



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

ISSN 1230-9265

PRACE NAUKOWE • TRANSPORT • z. 84

**ANALIZA I BADANIA SYSTEMÓW
TRANSPORTOWYCH I ICH ELEMENTÓW**



OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
WARSZAWA 2012

Spis rzeczy – Contents

Maciej Brzozowski – Morskie przewozy kontenerowe jako generator zmian	5
<i>Sea Container Traffic as a Generator of Changes</i>	
Joanna Dyczkowska – Logistyka zaopatrzenia i produkcji – wpływ na logistykę dystrybucji	19
<i>The Supply and Production Logistics – What has it Influence on the Distribution Logistics</i>	
Bartosz Firlik, Bartosz Czechyra – Symulacyjne podstawy metody monitorowania stanu technicznego toru tramwajowego	29
<i>Technical State Monitoring System for Light Rail Track – Assumptions and Simulation Basics</i>	
Marcin Foltyński, Bartosz Guszcak – Transfer Knowledge as a Method of Streamlining City Logistics	41
<i>Transfer dobrych praktyk logistycznych jako narzędzie usprawniania logistyki miejskiej</i>	
Marzena Kramarz – Modelowanie podwykonawstwa w sieci dystrybucji z odroczoną produkcją	55
<i>Modelling of Subcontracting in the Distribution Network with Postponed Production</i>	
Karolina Łachacz, Aleksander Sładkowski, Jacek Szymański – Analiza i ocena podatności recyklingowej wózka jezdniowego	69
<i>Analysis and Assessment of Forklift Truck Recyclability</i>	
Ewa Płaczek – Zrównoważony rozwój – nowym wyzwaniem dla współczesnych operatorów logistycznych	79
<i>Sustainable Development – a New Challenge for Modern Companies</i>	
Grzegorz Sierpiński – Zachowania komunikacyjne osób podróżujących a wybór środka transportu w mieście	93
<i>The Choice Problems of Alternative Transportation Modes in City</i>	

Karolina Łachacz
Aleksander Śładkowski
Jacek Szymański

Politechnika Śląska w Gliwicach
Wydział Transportu w Katowicach

ANALIZA I OCENA PODATNOŚCI RECYKLINGOWEJ WÓZKA JEZDNIOWEGO

Rękopis dostarczono, listopad 2011

Streszczenie: Obiekty techniczne w trakcie ich eksploatacji jak i po zakończeniu cyklu życia niosą ze sobą zagrożenie ekologiczne. W celu minimalizacji negatywnego wpływu obiektów technicznych na środowisko, już na etapie ich projektowania powinno podejmować się działania umożliwiające osiągnięcie wysokiego poziomu podatności recyklingowej. Do analizy i oceny podatności recyklingowej zastosowana została metoda masowa. Opracowano ocenę podatności recyklingowej przykładowego wózka widłowego. Omówiono aspekt prawny recyklingu urządzeń i pojazdów transportowych oraz charakterystykę procesu demontażu wózka widłowego. Zaproponowano metodę oceny podatności recyklingowej z wykorzystaniem rangowania.

Słowa kluczowe: podatność recyklingowa, wózek jezdniowy, urządzenia transportu bliskiego

1. WPROWADZENIE – ANALIZA LITERATUROWA

Likwidacja, to ostatni etap cyklu życia urządzenia transportowego. Polega ona na ostatecznym wycofaniu go z eksploatacji poprzez demontaż urządzenia i usunięciu jego elementów z przedsiębiorstwa. Urządzenia transportu bliskiego [UTB] najczęściej są wycofywane w momencie, gdy osiągną określony stopień wartości zużycia. Zużycie to oceniane jest pod kątem niemożliwości dalszego użytkowania obiektu (aspekt techniczny) lub dalszej jego eksploatacji pod kątem opłacalności (aspekt ekonomiczny).

W momencie wycofania urządzenia z eksploatacji powstaje problem zagospodarowania różnego typu odpadów:

- Zużytych części obiektu niemożliwych do ponownego użycia.
- Części obiektu nadających się do ponownego użycia.
- Odpadów eksploatacyjnych, w tym płynów eksploatacyjnych likwidowanego obiektu.

