

METODA KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PROEKOLOGICZNEGO PROJEKTOWANIA WYROBÓW AGD

Ewa DOSTATNI

Streszczenie: W artykule przedstawiono aplikacje wspomagającą dobór materiałów oraz połączeń wykorzystywanych przy projektowaniu wyrobów AGD, uwzględniający późniejszy ich demontaż i recykling. Celem aplikacji jest wyselekcjonowanie tworzyw sztucznych, z jakich wykonane zostaną części oraz metod ich łączenia, spełniających wymagania projektanta, których koszty demontażu oraz recyklingu będą jak najniższe, przy zachowaniu odpowiedniego (założonego) poziomu recyklingu.

Słowa kluczowe: ekoprojektowanie, recykling, komputerowe wspomaganie, wyroby AGD.

1. Wstęp

Końcowym etapem cyklu życia wyrobu jest unicestwienie lub odzysk. Uwzględnienie go, już we wczesnej fazie rozwoju (na etapie koncepcji), pozwala zredukować negatywne skutki oddziaływania wyrobu na środowisko naturalne, a także zminimalizować koszty poużytkowe, związane z wymaganym przez prawo obowiązkiem zagospodarowania zużytych, bądź wyeksploatowanych produktów. Jednakże, częstym problemem w tym przypadku jest brak fachowej wiedzy i odpowiednich danych dotyczących możliwości recyklingu wyrobu, gdyż z reguły wykracza to poza ramy kompetencji projektanta. Z tego względu, coraz większe znaczenie mają specjalistyczne systemy informatyczne, które wspomagają projektanta w decyzjach podejmowanych podczas proekologicznego projektowania. Z uwagi na małą liczbę dostępnych na rynku systemów, ich wysoką cenę oraz ograniczoną funkcjonalność pojawia się zapotrzebowanie na tego typu systemy. W artykule prezentowany jest system wspomagający dobór materiałów oraz połączeń wykorzystywanych przy projektowaniu wyrobów, pod kątem ich demontażu oraz recyklingu.

Wśród wyrobów, będących największym zagrożeniem dla ekologii są urządzenia elektryczne i elektroniczne, w których największy udział mają artykuły gospodarstwa domowego (w skrócie AGD). Jednymi, z podstawowych materiałów konstrukcyjnych tego typu wyrobów są tworzywa sztuczne, których recykling nie jest procesem łatwym i wymaga uwzględnienia wielu czynników, również ekonomicznych. Dlatego, należy je tak dobierać, aby maksymalnie ograniczyć koszty, przy zachowaniu pożądanych parametrów użytkowych i odpowiedniego poziomu recyklingu. Jednak, zanim dany produkt zostanie poddany procesowi recyklingu, należy go uprzednio zdemontować. Tu również pojawia się wiele kwestii do rozważenia, takich jak np. głębokość demontażu, metoda, koszt itp. Koszt demontażu, w dużej mierze, przy założeniu stosowania tej samej metody, zależy od czasu, który on zajmuje. W tym miejscu, należy się zastanowić jakie techniki łączenia tworzyw sztucznych należy zastosować, aby maksymalnie skrócić czas demontażu, mając na uwadze zachowanie pożądanych właściwości.

Punktem wyjścia jest rozpoznanie zagrożeń dla środowiska naturalnego, jakie niosą ze sobą wyeksploatowane wyroby i działania jakie należy podjąć, aby je jak najskuteczniej

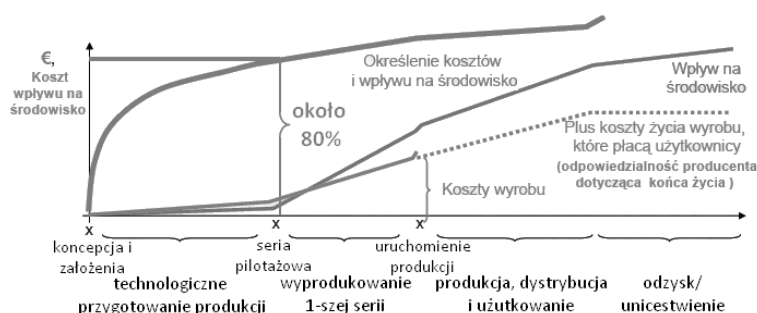
zminimalizować. Najlepszą metodą likwidacji zagrożeń jest dotarcie do źródła problemu, co w przypadku produktu oznacza skupienie się na etapie projektowania. Dlatego też, powstało pojęcie proekologicznego projektowania wyrobów, nazywane w skrócie ekoprojektowaniem.

