

Maria WENGIEREK  
Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu  
mary.w@interia.eu

## SPOSOBY POSTĘPOWANIA Z ODPADAMI NIEBEZPIECZNYMI W WOJEWÓDZTWIE ŚLĄSKIM

**Streszczenie:** Artykuł dotyczy postępowania z odpadami niebezpiecznymi, w szczególności uwarunkowań technicznych na przykładzie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. W artykule omówiono wybrane rodzaje kolejnych grup odpadów zużytego sprzętu, tj. sprzętu audio-wizualnego, oświetleniowego oraz wielkogabarytowych urządzeń AGD.

**Słowa kluczowe:** odpady niebezpieczne, odpady elektryczne i elektroniczne, technologie – metody i obiekty odzysku i recyklingu odpadów.

## HANDLING OF HAZARDOUS WASTE WAYS IN SILESIA REGION

**Abstract:** The article deals with hazardous waste, in particular technical conditions of waste of electrical and electronic equipment. The article discusses selected types of further waste groups of used equipment, i.e. audio-visual and lighting equipment as well as large-size household appliances.

**Keywords:** hazardous waste, electrical and electronic waste, technologies – methods and firms of waste recovery and recycling.

### 1. Wprowadzenie

Niniejszy artykuł jest kontynuacją rozważań poświęconych odpadom niebezpiecznym. W poprzednich częściach (Wengierek, 2017a, 2017b) omówiono uwarunkowania prawne i organizacyjne postępowania z odpadami niebezpiecznymi. Omówiono również uwarunkowania techniczne, w tym technologie oraz metody przekształcania odpadów elektrycznych i elektronicznych. (ZSEE). Przedstawiono technologie wykorzystywane do odzysku surowców, w tym metalicznych z ZSEE (Wengierek, 2018).

Technologie i metody demontażu oraz przetapiania metali zawartych w złomie różnych podzespołów elektrycznych i elektronicznych odniesiono szczegółowo do jednej grupy ZSEE, tj. grupy 3 – sprzęt teleinformatyczny i telekomunikacyjny oraz jednego rodzaju odpadu – telefony komórkowe.

W opracowaniu zwrócono uwagę na zasadę odpowiedzialności producentów za recykling (zgodnie z dyrektywami unijnymi i regulacjami krajowymi) – „Projektowanie dla środowiska” oraz podano przykłady firm stosujących tę zasadę.

W niniejszym artykule „Sposoby postępowania z odpadami niebezpiecznymi w województwie śląskim (Część II – uwarunkowania techniczne w procesach zarządzania odzyskiem i recyklingiem odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego)” technologie i metody demontażu dotyczyć będą innych grup ZSEE, a mianowicie grupy 4 – sprzęt audio-wizualny, grupy 5 – sprzęt oświetleniowy, grupy 1 – wielkogabarytowe urządzenia gospodarstwa domowego.

## 2. Charakter odpadu

Odbiorniki telewizyjne i monitory należą do grupy urządzeń elektronicznych (grupa 4 ZSEE), w których wartość składników użytecznych (głównie metali) jest mała i nie pokrywa kosztów przerobu. Jednocześnie przetwarzanie odbiorników telewizyjnych jest konieczne ze względu na zawartość w nich substancji niebezpiecznych dla środowiska (Czaplicka, Bojarska-Kraus, Świądrowski, 2002; Janicka, Hewelke, 2007). Dlatego też dla ograniczenia strat szczególnie ważną sprawą jest dobór optymalnej technologii przy przerobie tego typu urządzeń.

Pierwsze telewizory pracowały na bazie szklanych kineskopów, mimo wielu modyfikacji ciągle można spotkać wiele modeli opierających się na technologii CRT. Kineskop został wynaleziony w 1897 roku przez Ferdinanda Brauna i Jonathana Zenneck'a. W początkowych etapach swojego istnienia telewizory były w stanie wyświetlać jedynie czarno-biały obraz. W roku 1928 John Logie Baird opracował ulepszenie kineskopu pozwalające na wyświetlanie obrazu w kolorze.

Następnie pojawiły się telewizory plazmowe, pierwszy model został wprowadzony na rynek przez firmę Philips w 1997 roku. Technologia wykorzystana w jego budowie oparta jest na jonizacji gazu. Ich bezpośrednim następcą były telewizory LCD, które szybko zostały wyparte na rzecz telewizorów OLED pracujących na bazie diod (światłówek) ([technowinki.onet.pl/...](http://technowinki.onet.pl/)).

