



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS**

Milda Slavickaitė

**PIRMINIŲ ŽALIAVŲ TAUPYMO GALIMYBĖS METALO
MECHANINIO APDIRBIMO PROCESUOSE**

Magistro darbas

**Vadovas
Doc. dr. I. Kliopova**

KAUNAS, 2015

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS**

**PIRMINIŲ ŽALIAVŲ TAUPYMO GALIMYBĖS METALO
MECHANINIO APDIRBIMO PROCESUOSE**

**Baigiamasis magistro darbas
Aplinkos vadyba ir švaresnė gamyba
Studijų programa 621H17002**

**Vadovas
Doc. dr. I. Kliopova**

**Recenzentas
Doc. dr. Alvydas Kondratas**

**Projektą atliko
Milda Slavickaitė**

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Milda Slavickaitė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pirminių žaliavų taupymo galimybės metalo mechaninio apdirbimo
procesuose“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Mildos Slavickaitės**, baigiamasis projektas tema „**Pirminių žaliavų taupymo galimybės metalo mechaninio apdirbimo procesuose**“ 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)

Slavickaitė M. Pirminių žaliavų taupymo galimybės metalo mechaninio apdirbimo procesuose. Aplinkos apsaugos vadybos ir švaresnės gamybos magistro baigiamasis projektas/vadovas doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Kaunas, 2015. 72 p.

SANTRAUKA

Atlikta mokslinės literatūros, statistinių rodiklių bei mechaniniams metalų apdirbimo procesams taikomų aplinkosaugos teisinių reikalavimų apžvalga. Pasiūlytas pirminių žaliavų taupymo galimybių įvertinimo, metalo mechaninio apdirbimo procesuose, sprendimų priėmimo algoritmas.

Mokslinės literatūros analizė rodo, jog metalo išgavimo procesų metu daroma žala aplinkai akivaizdi - susidaro atliekos, daugeliu atveju užterštos sunkiaisiais metalais ir chemikalais, galinčios smarkiai užteršti paviršinius ir požeminius vandenį, įtakoti bioįvairovę, todėl pirminių metalo žaliavų taupymo galimybės - svarbus klausimas.

Ekperimentui pasirinktoje metalo apdirbimo įmonėje, atlikus aplinkosauginį auditą, pagrindinė nustatyta aplinkosauginė problema – didelis metalo atliekų susidarymas (30 proc. nuo pirminių žaliavų), kurių didžioji dalis susidaro lazerinio pjovimo bare. Iš siūlomų keturių alternatyvų atliekų mažinimui, parinktos dvi, kurioms taikomi švaresnės gamybos prevencinius metodai:

- procesų optimizavimas (automatizavimas);
- technologijų pakeitimas.

Nustatyta, kad alternatyvų pritaikymas įmonėje leistų sutaupyti 15-20 proc. pirminių metalo žaliavų. Sumažėtų metalų pjovimui sunaudojamų dujų kiekis nuo 50 iki 100 proc.

Nustatytas įmonėje naudojamų žaliavų apdorojimo laipsnis (ρ_i), švaresnės gamybos prevencinių metodų diegimo metalo mechaninio apdirbimo procesuose įtaka metalo žaliavų kritiškumui. Atnaujintas Svarbiausių Lietuvai žaliavų sąrašas.

SUMMARY

The analysis of the scientific literature, legal documents and statistical data in the field of metal materials saving presented in this work. The algorithm for the evaluation of possibilities to save raw materials in the metal products production is proposed.

The analysis of the scientific literature revealed the metal extraction process makes obvious damage to the environment - waste, in many cases, contaminated with heavy metals and chemicals can contaminate surface and ground water, affect biodiversity.

The main environmental problem was determined in the company selected for the experiment, performing the environmental audit: large metal waste formation (30 % of raw materials) where the major part is generated at the laser cutting bar. Four alternatives proposed for the waste reduction, two of them selected for the Cleaner production (CP) innovation: process optimization and technological change.

The implementation of this innovation allowed to save 15-20 % of primary metal raw materials and reduce metal cutting gas consumption levels between 50 and 100 %.

Degree of metal raw materials reuse was analysed. The list of the most important raw materials for Lithuania was updated after the evaluation of the processing degree of raw materials (ρ_i) in the company selected for the experiment.

TURINYS

ĮVADAS.....	10
1. METALO GAMINIŲ GAMYBOS ŪKIO SEKTORIAUS ANALIZĖ.....	12
1.1 Metalų klasifikavimas.....	15
1.2 Metalo išgavimo ir apdirbimo pramonės aplinkosauginiai aspektai	21
1.3 Mechaniniams metalų apdirbimo procesams taikomų aplinkosaugos teisinių reikalavimų apžvalga.....	26
2. METALO ŽALIAVŲ NAUDOJIMAS IR SVARBA LIETUVOS ŪKYJE.....	30
2.1 Lietuvos svarbių žaliavų sąraše esančių metalų apžvalga.....	30
2.2 Metalų žaliavų sunaudojimo Lietuvoje indikatorių įvertinimas.....	33
3. PIRMINIŲ ŽALIAVŲ TAUPYMO GALIMYBIŲ METALO MECHANINIO APDIRBIMO PROCESUOSE ĮVERTINIMUI NAUDOJAMI METODAI	37
4. PIRMINIŲ ŽALIAVŲ TAUPYMO GALIMYBIŲ ANALIZĖ EKSPERIMENTUI PARINKTOJE ĮMONĖJE.....	44
4.1 Informacija apie eksperimentui parinktą objektą	44
4.2 Įmonės medžiagų ir energijos balansas	47
4.3 Lazerinio pjovimo baro medžiagų ir energijos balansas	51
4.4. Sprendimų atranka	53
4.4.1. Pasiūlytų sprendimų lyginamoji analizė naudojant DAM.....	53
4.4.2. Automatizuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio įdiegimo įvykdomumo analizė ...	57
4.4.3 Metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove technologijos įdiegimo įvykdomumo analizė.....	61
4.5 ŠG prevencinių metodų diegimo metalo mechaninio apdirbimo procesuose įtaka metalo žaliavų kritiškumui	65
IŠVADOS.....	68
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	70

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1 lentelė. Apdirbamosios pramonės šakų sukuriama pridėtinė vertė, to meto kainomis
- 1.2 lentelė. Metalų gaminių eksporto rinkos 2013 m.
- 1.2.1 lentelė. Metalų paviršiaus mechaninio apdirbimo metu susidaranti atliekos
- 1.2.2 lentelė. Metalų laužo susidarymas ir panaudojimas
- 2.1.1 lentelė. Ketaus srutai Lietuvoje
- 2.1.2 lentelė. Ketaus sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas
- 2.1.3 lentelė. Alavo sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas
- 2.1.4 lentelė. Aliuminio ir aliuminio laužo srutai Lietuvoje
- 2.1.5 lentelė. Aliuminio sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas
- 2.1.6 lentelė. Vario srutai Lietuvoje
- 2.1.7 lentelė. Juodųjų metalų sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas
- 2.1.8 lentelė. Juodųjų metalų srutai Lietuvoje
- 2.2.1 lentelė. Lietuvos ūkio apsirūpinimo metalais priklausomybė nuo importo iš atskirų valstybių
- 2.2.2 lentelė. Svarbiausių žaliavų Lietuvoje sąrašas
- 2.2.3 lentelė. Bendras metalų įvertinimas
- 4.3.1 lentelė. Pjovimo mašinos „Bystar 2512“ parametrai
- 4.4.1.1 lentelė. Metalų pjovimo daugiareikšmiškumo kriterijai
- 4.4.2.1 lentelė. Automatizuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio aplinkosauginio įvertinimo rezultatai
- 4.4.2.2 lentelė. Automatizuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio ekonominio įvertinimo rezultatai
- 4.4.3.1 lentelė. Metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginio aplinkosauginio įvertinimo rezultatai
- 4.4.3.2 lentelė. Metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginio ekonominio įvertinimo rezultatai
- 4.4.3.1 lentelė. Įmonėje sunaudojamos metalų žaliavos
- 4.5.1 lentelė. Įmonėje sunaudojamos metalų žaliavos
- 4.5.2 lentelė. Metalų žaliavų sąnaudos po ŠG įdiegimo pagal ūkio sektorius
- 4.5.3 lentelė. Bendro ekonominės svarbos apsirūpinimo rizikos ir aplinkosauginės rizikos indikatorius (CRM_i) pasikeitimo įvertinimas
- 4.5.4 lentelė. Žaliavų apsirūpinimo ir aplinkosauginės rizikos pasikeitimo įvertinimas

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1.1 pav. Lietuvoje veikiančių įmonių pasiskirstymas pagal apdirbamosios pramonės šakas 2013 metais
- 1.2.1 pav. Atliekų tvarkymo hierarchija pramonės įmonėse
- 3.1 pav. Pirminių žaliavų taupymo galimybių įvertinimų metalo mechaninio apdirbimo procesuose sprendimų priėmimo algoritmas
- 4.2.1 pav. Įmonės medžiagų ir energijos srautų balansas
- 4.3.1 pav. Lazerinio pjovimo baro medžiagų ir energijos srautų diagrama
- 4.4.1.1 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai esant 5 kriterijams
- 4.4.1.2 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai
- 4.4.1.3 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai esant 3 kriterijams
- 4.4.1.4 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai (2)

SUTRUMPINIMAI

AAA - Aplinkos Apsaugos Agentūra

AAI - Aplinkos apsaugos indikatoriai

CO - Anglies monoksidas

DAM - (angl. Decision analysis module) - Sprendimų analizės modelis

EI_i (angl. Economic Importance) – Ekonominė svarba

EM_i (angl. Environmental Country Risk) – Aplinkosauginė rizika

ES - Europos Sąjunga

IAEA - Tarptautinės atominės energijos agentūra

K.d. - Kietosios dalelės

LOJ - Lakūs organiniai junginiai

NO_x - Azoto oksidai

PAV - Poveikio aplinkai vertinimas

SD - Statistikos Departamentas

SR_i (angl. Supply Risk) - Apsirūpinimo žaliava rizika

SPPC - Subalansuotos Pramonės Plėtros Centras

ŠG - Švaresnė gamyba

TIPK - Taršos integruota prevencija ir kontrolė

IVADAS

Intensyvėjant gamtinių išteklių naudojimui, per paskutinį amžių pasaulyje materialųjų išteklių išgavimas išaugo 34 kartus. Metalų gaminių gamybos pramonė – viena iš sektorių, kur ypač aktualus išteklių tausojimas. Didžiuliai kiekiai gamtinių išteklių ir energijos sunaudojama išgauti gamtinėms mineralinėms žaliavoms, iš kurios technologiškai išgaunami metalai. Pavyzdžiui, vien Europos Sąjungoje 2013 m. buvo pagaminama 198 milijonai tonų neapdoroto plieno. Neracionalu naudoti išteklius tomis pačiomis priemonėmis ir technologijomis kaip anksčiau. Labai svarbu išteklius naudoti taupiai, ieškoti naujų būdų mažinti žaliavų sąnaudas ir atliekas, geriau valdyti išteklių atsargas, tobulinti gamybos procesus. Vienas iš būdų – švaresnės gamybos diegimas. Investavimas į švaresnę gamybą, siekiant sumažinti išnaudojamų resursų sąnaudas, susidarančių teršalų kiekį, jų poveikį žmonėms ir aplinkai, yra žymiai efektyvesnis kapitalo panaudojimo būdas nei didėjantys susidarančių teršalų apmokestinimo kaštai. Švaresnė gamyba itin plačiai taikoma žaliavų apdirbimo pramonės šakose, tarp jų ir metalų gaminių gamybos įmonėse, daugelyje ekonomikos sektorių bei įvairiose veiklos srityse. Šiuolaikinės organizacijos tampa vis labiau orientuotos į energijos, žaliavų taupymą, atliekų bei emisijos mažinimą gamybos ar teikiamų paslaugų procesuose. Norint, kad įmonės naudotų išteklius ir žaliavas taupydamos, reikia tobulinti gaminių gamybos technologijas, mažinti atliekų susidarymą ir žaliavų sąnaudas gaminamos produkcijos vienetui.

Darbo objektas – metalo mechaninio apdirbimo procesai.

Darbo tikslas – įvertinti pirminių žaliavų (metalų) taupymo galimybes metalų gaminių gamybos įmonėse taikant švaresnės gamybos prevencinius metodus.

Uždaviniai

1. Naudojant statistinius ir mokslinės literatūros duomenis, atlikti metalų gaminių gamybos ūkio sektorių analizę.
2. Išanalizuoti Lietuvai svarbių („kritinių“) žaliavų sąraše esančių metalų naudojimą ir svarbą Lietuvos ūkyje.
3. Pasiūlyti pirminių žaliavų taupymo galimybių įvertinimo algoritmą metalų gaminių gamybos sektoriui.
4. Eksperimentui parinktoje metalų gaminių gamybos įmonėje pasiūlyti pirminių žaliavų taupymo inovacijas taikant ŠG prevencinius metodus ir atlikti jų įvykdomumo analizę.

5. Įvertinti žaliavų taupymo ir antrinio panaudojimo indikatorius metalo mechaninio apdorojimo procesuose siekiant sumažinti šių žaliavų kritiškumą Lietuvos ūkio sektoriuje.

Darbo teorinė ir praktinė nauda:

Šio darbo gautus rezultatus galima pritaikyti eksperimentui parinktoje įmonėje pirminių metalo žaliavų taupymui bei technologinių procesų poveikio aplinkai mažinimui. Nustatyta, kad alternatyvų pritaikymas įmonėje leistų sutaupyti 15-20 proc. pirminių metalo žaliavų. Sumažėtų metalų pjovimui sunaudojamų dujų kiekis nuo 50 iki 100 proc. Apskaičiuota siūlomų alternatyvų atsiperkamumo trukmė ekonomiškai patraukli, nes trunka ne ilgiau nei 14 mėn. Siūlomos alternatyvos techniškai gali būti pritaikomos daugelyje Lietuvoje veikiančių metalo apdirbimo įmonių.

Darbo struktūra ir apimtis: magistro studijų baigiamąjį projektą tema „Pirminių žaliavų taupymo galimybės metalo mechaninio apdirbimo procesuose“ sudaro: įvadas, 4 skyriai, išvados, naudotos literatūros sąrašas. Apimtis – 72 puslapiai. Darbe pateikiama 7 paveikslai ir 26 lentelės.

1. METALO GAMINIŲ GAMYBOS ŪKIO SEKTORIAUS ANALIZĖ

Metalo gaminių gamybos sektorius laikomas vienu iš pagrindinių pramonės sektorių, nes metalų gamyba yra pirmoji svarbi grandis daugelio pramonės įmonių grandinėje, gaminančių vartotojų prekes ir ilgalaikį turtą (mechanikos inžinerija, automobilių pramonė, statyba). Ši pramonės šaka taip pat užima pagrindinę vietą daugumos išsivysčiusių ir augančios ekonomikos šalių pramonės struktūroje [12].

Metalo gaminių gamybos sektoriui, kuriame atliekamas mechaninis metalų apdirbimas, prisikiriamos šios apdirbamosios pramonės šakos:

- Pagrindinių metalų gamyba;
- Metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius, gamyba;
- Elektros įrangos gamyba;
- Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyba;
- Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių gamyba;
- Kitų transporto priemonių ir įrangos gamyba.

Metalo gaminių gamybos sektoriuje, kuris kuria darbo vietas visoje Europoje, dirba maždaug 6,3 mln. žmonių – daugiau kaip 34 proc. apdirbamosios pramonės darbuotojų.

Pagrindiniai metalo pramonės ypatumai:

- Kapitalas: reikalingos labai didelės investicijos į technologijas ir įrenginius, kurie naudojami ilgą laiką (paprastai ne mažiau kaip 20–30 metų).
- Didelis energijos sunaudojimas: ši pramonės šaka labai imli energijos suvartojimui. Energijos kaina paprastai sudaro daugiau kaip 10 % ir gali siekti 37 % metalo (pvz., aliuminio ir geležies lydinių) gamybos sąnaudų (European Round Table of Industrialists. 2013).

Metalo gaminių gamybos pramonės sektorius kuria technologijas, teikia paslaugas ir tiekia įrangą visiems kitiems pramonės sektoriams, taip pat gamina galutinius produktus. Šis sektorius atlieka pagrindinį vaidmenį Europos Sąjungos pramonės struktūroje. Taip pat, yra svarbiausia ES apdirbamosios pramonės tiekimo grandinės jungtis, siejanti tiekėjus (plieno ir spalvotųjų metalų pramonės šakas) ir klientus (įvairius apdirbamosios pramonės sektorius). Dėl didelio kapitalo poreikių rinkoje, žaliavinio aliuminio ir plokščiųjų plieno gaminių, dažniausiai dominuoja didžiosios įmonės. (Europos Sąjungos leidinių biuras. 2010).

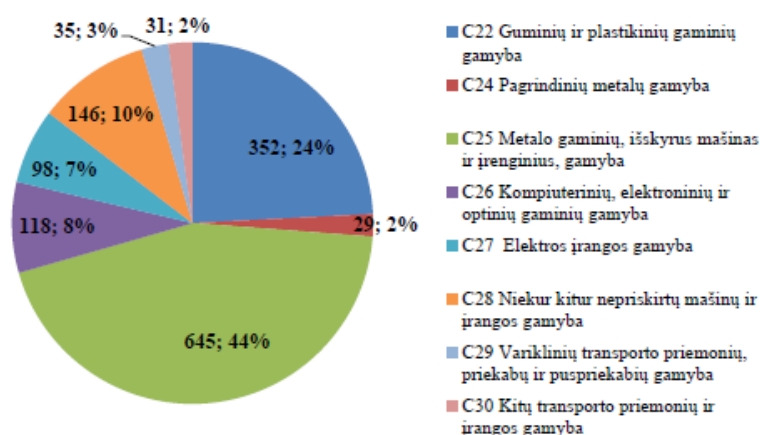
Vienas iš metalo gaminių gamybos sektoriaus suskaidymo būdų – padalyti jį į keturias sektoriaus šakas pagal produktą, procesą ir rinkas:

- Metalų apdirbimas, kuris apima metalų liejimą, kalimą ir padengimą.
- Statybinės metalo konstrukcijos. Ši pramonės sektoriaus šaka glaudžiai susijusi su statybos pramone.

- Katilai, metalo talpyklos ir pakuotė.
- Metalo dirbiniai. Šiame sektoriuje veikia labai įvairaus dydžio ir rūšių įmonės.

Visose keturiuose metalo gaminių gamybos sektoriuose atliekamas mechaninis metalo apdirbimas. ES valstybių narių užimama metalo gaminių gamybos dalis pasaulyje mažėja, ypač sumažėjo aliuminio sektoriuje – nuo 21 proc. 1982 metais iki 9 proc. 2005 metais, o plieno – nuo 25 proc. iki 16 proc. Tai įtakoja metalo pramonės priklausomybę nuo importuojamų žaliavų iš trečiųjų šalių (Europos Sąjungos leidinių biuras, 2010).

Statistikos Departamento duomenimis 2013 metais metalo gaminių gamybos sektoriuje veikiančios įmonės sudaro daugiau nei pusę visų apdirbamojoje pramonėje veikiančių įmonių (67 proc.), kuriose dirba 28,7 tūkst. darbuotojų (1.1 pav.).



1.1 pav. Lietuvoje veikiančių įmonių pasiskirstymas pagal apdirbamosios pramonės šakas, 2013 m.

2013 metais metalo gaminių gamybos sektoriuje parduota produkcijos už 798 mln. eurų, iš kurios daugiau nei pusė (54 proc.) buvo realizuota ne Lietuvos rinkose.

Remiantis statistikos duomenimis, 2013 m. apdirbamosios pramonės šakos, kuriose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas sukūrė 1 348 378 eur. pridėtinės vertės, kuri sudarė 4,3 proc. Lietuvos ūkio sektoriuje sukurtos pridėtinės vertės. Nuo 2010 metų apdirbamosios pramonės šakų, kuriose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas, sukurta pridėtinė vertė išaugo 25 proc. (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. Apdirbamosios pramonės šakų sukuriamą pridėtinę vertę, to meto kainomis

Ūkio sektorius	Žaliavos iš svarbiausių žaliavų sąrašo ir jų dalis ūkio sektoriuje	Lietuvos ūkio sektoriuje sukurta pridėtinė vertė, mln. Eur.	
		2010 m.	2013 m.
		24 713 276 mln. Eur.	31 648 576 mln. Eur.
Niekur kitur nepriskirtų mašinių ir įrangos	Ketus – 14,5 % Alavas – 4 %	117 598 tūkst. Eur.	203,490 tūkst. Eur.

gamyba	Aliuminis – 4,6 %		
	Juodieji metalai – 5,11 %		
Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių gamyba	Alavas – 80,3 %	514 572 tūkst. Eur.	540 565 tūkst. Eur.
	Aliuminis – 20,1 %		
	Varis – 62,4 %		
	Juodieji metalai – 9,6 %		
	Švinas – 41,2 %		
	Cinkas - >60 %		
Metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius gamyba	Ketus – 5,4 %	195 644 tūkst. Eur.	243 720 tūkst. Eur.
	Aliuminis – 13,9 %		
	Varis – 10,5 %		
	Juodieji metalai – 25,2 %		
	Švinas – 22,1 %		
Elektros įrangos gamyba	Alavas – 1,3 %	61 758 tūkst. Eur.	120,030 tūkst. Eur.
	Varis – 18,8 %		
Pagrindinių metalų gamyba	Juodieji metalai – 21,9 %	23 918 tūkst. Eur.	72995 tūkst. Eur.
Transporto ir įrangos gamyba	Juodieji metalai – 13,6%	98 651 tūkst. Eur.	167,487 tūkst. Eur.
Bendrai:		1 012 141 mln. Eur. (4,1%) nuo bendros PV	1 348 378 mln. Eur. (4,3%) nuo bendros PV

Šaltiniai:

- Lietuvos statistikos departamentas. Lietuvos statistikos metraštis. Vilnius 2011;
- Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė.
- Oficialiosios statistikos portalas, 2014;

Metalo apdirbimo bendrovės naudoja naujausias technologijas ir gali aptarnauti įvairias rinkas. Didžiausios metalo gaminių gamybos subsektoriaus įmonės: UAB „Mechel Nemunas“, UAB „Arginta“, UAB „Stansefabrikken“, AB „Umega“ ir kt. (Žinių ekonomikos forumas, 2013).

Pagrindinės Lietuvos geležies ir plieno dirbinių eksporto rinkos jau keletą metų išlieka tos pačios. Tai liudija, kad Lietuvos įmonės, užsiimančios dirbinių iš geležies ir plieno tarptautine prekyba turi išvystę pastovius prekybinius santykius su savo eksporto partneriais. Žvelgiant į didžiausias pastarųjų metų metalo dirbinių eksporto rinkas, galima pastebėti, kad Rusijos rinka išlieka pačia patraukliausia rinka. Eksportas į Rusiją tendencingai ir tolygiai augo pastaruosius metus (Foris consulta. 2014).

1.2 lentelė. Metalo gaminių eksporto rinkos 2013 m.