2. Proekologiczne projektowanie wyrobów

2.1. Ekoprojektowanie

Ekoprojektowanie stanowi nowe podejście do projektowania wyrobów i polega na identyfikowaniu aspektów środowiskowych związanych z produktem i włączaniu ich do procesu projektowania już na pierwszych etapach rozwoju produktu. Określa się je również mianem projektowania dla środowiska, czy też projektowania zgodnego z zasadami zrównoważonego rozwoju. W literaturze funkcjonują następujące określenia: ecodesign, DfE (z *ang.* Design for Environment), environmental design, ecological design, sustainable product design, green design. Ekoprojektowanie wprowadza dodatkowy wymiar do projektowania tradycyjnego. Choć nadal kluczową rolę pełnią takie aspekty jak funkcja, bezpieczeństwo, ergonomia, wytrzymałość, jakość, czy też koszty, to jednak dochodzi dodatkowe kryterium, jakim jest ocena projektu z punktu widzenia jego oddziaływania na środowisko. Głównymi argumentami za ekoprojektowaniem są [2]:

- udoskonalanie produktów i procesów technologicznych,
- podstawy prawne (IPP - Polityka Zintegrowanego Wyrobu, EuP - Dyrektywa dotycząca Eko-projektowania Wyrobów Zużywających Energię, WEEE - Dyrektywa dotycząca Zużytego Sprzętu Elektrycznego I Elektronicznego, RoHS- - Dyrektywa dotycząca Zużytego Sprzętu Elektrycznego I Elektronicznego)
- obniżanie kosztów poprzez weryfikację i modyfikację wyrobu na wczesnych etapach koncepcyjnych,
- nadążanie za zmieniającymi się oczekiwaniami klientów,
- obniżenie materiałochłonności i energochłonności produktów w całych cyklach ich istnienia,
- obniżanie ciężaru produktów i ich opakowań,
- obniżanie kosztów produkcyjnych i eksploatacyjnych.

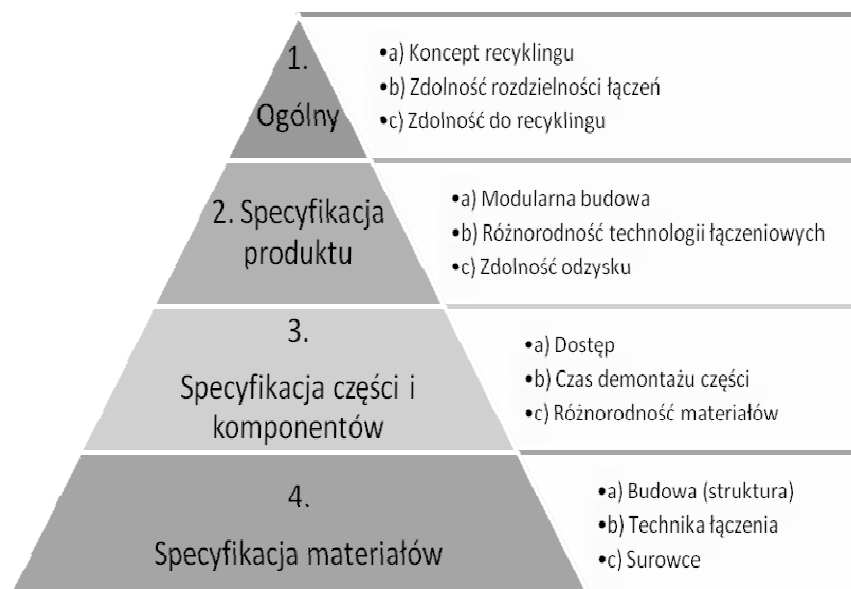


Rys. 1. Wykres przedstawiający koszt oraz wpływ wyrobu na środowisko w kolejnych fazach jego życia [5]

Pomimo, iż sam proces projektowania w minimalnym stopniu oddziałuje na środowisko, to szacuje się iż ok. 80% wszystkich oddziaływań środowiskowych, związanych z wyrobem zostaje określonych właśnie w fazie projektowania (rys. 1). W momencie zakończenia etapu przygotowania wyrobu do produkcji pozostają niewielkie możliwości zmian w celu zwiększenia efektywności procesu produkcyjnego i zminimalizowania jego negatywnego wpływu na środowisko [3], [5].

