

# Metale krytyczne, strategiczne i deficytowe w odpadach zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego

## Critical, strategic and deficit metals in the waste of electrical and electronic equipment



Dr Beata Witkowska-Kita\*)



Mgr inż. Katarzyna Biel\*)



Mgr Anna Orlicka\*)

**Treść:** Odpady sprzętu elektrycznego i elektronicznego są źródłem m.in. glinu, żelaza (surowce strategiczne), miedzi, srebra (surowiec deficytowy), magnezu, kobaltu i antymonu (surowce krytyczne) oraz kadmu, stopów metali, a także tworzyw sztucznych (polipropylen, akrylonitryl-butadien-styren, polistyren i teflon). Stałe postępujący rozwój technologiczny w zakresie sprzętu elektrycznego i elektronicznego powoduje u potencjalnych użytkowników chęć posiadania sprzętu nowej generacji. Naturalną konsekwencją tej prawidłowości jest wzrost ilości wytwarzanych odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE)

**Abstract:** The waste management of waste electrical and electronic equipment are the source of metals, for example: aluminium, iron (strategic raw materials), copper, silver (deficit raw material) magnesium, cobalt, antimony (critical raw materials) and cadmium and alloys, and plastics (for example: polypropylene, acrylonitrile-butadiene-styrene, polystyrene and teflon). Constant technological development in the field of electrical and electronic equipment causes potential users to desire newer generation of hardware. The natural consequence of this regularity is to increase the amount of waste of electrical and electronic equipment (WEEE).

### Słowa kluczowe:

surowce: krytyczne, strategiczne i deficytowe, odpady sprzętu elektrycznego i elektronicznego, plan gospodarki odpadami

### Keywords:

raw materials: critical, strategic and deficit, waste of electrical and electronic equipment, waste management plan

## 1. Wprowadzenie

Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2018 r. poz. 992 z późn. zm.) nakłada na samorząd wojewódzki obowiązek aktualizacji wojewódzkich planów gospodarki odpadami. Opracowanie aktualizacji wojewódzkich planów gospodarki odpadami umożliwić ma samorządom województw weryfikację stanu gospodarki odpadami na terenie objętym danym planem oraz właściwe zaplanowanie niezbędnych inwestycji pozwalających na osiągnięcie celów w zakresie gospodarki odpadami wynikających z przepisów krajowych oraz Unii Europejskiej.

Odpady inne niż niebezpieczne powstające w poszczególnych branżach przemysłu, rolnictwie, rzemiośle i usługach stanowią największy i najważniejszy strumień odpadów na terenie województwa śląskiego. Natomiast źródłem powstawania odpadów niebezpiecznych oprócz przemysłu jest również rolnictwo, transport oraz służba zdrowia.

Na terenie województwa śląskiego w 2015 r. wytworzono w sektorze gospodarczym łącznie blisko 46,8 mln Mg odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych), z czego 1,3% (632 tys. Mg) stanowią odpady niebezpieczne (wg danych z Wojewódzkiego Systemu Odpadowego (WSO) prowadzonym przez Marszałka Województwa Śląskiego).

Największe ilości odpadów innych niż niebezpieczne zostały wytworzone w wyniku prowadzonej działalności produkcyjnej w następujących grupach odpadów:

grupa 01	Odpady powstające przy poszukiwaniu, wydobywaniu, fizycznej i chemicznej przeróbce rud oraz innych kopalin	68,4%
grupa 10	Odpady z procesów termicznych	14,9%
grupa 19	Odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych	7,0%

\*) Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie

Ilości odpadów innych niż niebezpieczne, które zostały wytworzone w wyniku prowadzonej działalności produkcyjnej w pozostałych grupach stanowią łącznie 9,7%.

Największe ilości odpadów niebezpiecznych zostały wytworzone w wyniku prowadzonej działalności produkcyjnej w następujących grupach:

grupa 11	Odpady z chemicznej obróbki i powlekania powierzchni metali oraz innych materiałów i z procesów hydrometalurgii metali nieżelaznych	24,3%
grupa 19	Odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych	10,6%
grupa 12	Odpady z kształtowania oraz fizycznej i mechanicznej obróbki powierzchni metali i tworzyw sztucznych	18,9%

Ilości odpadów niebezpiecznych, które zostały wytworzone w wyniku prowadzonej działalności produkcyjnej w pozostałych grupach stanowią łącznie 46,2%.

