ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE z. 27 Nr kol.1681

Krystyna CZAPLICKA
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania
Katedra Zarządzania Przedsiębiorstwem i Organizacji Produkcji

EKOPROJEKTOWANIE JAKO ISTOTNY ELEMENT EKOLOGISTYKI

Streszczenie. W artykule przeanalizowano możliwości wdrożenia zasad ekoprojektowania, przedstawiając narzędzia wykorzystane w poszczególnych fazach procesu projektowania. Pokazano, że utworzenie spójnych przepływów materiałowych jako podstawy działań ekologistycznych, w połączeniu z zastosowaniem zasad ekoprojektowania wyrobów, jest w obecnych czasach podstawą do spełnienia wytycznych zrównoważonego rozwoju.

Przedstawione zostały szczegółowo wymagania związane z ochroną środowiska, narzucone projektantom produktów złożonych.

ECO-DESIGNING AS AN IMPORTANT ELEMENT OF ECO-LOGISTICS

Summary. The paper analyses the possibilities of implementing the eco-design rules through presenting the tools used in individual phases of the eco-design process. It has been shown that the creaction of coherent material flows, as a basis of eco-logistics actions, combined with the use of eco-design rules for products, is currently the base enabling to meet the guidelines of sustainable development.

Presented in detail are the reguirements related to environmental protection, imposed on the designers of complex products.

1. Wprowadzenie

Ekologistyka uważana jest dziś za metodę projektowania i realizacji zarządzania łańcuchem dostaw odpadów od miejsca ich wytworzenia do miejsca ponownego wprowadzenia do obiegu produkcyjnego czy składowania. Proces ten powinien się odbywać zgodnie z zasadami ekoefektywności. Oznacza ona zintegrowany system, który przede

wszystkim opiera się na koncepcji zarządzania recyrkulacyjnymi przepływami strumieni materiałów odpadowych w gospodarce oraz przepływami sprzężonych z nimi informacji.

Nie mniej istotne staje się jednak umożliwienie podejmowania technicznych i organizacyjnych decyzji w kierunku zmniejszenia negatywnych skutków oddziaływania na środowisko, które towarzyszą realizacji wszystkich procesów zaopatrzeniowych, przetwórczych, produkcyjnych, dystrybucyjnych i serwisowych w logistycznych łańcuchach dostaw.

Ekologistyka jest dziedziną logistyki najszerzej traktującą zagadnienia mogące mieć wpływ na środowisko naturalne podczas realizacji procesów logistycznych lub pomagającą zmniejszać negatywny wpływ działalności gospodarczej człowieka na środowisko naturalne, dzięki wykorzystaniu możliwości logistyki. Ekologistyka staje się generalnym zbiorem metod i narzędzi, dzięki którym można rozwiązywać problem ekologizacji zarządzania.

W tym właśnie ujęciu problem projektowania produktu jest zagadnieniem nowym, a metody tzw. projektowania wyrobów zorientowanych na recykling (DfR – *Design for Recycling)* stanowią zagadnienia zupełnie nowe. Podstawowymi wymaganiami stawianymi nowym produktom są: funkcjonalność, jakość, bezpieczeństwo, wygląd, niskie koszty, ale również coraz częściej ich wpływ na środowisko. Ze względu na narastające problemy z usuwaniem odpadów producenci zaczęli się zastanawiać już na etapie projektowania, co się stanie z produktem na końcu jego cyklu życia.

Największy efekt ekologiczny można uzyskać na etapie projektowania systemu, dobierając odpowiednie materiały (surowce), koncentrując się na osiągnięciu jak największej oszczędności zużycia energii i na możliwościach recyklingu w poużytkowym etapie życia produktu.

2. Definicja ekoprojektowania

Ekoprojektowanie jest podstawowym sposobem podejścia do zagadnienia redukowania wpływu produktu na środowisko w czasie całego cyklu jego życia (rozwój, produkcja, marketing, użytkowanie i likwidacja produktu). Produkty ekoprojektowania są elastyczne w stosowaniu, niezawodne, trwałe, dające się łatwo zaadaptować do nowego zastosowania, modułowe i dematerializowalne. Jednoczą one w sobie trwałość, społeczną akceptację i wymagania ekologiczne.