### Telewizory kineskopowe

Podstawową trudnością związaną z przetwarzaniem telewizorów i monitorów jest to, że kineskop, który stanowi ok. 60-80% masy tego sprzętu, złożony jest z dwóch rodzajów szkła

(szkło barowe i szkło ołowiowe) o różnym składzie chemicznym (ołów, bar, stront, cyrkon). Ponadto na wewnętrznej stronie kineskopu napyłony jest luminofor, który zawiera bardzo niebezpieczne metale ciężkie, w tym np. rtęć lub ołów oraz pierwiastki ziem rzadkich. Dodatkowo wewnątrz lampy kineskopowej panuje próżnia, a materiały wskutek starzenia nie posiadają pierwotnej wytrzymałości. W związku z tym regenerację lub demontaż kineskopu należy wykonywać na przygotowanym w tym celu stanowisku. Ponadto posiada obudowę z tworzyw sztucznych oraz szereg elementów stalowych, miedzianych i aluminiowych. Wymienione odpady należą do grupy niebezpiecznych, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów...; Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 09.12.2014...). Z tego względu aby uzyskać określony poziom odzysku i recyklingu konieczne staje się takie prowadzenie procesu, aby w wyniku rozdziału kineskopu uzyskać czyste frakcje nadające się do powtórnego użycia lub odzysku (Dyrektywa 2002/96/WE...; Ustawa z dnia 29 lipca 2005...).

### Telewizory OLED

Telewizory OLED oprócz stłuczki szklanej, części metalowych, aluminiowych, tworzyw sztucznych zawierają również luminofor zawierający substancje niebezpieczne, tj. rtęć.

## 3. Technologie odzysku i recyklingu zużytych telewizorów (monitorów)

W Polsce w zakresie odzysku i recyklingu ZSEE w pierwszej kolejności stosowane są metody demontażu ręcznego, mechanicznego, automatycznego oraz separacja fizyczna (Wengierek, 2018; Hucht, 1997; [www.electro-system.pl/...](http://www.electro-system.pl/)).

Biorąc pod uwagę różne scenariusze destrukcji przykładowego modelu telewizora, a mianowicie:

- recykling – 37%; składowanie na wysypisku – 63%,
- spalanie – 70%; składowanie na wysypisku – 30%,
- recykling – 10%; składowanie na wysypisku – 90%

różniące się sposobem recyklingu wraz z CO<sub>2</sub> ekwiwalentnym (stężeniem dwutlenku węgla produkowanym podczas utylizacji telewizora – na podstawie danych pozyskanych z firmy PTH „Technika Recykling” sp. z o.o. z siedzibą w Gliwicach stwierdzono, że największy szkodliwy wpływ na środowisko wywiera utylizacja polistyrenu. Najbardziej korzystnym sposobem utylizacji telewizora jest w 63% składowanie go na wysypisku przy 37% recyklingu; wtedy osiągamy najmniejsze CO<sub>2</sub> ekwiwalentne (technika.gliwice.pl).

Zgodnie z Ustawą z dnia 29 lipca 2005 roku o zużytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym zakłady przetwarzania są jedynym miejscem, w którym dopuszczalny jest

demontaż odbiornika telewizyjnego. W takich zakładach prowadzona jest działalność mająca na celu wykorzystanie elementów pochodzących ze zdemontowanego odbiornika telewizyjnego i monitora do ponownego użycia bądź do recyklingu materiałowego i energetycznego oraz do unieszkodliwiania odpadów.

Polska Korporacja Recyklingu sp. z o.o. Zakład Przetwarzania w Lublinie prowadzi przetwarzanie odpadów na liniach przeznaczonych do demontażu telewizorów. Zajmuje się zbieraniem, przetwarzaniem i odzyskiem odpadów elektrycznych i elektronicznych wszystkich grup sprzętu elektrycznego i elektronicznego wymienionych w załączniku 1 do Ustawy z dnia 29 lipca 2005 r.

Jednym z pierwszych obiektów gospodarki odpadami w województwie śląskim zajmującymi się odzyskiem i recyklingiem ZSEE, w tym telewizorów było Śląskie Centrum Utylizacji z siedzibą w Katowicach, później w Orzeszu (od 1,5 roku wstrzymało działalność dotyczącą procesu odzysku i recyklingu) ([pkrecykling.pl](http://pkrecykling.pl); [www.scu.pl](http://www.scu.pl)).

Utylizacją części płyt głównych, które nie mogą być poddane recyklingowi zajmuje się firma Eco-Service – Utylizacja Odpadów Przemysłowych z Bytomia ([eco-service.com.pl](http://eco-service.com.pl)). Odzysk i recykling telewizorów prowadzi również firma EDELMET sp. z o.o. w Katowicach ([edelmet.com.pl](http://edelmet.com.pl)).

Proces logistyczny demontażu odbiornika telewizyjnego obejmuje następujące operacje:

- przyjmowanie, klasyfikację oraz ewidencję zużytych odbiorników telewizyjnych,
- gromadzenie w magazynie zużytych wyrobów,
- przekazywanie na stanowiska demontażu ręcznego,
- testowanie odbiorników telewizyjnych oraz jego głównych podzespołów,
- demontaż podzespołów głównych (obudowy, głośników, tworzyw wg rodzaju, w tym okablowania, elementów żelaznych, miedzianych i aluminiowych, elektroniki oraz płytek drukowanych),
- wydzielenie elementów w postaci frakcji niebezpiecznej, czyli lamp kineskopowych z odbiorników telewizyjnych,
- segregacja odpadów i podzespołów (przekazanie frakcji plastikowych i frakcji płytek drukowanych na stanowisko demontażu mechanicznego),
- przekazanie odzyskanych surowców wtórnych do innych przedsiębiorstw celem ich ponownego wykorzystania ([www.scu.pl](http://www.scu.pl); Wengierek, 2011).