Odpady wytworzone w sektorze gospodarczym na terenie województwa śląskiego były poddane procesom odzysku i unieszkodliwiania (procesom odzysku na terenie województwa śląskiego poddano łącznie 45,7 mln Mg odpadów (z czego 0,75% stanowią odpady niebezpieczne), a procesom unieszkodliwiania poddano łącznie 4,9 mln Mg odpadów, z czego 3,8% stanowią odpady niebezpieczne)). Dominującym procesem odzysku jest proces R5 (recykling lub odzysk innych materiałów nieorganicznych). Natomiast dominującym procesem unieszkodliwiania jest proces D5 (składowanie na składowiskach w sposób celowo zaprojektowany) (Plan... 2016).

W strumieniu odpadów niebezpiecznych powstających w sektorze gospodarczym na terenie województwa śląskiego znajdują się (Plan... 2016):

- a) *Odpady zawierające PCB*, wg danych posiadanych przez Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego na terenie województwa brak jest urządzeń oraz odpadów zawierających PCB podlegających inwentaryzacji.
- b) *Óleje odpadowe*, których w 2015 r. wytworzono 28,7 tys. Mg, z czego 14,5 tys. Mg poddano procesom odzysku, natomiast tylko 870 Mg procesom unieszkodliwiania. Dominującymi procesami odzysku tego typu odpadów były procesy R9 (powtórna rafinacja lub inne sposoby ponownego użycia olejów) i R12 (wymiana odpadów w celu poddania ich któremukolwiek z procesów wymienionych w pozycji R1-R11), a głównym procesem unieszkodliwiania był proces D13 (sporządzanie mieszanki lub mieszanie przed poddaniem odpadów któremukolwiek z procesów wymienionych w pozycjach D1-D12).
- c) *Zużyte baterie i akumulatory*, których w 2015 r. wytworzono łącznie ok. 18 tys. Mg, z czego 1,9 tys. stanowią odpady niebezpieczne. W przedmiotowym roku zebrano ok. 14 tys. Mg, w tym 13,9 tys. odpadów niebezpiecznych. Procesowi odzysku w 2015 r. poddano łącznie ok. 97 tys. Mg zużytych baterii i akumulatorów. Dominującym procesem odzysku był proces R4 (Recykling i odzysk metali i związków metali).
- d) *Odpady medyczne i weterynaryjne*, których w 2015 r. wytworzono łącznie 6,3 tys. Mg z czego 5,8 tys. Mg stanowią odpady niebezpieczne. Prawie 7,0 tys. Mg odpadów medycznych poddano procesowi unieszkodliwiania D10 (Przekształcanie termiczne na łądzie), z czego 86% to odpady niebezpieczne. W 2015 r. na terenie województwa śląskiego wytworzono 33,89 Mg odpadów

weterynaryjnych niebezpiecznych oraz 13,33 Mg odpadów innych niż niebezpieczne z tej grupy. Odpady weterynaryjne zostały poddane procesowi unieszkodliwiania D10 (Przekształcanie termiczne na łądzie), w ilości ok. 61 Mg, w tym 77% stanowią odpady niebezpieczne.

