEĖ kategorija % Vokietijoje 2007	EEĖ kategorijų surinkimo kiekis t. EU 2007	EEĖ kategorijų surinkimo kiekis t. EU 2008	EEĖ grupių surinkimo kiekis t. EU 2007	EEĖ grupių surinkimo kiekis t. EU 2008
Mobilieji telefonai	3	240	117749	0,2 %	390291	575976	796	1174

I metodika: MOE & METI (2010) pateikiama informacija apie KM sudėtį mobiliuosiuose telefonuose (be baterijų), remiantis Japonijoje atliktu tyrimu. Japonijoje atliktame tyrime išanalizuota 15 skirtingų mobilųjų telefonų. Šie rezultatai darbe yra naudojami siekiant įvertinti KM atgavimą skirtinguose įrangos perdirbimo etapuose. KM kiekiai nustatyti tyrimo metu pateikti 11 lentelėje, g / kg.

11 lentelė. KM kiekiai mobiliuosiuose telefonuose, g / kg. Šaltinis: Bakas et. al., 2014

Metalai	Ag	Co	In	W	Au	Be	Ga	Ge
g / kg	0.9975	0.177	0.0045	1.4685	0.389	0.011	0.0275	0.0215

II metodika: atliktas tyrimas Christian B, Romanov A., Romanova I and Turbini L.J. (2014) Kanadoje, pateikiama informacija apie KM sudėtį mobiliuosiuose telefonuose remiantis atliktais tyrimais 85 mobilųjų telefonų. KM aptikti – g / mobilijam telefonui. Norint palyginti abi metodikas apskaičiuota iš g / mobilijam telefonui į g / kg tam panaudojant, kad vieno mobilaus telefono svoris yra 0,1 kg (Shluep et. al., 2009). Šiame tyrime nėra kiekybinių duomenų galio ir germanio (12 lentelė).

12 lentelė. KM kiekiai mobiliuosiuose telefonuose, g / kg. Šaltinis: Christian et. al., 2014

Metalai	Ag	Co	In	W	Au	Be	Ga	Ge
g / kg	0.11	0.4	0.02	6.8	0.3	0.01	0.00	0.00

Lyginamas nebus atliekamas volframo, dėl per didelio skirtumo pirmame ir antrame tyrime nuo 1,4685 g / kg iki 6,8 g / kg. Nėra duomenų, kurio tyrimo rezultatai gali būti tikslesni. Rezultatų neatitikimas galimas, dėl tyrimų duomenų variacijų svyravimų. Variacijos atsiranda, dėl skirtingų medžiagų savybių.

Nustatyti įmonės UAB „EMP recycling“ atgaunamus KM kiekius ir potencialą naudojama MSA (medžiagų srautų analizė). MSA – analitinis metodas, kuriuo siekiama įvertinti medžiagų srautus ir išteklius. Medžiagų srautų analizė atliekama naudojant STAN programą.

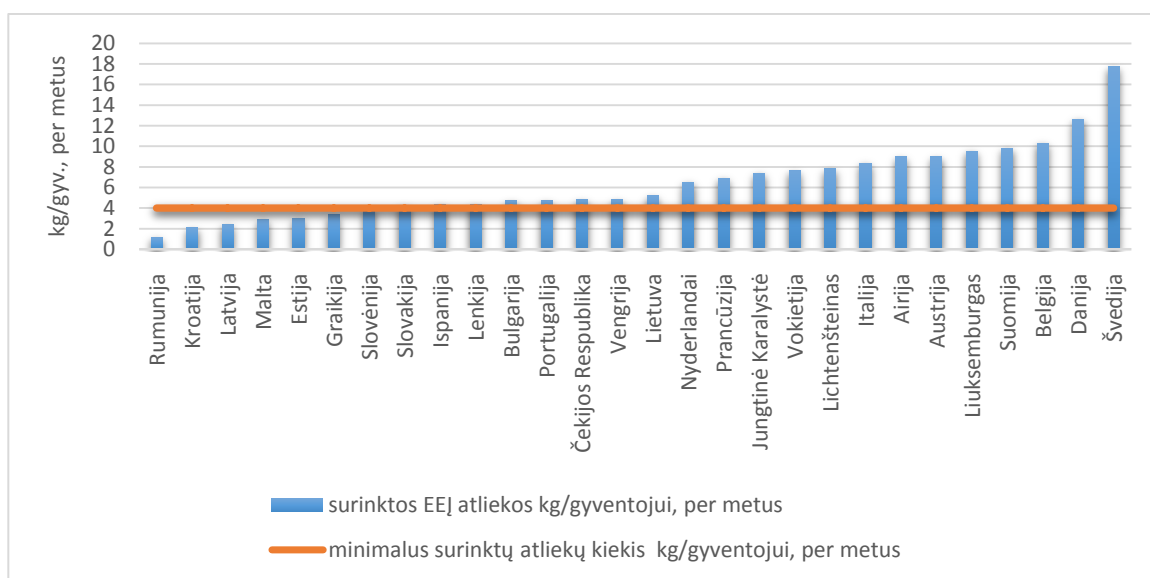
3. KRITINIŲ METALŲ ATGAVIMO GALIMYBIŲ VERTINIMAS IŠ ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS ATLIEKŲ

Elektros ir elektroninė įranga turi būti atskirai tvarkoma nuo bendro komunalinių atliekų srauto, nes savo sudėtyje turi pavojingų medžiagų bei didelius kiekius KM, kurie gali būti atgauti ir antrą kartą panaudoti. Taip būtų sumažinama ES priklausomybė nuo žaliavų importo bei didinama ES rinkos ekonomika. Literatūroje nėra plačiai išnagrinėtas KM atgavimo potencialas iš EEĮA. Tai viena iš priežasčių kada perdirbėjai dažnai neturi pakankamai informacijos apie KM atgavimo galimybes iš EEĮA bei kiekvienos įrangos specifines perdirbimo technologijas. Taigi, EEĮA tvarkymo sistema yra neatsiejama nuo: gamintojų – importuotojų, platintojų, vartotojų, atliekų surinkėjų, perdirbėjų.

3.1 Elektros ir elektroninės įrangos ir jų atliekų situacijos analizė Lietuvoje

LR teisės aktai reglamentuojantys elektros ir elektroninės įrangos bei jų atliekų tvarkymą:

- „Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymas“;
- „Atliekų tvarkymo taisyklės, patvirtintos Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2011-05-03 įsakymu Nr. D1-368“;
- „Elektros ir elektroninės įrangos atliekų tvarkymo taisyklės, patvirtintos Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2004-09-10 įsakymu Nr. D1-481“;
- „Gamintojų ir importuotojų registravimo taisyklės, patvirtintos Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2009-05-27 įsakymu Nr. D1-291“;
- „Gaminių tiekimo rinkai apskaitos ir atliekų tvarkymo ataskaitų teikimo taisyklės, patvirtintos 2009-05-27 įsakymu Nr. D1-290“.

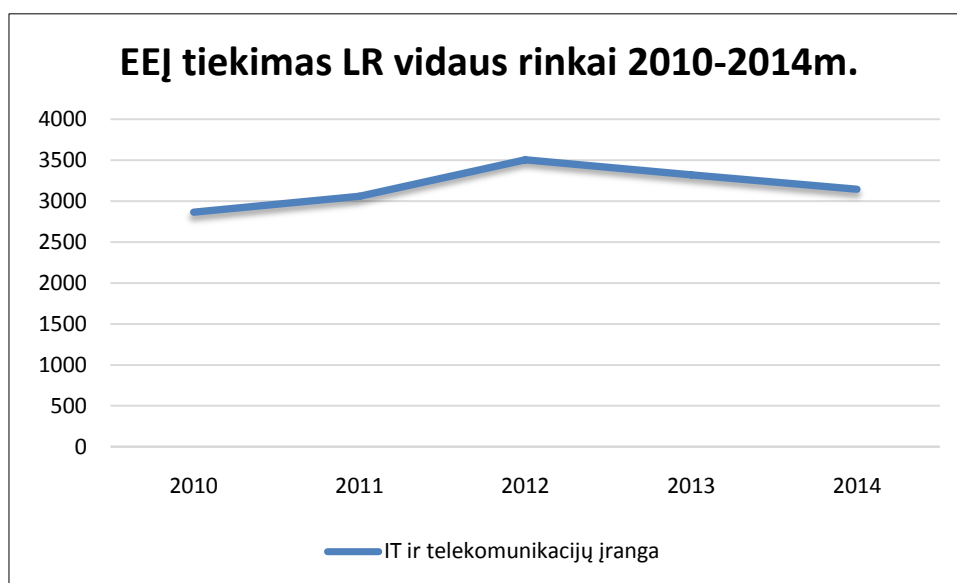


10 paveikslas. Surinktos buitinės EEĮA kiekis (kg / gyventojui) per metus ES 2014 metais. Šaltinis: Eurostat, 2014

EEĮ atliekų direktyva 2012/19/ES nustatė, kad minimalus surinktos buitinės EEĮ kiekis yra 4 kg / gyventojui per metus. Lietuva 2012 metais pasiekė minimalų surinktos buitinės EEĮ kiekį – 4,8 kg / gyventojui per metus. Vokietija yra dvigubai pažengusi atliekų surinkime: 2012 metais – 8,6 kg / gyventojui per metus (10 paveikslas).

LR surinktas buitinės EEĮA kiekis 2014 metais viršija nustatytą minimalų kiekį, tačiau surinkimas dar nėra toks pažangus lyginant kitas ES valstybes, ypač Vokietiją. Lietuvoje surinktos buitinės EEĮA kiekis per metus kg / gyventojui kito – 2014 metais buvo surinkta 56 % daugiau EEĮ kiekio lyginant su 2010 metais. Yra prognozuojama, kad iki 2020 metų surinktos buitinės EEĮA kiekis padidės iki 24 kg / gyventojui (AAA, 2014).

2010 – 2014 m. laikotarpiu į Lietuvos vidaus rinką tiekta 15896 tonų IT ir telekomunikacijų įrangos įskaitat kompiuterių monitorius. Didžiausias įrangos tiekimas į vidaus rinką užfiksuotas 2012 metais, o 2014 metais sumažėjo. Remiantis šiais duomenimis tokius rezultatus gali įtakoti įrangos gyvavimo trukmė (11 paveikslas). IT ir telekomunikacijų įrangai yra priskiriami ir mobilieji išmanieji telefonai, kurie bus detalčiau nagrinėjami kituose skyriuose.



11 paveikslas. EEĮ tiekimas LR vidaus rinkai 2010 – 2014 metais. Šaltinis: AAA, 2014

EEĮA šiuo metu yra laikoma viena iš sparčiausiai augančių atliekų srautų. ES augimo tendencija apie 3 – 5 % per metus. Dabar tik trečdalis EEĮA yra atskirai surenkamos ir tinkamai apdorojamos. Pagrindinė priežastis tokio mažo kiekio, dėl nelegalaus elektronikos įrangos atliekų eksporto, pašalinamo į savartynus arba kaupimo namų ūkiuose.

2010 – 2014 metų laikotarpiu Lietuvoje surinkta 11903 tonų IT ir telekomunikacijų įrangos atliekų, bendros surinktos EEĮA siekia 74313 tonų. Ryšio tarp EEĮ išleistų į rinką bei susidariusių EEĮA niekada nebus, nes dalis atliekų yra kaupiamos, pakartotinai naudojamos ir nepatenka pas atliekų tvarkytojus. Dažnai EEĮ techninis tarnavimo laikas yra didesnis, nei faktinis naudojimas.

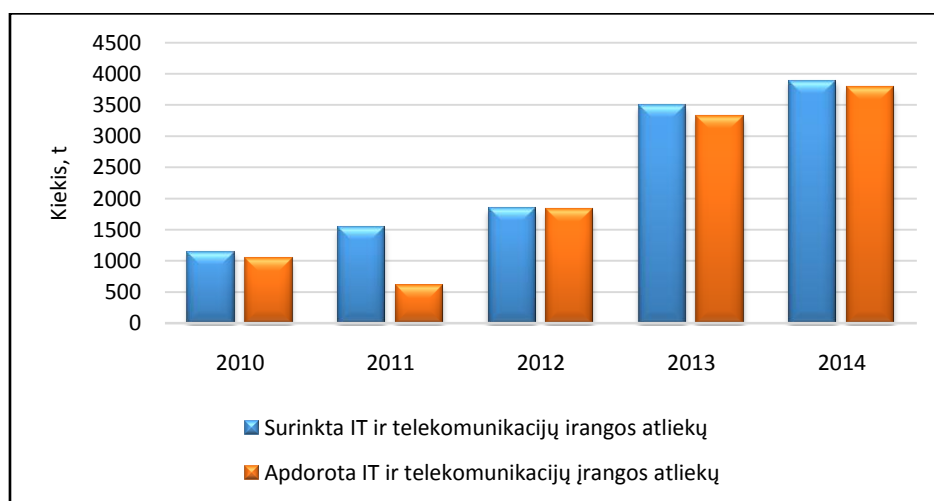
2010 – 2014 metų laikotarpiu Lietuvoje apdorotos EEĮ atliekos siekia 62332 tonų. Bendras Lietuvoje surinktų atliekų apdorojimo kiekis siekia 66511 tonų, o likusi dalis yra apdorota ES valstybėse narėse bei

kitose valstybėse. Likusios neapdorotos EEĮ atliekos yra pašalinamos į sąvartynus arba eksportuojamos (13 lentelė). 2010 – 2014 metais Lietuvoje surinktas IT ir telekomunikacijų įrangos kiekis nuo pateikto rinkai kiekio svyruoja nuo 40 % iki 124 %. Tokie rezultatai gaunami, dėl skirtingo prietaisų gyvavimo amžiaus: mobilieji telefonai vidutiniškai – 2 metai, o nešiojamieji kompiuteriai – 4 metai. Taigi, remiantis anksčiau minėtomis priežastimis nėra ryšio tarp EEĮ pateikto kiekio rinkai bei EEĮA surinkto kiekio.