Recykling telewizorów kineskopowych polega na oddzieleniu go od obudowy i innych podzespołów a następnie podzieleniu go na stożek kineskopowy i ekran.

Typowa instalacja do przetwarzania telewizorów kineskopowych obejmuje (Wengierek, 2011; [www.scu.pl](http://www.scu.pl)/...; [www.weeezo.pl](http://www.weeezo.pl)/...; [www.weeezo.pl](http://www.weeezo.pl)/...; [www.recykling.pl](http://www.recykling.pl)/...; [www.remondis-electro.pl](http://www.remondis-electro.pl)):

- linie do demontażu telewizorów:
  - stanowiska demontażu ręcznego,
  - stanowiska oczyszczania i przygotowywania kineskopów do przecinania,
  - urządzenie do przecinania kineskopów,
  - stanowiska usuwania luminoforów,
  - układ odsysania i oczyszczania gazów procesowych,
- linie do przetwarzania szkła.

Demontaż ręczny wykonywany jest bezpośrednio przez pracowników na samym początku całego procesu. Odbywa się on na specjalnie przygotowanym do tego stanowisku. Efektem tego procesu jest otrzymanie:

- obudowy,
- płytek drukowanych.

Po wstępnym demontażu następuje przetworzenie kineskopów, które polega na takim ich przygotowaniu aby można było rozdzielić szkło frontowe od tubowego.

Na stanowiskach „przygotowywania kineskopów” przy użyciu narzędzi pneumatycznych przecinana jest metalowa obejmą służąca do mocowania kineskopów w odbiorniku. Następnie kineskopy są starannie czyszczone ze wszystkich zanieczyszczeń (naklejek, resztek kleju itp.). szczególnie starannie czyści się miejsce połączenia szkła frontowego ze szkłem tubowym. Ma to bardzo duży wpływ na właściwe prowadzenie procesu przecinania kineskopów oraz uzyskanie czystości frakcji.

Tak przygotowany kineskop jest następnie kierowany do urządzenia rozdziału kineskopów.

Kineskopy kierowane są na stanowisko przecinania kineskopów, na którym bezdotykowo, przy użyciu sensorów podczerwieni określana jest ich wielkość i następuje oddzielenie szkła ekranowego od tubowego.

Proces dzielenia może być przeprowadzany mechanicznie (piła diamentowa), termiczno-mechanicznie (gorący drut i naprężenie mechaniczne), pół- lub automatycznie (cięcie laserowe).

Kineskop jest dzielony na dwa kawałki za pomocą gorącego drutu (proces pęknięcia naprężeniowego). Drut rozgrzewa się (kilkaset stopni poniżej temperatury topnienia) i przekazuje ciepło do kineskopu. Z powodu różnej zdolności do rozprężania szkła z części przedniej i tylnej, kineskop znajduje się pod wpływem naprężenia mechanicznego. Następuje automatyczne wyłączenie zasilania po 90 sekundach i automatyczna wentylacja (5-8 sekund) przyłącza. Po zakończeniu procesu grzania kineskop jest poddawany naprężeniom termiczno-mechanicznym co powoduje pęknięcie. W rezultacie otrzymuje się dwie oddzielone części kineskopu – 2 rodzaje szkła. Dalej, następuje usunięcie metali żelaznych oraz usunięcie szkła stożkowego oraz oczyszczanie tego szkła.

Jednym z ostatnich etapów jest usunięcie substancji niebezpiecznych (tj. luminoforu). Jest to proces wykonywany bezpośrednio przez pracownika. Warstwa fluorescencyjna wraz z wewnętrzną warstwą aluminium jest usuwana za pomocą zainstalowanej końcówki ssącej ze

szczotką. W efekcie otrzymuje się czyste szkło frontowe. W tym celu wykorzystuje się linię do przetwarzania szkła.

Utylizacja kineskopów może być również przeprowadzona w procesie cięcia laserowego. Przebieg tego procesu obejmuje następujące etapy:

- przed przystąpieniem do cięcia obudowy telewizora lub monitora, elektronika z wnętrza obudowy musi być wymontowana;
- następnie sam kineskop wchodzi do jednostki z laserem tnącym, który mierzy wielkość i wybiera odpowiedni program cięcia pasujący do tej wielkości;
- kineskop trafia do obszaru cięcia, gdzie wiązka światła z lasera 1,5 kW Rofin-Sinar CO<sub>2</sub> rozcina kineskop na dwie części. Laser może ciąć od 1 do 2 monitorów kineskopowych na minutę w zależności od ich wielkości;
- następnie szkło z przodu i z tyłu wewnętrznej strony kineskopu wymaga oczyszczenia. Metalowe części są usuwane, fosforowy materiał jest odkurzany i bezpiecznie przechowywany, a w kolejnym etapie jest przetwarzany jako odpad niebezpieczny;
- lejek ze szkła ołowiowego i szklany panel są następnie oczyszczane w bębnie czyszczącym, po czym szkło jest sprzedawane producentom nowych monitorów kineskopowych.

