

MERKISZ Jerzy<sup>1</sup>  
BAJERLEIN Maciej<sup>2</sup>  
DASZKIEWICZ Paweł<sup>3</sup>

## RECYKLING CYWILNYCH STATKÓW POWIETRZNYCH

*Artykuł stanowi syntetyczną analizę najważniejszych zagadnień związanych z tematyką recyklingu statków powietrznych. Przeanalizowano również korzyści oraz zagrożenia wynikające ze stosowania recyklingu w przedmiotowej dziedzinie, oraz kreowane rozwiązania, w które włączyli się najwięksi producenci samolotów pasażerskich, firmy Airbus i Boeing. Ich działania mają na celu przede wszystkim złagodzenie oraz wyeliminowanie negatywnych następstw procesu recyklingu. W rezultacie opracowano To z ich inicjatywy powstały organizacje, których członkowie, na podstawie przeprowadzonych badań, opracowali najbardziej efektywny proces recyklingu samolotów, a także wyznaczono standardy w oparciu, o które funkcjonuje obecnie większość firm działających w tym zakresie.*

## RECYCLING IN CIVIL AIRCRAFT

*The article presents a synthetic analysis of the key issues related to the civil aircraft recycling. Both benefits and risks resulting from recycling were analyzed as well as solutions implemented to recycling methods development which joined the major manufacturers of passenger aircraft, Airbus and Boeing. Their actions mainly aim at mitigating and eliminating the side-effects of the recycling process. As a result, the most efficient recycling methods of aircraft were developed together with standards which are currently applied by the majority of companies in this field.*

### 1. WSTĘP

Globalny postęp cywilizacyjny i gospodarczy wywarł ogromny wpływ na poziom światowej produkcji. Z każdym rokiem powstaje coraz więcej towarów, a co za tym idzie wytwarzanych jest coraz więcej odpadów. Stworzone zostały międzynarodowe porozumienia i prawne regulacje ograniczające wytwarzanie odpadów i nakazujące

<sup>1</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 60-965 Poznań; ul. Piotrowo 3.  
Tel: + 48 61 665-22-07, Fax: + 48 61 665-22-04, E-mail: jerzy.merkisz@put.poznan.pl

<sup>2</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 60-965 Poznań; ul. Piotrowo 3.  
Tel: + 48 61 665-27-91, Fax: + 48 61 665-22-04, E-mail: maciej.bajerlein@put.poznan.pl

<sup>3</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 60-965 Poznań; ul. Piotrowo 3.  
Tel: + 48 61 647-58-62, Fax: + 48 61 665-22-04, E-mail: pawel.daszkiwicz@doctorate.put.poznan.pl

producentom korzystanie z takich technologii, które spowodują, że wytworzone przez nich towary będą bardziej przyjazne środowisku. Tego typu działania skierowane zostały m.in. do producentów środków transportu. W szczególności dotknęły one koncerny samochodowe. Skupiono się przede wszystkim na ograniczeniu hałasu i emisji związków toksycznych oraz na elementach konstrukcyjnych. Przemysł lotniczy został w tych działaniach jakby odsunięty na bok. Dopiero od niedawna zaczęto sobie uświadamiać skalę problemu związanego z odpadami polotniczymi. Ogromna liczba pozostawionych samolotów może stać się nie tylko potężnym źródłem zagrożenia dla środowiska, ale w konsekwencji także dla nas samych. Dlatego tak ważne jest podejmowanie szybkich, a przede wszystkim skutecznych kroków w celu wyeliminowania tego problemu. O jego wadze świadczy fakt, iż jako pierwsi zareagowali ci, którzy wyznaczają kierunki rozwoju branży lotniczej, a mianowicie jej liderzy. Od niedawna, pod patronatem zarówno Boeinga jak i Airbusa, z powodzeniem funkcjonują firmy specjalizujące się w recyklingu samolotów. Ich działalność, poza względami ekonomicznymi, ma na celu odzysk możliwie jak największej ilości materiałów i surowców oraz doprowadzenie do całkowitej rozbiórki wysłużonych maszyn.

## **2. RECYKLING W LOTNICTWIE CYWILNYM**

### **2.1 Pojęcie recyklingu**

Polskie prawo definiuje pojęcie recyklingu jako: „odzysk, który polega na powtórny przetworzeniu substancji lub materiałów zawartych w odpadach w procesie produkcyjnym w celu uzyskania substancji lub materiału o przeznaczeniu pierwotnym lub o innym przeznaczeniu, w tym też recykling organiczny, z wyjątkiem odzysku energii” [1]. Proces recyklingu może odbywać się w dwóch obszarach. Dotyczy on nie tylko odpadów powstałych ze zużytych produktów, ale także tych, które wytwarzane są podczas samego procesu produkcyjnego. Potrzeba recyklingu wymusza zatem korzystanie z tzw. materiałów odnawialnych, z których możliwe jest przywrócenie pierwotnych właściwości lub odzyskanie składników. Jest również czynnikiem kształtującym postawy konsumentów. W szczególności te, które dotyczą segregacji odpadów stanowiącej podstawę każdego procesu recyklingu.