Należy pamiętać, iż wycofanie obiektu z eksploatacji powinno odbywać przy jak najmniejszym obciążeniu środowiska naturalnego [1]. Najlepszym rozwiązaniem w tym zakresie staje się zastosowanie recyklingu, ponownego użycia lub odzysku, które dodatkowo bardzo często zapewniają dodatni efekt ekonomiczny podejmowanych działań. Głównym celem powyższych procesów jest zmniejszenie negatywnego oddziaływania odpadów powstających po zakończeniu eksploatacji obiektu na środowisko naturalne. Celem podrzędnym jest odzysk energii i uzyskanie jak największej ilości części i materiałów, które mogą być wykorzystane ponownie w procesie produkcyjnym lub do ponownego użytku. Najlepszym sposobem zmniejszenia ilości odpadów w tym zakresie, staje się ponowne użycie poszczególnych elementów obiektu (jeżeli jest ono możliwe). Jednakże, w niektórych przypadkach ponowne stosowanie części nie jest opłacalne bądź też jest związane z niską jakością jej cech eksploatacyjnych. W granicznym przypadku ze względu na całkowite wyeksploatowanie części, ponowne użycie nie jest uzasadnione technicznie i ekonomicznie. Dlatego też efektywne zastosowanie w takim przypadku posiada recykling. Wysoki poziom recyklingu jest możliwy do osiągnięcia, w przypadku uwzględnienia już na etapie projektowania cech konstrukcyjnych urządzenia, łatwości demontażu jego elementów, wymiany części, czy składu materiałowego. Podejście, które uwzględnia takie postępowanie nazywane jest „Design for Recykling” [DfR], dzięki czemu różnorodne urządzenia są podatne na recykling po zakończeniu ich eksploatacji [6], [10], [11], [12].

Zagadnienie podatności recyklingowej pozwala określić poziom negatywnego oddziaływania na środowisko, jakie wywiera wycofany z eksploatacji obiekt techniczny. Daje także wskazówki dla projektantów i konstruktorów, które umożliwiają ocenę efektywności zastosowanego podejścia DfR. Powstaje, więc w tym miejscu sprzężenie zwrotne, łączące początek i koniec cyklu życia produktu. Dlatego też zagadnienie obliczania i analizowania podatności różnorodnych grup urządzeń powinno być szeroko omawiane.

W przypadku urządzeń transportu bliskiego istnieją przepisy, które częściowo wskazują kierunek ich projektowania i konstruowania w kontekście podatności recyklingowej. Problematykę tą porusza dyrektywa maszynowa [15]. Określa ona możliwość nadania znaku zgodności CE urządzeniu, gdy producent w projektowaniu i konstruowaniu uwzględnia konieczność przeciwdziałania zagrożeniom bezpieczeństwa i zdrowia człowieka, które mogą być wywoływane przez obiekt techniczny w całym jego cyklu życia. Przepisy niestety nie odnoszą się w tym przypadku do problemu ekologii i negatywnych skutków oddziaływania na środowisko obiektów technicznych po zakończeniu ich cyklu życia. Zagadnienie to natomiast zostało rozwiązane w przypadku pojazdów samochodowych poprzez tzw.: „umowy dobrowolne” (z ang. „voluntary agreement”),

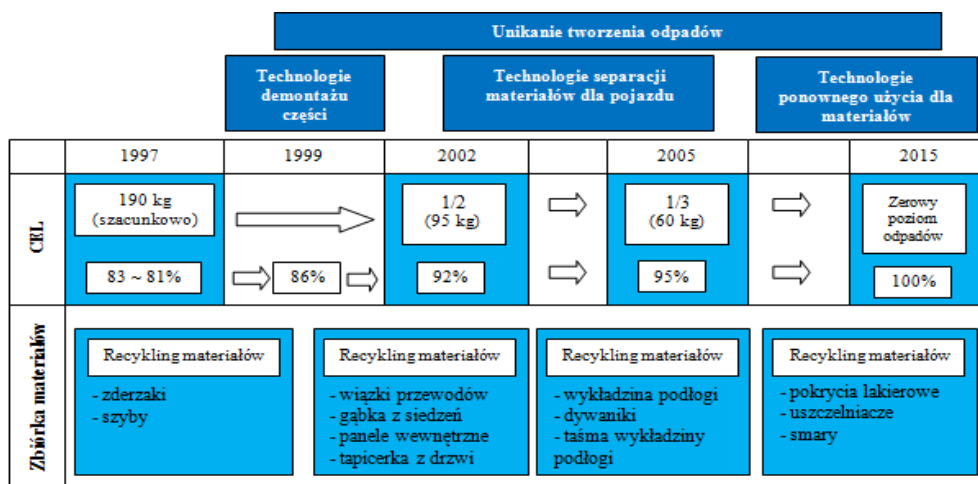
w ramach, których producenci samochodów poprzez współpracę dążą do zmniejszenia ilości odpadów, powstających w wyniku eksploatacji pojazdów samochodowych jak i po zakończeniu ich eksploatacji [14]. Działanie to ma zostać osiągnięte między innymi poprzez właściwe projektowanie i konstruowanie urządzeń, tak by były podatne na recykling, a w efekcie do 2015 roku by ich recykling był 100%. Rysunek 1 prezentuje unikanie tworzenia odpadów przez producenta Hondy.