2.2. Kryteria recyklingu

Na rysunku 2 przedstawiono główne aspekty (kryteria) recyklingu z uwzględnieniem trzech podstawowych filarów techniczno-konstrukcyjnych produktu: (a) ogólna struktura (np. obudowa, elementy konstrukcji, części), (b) technika łączenia części i elementów, (c) surowce i materiały. Filarom tym przyporządkowane są odpowiednie poziomy konstrukcyjne: (1) poziom ogólny (konceptyjny), (2) specyfikacja produktu, (3) specyfikacja części i komponentów, (4) specyfikacja materiałów.



Rys. 2. Główne aspekty recyklingu i konstrukcji produktu - opracowanie własne na podstawie [1]

Dokonanie analizy kryteriów recyklingu, w odniesieniu do konkretnego produktu, otwiera możliwości daleko idącej jego oceny oraz optymalizacji. W tabeli 1 zostały przytoczone wybrane przykłady.

Należy jednak pamiętać, iż uniwersalne i wyczerpujące przedstawienie wszystkich sposobów optymalizacji właściwości pro-recyklingowych wyrobów, nie jest możliwe ze względu na szeroką ich różnorodność i daleko idącą indywidualność rozwiązań technicznych. Przytoczone przykłady ukazują jedynie możliwe kierunki działań. Przed projektantem stoi zadanie ustalenia strategii postępowania w odniesieniu do danego przypadku.

Tab. 1. Analiza kryteriów recyklingu, w odniesieniu do produktu, jego ocena oraz optymalizacja [6]

Techniczne kryteria recyklingu	Ocena	Optymalizacja
Dostęp do komponentów lub części	Bezpośredni, łatwy dostęp	Optymalizacja zbędna
	Pośredni, utrudniony dostęp	Sprawdzić możliwości uproszczenia rozwiązań konstrukcyjnych: modułarna budowa, konstrukcyjna niezależność kolejności demontowania, redukcja ilości części, standaryzacja.
	Trudny dostęp, lub jego brak	Daleko idące uproszczenia konstrukcyjne (j. w.)
Identyfikacja komp. i części, dokumentacji	Jednoznaczna, łatwa, (ew. możliwa maszynowa) identyfikacja dokumentacji	Optymalizacja zbędna
	Słaba widoczność oznakowania, niepełna dokumentacja	Poprawa dokumentacji i (lub) metody oznakowania: widoczność, standaryzacja, trwałość
	Brak oznakowania i dokumentacji	Wykonanie dokumentacji demontażowej i oznakowanie części (j. w.)
Czas demontażu (z uwzględnieniem specyfiki produktu)	Krótki	Optymalizacja zbędna
	Stosunkowo długi	Sprawdzić możliwości zastosowania modularnej budowy, redukcji części, optymalizacji technik łączenia, ułatwienia dostępu do punktów łączeniowych
	Bardzo długi - ekonomiczna nierentowność demontażu)	Zmiany (uproszczenia) konstrukcyjne, modułarna budowa, redukcja części, standaryzacja i ujednolicenie technik łączenia
Techniki łączenia i ich różnorodność	Części łatwo demontowalne, bez konieczności ich niszczenia, zastosowanie jednolitych technik narzędzi	Optymalizacja zbędna; sprawdzić możliwość maszynowego demontażu
	Demontaż niszczący części, lub wymagający użycia niestandardowych narzędzi	Techniki łączenia nieniszczące komponentów przy demontażu; standardowe narzędzia demontażu
	Demontaż trudny, niszczący części, różne typy łączeń	Redukcja typów łączeń, daleko idące ulepszenia technik łączeniowych (j. w.)
Możliwość odzysku surowców (materiałów)	Produkt recyklingu o niezmiennych właściwościach	Optymalizacja zbędna
	Produkt o pogorszonych właściwościach (w por. z materiałem pierwotnym)	Sprawdzić możliwości zastosowania materiałów o lepszych właściwościach recyklingowych, lub możliwości redukcji różnorodność materiałów
	Odzysk nie możliwy - odpady	Zmiana surowca, zastosowanie materiałów kompatybilnych
Materiały (komponenty, części) niebezpieczne	Brak	Optymalizacja zbędna
	Stosowane, łatwe do demontażu (separacji)	Sprawdzić możliwości zastąpienia (eliminacji), zapewnić odpowiednie oznakowanie
	Stosowane, separacja i demontaż niemożliwy lub b. trudny	Sprawdzić możliwości zastąpienia, lub oznakowanie, ułatwić separację (ulepszenia konstrukcyjne, łączenia, modułarna budowa...)
Materiały (surowce) lub komponenty z recyklingu	Szeroko stosowane	Optymalizacja zbędna, ew. Sprawdzić możliwości jeszcze pełniejszego zastosowania recyklatów
	Częściowo stosowane	Sprawdzić możliwości szerszego zastosowania recyklatów
	Brak	Zmiany konstrukcyjne umożliwiające zastosowanie recyklatów