- e) *Pojazdy wycofane z eksploatacji* Powstawanie odpadów o kodzie 16 01 04\* (zużyte lub nienadające się do użytkowania pojazdy) oraz odpadów o kodzie 16 01 06 (zużyte lub nienadające się do użytkowania pojazdy niezawierające cieczy i innych niebezpiecznych elementów) związane jest z wycofywaniem z rynku pojazdów pochodzących zarówno od osób fizycznych, jak i od przedsiębiorców. W przypadku pojazdów wycofanych z eksploatacji, na terenie województwa śląskiego w 2015 r. wytworzono 1,2 tys. Mg odpadów. Ponadto wg WSO, w 2015 r. masa pojazdów wycofanych z eksploatacji przyjętych do stacji demontażu na terenie województwa śląskiego wyniosła 61,4 tys. Mg. Natomiast w stacjach demontażu pojazdów przetworzono 87 tys. Mg odpadów powstałych w wyniku demontażu zużytych lub nienadających się do użytkowania pojazdów (kod 16 01 04\* i 16 01 06). Głównym procesem odzysku tego typu odpadów był proces R12 (wymiana odpadów w celu poddania ich któremukolwiek z procesów wymienionych w pozycji R1–R11). Według danych WSO w 2015 r. w województwie śląskim pojazdy wycofane z eksploatacji nie były poddawane procesom unieszkodliwiania.
- f) *Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny* W 2015 r. na terenie województwa śląskiego (wg WSO) wytworzono ok. 1,3 tys. Mg, a zebrano ok. 1,1 tys. Mg niebezpiecznych odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Ponadto wytworzono ponad 11 tys. Mg tego rodzaju odpadów (innych niż niebezpieczne), a zebrano ok. 7,4 tys. Mg. Zebrano również 6,9 tys. Mg odpadów o kodach 20 01 35 (Zużyte urządzenia elektryczne i elektroniczne inne niż wymienione w 20 01 21 i 20 01 23 zawierające niebezpieczne składniki) i 20 01 36 (Zużyte urządzenia elektryczne i elektroniczne inne niż wymienione w 20 01 21, 20 01 23 i 20 01 35), a odzyskowi poddano niecałe 6 tys. tych odpadów (procesy R5 i R12). Biorąc pod uwagę liczbę mieszkańców województwa śląskiego – 4 570 849 osób (stan na dzień 31 grudnia 2015 r.) jednostkowy wskaźnik zbierania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego przypadający na mieszkańca województwa śląskiego wynosił 3,4 kg/M/a. W 2015 r. procesom odzysku poddano 9,9 tys. Mg odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (łącznie z odpadami z grupy 20). Natomiast odpady zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego zostały poddane procesom unieszkodliwiania w ilości 106 Mg.
- g) *Odpady zawierające azbest* Produkcja płyt azbestowo-cementowych w Polsce została zakazana ustawą z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest (Dz. U. Nr 101, poz. 628 z 1997 r.). W myśl ustawy w Polsce z dniem 28 czerwca 1998 r. została zakończona produkcja płyt azbestowo-cementowych, a wcześniej innych wyrobów zawierających azbest. Po 28 marca 1999 r. obowiązuje zakaz obrotu azbestem i wyrobami zawierającymi azbest. Zakaz ten nie obejmuje wyrobów zawierających azbest, które nie posiadają rynkowych zamienników ze względu na specyficzne warunki ich zastosowania. Od 15 marca 2010 r. obowiązuje Program Oczyszczania Kraju z Azbestu w którym założono usunięcie i unieszkodliwienie odpadów zawierających azbest do końca 2032 r. W 2014 r. na terenie województwa śląskiego wytworzono ok. 6,4 tys. Mg odpadów niebezpiecznych zawierających

azbest. W województwie śląskim poddano unieszkodliwieniu w 2015 r. ok. 6 tys. Mg odpadów zawierających azbest. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, odpady tego typu są unieszkodliwiane wyłącznie przez składowanie (D5).

- h) *Przeterminowane środki ochrony roślin* W 2014 r. na terenie województwa śląskiego wytworzono łącznie ponad 3,9 tys. Mg przeterminowanych środków ochrony roślin (0,62 Mg odpadów niebezpiecznych i 1,62 Mg odpadów innych niż niebezpieczne oraz 3,9 tys. Mg opakowań po środkach ochrony roślin). W województwie śląskim poddano odzyskowi i unieszkodliwiono w 2014 r. łącznie prawie 4,1 tys. Mg przeterminowanych środków ochrony roślin (niebezpiecznych i innych niż niebezpieczne) oraz opakowań po nich.

## 2. Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny (ZSEE)

Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny stanowi ważną grupę wśród odpadów niebezpiecznych, ponieważ stale postępujący rozwój technologiczny powoduje chęć posiadania przez użytkowników sprzętu nowej generacji, a nawet kilku sztuk sprzętu tego samego rodzaju. Wobec tego konsekwencją jest wzrost ilości wytwarzanych odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Mając powyższe na uwadze należy przedsięwziąć działania na rzecz zapobiegania powstawaniu tych odpadów, co ma istotne znaczenie z uwagi na znaczące oddziaływanie na środowisko podczas ich produkcji, rosnącą konsumpcję i stale skracający się okres użytkowania tych urządzeń, a także potencjalne negatywne oddziaływanie na środowisko na etapie zagospodarowania odpadów. Istotnym elementem zapobiegania powstawaniu odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego jest rozszerzona odpowiedzialność producenta za wprowadzony na rynek sprzęt elektryczny i elektroniczny. Zgodnie z obowiązującym prawodawstwem przedsiębiorca jest zobowiązany do uzyskania odpowiedniego poziomu selektywnego zbierania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego pochodzącego z gospodarstw domowych w odniesieniu do masy wprowadzonego sprzętu oraz poziomów odzysku i recyklingu dla poszczególnych grup sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Dodatkowym elementem zapobiegania powstawaniu odpadów są działania informacyjno-edukacyjne, zmierzające do ukształtowania świadomych postaw konsumentów polegających między innymi na przekazywaniu zbytecznego a sprawnego sprzętu innym osobom bądź instytucjom.