Z punktu widzenia podatności recyklingowej, stwierdzić można, iż jeżeli uda się osiągnąć wyznaczony poziom to zaistnieje możliwość 100% eliminacji odpadów pochodzących z pojazdu samochodowego. Biorąc pod uwagę zmniejszającą się ilość surowców i powstającą coraz większą ilość różnorodnych odpadów niezbędne jest dążenie do rozwiązań nastawionych na recykling.

Z analizy literaturowej określić można, że z punktu widzenia UTB podatność recyklingowa nie jest poruszana. Tego typu obiekty techniczne są analizowane w szczególności pod kątem:

- Optymalizacji systemu eksploatacji.
- Niezawodności i trwałości urządzeń technologicznych.
- Procesu zużycia i diagnostyki urządzeń technologicznych.

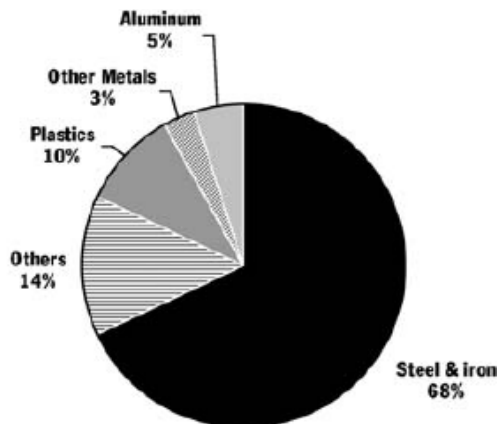
Jednakże istotny jest także recykling UTB, których duża różnorodność i ilość występowania we wszystkich obszarach przemysłu, generuje dużą grupę odpadów poeksploatacyjnych. Zauważyć należy także, iż niektóre urządzenia transportu wewnętrznego posiadają znaczne podobieństwo konstrukcyjne, do pojazdów samochodowych (między innymi wózki widłowe).



Rys. 1. Unikanie tworzenia odpadów przez producenta Hondy
Źródło: [13]

W związku z tym stwierdzić można, iż będą one posiadały znacząco podobny wpływ na środowisko, co pojazdy samochodowe. Ze względu na podobieństwo UTB do pojazdów samochodowych oraz biorąc pod uwagę fakt zmniejszającej się ilości surowców naturalnych i zwiększającą się ilość odpadów, należy w przypadku UTB podejmować działania takie same, jakie są podejmowane w przypadku pojazdów samochodowych. W dzisiejszych czasach około 85% masy pojazdów samochodowych osobowych jest możliwa do poddania recyklingowi, pomimo, iż ich różnorodność materiałowa jest bardzo

duża. Rysunek 2 przedstawia proporcje zawartości poszczególnych materiałów w przeciętnym europejskim pojeździe osobowym.



Rys. 2. Proporcje zawartości poszczególnych materiałów w przeciętnym europejskim pojeździe osobowym. Źródło: [5]

W literaturze odnaleziono wiele podobnych analiz, dotyczących składu materiałowego pojazdów samochodowych i ich wpływu na środowisko [8,9]. Nieodnaleziono natomiast informacji, które niosłyby podobną wiedzę w kontekście UTB. Biorąc, więc pod uwagę możliwość posiadania przez UTB dużego negatywnego wpływu na środowisko, badać należy ich podatność recyklingową. Działanie to będzie miało na celu wyciągnięcie wniosków, co do wpływu UTB na środowisko naturalne i optymalizację wykorzystania urządzeń transportu bliskiego w całym cyklu życia jak i po jego zakończeniu.