Należy jednak pamiętać, iż uniwersalne i wyczerpujące przedstawienie wszystkich sposobów optymalizacji właściwości pro-recyklingowych wyrobów, nie jest możliwe ze względu na szeroką ich różnorodność i daleko idącą indywidualność rozwiązań technicznych. Przytoczone przykłady ukazują jedynie możliwe kierunki działań. Przed projektantem stoi zadanie ustalenia strategii postępowania w odniesieniu do danego przypadku.

Prezentowana poniżej aplikacja wspomagająca dobór materiałów oraz połączeń w proekologicznym projektowaniu wyrobów AGD stanowi jedno z możliwych rozwiązań, które może być pomocne projektantowi przy projektowaniu wyrobów uwzględniając ich recykling.

3. Projekt aplikacji wspomagającej dobór materiałów oraz połączeń w proekologicznym projektowaniu wyrobów AGD

3.1. Wymagania funkcjonalne zdefiniowane dla aplikacji

Wymagania funkcjonalne systemu wspomagającego dobór materiałów oraz połączeń w proekologicznym projektowaniu wyrobów gospodarstwa domowego zostały zdefiniowane następująco:

- Ewidencja danych o materiałach - jest to funkcja, która umożliwi dodawanie, usuwanie oraz edycję wszystkich danych i informacji na temat materiałów konstrukcyjnych, jakimi są tworzywa sztuczne.
- Ewidencja danych o technikach łączenia materiałów - funkcja umożliwiająca dodawanie, usuwanie oraz edycję danych na temat możliwych do zastosowania technik łączenia tworzyw sztucznych.
- Ewidencja danych o narzędziach - funkcja umożliwiająca dodawanie, usuwanie oraz edycję danych na temat narzędzi stosowanych do demontażu połączeń.
- Ewidencja danych o stawkach sprzedaży(skupu) - jest to funkcja, która umożliwia dodawanie, usuwanie oraz edycję wszystkich danych na temat stawek sprzedaży(skupu) materiałów do(przez) firm(-y) recyklingowych(-e), rodzaju, masy i właściwości oraz podstawowych informacji o firmie recyklingowej.
- Dobór materiałów pod kątem ich późniejszego recyklingu - funkcja, która pozwala dobrać materiały, z których wykonane będą części wyrobu, tak aby poziom jego recyklingu był jak najwyższy, przy jak najniższych kosztach.
- Dobór połączeń pod kątem ich późniejszego demontażu - funkcja umożliwiająca dobór połączeń, tak aby czas oraz koszty ich demontażu były jak najniższe. Przy doborze połączenia, powinien również być uwzględniony stopień kompatybilności łączonych materiałów.
- Przyporządkowanie narzędzi do demontażu - funkcja pozwalająca na przyporządkowanie narzędzi potrzebnych do demontażu danego połączenia.
- Szacowanie kosztów demontażu - funkcja, umożliwiająca oszacowanie kosztów demontażu wyrobu.
- Szacowanie kosztów recyklingu - funkcja, umożliwiająca oszacowanie kosztów recyklingu materiałów, z jakich wykonane będą części wyrobu.
- Obliczanie poziomu recyklingu - funkcja, która umożliwi obliczenie poziomu recyklingu wyrobu.
- Raporty - funkcja, dzięki której można utworzyć, zapisać i wydrukować raport, będący zbiorczym zestawieniem wszystkich istotnych, wprowadzonych i

obliczonych danych na temat wyrobu.