W literaturze anglojęzycznej występują też inne odpowiedniki terminu „ekoprojektowanie":

– Projektowanie dla środowiska (design for environment),

– Zielone projektowanie (green design),
– Zrównoważone projektowanie wyrobów (sustainable product design).

To ostatnie jest pojęciem znacznie szerszym, zawierającym także elementy społeczne związane z wyrobem i jego otoczeniem. Koncepcja projektowania bardziej ekologicznych produktów rozwijana jest od kilku lat w krajach zachodnich, Stanach Zjednoczonych i Japonii[1,2].

Największy efekt ekologiczny można uzyskać na etapie projektowania systemu, dobierając odpowiednie materiały (surowce), koncentrując się na osiągnięciu jak największej sprawności urządzenia (zużycie energii) oraz na możliwościach recyklingu w poużytkowym etapie życia produktu.

Narzędziami, dzięki którym można osiągnąć te cele, są analiza cyklu życia (LCA - Life Cycle Assessment)[3], opracowana na początku lat dziewięćdziesiatych XX wieku, oraz deklaracje środowiskowe produktów, otwierające drogę do porównań wpływu na środowisko produktów o różnych funkcjach i różnych wersjach rozwiązań technicznych. Wiarygodność tego typu porównań zapewnia metodologia opisana w normach ISO 14040-43 [4,5,6,7] oraz ISO 14048[8] i ISO 14049[9].

Oparte na naukowych podstawach analizy służą minimalizacji wpływu na środowisko u samego źródła, czyli podczas prac projektowych. Każdy projektant powinien dokładnie rozumieć relację, jaka zachodzi pomiędzy produktem a wpływem jego działania na środowisko naturalne. Projektant powinien umieć podejmować decyzje co do wyboru rodzaju i wielkości negatywnego oddziaływania na środowisko, jakie niesie za sobą cała droga życia wyrobu.

Można tego dokonać na drodze ilościowej, używając metodyki oszacowania cyklu życia[10]. W tym celu firma PRé rozwinęła oprogramowanie SimaPro[11]. Można się też posłużyć metodą uproszczoną, używając ekowskaźnika[12], metody, którą podano na stronie

---

[1] Caluwe N.: Ecotools manuals – A comprehensive review of Design for Einvironment tools, Manchester Metropolitan University, Manchester, July 1997.
[2] Graedel T.E., AllenbyB.R.: *Design for Environment*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 1996.
[3] Heijungs R i inni: *Environmental Life Cycle Assessment of Products; Guide;* Report nr 9266, CLM, Leiden, 1992.
[4] PN-EN ISO 14040:2000 Zarządzanie Środowiskowe – Ocena Cyklu Życia – Zasady i struktura.
[5] PN-EN ISO 14041 Zarządzanie Środowiskowe – Ocena Cyklu Życia – Określenie celu i zakresu oraz analiza zbioru.
[6] PN-EN ISO 14042 Zarządzanie Środowiskowe – Ocena Cyklu Życia – Ocena wpływu cyklu życia.
[7] PN-EN ISO 14043 Zarządzanie Środowiskowe – Ocena Cyklu Życia – Interpretacja cyklu życia.
[8] PN-EN ISO 14048 Zarządzanie Środowiskowe – Ocena Cyklu Życia – Format danych do oceny cyklu życia.
[9] PN-EN ISO 14048 Zarządzanie Środowiskowe – Ocena Cyklu Życia – Przykłady zastosowania.
[10] www.pre.nl/life_cycle_assessment/default.htm
[11] www.pre.nl/simapro/default.htm
[12] www.pre.nl/eco-indicator99/eco-indicator_application.htm

internetowej ECO-ten[13]. Projektowanie ekologiczne oznacza uwzględnianie w projektowaniu zarówno wymagań ochrony środowiska, jak i walorów użytkowych. Zasadniczym celem takiego działania jest uzyskanie takiego produktu, procesu lub konstrukcji, który przyczynia się do realizacji zrównoważonego rozwoju. Nie oznacza to jedynie dbałości o środowisko. Na przykład, troska o wygląd produktu, pozytywny wpływ na krajobraz lub ekosystem oznacza coś więcej niż tylko działania na rzecz ochrony środowiska.