Skutecznym instrumentem wpływającym na zapobieganie wytwarzania odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego są również zielone zamówienia publiczne, w ramach których podmioty publiczne włączają kryteria i wymagania środowiskowe do procesu zakupów (procedur prowadzenia postępowań o udzielenie zamówień publicznych) i poszukują rozwiązań ograniczających negatywny wpływ produktów/usług na środowisko oraz uwzględniających cały cykl życia produktów. Taka postawa wpływa na rozwój i upowszechnienie technologii niskoodpadowych. W zakresie pozostałych możliwości zapobiegania powstawaniu odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego można wyróżnić następujące działania: wdrażanie zasad ekoprojektowania, oddziaływanie na konsumentów oraz wydłużanie cyklu życia sprzętów elektrycznych i elektronicznych.

W wytwarzaniu sprzętu elektrycznego i elektronicznego są niezbędne surowce metaliczne mineralne. W związku z tym niezmiernie istotne jest zapewnienie bezpieczeństwa dostaw surowców, efektywne gospodarowanie nimi, co powinno doprowadzić do stworzenia systemu gospodarki

o tzw. „obiegu zamkniętym” (*circular economy*). Szczególnie jest to istotne w przypadku posiadania przez kraj ograniczonych zasobów własnych surowców. Obecnie w krajach Unii Europejskiej, w tym w Polsce, zaobserwowano problemy z zapewnieniem wystarczającej bazy surowcowej, głównie surowców metalicznych. Brak wystarczającej bazy surowcowej związany jest również z niskim stopniem wykorzystania surowców wtórnych oraz niewielką możliwością substytucji, a także w związku z sytuacją polityczno-ekonomiczną związaną z niechęcią niektórych państw do rozwoju górnictwa (głównie rud metali) (Plan... 2016, Smakowski 2011).

W dokumencie pt.: „Critical raw materials for the EU – Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. EU Commission Enterprise and Industry” w 2010 r. (Critical...2010) utworzono pojęcie „surowców krytycznych, strategicznych i deficytowych”. 26 maja 2014 r. opublikowano Komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego ws. przeglądu wykazu surowców krytycznych dla UE (Komunikat... 2014). Niniejszy komunikat zawiera zaktualizowany wykaz surowców krytycznych dla Unii Europejskiej. Dokonano analizy 54 surowców. Do surowców krytycznych zaliczono: beryl, kobalt, wolfram, magnez, antymon, german, gal, ind, niob, chrom, krzem metaliczny, platynowce, pierwiastki ziem rzadkich oraz fluoryt, grafit, magnezyt, borany, fosforyt i węgiel koksujący. Natomiast do surowców strategicznych zaliczono: ren, tellur, żelazo, aluminium, molibden, mangan, wanad, cynk, nikiel oraz boksyty. Skład grupy surowców deficytowych nie uległ zmianie i należą do niej: baryt, diatomity, perlit, talk, srebro, miedź, piaski kwarcowe, lit, tytan i wapnie (Smakowski 2011, Witkowska-Kita i in. 2015, Witkowska-Kita i in. 2016, Blaschke i in. 2015, Witkowska-Kita i in. 2017).

W przypadku produkcji sprzętu elektrycznego i elektronicznego zastosowanie mają surowce krytyczne (magnez, kobalt, antymon), strategiczne (aluminium, nikiel, żelazo) oraz deficytowe (miedź, srebro), a także ołów, cyna, cynk, złoto, kadm i tantal.