W literaturze nie pojawiają się rozważania dotyczące utworzenia systemu recyklingu UTB czy też określania ich wpływu na środowisko naturalne i zużycia materiałowego przez UTB powodowanego. W związku z tym, istnieje konieczność analizy tych obiektów pod kątem podatności recyklingowej. W literaturze istnieją analizy dotyczące podatności recyklingowej w zakresie pojazdów samochodowych [10] urządzeń elektrycznych i elektronicznych [4,7] oraz maszyn rolniczych [3]. W związku z występującą luką w tym zakresie w pracy zostanie przeprowadzona ocena podatności recyklingowej przykładowego wózka widłowego.

2. OCENA PODATNOŚCI RECYKLINGOWEJ WÓZKA JEZDNEGO

Podatność urządzeń na recykling prezentowana jest w literaturze [2,3,7] z wykorzystaniem względnego udziału masowego części, które są podatne na recykling

w odniesieniu do ogólnej masy maszyny. Metoda ta została określona, jako metoda masowa (równanie 1):

$$Wr_l = \frac{\sum_{i=1}^n m_{ri}}{m} \times 100 \% \quad (1)$$

gdzie:

Wr_l – masowy wskaźnik podatności urządzeń na recykling [%],

m_{ri} – masa części podatnych na recykling [kg],

m – ogólna masa urządzenia [kg].

Ocenie podatności recyklingowej poddany został wózek jezdny widłowy spalinowy o udźwigu 1,5 tony, o maszynie typu „duplex”. Wózki widłowe tego typu mają zastosowanie zarówno w magazynowaniu jak i na halach produkcyjnych. Poddano, więc badaniu jeden z najpopularniejszych rodzajów wózków widłowych, podlegających dozorowi urzędu technicznego. Rysunek 3 przedstawia analizowany wózek jezdny.



Rys. 3. Analizowany wózek jezdniowy

Źródło: Opracowanie własne

W celu obliczenia podatności recyklingowej wózka widłowego niezbędne jest zebranie podstawowych danych i informacji dotyczących analizowanego urządzenia. Konieczne jest więc ustalenie komponentów i części składowych urządzenia oraz sposobu ich demontażu. Do podstawowych elementów demontażowych wózka widłowego należą:

- Demontaż akumulatora rozruchowego.
- Demontaż butli z gazem LPG.
- Opróżnienie układów w tym: hydraulicznego, smarowania silnika i skrzyni, chłodzenia silnika, hamulcowego z płynów eksploatacyjnych.
- Demontaż przeciwwagi.
- Demontaż maszty, w tym: wideł, kraty zabezpieczającej karetki, przewodów ciśnieniowych stalowych i elastycznych, zdjęcie maszty, łańcucha wolnego skoku, siłownika wolnego skoku, siłowników drugiego stopnia podnoszenia, siłowników przechyłu maszty.
- Demontaż zespołu napędowego z oprzyrządowaniem, w tym: siedzenia, pokrywy silnika, układu zasilania, przewodów osprzętu silnika, układu hydraulicznego, silnika wraz ze skrzynią.

- Demontaż układu hamulcowego, w tym: przewodów stalowych, pompy hamulcowej.
- Demontaż układu jezdnego, w tym: kół, elementów układu hamulcowego zintegrowanego z kołami napędowymi, układu przeniesienia napędu kół pędnych (półosie), zawieszania i układu kierowniczego osi tylnej.
- Demontaż elementów osłaniających, w tym: pokryw bocznych, elementów maskujących, elementów deski rozdzielczej.
- Demontaż instalacji elektrycznej.
- Demontaż pozostałych elementów zawieszania silnika i skrzyni.

Istotnym elementem procesu zbierania podstawowych informacji do oceny podatności, jest również określenie ilości powtarzających się części składowych i komponentów.

W analizie podatności recyklingowej ważnym działaniem jest również pozyskanie danych dotyczących rodzaju materiału, z jakich składają się badane części i komponenty oraz ich masa. Konieczność rozpoznania rodzaju zastosowanego materiału ma znaczenie kluczowe, ponieważ determinuje ona w dużej części podatność recyklingową komponentu.