Sėkmingos ir patikrintos rinkos		Labiausiai augančios rinkos		Besitraukiančios rinkos
Rusija	91,8 mln. eur.	Brazilija	634% *	Danija
Norvegija	60,5 mln. eur.	Suomija	46%*	Prancūzija
Vokietija	43,2 mln. eur.	Jungtinė Karalystė	30%*	Ukraina

Pastaba: * rinkos augimo procentas

1.1 Metalų klasifikavimas

Dauguma metalų randami Žemės plutoje yra mineralų - kristalinių neorganinių junginių pavidale. Gamtinė mineralinė žaliava, iš kurios technologiškai įmanoma ir pelninga išgauti metalą (ar kitą vertingą medžiagą), vadinama rūda. Rūdos išgaunamos požeminėse ir atvirose kasyklose.

Metalamis išgauti iš rūdų naudojama:

- pirometalurgija (aukšta temperatūra ir reduktoriai);
- hidrometalurgija (rūdos veikiamos vandeniniais įvairiausių cheminių junginių tirpalais);
- elektrometalurgija (taikoma lydinių arba tirpalų elektrolizė).

Pagrindiniai metalo išgavimo iš rūdos procesai:

- Kasyba
- Sodrinimas
- Apdeginimas (metalo oksidas)
- Redukcija
- Gryninimas

Rūdų išteklių priskiriami prie neatsinaujinančių, kurių dėl žmogaus vykdomos veiklos kasmet mažėja. Metalo išgavimo procesų metu daroma žala aplinkai akivaizdi - susidaro atliekos, daugeliu atveju užterštos sunkiaisiais metalais ir chemikalais, galinčios smarkiai užteršti paviršinius ir požeminius vandenis, įtakoti bioįvairovę. Taip pat svarbus klausimas - žaliavų tiekimas, kadangi ES metalo gamyba labai priklausoma nuo rūdos ir koncentratų importo iš trečiųjų šalių. Daugelio rūšių metalo rūdos, palyginti su visu pasauliu, išgaunama nedaug, pvz., nikelio (1,7%), geležies rūdos (2%), vario (5%). Priklausomumas nuo importuojamų žaliavų sumažėja dėl to, kad beveik visas panaudotas metalas yra visą laiką perdirbamas. Pastaraisiais dešimtmečiais perdirbto laužo imta naudoti žymiai daugiau ir šiandien jis sudaro maždaug 40–60 % ES pagaminamo metalo.

Perdirbant metalą sunaudojama žymiai mažiau energijos, pvz., antriam aliuminio lydiniui (naudojant metalo laužą) sunaudojama tik 5% elektros energijos, reikalingos pirminiam aliuminio lydiniui, o plieno perdirbimui reikia tik 25 proc. energijos kiekio, reikalingo pagaminti plienui iš pirminių medžiagų (Gordon, R. B., Bertram, et., 2009).

Pagrindinių metalų grupių klasifikavimas ir jų savybės:

- Juodieji metalai

Juodieji metalai - tai geležies (Fe) pagrindo metalų lydiniai. Geležis yra gausiausias metalas Žemėje. Gryna jos forma yra palyginus minkšta ir silpnai magnetiška medžiaga, tačiau lydiniai su kitais metalais yra tvirti ir pasižymi daug geresnėmis magnetinėmis savybėmis. Populiariausias geležies lydinys - plienas. Geležis ir jos lydiniai yra plačiausiai naudojami metalai, tai lemia santykinis jų pigumas ir tvirtumas. Juodieji metalai naudojami įvairiose srityse, pavyzdžiui, pastatų konstrukcijoms, geležinkelių ir laivų statyboje, automobilių pramonėje, vamzdžių gamyboje ir daugelyje kitų. Skirtingų rūšių metalai labai konkuruoja tarpusavyje ir su kitomis medžiagomis, pvz., kompozitais, kad būtų įrodyta aukštesnė jų techninė ir ekonominė nauda.

Plieną galima daugybę kartų perdirbti neprarandant pagrindinių savybių, kaip stiprumas, tūsumas ar formavimas. Tai vienas iš nedaugelio feromagnetinių metalų, kurį paprasta atskirti nuo kitų, todėl jį lengva perdirbti. Tona perdirbimui panaudoto švaraus plieno laužo gali pakeisti daugiau kaip 1 200 kg geležies rūdos ir 7 kg anglies. Gaminant plieną iš plieno laužo, o ne iš geležies rūdos energijos suvartojimas sumažinamas maždaug 75 proc. ir sutaupoma maždaug 90 proc. žaliavų. Atsižvelgiant į Europos energijos ir žaliavų mažomis kainomis įsigijimo problemas, dėl ekonominių priežasčių akivaizdžiai naudinga kuo daugiau plieno pagaminti iš plieno laužo. Svarbios ir su aplinka susijusios paskatos: gaminant iš metalo laužo gerokai sumažėja oro tarša (maždaug 86 proc.), vandens sunaudojimas (40 proc.), vandens tarša (76 proc.) ir kasybos atliekos (97 proc.) (Rombach, G. 2006).

Maždaug 40 proc. ES plieno pagaminama lankinėse elektrinėse krosnyse, kuriose plieną galima gaminti iš 100 proc. perdirbto metalo laužo. Nors tokiam gamybos būdui reikia daug energijos, tai, kad kaip pradinė žaliava naudojamas metalo laužas, daro jį efektyviu išteklių naudojimo būdu (Di Lorenzo R., Micari, F. 2011).

- Spalvotieji metalai (visi kiti metalai ir lydiniai, išskyrus geležį)

Aliuminis, varis, cinkas, alavas, švinas, nikelis, magnis, titanas bei jų lydiniai žalvaris, bronzos ir kt. priskiriami spalvotiesiems metalams. Šios medžiagos vertinamos dėl gero plastiškumo,

tašumo, laidumo elektrai ir šilumai, atsparumo korozijai. Jie skirstomi į lengvuosius, kurių tankis iki 4 g/cm^3 (magnis, berilis, aliuminis ir kt.), sunkiuosius (spalvotieji metalai, kurių tankis didesnis negu geležies.), tauriuosius (auksas, sidabras, platina ir kt.). Palyginus su juodaisiais, spalvotieji metalai yra labai brangūs, todėl visur, kur tik galima, juos stengiamasi pakeisti juodaisiais metalais arba plastikais. Spalvotieji metalai naudojami daugelyje mašinų bei prietaisų gamybos srityse, o kai kuriose, pavyzdžiui, elektrotechnikoje, radiotechnikoje, aviacijos ir kosminės technikos gamyboje yra pagrindinės konstrukcinės medžiagos. Jie naudojami gryni arba įeina į daugelio lydinių sudėtį (Ambroza P. 2007).

Pakartotinis panaudojimas yra svarbus kai kurių metalų žaliavų tiekimo šaltinis. Varis, aliuminis, švinas, cinkas, taurieji, sunkialydziai ir kiti metalai gali būti regeneruoti iš jų gaminių ar likučių ir sugrąžinti į gamybos procesą neprarandant jų kokybės. Aliuminį galima perdirbti ir panaudoti naujuose gaminiuose neribotai, metalo savybės ir kokybė išlieka tokios pat. Be to, perlydymo procese prarandama tik keletas procentų aliuminio. Perdirbimo procese sunaudojama energija sudaro 5 procentus visos energijos, reikalingos pirminio metalo gamybai. Pastaruoju metu perdirbtas (antrinis) aliuminis sudaro apie 25% viso sunaudojamo aliuminio pasaulyje (European Round Table of Industrialists. 2013).

Skiriami šie pagrindiniai mechaniniai metalo apdirbimo būdai: pjovimas, šlampavimas, gręžimas, tekinimas, liejimas, frezavimas, šlifavimas, smėliavimas ir kt.

• **Pjovimas** (keturi pagrindiniai CNC pjovimo staklėse naudojami metodai):

1) Plazminis

Jonizuojant dujas elektros srove sukuriama siauras koncentruotas elektros lankas, kuris savo aukšta šilumine energija ir plazminių dujų kinetine energija išlydo metalą ir išpučia jį per pjūvio plyšį. Suspaustas plazmos srautas duoda tikslius pjovimo rezultatus. Gali būti pjaunamos visos elektros srovei laidžios medžiagos, tokios kaip, konstrukcinis plienas, nerūdijantis plienas ir aliuminis. Didelis pjovimo greitis ir ypač tikslios pjovimo briaunos pjaunant nuo 1 mm iki 150 mm storio metalo lakštus. Tai daug greitesnis procesas nei dujinis pjovimas deguonimi, tačiau naudojant šį metodą šiek tiek nukenčia kraštų kokybė. Kraštų kokybė priklauso nuo pjovimo srovės, todėl egzistuoja tam tikra sritis apytiksliai nuo 6 mm iki 38 mm, kurioje kraštų kokybė yra labai aukšta. Vis tik už šios srities ribų kraštų statusas pradeda nukentėti. Plazminio pjovimo įranga, palyginti su dujinio pjovimo deguonimi degikliu, yra brangi, nes jai reikalingas maitinimas, vandens aušintuvas (sistemose viršijančiose 100 amperų), dujų regulatorius, degiklio laidai, jungiamosios žarnos su kabeliais bei pats degiklis. Tačiau padidėjęs darbo produktyvumas greitai atperka už sistemą

sumokėtus pinigus. Plazminiu būdu galima pjauti keliais pjovimo degikliais iš karto, tačiau dažniausiai dėl kainos naudojami tik du degikliai.

2) Lazerinis

Lazeris yra intensyvus šilumos šaltinis, ir jo spinduliuotės energija medžiagai perduodama kaip šiluma. Lazerinės spinduliuotės ir medžiagos sąveikos metu dėl spinduliuotės sugerties paviršius smarkiai įkaista, medžiaga greitai išsilydo, gali išgaruoti. Lazeriu parankiausia pjauti labai plonus ir iki 32 mm storio siekiantčius mažanglius plienus. Pjaunant storesnius nei 25 mm plienus, viskas turi būti preciziškai tikslu, kad procesas būtų patikimas: būtina įsitikinti plieno tinkamumu pjauti lazeriu, dujų grynumo klasė turi atitikti reikalavimus, turi būti gera pjovimo antgalio būklė bei pjovimo spindulio kokybė. Pjovimo lazeriu procesas nėra labai greitas, nes mažanglio plieno pjovimas iš esmės yra jo deginimas, kurio metu naudojamas didžiulis sukoncentruoto lazerio spindulio karštis, o ne liepsna. Vis dėlto, pjovimas lazeriu yra labai tikslus procesas. Juo padaromas labai siauras pjūvis, todėl galima išpjauti itin tikslus kontūrus ir mažas angas. Kraštų kokybė įprastai yra labai aukšta, o dantytumas ir vėlinimo linijos itin mažos. Kraštai išpjaunami statūs ir šlako susidaro labai nedaug. Kitas pjovimo lazeriu pranašumas – patikimumas. Pjovimo antgalių eksploatavimo laikas yra labai ilgas, o automatizuotas prietaiso veikimas patikimas, todėl daugelį pjovimo veiksmų galima atlikti visiškai paprastai. Dėl CO₂ lazerio spindulio išgavimo sudėtingumo nėra galimybės naudoti dviejų pjovimo galvučių naudojant tik vieną šaltinį. Vis dėlto, naudojant šviesolaidinius lazerius, galima pjauti keliomis galvutėmis iš karto.

Atlikus tolydiniu CO₂ lazeriu apdirbtų plieninių bandinių analizę nustatyta, kad lazerinis apdirbimas yra gerokai efektyvesnis ir geresnės kokybės, palyginti su plazminiu apdirbimu (Gečys, A., Čapas, V. 2012).

3) Dujinis pjovimas deguonimi

Dujinis pjovimas deguonimi, naudojant degiklį arba pjaustymas ugnimi, tinka mažangliam plienui pjaustyti. Šis metodas nėra sudėtingas, o reikalinga įranga ir medžiagos yra nebrangios. Dujinio pjovimo deguonimi degiklis pjauna palyginti storas plokštes, apribojant tiekiamą deguonį. Kartais taikant šį metodą degikliu yra pjaunami net 900 mm ar net 1200 mm storio plieno lakštai. Vis dėlto, jei iš plieno lakšto reikia išpjauti tam tikrą formą, taikant šį metodą galima pjauti 300 mm ir plonesnius lakštus. Tinkamai sureguliuotas degiklis pjauna lygiai ir tiesiai. Apačioje susidaro labai nedaug šlako, o viršus nuo kaitrių liepsnų yra tik nežymiai užapvalintas. Tokių paviršių daugeliu atveju galima naudoti papildomai neapdirbant. Tai iš dalies lėtas procesas – per minutę 25 mm storio plieno lakšte galima išgauti apie 500 mm pjūvio ilgį (Šniuolis, 2014).

4) Aukšto slėgio vandens srove

Pjaunant vandens srove pjūviai būna lygūs ir labai tikslūs. Tikslumas gali būti net didesnis už pjovimo lazeriu tikslumą, kadangi gaunami lygesni kraštai ir mažesni iškraipymai dėl šilumos įvedimo. Pjovimo vandens srove trūkumas – aukšta kaina. Įranga kainuoja šiek tiek daugiau nei plazminio pjovimo įranga, kadangi sistemai reikalingas brangiai kainuojantis aukšto slėgio siurblys. Svarbiausia yra tai, kad pjovimo sistemos vandens srove darbo kaina per valandą yra daug didesnė lyginant su kitais pjovimo būdais. Pjaunant šiuo būdu galima naudoti kelias galvutes iš karto ir tik vieną aukšto slėgio siurblių. Vis dėlto kiekvienai papildomai pjovimo galvutei reikia papildomo vandens srauto ir dėl to reikia didesnio siurblio arba mažesnio antgalio. Pjovimo aukšto slėgio vandens srove - pjovimo kokybė yra atvirkščiai proporcinga pjovimo greičiui. Tai yra: kuo lėčiau pjaunama, tuo pasiekama geresnė kokybė. Ne slėgis, bet vandens srovės greitis saugo mikroskopines medžiagos daleles. Vandens slėgis ir greitis yra dvi skirtingos pjovimui reikalingos energijos formos. Brangakmenis su maža skylute pritvirtinamas vamzdino sistemos gale, suspaustam vandeniui tekant pro šią skylutę slėgis virsta greičiu. Pjovimo galvučių gamybai dažniausiai naudojami trijų rūšių brangakmeniai. Tai safyras, rubinas ir deimantas. Populiariausias yra dirbtinis safyras. Jį naudojant gaunama pakankamai gera vandens srovė, ir, esant gerai vandens kokybei, pjovimo galvutė tarnauja maždaug 50 - 100 pjovimo valandų. Naudojant abrazyvą, safyro tarnavimo laikas sutrumpėja per pusę. Deimantinės galvutės tarnavimo laikas yra gerokai ilgesnis (800-2 000 pjovimo valandų), bet ir jos kaina 10- 20 kartų didesnė. Deimantai paprastai nepakeičiami, kai vyksta nepertraukiamas 24 valandų pjovimo procesas (Serpantinas, 2007).

- **Štampavimas.** Jis pasižymi tuo, kad pirminis ruošinys arba jo dalis deformuojami štampo lizde. Karštojo štampavimo būdu gaminami nedidelių detalių ruošiniai, esant serijinei ir masinei gamybai. Palyginti su kalimu, štampavimas yra našesnis, tikslesnis. Štampuoti galima sudėtingesnius ruošinius, mažiau būna metalo atliekų. Dažniausiai štampuojama atviruose štampuose, iš kurių metalų perteklius gali ištekėti. Metalu nuostoliai šiuo atveju gali siekti iki 20%. Štampuojant uždaruose štampuose, pirminiai ruošiniai turi būti tikslūs. Našūs yra daugelio pozicijų štampavimo automatai. Nesudėtingi ruošiniai štampuojami štampuose be išlajų, o sudėtingesni - su nedidelėmis išlajomis.

- **Grėžimas.** Grėžimo staklėmis skylės apdirbamos grąžtais, gilintuvais, plėstuvais. Įrankiams įtvirtinti ir jiems automatiškai pakeisti staklėse įtvirtinama revolverinė galvutė. Projektuojant operaciją programinėmis grėžimo staklėmis, geriausia, jei visi reikalingi įrankiai telpa

revolverinėje galvutėje. Programinėmis gręžimo staklėmis galima apdirbti skyles, išlaikant atstumą tarp ašių 0,01 mm atstumą.

- **Tekinimas.** Įvairiais tekinimo peiliais pjaunami ruošinių išoriniai ir vidiniai paviršiai - cilindriniai, kūginiai, sferiniai ir plokšti galiniai. Bendrosios paskirties staklėmis tekinama vienu peiliu. Tekinama paruošiamai, rupiai, pusiau glotniai, glotniai ir tiksliai. Rupiai tekinant pašalinama didžioji užlaidos dalis (apie 75%). Tekinimo režimai parenkami tokie, kad būtų didelis darbo našumas. Matmenų tikslumas ir paviršiaus šiurkštumas rupiai tekinant nėra svarbūs. Pusiau glotniai tekinama, kai reikia gauti tikslią apdirbtojo paviršiaus formą, ištaisyti paveldėtas ankstesniojo apdirbimo paklaidas. O tikslusis tekinimas yra baigiamasis apdirbimo būdas (Ostaševičius, V, Dundulis, R. 2004).

- **Liejimas.** Svarbiausieji liejinių gamybos technologiniai procesai:

- liejimo formų gaminimas,
- metalo lydymas ir jo pilstymas į formas,
- liejinių išėmimas iš formų,
- valymas ir terminis apdirbimas.

Skystas metalas, išlydytas konverteryje ar kitame lydymo agregate, pilamas į formas, kai sukietėja, liejinys išstumiamas. Nuo jo atskiriama liečių sistema, nuvalomi mišinio likučiai, pašalinamos prielajos ir, jei reikia, liejinys atkaitinamas, grūdinamas. Liejant masiškai ir didelėmis serijomis daugelis technologinių procesų automatizuota.

- **Frezavimas.** Programinės frezavimo staklės konstruojamos dažnai universalių rankinio valdymo staklių pagrindu. Šių staklių technologinės galimybės dažnai priklauso nuo valdomų koordinacių skaičiaus. Daugelis staklių valdomos pagal tris koordinates. Technologinės staklių galimybės gerokai padidėja, jei automatiškai keičiami jų suklio apsisukimai ir įrankiai (Ostaševičius, V, Dundulis, R. 2004).

- **Šlifavimas.** Šlifavimas, naudojant diskus, kurių pjovimo briaunos yra grūdelių briaunos, panašus į frezavimo procesą. Nagrinėjant diskų sudėtį, pagrindiniai parametrai yra:

- abrazyvinė medžiaga:
 - silicio karbidas (trapus grūdelis, kuris lūžta, veikiamas jėgos, šlifuojant plienus);
 - aliuminio oksidas stipresnis nei silicio karbidas, todėl dažniau naudojamas plienams šlifuoti.

- riškiai;
- kietumas;
- porėtumas;
- šlifavimo greičiai ir galia.

Iš visų baigiamojo metalo mechaninio apdirbimo būdų šlifavimas išsiskiria dviem pranašumais:

- kur kas lengviau nupjauti plonus metalo sluoksnius ir tiksliai apdirbti paviršių;
- dėl didelio pjovimo greičio (palyginti su frezavimo greičiu) ir pjovimo briaunų skaičiaus, paviršiaus ploto vienetas apdirbamas greičiau nei kitais būdais.

Šlifavimo diskų kainos gana didelės palyginus su nupjaunamu metalo tūrio vienetu. Neekonomiška didesniu metalo kiekius šlifuoti, nes tam būtinos didesnės galios ir standesnės staklės, palyginti su tokį pat metalo kiekį nupjaunančiomis frezavimo arba tekimo staklėmis (Bargelis, Baskutis, 2008).

- **Detalių smėliavimas (stiklavimas)**

Stiklavimas - viena iš abrazyvinio smėliavimo atšakų. Smėliavimui (arba srautiniam valymui) naudojama smėliasrovė: suspaustas oras nukreipia abrazyvo čiurkšlę į apdirbamą paviršių. Smėliavimas atliekamas siekiant nuvalyti paviršių nuo rūdžių, senų dažų, norint suteikti paviršiams tekstūrą, šiurkštumą (kas užtikrina puikų dažų sukibimą), kt. Spalvotų metalų, įsk. nerūdijančio plieno srautiniam valymui atliekamas stiklavimas. Šiam procesui taip pat naudojama smėliasrovė, bet abrazyvas - skaldytas stiklas (jeigu norima, kad detalės paviršius būtų matinis) arba stiklo rutuliukai (granulės) (jeigu norima, kad paviršius blizgėtų). Stiklas pašviesina metalus, suteikia smulkia tekstūrą, panaikina suvirinimo ar šlifavimo žymias, suvienodina paviršių, suteikiant gerą estetinę išvaizdą (Hashmi, M.S. 2014).

1.2 Metalų išgavimo ir apdirbimo pramonės aplinkosauginiai aspektai

Europos rūdų telkiniai, kuriuose metalų koncentracija būtų tinkama, yra beveik visiškai išsemti - likę tik keli vietiniai šaltiniai. Taigi daugiausia koncentratų yra importuojama iš įvairių kitų šaltinių. Pagrindinės daugelio metalų gavybos iš pirminių žaliavų aplinkosaugos problemos yra galimas dulkių ir metalų (metalų junginių), taip pat sieros dioksido, išmetimai į orą. Energijos sunaudojimas ir šilumos bei energijos regeneravimas yra svarbūs spalvotųjų metalų gamybos veiksniai. Jie priklauso nuo efektyvaus rūdų energijos panaudojimo, proceso stadijų energijos poreikių, naudojamos energijos tipo bei tiekimo būdo ir efektyvių šilumos regeneravimo būdų naudojimo. Spalvotuosius metalus gaminant iš antrinių žaliavų pagrindinės aplinkosaugos

problemos taip pat yra siejamos su iš įvairių krosnių ir gabenimo priemonių išmetamomis dujomis, kuriose yra dulkių, metalų, o kai kuriose proceso stadijose pasitaiko ir rūgščiųjų dujų.

Pagrindinės metalų gamybos procesų problemos atskirai kiekvienai metalų grupei yra šios (Europos Komisija, TIPK, 2005):

- Vario gamyba: SO₂, dulkės, metalų junginiai, organiniai junginiai, nuotekos (metalų junginiai), likučiai- krosnių išklojos, dumblas, filtrų dulkės ir šlakas.

- Aliuminio gamyba: dulkės, metalų junginiai, SO₂, COS, policikliniai aromatiniai angliavandeniliai, lakūs organiniai junginiai (LOJ), šiltnamio dujos (polifluorinti angliavandeniliai ir CO₂), dioksinai, chloridai ir HCl. Likučiai, pvz., filtrų dulkės ir druskingas šlakas bei nuotekos.

- Švino, cinko ir kadmio gamyba: dulkės, metalų junginiai, LOJ (įskaitant dioksinus), kvapai, SO₂, kitos rūgščiosios dujos, nuotekos (metalų junginiai), likučiai, pvz., dumblas, daug geležies turintys likučiai, filtrų dulkės ir šlakas.

- Nikelio ir kobalto gamyba: LOJ, CO, dulkės, metalų junginiai, kvapai, SO₂, chloras ir kitos rūgščiosios dujos, nuotekos (metalų junginiai ir organiniai junginiai), likučiai, pvz., dumblas, filtrų dulkės ir šlakas.