Mając powyższe na uwadze, odpady zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego są cennym źródłem surowców wtórnych, które mogą stanowić substytut niektórych metali z grup surowców; krytycznych, strategicznych i deficytowych. Obrazują to wyniki przeprowadzonego demontażu niektórych grup sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Wyniki przeprowadzonego demontażu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego przedstawiono jako procentowe udziały poszczególnych rodzajów materiałów (w tym metali łącznie) w tabeli 1 (Witkowska-Kita i in. 2017, Projekt...2003).

Na podstawie danych zamieszczonych w Tabeli 1 można stwierdzić, że dominującymi rodzajami odpadów, uzyskanymi po procesie ręcznego demontażu (przeprowadzonego w IMBiGS) zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego są metale, w tym głównie: aluminium, żelazo (surowce strategiczne), miedź (surowiec deficytowy) oraz kadm i stopy metali, a także tworzywa sztuczne (polipropylen (PP), akrylonitryl-butadien-styren (ABS), polistyren (PS) i teflon)) (Witkowska-Kita i in. 2017, Projekt...2003).

Przeprowadzono również badania w celu określenia składu materiałowego płytek drukowanych powszechnie wykorzystywanych w komputerach, telefonach komórkowych, telewizorach oraz sprzęcie RTV. W materiałach uzyskanych w wyniku przetworzenia (recyklingu) płytek drukowanych można wyróżnić następujące metale z grupy surowców:

- krytycznych (antymon, beryl, chrom, gal, pallad, rod),
  - strategicznych (aluminium, cynk, nikiel, żelazo),
  - deficytowych (miedź, srebro),
- oraz cyna, kadm, ołów, rtęć, tantal i złoto.

**Tabela 1. Procentowe udziały poszczególnych rodzajów materiałów uzyskanych w wyniku demontażu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (Witkowska-Kita i in. 2017, Projekt...2003)**

**Table 1. Percentage of individual types of materials obtained as a result of dismantling the waste of electrical and electronic equipment (Witkowska-Kita i in. 2017, Projekt...2003)**

Lp.	Grupa sprzętu elektrycznego i elektronicznego	Rodzaj materiału [%]						
		metale	tworzywa sztuczne	materiały łączone (tworzywo sztuczne+metal)	szkło	podzespoły elektroniczne	drewno	pozostałe materiały
1.	drobnego sprzętu gospodarstwa domowego	53,4	24,7	11,6	-	-		
2.	sprzętu elektronicznego	38,1	29,5	6,9	12,4	12,5		
3.	sprzętu RTV	22,5	20,2	6,6	26,3	7,6	11,6	5,1
4.	elektronarzędzia	73,0	18,8	7,8	-	-		0,4

Występują jednak trudności z określeniem dokładnej struktury materiałowej płytek drukowanych. Są one związane z ich złożoną budową i zróżnicowanym składem materiałowym (metale, polimery, papier).

W tabeli 2 przedstawiono uzyskane w wyniku procesu przetwarzania (recyklingu) ilości metali w odpadowych płytkach drukowanych (Witkowska-Kita i in. 2017), (Projekt...2003).

Analizując dane zawarte w tabeli 2 można stwierdzić, że dominującymi metalami występującymi w odpadach z płytek drukowanych są: miedź, żelazo, aluminium, ołów i cyna.

Z uwagi na fakt, że płytki drukowane stanowią ok. 3% ogółem wytworzonej masy złomu elektronicznego ich recykling ukierunkowany na odzysk metali jest efektywny zarówno z punktu widzenia środowiskowego, jak i ekonomicznego. Zapobiega on przedostawaniu się metali ciężkich do środowiska, umożliwiając jednocześnie pozyskanie cennych surowców należących do grup surowców: krytycznych, strategicznych i deficytowych.

Recykling płytek drukowanych polega na usunięciu elementów metalowych (głównie miedzi i złota) i ceramicznych, a także na podziale na części przeznaczone do ponownego wykorzystania oraz materiały toksyczne, które wymagają szczególnego potraktowania w celu redukcji szkodliwego oddziaływania na środowisko (Witkowska-Kita i in. 2017), (Projekt...2003).

### 3. Kierunki działań i system gospodarki odpadami z sektora gospodarczego

System gospodarki odpadami z sektora gospodarczego powinien uwzględniać hierarchię postępowania z odpada-

mi określoną w art. 17 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2018 r. poz. 1987 – tekst jednolity):

1. zapobieganie powstawaniu odpadów,
2. przygotowanie do ponownego użycia,
3. recykling,
4. inne procesy odzysku,
5. unieszkodliwianie,

i zapisy ustawy z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2018, poz. 992 z późn. zm.) dotyczące obowiązkowych zadań własnych gminy oraz dopuszczalne sposoby gospodarowania odpadami niebezpiecznymi, które zawarte są w aktach prawnych zamieszczonych w tabeli 3 (Blaschke i in. 2015).