3. Wymagania związane z ochroną środowiska, narzucane projektantom produktów złożonych

Podstawowe wymagania stawiane nowym produktom to: funkcjonalność, jakość, bezpieczeństwo, wygląd, niskie koszty i coraz częściej ich wpływ na środowisko naturalne.

Najnowsze technologie materiałowe pozwalają na znaczne zmniejszenie wagi produktów, co wiąże się bezpośrednio z oszczędnością materiałów. Problematyką usuwania odpadów producenci zajmują się już na etapie projektowania wyrobu. Zwraca się już wtedy uwagę na ograniczenia wynikające z konieczności podejmowania demontażu, rozdrabniania części, selekcjonowania materiałów i ponownego ich użycia.

Poniżej wymieniono podstawowe wymagania narzucane projektantom produktów złożonych.

- Konieczność skracania cyklu życia produktów

  Tempo wymiany produktów na nowe jest coraz większe. Powoduje ono niepełne wykorzystania funkcji użytkowych produktu. Prędkość, z jaką wymienia się złożone produkty, powoduje, że zaciera się granica pomiędzy dobrami trwałymi i jednorazowymi (jednorazowe aparaty fotograficzne). Jednym z powodów istnienia takiej sytuacji jest konieczność stosowania, w obliczu rosnącej konkurencji, materiałów coraz bardziej efektywnych kosztowo, lecz o znacznie niższej jakości. Drugim powodem są zbyt wysokie koszty naprawy starych urządzeń. Trzecim – jest skracanie cykli opracowywania innowacji, co powoduje, że produkty szybko stają się przestarzałe, chociaż wciąż są sprawne technicznie (komputery PC). Kolejnym powodem jest po prostu moda na nowe typy produktów.

- Uwzględnianie wymogów demontażu i recyklingu przy projektowaniu produktów

  Rozwojowi złożonych produktów towarzyszy zwiększająca się ilość komponentów i rodzajów materiałów użytych do wytworzenia produktu. Duża ilość komponentów połączonych w sposób uniemożliwiający ich rozdzielenie bez dokonania zniszczeń (spawanie, pokrywanie, nitowanie itp.) powoduje, że ich demontaż jest nieopłacalny z

[13] ECO - ten < http://www.pre.nl/ECO-IT/DEFAULT.HTM >.

ekonomicznego punktu widzenia. W największym stopniu dotyczy to tworzyw sztucznych, w nieco mniejszym metali, ceramiki i półprzewodników, które po złączeniu często stają się nierozbieralne. Z tego powodu opracowane nowe metody recyklingu szybko osiągają graniczne możliwości. Obecnie dąży się do zmniejszenia ilości użytych materiałów, oraz do takiego ich łączenia, aby łatwo można było prowadzić demontaż. Stosowane jest także odpowiednie znakowanie tworzyw sztucznych. Istotne jest *ograniczenie rozprzestrzeniania się szkodliwych substancji.* Procesy recyklingu stosować można w stosunku do metali i sortowanych tworzyw sztucznych. Pozostałe substancje i zanieczyszczenia podczas recyklingu powodują dodatkowe emisje. Zrecyklingowane materiały są niskiej jakości, a ich użycie powoduje wprowadzenie trujących substancji do nowych produktów. Kolejnym problemem jest stosowanie modyfikatorów materiałów, które składają się z niezliczonej ilości związków i pierwiastków chemicznych. Należą do nich zabezpieczenia przeciwkorozyjne, farby, materiały powłokowe, dodatki antystatyczne i powodujące niepalność itp. Często są to substancje stwarzające poważne problemy związane z ponownym użyciem materiałów, co wynika z ich fizycznego i chemicznego powiązania z substancją podstawową. Szczególne wymagania związane są np. ze *sprzętem elektronicznym.* Elementy sprzętu elektronicznego zbudowane są z wielu substancji chemicznych, które zwykle stanowią potencjalne źródło zanieczyszczeń. W związku z tym tylko 2–3 % tych komponentów można poddać recyklingowi. Powtórne użycie materiałów pochodzących z części elektronicznych ograniczone jest do odzyskiwania metali (miedzi, metali nieżelaznych oraz metali szlachetnych) poprzez wytapianie. Dodatkowo zmniejszający się udział metali szlachetnych w częściach elektronicznych zmniejsza opłacalność ekonomiczną ich odzyskiwania. Odnośnie do szkodliwych substancji zawartych w złomie elektronicznym należy zwrócić uwagę na akumulatory oraz elementy zawierające rtęć, wyświetlacze ciekło-krystaliczne. *Ograniczenie emisji w czasie recyklingu* należy do jednych z istotniejszych wymagań. Recykling może prowadzić do emisji, które mają negatywny wpływ na środowisko. Na przykład, odzyskiwanie miedzi lub metali nieżelaznych z układów drukowanych prowadzone jest poprzez wypalenie tworzyw sztucznych oraz substancji organicznych. Następnie metale te są odzyskiwane w wyniku elektrolizy. Działania te prowadzą do emisji dioksyn, powstających w wyniku spalania PCW, lakierów oraz innych substancji, które są używane do produkcji części elektronicznych.