- Anglies ir grafito gamyba: policikliniai aromatiniai angliavandeniliai, dulkės, kvapai, SO₂, nuotekų prevencija, likučiai, pvz., filtrų dulkės.

Metalų paviršiaus mechaninio apdirbimo metu į aplinkos orą patenka metalinės bei abrazyvinės dulkės (kietosios dalelės (C)) ir LOJ. Remiantis atliekų tvarkymo taisyklėmis [4], metalų paviršiaus mechaninio apdorojimo metu gali susidaryti šios atliekos (1.2.1 lentelė):

1.2.1 lentelė. Metalų paviršiaus mechaninio apdorojimo metu susidarancios atliekos

12 01 01	juodųjų metalų šlifavimo ir tekinimo atliekos
12 01 02	juodųjų metalų dulkės ir dalelės
12 01 03	spalvotųjų metalų šlifavimo ir tekinimo atliekos
12 01 04	spalvotųjų metalų dulkės ir dalelės
12 01 13	suvirinimo atliekos
12 01 21	naudotos šlifavimo dalys ir šlifavimo medžiagos
12 01 09	mašininės emulsijos ir tirpalai, kuriuose nėra halogenų

Metalo apdirbimo procesų reikšmingi aspektai susieti su metalų padengimu, t.y. galvanika, dažymas, elektrocheminis poliravimas. Dengiant galvaniniu būdu, dengiamas metalas gaminio paviršiuje yra nusodinamas elektros būdu. Galvanikos procesuose pagrindinė susidariusi atlieka – galvaninis šlamas iš nuotekų valymo įrenginių (19 02 05* kodas – „Fizinio/cheminio apdorojimo dumblas, kuriame yra pavojingų cheminių medžiagų“). Tai pavojinga atlieka, kurią įmonė privalo identifikuoti ir deklaruoti atliekų apskaitoje, negali laikyti teritorijoje daugiau, kaip 6 mėn. ir turi perduoti pavojingų atliekų tvarkytojams. Tai reglamentuojama Atliekų tvarkymo taisyklėje [4].

Vienas reikšmingiausių aplinkos apsaugos aspektų, susijusių su metalo apdirbimo pramone yra atliekos, susidarančių metalo laužo kiekiai pateikti 1.2.2 lentelėje. Atliekų apskaitos duomenimis (AAA), 2011 metais Lietuvoje susidarė apie 4,1 mln. tonų gamybos atliekų. Augant ekonomikai ir vartojimui, komunalinių atliekų Lietuvoje gausėja.

1.2.2 lentelė. Metalo laužo susidarymas ir panaudojimas

	2011	2012	2013
Juodųjų metalų laužo susidarymas, tūkst. t	571,9	527,9	339,9
Juodųjų metalų laužo panaudojimas, tūkst. t	30,4	29,8	14,6
Spalvotųjų metalų laužo susidarymas, tūkst. t	35 758,7	29 569,8	30 955,4
Spalvotųjų metalų laužo panaudojimas, tūkst. t	7 618,6	6 521,9	3 543,0

Šaltinis: Oficialiosios statistikos departamentas, Žaliavų ir medžiagų balansai, 2014

Metalo laužas - geriausiai tvarkomas ir didžiausią ekonominę vertę turintis antrinių žaliavų šaltinis (Norgate, T. E. 2007).

Metalą galima perdirbti neribotai – dėl to pagrindinės savybės nekinta, o perdirbant sunaudojama daug mažiau energijos negu gaminant iš rūdos. Perdirbant sunaudojama mažiau pirminių žaliavų, dėl to mažėja metalo kasybos ir rūdos transportavimo daromas poveikis aplinkai. Padidėjo energijos naudingumo koeficientas – nors per pastaruosius 15 metų metalų gamyba nuolat didėjo, Europos pagrindinių metalo pramonėje energijos suvartojama tiek pat ar net mažiau. Ženkliai sumažėjo išmetamų pagrindinių oro teršalų kiekis. Nors metalo pramonė išmeta labai daug CO₂, jos išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų dalis 2005 m. buvo tik 5,7 %, nors geležies ir plieno gamybos mastas 1990–2005 m. padidėjo 5 % [10].

Pastaraisiais metais atliekų tvarkymui Lietuvoje skiriama daug dėmesio, sparčiai plėtojamas atliekų surinkimas, perdirbimas ir šalinimas. Atliekų tvarkymo infrastruktūros plėtrą skatino Europos Sąjungos finansinė parama, gamintojų ir importuotojų atsakomybės už atliekų tvarkymą nustatymas. Susidarančių atliekų mažinimas, jų racionalus tvarkymas bei antrinis panaudojimas Lietuvoje – prioritetinės aplinkos apsaugos sritys, kurių svarba pabrėžta Nacionalinėje darnaus vystymosi strategijoje.

Pagal 2003 m. įsteigtą plieno technologijų platformą (ESTEP) metalo gamintojai bendradarbiauja su galutiniais vartotojais ir įrangos tiekėjais, kad galėtų spręsti naujas problemas. Toks požiūris taikomas Europos tausių rūdos išteklių technologijų platformai, įsteigta 2005 m. kovo mėn. siekiant padidinti inovacijų diegimo pajėgumus, kurti naujus produktus ir didinti

gamybos našumą bei produkcijos išėigą mažinant sąnaudas ir poveikį aplinkai [10]. Vienas iš inovacijų diegimo pavyzdžių metalo apdirbimo pramonėje yra žaliavų ekologinio efektyvumo pagerėjimas: nors augant vartojiškumui ir plieninių bei aliumininių gėrimų skardinių pardavimui, gamyboje naudojamų žaliavų kiekis nuo 1998 m. ženkliai sumažėjo. Plieninių skardinių svoris sumažėjo 16 %, aliumininių – 30 % (Hashmi, M.S. 2014).

Valstybės narės ir regionai kviečiami skatinti diegti inovacijas metalo pramonėje ir remti technologijų perdavimo pramonės grupėms politiką. Tai yra ir parama verslo inkubatoriams, technologijų perdavimas ir mokslinių tyrimų padalinių finansavimas ankstyvuoju etapu, o ypač pagalba didelį augimo potencialą turinčioms inovacijas diegiančioms įmonėms. Dabartinės gamybos technologijos yra palyginti brandžios. Vis dėlto pramonė aktyvai ieško revoliucinių techninių sprendimų. Pavyzdžiui, projekte „Energijos taupymas ir ypač mažas CO₂ išmetalų kiekis plieno pramonėje (ULCOS)“ dalyvauja 48 partneriai, kad galėtų sutelkti pakankamai finansinių išteklių kovai su taršos mažinimu plieno sektoriuje ir pasiekti tikslą 50 proc. sumažinti taršą. Pirmasis šio projekto etapas baigėsi 2009 m., o antrasis vyksta iki 2015 m [11].

Metalo gaminių gamybos procesuose didelio dėmesio reikalaujantys veiksniai yra gamybos procesų valdymas, taršos mažinimo sistemų priežiūra bei kontrolė. Tinkami žaliavų tvarkymo būdai gali užkirsti kelią nekontroliuojamiems išmetimams. Kiti svarbūs būdai:

- naujų procesų diegimo ar naujų žaliavų naudojimo pasekmių aplinkai analizė ankstyvosiose projektavimo stadijose;
- auditų išvadų panaudojimas projektavimui ir sprendimų priėmimui [8].

Aplinkosaugos problemų sprendimui taikomi švaresnės gamybos prevenciniai metodai.

Švaresnė gamyba – tai sisteminis aplinkos apsaugos problemų sprendimo būdas, kurio pagrindinis tikslas yra:

- atliekų, teršalų prevencija;
- neefektyvaus energijos resursų ir išteklių sąnaudų mažinimas.

Tai būdas, kaip vietoje spręsti iškilusias aplinkos apsaugos problemas, o ne svarstymas, ką veikti su jau susidariusia tarša. Vykdoma taršos prevencija jos susidarymo šaltinyje (Staniškis, Kliopova, kt., 2010).

ŠG apibrėžimas gali būti detalizuojamas pagal atskiras sritis:

- gamybos procesai: ŠG apima racionalų žaliavų ir energijos vartojimą, toksinių medžiagų šalinimą, atliekų ir išlakų kiekio bei toksiškumo mažinimą gamybos procesuose;
- gaminiai: ŠG strategija orientuojama į gaminių poveikio aplinkai mažinimą jų būvio ciklo metu t.y. nuo žaliavos išgavimo iki galutinio gaminio deponavimo;

- paslaugos: ŠG sumažina paslaugų, teikiamų būvio ciklo metu, poveikį aplinkai, t.y. įskaitant sistemos sukūrimą ir naudojimą bei išteklius, reikalingus normaliam sistemos funkcionavimui užtikrinti (Staniškis and Strahl, 1997).

Jungtinių Tautų aplinkosaugos programa (United Nations Environment Programme, UNEP) pateikė tokį Švaresnės gamybos apibrėžimą: Švaresnė gamyba yra nuolatinis integruotas prevencinės aplinkos apsaugos strategijos taikymas procesams, gaminiams ir paslaugoms, siekiant padidinti gamybos efektyvumą ir sumažinti riziką žmonėms ir aplinkai (UNEP 1995). Švaresnės gamybos principų taikymas gamyboje yra susijęs su įmonės vadovų ir darbuotojų mąstymo pokyčiais, gerinant technikos ir valdymo politikos pakeitimus. Švaresnės gamybos strategijoje numatyti tokie prevenciniai būdai (Staniškis et al, 2004, 2010):

1. Geras ūkininkavimas: tai atitinkamos vadybos bei organizacinės priemonės, kurių imamasi siekiant išsiliejimų ir pratekėjimų prevencijos (prevencinių apžiūrų grafikai ir dažni įrangos patikrinimai) bei įgyvendinant esamas darbo instrukcijas (vykdant tinkamą priežiūrą bei mokymus);

2. Žaliavų pakeitimas: esamų žaliavų pakeitimas mažai toksiškomis ar atsinaujinančiomis medžiagomis arba naudojimas tokių papildomų medžiagų (pavyzdžiui, tepalų, aušalų, valiklių ir t.t.), kurių poveikis procesui yra ilgesnis, t.y. suvartojama mažiau medžiagų;

3. Patobulinta vadyba: darbo procedūrų, įrangos instrukcijų modifikavimas ir įrašų apie procesus saugojimas siekiant pagerinti tų procesų efektyvumą bei sumažinti taršą;

4. Įrangos pakeitimas: esamos gamybos įrangos modifikavimas (pavyzdžiui, įrengiant matavimo ir kontrolės prietaisus) siekiant pagerinti proceso efektyvumą bei sumažinti taršą;

5. Technologijos pakeitimai: technologijos, apdorojimo procesų pakeitimas ir (ar) šių pasiūlymų sintezė siekiant, gamybos procesų metu sumažėtų taršą;

6. Gaminio pakeitimas: gaminio savybių modifikavimas siekiant sumažinti gaminio poveikį aplinkai jo vartojimo metu ar po jo deponavimo arba sumažinti gaminio gamybos poveikį aplinkai.

7. Efektyvus energijos vartojimas: energija turi labai didelį poveikį aplinkai. Energijos gamybos šaltiniai gali paveikti dirvožemį, vandenį, orą ir biologinį ciklą, susidaro daug kietųjų atliekų. Energijos poveikį aplinkai galima sumažinti efektyviau ją vartojant, taip pat plačiau vartojant atsinaujinančių šaltinių, pavyzdžiui, saulės ir vėjo, energiją.

8. Atliekų perdirbimas arba antrinis panaudojimas įmonėje: atliekų panaudojimas tame pačiame procese, kuriame jos susidarė, arba kitiems naudingiems tikslams pačioje įmonėje.

Šiuolaikinės pramonės plėtros ir vartojimo tendencijos sąlygoja atliekų ir teršalų kiekio augimą. Į aplinką patenka pavojingai daug atliekų, turinčių neigiamos įtakos ekosistemoms. Taip pat intensyviai eikvojami gamtos išteklių, t.y. nebegalima užtikrinti natūralios jų regeneracijos. Būtina iš naujo įvertinti gamybos procesus, gaminamus gaminius (Staniškis J. K., Stasiškienė Ž. 2006).

Prevencinė atliekų vadyba - atliekų tvarkymas pramonės įmonėse prasideda nuo atliekų prevencijos, naudojant ŠG metodus iki atliekų rūšiavimo ir tinkamo perdavimo atliekų tvarkytojams (1.2.1 pav.).



1.2.1 pav. Atliekų tvarkymo hierarchija pramonės įmonėse

1.3 Mechaniniams metalų apdirbimo procesams taikomų aplinkosaugos teisinių reikalavimų apžvalga

Europos Sąjungos (ES) atliekų tvarkymo politika nustatyta Bendrijos atliekų tvarkymo strategijoje. Pagrindiniai ES atliekų tvarkymo politikos tikslai - vengti atliekų susidarymo ir skatinti jų panaudojimą, perdirbimą bei pakartotinį panaudojimą, siekiant sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Ilgalaikis ES tikslas yra tapti atliekas perdirbančia visuomene, siekiančia vengti atliekų susidarymo ir naudojančia atliekas kaip išteklius.

Bendruosius atliekų tvarkymo principus ES nustato Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2006/12/EB dėl atliekų, Tarybos direktyva 91/689/EEB dėl pavojingų atliekų su paskutiniaisiais pakeitimais padarytais Europos Parlamento ir Tarybos reglamentu (EB) Nr. 166/2006.

Kadangi metalo pramonėje sunaudojama daug energijos, šiam sektoriui tiesioginės įtakos turi Bendrijos energetikos ir klimato kaitos politika. 2007 m. kovo mėn. Europos Vadovų Taryba akcentavo, kad „energijai imlus metalo apdirbimo sektorius yra labai svarbus“ ir „reikia imtis

ekonomiškai veiksmingų priemonių, kad būtų padidintas tokių pramonės šakų konkurencingumas ir sumažintas poveikis aplinkai“. Šiuo požiūriu Komisijos pateiktame 2008 m. sausio 23 d. teisė saktų pasiūlymuose dėl su klimatu susijusių veiksmų ir atsinaujinančių energijos šaltinių pripažįstama ypatinga energijai imlių pramonės šakų padėtis.

2011 m. gegužės 26 d. Europos Komisija kartu su Jungtinių Tautų Aplinkos programos atstovais paskelbė dvi svarbias ataskaitas, kuriomis raginama visiškai kitaip naudoti retus išteklius į kurių sąrašą įeina ir kai kurių metalų rūdos. Vienoje iš ataskaitų kalbama apie milžiniškas galimybes padidinti metalų perdirbimo apimtį. Tik 18 metalų perdirbami daugiau kaip 50 proc., daugumos likusių neperdirbama nė 1 proc. Kitoje ataskaitoje, pristatyta gegužės 18 d. JT Tvarios plėtros komisijos posėdyje, pabrėžiama būtinybė visiškai atsieti ekonomikos augimą ir gamtos išteklių naudojimą, kad 2050 m. būtų išvengta pasaulinės išteklių krizės, ir teikiami moksliniais duomenimis grindžiami išteklių naudojimo ateities scenarijai.

Gaminant produktus iš antrinių žaliavų turi būti vadovaujama analogiškais produktams iš pirminių žaliavų keliamais reikalavimais, taip pat reikia papildomai laikytis specialių su antrinių žaliavų naudojimu susijusių reikalavimų, jeigu tokie yra nustatyti.

Pagrindiniai LR teisės aktai, nustatantys atliekų tvarkymo reikalavimus:

Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos įstatymas (Žin., 1992, Nr. 5-75; 1997, Nr. 65-1540). Įstatyme apibrėžti pagrindiniai aplinkos apsaugos tvarkymo Lietuvoje principai, pagal kuriuos gamtos ištekliai turi būti naudojami racionaliai ir kompleksiskai, atsižvelgiant į aplinkos išsaugojimo bei atkūrimo galimybes ir šalies gamtos bei ekonomikos ypatumus. Įstatyme yra nurodyta, kad asmenys laikytųsi atliekų tvarkymo reikalavimų, o teršėjas apmokėtų visas atliekų tvarkymo išlaidas. Šio įstatymo pagrindu priimami kiti gamtos išteklių naudojimą bei aplinkos apsaugą reglamentuojantys įstatymai ir kiti teisės aktai.

Lietuvos Respublikos Atliekų tvarkymo įstatymas (1998, Nr.61-1726). Šiuo įstatymu nustatyti bendrieji atliekų prevencijos, apskaitos, surinkimo, saugojimo, vežimo, naudojimo, šalinimo reikalavimais, kad būtų išvengta atliekų neigiamo poveikio žmonių sveikatai ir aplinkai. Taip pat, nurodyti pagrindiniai atliekų tvarkymo sistemų organizavimo ir planavimo principais. Įstatyme įtvirtinta nuostata, kad „įmonės, kurių ūkinėje komercinėje veikloje susidaro atliekų ir kurios naudoja, šalina ar kitaip tvarko atliekas, turi imtis visų galimų ir ekonomiškai pateisinamų priemonių jų kiekiui bei kenksmingam poveikiui žmonių sveikatai ir aplinkai mažinti“. Tokios įmonės privalo laikytis šių prioritetų: mažinti susidarančių bei į sąvartynus patenkančių atliekų kiekį ir jų kenksmingumą, pagaminti iš susidariusių atliekų gaminius; naudoti atliekas energijai gauti; saugiai šalinti susidariusias atliekas į sąvartynus bei kitas specialiai tam skirtas vietas, kad jos nekeltų pavojaus žmonių sveikatai ir aplinkai.

Lietuvos Respublikos Atliekų tvarkymo taisyklės (Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2011 m. gegužės 3 d. įsakymo Nr. D1-368 redakcija) nustato reikalavimus atliekų rūšiavimui, laikinajam laikymui, surinkimui, vežimui, apdorojimui, papildomus biologinių ir pavojingųjų atliekų tvarkymo reikalavimus, prekybos atliekomis ir tarpininkavimo organizuojant atliekų naudojimą ar šalinimą ypatumus, atliekų apskaitos ir tvarkymo dokumentų saugojimo tvarką.

Valstybinis strateginis atliekų tvarkymo 2014-2020m. planas (VSATP). VSATP nurodyti ir apibrėžti pagrindiniai atliekų tvarkymo principai ir prioritetai, taip pat nustatyti atliekų tvarkymo tikslai ir uždaviniai. VSATP nurodyta, kad atliekos turi būti tvarkomos taip, jog nekeltų pavojaus žmonių sveikatai ir aplinkai, racionaliai naudojami atliekų medžiaginiai ir energetiniai išteklių.

Taršos integruota prevencija ir kontrolė (TIPK) - tai būdas užtikrinti, kad įmonių veikla darytų kuo mažesnę žalą visai aplinkai, o ne atskiroms jos dalims. Taršos integruota prevencija ir kontrolė reiškia, kad visos galimo ūkinės veiklos poveikio aplinkai rūšys turi būti išanalizuojamos, o ūkinės veiklos metu jos turi būti valdomos ir kontroliuojamos. TIPK taisyklių bendrieji reikalavimai nurodo, kad turi būti užtikrinamas: "Atliekų mažinimas, jų pakartotinis panaudojimas, tvarkymas bei saugus šalinimas, taršos, susidarančios gamybos metu, kontrolė (valymo technologijų taikymas).

Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės leidimų išdavimo, atnaujinimo ir panaikinimo taisyklės nustato Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatyme (Žin., 1992, Nr. 5-75; 1997, Nr. 65-1540) nurodyto gamtos išteklių naudojimo ir teršalų išmetimo į aplinką leidimo išdavimo, atnaujinimo, koregavimo ir panaikinimo tvarką. TIPK taisyklės reglamentuoja TIPK priemones, numatytas Lietuvos Respublikos aplinkos oro apsaugos įstatyme (Žin., 1999, Nr. 98-2813), Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatyme (Žin., 1998, Nr. 61-1726) ir Lietuvos Respublikos aplinkos monitoringo įstatyme (Žin., 1997, Nr. 112-2824). Taisyklėse nustatomos ūkinės veiklos vykdytojų, leidimų projektus derinančių ir leidimus išduodančių institucijų, kitų suinteresuotų asmenų (visuomenės) teisės ir pareigos išduodant, atnaujinant, koreguojant ar panaikinant leidimus.

Lietuvos Respublikos netauriųjų metalų laužo ir atliekų supirkimo įstatymas. Šis įstatymas nustato ūkinės komercinės veiklos, susijusios su netauriųjų metalų laužo ir atliekų supirkimu, teisinius pagrindus. Tvarkyti supirktą netauriųjų metalų laužą (netauriųjų metalų dirbiniai, netinkami naudoti pagal paskirtį dėl to, kad yra nusidėvėję, sulūžę ar kitaip sugadinti, taip pat atliekos, susidariusios netauriųjų metalų gamybos arba mechaninio apdorojimo metu) ir atliekas pagal Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymą ir kitus teisės aktus, reglamentuojančius atliekų tvarkymą.

Komisijos Komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų Komitetui ir regionų Komitetui „**Prieinamos žaliavos Europos ateities gerovei užtikrinti**

pasiūlymas dėl Europos inovacijų partnerystės žaliavų srityje“ (Briuselis, 2012 02 29 COM(2012) 82 final). Net jei visos Europos mastu padaryta didelė pažanga, visų pirma atliekų perdirbimo srityje, reikia toliau siekti, kad vertingos žaliavos būtų tausiai naudojamos visose jų būvio ciklo etapuose. Visapusiškai įgyvendinus pirmuosius Europos atliekų hierarchijos principo taikymo tapus (prevencijos, pasiruošimo antriniam panaudojimui ir antrinio perdirbimo) pavyktų neprarasti vertingų išteklių ir būtų sukurtos naujos verslo ir darbo galimybės ES. Naujos ekonomiškos ir aplinkai nekenksmingos antrinio perdirbimo technologijos ir atliekų rinkimo bei apdorojimo geriausia praktika suteikia galimybę geriau atlikti antrinį svarbiausių žaliavų perdirbimą“. Komunikate Komisija siūlo, kad ne vėliau kaip iki 2020 m. būtų pasiekti šie tikslai:

- veiksmingesnis medžiagų panaudojimas, atliekų srautuose esančių vertingų žaliavų antrinis panaudojimas ir perdirbimas, prevencinė veikla, daugiausia dėmesio skiriant medžiagoms, galinčioms turėti neigiamo poveikio aplinkai;
- naujų galimybių ir idėjų paieška, kaip gauti naujoviškų žaliavų ir gaminti perspektyvius gaminius.

Komunikatų Europos Parlamentui apžvalga. Efektyvus ir saugus žaliavų gavimas, tiekimas, antrinis panaudojimas, išteklių taupymo svarba yra nurodyta įvairiuose strateginiuose politikos dokumentuose, pvz., Europos Komisijos pasiūlytoje žaliavų iniciatyvoje (COM(2008) 699), strategijoje „Europa 2020“ atkreipiamas dėmesys į šiuos tausaus išteklių naudojimo (COM(2011) 21) pavyzdinėse iniciatyvose klausimus. Efektyvaus išteklių naudojimo plane (COM(2013) 407) taip pat pabrėžiama veiksmingo išteklių naudojimo svarba. Šiuose dokumentuose įvardyti sunkumai ir pavojai, kylantys dėl nepakankamos gamtinių išteklių pasiūlos ir dėl neveiksmingo naudojimo atsižvelgiant į augančią pasaulinę konkurenciją dėl žaliavų (COM(2012) 82 ir COM(2008) 108).

Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų Komitetui ir regionų Komitetui „**Efektyvaus išteklių naudojimo Europos planas**“ (KOM(2011) 571) nurodo, jog kai kuriose valstybėse narėse perdirbama daugiau nei 80% atliekų, todėl akivaizdu, kad yra galimybių panaudoti atliekas kaip vieną iš pagrindinių ES išteklių. Reikia gerinti atliekų tvarkymą, kad ištekliai būtų naudojami tinkamiau, tuomet gali atsiverti naujos rinkos ir galima sukurti darbo vietų, taip pat būtų skatinama mažesnė priklausomybė nuo žaliavų importo ir mažinamas poveikis aplinkai. Komunikate teigiama, jog norint atliekas laikyti ištekliumi, tai pakartotiniam naudojimui ir perdirbimui turi būti teikiama daug didesnė reikšmė. Norint sukurti visišką perdirbimo ekonomiką turėtų būti vykdoma kompleksiška politika, kuri būtų orientuota į prekių projektavimą atsižvelgiant į visą būvio ciklą, geresnį visų rinkos dalyvių bendradarbiavimą, pastangas vengti atliekų ir jas perdirbti, investicijas į modernius atliekų tvarkymo ir aukštos kokybės perdirbimo įrenginius.

2. METALO ŽALIAVŲ NAUDOJIMAS IR SVARBA LIETUVOS ŪKYJE

2.1 Lietuvai svarbių žaliavų sąrašė esančių metalų apžvalga

Parinktos žaliavos pagal Lietuvos statistikos departamento duomenų analizę, ekonomiškai svarbios Lietuvai, kurioms nuo 1991 m. vertinami įvairūs parametrai, pvz., importas, eksportas, naudojimas skirtinguose ūkio sektoriuose. Į šių svarbių žaliavų ir medžiagų grupę įeina šie metalai: ketus, alavas, aliuminis, varis, juodieji metalai, švinas ir cinkas (Kliopova I., Knašytė M., 2011).

Lietuvoje **ketaus**, kaip pirminės žaliavos, sąnaudos kasmet mažėja, didėjant juodųjų metalų laužo perdirbimo koeficientui ir panaudojimui pramonėje (2008 m. - apie 500 t, 2009 m.-apie 140 t) (2.1.1 lentelė). Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas sunaudojama 95,97 % viso sunaudojamo ketaus, iš jų apie 98 proc. importuojama iš Rusijos (2.1.2 lentelė). Apdirbamojoje pramonėje didžioji dalis ketaus sunaudojama mašinų įrangos remonte, niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyboje. Metalų laužas daugiausia naudojamas pagrindinių metalų gamyboje bei vandens tiekime. Šios žaliavos ekonominės svarbos indikatorius nedidelis (3,18), bet ji užima ketvirtą vietą pagal apsirūpinimo žaliava riziką (2,86) ir aplinkosauginę riziką (4,5).

2.1.1 lentelė. Ketaus srautai Lietuvoje

	2008	2009
¹ Importuota, t/metus	1 217	415
¹ Eksportuota, t/metus	922	280
² Sunaudota, t/metus	495	139

Šaltiniai:

¹Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė.

²Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010.

2.1.2 lentelė. Ketaus sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas

Apdirbamosios pramonės šaka	Sunaudojimas 2009 metais, %
Mašinų įrangos remontas ir įrengimas	49,50 %
Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyba	33,89 %
Metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius gamyba	12,58 %
	95,97 %

Šaltinis: Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010

Didėjančia svarba Lietuvai pasižymi **alavas**, 2009 m. sunaudota 7,6 t. Nors, remiantis statistikos departamento duomenimis, didžiausia šios žaliavos dalis (daugiau nei 99 proc.) importuojama iš ES šalių, bet pagrindinės šalys – alavo gamintojos: Kinija, Indonezija, Peru. Dėl šios priežasties alavas turi palyginus aukštą apsirūpinimo rizikos indikatorius. Alavas Lietuvoje naudojamas daugiausia mašinų ir įrangos remonte bei kituose ūkio sektoriuose (2.1.3 lentelė). Ši

žaliava pasižymi nepakeičiamumu. Perdirbimo galimybė ES šalyse yra pakankamai didelė - iki 22 proc. Lietuvoje alavo atliekos surenkamos tik kartu su elektronikos atliekomis.

2.1.3 lentelė. Alavo sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas

Apdirbamosios pramonės šaka	Sunaudojimas 2009 metais, %
Mašinų įrangos remontas ir įrengimas	42,86 %
Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyba	21,43 %
Elektros įrangos gamyba	7,14 %
	71,43 %

Šaltinis: Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010

Aliuminis Lietuvai svarbiausių žaliavų sąrašė - vienuoliktoje vietoje. Aliuminio ir aliuminio laužo 2008 m. sunaudota 14 168,7, 2009 m. – 8592,9 t/m. (2.1.4 lentelė). Naudojamas beveik visuose ūkio sektoriuose, daugiau nei 60 proc. – apdirbamojoje gamyboje, apie 10 proc. – statyboje. Didžiausia dalis – metalo gaminių gamyboje, mažesniais kiekiais variklinių transporto priemonių remonte, mašinų ir įrangos gamyboje, elektroninės įrangos gamyboje (2.1.5 lentelė). Todėl ši žaliava ekonomiškai svarbi Lietuvai (ekonominės svarbos koeficientas – 4,75, 6-oji vieta). Apsirūpinimo žaliava rizika yra nedidelė (18-ta vietoja) dėl kasmet mažėjančios priklausomybės nuo trečiųjų šalių. Didėjant aliuminio laužo antriniam panaudojimui, kasmet mažėja aliuminio, aplinkosauginė rizika. 2009 m. aliuminio laužo pramonėje panaudota iki 38 proc. nuo pirminės žaliavos sąnaudų, bet antrinio panaudojimo koeficiento reikšmė (iki 28 proc.) dar nesiekia ES šalių vidurkio, kuris yra 35 proc. Lietuvoje veikia antrinio aliuminio liejinių gamybos įmonė, gaminama daugiau nei 30 proc. aliuminio žaliavų nuo pirminės žaliavos sąnaudų. Todėl egzistuoja perspektyva padidinti antrinio aliuminio laužo panaudojimo koeficientą iki 30-40 proc., taip sumažinant šios žaliavos tiekimo rizikos vertę.

2.1.4 lentelė Aliuminio ir aliuminio laužo srautai Lietuvoje

	2008	2009
¹ Importuota aliuminio, t/metus	11 884	7 807
² Pagaminta aliuminio, t/metus	3 897	1 957
¹ Eksportuota aliuminio, t/metus	5 599	3 870
² Sunaudota aliuminio, t/metus	10 874	6 193
² Aliuminio laužo susidarymas, t/metus	8735,9	4038,6
² Aliuminio laužo panaudojimas, t/metus	3294,7	2399,9
Sunaudota aliuminio + aliuminio laužo, t/metus	14 168,7	8592,9

Šaltiniai:

¹Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė.

²Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010

2.1.5 lentelė. Aliuminio sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas

Apdirbamosios pramonės šaka	Sunaudojimas 2009 metais, %
Mašinų įrangos remontas ir įrengimas	4,10 %
Pagrindinių metalų gamyba	2,52 %
Metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius gamyba	2,47%
Elektros įrangos gamyba	1,55 %
Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyba	1,05%
	11,69%

Šaltinis: Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010

Vario ir vario laužo 2009 m. panaudota 2946,8 t/m. (vienuolikta vieta pagrindinių žaliavų sąrašė), iš kurių 92,05 proc. naudojama Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas (2.1.6 lentelė). Didžioji dalis (daugiau nei 90 proc.) importuojama iš trečiųjų šalių. Lietuvoje kasmet surenkama vario laužo iki 80 proc. sąnaudų visuose ūkio sektoriuose, bet pagrindinė šio metalo laužo dalis (90-100 proc. nuo surinkimo) eksportuojama. Naudojant šį metalo laužą šalies ūkyje, ši žaliava nepatektų svarbiausių žaliavų sąrašą.

2.1.6 lentelė. Vario srautai Lietuvoje

	2008	2009
¹ Importuota vario, t/metus	3 996	810
² Pagaminta vario, t/metus	-	-
¹ Eksportuota vario, t/metus	151	425
² Snaudota vario, t/metus	6 015	2 926
² Surinkta vario laužo, t/metus	2392,9	2367,8
² Panaudota vario laužo, t/metus	244,3	20,8
² Panaudota vario ir vario laužo, t/metus	6259,3	2946,8

Šaltiniai:

¹Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė.

²Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010

Juodieji metalai - svarbi žaliava daugeliui apdirbamosios pramonės šakų. 2009 m. didžiausia juodųjų metalų dalis (31 proc.) sunaudota metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius, gamyboje, 29 proc. - pagrindinių metalų gamyboje, iš viso Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas sunaudojama 86,54 proc. juodųjų metalų (2.1.7 lentelė). 2009 m. apdirbamojoje gamyboje sunaudota beveik 330 tūkst. tonų juodųjų metalų, iš jų iki 50 proc. importuota iš trečiųjų šalių (Rusija, Baltarusija, Ukraina).

2.1.7 lentelė. Juodųjų metalų sunaudojimas Lietuvos apdirbamojoje pramonėje, procesuose, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas

Apdirbamosios pramonės šaka	Sunaudojimas 2009 metais, %
Metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius gamyba	31 %
Pagrindinių metalų gamyba	29 %
Kitų transporto priemonių ir įrangos gamyba	17 %
Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyba	6 %
Mašinų įrangos remontas ir įrengimas	2,01 %
Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių gamyba	1,53 %
	86,54 %

Šaltinis: Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010

2.1.8 lentelė. Juodųjų metalų šrantai Lietuvoje

	2008	2009
¹ Importuota juodųjų metalų, t/metus	649 638	388 475
² Pagaminta juodųjų metalų, t/metus	50 437	50 062
¹ Eksportuota juodųjų metalų, t/metus	184 807	156 739
² Sunaudota juodųjų metalų, t/metus	490 688	307 255
² Juodųjų metalų laužo susidarymas	571 100	328 900
² Juodųjų metalų laužo panaudojimas	28 000	22 400
² Sunaudota juodųjų metalų ir jų laužo, t/metus	518 688	329 655

Šaltiniai:

¹Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė.

²Žaliavos ir medžiagos 2009. Statistikos departamentas prie Lietuvos respublikos vyriausybės, ISSN 1648 – 0813. Vilnius 2010

2.2 Metalo žaliavų sunaudojimo Lietuvoje indikatorių įvertinimas

Remiantis 2011 m. vasario 2 d. Komisijos komunikatu Europos Parlamentui, Europos Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui „Dėl uždavinių, susijusių su biržos prekių rinkomis ir žaliavomis, sprendimo“ (KOM(2011) 25), *svarbiausios žaliavos* (angl. *Critical raw materials*) – tai tokios žaliavos, „kurioms būdinga itin didelė pasiūlos trūkumo rizika ateinančius 10 metų ir kurios yra labai svarbios vertės grandinėje“. Svarbiausias politikos klausimas – teisinis aiškumas nustatant, kada perdirbtos atliekos gali būti perklasifikuojamos į produktą. Remdamasi Atliekų pagrindų direktyva Komisija kuria atliekų nebelaikymo atliekomis kriterijus tam tikriems atliekų šrautams“. Komunikate nurodoma, kad Komisija:

- „stebės kylančias su svarbiausiomis žaliavomis susijusias problemas, kad nustatytų prioritetinius veiksmus, ir juos aptars su valstybėmis narėmis ir suinteresuotaisiais subjektais;
- reguliariai bent kas trejus metus atnaujins svarbiausių žaliavų sąrašą“ (KOM(2011) 25).

Lietuvos (kaip ir visos Europos) ekonomika yra priklausoma nuo iš trečiųjų šalių importuojamų žaliavų ir energijos išteklių. Lietuvos ūkio apsirūpinimo metalais priklausomybė nuo importo iš atskirų valstybių pateikta 2.2.1 lentelėje. Pagal Pasaulio banko skelbiamą Pasaulinį valdymo indikatorių (*angl. Worldwide Governance Indicator*) Rusija, Baltarusija, Ukraina ir Kinija pasižymi nestabilumu. Skalėje nuo -2,5 (silpnas) iki 2,5 (stiprus) minėtų šalių indikatoriai 2013 m. atitinkamai buvo -1,01, -1,54, -0,33, ir -1,58. Lietuvos indikatoriai 2013 m. buvo 0,92. Dėl šalių nestabilumo Lietuvos gamybos įmonėms gali padidėti apsirūpinimo žaliavomis rizika (The World Bank Group, 2014).

2.2.1 lentelė. Lietuvos ūkio apsirūpinimo metalais priklausomybė nuo importo iš atskirų valstybių

Žaliava (medžiaga)	Tendencija didėti ↑	Žaliava (medžiaga)	Tendencija mažėti ↓
Rusija			
Ketus	90-100 %	Varis	55-10 %
Juodieji metalai	20-25 %	Švinas	15-10 %
Baltarusija			
Juodieji metalai	10-20 %		
Kinija			
Alavas	40-45 %	Aliuminis	35-30 %
Švinas	30-35 %		
Cinkas	30-35 %		
Indija			
Medvilnė	30-35 %	-	-
Ukraina			
Juodieji metalai	10-15 %		
Kazachstanas			
		Švinas	20-15 %
Indonezija			
Alavas	20-25 %		
Peru			
Švinas	5-10 %	Cinkas	15-10 %
Alavas	10-15 %		
Bolivija			
Alavas	5-10 %		
Brazilija			
Alavas	5-10 %		
Indija			
		Cinkas	10-5 %
Čilė			
		Varis	15-10 %
JAV			
Švinas	5-10 %		
Australija			
Švinas	10-15 %	Cinkas	15-10 %
Kanada			
		Cinkas	10-5 %

Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė.

Remiantis darnios plėtotės principais, kiekybiniam žaliavų įvertinimui naudojama metodika pagrįsta trimis pagrindiniais apibendrintais indikatoriais (dimensijomis):

- ekonominė svarba (ekonominė dimensija),
- apsirūpinimo žaliava rizika (socialinė dimensija);
- aplinkosauginė rizika (aplinkosaugos dimensija).

Pagal Darnaus vystymosi principus svarbiausių žaliavų identifikavimo metodika pagrįsta trimis pagrindiniais indikatoriais: ekonominės svarbos (EI_i – angl. *Economic Importance*), apsirūpinimo žaliava rizikos (SR_i – angl. *Supply Risk*), aplinkosauginės rizikos (EM_i – *Environmental Country Risk*) (Kliopova I., Knašytė M., 2011).

Ekonominės svarbos indikatorius (EI_i) nustatomas įvertinant žaliavos panaudojimą atskiruose ūkio sektoriuose ir pridėtinę vertę, kurią sukuria ūkio sektoriai, kuriuose žaliava naudojama.

Apsirūpinimo žaliava rizikos indikatorius (SR_i) apima 3 rodiklius: šalių žaliavos gamintojų gausumą ir stabilumą, žaliavos pakeičiamumo vertę ir žaliavos perdirbimo laipsnį. Apsirūpinimo tam tikra žaliava rizika gali paveikti ekonomiką tik tokiu atveju, jei ši žaliava negali būti pakeičiama kita žaliava (žaliavos pakeičiamumo vertė – 1) arba jos pakeitimas sukeltų sunkumų ar būtų brangus (žaliavos pakeičiamumo vertė – 0,7). Žaliavos perdirbimo laipsnis taip pat labai svarbus. Perdirbimo laipsnis išreiškia antrinės žaliavos naudojimą, gaminant tą pačią žaliavą.

Aplinkosauginės rizikos indikatorius (EM_i) reikšmė priklauso nuo žaliavos gamintojų šalių aplinkosaugos indikatorius, žaliavos pakeičiamumo ir žaliavos perdirbimo laipsnio (Kliopova I., Knašytė M., 2011).

Lietuvos Respublikos ūkio ministerijos užsakymu (2011) buvo atlikta „Lietuvos ūkio aprūpinimo svarbiausiomis žaliavomis esamos ir prognozuojamos ateityje situacijos ir šios situacijos poveikio Lietuvos konkurencingumui analizės studija“. Remiantis studijos duomenimis, pateikiamas Lietuvai svarbių žaliavų sąrašas, į kurį patenka tokie metalai: ketus, alavas, aliuminis, varis, juodieji metalai, švinas ir cinkas. Ketus ir alavas patenka į dešimtuką svarbiausiųjų. (žr. lentelę 2.2.2).

Indikatorių įvertinimas atliktas visoms studijoje nagrinėjamoms žaliavoms. Skaičiavimų patogumui „Microsoft Excel“ programoje sukurta Žaliavų duomenų bazė (Malinauskienė M., 2011-2015).

Duomenų basėje visi 3 indikatoriai perskaičiavimui į skalę nuo 0 iki 10. Gautojo bendrojo indikatorius vertė CRM_i (angl. *Critical raw materials*) gali būti nuo 0 iki 10:

$$CRM_i = (EI_i + SR_i + EM_i) / 3 \quad (2.1)$$

2.2.2 lentelė. Svarbiausių žaliavų Lietuvoje sąrašas

<i>Eil. nr.</i>	<i>Pavadinimas</i>	<i>Rezultatas CRM_i</i>
1	Žaliavinė nafta	8,46
2	Gamtinės dujos	8,03
3	Siera	4,98
4	Kaustinė soda	4,62
5	Ketus	3,51
6	Kalcinuotoji soda	2,78
7	Klijuotinė fanera	2,75
8	Alavas	2,73
9	Statybinis stiklas	2,17
10	Medvilnė	2,15
11	Aliuminis	2,09
12	Vinilo chlorido polimerai	2,09
13	Varis	2,02
14	Polistirenas ir stireno kopolimerai	1,84
15	Polipropilenas	1,81
16	Juodieji metalai	1,81
17	Natūralus kaučiukas	1,66
18	Švinas	1,62
19	Cinkas	1,57
20	Popierius ir kartonas	1,25
21	Polietilenas	1,21

Šaltinis: „Lietuvos ūkio aprūpinimo svarbiausiomis žaliavomis esamos ir prognozuojamos ateityje situacijos ir šios situacijos poveikio Lietuvos konkurencingumui analizės studija“ (Kliopova I., Knašytė M., 2011)

Metalų aplinkosauginės rizikos, ekonominės svarbos ir apsirūpinimo rizikos bendro įvertinimo rezultatai pateikiami 2.2.3 lentelėje.

2.2.3 lentelė. Bendras metalų įvertinimas

<i>Medžiaga</i>	<i>Ekonominė svarba</i>	<i>Apsirūpinimo rizika</i>	<i>Aplinkosauginė rizika</i>
Ketus	3,18	1,86	1,70
Aliuminis	4,75	0,39	0,35
Švinas	3,54	0,32	0,31
Alavas	3,35	1,31	1,07
Cinkas	2,70	0,48	0,48
Varis	3,45	0,81	0,52
Juodieji metalai	3,89	0,46	0,31

Šaltinis: Žaliavų studija. Kliopova I., Knašytė M., 2011

3. PIRMINIŲ ŽALIAVŲ TAUPYMO GALIMYBIŲ METALO MECHANINIO APDIRBIMO PROCESUOSE ĮVERTINIMUI NAUDOJAMI METODAI

Darbo objektas – pramonės įmonės, kuriuose atliekamas metalų mechaninis apdorojimas.

Detalesnė analizė, naudojant šiame skyriuje siūlomą sprendimų priėmimo mechanizmą, atliekama eksperimentui parinktoje įmonėje.

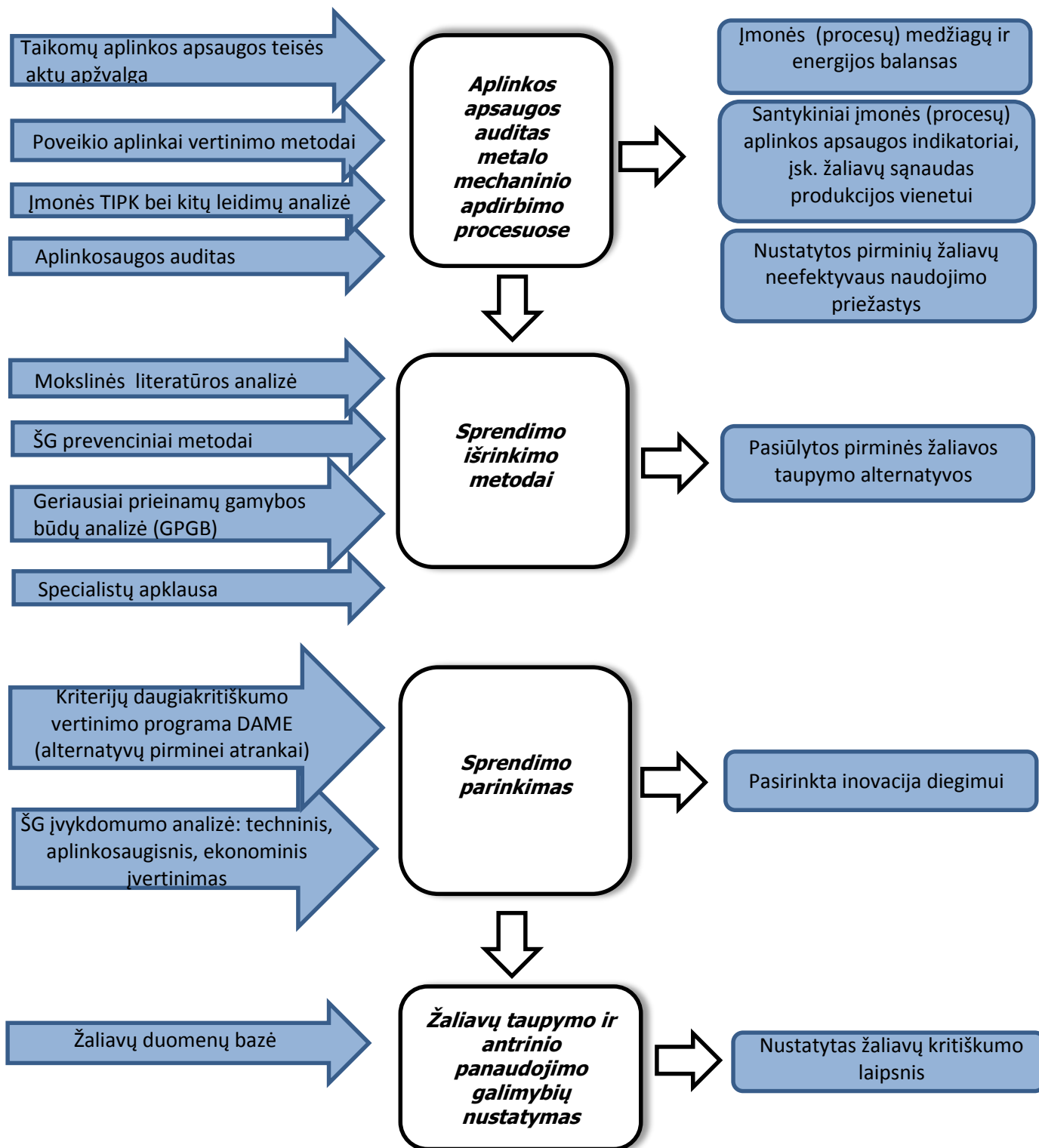
Darbo uždavinių pasiekimui siūlomas sprendimų priėmimo algoritmas, kuriame naudojami įvairūs aplinkosaugos metodai: aplinkosauginis auditas, medžiagų ir energijos balanso sudarymas, aplinkosaugos aspektų ir indikatorių vertinimas, ŠG koncepcijos įdiegimas pramonės įmonėse. Siūloma sprendimų priėmimui taikyti 2 metodus: visų pirmą – programinę DAM įrangą pirminei atrankai, vėliau atrinktų alternatyvų ŠG įvykdomumo analizę (žr. 3.1 pav.).