3.2. Algorytm działania aplikacji

Celem działania algorytmu jest dobór elementów wyrobu, z takich tworzyw sztucznych i tak połączonych, aby koszty ich recyklingu oraz demontażu były jak najniższe, przy zachowaniu jak najwyższego (założonego) poziomu recyklingu (patrz równanie 1). Algorytm działania aplikacji został przedstawiony w formie opisowej ze względu na jego bardzo rozbudowaną postać graficzną.

Krok 1 - zainicjalizowanie algorytmu, poprzez określenie pożądanego poziomu recyklingu.

Krok 2 - wybór materiału dla pierwszej części, wchodzącej w skład projektowanego wyrobu lub zespołu (istnieją dwie alternatywne procedury postępowania. Wybór materiału zdefiniowanego uprzednio w bazie materiałów, poprzez jego symbol lub właściwości jakie powinien on spełniać).

Krok 3 - wybór materiału kolejnej części (również w tym przypadku, istnieją dwie opisane w kroku 2 alternatywne procedury postępowania).

Krok 4 - ustalenie stopnia kompatybilności, pod kątem przetwórstwa wybranych materiałów. Ma to wpływ na recykling materiałów, ponieważ pozwala stwierdzić, czy mogą one poddawane recyklingowi razem, czy muszą osobno. Wyróżniamy trzy stopnie kompatybilności materiałów:

- Materiały kompatybilne - mogą one zostać poddane recyklingowi, bez konieczności ich wcześniejszego rozłączenia. Recyklat, powstały w wyniku tego procesu charakteryzuje się dobrymi właściwościami fizyko-chemicznymi i może być ponownie wykorzystany w przetwórstwie. Należy jednak pamiętać, iż dodatki substancji klejących, żywic i silikonów w tworzywach poddawanych recyklingowi powoduje znaczne pogorszenie właściwości recyklatu.
- Materiały o ograniczonej kompatybilności - w wyniku recyklingu, w znaczącym stopniu tracą posiadane właściwości. Mogą być one ponownie wykorzystane pod warunkiem dodania do nich, w procesie recykling, dodatkowego składnika tzw. kompatybilizatora. Składnik ten powoduje polepszenie właściwości powstałego recyklatu i możliwość jego ponownego wykorzystania. Uzyskane w ten sposób tworzywo charakteryzuje się nieco gorszymi właściwościami w porównaniu z tworzywami wyjściowymi, jednakże nadal może być wykorzystywane w przetwórstwie. Brak kompatybilizatora powoduje, że uzyskane tworzywo nie przedstawia zbyt dużej wartości użytkowej, ze względu na właściwości fizyczne (np. niska wytrzymałość mechaniczna, mała twardość).
- Materiały niekompatybilne - recyklat powstały w wyniku procesu recyklingu takich materiałów nie przedstawia żadnej wartości użytkowej, odznaczając się bardzo słabymi właściwościami fizyko-chemicznymi. Materiały niekompatybilne, połączone w sposób nierozłączny należy poddać jedynie recyklingowi termicznemu, bądź składowaniu. Gdy choć jeden, z zastosowanych materiałów jest materiałem szkodliwym i został połączony nierozłącznie, wówczas cały zespół staje się niekompatybilny - na podstawie [4].

Najlepszym rozwiązaniem, ze względu na recykling jest dobór materiałów kompatybilnych, aczkolwiek ostateczna decyzja należy do projektanta (użytkownika systemu) i może on wybrać materiały zarówno kompatybilne, o ograniczonej kompatybilności, jak i niekompatybilne.

Krok 5 - Dobór sposobu łączenia części.

Krok 6 - Ustalenie dominującej w wyrobie techniki łączenia. Ma to wpływ na koszty demontażu wyrobu. W przypadku, gdy jest to pierwsze połączenie zastosowane w wyrobie, krok ten zostaje pominięty. Przy doborze połączenia uwzględniony zostaje stopień kompatybilności łączonych materiałów. W przypadku materiałów kompatybilnych, rodzaj połączenia nie ma, aż tak dużego znaczenia, jak w przypadku materiałów o ograniczonej kompatybilności, bądź niekompatybilnych. Wówczas, najlepszym rozwiązaniem jest użycie połączenia rozłącznego, dzięki czemu można rozdzielić materiały i osobno poddać je procesowi recyklingu.