W tablicy 1 przedstawiono najważniejsze elementy, które wpływają na ocenę podatności recyklingowej wózka jezdniowego. Podatność recyklingowa została obliczona w oparciu o rangowanie łatwości demontażu i separacji komponentów oraz stopnia możliwości poddania materiału recyklingowi. Stopień możliwości poddania materiału recyklingowi oceniany jest w ramach sześciu kategorii. Kategoria 1 - część łatwo daje się poddać regeneracji (jednolity rodzaj materiału). W ramach kategorii 2 znajdują się części, które dają się poddać recyklingowi - istnieje infrastruktura i technologia, która umożliwia tego typu proces (mała złożoność materiałowa). Kategoria 3 - recykling części jest technicznie wykonalny, jednakże infrastruktura nie jest dostępna. Kategoria 4 to części, których recykling jest technicznie wykonalny, technologia istnieje, ale jest skomplikowany i często nieoptymalny. W zakresie kategorii 5 znajdują się części, które wykonane są z materiału nadającego się do odzysku energii, ale które nie mogą być poddane recyklingowi. Kategoria 6 - część jest materiałem, dla którego nie istnieje znana technologia recyklingu. Kategorie 1-3 to kategorie uznawane za podatne na recykling.

W ramach możliwości szybkiego demontażu lub separacji materiałów określić można pięć kategorii komponentów. W ramach kategorii 1 znajdują się komponenty, które można szybko i bez wysiłku zdemontować ręcznie (brak części składowych, nie trzeba dokonywać separacji). Kategoria 2 - komponent może być zdemontowany ręcznie, z użyciem lekkich narzędzi (mała złożoność, prosty proces separacji). W zakresie kategorii 3 znajdują się komponenty, które muszą być demontowane przy użyciu demontażu ręcznego i z użyciem siły, dodatkowo wymaga częściowej ręcznej lub mechanicznej separacji (lub rozdrabniania odrębnych części materiałów i części). Kategoria 4 - demontaż odbywa się ręcznie

z użyciem dużych urządzeń i wymaga mechanicznej separacji lub rozdrabniania odrębnych części materiałów i części. Kategoria 5 - komponent nie może być zdemontowany. Nie istnieje technologia separacji. Kategorie 1-3 to kategorie uznawane za podatne na recykling.

Do obliczeń brane będą sumy mas poszczególnych elementów podatnych na recykling i demontaż oraz separację, w stosunku do masy całego urządzenia.

Tablica 1

Analiza podatności recyklingowej

Proces demontażu			Demontaż i/lub separacja		Recykling		
L. p.	Rodzaj demontowanej części	Ilość	Czas [min]	Łatwość demontażu i/lub separacji [1-5]	Materiał zastosowany w badanym elemencie	Masa [kg]/ [litry]	Stożek recyklingu [1-6]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Silnik	1	40	4	Al, żeliwo, stal, st. Cu	130	3
Tworzywa sztuczne, kompozyty					20	5	
2	Skrzynia	1	30	4	Al, żeliwo, stal, st. Cu	70	3
Tworzywa sztuczne, kompozyty					10	5	
3	Alternator	1	5	4	żelazo, stal, Cu, C	4	3
Kompozyty, półprzewodniki					0,5	4	
4	Rozrusznik	1	10	4	Fe, stal, Cu, C	7,5	2
Kompozyty					0,5	4	
5	Przewody elastyczne osprzętu silnika	5	10	2	Tworzywa sztuczne, guma	2	2
6	Chłodnica	1	15	3	Al, tworzywa sztuczne	10	1
7	Tłumik	1	10	3	Stal kwasoodporna	7	1
8	Rura wydechowa	1	5	2	Stal kwasoodporna	5	1
9	Wentylator	1	10	3	Tworzywa sztuczne, stal	1,5	1
10	Ciecz chłodząca	1	5	4	Glikol propylenowy	5	2
11	Olej silnikowy	1	5	4	Półsyntetyczny	4,5	2
12	Olej przekładniowy	1	5	4	Syntetyczny	2,5	2
13	Pompa oleju hydraulicznego	1	10	3	Stal, Al, tworzywa sztuczne	15	2
14	Zbiornik oleju hydraulicznego	1	15	3	Tworzywa sztuczne, stal	5	2
15	Olej hydrauliczny	1	10	4	Mineralny, syntetyczny	30	2
16	Rozdzielacz	1	10	3	Stal, Al, tworzywa sztuczne	10	1
17	Siłowniki masztu	5	45	3	Stal, Cr, tworzywa sztuczne,	140	1
18	Przewody hydrauliczne elastyczne zbrojone	25	40	3	Tworzywa sztuczne, kauczuki, stal	25	1
19	Przewody instalacji elektrycznej	100	45	3	Cu, Al, tworzywa sztuczne	12	1
20	Maszt 2-stopniowy	1	20	2	Stal	180	1
21	Łańcuch podnoszenia karetki	1	15	3	Stal	30	1
22	Karetka z kratą zabezpieczającą	1	20	2	Stal	60	1
23	Widły unoszące	2	5	1	Stal	90	1