– Uwzględnienie logistyki zwrotów, zbierania i powtórnego wykorzystywania zużytych urządzeń

Podstawowym problemem recyklingu jest odpowiednie zorganizowanie rejestracji i zbierania starych urządzeń, ponieważ obecnie nie istnieją jeszcze odpowiednie - szeroko rozpowszechnione systemy logistyczne. W Niemczech planuje się wprowadzenie takiego systemu, który umożliwiłby rejestrację odpadów elektronicznych zarówno z gospodarstw domowych, jak i w zakładach pracy. Mimo wprowadzenia przez niektórych producentów systemu zwrotów ich produktów, odzyskiwana jest tylko ich niewielka część (np. IBM - 1%). Szczególnie duże trudności występują z małymi urządzeniami. Ze względu na rozmiary są wyrzucane wraz z odpadami domowymi.

– Wykorzystanie surowców odnawialnych

Ze względu na wyczerpywanie się zasobów nieodnawialnych oczywiste jest dążenie do stopniowego przechodzenia do wykorzystania źródeł odnawialnych. Dotychczas najczęściej wykorzystywano jedynie drewno, celulozę oraz bawełnę. W przemyśle chemicznym przez długi czas produkcja odbywała się na bazie surowców odnawialnych, takich jak oleje, tłuszcze i cukry. Wykorzystanie zasobów odnawialnych w złożonych produktach jest ciągle bardzo niskie. Możliwość stosowania bioplastików, czyli kompozytów wykonanych z materiałów odnawialnych (konopie, len), których właściwości są porównywalne z kompozytami wykonanymi z tworzyw sztucznych wzmacnianych włóknami organicznymi – niewątpliwie przyczyni się do podniesienia poziomu wykorzystania energii odnawialnej.

– Obniżanie potencjału toksycznego

Produkty złożone zawierają substancje chemiczne, z których wiele jest potencjalnie szkodliwych dla zdrowia i środowiska. Do najważniejszych zalicza się antypireny (środki niepalne) wytwarzane na bazie związków halogenowych lub trójtlenku antymonu, chlorowane i fluorowane węglowodory (CFC_3), polichlorek winylu (PCW) i metale ciężkie. Antypireny są stosowane w obwodach drukowanych, obwodach scalanych, kablach, obudowach z tworzyw sztucznych – zgodnie z przepisami bezpieczeństwa. Antypireny zawierające brom stwarzają znaczące zagrożenia podczas spalania w spalarni lub na składowisku odpadów, ponieważ w pewnych warunkach tworzą się wysokotoksyczne dioksyny i furany. PCW jest jednym z najbardziej kontrowersyjnych tworzyw sztucznych. Ze względu na wysoką zawartość chloru – dochodzącą do 57%, materiał ten stwarza problemy w trakcie produkcji i likwidacji. Wśród metali ciężkich, wymienić należy ołów, kadm i antymon, które są stosowane jako stopy lutownicze. Ołów stosowany jest do produkcji lamp kineskopowych (do

20%) jako składnik zapobiegający emisji promieniowania elektromagnetycznego z ekranu TV. Substancje niebezpieczne stosowane są również w produkcji półprzewodników.