13 lentelė. EEĮ tiekimas vidaus rinkai, surinkimas ir tvarkymas 2010 – 2014 metais. Šaltinis: AAA, 2014

EEĮ tiekimas vidaus rinkai		EEĮA surinkimas, tvarkymas					
IT ir telekomunikacijų įranga/metai	Vidaus rinkai	Lietuvoje surinktos atliekos, t			Apdorotos atliekos, t		
		Buitinės atliekos	Atliekos surinktos ne buityje	Iš viso	Apdorota Lietuvoje	Apdorota kitose valstybėse	Iš viso
2010	2865,202	1111,156	35,703	1146,859	1027,57	-	1027,54
2011	3061,128	1521,178	16,44	1537,322	577,177	20,726	597,903
2012	3505,759	1680,9304	162,833	1843,763	1813,092	17,022	1830,114
2013	3320,263	3300,994	189,807	3490,801	3269,163	47,339	3316,502
2014	3144,233	3665,734	218,817	3884,551	3631,473	157,136	3788,609

Nuo 2012 metų sparčiai padidėjo IT ir telekomunikacijų įrangos apdorojimas – iki 98 % nuo surinkto EEĮA kiekio. Pagrindinės priežastys: padidėję perdirbimo įmonių pajėgumai taikant pažangesnias technologijas, kad apdoroti didesnius EEĮA kiekius bei koreguoti teisiniai reikalavimai perdirbti kuo didesnius atliekų kiekius (12 paveikslas).



12 paveikslas. Surinktos ir apdorotos IT ir telekomunikacijų įrangos atliekos Lietuvoje 2010 – 2014 metais. Šaltinis: AAA, 2014

Duomenų lyginimui pasirinkta Vokietijos šalis, kuri yra sparčiai pažengusi IT ir telekomunikacijų įrangos atliekų surinkime ir jų perdirbime. Pasirinktas periodas 2013 metai. Vokietijoje vidutiniškai per metus yra surenkama 177277 tonų atliekų ir perdirbama apie 169325 tonų (96 %). Lietuvos surinktos atliekos lyginant su Vokietijos sudaro tik 6,7 % nuo surinktų atliekų Vokietijoje. Tačiau reikia nepamiršti to, kad

Vokietijoje yra žymiai didesnis gyventojų skaičius. Lyginant vidutinį atliekų perdirbimą Lietuvoje, tai sudaro apie 56 %. 2013 metais Vokietijoje IT ir telekomunikacijų įrangos surinkta 157357 tonų ir apdorota 148336 tonų, o Lietuvoje surinkta 3491 tonų, o apdorota 3317 tonų (13 paveikslas).

Remiantis politikos iniciatyva mobilieji telefonai yra labai svarbūs, dėl plataus jų vartojimo ir KM sudėties. Mobilieji telefonai yra mažo dydžio ir lengvai saugojami ilgą laiką lyginant su kitomis didelio dydžio EEĮ. Tai gali įtakoti mažas surinkimo normas bei galimus atgauti KM kiekius. Ekonominė prasme priklausomai nuo vietos ir surinkimo efektyvumo mobiliuosius telefonus naudinga perdirbti.



13 paveikslas. Surinktos ir apdorotos IT ir telekomunikacijų įrangos atliekos Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais. Šaltinis: Eurostat, 2014

Atliktas mobiliųjų telefonų surinkimo potencialas Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais remiantis Chancerel (2010) metodika, įvertinant jų kiekį iš visos surinktos IT ir telekomunikacijų įrangos kiekio. Apskaičiuojami surinkti mobilieji telefonai Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais, kaip dalis nuo 3 kategorijos, tonomis.

Lietuvoje

$$2013 \text{ metais: } M_{\text{mob.tel.}} = 3490,801 * 0,2 \% / 100 \% = 7 \text{ t;}$$

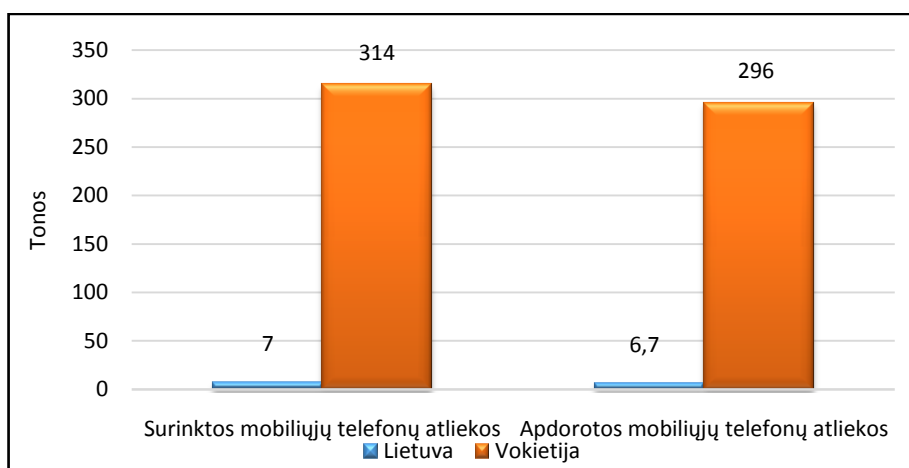
Vokietijoje

$$2013 \text{ metais: } M_{\text{mob.tel.}} = 157357 * 0,2 \% / 100 \% = 314 \text{ t;}$$

Pagal gautus rezultatus apie surinktus mobiliųjų telefonų kiekius 2013 metais yra apskaičiuojamas perdirbtas mobiliųjų telefonų kiekis Lietuvoje ir Vokietijoje (14 paveikslas). Surinktas bei apdorotas mobiliųjų telefonų kiekis nežymiai skiriasi. Galima daryti prielaidą, kad neapdorota mobiliųjų telefonų dalis yra perduodama antriam naudojimui taip prailginant įrangos gyvavimo ciklą. Surinktose mobiliųjų telefonų atliekose didelė dalis yra išmaniųjų telefonų remiantis tuo, kad šiuo metu jie užkariauja tiek Lietuvos, tiek Vokietijos rinką.

Surinktas mobiliųjų telefonų kiekis Lietuvoje nuo 2010 iki 2013 metų išaugo apie 3 kartus. Galima daryti prielaidą, kad 2010 metais buvo pašalinta daug senų telefonų ir matoma augimo tendencija išmaniosiose technologijose, kurių gyvavimo trukmė 2 – 4 metai. Pagal Chancerel (2010) skaičiavimus tik apie 5 % visų mobiliųjų telefonų patiektų į rinką yra perdirbami, ir iš esmės galima teikti, kad ši vertė taip pat,

taikoma išmaniesiems telefonams (Buchert et. al., 2012). Vokietijoje surinktas mobiliųjų telefonų kiekis sumažėjo (2010 – 2013 metas). Galima daryti prielaidą remiantis, kad Vokietija yra žymiai pažengusi EEĮA surinkime ir viršija nustatytus „Europos parlamento ir tarybos direktyvos Nr. 2012/19/ES 2012 m. liepos 4 d. dėl elektros ir elektroninės įrangos atliekų“, todėl nebėra didelio potencialo, surinkti kuo daugiau atliekų, kad vykdyti direktyvos nustatytus minimalius surenkamus kiekius. Taip pat, reikia nepamiršti to, kad sumažėjęs IT ir telekomunikacijų įrangos atliekų susidarymas galimas, dėl ekonominės krizės 2008 metais, kurios metu sumažėjo tiekiamų produktų į rinką pirkimas.



14 paveikslas. Surinktas ir apdorotas mobiliųjų telefonų kiekis Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais. Šaltinis: remiantis Eurostato duomenimis, 2014

3.2 Potencialūs kritinių metalų kiekiai iš elektros ir elektroninės įrangos Lietuvoje ir Vokietijoje

Pasirinkti duomenys nagrinėjami 2013 metų. Šiuo laikotarpiu Lietuvoje buvo didžiausiais surinktas mobiliųjų telefonų kiekis lyginant su ankstesniais metais. Tai atspindi, kad šiuo metu yra padidėjęs mobiliųjų telefonų tiekimas į rinką: išmanieji telefonai keičia paprastus mobiliuosius telefonus. Vis dažniau atsikratoma senos įrangos ir perkama nauja. 2013 metai pasirinkti nagrinėti ir Vokietijos surinktus mobiliuosius telefonus. Vidutinis mobiliųjų telefonų gyvavimo ciklas yra 2 metai. Pagrindinės mobiliųjų telefonų sudedamosios dalys: laisvosios kreipties atmintinė, procesoriai, baterijos, vidaus duomenų saugojimas, ekranai, jutikliai ir kameros. Nebenaudojamus mobiliuosius telefonus labai svarbu surinkti bei perdirbti, dėl juose esančių absoliučiai mažų, tačiau svarbių KM: indžio, galio, kobalto, retųjų žemės elementų (14 lentelė).

14 lentelė. Svarbūs komponentai ir kritinės medžiagos mobiliuosiuose telefonuose. Šaltinis: Bakas et. al., 2014

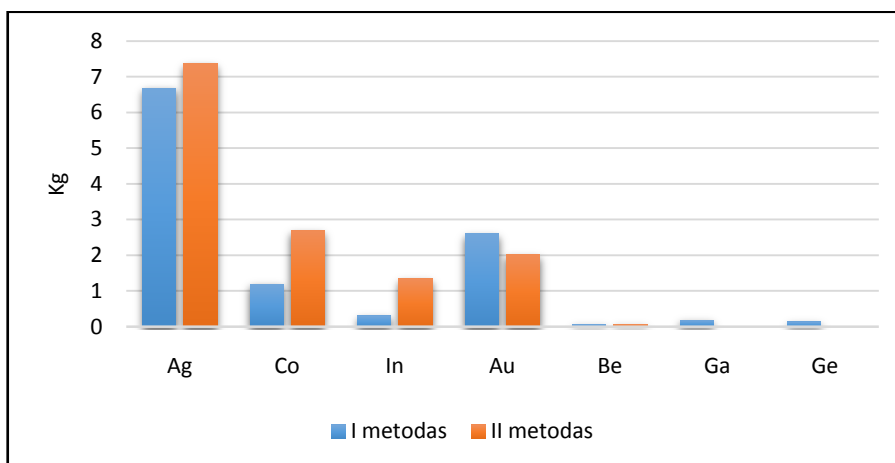
Baterijos	Litis, kobaltas.
Mikroschemos	Kobaltas, indis, sidabras, telūras, berilis, galis, germanis, auksas, paladis.
Ekranas (LCD)	Indis, volframas.
LED apšvietimas	Indis, tantalas, galis, germanis, retieji žemės elementai.
Spausdintinės plokštės	Sidabras, auksas, paladis.

Apskaičiuoti KM kiekiai surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais, remiantis atlikta sudėties analize Japonijoje ir Kanadoje. Analizei pasirinkti galimi kiekiai medžiagų Japonijos ir Kanados duomenimis, nes nėra įvertinta Europos lygmeniu apie galimus medžiagų kiekius.

15 lentelė. Potencialūs KM kiekiai surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais

	I metodika KM kiekis,kg	II metodika KM kiekis, kg	I metodika 6,7 t	II metodika 6,7 t	I metodika 296 t	II metodika 296 t
			Lietuva		Vokietija	
KM	KM g/EEI, kg	KM g/EEI kg	KM, EEIA, kg	KM, EEIA, kg	KM, EEIA, kg	KM, EEIA, kg
Ag	0,9975	1,1	6,68	7,37	295,3	325,6
Co	0,177	0,4	1,19	2,68	52,4	118,4
In	0,045	0,2	0,3	1,34	13,3	59,2
Au	0,389	0,3	2,6	2,01	115,1	88,8
Be	0,011	0,01	0,07	0,07	3,2	2,96
Ga	0,0275	0,000	0,18	0,000	8,1	0,000
Ge	0,0215	0,000	0,14	0,000	6,4	0,000

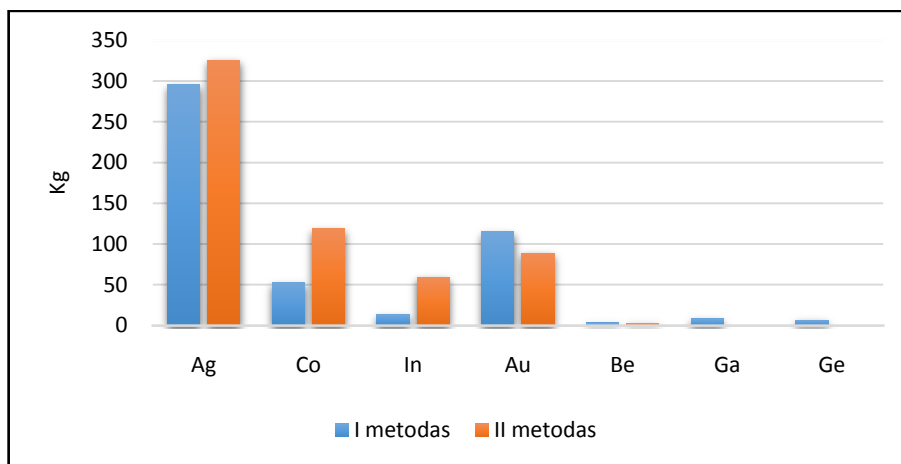
Lyginant potencialius KM kiekius surinktuose mobiliuosiuose telefonuose 2013 metais pirmoje ir antroje metodikoje matomas didelis skirtumas tarp kobalto ir indžio. Kobalto nuo 1,19 g / kg iki 2,68 g / kg Lietuvoje ir nuo 52,4 g / kg iki 118,4 g / kg Vokietijoje – skirtumas dvigubai didesnis II metodikos. Lietuvoje surinktuose mobiliuosiuose telefonuose indžio nuo 0,3 g / kg iki 1,34 g / kg, o Vokietijoje nuo 13,3 g / kg iki 59,2 g / kg (15 lentelė). Taip pat, dėl kiekybinių duomenų trūkumo, antroje metodikoje nėra nustatyti galio ir germanio kiekiai.