Niezmiernie ważnym elementem uzupełniającym system gospodarki odpadami są określone w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami (KPGO 2022) oraz w Planie Gospodarki Odpadami dla Województwa Śląskiego (PGOWŚ) kierunki działań dla osiągnięcia założonych celów w zakresie gospodarowania odpadami niebezpiecznymi, tj. m.in.: intensyfikacja monitoringu prawidłowego postępowania z odpadami, przeprowadzenie akcji edukacyjno-informacyjnych w zakresie prawidłowego gospodarowania nimi oraz przeprowadzenie intensywnych działań w zakresie rozwoju systemów zbierania tych odpadów. W wyżej wymienionych dokumentach dla każdego rodzaju odpadów niebezpiecznych wymienionych w tabeli 3, określono szczegółowo kierunki dodatkowych działań niezbędnych do osiągnięcia założonych celów środowiskowych, ekonomicznych i prawnych.

Przykładowo, dla zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE) osiągnięcie założonych celów wymaga (Projekt... 2003, Plan...2016):

**Tabela 2 Rodzaje i ilości metali w odpadowych płytkach drukowanych (Witkowska-Kita i in. 2017, Projekt...2003)**

**Table 2 Types and amounts of metals in waste printed circuit boards (Witkowska-Kita i in. 2017, Projekt...2003)**

Lp.	Metal	Zastosowanie w płytkach obwodu drukowanego	Stężenie [ppm]
1.	miedź	przewody, styki	143 000
2.	żelazo	śruby, przewody	45 000
3.	aluminium	kondensatory	28 000
4.	nikiel	części mechaniczne, przewody	11 000
5.	ołów	łut	22 000
6.	cyna	łut	20 000
7.	antymon	materiał uniepalniający (walentynit – tlenek antymonu (III))	4 500
8.	cynk	płytki cynkowe w częściach mechanicznych	4 000
9.	srebro	spoiwa przechodzące	639
10.	złoto	uzwojenia, styki	566
11.	kadm	baterie	395
12.	tantal	kondensatory	192

**Tabela 3** Dopuszczalne sposoby gospodarowania odpadami niebezpiecznymi, które zawarte są w aktach prawnych (Blaschke i in. 2015)

**Table 3** Possible ways of managing hazardous waste, which are contained in legal acts (Blaschke i in. 2015)

Lp.	Rodzaj odpadu	Akt prawny
1.	odpady zawierające PCB	– ustawa o odpadach (Dz. U. z 2018 r. poz. 992 z późn. zm.)
2.	oleje opadowe	– ustawa o odpadach (Dz. U. z 2018 r. poz. 992 z późn. zm.) – ustawa o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej (Dz. U. z 2016 r. poz. 1478 – tekst jednolity), – rozporządzenie w sprawie szczegółowego postępowania z olejami odpadowymi (Dz. U. z 2018 poz. 650)
3.	odpady medyczne i weterynaryjne	– ustawa o odpadach (Dz. U. z 2018 r. poz. 992 z późn. zm.)
4.	zużyte baterie i akumulatory	– ustawa o bateriach i akumulatorach (Dz. U. z 2016 r. poz. 1803) – ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2016, poz. 250 – tekst jednolity)
5.	pojazdy wycofane z eksploatacji	– ustawa o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz. U. z 2015 poz. 933)
6.	zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny	– ustawa o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. U. z 2015 poz. 1688) – ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2016, poz. 250 – tekst jednolity)
7.	odpady zawierające azbest	– rozporządzenie w sprawie sposobów i warunków bezpiecznego użytkowania i usuwania wyrobów zawierających azbest (Dz. U. z 2004 r., Nr 71 poz. 649)
8.	przetworzone środki ochrony roślin i opakowania po nich	– ustawa o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi (Dz. U. z 2016 poz. 1863) – ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2016, poz. 250 – tekst jednolity)

- a) rozwoju sieci napraw sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz zbierania i przygotowania ZSEE do ponownego użycia (rozpowszechnianie usług napraw, wypożyczania i wykorzystania używanych przedmiotów),
- b) promocji „dobrych praktyk” jako zalecanego zbioru zasad w zakresie standardów postępowania z ZSEE dla wszystkich użytkowników tworzących tzw. cykl życia tego typu produktów,
- c) kontynuacji prowadzenia cyklicznych kontroli w celu weryfikacji przestrzegania obowiązujących przepisów prawa przez podmioty wprowadzające sprzęt oraz zajmujące się zbieraniem, przetwarzaniem, recyklingiem i działalnością inną niż recykling w zakresie ZSEE (w tym organizacji odzysku).