Krok 7 - Przydzielenie narzędzi potrzebnych do demontażu połączenia. Przydzielenie narzędzi ma jedynie charakter informacyjny oraz pośredni wpływ na koszty demontażu.

Krok 8 - Obliczenie kosztów. W przypadku, gdy koszty te są zbyt wysokie (nie do zaakceptowania), następuje powrót do kroku doboru sposobu łączenia części (krok 5), a połączenie uznane za zbyt kosztowne zostaje wyróżnione. W sytuacji odwrotnej następuje przejście do kroku 9.

Krok 9 - Obliczenie kosztu recyklingu wybranych materiałów. Podobnie jak w przypadku kosztów demontażu, w przypadku niezaakceptowania wysokości kosztów następuje powrót do kroku wyboru materiału kolejnej części (krok 3) oraz wyróżnienie materiału, który jest nieakceptowalny z powodu zbyt wysokich kosztów recyklingu.

Krok 10 - Obliczenie całkowitego kosztu recyklingu wyrobu. Całkowity koszt recyklingu wyrobu jest różnicą kosztów lub zysków z recyklingu i kosztów demontażu. Wartość ujemna oznacza stratę (przedsiębiorstwo musi dopłacić), natomiast dodatnia oznacza zysk.

Krok 11 - Obliczenie poziomu recyklingu. Poziom recyklingu ukazuje jaka część projektowanego wyrobu, bądź zespołu została poddana procesowi recyklingu, w stosunku do masy całego wyrobu.

$$\text{POZIOM RECYKLINGU} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{MAS MATERIAŁÓW ZRECYKLOWANYCH}}{\text{CAŁKOWITA MASA WYROBU}} \times 100 \quad (1)$$

Aplikacja, na podstawie zgromadzonych informacji automatycznie wylicza poziom recyklingu wyrobu, ponadto tworząc zestawienie części oraz ich mas, poddawanych recyklingowi (generujących zysk) oraz utylizacji, bądź składowaniu (generujących stratę), dzięki czemu projektant ma bezpośredni wgląd na skutki swoich decyzji i może on dokonać korekty w celu osiągnięcia założonego poziomu recyklingu.

W przypadku braku akceptacji dla zbyt niskiego poziomu recyklingu, następuje powrót do kroku wyboru materiału kolejnej części (krok 3).

Krok 12 - Dodanie kolejnej części. W przypadku akceptacji następuje przejście do kroku 13 (wybór części bazowej), natomiast w przeciwnym przypadku do kroku 14 (zakończenie działania algorytmu - raport).

Krok 13 - Wybór części bazowej. Po wybraniu części bazowej, do której będzie dołączana kolejna część, następuje przejście do kroku 3 (wyboru materiału kolejnej części), tworząc pętlę algorytmu.

Krok 14 - Zakończenie działania algorytmu - raport. Raport jest zbiorczym zestawieniem danych, zgromadzonych w kolejnych krokach algorytmu.

3.3. Aplikacja wspomagająca projektowanie z uwzględnieniem recyklingu

Aplikacja została utworzona za pomocą Microsoft® Visual C++ 2008. W projektowaniu aplikacji wykorzystano zestaw przenośnych bibliotek programistycznych Qt w wersji 4.4 firmy Trolltech® na licencji GPL. Microsoft® Visual C++ w wydaniu Express Edition to bezpłatne, stosunkowo łatwe w obsłudze narzędzie programistyczne, służące do tworzenia bibliotek, klas, aplikacji konsolowych i okienkowych (Windows Forms) w języku programowania C++, który jest językiem ogólnego przeznaczenia.