Metalo apdirbimo įmonėje vykdoma ūkinė veikla priskirtina TIPK 2-jo priedo įrenginiams. Remiantis įmonės pateikta TIPK paraiška ir leidimais, sudaromas medžiagų ir energijos balansas. Juo remiantis kokybiškai ir kiekybiškai yra vertinami masės ir energijos srautai gamybos procese. Sudaroma „įeinančių“ ir „išeinančių“ medžiagų diagrama bei energijos srautų balansas, t.y. „įėjimų“ ir „išėjimų“ reikšmės, nurodant jų vertę bei sunaudotą kiekį tam tikram kiekiui produkcijos pagaminti. Medžiagų ir energijos srautų balansas padeda nustatyti pagrindinius taršos šaltinius ir indentifikuoti pagrindines aplinkos apsaugos problemas įmonėje. Medžiagų ir energijos balanse galime matyti, kokie energetiniai kiekiai dalyvauja įmonės gamybiniame procese. Šie srautai lemia produkto gamybinius kaštus, toliau įtakojančius produkcijos kainą. Iš jų taip pat galime matyti reikalingų gamybinių poreikių kiekį. Balansas sudaromas išanalizavus per metus sunaudotų žaliavų, papildomų medžiagų, energijos kiekius, taip pat susidariusių atliekų kiekius.

Medžiagų ir energijos balansas naudojamas gamybos procesų masės ir energijos srautų kiekybiniam ir kokybiniam įvertinimui (*Staniškis, Kliopova, kt., 2010*).

Visos gamyklos medžiagų ir energijos balansas sudaromas vadovaujantis pagrindiniais procesų modelio formavimo principais. Sudarius medžiagų ir energijos balansus, nustatomi sunaudojami žaliavų ir energijos kiekiai, pagaminamos produkcijos kiekis.

Taip pat nustatomi aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI), kurie naudojami aplinkosauginiam veiksmingumui įvertinti ir informacijai pateikti sprendimams priimti tinkama forma. Indikatoriai padeda parodyti, kaip laikui bėgant keičiama aplinkos apsaugos būklė. Jie gali būti išreikšti tiek absoliutiniais, tiek santykiniais dydžiais (*Kliopova, 2002*).



3.1 pav. Pirminių žaliavų taupymo galimybių įvertinimų metalo mechaninio apdirbimo procesuose sprendimų priėmimo algoritmas

Nustatomi santykiniai aplinkosaugos indikatoriai (pvz., energijos sąnaudos produkcijos vienetui (MWh/m²), atliekų kiekis produkcijos vienetui (t/m²)) padeda įvertinti pagrindines metalo

apdirbimo aplinkosaugos problemas – neefektyvus energijos naudojimas, didelis atliekų susidarymo kiekis, išmetimai į aplinkos orą.

$$AAI = K(t) / G(t);$$

čia AAI – įrenginio aplinkos apsaugos indikatorius;

$K(t)$ – sunaudotos žaliavos, energijos, vandens, atliekų, taršos (su nuotekomis) kiekis per fiksuotą laikotarpį, pvz., t/m, m³/m, MWh/m.;

$G(t)$ – faktinis per fiksuotą laikotarpį pagaminamos produkcijos kiekis (m²/m).

Planuojant aplinkos apsaugos inovacijas, būtina įvertinti santykinius aplinkos apsaugos indikatorius, nes po inovacijos įdiegimo gali pasikeisti produkcijos apimtys, ir tai turės įtakos įrenginio įvedinių ir išvedinių srautams (*Staniškis, Kliopova, kt., 2010*).

Planuojamos inovacijos aplinkosauginio veiksmingumo rodiklis, pvz., AAV – skirtumas tarp aplinkos apsaugos indikatorių prieš inovacijos įdiegimą ir planuojamo ją įdiegus:

$$AAV = AAI_{prieš} - AAI_{po(planas)};$$

čia $AAI_{prieš}$ – aplinkos apsaugos indikatorius prieš aplinkos apsaugos inovacijos įdiegimą.

$AAI_{po(planas)}$ – planuojamas aplinkos apsaugos indikatorius, įdiegus inovaciją.

Pasirinktai inovacijai atliekama įvykdomumo analizė: techninis, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas, nustatomi aplinkosaugos indikatoriai po ŠG įdiegimo, įvertinamas planuojamas aplinkosauginis veiksmingumas.

Išanalizavus problemų susidarymo priežastį, ieškoma būdų, kaip pašalinti taršos susidarymo priežastis. Kiekvienai taršos susidarymo priežasčių gali būti taikomas skirtingas Švaresnės gamybos (ŠG) diegimo metodas (*Staniškis J., Stasiškienė Ž., Kliopova I. 2004*).

Švaresnės gamybos strategijoje numatyti prevenciniai būdai plačiau analizuojami 1.2 poskyriuje. Pirminių žaliavų mažinimui metalo mechaninio apdirbimo procesuose gali būti taikomi įrangos pakeitimo (esamos gamybos įrangos modifikavimas siekiant pagerinti proceso efektyvumą bei sumažinti taršą) ar technologų pakeitimo (technologijos, apdorojimo procesų pakeitimas ir (ar) šių pasiūlymų sintezė siekiant, gamybos procesų metu sumažėtų taršą) prevenciniai metodai.

Siūlomų sprendimų įvertinimui taikomas sprendimų analizės modelis. Tokių sistemų pagrindą sudaro matematiniai metodai, pateikiami programinėje aplinkoje. Sprendimų analizės modelis (Decision analysis module - DAM) tai – Tarptautinės atominės energijos agentūros (IAEA) laisvai platinamas programinis produktas. Šios programinės įrangos pagalba, galime atlikti daugiakriterinę sprendimų analizę. DAM pagrindinis principas – daugiakriterinėje analizėje nėra vienintelės

koncepcijos, atitinkančios optimalią alternatyvą, t.y. analizuojant visada pasirenkama socialinė, ekonominė ar aplinkos kryptis. Tačiau tai nereiškia, jog geriausia alternatyva, pasirinkus bet kurią kryptį negali sutapti (Marler, Arora, 2004).

DAM naudojamas suprastintas daugiakriterinės naudos teorijos metodas (MAUT - multiattribute utility theory), su tiesine naudos (tikslo) funkcija. DAM pagrindinis modelis apima:

- baigtinį sprendimo alternatyvų (variantų ar projektų) skaičių;
- baigtinį kriterijų, atitinkantį alternatyvas skaičių;
- reikšmių lentelę su visomis alternatyvomis ir visais kriterijais;
- kompromisus (trade-offs) tarp kriterijų.

Vertinami ekonominės svarbos, apsirūpinimo žaliava rizikos ir žaliavos perdirbimo laipsniai. Įvertinimo skaičiavimų patogumui „Microsoft Excel“ programoje sukurta Žaliavų duomenų bazė (Malinauskienė M., 2011-2015).

Ekonominės svarbos įvertinimo metodika. Ekonominė svarba (EI_i) nustatoma įvertinant žaliavos vertę galutiniame panaudojime ir pridėtinę vertę, kurią sukuria šalies ūkio sektorius, kuriame žaliava naudojama. EI_i apskaičiuojama svertinės kiekvieno sektoriaus sukuriamos pridėtinės vertės sumą padalijus iš bendrojo šalies vidaus produkto (Kliopova I., Knašytė M., 2011. Žaliavų tiekimo *ad hoc* darbo grupės 2010 m. birželio mėn. ataskaita „Svarbiausios žaliavos ES“) (3.1):

$$EI_i = \frac{1}{GDP} \sum_s A_{is} Q_s,$$

kur:

- A_{is} – medžiagos galutinio panaudojimo dalis ūkio sektoriuje s (ūkio sektorius – pagal Ekonominės veiklos rūšių klasifikatorių);
- Q_s – kiekvieno sektoriaus, kuris sunaudoja žaliavą i , ekonominė svarba, išreikšta jo sukuriama pridėtine verte (ūkio sektoriaus BPV), mln. Eur.;

GDP – šalies bendras vidaus produktas (BVP), mln. Eur.;

Apsirūpinimo žaliava rizikos vertinimo metodika. Žaliavos i tiekimo rizikos nustatymas susideda iš šių 3 elementų:

- a) gamintojų šalių stabilumo nustatymas (įtraukiamas tam tikrą žaliavą tiekiančių šalių gausumas);
- b) žaliavos pakeičiamumo laipsnis;
- c) žaliavos perdirbimo laipsnis.

a) Stabilumas ir žaliavą gaminančių šalių gausumas. Žaliavos gamintojų šalių stabilumas HHI_{WGI} nustatomas naudojant *Worldwide Governance Indicator (WGI_c)* šaliai c , iš kurios importuojama žaliava, kurį nustato Pasaulio Bankas (3.2):

$$HHI_{WGI} = \sum_c (S_{IC})^2 WGI_c,$$

kur:

WGI_c – Worldwide Governance Indicator (Pasaulio valdymo indikatorius) šaliai c pagal Pasaulio Banko informaciją (Worldwide Governance Indicators):

WGI_c reikšmės yra nuo -2,5 iki 2,5, kur didesnė reikšmė nurodo geresnį šalies valdymą. Šalies WGI_c apima šiuos indikatorius (The World Bank Group, 2014):

- *galimybės išreikšti nuomonę ir atsakomybės indeksas (voice and accountability index);*
- *politinio stabilumo reikšmė (political stability);*
- *valdžios efektyvumo indeksas (government effectivity);*
- *kokybės kontrolės (valdymo) indeksas (regulatory quality);*
- *teisinės valstybės indeksas (rule of law);*
- *korupcijos kontrolės indeksas (control of corruption).*

Gautos reikšmės perskaičiuojamos nuo 0 iki 10, kur didesnė vertė reiškia didesnę apsirūpinimo žaliava riziką (Kliopova I., Knašytė M., 2011. Žaliavų tiekimo *ad hoc* darbo grupės 2010 m. birželio mėn. ataskaita „Svarbiausios žaliavos ES“).

b) Pakeičiamumas. Apsirūpinimo tam tikra žaliava rizika gali paveikti ekonomiką tik tokiu atveju, jei ši žaliava negali būti pakeičiama kita žaliava arba jos pakeitimas sukeltų sunkumų ar būtų brangus. Todėl tikslinga atsižvelgti į žaliavos pakeičiamumo rodiklį.

Bendras žaliavos pakeičiamumas apskaičiuojamas kaip svertinis vidurkis galutinio panaudojimo sektoriuose (Kliopova I., Knašytė M., 2011. Žaliavų tiekimo *ad hoc* darbo grupės 2010 m. birželio mėn. ataskaita „Svarbiausios žaliavos ES“) (3.3):

$$\sigma_i = \sum_s A_{is} \sigma_{is},$$

kur:

- A_{is} – medžiagos galutinio panaudojimo dalis ūkio sektoriuje s (ūkio sektorius – pagal Ekonominės veiklos rūšių klasifikatorių);
- σ_{is} – žaliavos pakeičiamumo vertė:
 - 0,0 – lengvai pakeičiama be papildomų kaštų;
 - 0,3 – pakeičiama su nedideliais papildomais kaštais;
 - 0,7 – pakeičiama su dideliais kaštais ir / arba nukenčiant kokybei;
 - 1,0 – nepakeičiama.

c) Žaliavos perdirbimo laipsnis. Žaliavos perdirbimo laipsnis ρ_i išreiškia antrinės perdirbtos žaliavos naudojimą. Gamybos metu susidaranti žaliavos atliekos į šį skaičių neįtraukiamos, todėl perdirbimo laipsnis apibūdina tik žaliavą, gautą perdirbus galutinį produktą (Kliopova I., Knašytė M., 2011).

Apsirūpinimo žaliava indikatoriaus įvertinimas. Susiejus stabilumą ir žaliavą gaminančių šalių gausumą, pakeičiamumą ir perdirbimą apibūdinančius indikatorius gaunamas apsirūpinimo žaliava indikatorius SR_i (3.4):

$$SR_i = \sigma_i(1 - \rho_i)HHI_{WGI},$$

kur:

- σ_i – žaliavos pakeičiamumo vertė (nuo 1 iki 0), nustatoma pagal (3.3) formulę;
- HHI_{WGI} – žaliavos gamintojų šalių stabilumo vertė (0 iki 10), nustatoma pagal (3.2) formulę;
- ρ_i – žaliavos perdirbimo laipsnis, kuris apibūdina žaliavos poreikio dalį, kuri yra patenkinama, naudojant perdirbtą medžiagą; reikšmė išreikšta dalimis nuo 0 iki 1.

Apsirūpinimo žaliava indikatoriaus reikšmė nuo 1 iki 10, kur didesnė vertė reiškia, kad žaliava išgaunama (gaminama) „ne itin stabilioje“ valstybėje, yra sunkiau pakeičiama ir jos perdirbimo laipsnis yra mažesnis. Visų trijų dimensijų apibendrinimui (bendram žaliavos svarbumo įvertinimui) žaliavų apsirūpinimo rizikos indikatoriai yra perskaičiuojami į vertes nuo 0 iki 10, kur įvertinimas 10 lygus didžiausiam skaičiavimų metu gautam SR rezultatui (Kliopova I., Knašytė M., 2011. Žaliavų tiekimo *ad hoc* darbo grupės 2010 m. birželio mėn. ataskaita „Svarbiausios žaliavos ES“).

Žaliavų aplinkosauginės rizikos vertinimo metodika. Aplinkosauginės rizikos indikatorius EM_i apskaičiuojamas naudojant aplinkosaugos charakteristikos indeksą HHI_{EPI} (3.5):

$$EM_i = \sigma_i(1 - \rho_i)HHI_{EPI},$$

kur:

- σ_{is} – žaliavos pakeičiamumo vertė (nuo 1 iki 0), nustatoma pagal (3.3);
- ρ_i – žaliavos perdirbimo laipsnis, kuris apibūdina žaliavos poreikio dalį, kuri yra patenkinama, naudojant perdirbtą medžiagą; reikšmė išreikšta dalimis nuo 0 iki 1.
- HHI_{EPI} – žaliavos gamintojų šalių aplinkosaugos indikatorius, nustatomas pagal formulę (3.6):

$$HHI_{EPI} = \sum_c (S_{ic})^2 EPI_c$$

kur:

- S_{ic} , – šalies c pagaminama žaliavos i dalis, išreiškiama procentais;
- EPI_c – šalies aplinkosaugos veiksmingumo indeksas (Environmental Performance Index), kuris išreiškia apibendrintus duomenis apie valstybės aplinkos visuomenės sveikatos (vandens ir oro kokybę bei aplinkos kokybės poveikį žmonių sveikatai) ir ekosistemos gyvybingumą (miškingumą, žuvininkystę, žemės ūkį, klimato kaitą, oro užterštumą, vandens kokybę, bioįvairovę). Gautos reikšmės perskaičiuojamos nuo 0 iki 10, kur didesnė vertė reiškia didesnę aplinkosauginę riziką.

Visų trijų dimensijų apibendrinimui (bendram žaliavos svarbumo įvertinimui) žaliavų aplinkosauginės rizikos indikatoriai yra perskaičiuojami į vertes nuo 0 iki 10, kur įvertinimas 10 prilyginamas didžiausiam skaičiavimų metu gautam EM_i rezultatui (Kliopova I., Knašytė M., 2011. Žaliavų tiekimo *ad hoc* darbo grupės 2010 m. birželio mėn. ataskaita „Svarbiausios žaliavos ES“).

Visų trijų dimensijų apibendrinimas. Visi trys apskaičiuoti indikatoriai sujungiami, taip įvertinama žaliavos:

- ekonominė svarba (ekonominė dimensija);
- apsirūpinimo žaliava rizika (socialinė dimensija);
- aplinkosauginė rizika (aplinkosaugos dimensija).

Kadangi visi gautieji indikatoriai buvo perskaičiuoti nuo 0 iki 10, kur 10 – didžiausios rizikos žaliava, o visos 3 dimensijos turi vienodą svarbą, apskaičiuojamas žaliavų trijų indikatorių matematinis vidurkis. Gautojo bendrojo indikatorius vertė CRM_i (angl. *Critical raw materials*) gali būti nuo 0 iki 10 (Kliopova I., Knašytė M., 2011) (3.7):

$$CRM_i = (EI_i + SR_i + EM_i) / 3.$$

4. PIRMINIŲ ŽALIAVŲ TAUPYMO GALIMYBIŲ ANALIZĖ EKSPERIMENTUI PARINKTOJE ĮMONĖJE

4.1 Informacija apie eksperimentui parinktą objektą

Trečiame skyriuje pateiktas sprendimų priėmimo algoritmas buvo aprobuotas eksperimentui parinktoje metalo apdirbimo įmonėje. Gauti rezultatai naudojami apibendrintai analizei (žr. 5 skyrių). Šiuo metu tai viena didžiausių metalo apdirbimo bei metalo produkcijos gamybos įmonių Lietuvoje. Metalo apdirbimo ir gamybos iš metalo bendrovė, gaminanti laboratorines ir pramonines krosnis, žemės ūkio techniką, žemo slėgio kompresorius. Bendrovės pagrindinė gaminama produkcija: savaiminio veikimo vožtuvai ir žiedai įvairios paskirties oro ir dujų kompresoriams, krumpliaratinės orapūtės, centrinio šildymo kietojo kuro katilai, židiniai, suvirintos metalinės konstrukcijos įvairios paskirties baldams ir kitigaminiai iš metalo. Eksploatuojami – 102 veikiantys įrengimai.

Tik apie 10 proc. pagaminamos produkcijos tiekia ir parduoda Lietuvos rinkai, o didžiąją likusią produkcijos dalį (apie 90 proc.) eksportuoja verslo partneriams užsienio šalyse: Rusiją, Baltarusiją, Kazachstaną, Lenkiją, Vokietiją, Daniją, Ukrainą, Šveicariją, Suomiją. Bendrovė taip pat nuolatos vykdo verslo partnerių paiešką ir Lietuvoje.

Įmonėje dirba daugiau nei 300 kvalifikuotų darbuotojų. Kasmet įmonės pajėgumams didėjant, plečiamasi į vakarų Europos rinkas. Yra įdiegtos kokybės ISO 9001 ir aplinkos apsaugos vadybos sistemos ISO 14001.

Įmonėje veikia du pagrindinės gamybos cechai:

Pirmame ceche yra liejimo, vožtuvų gamybos, automatų, šildymo technikos, orapūčių ir dažymo linijos barai.

Liejimo baras. Bare metalas lydomas indukcinėse krosnyse (liejamos detalės šildymo technikos įrangai). Lydant ketų į aplinkos orą išsiskiria anglies monoksidas, azoto oksidai, kietos dalelės. Susidaro šios atliekos: ketaus šlakai, perdegusios žemės, dulkės iš ciklonų. Aliuminio liejiniai gaunami lydant luitinį siluminą, katodinių varį elektrinėse krosnelėse 740-760° C temperatūroje. Susidaro atliekos – aliuminio šlakas. Vykdamas šį technologinį procesą į aplinkos orą išsiskiria 4,291 t/m. įvairių junginių, tarp kurių yra anglies monoksidas, azoto oksidai, LOJ, aliuminio oksidas (TIPK, 2012).

Vožtuvų gamybos baras. Bare vykdomas žiedų apdirbimas: šlifavimas, tekinimas. Iš gautų liejinių gaminamos detalės žiedams, katilams, juostiniams ir žiediniams vožtuvams, orapūtėms. Po mechaninio paviršiaus apdirbimo tiesiasrovių vožtuvų detalės, žiedai plaunami karštame vandenyje

ir po to nusausinami suspaustu oru. Orapūčių detalės prieš dažymą plaunamos vaitspiritu. Į orą išsiskiria lakieji organiniai junginiai ir natrio hidroksidas, atliekos – panaudoti tirpikliai.

Orapūčių baras. Bare gaminamos orapūtės ir jų detalės, juostiniai ir žiediniai vožtuvai. Projektinis baro pajėgumas – 600 orapūčių, per paskutinius metus pagaminta 314 orapūčių. Bendrovėje esančiose dažylose vykdomas orapūčių dažymas. Detalės prieš dažymą plaunamos vaitspiritu. Į orą išsiskiria lakieji organiniai junginiai, geležies junginiai, ksilolas.

Automatų bare – vykdomas detalių paviršiaus padengimas apsaugojimui nuo korozijos. Detalės įkaitinamos iki tam tikros temperatūros, grūdinamos druskos tirpale bei alyvoje. Po mechaninio metalų paviršiaus apdirbimo vykdomas terminis apdirbimas – tai įkaitinimas, išlaikymas nustatytoje temperatūroje ir ataušinimas. Terminis apdirbimas vykdomas šiais būdais:

- 1) atkaitinimu (įkaitinama iki tam tikros temperatūros, išlaikoma ir lėtai aušinama);
- 2) normalizavimu (įkaitinama iki tam tikros temperatūros, išlaikoma ir aušinama ore);
- 3) grūdinimu (įkaitinama, išlaikoma ir greitai aušinama. Kaip grūdinimo terpės naudojama vanduo, druskų tirpalai, alyva);
- 4) atleidimu (įkaitinama, išlaikoma ir aušinama ore. Temperatūra nuo 150° C iki 700° C);
- 5) sendinimu (tai atleidimas nedaug įkaitinus – apie 500° C);
- 6) cementavimu (detalės be oro įkaitinamos iki 930-950° C, išlaikomos šioje temperatūroje ir lėtai aušinamos. Cementuojant kietame karbiurizatoriuje, jam sudegus lieka medžio anglies pelenai. Į orą išsiskiria kietos dalelės, LOJ, anglies monoksidas, geležies junginiai ir mangano junginiai.

Po tiesiasrovių vožtuvų detalių, tvirtinimo žiedų, kai kurių katilų detalių bei orapūčių komplektuojančių detalių apdirbimo vykdomas metalo paviršiaus galvaninis apdirbimas – oksidavimas.

Šildymo technikos bare iš gautų ruošinių suvirinami katilai. Vykdam šį technologinį procesą į aplinkos orą išsiskiria 2,187 t/m. įvairių junginių, tarp kurių yra anglies monoksidas, kietos dalelės, LOJ geležies junginiai, ksilolas, acetonas.

Bendrovėje esančiose **dažylose** vykdomas kieto kuro katilų, katilų-viryklių šilumokaičių, židinių bei orapūčių dažymas. Ant nudžiuvusio gaminių paviršiaus užpurškiami technologijoje numatyti dažai. Į orą išsiskiria tirpikliai. Nudažyti gaminiai džiovinami. Iš degiklio į orą išsiskiria anglies monoksidas, azoto oksidai kietosios dalelės ir sieros anhidridas, nes naudojamas skystas krosninis kuras. Beveik visos katilų detalės bei kiti gaminiai purškiami vandeniu, džiovinami ir purškiami milteliniais dažais.