Recykling telewizorów OLED pracujących na bazie diod (świelówek) poprzedzają czynności zbiórki oraz transportu. Przebiegają one następująco:

- zbiórka do odpowiednich pojemników z atestem COBRO, dostarczonych przez zakład unieszkodliwiania i nadających się do bezpiecznego przechowywania świelówek. Chodzi głównie o to, aby zabezpieczyć je przed możliwością stłuczenia, dlatego m.in. przechowywane są w pozycji pionowej;
- transport w tych samych całkowicie wypełnionych pojemnikach odpowiednim środkiem transportu przez wykwalifikowany personel do zakładu unieszkodliwiania. Rozładunek pojemników – ocena stanu świelówek (w razie potrzeby usunięcie koszulek tekturowych, czyszczenie, suszenie) (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 7 października 2016...).

Natomiast proces utylizacji świelówek (grupa 5 ZSEE) przedstawia się następująco (itfocus.pl/...):

Poddanie wstępne przygotowanych świelówek przetwarzaniu w urządzeniu Photon. Świelówki zostają rozkruszone, następuje rozdzielanie i odseparowanie stłuczki szklanej, części metalowych, aluminiowych, z tworzyw sztucznych i luminoforu zawierającego rtęć.

- Proces odbywa się w zamkniętym urządzeniu, w podciśnieniu uniemożliwiającym wydostanie się oparów rtęci na zewnątrz.
- Luminofor zebrany w specjalistycznych pojemnikach zostaje załadowany do urządzenia destylującego (destylarki).

- Proces destylacji sterowany pod nadzorem czujników i programu komputerowego trwa tak długo (czas jest zmienny, zależy m.in. od ilości rtęci w luminoforze), aż poza metaliczną rtęcią o czystości 99,97% uzyskany zostanie halofosforan wapnia całkowicie wolny od rtęci.

Obiekty gospodarki odpadami prowadzące zbiórkę oraz proces utylizacji świetlówek (metody i technologie) będą omówione szczegółowo w kolejnym artykule poświęconym w całości zużytemu źródłu światła.

Przykładem mogą być m.in. firmy: Philips Lightning Poland SA w Pile, neutralizująca świetlówki (linia firmy MRT System AB), zbierane na terenie kraju przez współpracującą firmę Hydrobudowa z Mikołowa; MAYA Sp z o.o. w Warszawie – technologia unieszkodliwiania w tym samym systemie; ABBA-EKOMED w Toruniu; EKO-NEUTRAL-ELEKTRON w Gorlicach; UTIMER Sp z o.o. w Warszawie. Są to firmy zajmujące się unieszkodliwianiem świetlówek oraz innych odpadów niebezpiecznych zawierających rtęć.

Zużyte konsole do gier wideo, zużyte odtwarzacze MP3 należące do 4 grupy ZSEE są niejednorodne pod względem surowców, z których zostały wykonane. Podstawowym działaniem jest demontaż sprzętu z uwzględnieniem selekcji na następujące podzespoły:

- obudowy,
- wiązki przewodów,
- elementy metalowe,
- płyty z elektroniką,
- tworzywa sztuczne,
- baterie i akumulatory (zasilacz).

Recykling tych odpadów odbywa się na specjalistycznych liniach technologicznych, umożliwiających rozdrobnienie i sortowanie elementów według materiału i wielkość powstałych cząstek. Podobnie jak w przypadku pozostałych odpadów ZSEE otrzymujemy:

- złom żelazny i metali kolorowych,
- tworzywa sztuczne (PS, ABS, PA, PCV, PE, TU, PUR i elastomery).

W obu przypadkach odzyskane pełnowartościowe surowce mogą być wykorzystane do produkcji nowych elementów elektroniki ale również innych wyrobów (pkrecykling.pl; Instytut..., 2010; Gajec, 2008).

Formy działające w branży utylizacji sprzętu elektronicznego (w tym odtwarzaczy MP3 i zużytych konsol do gier) to: RECO w Zabrze, BOWI w Częstochowie, EKOPUSTE w Chorzowie.

Zużyte aparaty fotograficzne zalicza się do 4 grupy ZSEE. Do budowy aparatów wykorzystuje się substancje szkodliwe dla środowiska i zdrowia człowieka. Nie są one groźne w momencie korzystania, jednak kiedy po zużyciu sprzęt nie będzie odpowiednio składowany, może wyrządzić duże szkody. W aparatach fotograficznych szczególnie niebezpieczne są związki bromu, które mogą powodować poważne schorzenia układu rozrodczego, a także

problemy neurologiczne. Podobne działanie ma kadm, który wykorzystuje się w bateriach alkalicznych, czyli jednorazowych źródłach energii zasilających większość aparatów. Powoduje on zmiany nowotworowe, a także deformuje szkielet poprzez zaburzenie metabolizmu wapnia. Najniebezpieczniejsze są jednak ołów i rtęć, ponieważ uszkadzają mózg i całość układu nerwowego. Dodatkowo, ołów wywołuje choroby nerek oraz nadciśnienie tętnicze, natomiast rtęć wywołuje niewydolność oddechową. Zebrany sprzęt w punktach zbierania „elektrośmieci” trafia do zakładu przetwarzania, gdzie nastąpi bezpieczny jego demontaż ([www.blog.esbud.pl/...](http://www.blog.esbud.pl/)).