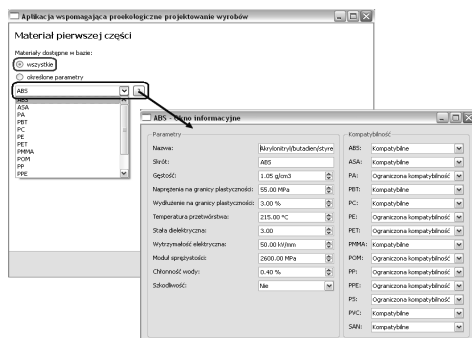
Utworzono również bazy danych:

- materiałów - gdzie użytkownik ma możliwość przeglądu danych na temat materiałów dostępnych w bazie (właściwości, szkodliwość) oraz stopnia ich kompatybilności w stosunku do pozostałych, a także możliwość dodania nowego lub usunięcia już istniejącego materiału. Materiały posegregowane są alfabetycznie, względem nazwy.
- połączeń - gdzie użytkownik, podobnie jak w bazie materiałów, ma zestawienie danych na temat rodzajów wszystkich zdefiniowanych połączeń, z możliwością dodania nowego lub usunięcia już istniejącego. Połączenia posegregowane są ze względu na rodzaj, typ oraz podtyp.
- narzędzi - zawierającej spis wszystkich narzędzi, również z możliwością dodawania i usuwania. Narzędzia posegregowane są alfabetycznie, ze względu na nazwę.
- stawek sprzedaży(skupu) materiałów do(przez) firm(-y) recyklingowych(-e) - gdzie gromadzone są dane o firmach oraz materiałach, których recyklingiem zajmują się dane firmy wraz z czynnikami wpływającymi na cenę. Jest to, również proste narzędzie do obliczania stawek sprzedaży lub skupu, niezbędnych do oszacowania kosztów recyklingu materiałów.

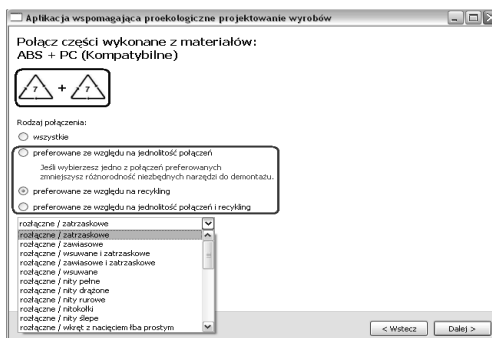
Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy ekran za pomocą którego użytkownik może dokonywać wyboru materiału oraz uzyskuje informację na temat jego kompatybilności z innymi zastosowanymi w wyrobie materiałami. Wyboru połączenia jakie ma być zastosowane w wyrobie użytkownik dokonuje za pomocą ekranu przedstawionego na rysunku 4. Aplikacja podpowiada i sugeruje wybór odpowiedniego materiału, najbardziej kompatybilnego z wcześniej wybranym, oraz połączenia które będzie najbardziej odpowiednie pod kątem późniejszego ewentualnego recyklingu wyrobu.

W przypadku połączeń aplikacja umożliwi użytkownikowi wybór połączenia ze względu na poniższe kryteria:

- preferowanie połączenia ze względu na jednolitość połączeń - nie dostępne w przypadku, gdy jest to pierwsze połączenie występujące w wyrobie,
- preferowanie połączenia ze względu na recykling,
- preferowanie połączenia ze względu na jednolitość połączeń i recykling (iloczyn logiczny dwóch poprzednich).

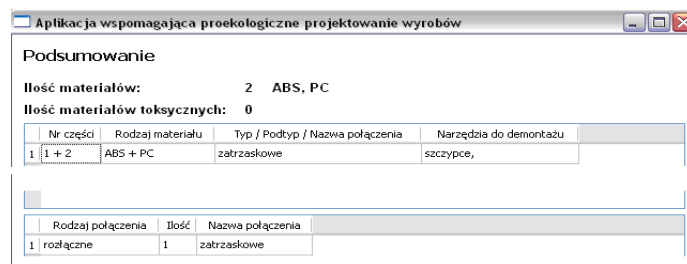


Rys. 3. Okno wyboru materiału pierwszej, definiowanej części



Rys. 4. Okno wyboru rodzaju połączenia zdefiniowanych części

Po wyborze materiałów, rodzajów połączeń oraz narzędzi do demontażu, aplikacja umożliwia wygenerowanie podsumowania (rys. 5).