15 paveikslas. KM atgavimo potencialo palyginimas – I ir II metodikos, surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje 2013 metais

Lyginant abi šalis Vokietijoje KM potencialas iš surinktų mobiliųjų telefonų metalų siekia net iki 50 kartų daugiau (15 ir 16 paveikslai). Akivaizdi priežastis yra ta, kad Vokietijoje žymiai daugiau gyventojų bei veikia pažangesnė atliekų surinkimo sistema, todėl surenkamas didesnis kiekis mobiliųjų telefonų, o tai

sąlygoja didesnius KM kiekius. Todėl lyginti absoliučius skaičius yra netikslinga. Tai viena iš priežasčių, kad šalys, kurios surenka didelius kiekius mobiliųjų telefonų turi aukštas galimybes atgauti didelius kiekius KM ir labiau atsižvelgia į atgavimo technologijas – nepaisant ekonominių trigdžių. Atsiranda didelė kliūtis KM išieškojimui šalyse, kurios surenka mažus mobiliųjų telefonų kiekius.



16 paveikslas. KM atgavimo potencialo palyginimas – I ir II metodikos, surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Vokietijoje 2013 metais

3.3 Potencialūs galimi atgauti kritinių metalų kiekiai pirminio apdirbimo metu iš elektros ir elektroninės įrangos atliekų

Kritinių metalų atgavimo galimybės antriam panaudojimui negali būti atgaunamos 100 %. KM atgavimo nuostoliai gali būti, dėl trijų etapų atliekų tvarkymo grandinėje: pirmiausia, tai surinktas nedidelis kiekis lyginant su esamu atliekų kiekiu, todėl nėra didelės galimybės susigrąžinti KM. Kita vertus, dalis EEĀ yra eksportuojama kaip toliau naudojami produktai, vėl nėra galimybės atgauti KM. Taip pat, iš įrangos, kuri surenkama į perdirbimo sistemas nesusigrąžinamas galimas KM kiekis, dėl technologinių kliūčių (ETC/SCP 2011).

„MOE & METI (2010)“ atliktame tyrime apskaičiuota kokį KM efektyvumą galima pasiekti pirminio apdirbimo metu. Potencialūs galimi atgauti KM kiekiai apskaičiuojami naudojant preliminarius pirminio apdirbimo naudojamų technologijų vidurkius (rankinis išmontavimas, mechaninis apdirbimas ir kombinacija). Jeigu teoriškai pirminio apdirbimo metu galimybė atgauti KM gali būti 100 %, tai praktiškai šiuo metu, tai neįmanoma. Pagrindinės priežastys: dalis įrangos nepatenka į atliekų surinkimo sistemą (kaupiamos namų ūkiuose arba parduotos už ES ribų) arba patenka į mišrių komunalinių atliekų srautą (ne kaip EEĀ). Apskaičiuotas KM atgavimo potencialas pirminio apdirbimo metu, remiantis: „MOE & METI (2010)“ tyrimu. Apskaičiuota Lietuvos bei Vokietijos mastu remiantis I ir II KM kiekio metodika.

Atsižvelgiant į KM atgavimo efektyvumą pirminio apdirbimo metu derinant technologijas (rankinis išmontavimas, mechaninis apdirbimas arba kombinacija) metalų atgavimo koeficientas siekia apie 50 % (In, Be, Ga, Ge). Dažnai atsižvelgiama tik į galimybes atgauti brangiuosius metalus, kurie yra naudingi ekonomine prasme. Dauguma pirminio apdirbimo įmonių įrangos perdirbimui taiko – kombinaciją (derinamas

rankinis išmontavimas su mechaniniu apdirbimas), todėl atgaunamas KM kiekis gali neatitikti potencialaus nustatyto KM kiekio MOE & METI (2010) tyrime. Taikant kombinaciją, kai kurie metalai prarandami iki 100 %. Dažnai pirminio apdirbimo įmonėms trūksta žinių apie įrangoje esančius KM kiekius, atgavimo potencialą ir EEĀ apdorojimą.

16 lentelė. Numatomas mobiliųjų telefonų pirminio apdirbimo efektyvumas Lietuvoje 2013 metais

		I metodas			II metodas		
KM	Pirminio apdoravimo efektyvumas %	Galimas atgauti KM kiekis naudojant pirminio apdoravimo technologijų vidurkį, kg	Pasiekiamas KM kiekis, kg	KM praradimai, kg	Galimas atgauti KM kiekis naudojant pirminio apdoravimo technologijų vidurkį, kg	Pasiekiamas KM kiekis, kg	KM praradimai, kg
Ag	61 %	4,07	6,68	2,61	4,42	7,37	2,95
Co	100 %	1,19	1,19	0,00	2,68	2,68	0,00
In	49 %	0,15	0,3	0,15	0,66	1,34	0,68
Au	61 %	0,37	0,6	0,23	1,23	2,01	0,78
Be	49 %	0,03	0,07	0,04	0,03	0,07	0,04
Ga	49 %	0,09	0,18	0,09	0,00	0,000	0,00
Ge	49 %	0,07	0,14	0,07	0,00	0,000	0,00

17 lentelė. Numatomas mobiliųjų telefonų pirminio apdirbimo efektyvumas Vokietijoje 2013 metais

		I metodas			II metodas		
KM	Pirminio apdoravimo efektyvumas %	Galimas atgauti KM kiekis naudojant pirminio apdoravimo technologijų vidurkį, kg	Pasiekiamas KM kiekis, kg	KM praradimai, kg	Galimas atgauti KM kiekis naudojant pirminio apdoravimo technologijų vidurkį, kg	Pasiekiamas KM kiekis, kg	KM praradimai, kg
Ag	61 %	180,1	295,3	115,2	143,7	235,6	91,9
Co	100 %	52,4	52,4	0,00	118,4	118,4	0,00
In	49 %	6,5	13,3	6,8	29	59,2	30,2
Au	61 %	70,2	115,1	44,9	64,2	88,8	24,6
Be	49 %	1,57	3,2	1,63	1,45	2,96	1,51
Ga	49 %	4,00	8,1	4,1	0,00	0,00	0,00
Ge	49 %	3,14	6,4	3,26	0,00	0,00	0,00

16 ir 17 lentelėse pateiktas numatomas mobiliųjų telefonų pirminio apdirbimo efektyvumas. KM pirminio apdoravimo efektyvumas siekia iki 100 % (kobaltas). Auksą bei sidabrą parinkus tinkamas technologijas galima atgauti iki 61 %. O likusius kritinius metalus net iki 49 %. Tačiau beveik visose pirminio apdirbimo įmonėse paruoštuose mišiniuose KM atgavimo galimybės lygios – 0 % išskyrus auksą ir sidabrą. Šiuos brangiuosius metalus atgauti perspektyvu – ekonominiu požiūriu.

Vokietijoje žymiai aukštesnis potencialas atgauti didesnius KM kiekius iš mobiliųjų telefonų įrangos lyginant su Lietuva. Dėl surinkto didesnio mobiliųjų telefonų kiekio. Didelės šalys yra suinteresuotos atgauti kuo daugiau KM. Lietuvoje galimas atgauti bendras KM kiekis apie 5,97 kg, o Vokietijoje apie 317,91 kg. Skirtumai šalyse KM kiekio atgavimui yra akivaizdūs. Dažnai surinktas mažas įrangos kiekis ir juose esantys maži kiekiai KM būna didelė kliūtis mažoms pirminio apdirbimo įmonėms. Pavyzdžiui, Lietuvoje neatgaunam daugelis KM, dėl brangių technologijų. Tačiau, kad ir nedidelis potencialus KM kiekis visada galima rasti galimybes ir išeitis, kaip ekonomiškai efektyviai atgauti mažus KM kiekius nedidelėse valstybėse.

Norint tinkamai išieškoti KM iš EEIĄ labai svarbu kokiais būdais atliekamas pirminis apdirbimas. Atliktame (Chancerel, 2010) tyrime Vokietijoje priimta, kad pirminio perdirbimo pasiskirstymas ES yra lygus Vokietijai. Galima daryti prielaidą, kad EEIĄ tvarkymas Vokietijoje yra labiau pažengęs nei visų ES šalių vidurkis, todėl gali būti nežymiai pervertintas perdirbimo efektyvumas. Taip pat, galima daryti prielaidą, kad kritinių metalų nuostolius įtakoja mažas EEIĄ surinkimas pagal nustatytą: Europos parlamento ir tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES 2012 m. liepos 4 d. dėl elektros ir elektroninės įrangos atliekų.

18 lentelė. Kritinių metalų atgavimo efektyvumas mobiliuosiuose telefonuose, taikant skirtingas pirminio apdoravimo technologijas. Šaltinis: Bakas et. al., 2014

	Neišardytas mobilusis telefonas	Rankinis išardymas	Mech. 1	Mech. 2
Metallų atgavimo koeficientas				
Ag	100 %	90 %	11 %	24 %
Co	100 %	100 %	100 %	100 %
In	100 %	90 %	0 %	0 %
Au	100 %	90 %	26 %	24 %
Be	100 %	90 %	0 %	0%
Ga	100 %	90 %	0 %	0%
Ge	100 %	90 %	0 %	0%

Mobiliųjų telefonų išankstinio apdirbimo būdai:

I būdas: Rankinis išmontavimas. Pašalinama pagrindinė plokštė ir kiti komponentai, kurių sudėtyje yra kritinių metalų. Baterijos keliauja į atskiras perdirbimo sistemas, o visa kita likusi įrangos dalis siunčiama galutiniam perdirbimui – integruotuose lydyklose. Rankinis išmontavimas, netaikant mechaninio apdirbimo, gali būti taikomas tik mobiliesiems telefonams, dėl mažo dydžio.

II būdas: Rankinis atskyrimas po smulkinimo ir automatinio rūšiavimo (toliau: Mech.1)

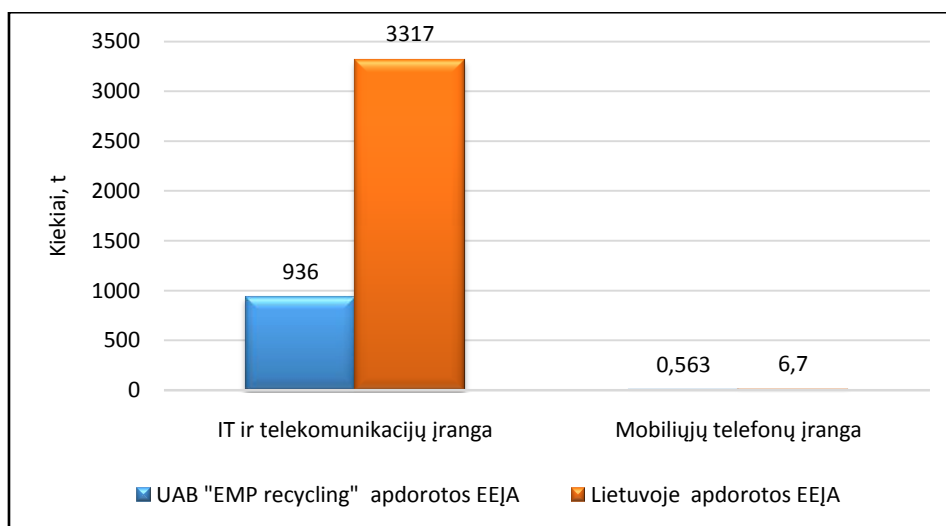
III būdas: Kombinuotas rankinis ir mechaninis pirminis apdirbimas (toliau: Mech. 2)

Dideli nuostoliai susidarę pirminio apdirbimo metu priklauso: ar apdirbimas atliekamas rankiniu būdu ar mechaniniu. Rankinio apdirbimo metu galimas metalų atgavimo koeficientas siekia daugiau nei 90 %, o mechaninio apdorojimo metu KM atgavimo koeficientas tik 0 – 60 % (18 lentelė).

3.4 Pirminio apdirbimo technologijos ir atgaunamas kritinių metalų kiekis įmonėje UAB „EMP recycling“

Tiriamajame darbe, kaip atliekų tvarkymo objektas pasirinkta Lietuvos perdirbimo įmonė – UAB „EMP recycling“. Remiantis UAB „EMP recycling“ 2013 metų duomenimis, įmonė surinko ir apdoravo 6620 tonų buityje susidarančių EEĮA. Tai sudaro 41 % Lietuvoje surinkto ir apdoroto EEĮA kiekio. Surinktas ir apdorotas IT ir telekomunikacijų įrangos kiekis 2013 metais „EMP recycling“ 936 tonų. Mobilųjų telefonų surinktas ir perdirbtas kiekis siekia iki 0,563 tonų.