Antrame ceche yra šampavimo, surinkimo-suvirinimo, lazerinio pjovimo ir lenkimo barai.

Štampavimo bare karpomi metalo lakštai – ruošiniai detalėms, iš kurių štampuojamos detalės metalinių baldų konstrukcijoms ir vožtuvams. Vykiant šį technologinį procesą į aplinkos orą išsiskiria 0,739 t/m. įvairių junginių, tarp kurių yra anglies monoksidas, azoto oksidai, kietos dalelės.

Surinkimo-suvirinimo bare metalinės baldų konstrukcijos ir židiniai - krosnelės suvirinami elektriniu, taškiniu ar pusiau automatiniu suvirinimo būdu, naudojant suvirinimo vielą apsauginėje CO₂ atmosferoje. Išsiskiria anglies monoksidai bei geležies junginiai.

Lenkimo baras. Mechaniniais ir hidrauliniiais presais vykdomas iškirtimas, lenkimas, tempimas, formavimas iš juostinių ar individualių ruošinių.

Lazerinio pjovimo baras. Ruošiniai produkcijos gamybai gaunami pjaustant metalą lazeriniu pjovimo įrenginiu.

Mechaninis metalų paviršiaus apdirbimas (tekinimas, grėžimas, frezavimas, šlifavimas) vykdomas metalo pjovimo staklėmis su programiniu valdymu. Šiomis staklėmis apdirbami beveik visų bendrovėje gaminamų detalių paviršiai. Mechaniškai apdirbant ruošinius naudojamas tepimo - aušinimo skystis. Susidaro atliekos – ketaus, plieno ir aliuminio drožlės. Metalo paviršiaus šlifavimo metu susidaro metalo ir abrazyvinių dulkių bei emulsijos mišinys.

Cinkuotos baldų metalinių konstrukcijų detalės, orapūčių komplektuojančios detalės pridudamos į detalių komplektavimo sandėlį, kuriame surenkamos į gaminius. Gaminiai pridudami į gatavų produktų sandėlį.

Vykdoma ir pagalbinė gamybos aptarnavimo veikla. Šia veikla užsiima įrangos baras. **Įrangos bare** gaminama technologinė įranga pagrindinei gamybai, pvz.: štampai, nestandartiniai gaminiai iš metalo.

Energomechaniniam skyriui priklausanti kompresorinė gamina suspaustą orą, kuris naudojamas gamybos reikmėms. Stalių dirbtuvėse gaminama tara produkcijos pakavimui.

Bendrovė eksploatuoja dvejus nuotėkų valymo įrenginius. Gamybinės nuotėkos iš galvaninio baro patenka į nuotėkų valymo stotį (neutralizatorių). Nuotėkų valymo stotyje koreguojamas pH dydis ir į dumblą nusodinami sunkieji metalai. (TIPK, 2012).

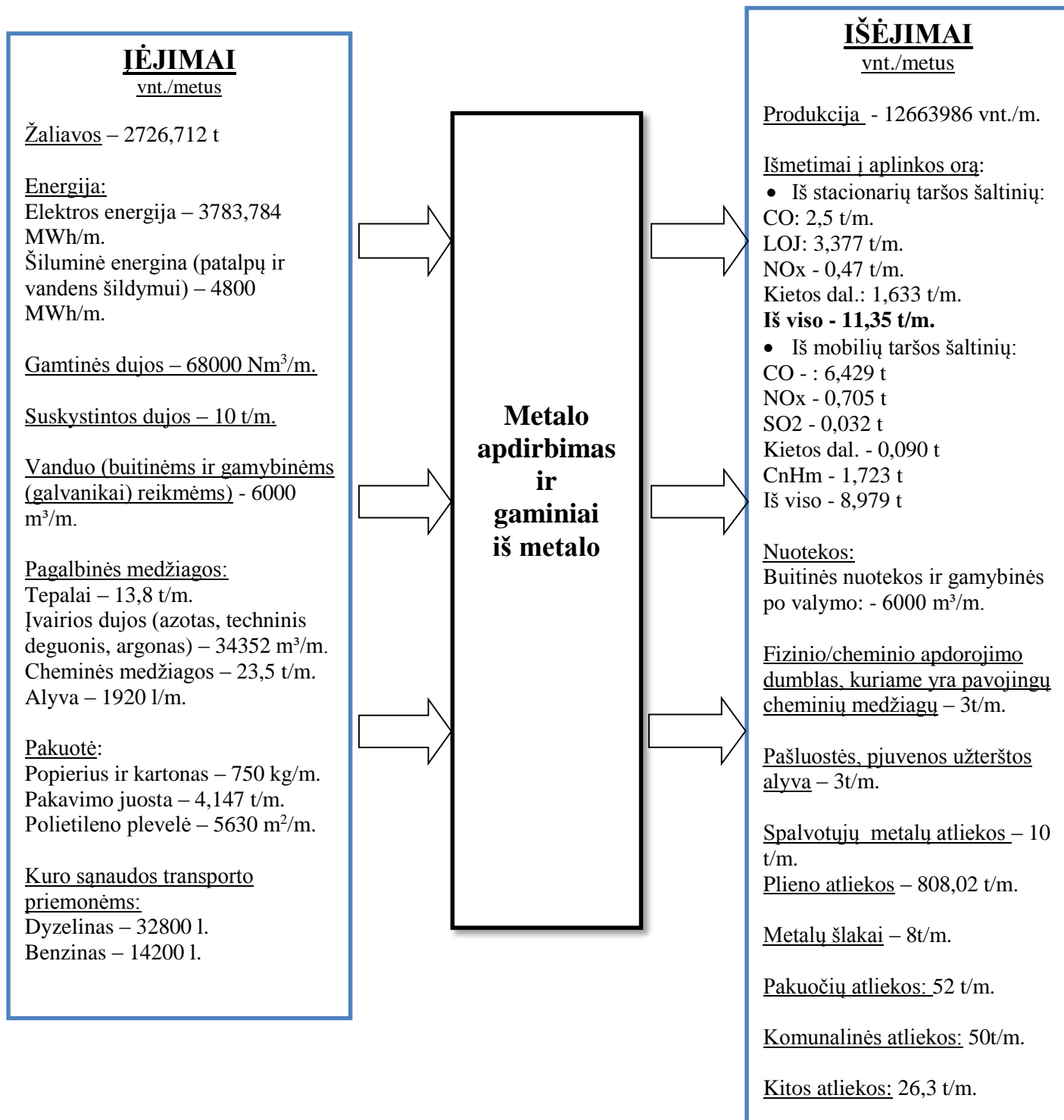
Bendrovėje pagamintos produkcijos pakavimui stalių dirbtuvėse gaminama medinė tara. Mediena apdirbama medžio apdirbimo, medžio pjovimo, vienpusėmis obliavimo staklėmis. Į aplinkos orą išsiskiria kietos dalelės (≈80% kietų dalelių sugaudo multiciklonas). Atliekos – pjuvenos, drožlės.

4.2 Įmonės medžiagų ir energijos balansas

Šioje dalyje pateikiamas įmonės medžiagų ir energijos balansas, kuriame vaizdžiai parodoma pagrindiniuose gamybos procesuose sunaudojamų žaliavų, papildomų medžiagų, energijos bei susidariusių atliekų balansas.

Kadangi įmonės veikla yra susijusi su metalų apdirbimu ir gamyba iš metalo, tai vienos iš pagrindinių žaliavų yra anglinis konstrukcinis plienas, aliuminis, nerūdijantis plienas ir kt. Elektros energija naudojama tiek gamyboje, tiek patalpų apšvietimui. Šiluminė energija naudojama patalpų ir vandens šildymui, gamyboje nenaudojama. Gamtinės dujos naudojamos dažymo procesuose, o visos likusios - suvirinime ir lazeriniame pjaustyme. Dalis vandens naudojama buitinėms reikmėms, o kita dalis - gamybinėms. Didžioji dalis vandens ir chemikalų sunaudoja galvanizacijos procesams (4.2.1 pav.).

Projektinis gamyklos pajėgumas yra 255900 gaminių iš metalo tonų per metus. Per metus gamykla pagamina daugiau negu 1,26 mln. vnt. produkcijos. Susidariusios gamybinės atliekos, tokios kaip juodieji ir spalvotieji metalai, yra parduodamos į metalų supirktuves. Gamybinės ir buitinės nuotekos yra išleidžiamos į miesto kanalizacijos tinklus. Visos susidariusios pavojingos atliekos, tame tarpe ir keičiamos dienos šviesos lempos, naudotas sorbentas, tepaluoti skudurai, pridodamos pavojingas atliekas tvarkančioms įmonėms pagal sudarytas sutartis įstatymų nustatytu periodiškumu: pavojingos atliekos – ne rečiau kaip per 6 mėnesius, nepavojingos atliekos – ne rečiau kaip kartą per metus, mišrios komunalinės – pagal sutartį.



4.2.1 pav. Įmonės medžiagų ir energijos srautų balansas

Ekperimentui parinktoje įmonėje sunaudojama apie 2727 tonų metalo žaliavos. Brokas ir gamybinės atliekos sudaro 818,02 t, tai yra 30 % nuo visų sunaudotų metalo žaliavų. Iš jų didžiąją dalį – net 808,02 t sudaro plieno atliekos. Dideli metalo atliekų kiekiai yra viena iš opiausių problemų įmonėje.

Pirmasis procesas metalo apdirbime, apdirbant metalo lakštus yra lakštų pjovimas, kurio metu prarandama net apie 37 % pirminio žaliavos svorio. Žaliavos pjovimo proceso metu į aplinką išsiskiria žmogaus sveikatai pavojingų junginių: geležies junginiai, azoto oksidai, anglies monoksidas. Skirtinguose gamybos baruose procesų metu išsiskiria daug skirtingų junginių, kurie apskaičiuoti pagal išlakų į aplinkos orą nuo mechaninio metalo apdirbimo vertinimui naudojama metodiką (žr. 4.2.1 lentelę) (Charkovas, 1997).

Visos susidarancios atliekos yra rūšiuojamos siekiant padidinti ir palengvinti antrinių atliekų panaudojimą įmonės viduje ir už įmonės ribų. Susidariusios atliekos skirstomos į kelias grupes: kartoną, polietileną, panaudotus tepalus, komunalines atliekas, metalą. Įmonė yra sudariusi sutartis su atliekų perdirbimo, rūšiavimo ir naikinimo įmonėmis ir visas sukauptas atliekas perduoda konkrečiai įmonei. Popieriaus ir kartono atliekos yra parduodamos perdirbimui privačiai įmonei. Pavojingas atliekas, kurios susidaro gamyboje, tai tepaluotos šluostės, alyva, filtrai, lempos, aušinimo skystis, išveža UAB „Žalvaris“. Metalo atliekas, priklausomai nuo metalo rūšies superka UAB "Kuusakoski", UAB "EMP recycling" bei UAB "Metransa".

Išnagrinėjus įmonės medžiagų ir energijos srautų balansą, matome, jog pagrindinė aplinkosaugos problema yra susidarancios metalo atliekos, kurių nuo pradinių žaliavų susidaro net 30%. Didžiausias susidarancių atliekų kiekis nuo pirminių metalo žaliavų pastebimas lazerinio pjovimo bare, todėl tolesnis dėmesys skiriamas būtent šiam barui bei jame vykstančių technologinių procesų nagrinėjimui bei daromo poveikio aplinkai analizei.

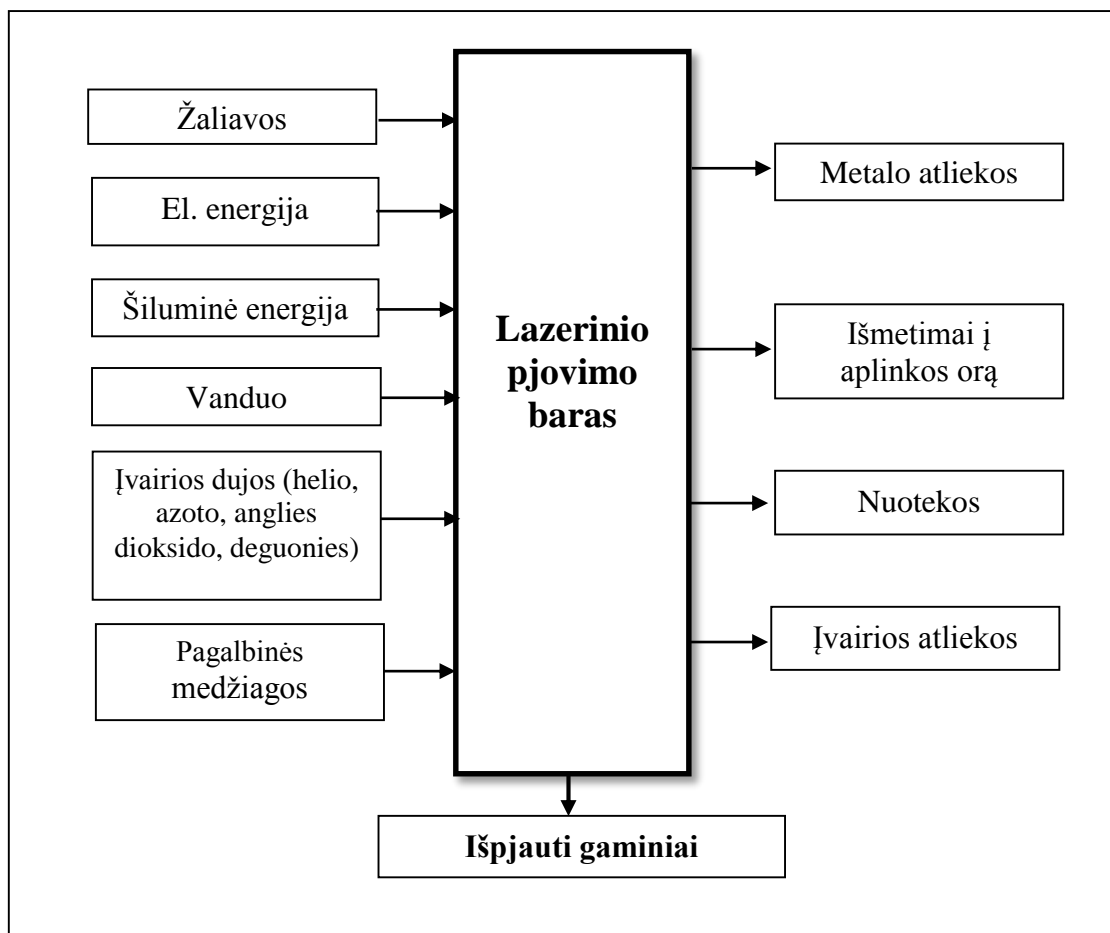
4.2.1 lentelė. Gamybos proceso metu į aplinkos orą išsiskiriantys junginiai skirtinguose baruose

	CO	NO _x	Kietos dalelės	LOJ	Aluminio oksidas	Geležies junginiai	ksilolas	butilacetatas	acetonas
Pirmas cechas									
Liejimo baras	1,897	1,68	0,628	0,083	0,003				
Šildymo technikos baras	0,117		0,026	0,248		0,061	1,316	0,266	0,153
Orapūčių baras			0,103	0,259		0,0005	0,009		
Automatų baras	0,394		0,088	0,141		0,00002			
Vožtuvų gamybos baras				1,754					
Antras cechas									
Štampavimo baras	0,072	0,59	0,077						
Lazerinio pjovimo baras	0,041	0,025				0,0005			
Surinkimo – suvirinimo baras	0,096					0,052			
Dažymo linijos baras			0,079						
Įrangos baras	0,020		0,085	0,814		0,058			
Gatavų produktų sandėlis			0,129	0,078					
Stalių dirbtuvės			0,437						

4.3 Lazerinio pjovimo baro medžiagų ir energijos balansas

Daugiau nei pusės (60%) įmonės gaminamos produkcijos gamyboje pirmasis etapas yra metalo lakštų pjovimas. Todėl lazerinio pjovimo baras įmonėje yra vienas iš strateginių objektų. Lazerio spindulio sudarymui naudojamos helio, azoto ir anglies dioksido dujos. Pjovimo proceso metu dar naudojamas deguonis. Pjovimo metu ant plieno ruošinių susidaro užvartos, kurios rankinio šlifavimo mašina yra pašalinamos. Vykdamas lazerinio pjovimo technologinį procesą į aplinkos orą išsiskiria anglies monoksidas, azoto oksidai, geležies junginiai, mangano oksidai. Geležies ir mangano junginiams sugaudyti įrengtas elektrostatinis filtras. Elektrostatinio filtro valymui naudojami milteliai Omycarb 5GU. Metalų lazerinio pjovimo metu susidaro atliekos – metalo laužas, miltelių Omycarb bei dulkių mišinys, lapeliniai šlifavimo diskai.

Šiluminė energija naudojama patalpų apšildymui, vanduo – pjovimo proceso metu apdirbamų žaliavų aušinimui.



4.3.1 pav. Lazerinio pjovimo baro medžiagų ir energijos srautų diagrama

Šiuo metu įmonėje veikia viena metalų lazerinio pjovimo linija. Naudojamas “Bystar 2512” įrenginys, kuris veikdamas 75% pajėgumu sunaudoja 19,4 MWh/m. Pjovimo mašinos parametrai aprašyti 4.3.1 lentelėje. Lazerinio pjovimo įrenginiu galima išpjauti norimos formos paviršius serijinėje gamyboje bei pagal individualius klientų užsakymus.

4.3.1 lentelė. Pjovimo mašinos “Bystar 2512“ parametrai

Max. veikimo galia	3 kW
El. energija	19,4 MWh/m.
Nenutrūkstančios darbo valandos	30000 h
Metalo lakštų ilgis	2500 mm
Metalo lakštų plotis	1250 mm

Remiantis įmonės medžiagų ir energijos balanso duomenis yra nustatomi aplinkos apsaugos indikatoriai (žr. 4.3.2 lentelę).

4.3.2 lentelė. Lazerinio pjovimo baro aplinkosaugos indikatorių įvertinimas

Eil. Nr.	Įvedinių ir išvedinių srautai Lazerinio pjovimo baro	Srautų kiekybinė išraiška	Aplinkosaugos indikatoriai
		Vnt./m.	AAI _{iki} Vnt./m ²
1.	<i>Įvediniai</i>		
1.1	Metalo plokštės	1636,03 t	$2,15 \cdot 10^{-4}$ t
1.2	Elektros energija	21 MWh/m.	$2,76 \cdot 10^{-6}$ MWh
1.3	Šiluminė energija	450 kWh	$5,92 \cdot 10^{-5}$ kWh
1.4	Vanduo	320 m ³	$4,21 \cdot 10^{-5}$ m ³
1.4	Įvairios dujos (helio, azoto, anglies dioksido, deguonies)	16260 m ³	$2,11 \cdot 10^{-3}$ m ³
2.	<i>Išvediniai</i>		
2.1	Metalo atliekos	605,17 t	$7,96 \cdot 10^{-5}$ t
2.2	Išmetimai į aplinkos orą	0,0665 t	$8,75 \cdot 10^{-9}$ t
2.3	Nuotekos	320 m ³	$4,21 \cdot 10^{-5}$ m ³

Aplinkos apsaugos indikatoriai skaičiuojami pagal 4.1 formulę. Santykiniai indikatoriai parodo reikiama energijos, vandens, žaliavų kiekį norint pagaminti produkcijos vienetą, taip pat susidariusių atliekų kiekį vienam pagamintam produkcijos vienetui.

$$AAI = K(t) / G(t); \quad (4.1)$$

čia AAI – įrenginio aplinkos apsaugos indikatorius;

$K(t)$ – sunaudotos žaliavos, papildomos medžiagos, energijos, vandens, susidariusių nuotekų, atliekų, taršos (su nuotekomis) kiekis per fiksuotą laikotarpį, pvz., t/m, m³/m, MWh/m.;

$G(t)$ – faktinis per fiksuotą laikotarpį pagaminamos produkcijos kiekis (m²/m).

Atlikus reikšmingų aplinkosauginių aspektų įvertinimą įmonėje, nustatyta problema – didelis metalo atliekų susidarymas, kurių pagrindinė susidarymo vieta - lazerinis pjovimo baras. Aplinkosaugos indikatorius reikšmė: $7,96 \cdot 10^{-5} \text{ t/m}^2$.

Tikslu sumažinti metalo žaliavų sąnaudas produkcijos vienetui siūlomos alternatyvos:

- 1) metalų lakštų pjovimas vandens srove;
- 2) metalų lakštų pjovimas automatizuotu lazeriniu įrenginiu;
- 3) metalų lakštų pjovimas plazminiu pjovimo įrenginiu;
- 4) metalų lakštų pjovimas dujiniu pjovimo įrenginiu;

Siuloma keisti esamą metalų lakštų pjovimo technologiją, audito metu nustatius, kad mechaninio apdirbimo procesas, kurio metu susidaro didžiausias metalo atliekų kiekis – metalo pjovimas lazeriu.

4.4. Sprendimų atranka

4.4.1. Pasiūlytų sprendimų lyginamoji analizė naudojant DAM

Sprendimų analizės (Decision analysis module - DAM) programos pagalba išrenkama optimaliausia alternatyva metalo lakštų pjovimui. Pradedant darbą reikia žinoti visas alternatyvas (variantus) iš kurių bus renkama. Taip pat ir šioms alternatyvas (variantams) skirtus kriterijus (įvertinamus tam tikroje skalėje, ar vienetais). Susisteminta informacija apie alternatyvas, bei jas apibūdinančius kriterijus, suvedama į programos langą, kuriame analizuojami alternatyvų pranašumai, viena kitos atžvilgiu. Šiame darbe pirmu variantu parinkti 5 kriterijai, turintys vienodus reikšmingumo koeficientus (20%) apibūdinantys metalo pjovimo įrenginių techninius parametrus bei pjovimo metu daromą poveikį aplinkai (šiuo atveju ekonominiai kriterijai nevertinami). Kitu atveju parenkamos trys atskiros grupės apibūdinančios techninius, aplinkosauginius ir ekonominius kriterijus, kurioms suteikiami vienodi 33% reikšmingumo koeficientai. Kiekvienas kriterijus, analizuojant, duoda tam tikrą poveikį, dėl kurio pjovimo įrenginys tampa pranašesnis vienas už kitą. Kriterijai bei jų reikšmingumo koeficientai pateikiami 4.4.1.1 lentelėje.