- Minimalizacja zużycia energii

  Podstawowym wskaźnikiem środowiskowym jest zużycie energii. Zużycie energii oddziałuje na środowisko w postaci: efektu cieplarnianego, niszczenia warstwy ozonowej, zakwaszenia, hałasu, wyczerpywania zasobów materialnych. Optymalizacja procesów technologicznych w kierunku ich energooszczędności jest jednym z najważniejszych działań związanych z ekoprojektowaniem

- Zasady likwidacji zużytych wyrobów

  Pomimo faktu, że produkt złożony jest projektowany i budowany w sposób umożliwiający jego recykling po zakończeniu fazy pracy, bardzo często jest jednak spalany lub składowany na składowisku. Podczas składowania produkty złożone są mieszane i zgniatane na mniej lub bardziej przepuszczalnej powierzchni gruntu. Wypłukane substancje przemieszczają się w głąb ziemi, zatruwając środowisko. Składowanie odpadów nie powinno być prowadzone bez wstępnego przetwórstwa. Procesy termiczne powodują zmniejszenie objętości i masy odpadów, jednak w trakcie ich zachodzenia emitowane są do powietrza związki metali ciężkich, pył i substancje organiczne. Dodatkowo spalanie tworzyw zawierających modyfikatory powoduje tworzenie się dioksyn i furanów. Oddzielnym problemem jest spalanie odpadów w paleniskach domowych oraz zagospodarowanie odpadów niebezpiecznych powstających w wyniku oczyszczania spalin ze spalarni.

4. Analiza możliwości wdrożenia zasad ekoprojektowania

W związku z rosnącą konkurencją przedsiębiorstwa dążą do skrócenia cykli innowacyjnych. Wdrożenie zasad ekoprojektowania (*Life Cycle Design – LCD*) wymaga dobrej organizacji, płynnego zintegrowania wymagań dotyczących ochrony środowiska z procesem projektowania oraz odpowiednich narzędzi dostarczających aktualne informacje z zakresu ochrony środowiska. Projektanci powinni mieć łatwy dostęp do informacji z zakresu ochrony środowiska, które umożliwią im z kolei określenie konsekwencji dla środowiska, jakie wywołają w przyszłości ich decyzje.

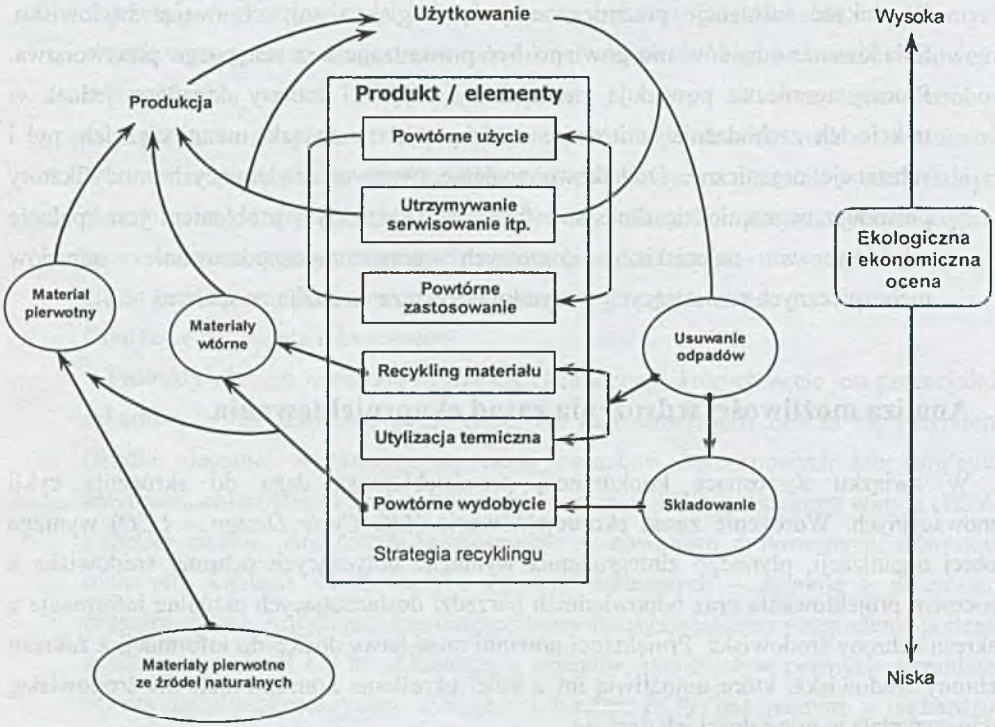
4.1. Zasady myślenia w kategoriach cyklu życia (LCT)