Remiantis AAA ir UAB „EMP recycling“ 2013 metų duomenimis apskaičiuota, kad įmonė surinko ir apdoravo 28 % Lietuvoje sutrinkto IT ir telekomunikacijų įrangos kiekio. Taip pat 8,4 % mobilųjų telefonų nuo apdoroto kiekio LR (17 paveikslas).



17 paveikslas. Lietuvoje ir UAB „EMP recycling“ įmonėje apdoroti EEĮA kiekiai 2013 metais

Įmonė naudoja specialius perdirbimo įrenginius priklausomai nuo to: ar surinkta EEĮA priskiriama stambiai ar smulkiai įrangai. Naudojamas pirminis apdirbimas: mechaninis arba kombinuotas (rankinis išmontavimas ir mechaninis apdirbimas). Paruošti metalų mišiniai galutinio apdorojimo įmonėms: geležis, nerūdijantis plienas, varis, aliuminis ir žalvaris. Įmonės duomenimis mobilųjų telefonų įrangai – taikomas kombinuotas pirminis apdirbimas. Jie išardomi rankomis: presuojami atskirti plastikai, baterijos išimamos ir rūšiuojamos. Likusi įrangos dalis apdorojama mechaniniuose įrenginiuose – dviejų velenų smulkintuve. Surinktame mobilųjų telefonų įrangos kiekyje – nemaža dalis kritinių ir tauriųjų metalų, kuriuos svarbu atgauti (19 lentelė). KM atgavimo potencialas nustatomas pagal I metodiką. Neanalizuojama II metodika, nes joje nėra galio ir germanio kiekybinių duomenų pagal kuriuos būtų galima atlikti vertinimus.

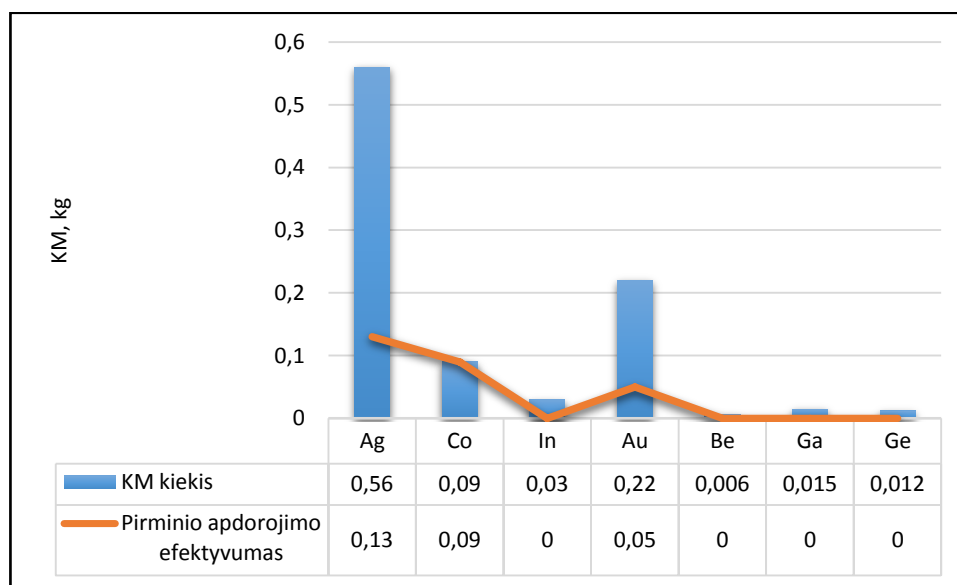
Įmonės duomenimis naudojamos mobiliųjų telefonų pirminio apdirbimo technologijos – rankinis išmontavimas derinamas su mechaniniu apdirbimu. Pagal (Chancerel 2010) tyrimo gautus rezultatus kombinacija mobiliųjų telefonų perdirbimui yra vienas iš blogiausių perdirbimo būdų. Pagal šį perdirbimo būdą nustatytas pirminio apdirbimo efektyvumas KM atgavimui mobiliuosiuose telefonuose: UAB „EMP recycling“ (20 lentelė).

19 lentelė. KM kiekis surinktuose mobiliuosiuose telefonuose, taikant I ir II metodiką – UAB „EMP recycling“ įmonėje

KM	Ag	Co	In	Au	Be	Ga	Ge
KM kiekis, kg – I metodika	0,56	0,09	0,03	0,22	0,006	0,02	0,012
KM kiekis, kg – II metodika	0,61	0,22	0,11	0,16	0,00	0,00	0,00

20 lentelė. KM kiekis apdorotuose mobiliuosiuose telefonuose – UAB „EMP recycling“

KM	Ag	Co	In	Au	Be	Ga	Ge
Pirminio apdorojimo efektyvumas KM atgavimui, kg	0,13	0,09	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00



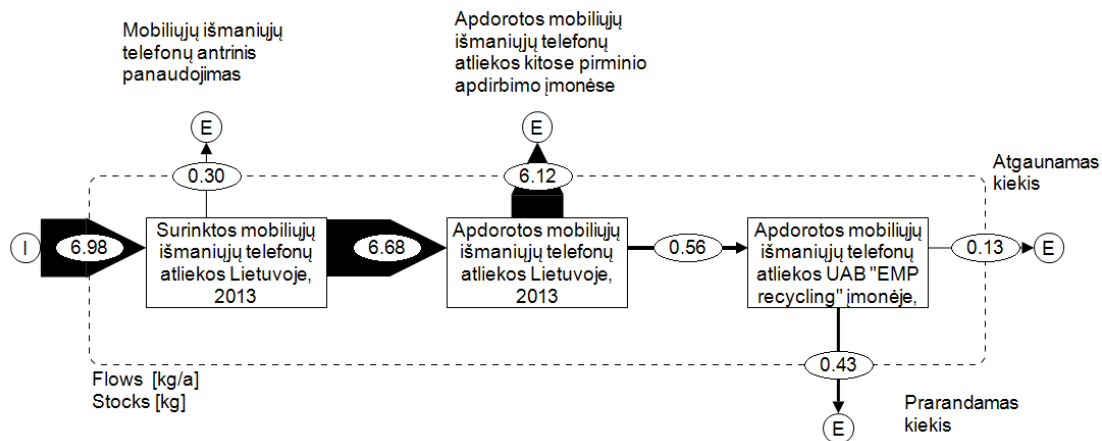
18 paveikslas. KM kiekis ir pirminio apdirbimo efektyvumas, KM atgavimui – UAB „EMP recycling“ įmonėje

UAB „EMP recycling“ naudodama kombinuotą mobiliųjų telefonų pirminį apdirbimą užkerta KM atgavimą galutinėse įmonėse. In, Be, Ga, Ge kiekiai pirminio apdirbimo metu galimai prarandami iki 100 % (18 paveikslas). Įmonėje paruošiami mišiniai atgauti: auksą, sidabrą ir kobaltą. Aukso atgaunama apie 22 %, sidabro apie 23 %. Mažų KM kiekių atgavimo potencialų pagrindinės priežastys yra tos, kad valstybėse, kuriose surenkamas EEĪA kiekis yra nedidelis ir juose aptinkami maži kiekiai KM nemato ekonominės perspektyvos atgauti svarbius KM – išskyrus brangiuosius metalus (auksas, sidabras, platinos grupės metalai). Kitų KM atgavimui reikalingos brangios technologijos. Taip pat, labai svarbu EEĪA pritaikyti tinkamą pirminio apdirbimo metodą, kaip pvz., mobiliesiems telefonams ir mp3 grotuvams užtenka atskirti

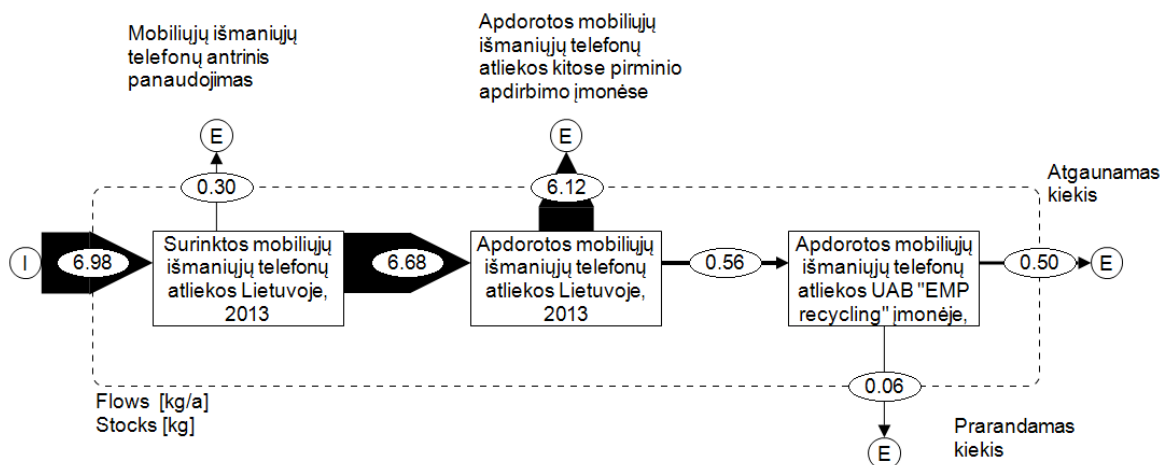
pagrindinius komponentus, kuriuose yra kritiniai metalai neatliekant mechaninio apdirbimo, ko negalima daryti su stambia EEJA.

Viena iš pagrindinių priemonių didinti optimizavimo potencialą perdirbimo grandinėje – padidinti mobiliųjų telefonų surinkimo lygį. Šiuo metu įmonėje vienintelis efektyvus KM atgavimas: kobalto ir brangiųjų metalų. Dėl kitų KM yra svarstoma – ar ateityje gali būti ekonomiškai perspektyvu atgauti KM nepaisant mažo jų kiekio. Tam reikia ieškoti alternatyvų ne tik bendradarbiaujant valstybės viduje – tarp pirminio apdirbimo įmonių, bet galimas regioninis mažų valstybių bendradarbiavimas siekiant padidinti KM atgavimo potencialą.

Medžiagų srautų analizė pasirenkama identifikuoti KM srautus Lietuvos bei UAB „EMP recycling“ įmonės mastu. Pirmasis procesas – rodo šiuo metu esamą įmonėje mobiliųjų telefonų perdirbimo technologiją (kombinacija – rankinis išmontavimas derinamas su mechaniniu apdirbimu). Antrasis procesas – vaizduoja palankesnę mobiliųjų telefonų perdirbimo technologiją (rankinis išmontavimas).



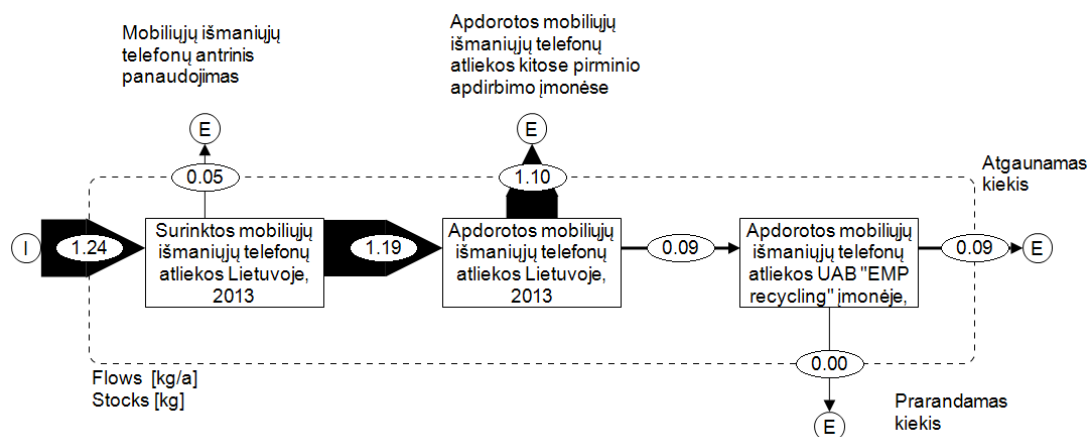
19 paveikslas. Įvertinta sidabro MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją



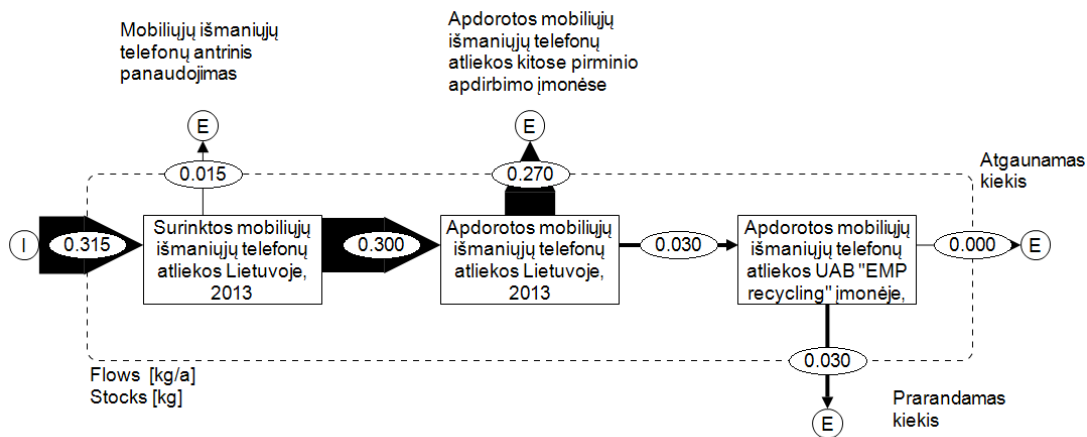
20 paveikslas. Įvertinta sidabro MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą

Atlikus sidabro medžiagų srautų analizę (MSA) bendras kiekis iš surinktų mobiliųjų telefonų sudaro apie 6,98 kg. Šio sidabro kiekio į įmonę tenka tik apie 8 %. Pirminio mobiliųjų telefonų apdirbimo metu praradimai siekia apie 77 %. Parinkus tinkamesnę pirminio apdirbimo technologiją, nuostolius galima sumažinti iki 11 % (19 ir 20 paveikslai).