W procesie demontażu zużytych aparatów fotograficznych odzyskuje się przede wszystkim: szkło, tworzywa sztuczne, miedź, aluminium, srebro, pallad oraz złoto, które mogą być wykorzystane do produkcji płytek drukowanych i komponentów elektronicznych. Zmielone tworzywa sztuczne mogą być wykorzystywane ponownie np. do produkcji kołpaków samochodowych, szkło do naczyń żaroodpornych a kable służą do produkcji włókien, które wykorzystuje się do szycia żagli i namiotów. Natomiast platyna, miedź, złoto, srebro mogą być wykorzystywane do produkcji czajników, plomb dentystycznych i instrumentów.

Branża fotograficzna charakteryzuje się największym współczynnikiem odzysku srebra. W procesie wywoływania zdjęć około 80% srebra trafia do kąpieli w roztworze, a 20% pozostaje w kliszy. Odzyskać można zarówno srebro zawarte w roztworach utrwalaczy, jak i to w kliszach i papierach fotograficznych. Stopień odzysku ze zużytych roztworów wynosi ok. 99,4%, a z klisz ok. 95,8% ([www.rynekzlota24.pl/...](http://www.rynekzlota24.pl/)).

Metody (technologie) odzysku, recyklingu i unieszkodliwiania metali i metali szlachetnych będą przedmiotem odrębnego artykułu.

Firmy zajmujące się unieszkodliwianiem odpadów z przemysłu fotograficznego i usług fotograficznych to m.in.:

- Pogotowie Sanitarne-Epidemiologiczne NOWISTA z Bielska-Białej,
- P.M.S. KAMA z Głogowa Małopolskiego,
- Beja Recykling z Zelowa,
- Grupa Drotex Sp. z o.o. z Gliwic,
- AGRO-FILM z Wrocławia,
- Elektrołom Sp. z o.o. ze Ślemienia,
- FUH Eko-Top Sp. z o.o. z Rzeszowa,
- PMS Bartnicki z Kobyłki.

Zużyty sprzęt chłodniczy należy do grupy 1 ZSEE.

Kilka lat temu największy problem w przypadku lodówek czy chłodziarek stanowił ulatniający się z nich freon – substancja uznana za czynnik niebezpieczny dla środowiska, który wpływa na zanikanie warstwy ozonowej atmosfery ziemskiej.

W wielu domach jednak wciąż znajdują się lodówki z freonem – ich prawidłowa utylizacja jest zatem niezwykle istotna dla środowiska.



Zużyty sprzęt gromadzony jest okresowo w punktach skupu a następnie kierowany w celach demontażu do przedsiębiorstw specjalistycznych. W wyniku pełnego demontażu i segregacji otrzymujemy strumienie materiałów i podzespołów.

Recykling materiałów wchodzących w skład sprzętu chłodniczego dotyczy:

- freonów i halonów,
- złomu żelaza,
- złomu metali nieżelaznych (miedzi, aluminium),
- tworzyw sztucznych,
- szkła.

Pozostałe materiały oraz odpady z materiałów mieszanych są składowane.

Ponadto ponownie można wykorzystać takie podzespoły jak:

- sprężarki – jako części zamienne,
- drzwi – jako elementy do wtórnego wykorzystania w budownictwie.

Fundacja Ochrony Klimatu PROZON jest niekomercyjną instytucją zajmującą się wieloma aspektami dotyczącymi substancji zubożających warstwę ozonową.

Fundacja zorganizowała i administruje „krajową siecią odzysku i regeneracji czynników chłodniczych” (tzw. Sieć 3R) (Wengierek, 2004; [www.blog.esbud.pl/...](http://www.blog.esbud.pl/)).

Sieć 3R zrzesza firmy zajmujące się głównie serwisowaniem i montażem urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych. Ze znanych firm można wymienić:

- GEOMAR Recykling z Krakowa,
- EKO-JUMIR z Czeladzi.

Firmy te zajmują się odbiorem i utylizacją płynów chłodniczych. Proces recyklingu zużytego sprzętu chłodniczego prowadzi również firma Weltmar z Bielska-Białej ([geomar.net.pl](http://geomar.net.pl); [ekojumir.pl/...](http://ekojumir.pl); [www.weltmar.com.pl](http://www.weltmar.com.pl)). Od 1991 roku zajmuje się serwisowaniem oraz przetwarzaniem sprzętu chłodniczego. Przetwarzanie i odzysk surowców z zużytego sprzętu odbywa się ręcznie. Pozwala to na pozyskanie jak największej ilości części ze zużytego sprzętu do ponownego użycia, a nawet całego sprzętu.