Ze względu na rezultat końcowy istnieje możliwość przyrównania procesu recyklingu odpadów do procesu produkcyjnego. Obydwa prowadzą do wytworzenia pewnych elementów z dostępnych surowców. Każdy z nich składa się również z poszczególnych etapów – procesów jednostkowych. Zasadnicza różnica polega jednak na tym, że surowcem w procesie recyklingu jest produkt finalny procesu produkcyjnego [4].

Nadrzędnym celem każdego procesu recyklingu jest odzyskanie z odpadów jak największej ilości surowców, które można by poddać ponownemu wykorzystaniu. Niezależnie od sposobu w jaki jest to osiąganym pierwszym etapem każdego procesu recyklingu jest selektywna zbiórka. W etapie tym ogromną rolę odgrywają użytkownicy produktów, którzy już w miejscu powstawania odpadów dokonują ich segregacji. Dzięki takiemu działaniu są one mniej zanieczyszczone i łatwiejsze w przetworzeniu. Zachowania te wpływają znacząco także na zmniejszenie energochłonności, jak i nakładów finansowych. W przypadku, gdy selektywna zbiórka nie została zastosowana, lub jako jej uzupełnienie, dokonuje się rozdzielania różnych rodzajów opadów za pomocą sortowania. To właśnie na tym etapie następuje oddzielenie elementów, których stan pozwala na dalsze

wykorzystanie, od tych, które będą poddane kolejnym procesom w celu odzysku materiałów. Kolejnym etapem procesu jest rozdrabnianie. Wynika ono z nieprzydatnej, trudnej do bezpośredniego przerobienia formy zgromadzonych odpadów i polega na uzyskaniu z dostępnych elementów materiału o mniejszej ziarnistości.

## 2.2 Potrzeba recyklingu samolotów

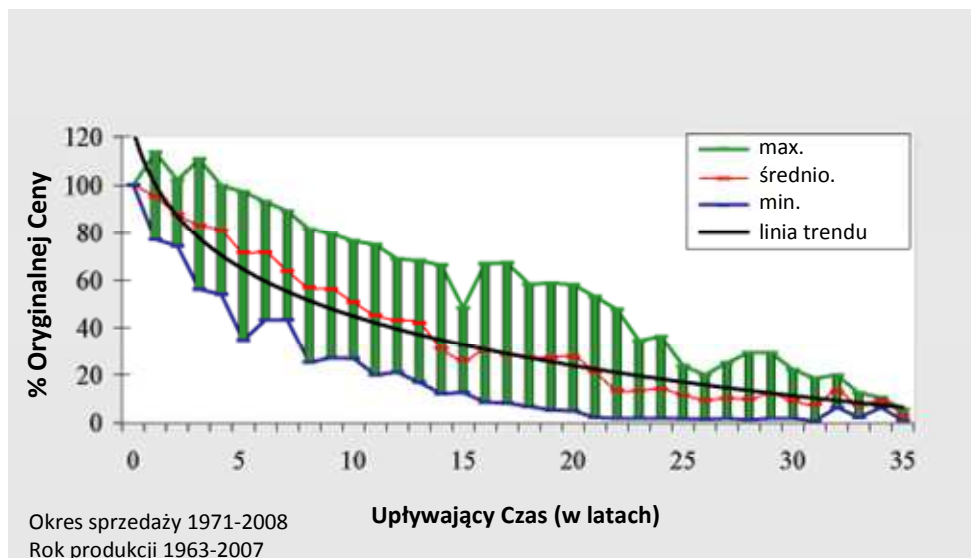
Wraz z postępującym globalnym rozwojem gospodarczym nastąpił ogromny wzrost znaczenia transportu. W szczególności, dzięki wielu jego zaletom, coraz większym zainteresowaniem cieszy się transport lotniczy. Jego przewagę nad innymi sposobami przemieszczania towarów tworzy przede wszystkim szybkość oraz zasięg. Korzystanie z samolotu jest coraz bardziej popularne także wśród podróżujących. W związku z rosnącym popytem na usługi, rynek lotniczy rozwija się w sposób niezwykle dynamiczny. Powstają nowi przewoźnicy, którzy napędzają produkcję samolotów, a dotychczas istniejące linie lotnicze dokonują rozbudowy i wymiany posiadanej floty.