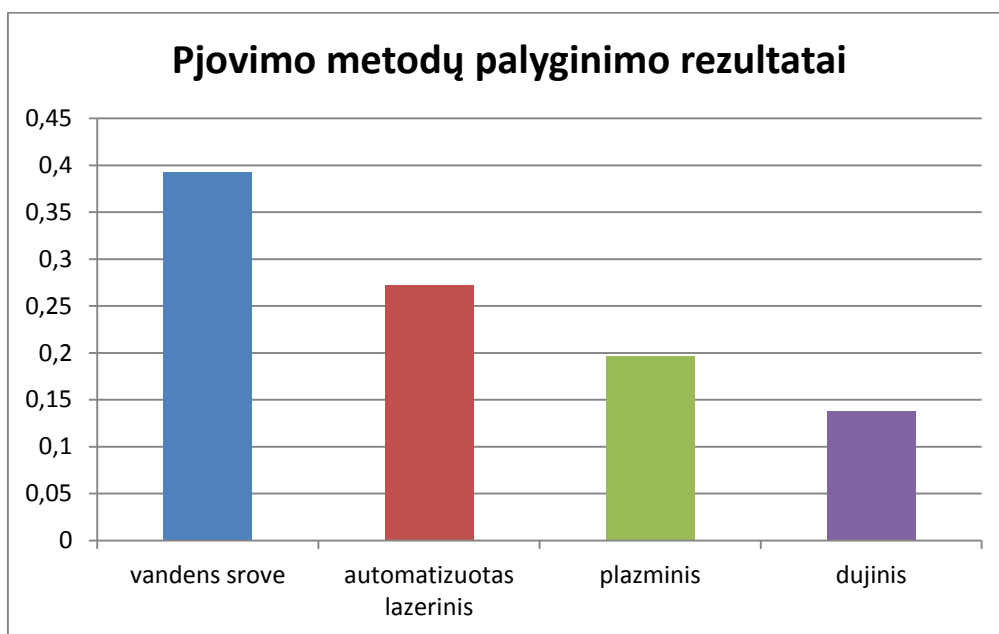
Visų kriterijų santykinės reikšmės perskaičiuojamos tokiu būdu, kad jų suma būtų lygi 1.

4.4.1.1 lentelė. Metalo pjovimo daugiareikšmiškumo kriterijai

Eil. nr.	Kriterijus	Aprašas	Įtakos reikšmingumo koeficientai % (100)	Įtakos reikšmingumo koeficientai % (100)
1.	Medžiagų storis	Prioritetai teikiami, tokiam pjovimo įrenginiui, kuris sugebėtų pjauti metalo lakštus platesniu intervalu (pvz: nuo 1mm iki 700 mm)	20	33,3
2.	Medžiagų įvairovė	Galimybė tuo pačiu įrenginiu pjauti skirtingų metalų plokštes. Pvz: nerūdijančio plieno, aliuminio, titano. Didesnė įvairovė suteikia pranašumą prieš kitus pjovimo būdus.	20	
3.	Pjovimo kokybė	Pjovimo kokybė apibūdinama tokiais kriterijais kaip: pjovimo tikslumas (minimalus ir maksimalus pjūvio storis), šlako susidarymas, papildomo apdirbimo būtinumas po pjovimo (pvz, užvartų šlifavimas).	20	
4.	Pjovimo greitis	Matuojamas pagal per minutę metalo lakšte išgautą pjūvio ilgį, pvz, 700mm/min.	20	
5.	Aplinkosauginiai kriterijai	<p>Metalo pjovimo proceso metu aplinkosaugai svarbūs kriterijai yra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pjovimui naudojamos dujos (azotas, helis, deguolis); • susidarantis metalo atliekų kiekis; • sunaudojamos el. energijos kiekis; 	20	33,3
6.	Ekonominiai kriterijai	Investicijos diegiant pasirinktą inovaciją	-	33,3

Atlikus daugiakritiškumo vertinimą, DAM programine įranga, esant penkiems kriterijams, kurių reikšmingumo koeficientai 20%, rezultatai parodė, jog tinkamiausias variantas atitinkantis keliamus kriterijus yra metalo pjovimas vandens srove. Rezultatas 0,392

(pav. 4.4.1.2). Sekantis tinkamiausias metodas – metalų pjovimas naudojant automatizuotą lazerį.

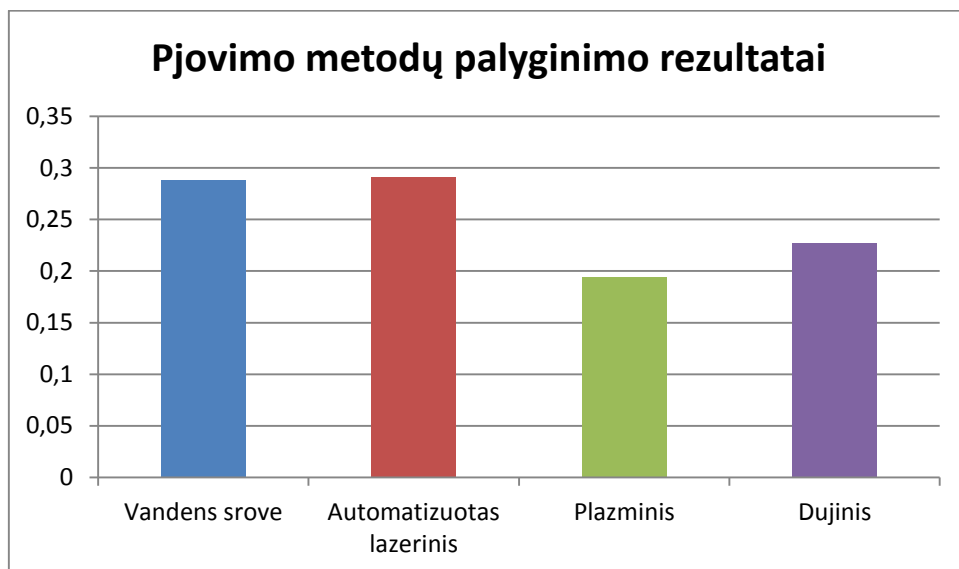


4.4.1.1 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai esant 5 kriterijams

CZn=	Rezultatas	Vieta
vandens srove	0,3927273	1
automatizuotas lazerinis	0,2727273	2
plazminis	0,1963636	3
dujinis	0,1381818	4

4.4.1.2 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai

Atlikus daugiakritiškumo vertinimą, esant techniniams aplinkosauginiams ir ekonominiams kriterijams, kurių reikšmingumo koeficientų svoriai yra vienodi, rezultatai parodė, jog tinkamiausias variantas atitinkantis keliamus kriterijus yra metalo pjovimas naudojant automatizuotą lazerinį metalo lakštų pjovimo įrenginį. Rezultatas 0,29 (pav. 4.4.1.4). Toks rezultatas gautas įtraukus ekonominį kriterijų, kuris metalų lakštų pjovimą naudojant vandens srovės metodą nustumia į žemesnę vietą nei naudojant automatizuotą lazerinį metalo lakštų pjovimo įrenginį, kadangi vandens srovės metodas reikalauja didelių finansinių investicijų.



4.4.1.3 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai esant 3 kriterijams

CZn=	Rezultatas	Vieta
Vandens srove	0,287878788	2
Automatizuotas lazerinis	0,290909091	1
Plazminis	0,193939394	4
Dujinis	0,227272727	3

4.4.1.4 Pav. Metalo lakšto pjovimo metodų palyginimo rezultatai (2)

Kadangi, gauti rezultatai rodo, jog plazminis ir dujų pjovimo metodai neatitinka kokybei keliamų techninių reikalavimų, toliau kaip alternatyvos, esamai metalo lakštų pjovimo technologijai, nagrinėjami du metodai - naudojant vandens srovę bei lazerio spindulį.

Techninės įmonės galimybės svarbus aspektas efektyvesniam aplinkosauginių projektų įgyvendinimui. Atnaujinti įmonės lazerinio pjovimo bare naudojamą metalo lakštų pjovimo įrenginį siūlomos dvi alternatyvos:

- automatizuotas lazerinis metalo lakštų pjovimo įrenginys;
- metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove technologija.

Taikomi ŠG prevenciniai metodai:

- procesų optimizavimas (automatizavimas);
- technologijų pakeitimas.

4.4.2. Automatizuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio įdiegimo įvykdymo analizė

Alternatyvos techninis įvertinimas

Planuojama, kad automatizuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio bendras mašininio apdorojimo laikas sutrumpėja 2,8 kartus, lyginant su esamu pjovimo įrenginiu įmonėje. Pjovimo procesui sudaudojama 2 kartus mažiau dujų.

Techninės įrenginio charakteristikos:

- Veikimo galia: 2-5 kW;
- Metalo lakštų ilgis: 2500 mm;
- Metalo lakštų plotis: 1250 mm;
- Pozicionavimo tikslumas: $\pm 0,1$ mm;
- Pjovimo greitis: 100 mm/min;
- Kompiuterizuotas pjovimo staklių valdymas tiksliai atlieka net ypatingai sudėtingo geometrijos pjūvį.

Įdiegus automatizuotą lazerinį metalo lakštų pjovimo įrenginį, ketinama įmonėje sutaupyti iki 15 proc. pirminės žaliavos, kadangi būtent šis procentas metalo atliekų atsiranda dėl neišvengiamų pjovimo operatorių daromų klaidų, kurių pasekmė - brokas toliau patenkantis į metalo laužą. Taip pat, sumažinama tolesnė tikimybė operatorių klaidoms, apdirbant išpjautus metalus, ant kurių susidaro didelės metalo užlaidos. Šiuo metu užlaidos šlifuojamos šlifavimo aparatais, kuomet naudojami abrazyviniai šlifavimo diskai. Šlifavimo diskų kainos gana didelės palyginus su nupjaunamu metalo ploto vienetu. To būtų išvengiama naudojant naują lazerinio pjovimo įrenginį, kada jis pjauna kokybiškiau su žymiai mažesnėmis užlaidomis.

Alternatyvos aplinkosauginis įvertinimas

Automazuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio modernizavimas leistų sumažinti daromą poveikį aplinkai šiose srityse:

- Sumažėtų el. energijos sąnaudos – 10 proc.;
- Sumažėtų metalo atliekų kiekis – 15 proc.;
- Sumažėtų sunaudojamų dujų kiekis – 53 proc.;
- Sumažėtų aušinimui naudojamo vandens sąnaudos – 12 proc.
- Sumažėja žaliavų sąnaudos produkcijos vienetui;

Automatizuoto lazerinio pjovimo aplinkosaugos įvertinimo rezultatas pateiktas 4.4.2.1 lentelėje.

Alternatyvos ekonominis įvertinimas

Alternatyvos ekonominis įvertinimas pateiktas 4.4.2.2 lentelėje. Investicijos į automatizuotą lazerinį metalų pjovimo įrenginį leistų sumažinti aplinkosaugos kaštus virš 29 tūkst. Eur/m. Bendrai per metus būtų sutaupoma apie 295932,1 tūkst. Eur.

Preliminatus investicijų įvertinimas:

- Automatizuotas lazerinis metalo lakštų pjovimo įrenginys – 31 2790 Eur;
- Darbuotojų mokymai – apie 290 Eur;
- Transportavimas, paruošiamieji ir montavimo darbai – apie 2900 Eur;
- Nenumatytos išlaidos – apie 1500 Eur.

Bendros ŠG investicijos – 317 480 Eur. Planuojamų diegtinų projektų atsipirkimo trukmės įvertinimas:

Atsipirkimo trukmė: investicijos/sutaupomi kaštai = $317\,480 / 295932,1 = 1,1$ metų.

Jeigu projekto atsipirkimo trukmė ne didesnė negu trys metai, laikoma, kad investicijų rizika nedidelė, todėl projektą diegti įmonėje verta.

4.4.2.1 lentelė. Automatizuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio aplinkosauginio įvertinimo rezultatai

Eil. Nr.	Įvedinių ir išvedinių srautai	Esama situacija		Įdiegus alternatyvą		Sutaupoma, sumažėja	
		Vnt./m.	¹ AAI iki Vnt./m ²	Vnt./m.	¹ AAI po Vnt./m ²	Vnt./m.	² AAV = AAI iki - AAI po, Vnt./m ²
1.	Įvediniai						
1.1	Metalo plokštės	1636,03 t	$2,15 \cdot 10^{-4}$ t	1390,78 t	$1,82 \cdot 10^{-4}$ t	245,41 t	$0,33 \cdot 10^{-4}$ t
1.2	Elektros energija	21 MWh	$2,76 \cdot 10^{-6}$ MWh	18,9 MWh	$2,48 \cdot 10^{-6}$ MWh	2,1 MWh	$0,28 \cdot 10^{-6}$ MWh
1.3	Šiluminė energija	450 kWh	$5,92 \cdot 10^{-5}$ kWh	450 kWh	$5,92 \cdot 10^{-5}$ kWh	-	-
1.4	Vanduo	320 m ³	$4,21 \cdot 10^{-5}$ m ³	281 m ³	$3,69 \cdot 10^{-5}$ m ³	39 m ³	$0,52 \cdot 10^{-5}$ m ³
1.5	Įvairios dujos (helio, azoto, anglies dioksido, deguonies)	16260 m ³	$2,11 \cdot 10^{-3}$ m ³	8130 m ³	$1,05 \cdot 10^{-3}$ m ³	8130 m ³	$1,05 \cdot 10^{-3}$ m ³
2.	Išvediniai						
2.1	Metalo atliekos	605,17 t	$7,96 \cdot 10^{-5}$ t	359,92 t	$4,74 \cdot 10^{-5}$ t	245,25 t	$3,22 \cdot 10^{-5}$ t
2.2	Išmetimai į aplinkos orą	0,0665 t	$8,75 \cdot 10^{-9}$ t	0,0436 t	$5,73 \cdot 10^{-9}$ t	0,0229 t	$3,02 \cdot 10^{-9}$ t
2.3	Nuotekos	320 m ³	$4,21 \cdot 10^{-5}$ m ³	281 m ³	$3,69 \cdot 10^{-5}$ m ³	39 m ³	$0,52 \cdot 10^{-5}$ m ³

Pastaba:

¹AAI – aplinkosaugos indikatorius;

²AAV – aplinkosaugos veiksmingumas;

per metus pjaunama 7598391 m² metalo.

4.4.2.2 lentelė. Automatizuoto lazerinio metalo lakštų pjovimo įrenginio ekonominio įvertinimo rezultatai

Eil. Nr.	Įvedinių ir išvedinių srautai	Esama situacija			Įdiegus alternatyvą			Sutaupoma, sumažėja		
		Vnt./m.	Eur/vnt.	Eur/m.	Vnt./m.	Eur/vnt.	Eur /m.	Vnt./m.	Eur/vnt.	Eur/m.
1.	Įvediniai									
1.1	Metalo plokštės	1636,03 t	6,1	765398,9	1390,78 t	6,1	650598,4	245,41 t	6,1	114800,5
1.2	Elektros energija	21 MWh	121,6	2554,4	18,9 MWh/m.	121,6	2299	2,1 MWh/m.	121,6	254,6
1.3	Šiluminė energija	0,450 MWh	60,5	27,2	0,450 MWh	60,5	27,24	-	60,5	-
1.4	Vanduo	320 m ³	0,81	259,5	281 m ³	0,81	227,9	39 m ³	0,81	31,6
1.5	Įvairios dujos (helio, azoto, anglies dioksido, deguonies)	16260 m ³ /m.	*14,5-43,5	470922,2	8130 m ³ /m	14,5-43,5	235461,1	8130 m ³ /m	14,5-43,5	235461,1
2	Išvediniai									
2.1	Metalo atliekos	605,17 t	0,23	140215,5	359,92 t	0,23	82781,6	245,25 t	0,23	-57433,9
2.2	Išmetimai į aplinkos orą	0,0665 t	-	-	0,0436 t	-	-	0,0229 t	-	-
2.3	Nuotekos	320 m ³	1,2	384,6	281 m ³	1,2	337,7	39 m ³	1,2	46,9
3.	Darbuotojų poreikis	1 etatas	463,4	5560,7	0,5 etato	231,7	2780,3	0,5 etato	231,7	2780,3
Viso										295932,1 Eur

Pastaba:

¹AAI – aplinkosaugos indikatorius;

²AAV – aplinkosaugos veiksmingumas; per metus pjaunama 7598391 m² metalo.

* skaičiuojama vidutinė kaina

4.4.3 Metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove technologijos įdiegimo įvykdomumo analizė

Alternatyvos techninis įvertinimas

Šis metodas tikslus, nepalieka šlakų, nesukelia terminės deformacijos, neužgrūdina metalo.

Techninės įrenginio charakteristikos:

- Metalo lakštų ilgis: 2500 mm;
- Metalo lakštų plotis: 1250 mm;
- Pozicionavimo tikslumas : $\pm 0,1$ mm;
- Minimalus pjūvio storis 0,762 mm;
- Nėra karščio paveiktos zonos pjovimo vietoje;
- Pjūvio siaurumas ir tikslumas leidžia maksimaliai išnaudoti žaliavą;
- Išlieka nepakitusi pjaunamos medžiagos struktūra;
- Pjovimo procese nėra dulkių ir dūmų;

Pjovimo vandens srove tikslumas gali būti net didesnis už pjovimo lazeriu tikslumą, kadangi gaunami lygesni kraštai ir mažesni iškraipymai dėl šilumos. Be to, vandens srove galima pjauti įvairesnių storių lakštus lyginant su lazeriniu. Pjovimo vandens srove trūkumas – aukšta kaina, kadangi sistemai reikalingas brangiai kainuojantis aukšto slėgio siurblys ir pjovimo galvutė sukurianti 413680 kPa slėgį. Svarbiausia yra tai, kad pjovimo sistemos vandens srove darbo kaina per valandą yra daug didesnė lyginant su kitais pjovimo būdais. Įdiegus metalo lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginį ketinama įmonėje sutaupyti iki 20 proc. pirminės žaliavos, dėl pjovimo operatorių daromų klaidų prevencijos, taip pat remiantis aukšta išpjautų gaminių kokybe, kuri sumažina tolimesnį išpjautų gaminių mechaninį apdirbimą.

Alternatyvos aplinkosauginis įvertinimas

Pjovimas aukšto slėgio vandens srove yra švarus, jo metu nesukuriama dulkių, drožlių, skeveldrų ar cheminio oro teršimo. Taip pat nėra naudojami jokie pjovimo tepalai ar emulsijos: tik paprastas vanduo ir elektros energija. Pjovimo vandens srove privalumas – gaminių kokybė. Beveik visiškai išvengiama gamybinio broko, taip mažinamos pirminių metalo žaliavų

sąnaudos, tuo pat metu metalo atliekų susidarymas. Naudojant šią pjovimo technologiją sumažėtų daromas poveikis aplinkai šiose srityse:

- Sumažėtų sunaudojamų dujų kiekis – 100 proc.;
- Sumažėtų metalo atliekų kiekis – 20 proc.;
- Eliminuojami gamybos proceso metu į aplinkos orą išsiskiriantys junginiai - 100 proc.
- Sumažėja žaliavų sąnaudos produkcijos vienetui;

Pjovimo vandens srove aplinkosaugos įvertinimo rezultatas pateiktas 4.4.3.1 lentelėje.

Alternatyvos ekonominis įvertinimas

Planuojama, jog investicijos į metalo pjovimo technologiją naudojant vandens srovę leistų sumažinti aplinkosaugos kaštus 548680,1 tūkst. Eur/m. Alternatyvos ekonominis įvertinimas pateiktas 4.4.3.2 lentelėje.

Preliminatus investicijų įvertinimas:

- **Metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginys** – 340 000 Eur;
- Darbuotojų mokymai – apie 290 Eur;
- Transportavimas, paruošiamieji ir montavimo darbai – apie 2900 Eur;
- Nenumatytos išlaidos – apie 1500 Eur.

Bendros ŠG investicijos – 344 690 Eur. Planuojamų diegtinų projektų atsipirkimo trukmės įvertinimas:

Atsipirkimo trukmė: investicijos/sutaupomi kaštai = $344\ 690 / 548680,1 = 0,63$ metų.

4.4.3.1 lentelė. Metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginio aplinkosauginio įvertinimo rezultatai

Eil. Nr.	Įvedinių ir išvedinių srautai	Esama situacija		Įdiegus alternatyvą		Sutaupoma, sumažėja	
		Vnt./m.	¹ AAI iki Vnt./m ²	Vnt./m.	¹ AAI po Vnt./m ²	Vnt./m.	² AAV = AAI iki - AAI po, Vnt./m ²
1.	Įvediniai						
1.1	Metalo plokštės	1636,03 t	$2,15 \cdot 10^{-4}$ t	1308,83 t	$1,72 \cdot 10^{-4}$ t	327,2 t	$0,43 \cdot 10^{-4}$ t
1.2	Elektros energija	21 MWh	$2,76 \cdot 10^{-6}$ MWh	45 MWh	$5,92 \cdot 10^{-6}$ MWh	-24 MWh	$-3,16 \cdot 10^{-6}$ MWh
1.3	Šiluminė energija	450 kWh	$5,92 \cdot 10^{-5}$ kWh	450 kWh	$5,92 \cdot 10^{-5}$ kWh	-	-
1.4	Vanduo	320 m ³	$4,21 \cdot 10^{-5}$ m ³	295 m ³	$3,88 \cdot 10^{-5}$ m ³	25 m ³	$0,33 \cdot 10^{-5}$ m ³
1.5	Įvairios dujos (helio, azoto, anglies dioksido, deguonies)	16260 m ³	$2,11 \cdot 10^{-3}$ m ³	0	0	16260 m ³	$2,11 \cdot 10^{-3}$ m ³
2.	Išvediniai						
2.1	Metalo atliekos	605,17 t	$7,96 \cdot 10^{-5}$ t	278,12 t	$3,66 \cdot 10^{-5}$ t	327,05t	$4,30 \cdot 10^{-5}$ t
2.2	Išmetimai į aplinkos orą	0,0665 t	$8,75 \cdot 10^{-9}$ t	0	0	0,0665 t	$8,75 \cdot 10^{-9}$ t
2.3	Nuotekos	320 m ³	$4,21 \cdot 10^{-5}$ m ³	295 m ³	$3,88 \cdot 10^{-5}$ m ³	25 m ³	$0,33 \cdot 10^{-5}$ m ³

Pastaba:

¹AAI – aplinkosaugos indikatorius;

²AAV – aplinkosaugos veiksmingumas;

per metus pjaunama 7598391 m² metalo.

4.4.3.2 lentelė. Metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginio ekonominio įvertinimo rezultatai

Eil. Nr.	Įvedinių ir išvedinių srautai	Esama situacija			Įdiegus alternatyvą			Sutaupoma, sumažėja		
		Vnt./m.	Lt/vnt.	Lt/m.	Vnt./m.	Lt/vnt.	Lt/m.	Vnt./m.	Lt/vnt.	Lt/m.
1.	Įvediniai									
1.1	Metalo plokštės	1636,03 t	6,1	765398,9	1308,83 t	6,1	612333,1	327,2 t	6,1	153065,8
1.2	Elektros energija	21 MWh	121,6	2554,4	45 MWh	121,6	5472	-24 MWh	121,6	-2917,6
1.3	Šiluminė energija	0,450 MWh	60,5	27,2	0,450 MWh	60,5	27,2	-	60,5	-
1.4	Vanduo	320 m ³	0,81	259,5	295 m ³	0,81	239	25 m ³	0,81	20,3
1.5	Įvairios dujos (helio, azoto, anglies dioksido, deguonies)	16260 m ³	*14,5-43,5	470922,2	0	*14,5-43,5	-	16260 m ³	*14,5-43,5	470922,2
2										
2.1	Metalo atliekos	605,17 t	0,23	139189,1	278,12 t	0,23	63967,6	327,05 t	0,23	-75221,5
2.2	Išmetimai į aplinkos orą	0,0665 t	-	-	0	-	-	0,0665 t	-	-
2.3	Nuotekos	320 m ³	1,2	384,6	295 m ³	1,2	354	25 m ³	1,2	30,6
3.	Darbuotojų poreikis	1 etatas	463,4	5560,7	0,5 etato	231,7	2780,3	0,5 etato	231,7	2780,3
Viso										548680,1 Eur

Pastaba:

¹AAI – aplinkosaugos indikatorius;

²AAV – aplinkosaugos veiksmingumas;
per metus pjaunama 7598391 m² metalo.