Recykling sprzętu chłodniczego w firmie REMONDIS z siedzibą w Lünen (Niemcy) (oddziały w Gliwicach, Rudzie Śląskiej, Tarnowskich Górach, Pszczynie, Sosnowcu i in.) ([remondis-polska.pl](http://remondis-polska.pl)) prowadzony jest na liniach produkcyjnych wyposażonych w nowoczesne instalacje i technologie.

Kompletny system do przerobu zużytych lodówek zawiera wszystkie elementy umożliwiające zarówno wstępne rozdrabnianie materiału oraz jego ostateczną separację. Zastosowane w firmie rozwiązania pozwalają pomniejszyć gabaryt oraz separują sprzęt chłodniczy na: frakcję stalową – Fe (wielkość poniżej 30 mm, materiał gotowy na sprzedaż), poliuretanowy (PUR) pellet (nadający się do wykorzystania w spalarniach, zawartość gazu poniżej 0,2%), frakcję organiczną (z reguły plastik poniżej 40 mm, produkt gotowy na

sprzedaż). Przykładowo, standardowa linia ma wydajność do 80 lodówek na godzinę produkcyjną.

Etapy procesu recyklingu sprzętu chłodniczego przedstawiono poniżej.

Pierwszym etapem w procesie recyklingu sprzętu chłodniczego jest usunięcie czynnika chłodniczego z olejem kompresorowym. Zbiórka płynów powinna odbywać się w wydzielonych i oznakowanych zbiornikach.

Kolejno odbywa się wymontowywanie sprężarki i usunięcie elementów szklanych, części z tworzyw sztucznych (półki i pojemniki), luźne części metalowe, kable, przewody elektryczne oraz jeżeli są obecne, to wyłączniki ręczne i kondensatory zawierające PCB. Sprężarka jest wycinana, następnie na specjalnym stanowisku zostaje wydmuchany olej. W metalowych beczkach zostaje przekazany do rafinerii w celu wtórnej przeróbki. Uszkodzone sprężarki rozcinamy, segregując złom stalowy i miedziany.

Czynności związane z odgazowaniem pianki PUR i usunięciem freonu muszą być wykonywane w specjalnych, hermetycznych urządzeniach wyposażonych w układ filtrów i urządzenia do odzysku freonu. Obudowa lodówki wraz z izolacją z pianki poliuretanowej poddana jest operacjom mającym na celu usunięcie czynnika spieniającego (freonu R-11). Po oderwaniu pianki od metalowej obudowy (ręcznie lub mechanicznie) poddaje się ją procesowi odgazowania. Wykonuje się go w hermetycznych urządzeniach, w których następuje rozdrobnienie pianki i sprasowanie brykietu. W trakcie cięcia i prasowania uwalnia się freon R-11, który jest odsysany, kondensowany i absorbowany trójstopniowo na filtrach z węglem aktywnym. Odzyskanie freonu następuje w drodze desorpcji. Stanowisko usuwania freonu z pianki musi być monitorowane przy użyciu gazometru określającego zawartość freonu w wylotowym powietrzu z urządzenia odgazowującego i nie może przekroczyć 150 mg/m<sup>3</sup>. W odgazowanej piance poliuretanowej oznacza się zawartość freonu i nie może ona przekroczyć 0,5% wag. Końcowym etapem demontażu jest obudowa metalowa, która jest przekazywana do składnicy złomu lub bezpośrednio do przerobu do hut. Celem zmniejszenia kosztów transportu w stacji demontażu, powinno się wykonywać tzw. zagęszczenie obudowy metalowej. Odbywa się to poprzez cięcie przy użyciu prasożyc albo zgniatanie na prasie. Części szklane zostają składowane i przekazane do punktu skupu, natomiast plastiki mielone są w młynie i odsprzedawane do ponownego formowania jako komponent do wtryskarek.

#### 4. Podsumowanie

1. W Unii Europejskiej wprowadzono Dyrektywę 2002/96-WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27.01.2013 r., której celem jest ograniczenie ZSEE, a także ponowne użycie i recykling. Na państwa członkowskie został nałożony obowiązek projektowania i produkcji tych urządzeń w taki sposób, aby był możliwy demontaż i odzysk.

2. Recykling elektroodpadów polega na ich demontażu na części pierwsze w wyspecjalizowanych zakładach, po czym otrzymane materiały są grupowane na poszczególne rodzaje surowców, które następnie przekazywane są do ponownego użycia. Z elektroodpadów można uzyskać m.in.: różnego rodzaju tworzywa sztuczne, metale, w tym: stal, ołów i aluminium, szkło, gazy, takie jak np. freon oraz metale szlachetne: miedź, złoto, srebro, platynę. Obudowy wykonane z tworzyw sztucznych i metali są rozdrabniane na małe kawałki i wysyłane do zakładów odzysku i recyklingu (regranulat) lub wytwarzane jest z nich paliwo alternatywne.
3. Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny można oddzielać w sposób mechaniczny, termiczno-mechaniczny lub pół- i/lub automatycznie. Jednak jeśli chodzi o płyty elektroniki, które mają charakter kompozytowy, demontaż tych płyt jest bardzo pracochłonny i często nie prowadzi do pozyskania elementów, które mogą być ponownie użyte.