Cechą charakterystyczną samolotów cywilnych jest niewątpliwie ich długa żywotność. Są one przeznaczone do użytkowania na okres 25-35 lat. Prawdopodobnie to właśnie czas eksploatacji i ich niewielka (w porównaniu do samochodów) liczba sprawiły, że przez wiele lat nikt nie zastanawiał się co zrobić z tymi statkami powietrznymi, których okres użytkowania minął.

Wraz ze wzrostem liczby maszyn będących w użytku, wzrasta także liczba tych, które powoli zostają wyłączone ze służby. Pomimo niezwykle długiego okresu możliwej eksploatacji, każdy kto jest właścicielem statku powietrznego staje w pewnym momencie przed dylematem podjęcia decyzji o jego wycofaniu z użytkowania. Przyczyny takiego postępowania mogą być różne. Zazwyczaj są one wynikiem:

- wzrastających kosztów napraw,
- koniecznością wprowadzenia kosztownych zmian technologicznych będących wynikiem zapisów prawnych,
- problemem związanym ze znalezieniem części zamiennych,
- przekroczeniem dopuszczalnego czasu eksploatacji.

Długość czasu eksploatacji samolotu wpływa także znacząco na jego wartość. Im więcej lat upłynie od momentu wyprodukowania maszyny, tym szansa na uzyskanie w wyniku sprzedaży wysokiego zwrotu poniesionych kosztów maleje. Zależność tę doskonale obrazuje rysunek 1. Łatwo zauważyć, że największy spadek wartości samolotu następuje w pierwszych 10 latach jego eksploatacji. Średnio cena sprzedaży statku powietrznego po takim czasie pozwoli uzyskać jedynie 45% jego ceny pierwotnej. Taka relacja jest w zasadzie całkowicie niezależna od jego stanu technicznego, czy producenta i jest właściwa praktycznie dla wszystkich typów samolotów. Starzenie się statków powietrznych jest również jedną z przyczyn, dla których dokonuje się ich rozbiórki. W pewnym momencie dalsza naprawa, czy unowocześnianie technologii staje się po prostu nieekonomiczne. Właściciel może zatem podjąć decyzję o wymontowaniu sprawnych elementów lub układów, a następnie ich sprzedaży. W takich sytuacjach okazuje się często, że wartość pojedynczych elementów przewyższa finalnie wartość maszyny jako całości. To co pozostaje z samolotu stwarza kolejny problem i zagrożenia dla środowiska naturalnego.



Rys.1. Deprecjacja wartości samolotu w czasie.

Ekspertów szacują, że w latach 2005-2020 na terenie samej UE wycofanych z eksploatacji zostanie ponad 7500 samolotów pasażerskich (średnio od 200 do 300 rocznie), co może spowodować ogromne problemy z ich składowaniem [3]. Dlatego też w ostatnich dwóch dekadach podejmowane były działania mające na celu rozwinięcie bądź stworzenie nowych technologii, które mogłyby być zastosowane w recyklingu samolotów. Dotychczas znaczna część samolotów trafiała na złom, a recyklingowi poddawane było aluminium. Naukowcy udowodnili jednak, że w stosunku do ogromnej większości elementów z jakich zbudowane są obecnie eksploatowane maszyny (np. nowsze wersje Airbusa A320) może być zastosowany także odzysk energetyczny na poziomie aż 85-95% elementów tych maszyn [2].

### 2.3 Główne obszary recyklingu samolotów cywilnych

Obecnie procesowi recyklingu mogą być poddawane prawie wszystkie elementy, z których zbudowane są samoloty. Odzysk ich części i materiałów jest hierarchicznie uporządkowany. Następuje on stopniowo i w odpowiedniej kolejności. W trakcie dokonywania rozbiórki całość wraku dzielona jest na trzy obszary, w których dokonywane są prace. Rejony te obejmują w kolejności:

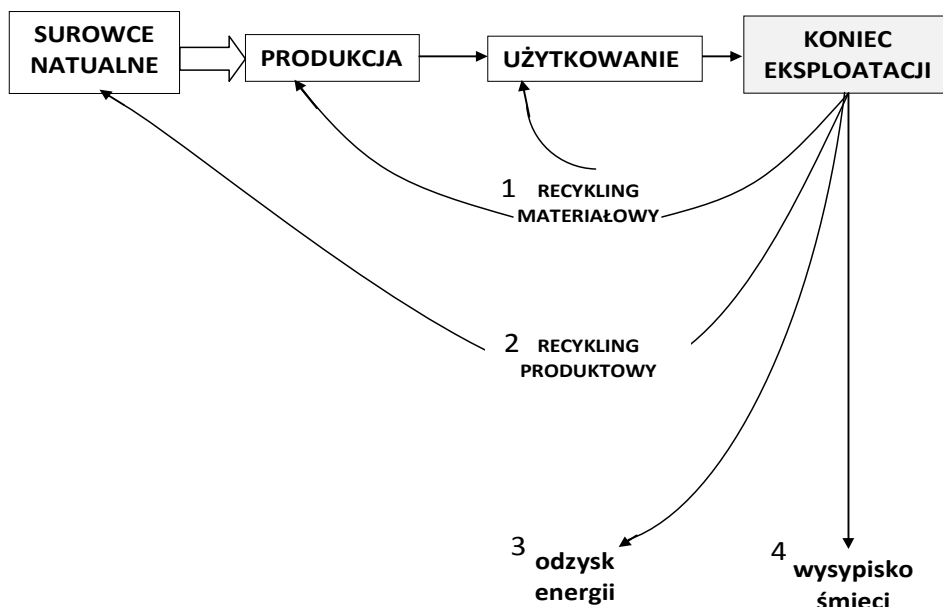
- silnik, jest głównym elementem kształtującym ogólną wartość samolotu. Może on stanowić nawet 80% całkowitej wartości maszyny. Z tego względu jest on elementem priorytetowym w procesie recyklingu. Oznacza to, że jako pierwszy jest on oddzielany od reszty wraku, po to, by uniknąć ewentualnego uszkodzenia lub też w celu szybkiego odzyskania środków finansowych. Po zdemontowaniu silnik poddawany jest testom, które mają na celu sprawdzenie jaki jest jego stan techniczny. W tym przypadku można powiedzieć, że poddano go recyklingowi produktowemu bezpośredniemu;

– części wyposażenia, mogą być uwzględniane w procesie recyklingu (recyklingu produktowego), do którego zalicza się wszystkie elementy, które w łatwy sposób można wymontować z maszyny. Warunkiem koniecznym jest ich odpowiedni stan techniczny, który może pozwolić na dalsze korzystanie, nie powodując zagrożenia dla życia lub zdrowia użytkowników samolotu. Takimi elementami wyposażenia są m.in.: instrumenty kabiny pilotów, rejestrator katastroficzny, układ klimatyzacji, układ paliwowy, kłapy i spojery, podwozie (koła i elementy hydrauliczne), drzwi i okna, siedzenia i dywaniki;

– kadłub wraz ze skrzydłami, są ostatnim obszarem zainteresowań recyklingu samolotów. Rozbiórki dokonuje się za pomocą specjalistycznych maszyn przemysłowych, wyposażonych w szczypce. Rozbiórkę zaczyna się od oddzielenia od kadłuba skrzydeł, a następnie kokpitu. Wszystko cięte jest na drobne kawałki metalu, które następnie są oddziela się od drobin wykonanych z tworzywa sztucznego od pozostałych elementów metalowych. Tak obrobiony materiał przekazywany jest do firm specjalizujących się w recyklingu metali, gdzie dokonuje się jego segregacji na aluminium, tytan, miedź i stal, a następnie poddaje się dalszej obróbce.

Proces utylizacji trwa nawet 12 tygodni, a koszty jakie musi z tego tytułu ponieść właściciel samolotu wahają się między 70 a 140 tys. Euro (szacunkowe dane w odniesieniu do Boeinga 747). Tak wielka ich rozbieżność zależy przede wszystkim od zakresu niezbędnych do wykonania działań i wymagań stawianych przez właściciela maszyny [3].

Zarówno w odniesieniu do samolotów, tak i do każdego innego produktu możemy mówić o jego cyklu życia. Jak przedstawia to rysunek 2, pojęcie recyklingu odnosi się do jego ostatniego etapu. Rozwiązaniem jest recykling materiałowy, czyli ponowne użycie, recykling produktowy, a także podjęcie działań mające na celu odzysk energii.



Rys.2. Rodzaje odzysku i możliwości ich wykorzystania.