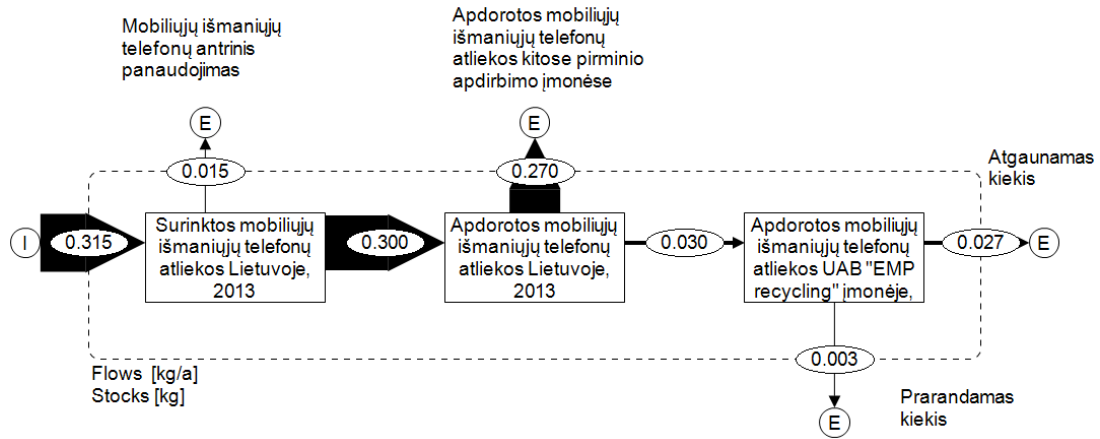
Atlikus kobalto medžiagų srautų analizę (MSA) bendras kiekis iš surinktų mobiliųjų telefonų sudaro apie 1,24 kg. Į įmonę tenka tik apie 7 %. Tiek įmonėje naudojama, tiek siūloma pirminio apdirbimo technologija nekeičia kobalto atgavimo koeficiento – apie 100 %. Tokios atgavimo normos pasiekiamos, dėl to, kad baterijos pašalinamos prieš mechaninį apdirbimą taip nesukeliant didelių nuostolių (21 paveikslas).



21 paveikslas. Įvertinta kobalto MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą

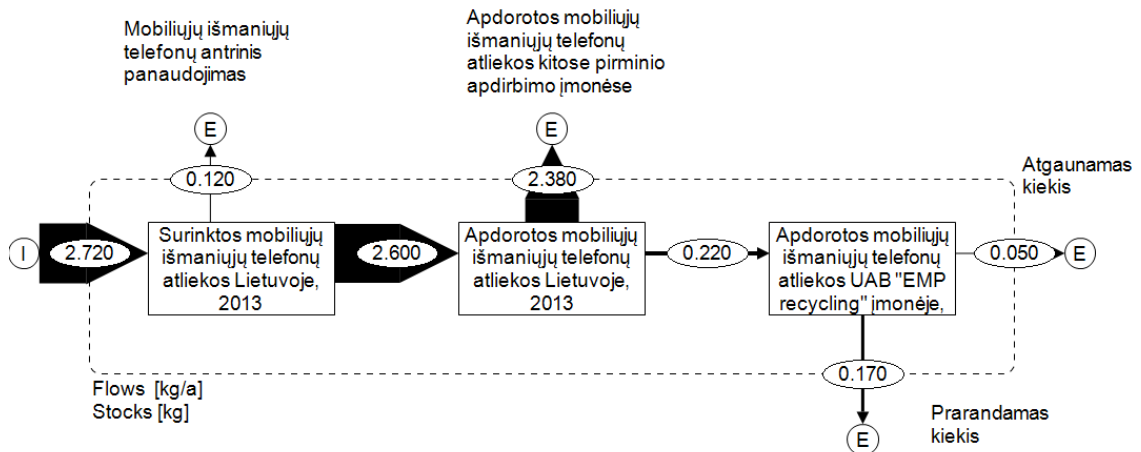


22 paveikslas. Įvertinta indžio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją



23 paveikslas. Įvertinta indžio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą

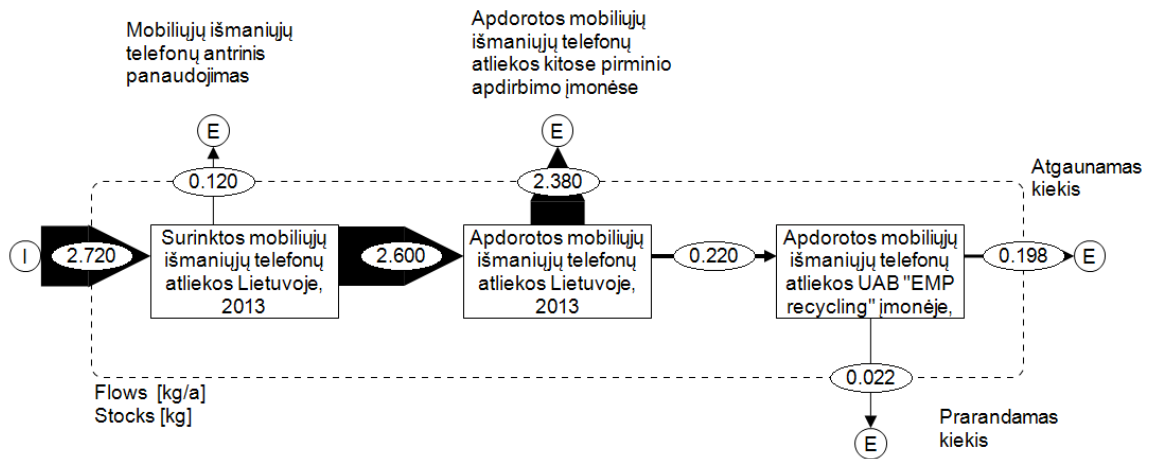
Bendras indžio kiekis surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje 2013 metais siekia iki 0,316 kg. Pirminio mobiliųjų telefonų apdirbimo metu praradimai siekia apie 100 %. Parinkus tinkamesnę pirminio apdirbimo technologiją nuostolius galima sumažinti iki 10 % (22 ir 23 paveikslai).



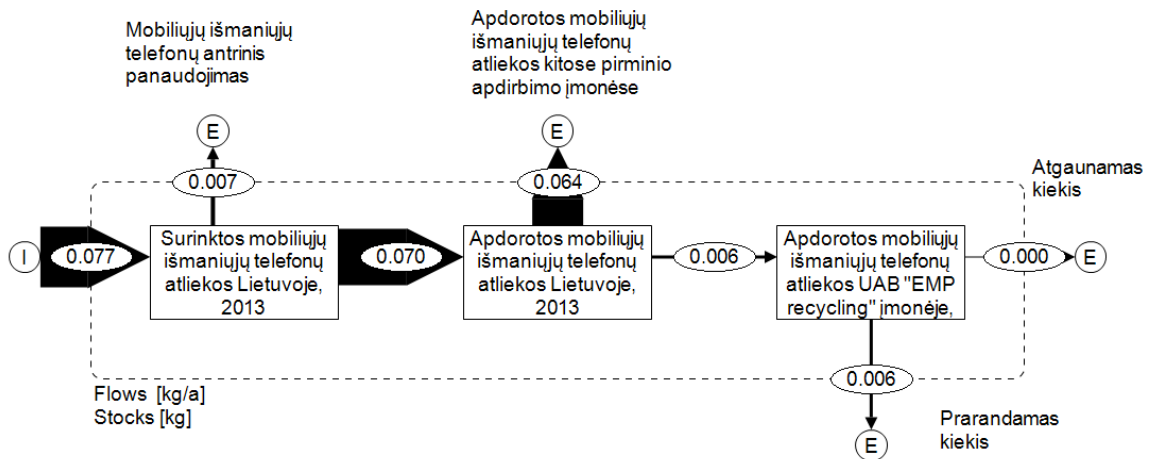
24 paveikslas. Įvertinta aukso MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją

Atlikus aukso MSA bendras kiekis iš surinktų mobiliųjų telefonų sudaro apie 2,720 kg. Pirminio mobiliųjų telefonų apdirbimo metu praradimai siekia apie 77 % lygiai taip pat, kaip ir sidabro. Parinkus tinkamesnę pirminio apdirbimo technologiją, nuostolius galima sumažinti iki 11 % (24 ir 25 paveikslai).

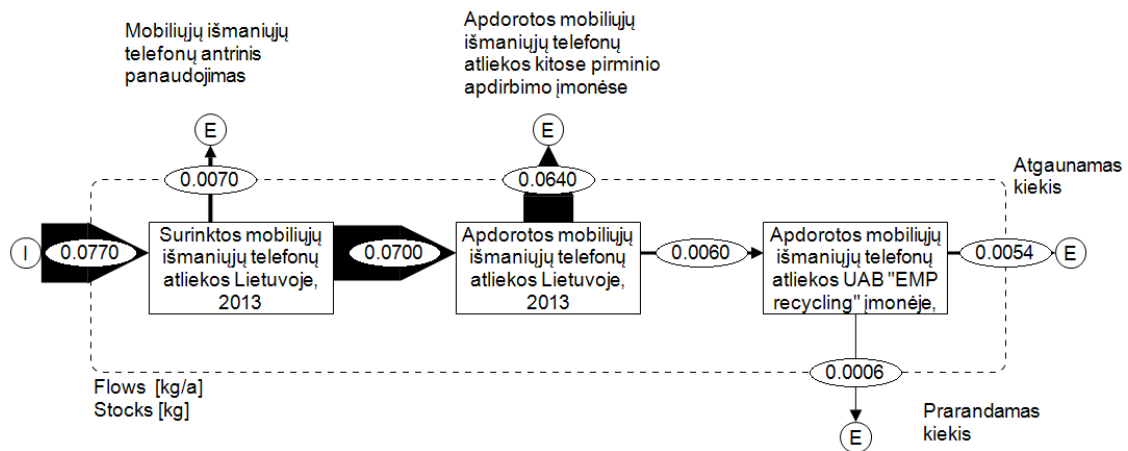
Bendras berilio kiekis surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje 2013 metais siekia iki 0,07 kg. Pirminio mobiliųjų telefonų apdirbimo metu praradimai siekia iki 100 %. Parinkus tinkamesnę pirminio apdirbimo technologiją, nuostolius galima sumažinti iki 10 % (26 ir 27 paveikslai).



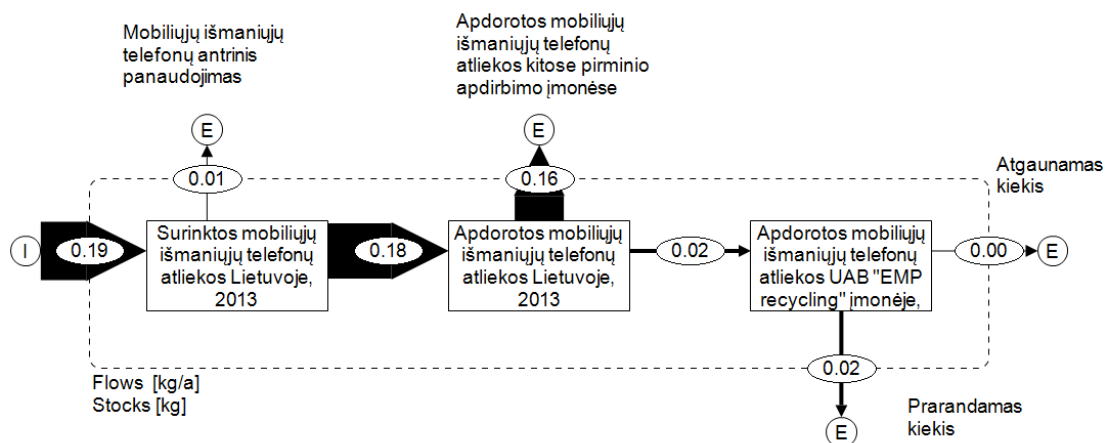
25 paveikslas. Įvertinta aukso MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą



26 paveikslas. Įvertinta berilio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją

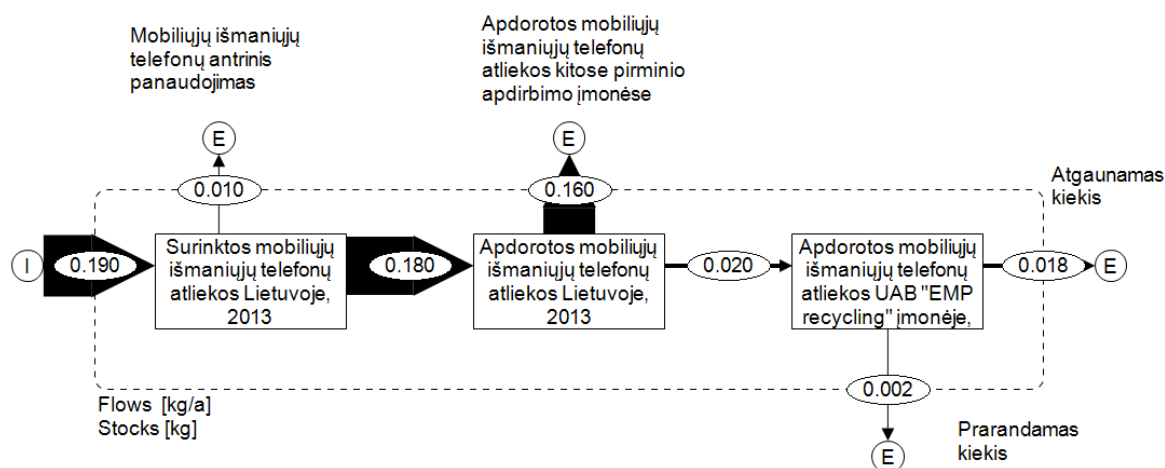


27 paveikslas. Įvertinta berilio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą



28 paveikslas. Įvertinta galio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją

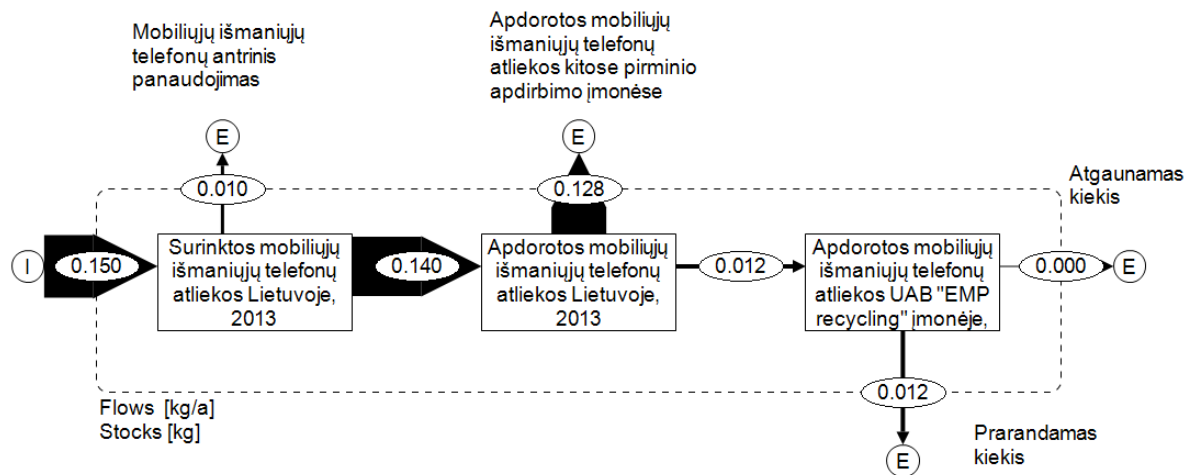
Galio kiekis surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje siekia iki 0,19 kg. Pirminio mobiliųjų telefonų apdirbimo metu praradimai siekia apie 100 %. Parinkus tinkamesnę pirminio apdirbimo technologiją nuostolius galima sumažinti iki 10 % (28 ir 29 paveikslai).



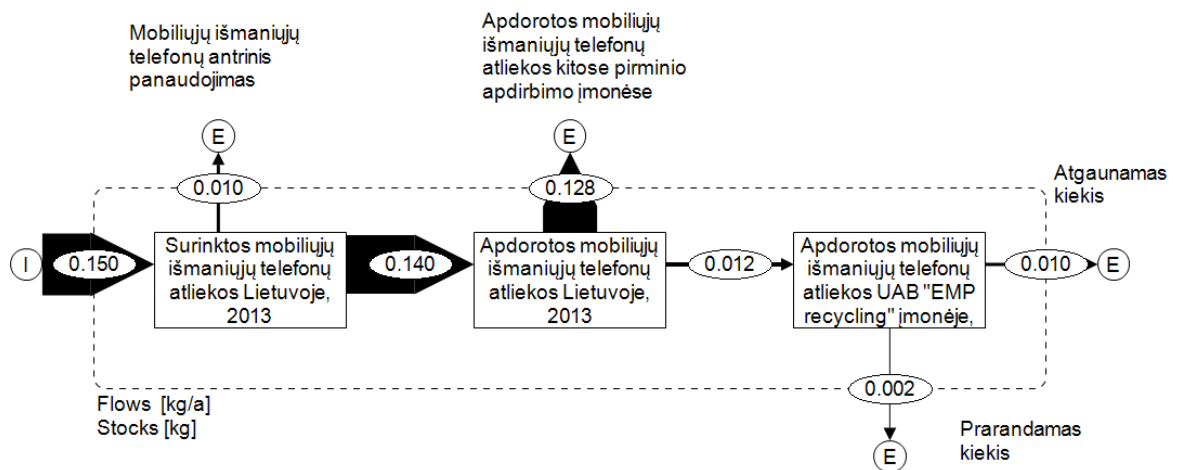
29 paveikslas. Įvertinta galio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą

Bendras germanio kiekis surinktuose mobiliuosiuose telefonuose Lietuvoje 2013 metais siekia iki 0,15 kg. Pirminio mobiliųjų telefonų apdirbimo metu praradimai siekia apie 100 %. Parinkus tinkamesnę pirminio apdirbimo technologiją nuostolius galima sumažinti iki 10 % (30 ir 31 paveikslai).

Galima daryti prielaidą, kad parinkus tinkamą technologiją – rankinį išmontavimą visi KM gali būti atgauti iki 90 %. Tačiau, negalima daryti išvadų kokie kiekiai gali būti išieškoti galutinio apdirbimo įmonėse.



30 paveikslas. Įvertinta germanio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – kombinaciją



31 paveikslas. Įvertinta germanio MSA iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvos ir UAB „EMP recycling“ įmonės mastu, naudojant pirminio apdirbimo technologiją – rankinį išmontavimą

Galima daryti prielaidą, kad įmonė neatsižvelgia į visus KM esančius mobiliuosiuose telefonuose išskyrus brangiuosius metalus (21 lentelė). Mobilųjų telefonų atliekos patenka kartu su stambiomis EEĮA, tai viena iš priežasčių užkertančių kelią KM atgavimui. Taip pat, neparuošiami tinkami mišiniai KM atgavimui galutinio apdorojimo įmonėse, dėl ekonominių priežasčių – brangios pirminio apdorojimo technologijos paruošti mišinius. Tačiau išnagrinėjus situaciją akivaizdu, kad mobilieji telefonai nereikalauja tam tikrų mišinių paruošimo lyginant su stambiomis EEĮA – KM atgavimui. Dėl mažo mobiliųjų telefonų dydžio užtenka juos tik rankiniu būdu išardyti ir perduoti galutinio apdirbimo įmonėms. Svarbiausia gavus mobiliųjų telefonų atliekas nesumaišyti jų su bendromis EEĮ atliekomis, o atskirti.

21 lentelė. KM atgavimo normos UAB „EMP recycling“ – naudojamas įmonėje ir rekomenduojamas pirminio apdirbimo būdas mobiliems telefonams

	Kombinacija (rankinis išardymas ir mechaninis apdirbimas) – naudojama įmonėje		Rankinis išardymas – rekomenduojamas pirminis apdirbimas	
Metalai	Atgavimo normos, kg	Praradimai, kg	Atgavimo normos, kg	Praradimai, kg
Ag	0,13	0,43	0,5	0,06
Co	0,09	0,00	0,09	0,00
In	0,00	0,03	0,027	0,003
Au	0,05	0,17	0,198	0,022
Be	0,00	0,006	0,0054	0,0006
Ga	0,00	0,02	0,018	0,002
Ge	0,00	0,012	0,01	0,002

3.5 Kritinių metalų atgavimo iš mobiliųjų telefonų SSGG analizė

Išanalizavus literatūrą ir atlikus KM atgavimo galimybių įvertinimą Lietuvoje ir Vokietijoje bei įmonėje UAB „EMP recycling“ nustatyta, kad KM atgavimo galimybės pirminio apdirbimo metu iš mobiliųjų telefonų gali būti dešimtimis kartų didesnės.

22 lentelė. KM atgavimo iš mobiliųjų telefonų atliekų pirminio apdorojimo metu SSGG analizė (stiprybės ir silpnybės)

STIPRYBĖS	SILPNYBĖS
<p>Didelė svarba ekonomikai. Neatsiejama ekonomikos dalis Didelės KM atgavimo galimybės antriniam panaudojimui sukurtų konkurencingumu grindžiamą ekonomiką.</p> <p>Darbo vietų kūrimas Atsirandant vis daugiau pirminio ir galutinio apdirbimo įmonių būtų kuriamos naujos darbo vietos.</p> <p>Didelė gaminio vertės grandinė Apima gamintojus, platintojus, vartotojus, atsakingus asmenis už EEĪA surinkimą, apdorojimą ir KM atgavimą.</p> <p>Didėjanti EEĪA dalis, kuri patenka į perdirbimo kanalų Gyventojai vis dažniau nebenaudojamą įrangą atiduoda perdirbėjams, atsiranda didesnės galimybės atgauti didesnius kiekius KM.</p>	<p>Žemas inovacijų lygis Žemas investicijų į plėtros veiklas – naujų procesų ir technologijų lygis.</p> <p>Bendradarbiavimo trūkumas Trūksta gamintojų ir perdirbėjų bendradarbiavimo, informacijos apie įrangos išmontavimą, atskyrimą, informacijos apie produkto KM sudėtį ir kiekį.</p> <p>Teisinių reikalavimų trūkumas Trūksta teisinių įstatymų, dėl KM atgavimo iš EEĪA. Kontrolės stoka perdirbimo grandinės dalyviams palieka teisę atgauti tik vertingus komponentus ekonominiu atžvilgiu, o visa kita traktuoti, kaip nesvarbiomis žaliavomis.</p> <p>Finansiniai sunkumai Mažos ir vidutinės pirminio apdirbimo įmonės susiduria su finansiniais sunkumais diegiant naujas įrangas ir technologijas tobulinant perdirbimą.</p> <p>Perdirbėjų įgūdžių trūkumas Maži perdirbėjų įgūdžiai perdirbimo srityje. Atliekant pirminį apdirbimą dažnai trūksta perdirbėjų įgūdžių įrangos išardymo etapuose.</p>

23 lentelė. KM atgavimo iš mobiliųjų telefonų atliekų pirminio apdorojimo metu SSGG analizė (galimybės ir grėsmės)

GALIMYBĖS	GRĖSMĖS
<p>Suinteresuotų šalių bendradarbiavimas Artimas bendravimas ir komunikacija tarp suinteresuotų šalių perdirbimo grandinėje yra labai svarbus norint pasiekti gerą bendrą KM atgavimo našumą ir numatymui tolimesnės raidos tobulinimui. Keistis informacija apie geriausią praktiką perdirbimo etapuose.</p> <p>Bendradarbiavimas tarp gamintojų ir perdirbėjų Keičiantis informacija, siekiant palengvinti pakartotinį naudojimą bei tinkamą EEJA įrangos perdirbimą, valstybės narės imasi būtinų priemonių užtikrinti, kad gamintojai nemokamai pateiktą informaciją perdirbėjui apie skirtingas EEI kategorijas, jų sudėtį ir kt.</p> <p>Bendradarbiavimas tarp pirminio ir galutinio apdirbimo įmonių. Mobilųjų telefonų atliekų perdirbime didelį vaidmenį atlieka pirminio ir galutinio apdirbimo įmonės. Jų susitarimu galima pasiekti didelį KM atgavimo potencialą.</p> <p>Pasaulinio lygio įgūdžiai Visada galima pasiekti pasaulinio lygio įgūdžius EEJA perdirbime ir KM atgavime. Tobulindami praktiką pirminio apdirbimo metu.</p>	<p>Išteklių trūkumas ateityje Netinkamai perdirbant EEI atliekas galimas išteklių trūkumas ateityje.</p> <p>Klasifikuojama daugiau medžiagų – kritinės Neefektyviai naudojami išteklių ir netinkamos jų atgavimo technologijos gali privesti prie to, kad esantis 20 kritinių medžiagų sąrašas ateityje gali padidėti.</p> <p>Brangiųjų metalų atgavimas, neatsižvelgiant į kitus svarbius metalus Pirminio apdirbimo įmonės ir toliau gali atsižvelgti tik į brangiųjų metalų atgavimą, dėl ekonominės naudos. Nepaisant to, kad naudojant tam tikras technologijas užkerta kelią svarbių KM atgavimui.</p> <p>Netinkami pirminio apdirbimo procesai Parenkami netinkami pirminio apdirbimo metu procesai skirtingai įrangai perdirbti. Pagrindė, dėl žinių trūkumo apie įrangos perdirbimą.</p> <p>Procesų nesutapimas pirminio ir galutinio apdirbimo metu Dažnai nesutampa pirminio ir galutinio apdirbimo metu naudojami procesai. Būtinai suinteresuotų pusių bendradarbiavimas.</p>

KM atgavimo galimybių iš mobiliųjų telefonų atliekų įvertintos stiprybės, silpnybės, galimybės ir grėsmės – pirminio apdirbimo metu (22 lentelė). Stiprybės – didelė svarba ekonomikai, didelė gaminio vertės grandinė, darbo vietų kūrimas bei didėjanti EEJA dalis, kuri patenka į perdirbimo kanalą. Galimybės – suinteresuotų šalių bendradarbiavimas, bendradarbiavimas tarp gamintojų ir perdirbėjų bei pirminio ir galutinio apdirbimo įmonių, pasaulinio lygio įgūdžiai. Silpnybės – žemas inovacijų lygis, bendradarbiavimo bei teisinių reikalavimų trūkumas, finansiniai sunkumai ir perdirbėjų įgūdžių trūkumas. Grėsmės – išteklių trūkumas ateityje, klaidinamoji daugiau medžiagų – kritinėmis, brangiųjų metalų atgavimas, neatsižvelgiant į kitus svarbius metalus, netinkami pirminio apdirbimo procesai, procesų nesutapimas pirminio ir galutinio apdirbimo metu. Galima teigti, kad pagrindas yra suinteresuotų grupių bendradarbiavimas.