Rys. 5. Okno podsumowania

Obliczanie kosztów demontażu w systemie możliwe jest na dwa sposoby:

- Koszt demontażu ręcznego, gdzie użytkownik uzupełnia jedynie dwie kolumny, czas demontażu oraz stawkę godzinową pracownika. Koszt wyliczany jest jako iloczyn tych dwóch wielkości. Przedstawiona jest całkowita suma kosztów demontażu poszczególnych połączeń.
- Koszt demontażu mechanicznego/automatycznego, gdzie użytkownik uzupełnia czynniki mające wpływ na jego wysokość oraz odpowiednie kwoty. Jak poprzednio, przedstawiona jest całkowita suma kosztów.

Aplikacja umożliwia również obliczanie kosztów recyklingu oraz poziomu recyklingu.

Działanie aplikacji zostaje zakończone wydrukiem raportu końcowego będącym zbiorczym zestawieniem wszystkich istotnych, wprowadzonych i obliczonych dotychczas danych, będących konsekwencją kolejnych omówionych kroków postępowania i podejmowanych decyzji. Raport można zapisać w postaci pliku, o rozszerzeniu *.html, który obsługiwany jest m.in. w przeglądarkach internetowych, co również pozwala na jego wydruk.

4. Wnioski

Utworzona, w ramach niniejszej pracy aplikacja może być wykorzystywana w pracy projektanta, jako dopełnienie systemu CAD, poszerzające jego działanie o aspekty

związane z recyklingiem wyrobu oraz szeroko rozumianą ochroną środowiska. Koszty demontażu mechanicznego oraz automatycznego potraktowane zostały w sposób ogólny, ponieważ nie istnieje, na dzień dzisiejszy, na tyle elastyczna i uniwersalna linia demontażu, która pozwoliłaby na demontaż dowolnego wyrobu. Założenie natomiast, iż mamy do dyspozycji jedynie jedną, konkretną linię demontażu znacznie ograniczyłoby możliwości aplikacji. Po przeanalizowaniu kosztów demontażu, umożliwiono dla tego samego wyrobu, obliczanie ich zarówno dla demontażu ręcznego, jak i mechanicznego/automatycznego. Dokonano tego z uwagi na fakt, iż wyrób może być wstępnie demontowany ręcznie w celu wydzielenia podzespołów, które następnie zostaną zdemontowane na linii mechanicznej lub automatycznej. Takie rozwiązanie wynikać może z potrzeby obniżenia kosztów demontażu, bądź z braku linii demontażowej, pozwalającej na demontaż całego wyrobu. Wpłynęło to na zwiększenie funkcjonalności aplikacji, poszerzając zakres możliwości jej zastosowania. Pomimo, pewnych ograniczeń związanych z funkcjonalnością aplikacji, może być ona pomocnym narzędziem przy pracy projektanta, zwracającym jego uwagę na aspekty ochrony środowiska oraz źródłem wiedzy na ten temat. Ponadto, może stanowić podstawę dla rozwoju bardziej zaawansowanego systemu z rozbudowaną bazą materiałów, połączeń i narzędzi.

Literatura

1. Beyl J.: Aplikacja wspomagająca dobór materiałów oraz połączeń w wyrobach AGD. Praca dyplomowa, promotor Ewa Dostatni, Politechnika Poznańska, 2008.
2. Lewandowska A., Foltynowicz Z.: Prośrodowiskowe działania źródłem innowacji w przedsiębiorstwie. Materiały konferencyjne. Boszkowo, 2006.
3. Pająk E.: Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja. Wydawnictwo naukowe PWN. Warszawa, 2006.
4. Stanisławski M.: Inwentorowy asystent doboru materiałów. Projektowanie i konstrukcje inżynierski. 08 maj 2008.
5. Przegląd oprogramowania do badań naukowych związanych z ekoprojektowaniem. [Online] [Zacytowano: 13 czerwiec 2008] <http://designserver.rit.edu/Archives/P02004/Research/CorySoftware.htm>.
6. VDI 2243 Recyklingorientierte Produktentwicklung, Juli 2002.

Dr inż. Ewa DOSTATNI
Zakład Zarządzania Produkcją, Instytut Technologii Mechanicznej
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
Politechnika Poznańska
61-138 Poznań, ul. Piotrowo3
tel./fax.: (0-61) 665 27 74
e-mail: ewa.dostani@put.poznan.pl