### **Wnioski z badań**

1. Recykling ZSEE prowadzony jest na liniach produkcyjnych wyposażonych w nowoczesne instalacje i technologie.
2. Zastosowane technologie pozwalają prowadzić proces recyklingu w sposób bezpieczny dla środowiska oraz zapewniają najbardziej wydajny odzysk materiałów stałych.
3. W przypadku recyklingu zużytych telewizorów manualny demontaż jest procesem pracochłonnym, bowiem w zależności od stopnia skomplikowania urządzenia, jego masy oraz rodzaju użytych w nim materiałów może trwać od kilku do kilkudziesięciu minut. Zaletami demontażu ręcznego są jednak niskie nakłady kapitałowe oraz możliwość stosowania prostych narzędzi (śrubokręty, młotki, przecinaki), natomiast jego główne wady to czasochłonność oraz ograniczona możliwość swobodnego manipulowania podczas rozbiórki.

Demontaż automatyczny zwiększa wydajność i opłacalność recyklingu urządzeń poddawanych temu procesowi. Automatyzacja stanowisk demontażu eliminuje konieczność wykonywania ciężkich prac przez obsługę. Ponadto linie demontażu automatycznego stosowane są w celu przyspieszenia transportu zdemontowanych części i materiałów, jednak wadami demontażu automatycznego są duże nakłady finansowe na specjalistyczne maszyny.

Całkowita automatyzacja linii demontażu jest nieopłacalna w przypadku przedsiębiorstw mających problemy techniczne związane z:

- ogromną różnorodnością produktów,
- projektowaniem wyrobów nie uwzględniających uwarunkowań demontażu.

Zgodnie z powyższym, a jednocześnie ze względu na znaczny udział odpadów pochodzących ze sprzętu audiowizualnego celowe będzie zastosowanie częściowo zautomatyzowanej linii do demontażu odbiorników telewizyjnych.

4. Zastosowanie lasera w porównaniu do konkurencyjnych technologii utylizacji kineskopów z wykorzystaniem gorącego drutu lub piły diamentowej jest korzystniejsze. Po pierwsze, jest bardzo szybki; jedna linia laserowa może osiągnąć roczną wydajność przetwarzania 500 000 monitorów kineskopowych. Po drugie, efektem zastosowania rozwiązania jest powstanie wysokiej jakości rozdzielonego szkła kineskopowego, które może być sprzedawane producentom telewizorów. Po trzecie, rozwiązanie charakteryzują niskie koszty operacyjne, a ceny zbiorników CO<sub>2</sub> i lusterek są znacznie niższe niż regularna wymiana pił diamentowych. Cięcie laserowe produkuje znacznie mniej kurzu w procesie skrawania, zatem zmniejsza zagrożenie dla zdrowia pracowników.

W porównaniu z procesem pęknięcia naprężeniowego, gdzie roczna wydajność przetwarzania, przy dwuzmianowym systemie pracy, wynosi około 60 000 monitorów kineskopowych – wydajność linii laserowej jest 8-krotnie większa.

5. Końcowymi produktami unieszkodliwiania świetlówek w procesie destylacji są produkty całkowicie wolne od zawartości rtęci: metale żelazne i nieżelazne (przekazywane do hut), stłuczka szklana (trafiająca do hut szkła), halofosforan wapnia i tworzywa sztuczne (wykorzystywane przez odpowiednie zakłady przemysłowe) oraz metaliczna rtęć, która może być ponownie wykorzystana.
6. W procesie demontażu zużytych aparatów fotograficznych największe korzyści daje odzysk i recykling metali i metali szlachetnych (srebra, złota, platynowców).
7. Linia do recyklingu sprzętu chłodniczego jest zaprojektowana do przerobu urządzeń zawierających CFC/freon lub pentan w postaci gazowej.

Reasumując, recykling ZSEE obejmuje:

- demontaż elementów i substancji szkodliwych dla środowiska luminofor, rtęć, freon, pentan, halon, oleje),
- demontaż elementów przeznaczonych do recyklingu (żelazo stalowy i metali kolorowych, szlachetnych, tworzywa sztuczne, szkło, guma i in.),
- demontaż elementów przeznaczonych do unieszkodliwiania (składowanie lub odzysk energetyczny).

## Bibliografia

1. Czaplicka, K., Bojarska-Kraus, M., Świądrowski, J. (5-6.12.2002). *Analiza cyklu życia (LCA) odbiornika telewizyjnego*. II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w elektronice”. Warszawa.
2. Dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej z dnia 27.01.2003 r.
3. Gajec, A. (2008). Kłopotliwe elektrośmieci. *Recykling*, 4(88).