### **3. BOEING, AIRBUS I ICH WKŁAD W ROZWÓJ RECYKLINGU STATKÓW POWIETRZNYCH**

#### **3.1 Rozwój recyklingu samolotów**

Boeing, Airbus oraz inni producenci statków powietrznych mimo, że od momentu sprzedaży swoich produktów nie są już ich właścicielami, to wciąż postrzegani są jako Ci, którzy w znaczącym stopniu mają wpływ na degradację środowiska naturalnego. Każdy specjalista od marketingu doskonale zdaje sobie sprawę, że taka opinia może spowodować obniżenie zaufania do danego przedsiębiorstwa, a także osłabić jego pozycję rynkową. Dlatego też producenci statków powietrznych od dawna zastanawiają się nad tym, co powinni zrobić i w jaki sposób, aby problem ten zminimalizować. Pierwszym, który podjął jakiegokolwiek działania skierowane wobec wyeksploatowanych samolotów było europejskie konsorcjum. Przy finansowym wsparciu Komisji Europejskiej i w porozumieniu z kilkoma przedsiębiorstwami (m.in. związanymi z recyklingiem) stworzono w kwietniu 2005 roku projekt zwany PAMELA (Process for Advanced Management of End of Life Aircraft). Mówi się, że inicjatywa ta powstała w związku z koniecznością wycofywania pierwszych produkowanych przez Airbusa samolotów A300. Amerykański konkurent nie pozostał jednak w tyle i w niecały rok później ogłosił powstanie grupy AFRA (Aircraft Fleet Recycling Association). W wyniku obydwu projektów powstały, zarówno w USA jak i w Europie, wyspecjalizowane przedsiębiorstwa zajmujące się recyklingiem samolotów. Ponieważ popyt na tego typu usługi jest ogromny i wciąż rośnie obecnie obserwuje się dynamiczny rozwój tego rynku. Ma to pozytywny wpływ nie tylko na światową gospodarkę, ale przede wszystkim na poprawę stanu środowiska naturalnego obecnie i zmniejszenie jego degradacji w przyszłości.

#### **3.2 Projekt PAMELA**

Jest to projekt powstały z inicjatywy europejskiego konsorcjum – firmy Airbus. Ten potentat w branży producentów cywilnych samolotów pasażerskich przewiduje, że co roku około 200 do 300 maszyn będzie wycofywanych z użytku. Z uwagi na to konsorcjum podjęło działania zmierzające do wyznaczenia nowych, efektywnych, a przede wszystkim przyjaznych środowisku standardów postępowania z tego typu samolotami [5].

Projekt zapoczątkowany został w kwietniu 2005 roku dzięki finansowemu wsparciu proekologicznego, międzynarodowego programu LIFE (*L'Instrument Financier de l'Environnement*) prowadzonego przez Komisję Europejską. Celem 2,4 mln Euro wsparcia jest opracowanie całego procesu zarządzania końcowym etapem „życia” statków powietrznych. Dotyczy to zarówno składowania samej maszyny jak i jej podziału, rozbiórki, recyklingu materiałów i zarządzania potencjalnie niebezpiecznymi odpadami. Jednym z głównych założeń programu PAMELA jest także zademonstrowanie i potwierdzenie tez głoszonych przez przedstawicieli Airbusa, a mianowicie tego, że aż 85-95% samolotu i jego komponentów może być w łatwy sposób poddane procesowi recyklingu (zarówno materiałowemu jak i produktowemu). Konsorcjum chce doprowadzić do takiego zarządzania komponentami lotniczymi, aby zdatne przekazywane były do wtórnego rynku części, natomiast niezdatne bądź przestarzałe technologicznie były z tego rynku usuwane i w odpowiedni sposób niszczone [7]. Aby zapewnić realizację wszystkich wyznaczonych dla projektu PAMELA zadań Airbus musi działać w porozumieniu z innymi przedsiębiorstwami. PAMELA jest zatem projektem prowadzonym we współpracy z

dwiema spółkami koncernu European Aeronautic Defence & Space Co. (właściciela Airbusa) – EADS CCR i EADS Sogerma Services oraz Suez-SITA (firma zarządzająca odpadami) i Prefecture Hautes Pyrénées (lokalnymi przedstawicielami władz, których zadaniem jest pilnowanie, aby każdy etap działalności związany z procesem był zgodny z obowiązującymi przepisami) [6]. Centrum dowodzenia projektem znajduje się na lotnisku w Tarbes w południowo-zachodniej Francji, gdzie w lutym 2006 roku trafił mający za sobą 24 lata „służby” w Brazylii, Japonii i Arabii Saudyjskiej samolot Airbusa – A300B4. Został on poddany serii testów, które posłużyły do wypracowania najlepszego sposobu rozbiórki i recyklingu statku powietrznego. Ten trwający ponad rok program badań zaowocował stworzeniem 3-stopniowego procesu rozbiórki samolotu, którego główne elementy to:

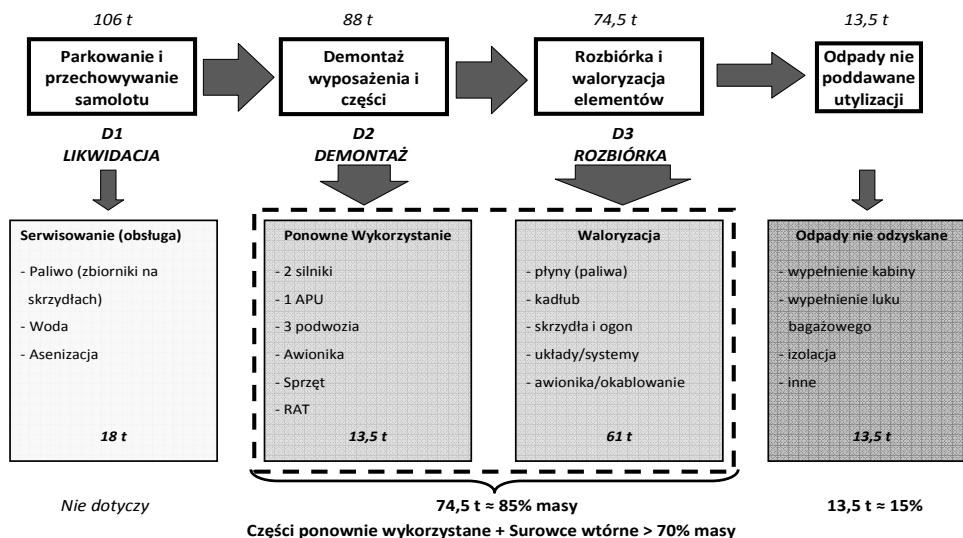
**D1 Decommissioning/Likwidacja** – oznacza tą fazę procesu, w której samolot zostaje wycofany ze służby i przechowywany w wyznaczonym do tego miejscu. W tym czasie jest on poddawany oczyszczeniu oraz odkażeniu. Dokonuje się także opróżnienia jego zbiorników. Wszystkie te czynności prowadzone są przy uwzględnieniu najważniejszych procedur bezpieczeństwa. Samoloty, które znalazły się w tej fazie zazwyczaj powracają do służby i są w dalszym ciągu użytkowane. Dzieje się tak w przypadku blisko 75% z nich.

**D2 Disassembling/Demontaż** – jest to drugi etap rozbiórki, w którym podejmowane są decyzje o tym, iż dany statek powietrzny stanie się źródłem części zapasowych dla innych maszyn. Takie elementy mogą być użytkowane na innych samolotach jedynie w oparciu o przepisy o zdolności do lotu. Faza demontażu nie oznacza jednak, że dany statek powietrzny nie będzie w przyszłości przywrócony do czynnej eksploatacji. Takie działania wymagają jednak ogromnych nakładów finansowych, w związku z czym zdarza się to niezwykle rzadko.

**D3 Smart dismantling and valorization/Waloryzacja i ostateczna rozbiórka** – to ostatni etap procesu rozbiórki samolotu. Po jego rozpoczęciu nie ma możliwości cofnięcia decyzji i przywrócenia maszyny do czynnej eksploatacji. Podczas tej fazy dokonuje się ostatecznego osuszenia wszystkich instalacji oraz usunięcia wszelkich niebezpiecznych, a nawet trujących materiałów. Tak przygotowany samolot zostaje następnie rozłożony na poszczególne elementy (następuje jego dekonstrukcja). Wszystkie uzyskane w ten sposób części muszą być tak zniszczone, aby nie mogły być ponownie użyte. Tak uzyskany materiał jest następnie przekazywany do specjalistycznych przedsiębiorstw, które zajmują się jego recyklingiem. Pozostała część w związku z brakiem możliwości jej utylizacji, trafia na wysypiska śmieci [2].

Proces rozbiórki samolotu przeprowadzony przez członków projektu PAMELA był przez cały czas jego trwania bardzo dokładnie monitorowany. Pozwoliło to na zebranie ogromnej ilości danych dotyczących m.in. tego czym na danym etapie się zajmowano, co zostało poddane utylizacji i ile materiałów nie udało się ponownie użyć, lub przetworzyć. Osiągnięcia tego trzy stopniowego procesu prezentuje rysunek 3.

Wdrożenie projektu PAMELA miało na celu nie tylko stworzenie samego procesu zarządzania końcowym etapem życia samolotów, tak, by był on jak najbardziej proekologiczny. Europejskie konsorcjum jest przekonane, że najlepszym sposobem byłoby już na etapie projektowania uwzględnienie faktu, że tworzony statek powietrzny będzie objęty procesem całkowitego recyklingu.