IŠVADOS

1. Išanalizavus literatūrą KM yra naudojami elektros ir elektronikos įrangoje, dėl aukštų fizinių ir elektrocheminių savybių, kurios suteikia įrangai tams tikras funkcijas. Plečiantis rinkai, trumpėjant naujovių diegimo ciklams – elektros ir elektroninė įranga keičiama sparčiau. Didėjant EEĮ produkcijai, susidaro vis didesnis kiekis EEĮA, tai tampa pagrindiniu atliekų šaltiniu. Todėl labai svarbu perdirbti nebenaudojamas EEĮA, kaip KM atgavimo šaltinį antriniam panaudojimui.
2. Įvertintas KM atgavimo potencialas iš mobiliųjų telefonų atliekų Lietuvoje ir Vokietijoje 2013 metais. Lietuvoje potencialus KM atgavimas siekia 11,16 kg – 13,47 kg. Vokietijoje potencialus KM atgavimas siekia 493,8 kg – 594,96 kg. Potencialus KM kiekis skiriasi šimtais kartų. Mažose valstybėse atsiranda didelė kliūtis KM išieškojimui.
3. Įvertintas KM atgavimo potencialas iš mobiliųjų telefonų atliekų pirminio apdirbimo metu. Galimas atgauti KM kiekis pirminio apdirbimo metu Lietuvoje siekia 5,97 kg – 9,02 kg. KM praradimai siekia 3,19 kg – 4,45 kg. Vokietijoje galimas atgauti kiekis siekia 317,91 kg – 356,75 kg. Praradimai siekia 148,21 kg – 175,89 kg. Dideli atgavimo potencialai yra viena iš priežasčių, kai didelės šalys labiau domisi KM atgavimu lyginant su mažomis šalimis. Dauguma pirminio apdirbimo įmonių teigia, kad nėra didelės paklausos ir ekonominės vertės KM atgavimui bei brangios pirminio apdirbimo technologijos. Įmonėms naudinga atgauti tik auksą ir sidabrą.
4. Įvertintas KM atgavimo potencialas Lietuvos EEĮA pirminio apdirbimo įmonėje UAB „EMP recycling“. Įmonėje naudojamose mobiliųjų telefonų pirminio apdirbimo technologijoje – rankinis išardymas ir mechaninis apdirbimas. Galimi atgauti KM: auksas (0,05 kg), sidabras (0,13 kg), kobaltas (0,09 kg). Pakeitus pirminio apdirbimo technologiją, atliekant tik rankinį išardymą ir likusi dalis siunčiama galutinio apdirbimo įmonėms galimas atgauti KM kiekis siektų – 0,84 kg. Būtų atgaunami ne tik auksas, sidabras, kobaltas, bet ir galis, germanis, indis, berilis.
5. Atlikus SSGG analizės vertinimą norint atgauti kuo daugiau KM iš mobiliųjų išmaniųjų telefonų atliekų, galimas suinteresuotų šalių bendradarbiavimas, bendradarbiavimas tarp gamintojų ir perdirbėjų. Tačiau trukdžiai, kurie gali atsirasti, tai finansiniai, žemas inovacijų lygis, žemi perdirbėjų įgūdžiai.

LITERATŪROS SĀRAŠAS

ACHZET B. and HELBIG CH. How to evaluate raw material supply risks – an overview. Resources Policy [interaktyvus]. 2013, vol. 38, pp. 435-447 [žiūrēta: 2016-02-27]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.06.00>

BAKAS I., FISCHER C., HARDING A., HASELSTEINER S., MCKINNON D., KOSMOL J., MILIOS L., PLEPYS A., TOJO N., WILTS H. and WITTMER D. Present and potential future recycling of critical metals in WEEE. European Environment Agency (EEA). Copenhagen: Copenhagen resource institute. Report [interaktyvus]. 2014, p. 100 [žiūrēta 2016-02-27]. Prieiga per: http://www.cri.dk/sites/cri.dk/files/dokumenter/artikler/weee_recycling_paper_oct14.pdf

BINNEMANS K., JONES P.J., BLANPAIN B., GERVEN T., YANG Y., WALTON A. and BUCHERT M. Recycling of rare earths: a critical review. Journal of Cleaner Production [interaktyvus]. 2013, vol. 51, pp. 1-22 [žiūrēta 2016-03-02]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.037>

BUCHERT M., MANHART A., BLEHER D. and PINGEL D. Recycling critical raw materials from waste electronic equipment. Report, Germany [interaktyvus]. 2012, p. 81 [žiūrēta 2016-03-02]. Prieiga per: <http://gruener-strom.org/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf>

CHANCEREL P., MARWEDE M., NISSEN N.F. and LANG K.D. Estimating the quantities of critical metals embedded in ICT and consumer equipment. Resources, Conservation and Recycling [interaktyvus]. 2015, vol. 98, pp. 9-18 [žiūrēta 2016-03-05]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.03.003>

CHANCEREL P., MESKERS, C.E.M., HAGELUKEN C. and ROTTER V.S. Assessment of precious metal flows during preprocessing of waste electrical and electronic equipment. Journal of Industrial Ecology [interaktyvus]. 2009, vol. 13, pp. 791-810 [žiūrēta 2016-03-06]. Prieiga per: doi [10.1111/j.1530-9290.2009.00171](http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2009.01.001)

CHRISTIAN B., ROMANOV, A., ROMANOVA I. and TURBINI L.J. Elemental Compositions of Over 80 Cell Phones. Journal of electronic materials [interaktyvus]. 2014, vol. 43, pp. 15 [žiūrēta 2016-03-04]. Prieiga per: doi [10.1007/s11664-014-3310-3](http://dx.doi.org/10.1007/s11664-014-3310-3)

EUROPEAN COMMISSION. REPORT ON CRITICAL RAW MATERIALS FOR THE EU. *Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials* [interaktyvus]. 2014, p. 41 [žiūrēta 2016-03-04]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical/index_en.htm

FRAUNSOEFER I. CRITICALITY OF MINERAL RAW MATERIALS AND SUSTAINABILITY ASSESSMENT. Expert Workshop on Security of Supply and Scarcity of Raw Materials Ranco, Italy. Preliminary results from the project “Value from Waste” [interaktyvus]. 2012, p. 18 [žiūrēta 2016-03-09]. Prieiga per: http://www.polinares.eu/docs/polinares_tercero_jrc_criticality_of_mineral_raw_materials_and_sustainability_assessment.pdf

GLOSER S., ESPINOZA L.T., GANDENBERGER C. and FAULSTICH M. Raw materials criticality in the context of classical risk assessment. Resources Policy [interaktyvus]. 2015, vol. 44, pp. 35-46 [žiūrēta 2016-03-07]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.12.003>

GUNN G. Critical Metals Handbook. British Geological Survey. Nottingham. 2014, p. 454.

HUISMAN, J., BOTEZATU, I., HERRERAS, L., LIDDANE, M., HINTSA, J., LUDA DI CORTEMIGLIA, V., LEROY, P., VERMEERSCH, E., MOHANTY, S., VAN DEN BRINK, S., GHENCIU, B., DIMITROVA, D., NASH, E., SHRYANE, T., WIETING, M., KEHOE, J., BALDÉ, C.P., MAGALINI, F., ZANASI, A., RUINI, F. and BONZIO, A. Countering WEEE illegal trade summary report [interaktyvus]. 2015, p. 62 [žiūrėta 2016-03-14]. ISBN: 978-92-808-4560-0. Prieiga per: <http://www.cwitproject.eu/wp-content/uploads/2015/09/CWIT-Final-Report.pdf>

KNOERI CH., WAGER P.A., STAMP A., ALTHAUS H.J. and WEIL M. Towards a dynamic assessment of raw materials criticality: Linking agent-based demand – With material flow supply modelling approaches. Science of the Total Environment [interaktyvus]. 2013, vol. 461-462, pp. 808-812 [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.001>

LI J., BRENDA N., LOPEZ N., LIU L., ZHAO N., YU K. and ZHENG L. Regional or global WEEE recycling. Where to go? Waste Management [interaktyvus]. 2012, vol. 33, pp. 923-934 [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.011>

MUDGAL S., SALES K., GUILCHER S., LOCKWOOD S. and MORGAN V. Equivalent conditions for waste electrical and electronic equipment (WEEE) recycling operations taking place outside the European Union. Final Report prepared for European Commission – DG Environment [interaktyvus]. 2013, p. 97. [žiūrėta 2016-03-16]. Prieiga per: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3bcicK2jTDAJ:www.weee-forum.org/system/files/documents/equivalent_conditions_report.pdf+&cd=1&hl=lt&ct=clnk&gl=lt

NAMIAS J. THE FUTURE OF ELECTRONIC WASTE RECYCLING IN THE UNITED STATES: Obstacles and Domestic Solutions. Master thesis. Earth Resources Engineering Department of Earth and Environmental Engineering Columbia University [interaktyvus]. 2013, p. 66 [žiūrėta 2016-03-17]. Prieiga per: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Namias_Thesis_07-08-13.pdf

OLIVEIRA C.R., BERNARDES A.M. and GERBASE A.E. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. Waste Management [interaktyvus]. 2012, vol. 32, pp. 1592 -1610 [žiūrėta 2016-03-17]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.04.003>

PANNUZZO B. Material Flow Analysis on Domestic High Value WEEE Generation and Collection in Finland. Final project of master thesis. Department of Civil and Environmental Engineering [interaktyvus]. 2014, p. 159 [žiūrėta 2016-03-12]. Prieiga per: http://civil.aalto.fi/en/midcom-serveattachmentguid-1e3d76821a596a0d76811e38f2b0fdc795bf879f879/mater-s_theses_bruno_pannuzzo

PEIRO L.T., MENDEZ G.V. and AYRES R.U. Material flow analysis of scarce metals: sources, functions, end – uses and aspects for future supply. Environmental Science Technologies [interaktyvus]. 2013, vol. 47, pp. 39-47 [žiūrėta 2016-03-16]. Prieiga per: doi [10.1021/es301519c](http://dx.doi.org/10.1021/es301519c)

REUTER, M. A., HUDSON, C., SCHAİK, A., HEISKANEN, K., MESKERS, C. and HAGELÜKEN, C. Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure. UNEP report – Paris [interaktyvus]. 2013, p. 320 [žiūrėta 2016-03-15]. ISBN: 978-92-807-3267-2. Prieiga per: http://www.unep.org/resourcepanel/Portals/24102/PDFs/Metal_Recycling_Full_Report.pdf

SARATH P., BONDA S., MOHANTY S. and NAYAK S. K. Mobile phone waste management and recycling: Views and trends. Waste Management [interaktyvus]. 2015, vol. 46, pp. 536-545 [žiūrėta 2016-03-02]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.013>

SCHLUEP M., HAGELUEKEN C., KUEHR R., MAGALINI, F., MAURER C., MESKERS C., MUELLER E. and WANG F. Recycling - from e-waste to resources, Sustainable innovation and technology transfer industrial sector studies. UNEP - Report, Paris [interaktyvus]. 2009, p. 121 [žiūrėta 2016-03-19]. Prieiga per: <https://www.researchgate.net/publication/278849195>

SPEIRS J., MCGLADE CH. and SLADE R. Uncertainty in the availability of natural resources: Fossil fuels, critical metals and biomass. Energy Policy [interaktyvus]. 2015, vol. 87, pp. 654-664 [žiūrėta 2016-03-16]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.031>

TANSKANEN P. Management and recycling of electronic waste. Acta Materialia [interaktyvus]. 2013, vol. 61, pp. 1001-1011 [žiūrėta 2016-03-28]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2012.11.005>

WELLMER W. F. and HAGELUKEN CH. The Feedback Control Cycle of Mineral Supply, Increase of Raw Material Efficiency, and Sustainable Development. UMICORE, Report [interaktyvus]. 2015, p. 23 [žiūrėta 2016-03-25]. Prieiga per: doi [10.3390/min5040527](https://doi.org/10.3390/min5040527)

WAGER P., LANG D.J., BLEISCHWITZ R. and HAGELUKEN CH. Towards a More Sustainable Use of Scarce Metals – A Review of Intervention Options along the Metals Life Cycle [interaktyvus]. 2016, vol. 21, pp. 300-309 [žiūrėta 2016-03-16]. Prieiga per: <https://www.researchgate.net/publication/233959892>

WORRELL E. and REUTER M.A. HANDBOOK OF RECYCLING. 2014, p. 600. ISBN: 978-0-12-396459-5

Zimmermann T. Critical metals-applications and recycling-working paper. 2010.