Zgodnie z przepisami ustawy z dnia 11 września 2015 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. U. 2015 poz. 1688) system gospodarowania zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym powinien docelowo obejmować wszystkich użytkowników tego typu produktów, tzn. wprowadzających sprzęt (czyli producentów i importerów), zbierających, prowadzących zakłady przetwarzania, prowadzących instalacje recyklingu i innych niż recykling procesów odzysku oraz użytkowników końcowych.

Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny pochodzący z gospodarstw domowych powinien być zbierany przez jednostki handlowe na zasadzie wymiany przy zakupie nowego sprzętu (w tym sprzedawców hurtowych i detalicznych), natomiast gminy powinny wskazać miejsca, do których mieszkańcy mogą przekazywać tego rodzaju odpady. W województwie śląskim funkcjonuje system selektywnego zbierania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w oparciu o punkty

zlokalizowane w każdej gminie. Niestety nie wszystkie tego rodzaju odpady trafiają do tych punktów. Część z nich trafia do składnic złomu lub do strumienia zmieszanych odpadów komunalnych.

W przypadku zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego pochodzącego z innych źródeł niż gospodarstwa domowe sprzęt jest odbierany przez specjalistyczne firmy posiadające stosowne zezwolenia.

Na terenie województwa śląskiego zidentyfikowano następujące problemy związane ze zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym: nielegalnym demontażem zużytego sprzętu poza zakładem przetwarzania, brak prawidłowego postępowania ze zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym przez użytkowników końcowych, w szczególności w zakresie istoty ich selektywnego zbierania oraz możliwość wystąpienia w przyszłości trudności w osiągnięciu wymaganych przepisami ustawy z dnia 11 września 2015 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym rocznych poziomów zbierania sprzętu elektrycznego i elektronicznego, określonych w art. 20 niniejszej ustawy (Projekt... 2003, Plan...2016).

#### 4. Podsumowanie

1. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2018 r. poz. 992 z późn. zm.) nakłada na samorząd wojewódzki obowiązek aktualizacji wojewódzkich planów gospodarki odpadami. Opracowanie aktualizacji wojewódzkich planów gospodarki odpadami umożliwić ma samorządom województw weryfikację stanu gospodarki

- odpadami na terenie objętym danym planem oraz właściwie zaplanowanie niezbędnych inwestycji pozwalających na osiągnięcie celów w zakresie gospodarki odpadami wynikających z przepisów krajowych oraz Unii Europejskiej.
2. Na terenie województwa śląskiego w 2015 r. wytworzono w sektorze gospodarczym łącznie blisko 46,8 mln Mg odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych), z czego 1,3% (632 tys. Mg) stanowią odpady niebezpieczne (wg danych z Wojewódzkiego Systemu Odpadowego (WSO) prowadzonym przez Marszałka Województwa Śląskiego).
  3. Łącznie w 2014 r. zagospodarowano na terenie województwa śląskiego ok. 50,6 mln Mg odpadów (w instalacjach i poza instalacjami). Procesom odzysku na terenie województwa śląskiego poddano łącznie 45,7 mln Mg odpadów (z czego 0,75% stanowią odpady niebezpieczne). Natomiast procesom unieszkodliwiania poddano łącznie 4,9 mln Mg odpadów, z czego 3,8% stanowią odpady niebezpieczne.
  4. Stale postępujący rozwój technologiczny w zakresie sprzętu elektrycznego i elektronicznego powoduje u potencjalnych użytkowników chęć posiadania sprzętu nowej generacji, a nawet kilku sztuk sprzętu tego samego rodzaju. Naturalną konsekwencją tej prawidłowości jest wzrost ilości wytwarzanych odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE).
  5. Dominującymi rodzajami odpadów, uzyskanymi po procesie demontażu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego są metale, w tym głównie: aluminium, żelazo (surowce strategiczne), miedź (surowiec deficytowy) oraz kadm i stopy metali, a także tworzywa sztuczne (PP, ABC, PS i teflon).
  6. W materiałach uzyskanych w wyniku przetworzenia (recyklingu) płytek drukowanych można wyróżnić następujące metale z grupy surowców:
    - krytycznych (antymon, beryl, chrom, gal, pallad, rod),
    - strategicznych (aluminium, cynk, nikiel, żelazo),
    - deficytowych (miedź, srebro),
    - oraz cyna, kadm, ołów, rtęć, tantal i złoto.
  7. Należy zapewnić bezpieczeństwo dostaw surowców, efektywne gospodarowanie nimi, co powinno doprowadzić do stworzenia systemu gospodarki o tzw. „obiegu zamkniętym” (*circular economy*).