Myślenie w kategoriach cyklu życia (*Life Cycle Thinking – LCT*) jest istotą ekoprojektowania. Ponieważ produkt oddziałuje na środowisko od „kołyski" aż do „grobu", powinno się poddawać analizie cały cykl jego życia. Stosowanie podejścia cyklu życia ma na celu uzyskanie odpowiedzi na pytania:

- Jakie są największe ekologiczne problemy związane z produktem?
- Jakie jest najlepsze rozwiązanie?

Aby określić ostatecznie, który produkt jest bardziej ekologiczny, trzeba ustalić, którym elementom jakościowym należy nadać odpowiednią wagę odzwierciedlającą ich wpływ na zdrowie i środowisko (np. należy określić, co jest bardziej szkodliwe: emisja kilograma dwutlenku siarki czy kilogram odpadów stałych).

Na rys. 1 pokazano schematycznie cykl życia produktu, z zaznaczeniem tendencji kształtowania się jego ekoefektywności.



Rys.1. Cykl życia produktu[14]
Fig. 1. Life cycle of product

[14] Behrendt S., Jasch Ch., Peneda M.C., van Weenen H.: Life Cycle Design; Springer 1997.

Najważniejszym wynikiem stosowania myślenia w kategoriach cyklu życia jest oszacowanie ekoefektywności produktu w całym jego cyklu życia. Koncepcja podejścia cyklu życia pomaga wyjaśnić wpływ niektórych produktów, którego w innym ujęciu nie rozważano. Szczególnie dotyczy to wpływów związanych z otrzymywaniem i przetwarzaniem materiałów. Za pomocą szczegółowych bilansów wejść i wyjść, przy pomocy procedury cyklu życia można śledzić wpływy, przekazywane z jednego etapu cyklu życia do drugiego. Podstawowymi kategoriami wpływów na środowisko są: zdrowie człowieka, jakość ekosystemu i zasoby. Na początku procesu rozwoju produktu podejście jakościowe jest bardzo użyteczne. W dalszych etapach należy jednak przejść do stosowania bardziej szczegółowych analiz opartych na podejściu ilościowym. Często korzystne jest wspólne stosowanie tych narzędzi.

4.2. Narzędzia wykorzystywane w procesie ekoprojektowania

Pomimo specyficznych cech każdej firmy, procesy projektowania są zawsze podobne. Na początku zdefiniowane zostają potrzeby oraz funkcje produktu. Następnie sformułowane zostają wymagania, koncepcja projektu, szczegółowy projekt aż do określenia założeń produkcyjnych. W trakcie projektowania zespół projektujący identyfikuje różne alternatywy oraz analizuje je pod kątem wykonalności, specyfikując ostateczny projekt produktu. W tym procesie, w kontekście LCD, wyróżnia się trzy podstawowe etapy działania. Należą do nich:

- *strategia produktu* – czyli zasięg możliwych alternatyw, rozważanych technologii, zmian spełnianych funkcji, szerokie spektrum potencjalnych możliwości w zakresie ochrony środowiska;
- *formuła produktu* – na tym etapie na bazie wymagań, poprzez uszczegółowienie ustala się generalny projekt produktu;
- *specyfikacja produktu* – rozważane jest wdrożenie do produkcji elementów projektu, poprzez szczegółowe określenie części produktu i materiałów, z których będzie wykonany.

W procesie projektowania dokonanie wyboru pomiędzy alternatywami nazywane jest kamieniem milowym. Przy każdym kamieniu zespół projektujący ocenia projekt produktu w stosunku do wymagań ustalonych na początku procesu i na tej podstawie dokonuje wyborów. Idealne LCD powinno wprowadzić wymagania dotyczące ochrony środowiska ustalone na początku procesu, tak aby polepszyć ekologiczne wyniki produktu.