TEISĖS AKTAI

Europos Komisijos komunikatas. „*Žaliavų iniciatyva – įgyvendinant svarbiausius poreikius užtikrinant ekonomikos augimą ir darbo vietų kūrimą Europoje*“ (COM(2008)699). 2008 m. lapkričio 4 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-12]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2008:0699:FIN>

Europos Komisijos komunikatas. „*Dėl žaliavų iniciatyvos įgyvendinimo*“ (COM(2014)297). 2014 m. gegužės 26 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-12]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2014:0297:FIN>

Europos Komisijos komunikatas. „*Pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo strategija*“ (COM(2010)2020). 2010 m. kovo 3 d. [interaktyvus]. [žiūrėti 2016-03-17]. Prieiga per: <https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vio0dsna8gzx>

Europos Komisijos komunikatas. „*Dėl uždavinių, susijusių su biržos prekių rinkomis ir žaliavomis, sprendimo*“ (COM(2011)25). 2011 m. vasario 2 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-17]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2011:0025:FIN>

Europos Komisijos komunikatas. „*Žiedinės ekonomikos kūrimas. Europos be atliekų programa*“ (COM(2014)398). 2014 m. liepos 2 d. [interaktyvus]. [žiūrėta: 2016-03-12]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2014:0398:FIN>

Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2012/19/ES. *Dėl elektros ir elektroninės įrangos atliekų*. 2012 m. liepos 4 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0019>

Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2009/125/EB. *Nustatanti ekologinio projektavimo reikalavimų su energija susijusiems gaminiams nustatymo sistemą*. 2009 m. spalio 21d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0125>

INTERNETINIAI PUSLAPIAI

Aplinkos Apsaugos Agentūra. Elektros ir elektroninės įrangos atliekos. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-01]. Prieiga per <http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=583649ff-8ed3-457b-b0a5-41678e86529f>.

Eurostato statistinė duomenų bazė. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-05]. Prieiga per: <http://ec.europa.eu/eurostat>.

UAB „EMP recycling“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-02]. Prieiga per: <http://www.emp.lt>.

Europos Komisija. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-11]. Prieiga per: <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>.

KTU APINI. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-05-12]. <http://ktu.edu/lt/aplinkos-inzinerijos-institutas/naujiena/aplinkos-inzinerijos-instituto-mokslininkai-prisideda-prie-ziedines-ekonomikos-kurimo>

PRIEDAI

1 PRIEDAS

Kritinių medžiagų tiekimo koncentracijos, rezervai ir naudojimas

Medžiaga	Rezervas	Tiekimo poreikis HII	Naudojimas
Stibis	1.800.000 t	6,080	-antipirenai -baterijos -plastikas -puslaidininkai -lydiniai
Koksinė anglis	-	3.087	-90 % plieno gamyba -10 % kita metalurgija
Galis	>1.000.000 t	5.691	-šviesos diodai (LED) -lazeriniai diodai -puslaidininkų integriniai grandynai (išmanieji telefonai) -lydiniai, baterijos, magnetai
Indis	50.000 t su cinko ir vario mineralais	3.274	-fotoelementai -žemos lydymosi temperatūros lydiniai -plokščiakraniai prietaisai
Platinos grupės metalai	66.000 t (visi platinos gr. metalai)	Platinos: 5.447 Paladžio: 3.044 Rodžio: 6.492	-elektronika -stiklas -medicinos pramonė -katalizatoriai chemijoje
Sunkieji retųjų žemių metalai	110.000.000 t	7.336	-magnetai -baterijos -metalurgija -katalizatoriai -keramika, lazeriai
Berilis	-	8.445	-plataus vartojimo elektronikos ir telekomunikacijos produktai -inžinerija/statyba -keramika -medicinos prietaisai, fizinės priemonės
Chromas	>460.000.000 t	2.438	-90 % naudojama metalurgijoje (nerūdijančio plieno ir lydinių) -refraktoriai ir liejyklos -pigmentai -kaip cheminės medžiagos (odos rauginimas, katalizatoriai)
Kobaltas	7.500.000 t	4.414	-baterijos -ypač atsparūs lydiniai -kietos medžiagos -katalizatoriai -pigmentai -magnetai
Fluoritas	240.000.000 t	3.954	-chemikalai -plienas -aliuminis -stiklos ir keramikos pramonės
Germanis	11.000 t cinko rūdoje ir šlake 24.600 t anglyje	4.194	-šviesolaidžiai -Infraraudonųjų spindulių optika -saulės elementai -elektroniniai komponentai

Magnezitas	-	4.242	-chemijos pramonė, -izoliacinės medžiagos -gyvūnų pašarai -stiklo, keramikos rafinavimas -plieno, cemento pramonėje
Volframas	3.200.000 t	6.732	-legiruotas plienas -volframo lydiniai(apšvietimui, elektronikai, lazerių technologijoms)
Silicio metalai	-	3.257	-aluminio lydiniai -saulės fotoelementai -puslaidininkai -sprogmenys, keramika
Boratai	210.000 t	3.825	-stiklas -žemdirbystė -medienos koncervantai -valymo ir skalbimo priemonės -keramika -metalurgija
Fosfatai	67.000.000 t	2.137	-pagrindas trašų -plovikliai, antipirenai
Magnis	-	6.971	-aluminio lydiniai -magnio liejimas
Gamtinis grafitas	-	4.787	-plieno pramonė -automobilių dalys -tepalai -baterijos -akumuliatoriai, kuro elementai
Niobis	>4.000.000 t	8.497	-didelio stiprumo mažai legiruoti plienai statyboms, automobiliams, naftos ir dujų vamzdynams -ypač atspariems lydiniams -katalizatoriai, kondensatoriai, termometrai

2 PRIEDAS

ELEKTROS IR ELEKTRONINĖS ĮRANGOS KATEGORIJOS IR PRODUKTAI

1. Stambūs namų apyvokos prietaisai

- 1.1. Stambūs šaldymo prietaisai
- 1.2. Šaldytuvai
- 1.3. Šaldikliai
- 1.4. Kiti stambūs maisto šaldymo, konservavimo ir saugojimo prietaisai
- 1.5. Skalavimo mašinos
- 1.6. Drabužių džiovintuvai
- 1.7. Indaplovės
- 1.8. Maisto ruošimo prietaisai
- 1.9. Elektrinės viryklės
- 1.10. Elektrinės viryklės
- 1.11. Mikrobangų krosnelės
- 1.12. Kiti stambūs maisto ruošimo ir kitokio maisto apdorojimo prietaisai
- 1.13. Elektriniai šildymo prietaisai
- 1.14. Elektriniai radiatoriai
- 1.15. Kiti stambūs kambarių, lovų, sėdimųjų baldų šildymo prietaisai
- 1.16. Elektriniai ventiliatoriai
- 1.17. Oro kondicionavimo prietaisai
- 1.18. Kita ventiliavimo, oro traukos ir kondicionavimo įranga
- 1.19. Kiti stambūs namų apyvokos prietaisai

2. Smulkūs namų apyvokos prietaisai

- 2.1. Dulkių siurbiai
- 2.2. Kilimų valymo prietaisai
- 2.3. Kiti valymo prietaisai
- 2.4. Siuvimo, mezgimo, audimo ir kitokie tekstilės gaminių apdorojimo prietaisai
- 2.5. Lygintuvai ir kiti skalbinių lyginimo, gręžimo bei kitokios priežiūros prietaisai
- 2.6. Skrudintuvai
- 2.7. Gruzdintuvės
- 2.8. Smulkintuvai, kavos aparatai ir talpyklų ar pakuočių atidarymo ar sandarinimo įranga
- 2.9. Elektriniai peiliai
- 2.10. Plaukų kirpimo, džiovinimo, dantų valymo, skutimosi ir masažavimo prietaisai bei kiti kūno priežiūros prietaisai
- 2.11. Rankiniai ir staliniai laikrodžiai bei laiko matavimo, rodymo ar fiksavimo įranga
- 2.12. Svarstyklės
- 2.13. Kiti smulkūs namų apyvokos prietaisai

3. IT ir telekomunikacinė įranga

3.1. Centralizuoto duomenų apdorojimo įranga:

3.1.1. Universalieji komplektai (serverinės įrangos komplektai)

3.1.2. Mini kompiuteriai

3.1.3. Spausdintuvų blokai

3.2. Asmeninio naudojimo IT ir telekomunikacinė įranga:

3.2.1. Asmeniniai kompiuteriai (kartu su centriniu procesoriumi, pele, monitoriumi ir klaviatūra)

3.2.2. Nešiojamieji kompiuteriai (kartu su centriniu procesoriumi, pele, monitoriumi ir klaviatūra)

3.2.3. Kompiuterinės užrašų knygelės

3.2.4. Delniniai kompiuteriai

3.2.5. Spausdintuvai

3.2.6. Kopijavimo įranga

3.2.7. Elektrinės ir elektroninės rašomosios mašinėlės

3.2.8. Kišeninės ir stalinės skaičiavimo mašinėlės

3.2.9. Kita elektroninio informacijos rinkimo, saugojimo, apdorojimo, pateikimo ar perdavimo įranga ir produktai

3.2.10. Vartotojų terminalai ir sistemos

3.2.11. Faksimiliniai aparatai

3.2.12. Teleksai

3.2.13. Telefonai

3.2.14. Taksofonai

3.2.15. Bevieliai telefonai

3.2.16. Mobilieji telefonai

3.2.17. Atsakiklių sistemos

3.2.18. Kiti garso, vaizdo ar kitos informacijos perdavimo telekomunikacinėmis priemonėmis produktai ar įranga

3.3. Kita IT ir telekomunikacinė įranga bei kartu naudojamos jos dalys (pvz., kompiuterių klaviatūros, pelės, monitoriai, mobiliųjų telefonų krovikliai ir pan.).

4. Vartojimo įranga ir fotovoltinės plokštės

4.1. Radijo aparatai

4.2. Televizoriai

4.3. Vaizdo kameros

4.4. Vaizdo grotuvai

4.5. Garso grotuvai

4.6. Garso stiprintuvai

4.7. Muzikos instrumentai

4.8. Fotoaparatai ir kiti garso ar vaizdo įrašymo ar atkūrimo įtaisai ar įranga, įskaitant signalus ar kitas garso ar vaizdo paskirstymo technologijas, išskyrus telekomunikacijų

4.9. Kita vartojimo įranga bei kartu naudojamos jos dalys (pvz., televizorių, vaizdo ar garso grotuvų nuotolinio valdymo pulteliai, ausinės, mikrofonai ir pan.).

4.10. Fotovoltinės plokštės.

5. Apšvietimo įranga

5.1. Fluorescencinių lempų šviestuvai, išskyrus buityje naudojamus šviestuvus.

5.2. Tiesios fluorescencinės lempos

5.3. Kompaktinės fluorescencinės lempos

5.4. Didelio ryškumo išlydžio lempos, įskaitant suslėgto natrio lempas ir metalų halidų lempas

5.5. Žemo slėgio natrio lempos

5.6. Kita apšvietimo įranga arba įranga, skirta šviesai skleisti ar reguliuoti, išskyrus volframines lemputes

5.7. Kita apšvietimo įranga

6. Elektriniai ir elektroniniai įrankiai (išskyrus stambius stacionarius pramoninius prietaisus)

6.1. Grąžtai

6.2. Pjūklai

6.3. Siuvimo mašinos

6.4. Tekinimo, malimo, šlifavimo, smulkinimo, pjovimo, kapojimo, kirpimo, gręžimo, skylių darymo, perforavimo, lankstymo, lenkimo ar panašaus medžio, metalo ar kitų medžiagų apdorojimo įranga

6.5. Kniedijimo, kalimo, veržimo arba kniedžių, vinių, varžtų ištraukimo ar panašios paskirties įrankiai

6.6. Virinimo, litavimo ar panašios paskirties įrankiai

6.7. Skystų ar dujinių medžiagų purškimo, skleidimo, paskirstymo ar kitokio apdorojimo kitomis priemonėmis įranga

6.8. Vejos pjovimo ar kitų sodo darbų įrankiai

6.9. Kiti elektriniai ir elektroniniai įrankiai (išskyrus stambius stacionarius pramoninius prietaisus)

7. Žaislai, laisvalaikio ir sporto įranga

7.1. Elektriniai traukinukai ar lenktyninių automobilių komplektai

7.2. Rankiniai vaizdo žaidimų pultai

7.3. Vaizdo žaidimai

7.4. Kompiuteriai, naudojami dviračiuose, nardymo, bėgimo, irklavimo ir kitoje įrangoje

7.5. Elektrinių ar elektroninių komponentų turinti sporto įranga

7.6. Monetiniai aparatai

7.8. Kiti žaislai, laisvalaikio ir sporto įranga

8. Medicininiai prietaisai (išskyrus implantuotus ir infekuotus produktus)

8.1. Radioterapijos įranga

8.2. Kardiologiniai aparatai

8.3. Dializės aparatai

8.4. Plaučių respiratoriai

8.5. Branduolinės medicinos aparatai

8.6. Laboratorinė įranga in vitro diagnozėms

8.7. Analizatoriai

8.8. Šaldymo kameros

8.9. Vaisingumo testai

8.10. Kiti ligos, sužeidimo ar negalios nustatymo, apsaugojimo nuo jų, stebėjimo, gydymo, palengvinimo aparatai

8.11. Kiti medicininiai prietaisai (išskyrus implantuotus ir infekuotus produktus)

9. Stebėsenos ir kontrolės prietaisai

9.1. Dūmų detektoriai

9.2. Šilumos reguliatoriai

9.3. Termostatai

9.4. Matavimo, svėrimo ar derinimo prietaisai, naudojami kaip buitinė ar laboratorijų įranga

9.5. Kiti stebėjimo ir kontrolės prietaisai, naudojami pramoniniuose įrenginiuose (pvz., valdymo pultuose)

9.6. Kiti stebėsenos ir kontrolės prietaisai

10. Automatiniai daiktų išdavimo įtaisai

10.1. Automatiniai karštų gėrimų išdavimo įtaisai

10.2. Automatiniai karštų ar šaltų butelių ar skardinių išdavimo įtaisai

10.3. Automatiniai kietų produktų išdavimo įtaisai

10.4. Automatiniai pinigų išdavimo įtaisai

10.5. Visi įtaisai, automatiškai išduodantys bet kuriuos produktus