Rys.3. Osiągnięcia 3-stopniowego procesu rozbiórki samolotu A300B4.

Dzięki powołaniu do życia projektu PAMELA stworzono także europejską sieć informacji gromadzącą dane dotyczące wszystkich części i urządzeń, które trafiły do rynku wtórnego [4]. Takie elementy, po ich zdemontowaniu, są w odpowiedni sposób katalogowane, co pozwala na monitorowanie ich w dowolnie wybranym momencie. System ten umożliwia całkowite wyeliminowanie elementów, które są przestarzałe technologicznie lub nie nadają się do dalszego użytku. Wszystkie informacje gromadzone przez okres trwania projektu są przekazywane do Komisji Europejskiej i posłużą do stworzenia dyrektywy unijnej dotyczącej recyklingu samolotów [7].

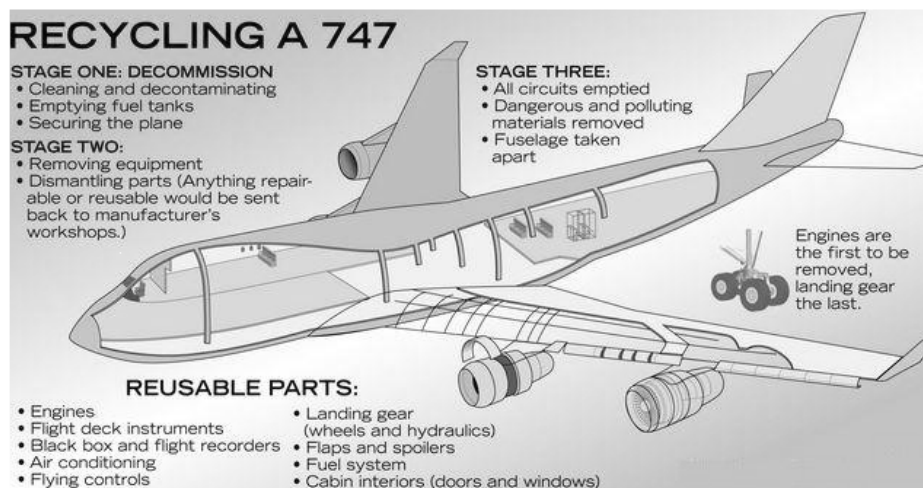
### 3.3 Projekt AFRA

Od momentu powstania w 2006 roku podejmuje działania mające na celu wyznaczenie standardów i przekazanie wskazówek dla firm zajmujących się demontażem statków powietrznych, stworzenie procesu zarządzania flotą przestarzałych samolotów oraz ich częściami w taki sposób, aby zarówno właściciele, jak i środowisko naturalne odczuwały z tego korzyści. Przede wszystkim działalność tej organizacji dedykowana była stworzeniu:

- bezpiecznego, przyjaznego środowisku, odpowiedzialnego systemu zarządzania starzejącą się flotą samolotów,
- bezpiecznego i ekonomicznie opłacalnego przywrócenia statków powietrznych, silników i części samolotów do stanu czynnego,
- bezpiecznego i korzystnego finansowo systemu recyklingu materiałów (np. aluminium),
- bezpiecznego systemu złomowania statków powietrznych przy zachowaniu odpowiednich procedur (w tym odpowiedniej rozbiórki i oczyszczenia części).

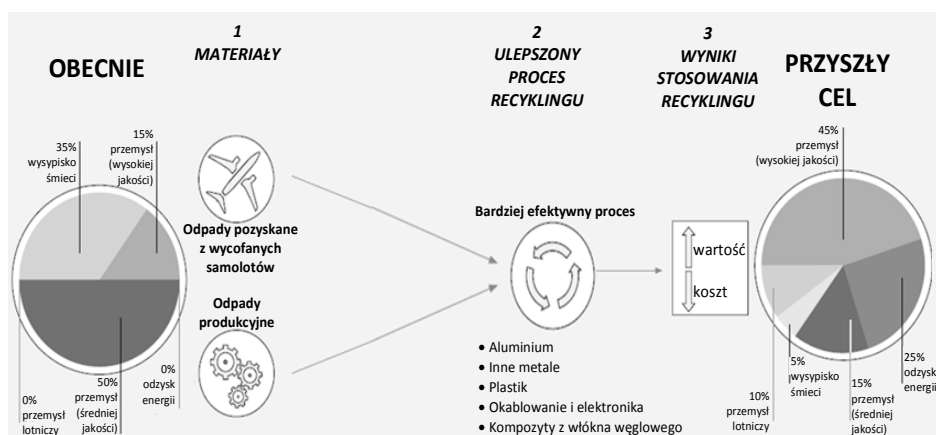
Podczas kilku lat działalności organizacji tej udało się wypracować minimum standardów niezbędnych do przeprowadzenia odpowiedniego demontażu statków powietrznych. Dzięki nim możliwe było uproszczenie samego procesu recyklingu, zaprezentowanego na rys. 4.