Cd. Tablicy 1

24	Kadłub wózka	1	120	3	Stal	500	1
25	Przeciwwaga	1	5	3	Żeliwo, staliwo	800	1
26	Centralka elektroniki	1	5	4	Al, Cu, Hg, kompozyty, tworzywa sztuczne, półprzewodniki, stal	2	4
27	Zbiornik paliwa	1	15	3	Stal, tworzywa sztuczne	10	1
28	Zespół wskaźników	1	20	4	Al, Cu, kompozyty, tworzywa sztuczne, stal półprzewodniki, ciekłe kryształy	2	4
29	Zawieszenie	1	15	3	Stal, staliwo, tworzywa sztuczne	80	2
30	Koła przód	2	5	4	Stal, kauczuki, tworzywa sztuczne	80	2
31	Koła tył	2	5	4	Stal, kauczuki, tworzywa sztuczne	50	2
32	Układ kierowniczy - elementy sterujące	3	10	3	Stal, Al, tworzywa sztuczne	20	2
33	Układ kierowniczy - elementy wykonawcze	3	15	3	Stal, Cr, tworzywa sztuczne	25	2
34	Lampy oświetleniowe i sygnalizacyjne	8	15	4	Stal, Al, Cu, W, szkło, tworzywa sztuczne, kauczuki	3,5	3
35	Osprzęt elektryczny (klakson, sygnał cofania, itd)	10	25	3	Stal, Cu, Ag, tworzywa sztuczne	2	4
36	Siedzenie, pas bezpieczeństwa	2	15	3	Tworzywa sztuczne, stal, włókna syntetyczne	12	4
37	Pokrywa silnika z wytłumieniem	3	10	3	Stal, Al, włókna naturalne lub sztuczne	20	2
38	Suma	195	665	-	Suma	2441,5	-
39	Suma części podatnych na recycling	2047,5			Podatność recyclingowa	83,86 %	

Źródło: opracowanie własne

W obliczeniach wzięto pod uwagę elementy, których masa wyrażana jest w kilogramach. Pominięto natomiast wartości substancji takich jak: oleje czy ciecze. W standardowym wózku widłowym znajduje się około 45 litrów różnego rodzaju płynów. Ze względu na różnorodne dodatki uszlachetniające, o które są uzupełniane, ich ponowne wykorzystanie po oczyszczeniu często jest niemożliwe. Konieczna jest rafinacja i skomponowanie nowego oleju ze składników nowych oraz składników poddanych rafinacji. W niektórych przypadkach możliwe jest odzyskanie części poszczególnych składników płynu, np.: glikolu z cieczy chłodzącej. Niestety ze względu na niską jakość oraz cenę, którą można zaoferować na rynku w celu ich ponownej sprzedaży, proces ten posiada niską wartość ekonomiczną.