Bazując na dotychczasowych praktycznych doświadczeniach, wyróżnia się dwa typy narzędzi, które mają znaczenie dla redukowania środowiskowych wpływów produktów. Są to:

- *Narzędzia szacujące* – umożliwiają projektantom LCD zidentyfikowanie kluczowych czynników powodujących największe obciążenie dla środowiska w ciągu całego cyklu

życia. Narzędzia te umożliwiają projektantom porównywanie i ranking różnych alternatywnych rozwiązań;

– *Narzędzia ulepszające* – ułatwiają wygenerowanie ulepszeń produktów na różnych etapach cyklu jego życia.

Przegląd narzędzi LCD podano w tabeli 1.

Tabela 1

Przegląd narzędzi LCD[14]

Typ narzędzia	Faza procesu projektowania		
	Strategia produktu	**Formułowanie produktu**	**Specyfikacja produktu**
Narzędzia szacujące	Macierz wymagań produktu	Metoda ABC	LCA
Narzędzia ulepszające	Burza mózgów Zasady środowiskowe	Kryteria listy kontrolnej	

Burza mózgów i zasady środowiskowe mogą być stosowane w celu wygenerowania idei dotyczących środowiskowego ulepszania produktów. Na etapie formułowania produktu stosować można metodę ABC i kryteria listy kontrolnej. Kryteria te w porównaniu do zasad środowiskowych są bardziej szczegółowe

4.2.1. Faza strategii produktu

W tej fazie zarząd firmy definiuje ogólną strategię rozwoju produktu na najbliższe lata. Faza ta nie jest połączona ze specyficznym produktem, lecz z całymi grupami produktów, które mają zaspokoić potrzeby konsumentów. Odpowiednie narzędzia powinny pomóc zespołowi projektującemu ulepszyć idee produktu, pod kątem obciążenia środowiska. Narzędzia te nie powinny być zbyt szczegółowe, natomiast powinny wskazywać przewidywane problemy dotyczące ochrony środowiska. W tej fazie zarówno narzędzia szacujące, jak i ulepszające bazują na informacji jakościowej. *Macierz podsumowująca* składa się z wierszy i kolumn, przedstawiając kombinację różnych faz cyklu życia i zagadnień środowiskowych.

Burza mózgów w dziedzinie LCD może być stosowana do zebrania nowych pomysłów innowacyjnych z zakresu ochrony środowiska. Sesja powinna być dobrze zorganizowana, a zagadnienie oraz zasady sesji powinny zostać jasno przedstawione. Powinno się również przedstawić przykłady produktów przyjaznych środowisku.

Zasady środowiskowe – stosowane w połączeniu z burzą mózgów – umożliwiają porównanie osiągniętych rezultatów na podstawie zaproponowanej listy. Dotychczas opublikowano kilka list prezentujących strategie i zasady projektowania. W tabeli 2 przedstawiono przykładowo 13 zasad środowiskowych.

Tabela 2

Zasady środowiskowe przydatne do celów ekoprojektowania

P1	Osiąganie właściwych wskaźników ekologicznych/optymalizacja
P2	Oszczędność zasobów
P3	Używanie odnawialnych i wystarczająco dostępnych zasobów
P4	Zwiększanie trwałości produktów
P5	Projektowanie dla powtórnego użycia produktu
P6	Projektowanie dla recyklingu materiałów
P7	Projektowanie dla łatwego demontażu
P8	Minimalizowanie substancji szkodliwych
P9	Produkcja przyjazna środowisku
P10	Minimalizacja wpływu na środowisko w trakcie użytkowania produktu
P11	Używanie opakowań przyjaznych środowisku
P12	Przyjazne środowisku usuwanie materiałów nie nadających się do recyklingu
P13	Wdrażanie logistyki przyjaznej środowisku

W tej fazie istotne jest, aby kryteria oparte na powyższych zasadach związane były z całym produktem i jego otoczeniem.

4.2.2. Faza formuły produktu

W tej fazie głównym zadaniem jest zaprojektowanie wyrobu dla danego rynku przy uwzględnieniu zbioru wymagań, które zostały sformułowane wcześniej. Możliwości ulepszania są ograniczone, ponieważ wymagania dotyczące ochrony środowiska muszą zostać powiązane z innymi wymaganiami, takimi jak cena, wydajność, produkcja, bezpieczeństwo i wygląd. *Kryteria listy kontrolnej* – wprowadzają bardziej szczegółowe wymagania, które mają pomóc projektantowi. Lista dostarcza wytycznych związanych z konkretnym zakresem ochrony środowiska. Stosowane kryteria są rozwinięciem i uszczegółowieniem zasad środowiskowych. *Metoda ABC* – w tej metodzie kryteria środowiskowe są używane w celu usystematyzowanej identyfikacji szans ulepszania specyficznej funkcji produktu. Dla umożliwienia projektantom ujawnienia słabych elementów metoda ABC powinna być stosowana w połączeniu z listą kontrolną.