Rys.4. Standardy demontażu statków powietrznych stworzone przez AFRA [5].

Dzięki przeprowadzaniu zgodnie z jej zaleceniami procesu usuwania części z samolotu, mniej z nich ulega uszkodzeniu zapewniając większe przychody dla właścicieli. Przed powstaniem AFRA zaledwie 70% części samolotu mogło być w pełni poddane recyklingowi, jednak członkowie stowarzyszenia przekonują, że do roku 2016 dzięki wprowadzonym przez ich ulepszeniom uda się docelowo uzyskać możliwość utylizacji nawet 95% samolotu, jednocześnie obniżając koszty samego procesu [5]. Takie rozwiązanie spowoduje, że dla właściciela statku powietrznego recykling będzie finansowo opłacalny, co skutecznie zniechęci do tego przedsięwzięcia. Wynik procesu zaproponowany przez AFRA ma na celu zwiększenie przychodów przy jednoczesnym obniżeniu kosztów recyklingu, co prezentuje rysunek 5.



Rys.5. Zastosowanie bardziej efektywnego procesu recyklingu.

#### 4. WNIOSKI

Zagadnienie recyklingu to pojęci znane już od wielu lat. Jednak w odniesieniu do przemysłu lotniczego jest to rodzaj działań, który wciąż jeszcze stanowi pewnego rodzaju nowość. Niemniej jednak, proces ten jest obecnie jednym z najważniejszych tematów dotyczących sposobów postępowania z wycofanymi z eksploatacji statkami powietrznymi. Ogromne wyzwanie dla recyklingu statków powietrznych stanowią obecnie nowoczesne konstrukcje wykorzystujące materiały dotychczas nie stosowane w strukturze samolotów. Zarówno Boeing, jak i Airbus starają się tworzyć takie produkty, które przede wszystkim będą wytrzymałe, a jednocześnie pozwolą uzyskać mniejsze koszty eksploatacji. Obecnie jest to możliwe tylko w przypadku zastosowania materiałów kompozytowych. Te jednak, ze względu na swoją budowę, generują ogromny problem związany z ich późniejszym recyklingiem. Jak dotąd udało się wypracować jedynie metodę pozwalającą na recykling włókna węglowego, które wprawdzie jest najczęściej stosowane w konstrukcjach samolotów, ale nie jest jedynym rodzajem kompozytów wykorzystywanym w tym celu. Dodatkowo, proces ten nie pozwala na uzyskanie materiału o takich samych właściwościach co pierwotny. W związku z tym nie może być on użyty ponownie w produkcji statków powietrznych. Nad rozwiązaniem tego problemu, bardzo intensywnie, pracują obecnie eksperci firmy Boeing. Ich głównym celem jest stworzenie właśnie takich procesów, dzięki którym materiał pozyskany w wyniku recyklingu będzie można ponownie zastosować w konstrukcjach lotniczych.

Pomimo ogromnych zalet związanych z zastosowaniem procesu recyklingu tj. oszczędność energii, rozwój gospodarczy oraz zmniejszenie kosztów produkcji, ma on także pewne wady, o których nie należy zapominać. Główne zagrożenie z nim związane to przede wszystkim podejmowanie działań nie zgodnych z wypracowanymi procedurami, których omijanie bądź łamanie może powodować poważne zagrożenia dla zdrowia, a nawet życia pasażerów.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bilitewski B., Härdtle G., Marek K.: Podręcznik gospodarki odpadami. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa, 2006.
- [2] Bolt J.: AIRBUS Composite Training. Konferencja VPD, Frankfurt, 2007.
- [3] Dyrektywa Rady 2006/12/WE z dnia 5 kwietnia 2006r. w sprawie odpadów.
- [4] Oczko K.E.: Kompozyty włókniste – właściwości, zastosowanie, obróbka ubytkowa. Miesięcznik naukowo-techniczny „Mechanik 7/2008”. Organ Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich, Warszawa, 2008.
- [5] [http://www.aels.nl/sites/aels/user\\_files/NewsArticles/ATEMArticle.pdf](http://www.aels.nl/sites/aels/user_files/NewsArticles/ATEMArticle.pdf)
- [6] <http://www.airbus.com/innovation/eco-efficiency>
- [7] <http://www.airliners.net/photo/PAMELA-Project/Airbus-A300B4-2C/1041820/M/>