* skaičiuojama vidutinė kaina

Atlikus lazerinio pjovimo bare naudojamo metalo lakštų pjovimo įrenginio pakeitimui siūlomų alternatyvų techninį, aplinkosauginį bei ekonominį įvertinimus, siūloma metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove technologija. Kadangi abi galimos alternatyvos yra techniškai įgyvendinamos bei jų atsipirkimo trukmė skiriasi tik 0,5 metų, kaip svarbiausias kriterijus vertinamas pirminių žaliavų sutaupymas. Įdiegus automatizuotą lazerinį metalo lakštų pjovimo įrenginį būtų galima sutaupyti iki 15 proc. pirminių metalo žaliavų, įdiegus metalo lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginį – 20 proc. pirminių metalo žaliavų.

4.5 ŠG prevencinių metodų diegimo metalo mechaninio apdirbimo procesuose įtaka metalo žaliavų kritiškumui

Atlikus siūlomų alternatyvų diegimo įmonėje įvykdomumo analizės, apskaičiuojami sutaupomų žaliavų kiekiai (4.4.3.1 lentelė). Išanalizuotos sutaupomų žaliavų antrinio panaudojimo galimybės (European Round Table of Industrialists, 2013; Di Lorenzo R., 2011; et.al.).

4.5.1 lentelė. Įmonėje sunaudojamos metalų žaliavos

Žaliavos	Sąnaudos per metus (t/m.)	Sutaupoma po alternatyvų įgyvendinimo (t/m.)		Žaliavos perdirbimo laipsnio įvertinimas (ρi)
		Automatizuotas lazerinis metalo pjovimo įrenginys (iki 15%)	Metalų pjovimo aukšto slėgio vandens srove įrenginys (iki 20%)	
Juodieji metalai	2450	367,5	490	95-99%
Aliuminis	20	3	4	95-99%
Ketus	15	2,25	3	95-99%

Plieną galima daugybę kartų perdirbti neprarandant pagrindinių savybių, kaip stiprumas, tįsumas ar formavimas. Tai vienas iš nedaugelio feromagnetinių metalų, kurių paprasta atskirti nuo kitų, todėl jį lengva perdirbti. Tona perdirbimui panaudoto švaraus plieno laužo gali pakeisti daugiau kaip 1 200 kg geležies rūdos ir 7 kg anglies. Gaminant plieną iš plieno laužo, o ne iš geležies rūdos energijos suvartojimas sumažinamas maždaug 75 proc. ir sutaupoma maždaug 90 proc. žaliavų. Atsižvelgiant į Europos energijos ir žaliavų mažomis kainomis įsigijimo problemas, dėl ekonominių priežasčių akivaizdžiai naudinga kuo daugiau plieno pagaminti iš plieno laužo. Svarbios ir su aplinka susijusios paskatos: gaminant iš metalo laužo gerokai sumažėja oro tarša (maždaug 86 proc.), vandens sunaudojimas (40 proc.), vandens tarša (76 proc.) ir kasybos atliekos (97 proc.).

Maždaug 40 proc. ES plieno pagaminama lankinėse elektrinėse krosnyse, kuriose plieną galima gaminti iš 100 proc. perdirbto metalo laužo. Nors tokiam gamybos būdai reikia daug energijos, tai, kad kaip pradinė žaliava naudojamas metalo laužas, daro jį efektyviu išteklių naudojimo būdu.

Aliuminį galima perdirbti ir panaudoti naujuose gaminiuose neribotai, metalo savybės ir kokybė išlieka tokios pat. Be to, perlydymo procese prarandama tik keletas procentų aliuminio. Perdirbimo procese sunaudojama energija sudaro 5 proc. visos energijos, reikalingos pirminio metalo gamybai. Pastaruoju metu perdirbtas (antrinis) aliuminis sudaro apie 25% viso sunaudojamo aliuminio pasaulyje.

Darbe įvertintų žaliavų taupymo ir perdirbimo rodikliai dar kartą naudojami Žaliavų duomenų bazėje (Malinauskienė M., 2011-2015), rezultatus pritaikius visų nagrinėjamų ūkio sektorių lygmenyje, atitinkamai padidės šiose ūkio sektoriuose sukurta pridėtinė vertė (4.5.2 lentelė).

4.5.2 lentelė. Metalų žaliavų sąnaudos po ŠG įdiegimo pagal ūkio sektorius.

Ūkio sektorius	Juodieji metalai, tūkst. t/m.		Aliuminis, tūkst. t/m.		Kietus, tūkst. t/m.	
	Iki ŠG	Po ŠG	Iki ŠG	po ŠG	Iki ŠG	Po ŠG
Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyba	19,8	16,83	0,09	0,08	0,047	0,040
Metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius gamyba	102,2	86,87	0,21	0,18	0,017	0,015
Elektros įrangos gamyba	7,4	6,29	0,13	0,11		
Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių gamyba	5,04	4,28				
Kitų transporto ir įrangos gamyba	56,04	47,63				
Mašinų ir įrangos remontas ir įrengimas	6,62	5,63	0,35	0,30	0,069	0,060
Viso analizuojamuose ūkio sektoriuose	197,1	167,54	0,78	0,67	0,133	0,115
Proc. nuo žaliavos sąnaudų Lietuvoje	59,8	50,8	9,1	7,7	95,7	82,7

Metalo žaliavų mechaninio apdirbimo įmonėse iš viso sutaupoma: juodųjų metalų – iki 29,56 tūkst. t/m. (9 proc. nuo sąnaudų Lietuvoje), aliuminio – 0,11 tūkst. t/m. (1,4 proc. nuo bendrų sąnaudų), ketaus – 0,018 tūkst. t/m. (13 proc. nuo sąnaudų Lietuvoje).

Išanalizavus Žaliavų duomenų bazės rezultatus įvertinti indikatoriai nagrinėjamos metalo žaliavoms (Ekonominės svarbos indikatorius (Eli); Apsirūpinimo žaliava indikatorius (SRi); Aplinkosauginės rizikos indikatorius (EMi)) ir įvertinti pakeitimai Lietuvai svarbiausių žaliavų sąrašė. Matome, kad Jei Lietuvoje padidėtų darbe įvertintų metalų perdirbimo laipsnis iki 95 proc ir daugiau, juodųjų metalų bendras žaliavos rizikos koeficientas sumažėtų 15 proc. Aliuminiui bendras žaliavos rizikos koeficientas sumažėtų 22 proc., ketui bendras žaliavos rizikos koeficientas sumažėtų 12 proc. (4.5.3 lentelė).

4.5.3 lentelė. Bendro ekonominės svarbos apsirūpinimo rizikos ir aplinkosauginės rizikos indikatorius (CRM_i) pasikeitimo įvertinimas

<i>Eil. nr.</i>	<i>Pavadinimas</i>	<i>Rezultatas CRM_i</i>	<i>Eil. nr.</i>	<i>Pavadinimas</i>	<i>Rezultatas CRM_i</i>
5	Ketus	3,51	7	Alavas	2,73
8	Alavas	2,73	11	Varis	2,02
11	Aliuminis	2,09	16	Aliuminis	1,63
13	Varis	2,02	17	Švinas	1,62
16	Juodieji metalai	1,81	18	Cinkas	1,57
18	Švinas	1,62	19	Ketus	1,43
19	Cinkas	1,57	20	Juodieji metalai	1,33

4.5.4 lentelė. Žaliavų apsirūpinimo ir aplinkosauginės rizikos pasikeitimo įvertinimas

<i>Medžiaga</i>	<i>Apsirūpinimo rizika prieš</i>	<i>Apsirūpinimo rizika po</i>	<i>Aplinkosauginė rizika prieš</i>	<i>Aplinkosauginė rizika po</i>
Ketus	1,86	0,23	1,70	0,17
Aliuminis	0,39	0,03	0,35	0,03
Juodieji metalai	0,46	0,03	0,31	0,02

Šie rezultatai galimi įgyvendinant ŠG metodų taikymą bei perdirbtos žaliavos panaudojimo didinimą. Tam, kad sumažėtų Lietuvos priklausomybė nuo trečiųjų šalių žaliavų atžvilgių, reikėtų maksimaliai perdirbti metalo žaliavas Lietuvoje, o ne eksportuoti metalo laužą atgal į trečiąsias šalis. Šiuo metu Lietuvoje panaudojamas labai nedidelis procentas surinkto metalo laužo, pvz, juodųjų metalų metalo laužo panaudojama apie 5 proc.

IŠVADOS

1. Atlikus Lietuvos statistinės ir mokslinės literatūros duomenų analizę metalo gaminių gamybos sektoriuje, nustatyta:

2013 metais metalo gaminių gamybos sektoriuje veikiančios įmonės sudaro daugiau nei pusę visų apdirbamojoje pramonėje veikiančių įmonių (67 proc.). Apdirbamosios pramonės šakų, kuriose atliekamas metalų mechaninis apdirbimas sukurta pridėtinė vertė apie 1,4 mln. eur., tai sudarė 4,3 proc. Lietuvos ūkio sektoriuje sukurtos pridėtinės vertės, kuri nuo 2010 metų išaugo 25 procentais. 2013 m. metalo gaminių gamybos sektoriuje sukurtos produkcijos eksportuota daugiau nei 54 proc.

Metalo mechaninio apdirbimo procesų reikšmingi aplinkosauginiai aspektai - metalo atliekos, poveikis aplinkos orui, energijos sąnaudos.

2. Išanalizuota Lietuvai svarbių žaliavų sąrašė esančių metalų reikšmė Lietuvos ūkiui. Į Lietuvai svarbių žaliavų sąrašą patenka ketus, alavas, aliuminis, varis, juodieji metalai, švinas ir cinkas. Du iš jų - ketus ir avalas – kritiniai, kadangi patenka į svarbiausiųjų dešimtuką.

3. Darbe pasiūlytas metalo gaminių gamybos pirminių žaliavų taupymo galimybių įvertinimo algoritmas. Sprendimų priėmimui naudojami metodai: ŠG įvykdymo analizė; programinė įranga DAM, nuolat atnaujinama Žaliavų duomenų bazė.

4. Tyrimui parinktoje įmonėje aplinkosaugos audito metu nustatyta pagrindinė aplinkosauginė problema - neracionalus metalo žaliavų naudojimas; metalo atliekų kiekis – 0,3 t/t žaliavos. Iki 74 proc. metalo atliekų susidaro metalo pjovimo metu, naudojant lazerinę technologiją.

5. Siekiant sumažinti metalo atliekų kiekį, metalo apdirbimui sunaudojamų dujų kiekį, poveikį aplinkos orui, buvo pasiūlytos alternatyvos esamai pjovimo technologijai: taikant procesų optimizavimo ŠG metodą - įdiegti automatizuotą lazerinį metalo lakštų pjovimo įrenginį; taikant technologijų pakeitimo ŠG metodą - metalų lakštų pjovimo aukšto slėgio vandens srove technologiją.

5.1 Įdiegus **procesų optimizavimo** ŠG inovaciją, pirminių žaliavų sunaudojimas sumažėtų iki 15 proc., el. energijos sąnaudos – 10 proc., metalo pjovimo procese sunaudojamų dujų kiekis – 53 proc., bendrai per metus būtų sutaupoma apie 300 tūkst. eur., inovacijos investicijų atsipirkimo trukmė – apie 1,1 metų.

5.2 Įdiegus **technologijų pakeitimo** inovaciją, pirminių žaliavų sunaudojimas sumažėtų iki 20 proc., metalo pjovimo procese sunaudojamų dujų kiekis – 100 proc., kadangi dujos

vandens pjovimo procese nenaudojamos, bendrai per metus būtų sutaupoma apie 548 tūkst. eur., inovacijos investicijų atsipirkimo trukmė – apie 0,63 metų.

6. Išanalizavus metalo žaliavų perdirbimo laipsnį, naudojant Žaliavų duomenų bazę Lietuvai svarbiausių žaliavų sąrašo sudarymui, atlikti skaičiavimai ir nustatyta, kad sutaupoma metalo mechaninio apdirbimo įmonėse iš viso: juodųjų metalų – iki 29,56 tūkst. t/m. (9 proc. nuo sąnaudų Lietuvoje), aliuminio – 0,11 tūkst. t/m. (1,4 proc. nuo bendrų sąnaudų), ketaus – 0,018 tūkst. t/m. (13 proc. nuo sąnaudų Lietuvoje). Bendras ekonominės svarbos, apsirūpinimo rizikos ir aplinkosauginės rizikos indikatorius (CRM_i) sumažėjo: juodųjų metalų - 15 proc., aliuminio - 22 proc., ketaus - 12 proc.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Ambrogio, G., Ingarao, G. 2012. A sustainability point of view on sheet metal forming operation. *Journal of Cleaner Production*. 29 (30): 255–268.
2. Costa Santos, E., Shiomi, M. 2006. Rapid manufacturing of metal components by laser forming. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 46 (12): 1459-1468.
3. Dūdėnienė, V. 2012. Pirminių žaliavų taupymo galimybės plastikinių gaminių gamyboje. Magistro tezės. Vadovė – dr. I. Kliopova;
4. Di Lorenzo R., Micari, F. 2011. Sustainability issues in sheet metal forming processes: an overview. *Journal of Cleaner Production*. 19(5): 337–347.
5. Europos Sąjungos leidinių biuras. 2010. *Europos „nematomo“ sektoriaus apžvalga. Metalų apdirbimo ir metalų dirbinių pramonės šakos*. Europos Komisija. Įmonės ir pramonė. Mechaninės, elektros ir telekomunikacijų įrangos skyrius;
6. European Round Table of Industrialists. 2013. *Raw materials in the industrial value chain*. The overview. Brussels.
7. Gečys, A., Čapas, V. 2012. Lazerių pjautų detalių kokybės tyrimas. *Engineering and educational technologies*. ISSN 2029-9303: 18-25;
8. Gedvilas, V. 2013. Vienybės galvanizacijos baro technologijos procesų poveikio aplinkai mažinimas. Magistro tezės. Vadovė – dr. I. Kliopova;
9. Gordon, R. B., Bertram, M., Graedel., T. E. 2009. Metal stocks and sustainability. *Journal of the national academy of science of the United States of America* 103(5):1209–1214;
10. Gregor, A. 2008. Laser Treatment of PVD Coated Carbon Steels and Powder Steels. *Materials Science*. ISSN 1392–1320 14(4): 301-305;
11. Jašinskas, M., Gedzevičius., I. 2010. Aliuminio plazminio pjovimo tyrimai. *Science – Future Of Lithuania* 2(4): 83-87;
12. Jucevičius, R. 2009. *Lietuvos metalo ir metalo gaminių gamybos pramonės sektoriaus konkurencingumo studija*. Užsakovas - Lietuvos ekonominės plėtros agentūra. Vykdytojas - KTU Verslo strategijos institutas, VšĮ Žinių visuomenės institutas Kaunas;
13. Juodkunas, Ž. 2006. Mechaniniu gaminiu gamybos našumo didinimas modernioje gamybos aplinkoje. Magistro tezės. Vadovas - prof. A. Bargelis
14. Kliopova, I. ir Knašytė, M. 2011. *Lietuvos ūkio aprūpinimo svarbiausiomis žaliavomis esamos ir prognozuojamos ateityje situacijos ir šios situacijos poveikio Lietuvos konkurencingumui analizės studija*. Užsakovas – LR Ūkio ministerija. Rangovas – VšĮ SPPC. P-136. Vilnius, PEI;
15. Kliopova, I., Staniškis J.K. 2006. The evaluation of Cleaner Production performance in Lithuanian industries // *Journal of Cleaner Production* ISSN: 0959-6526, Vol.14 No.18. P: 1561-1575 [ISI Web of Science; Academic Search Premier; Business Source Complete; Compendex; INSPEC; Science direct].
16. Knašytė, M. Kliopova I., Staniškis J.K. 2012. Economic Importance, Environmental and Supply Risks on Imported Resources in Lithuanian Industry. *Environmental research, engineering and management* No. 2(60): 40-47;
17. Markovič, V. 2012. Plieno pjovimo lazериu kokybės tyrimas. *Science – Future Of Lithuania* 4(6): 569–572;

18. Norgate, T. E. 2007. Assessing the environmental impact of metal production processes. *Journal of Cleaner Production* 15(8): 838–848;
19. Rimša, G., Baskutis, S., et al, (2012). *Metalo ir plastiko apdirbimo skaitmeninio programinio valdymo staklėmis technologinių kompetencijų tobulinimo programos mokymo medžiaga*. Užsakovas - Ugdymo Plėtotės Centras. Kaunas.
20. Rombach, G. 2006. Limits of Metal Recycling. *Eco-Efficiency in Industry and Science*. 19: 295-312.
21. Sahin, A. Z., Yilbas B. S. 2014. Laser cutting efficiency and quality assessments. *Comperensive materials processing*. 9: 235-241.
22. Surzhenkov, A., Kulu., P. 2008. Laser Treatment of PVD Coated Carbon Steels and Powder Steels. *Materials Science (Medžiagotyra)* 14(4):301-305;
23. Staniškis J. K., Strahl, J. 1997. Cleaner technology: the success stories. Sustainable industrial production. The Baltic University Programme, Oppsala University. Uppsala: „Ditt tryckeri“, pp 37-45.
24. Staniškis J. K., Stasiškienė Ž., Kliopova I., 2004. Subalansuotos pramonės plėtros strategija: teorija ir praktika. Monografija. Kaunas.
25. Staniškis J. K., Stasiškienė Ž., Kliopova I., Varžinskas V. 2010. Darnios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas. Monografija. Kaunas.

Teisės aktai

1. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatymas (Žin., 1992, Nr. 5-75; 1997, Nr. 65-1540)
2. Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas (Žin., 1996, Nr. 61- 82-1965).
3. Lietuvos Respublikos Seimo 2012-06-26 nutarimas Nr. XI-2133 „Dėl nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo“ (Žin., 2012, Nr. 80-4149).
4. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 1999-07-14 įsakymas Nr.217 „Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo“ (Žin., 1999, Nr. 63-2065; 2011, Nr. 57-2721; TAR, 2014, Nr.14562).
5. Atliekų tvarkymo įstatymas (Lietuvos Respublikos Seimas/Įstatymas/VIII-787/1998-06-16/Įsigalioja nuo 1998-07-01; Nauja redakcija nuo 2003-01-01/Žin., 1998, Nr.61-1726);
6. KOM(2008) 699. Komunikatas „Žaliavų iniciatyva: įgyvendinant svarbiausius poreikius užtikrinti ekonomikos augimą ir darbo vietų kūrimą Europoje“. Briuselis.
7. KOM(2008) 108. Komisijos komunikatas tarybai ir Europos parlamentui dėl metalo pramonės konkurencingumo. *ES ekonomikos augimo ir darbo vietų kūrimo strategijos dalis*. {SEK(2008)246}. Briuselis
8. KOM(2011) 21. Strategijos „Europa 2020“ pavyzdinė iniciatyva „Tausiai išteklius naudojanti Europa“. Briuselis.
9. KOM(2011) 25, komunikatas „Dėl uždavinių, susijusių su biržos prekių rinkomis ir žaliavomis, sprendimo“. Briuselis, 2011.2.2.
10. KOM(2011) 571, komunikatas “Efektyvaus išteklių naudojimo Europos planas“. Briuselis.
11. COM(2011) 21. A resource-efficient Europe – flagship initiative under the Europe 2020 strategy. Briussel.

12. KOM(2012) 82. Komunikatas „Prieinamos žaliavos Europos ateities gerovei užtikrinti pasiūlymas dėl Europos inovacijų partnerystės žaliavų srityje“. {SWD(2012) 27 final. Briuselis.

13. KOM(2013) 407. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai ir Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui. Europos plieno pramonės konkurencingumo ir tvarumo veiksmų planas. Strasbūras.

Kiti naudojami informacijos šaltiniai

- UAB „Foris consulta“. 2014. Metalų dirbinių eksporto tendencijų apžvalga. Vilnius.
- UAB „Umega“, Vienybės departamentas. 2013. Paraiška taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (TIPK) leidimui atnaujinti;
- UAB „KDS grupė“. 2015. Planuojamos ūkinės veiklos (PŪV) „Pakavimo įrangos gamyba“ dokumentų atraka dėl poveikio aplinkai vertinimo (PAV). Ukmergė. Rengėjas – UAB „EcoIri Solution“.
- Europos Komisija. 2005 Taršos integruota prevencija ir kontrolė (TIPK). Informacinis dokumentas apie geriausius prieinamus gamybos būdus spalvotųjų metalų gavybos ir perdirbimo pramonėje.
- Asociacija „Žinių ekonomikos forumas“. 2013. Klasterių studija. Vilnius.
- Ambroza P. 2007. Fizikinė metalurgija. Mokomoji knyga. Kaunas
- APLINKOS APSAUGOS AGENTŪRA. 2004. Taršos integruota prevencija ir kontrolė (TIPK). „Geriausi prieinami gamybos būdai juodųjų metalų apdirbimo pramonėje“. Vilnius;
- Bargelis, A., Baskutis S., Jonušas, R., Južėnas, K., Kalpokas, J., 2008. Inovacinės gamybos technologijos. Mokomoji knyga. Vilnius;
- Ostaševičius, V., Dundulis, R. 2004. Technologiniai įrenginiai ir įrankiai. Mokomoji knyga. Technologija. Kaunas;
- Šniuolis R. 2014. Medžiagų inžinerija. Mokomoji knyga. Vilnius;
- Hashmi, M.S. 2014. Comprehensive materials processing. United Kingdom;
- Vandens pjovimo sistema <http://www.vpsjet.com>;
- UAB „Serpantinas“. 2007. Žurnalas apie pjovimo technologijas ir medžiagas 1(7). Vilnius;
- UAB „ELME MESSER LIT“ internetinė svetainė: <http://www.elmemesser.lt/lt/use-cases/welding/laser>;
- „Tesko Laser Division“ internetinė svetainė: <http://www.teskolaser.com>;
- UAB "Gamybos Projektai" internetinė svetainė: <http://www.cutalloy.com>;
- United Nations Environment Programme, UNEP internetinė svetainė: <http://www.unep.org/>
- Sapa group internetinė svetainė: <http://www.sapagroup.com/en/>
- Charkovas. 1997. Teršalų, išmetamų į atmosferą iš pagrindinių technologinių mašinų gamybos įrenginių, normatyviniai rodikliai, 6 skyrius (tomas I). „Medžiagų mechaninis apdirbimas“.
- Lietuvos statistikos departamento internetinė svetainė: <http://www.stat.gov.lt>
- Lietuvos inžinerinės pramonės asociacijos „Linpra“. 2013. „Ateities gamybos verslo aplinkos analizė“. Projektas Nr. VP1-3.1-ŠMM-05-K-02-023 „MTEP tinklų integracija ateities gamybai“ analizė. Vilnius.
- Yale University. Global metrics for the environment internetinė svetainė: <http://epi.yale.edu>.
- The Worldwide Governance Indicators (WGI) Project internetinė svetainė: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#home>.