4.2.3. Faza specyfikacji produktu

W tej fazie proces projektowania związany jest z praktycznym przygotowaniem do produkcji. Podejmowane są decyzje inwestycyjne, w związku z tym potrzebne są informacje z zakresu ochrony środowiska, na podstawie których te decyzje można by było podjąć. Praktyka wykazuje, że dążenie do osiągnięcia najlepszych rezultatów dla jednego kryterium powoduje wzrost środowiskowego oddziaływania związanego z innym kryterium. Dlatego też niezbędne są narzędzia szacujące elementy określające, która opcja jest lepsza (określające

priorytety). Do takich metod należą metody Oceny Cyklu Życia (*Life Cycle Assessment* LCA)[15].

5. Podsumowanie

- Projektowanie Cyklu Życia (*LCD*) produktu jest procesem obejmującym cały cykl życia: począwszy od surowców poprzez produkcję, dystrybucję, użytkowanie aż do ponownego przetworzenia materiałów lub ich usunięcia. Głównym celem jest zmniejszenie zużycia energii i surowców, zmniejszenie różnorodności używanych materiałów oraz zmniejszenie zużycia substancji niebezpiecznych. Prace te oparte są na fundamentalnym założeniu, że wszystkie podjęte działania mają doprowadzić do zmniejszenia obciążenia środowiska.
- Większość problemów ochrony środowiska rozwiązywanych jest za pomocą tzw. działań „na końcu rury". Stosowane do tego technologie zazwyczaj są drogie i dotyczą odpadów czy też emisji, która już powstała. Przeprojektowanie procesów i produktów może przynieść wymierne korzyści finansowe. Podstawą takiego przeprojektowania jest dążenie do zoptymalizowania wpływu na środowisko w całym cyklu życia produktu – począwszy od użytych surowców poprzez wytworzenie i użytkowanie aż do zutylizowania produktu. Przedsiębiorstwa mogą zbadać potrzeby konsumentów, określić funkcje, jakie produkt powinien spełniać, oraz przeanalizować właściwości surowców. Tego typu działania są podstawą procesu, zwanego ekoprojektowaniem.
- Postępujące ciągłe skracanie długości życia produktu, wynikające z rozwoju techniki, oraz rosnące ograniczenia wynikające z wyczerpywania się zasobów naturalnych i energii, zmuszają przedsiębiorstwa do podejmowania działań w celu sprostania zarówno kryteriom ekonomicznym, jak i ekologicznym. Optymalizacja ekoefektywności procesów technologicznych może mieć miejsce tylko w oparciu o analizy procesów ekologistycznych w całym cyklu życia wyrobu.
- Zwiększanie stopnia wykorzystania surowców jest jednym ze sposobów osiągnięcia zrównoważonego rozwoju. Zwiększenie wykorzystania należy rozumieć jako zmniejszenie zużycia surowców na jednostkę produkcji (np. zwiększenie sprawności procesów termicznych). Dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju ważne jest także projektowanie produktów, które mogą być użytkowane w długim okresie, a następnie poddane recyklingowi (*DfR*). Strategia ta jest podstawowym działaniem dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju.

[15] Czaplicka K.: „Koncepcja oceny cyklu życia – nowym narzędziem zarządzania w przedsiębiorstwie.", Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie z.21/1625, 2004, 225-244.

- Utworzenie spójnych przepływów materiałowych, będące podstawą działań w obrębie ekologistyki, w połączeniu z działaniami związanymi z ekoprojektowaniem wyrobów jest podstawą do spełnienia wytycznych zrównoważonego rozwoju. W dążeniu do zrównoważonego rozwoju coraz częściej istotniejsza się staje sprzedaż usług (ekoprojektowanie, tworzenie koncepcji łańcuchów ekologistycznych) niż produktów.