4. <http://technowinki.onet.pl/artykuły/historia-telewizorow-od-ciezkich-odbiorow-dp-plaskie-ekrany/bprc8>, 17.05.2017.
5. <http://eco-service.com.pl>.
6. <http://edelmet.com.pl>.
7. <http://geomar.net.pl>; <http://ekojumir.pl/o-firmie>; [www.weltmar.com.pl](http://www.weltmar.com.pl).
8. <http://itfocus.pl/dzial-it/green-it/zegnamy-zarowki-witamy-recykling-swietlowek/>, 17.05.2017.
9. <http://pkrecykling.pl>.
10. <http://pkrecykling.pl>; [www.scu.pl](http://www.scu.pl).
11. <http://technika.gliwice.pl>.
12. Hucht, A. (1997). *Od prototypu do produktu rynkowego – wyższy etap realizacji wdrożenia zautomatyzowanych stanowisk do demontażu urządzeń elektronicznych*. II Polsko-Niemiecka Konferencja Logistyczna. Poznań.
13. Instytut Badań Nad Gospodarką Rynkową (2010). *Funkcjonowanie i nieprawidłowości w systemie zarządzania zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym (ZSEE) w Polsce*. Warszawa.
14. Janicka, M., Hawelke, P. (2007). Ekoprojektowanie jako ważne narzędzie ochrony środowiska na przykładzie sprzętu elektrycznego i elektronicznego. *Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 4(38).
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów z 2001 r., Dz.U. 112, poz. 1206.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 07.10.2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dla transportu odpadów, Dz.U. 2016, nr 1742.
17. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 09.12.2014 r. w sprawie katalogu odpadów, Dz.U. 2014, poz. 1923.
18. Ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz.U. 2008, nr 223, poz. 1464; Dz.U. 2005, nr 180, poz. 1495). Rozporządzenia wykonawcze do ww. ustaw – Ministra Środowiska, Ministra Gospodarki.
19. Wengierek, M. (2001). System logistyczny odpadów. Sfera regulacji. Współpraca uczestników łańcucha dostaw. *Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z 56*. Gliwice: Politechnika Śląska.
20. Wengierek, M. (2004). Łańcuch logistyczny jako instrument koordynacji przepływu odpadów i surowców wtórnych. *Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 21*. Gliwice: Politechnika Śląska.
21. Wengierek, M. (2017a). Sposoby postępowania z odpadami niebezpiecznymi w województwie śląskim. Część I – uwarunkowania prawne i organizacyjne. *Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 103*. Gliwice: Politechnika Śląska.
22. Wengierek, M. (2017b). Sposoby postępowania z odpadami niebezpiecznymi w województwie śląskim. Część II – uwarunkowania prawne i organizacyjne wybranych rodzajów

- odpadów. *Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 101*. Gliwice: Politechnika Śląska.
23. Wengierek, M. (2018). Sposoby postępowania z odpadami niebezpiecznymi w województwie śląskim. Część I – uwarunkowania techniczne w procesach zarządzania odzyskiem i recyklingiem odpadów. *Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 120*. Gliwice: Politechnika Śląska.
  24. [www.blog.esbud.pl/co-zrobic-ze-starym-aparatem-fotograficznym/](http://www.blog.esbud.pl/co-zrobic-ze-starym-aparatem-fotograficznym/).
  25. [www.blog.esbud.pl/recykling-sprzetu-chlodniczego/](http://www.blog.esbud.pl/recykling-sprzetu-chlodniczego/).
  26. [www.electro-system.pl/zak%C5%82ad-przetwarzania/technologie-przetwarzania/przetwarzanie-telewizor%C3%B3w-i-monitor%C3%B3w.html](http://www.electro-system.pl/zak%C5%82ad-przetwarzania/technologie-przetwarzania/przetwarzanie-telewizor%C3%B3w-i-monitor%C3%B3w.html).
  27. [www.recykling.pl/recykling/index.php/news/1123](http://www.recykling.pl/recykling/index.php/news/1123).
  28. [www.remondis-electro.pl/nasza-dzia%C5%82alno%C5%9B%C4%87/technologie/instalacja-do-demonta%C5%BCu-monitor%C3%B3w-i-telewizor%C3%B3w.html](http://www.remondis-electro.pl/nasza-dzia%C5%82alno%C5%9B%C4%87/technologie/instalacja-do-demonta%C5%BCu-monitor%C3%B3w-i-telewizor%C3%B3w.html).
  29. [www.remondis-polska.pl](http://www.remondis-polska.pl).
  30. [www.rynekzlota24.pl/zloto-metale-szlachetne/0214-srebro-odzysku/](http://www.rynekzlota24.pl/zloto-metale-szlachetne/0214-srebro-odzysku/).
  31. [www.scu.pl](http://www.scu.pl).
  32. [www.scu.pl/?doc=services](http://www.scu.pl/?doc=services).
  33. [www.weeezo.pl/images/Technologie%20przetwarzania%20ZSEE.pdf](http://www.weeezo.pl/images/Technologie%20przetwarzania%20ZSEE.pdf).
  34. [www.weeezo.pl/images/Technologie%20recyklingu%20kineskopow%20CRT.pdf](http://www.weeezo.pl/images/Technologie%20recyklingu%20kineskopow%20CRT.pdf).