3. WNIOSKI

Z przeprowadzonej oceny podatności recyklingowej wózka widłowego uzyskano wartość podatności (83, 86%) zbliżoną do wymogów stawianych pojazdom samochodowym w ramach dyrektywy UE o pojazdach wycofanych z eksploatacji. Można założyć, więc, iż producenci w trakcie projektowania i konstruowania wózków jezdniowych dbają o zastosowanie strategii DfR. W obliczeniach nie wzięto jednak pod uwagę oceny podatności recyklingowej cieczy stosowanych w wózku widłowym oraz obróbki powierzchni zastosowanych materiałów. Mają one jednak znaczący wpływ na podatność recyklingową. Przykładowo materiały, których powierzchnia obrobiona została np. przy użyciu farby, lakieru oraz środków wiążących, takich jak kleje mają zdolność do zanieczyszczenia materiałów (zwłaszcza tworzyw sztucznych), co wpływa na stopień i możliwość ich recyklingu. Ważnym elementem jest też określenie sposobu mocowania poszczególnych elementów. Określają one, bowiem proces separacji materiałów. Stałe połączenia, np.: spoiny prawie zawsze wymagają mechanicznej separacji. Brak stałych połączeń mechanicznych natomiast np.: połączeń śrubowych, wkrętów) umożliwiają ręczną jak i mechaniczną separację. Materiał, z którego został wykonany łącznik i powłoka, którą został pokryty również muszą być oceniane, ponieważ może zająć konieczność ich separacji w celu uniknięcia zanieczyszczenia. Dlatego też warto przywrócić się dokładniej zagadnieniu badania podatności recyklingowej pojazdów transportu wewnętrznego, z którego wyniki mogą przysłużyć się środowisku naturalnemu i jego ochronie, jak i większej opłacalności recyklingu.

Bibliografia

1. Dreszczyk E.: Systemowe ujęcie recyklingu maszyn i urządzeń technicznych na przykładzie techniki rolniczej i leśnej, Wyd. ABRYS Poznań, Recykling 4(40), 2004,
2. Korzeń Z.: Ekologistyka. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2004,
3. Rzeźnik C., Rybacki P.: Ocena podatności recyklingowej metodą strukturalną, Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria, Nr 3(1), s. 49-55, 2004,
4. Xin K., Abhary K., Luong L.: IREDA: An integrated methodology for product recyclability and of life design, The Journal of Sustainable Product Design, No. 3, p. 149-172, 2003,
5. Lenz H.P., Pruller S., Gruden D.: Means of transportation and their effect on the environment, The Handbook of Environmental Chemistry, No.3, p.107-173, 2003,
6. Reuter M.A.: Limits of design for recycling and "sustainability": A review, Waste and biomass valorization, Springer, No. 2(2):183-208, 2011,
7. Abele A., Anderl R., Birkhofer H.: Environmentally-friendly product development, methods and tools, Springer-Verlag, London 2005,
8. Castro M.B.G., Remmerswaal A.M., Reuter M.A.: Life cycle impact assessment of the average passenger vehicle in the Netherlands, International Journal of Life Cycle Assessment, No. 8 (5), p.297-304, 2003,
9. Osiński J., Żach P.: Wybrane zagadnienia recyklingu samochodów, WKŁ, Warszawa 2009,
10. Ferrao P., Amaral J.: Design for recycling in the automobile industry: new approaches and new tools, Journal of Engineering Design No. 17 (5), p. 447- 462, 2006,

11. Romeiro Filho E., Rosa de Lima R.M.: The Contribution of Ergonomic Analysis in the Product Design for Recycling, Handbook of Research on Trends in Product Design and Development: Technological and Organizational Perspectives, p. 365-378, 2010 (electronic version)
12. <http://www.irma-international.org/viewtitle/45338/>,
13. Henshaw J.M.: Design for recycling: new paradigm or just the latest 'design-for-X' fad?, International Journal of Materials and Product Technology, No. 9 (1), p. 125 - 138, 1994,
14. <http://www.environment.honda-eu.com/recycling/Poland/Polish/print.pdf>,
15. Dyrektywa 2000/53/WE w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji ze zmianami.
16. Dyrektywa 98/37/WE dotycząca maszyn ze zmianami.

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF FORKLIFT TRUCK RECYCLABILITY

Abstract: Technical objects during using and after withdrawing them from service causing ecological risk. In order to minimize the negative impact technical object on the environment and achieve high level of recyclability, the specific steps should be undertaken in the design phase. In analysis and recyclability assessment the mass method was used. Recyclability assessment was developed for forklift truck. The legal aspects of vehicle and other devices recycling and forklift truck design characteristics was discussed. The recyclability method with using score assessment was developed

Keywords: recyclability, forklift truck, materials handling equipment