## Literatura

- BLASCHKE W., B. WITKOWSKA-KITA, K. BIEL, 2015 - Analiza możliwości pozyskiwania krytycznych surowców mineralnych. Rocznik Ochrony Środowiska. Annual Set The Environment Protection. Tom 17, s.792-813.
- BLASCHKE W., WITKOWSKA-KITA B., BIEL K., 2015 - Analiza możliwości pozyskiwania strategicznych surowców mineralnych. Rocznik Ochrony Środowiska. Annual Set The Environment Protection. Tom 17, s.1428-1448.
- Critical Raw Material for the EU** – Report of the Ad-hoc Working Group on Defining Critical Raw materials. EU Commission Enterprise and Industry. 2010.
- Komunikat** Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego ws. Przeglądu wykazu surowców krytycznych dla UE i wdrażania inicjatywy na rzecz surowców, 26 maja 2014 r. (COM/2014/0297).
- Plan** gospodarki odpadami dla województwa śląskiego na lata 2016-2022, Uchwała Śląskiego Urzędu Marszałkowskiego Nr 2656/160/V/2016 z dnia 23.12.2016 r.
- Praca** statutowa, 2014, „Surowce deficytowe-studium pozyskiwania”, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa-Katowice.
- Projekt** Celowy Zamawiany PCZ-013-26 pt.: „Krajowy system zbiorów i utylizacji wycofywanych z eksploatacji urządzeń elektrycznych i elektronicznych”, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa-Katowice.
- SMAKOWSKI, T. 2011 - Surowce mineralne – krytyczne czy deficytowe dla gospodarki UE i Polski, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energii Polskiej Akademii Nauk, 81, s. 59-68.
- WITKOWSKA-KITA B. (red.), BAIC I., BIEL K., BLASCHKE W., BLASCHKE Z., GÓRALCZYK S., 2015 - Surowce krytyczne i strategiczne w Polsce, wyd. Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa,
- WITKOWSKA-KITA B., BIEL K., BLASCHKE W., BAIC I. 2017 - Odpady sprzętu elektrycznego i elektronicznego jako potencjalne źródło surowców krytycznych, strategicznych i deficytowych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Proceedings International Conference „The present and Future of the Mining”. Demanowska Dolina. Slovak Republik, Wydawnictwo Slovakian Mining Society, s. 129-140.
- WITKOWSKA-KITA B., BIEL K., BLASCHKE W., BAIC I., 2015 - Surowce wtórne potencjalnym źródłem surowców krytycznych, strategicznych i deficytowych, Proceedings International Conference „The present and Future of the Mining”. Demanowska Dolina. Slovak Republik, Wydawnictwo Slovakian Mining Society, s. 14-31.
- WITKOWSKA-KITA B., BIEL K., BLASCHKE W., ORLICKA A., 2016 - Gospodarka surowcami nienergetycznymi w Polsce - surowce mineralne krytyczne, strategiczne i deficytowe, „Przeгляд Górnicy” nr 3, s.76-84.
- WITKOWSKA-KITA B., BIEL K., BLASCHKE W., ORLICKA A., 2017 - Analiza możliwości pozyskiwania deficytowych surowców mineralnych. Rocznik Ochrony Środowiska. Annual Set The Environment Protection, Śródkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, tom 19, s. 777-794.

Artykuł wpłynął do redakcji - luty 2018  
Artykuł akceptowano do druku 10.11.2018