

Sposoby realizacji zrównoważonego rozwoju w przemyśle

The Methods for Implementing Sustainable Development in the Industry

Joanna Masternak

*Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach,
Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Chemii,
Zakład Chemii Nieorganicznej, ul. Świętokrzyska 15G, 25-406 Kielce,
e-mail: Joanna.Masternak@ujk.kielce.pl*

Streszczenie

Przemysł jest w największym stopniu odpowiedzialny za pogarszający się stan środowiska przyrodniczego. Całościowe ujęcie produkcji to współczesna profilaktyka powstawania zanieczyszczeń środowiska i odpadów. Rozpoczyna się ona od pomysłu stworzenia produktu czyli projektowania, poprzez wytwarzanie i możliwości ponownego wykorzystania. Płaszczyzna technologiczna jest więc szczególnie miejscem poszukiwań produktów czy technologii materiałoozczędnych, energooszczędnych i małodopadowych. Niniejsza praca ma na celu przedstawienie metod wspomagających wprowadzanie zasady zrównoważonego rozwoju do zakładów produkcyjnych.

Słowa kluczowe: przemysł, ekoprojektowanie, czystsza produkcja, ekologia przemysłowa

Abstract

Industry is in the greatest degree responsible for the deteriorated quality of the environment. The holistic approach to production aims at prevention of environmental pollution and wastes. It begins at the stage of project design, through production phase and recycling possibilities. Technical dimension is especially devoted to look for products or technologies which are material-saving, energy-efficient and no-waste. The aim of the article is to present supportive methods for introducing the principle of sustainable development into industrial plants.

Key words: industry, ecodesign, cleaner production, industrial ecology

Wprowadzenie

Zmiany klimatyczne, wyczerpujące się zasoby surowców naturalnych, pogłębiające się zróżnicowanie poziomu życia ludności krajów wysoko i słabo rozwiniętych, problem rosnącej w zatrważającym tempie masy odpadów spowodowały, że zaczęto analizować możliwe ich przyczyny. Zapobieganie negatywnym skutkom działań, zamiast kosztownych napraw stało się fundamentem dbałości o życie ludzi w zdrowym środowisku. Polityka prewencyjna szczególnie silnie wyrażana jest w inicjatywach legislacyjnych krajów, które zdecydowały się podjąć działania zmierzające ku zrównoważonemu rozwojowi.

Świadomość krótko-wzroczności dotychczasowego postępu urbanizacyjnego rośnie wraz z liczbą problemów napotykanym w otaczającym środowisku.

Celami zrównoważonej produkcji są: kontynuacja rozwoju przemysłu, zaspokojenie potrzeb konsumentów, racjonalne gospodarowanie surowcami naturalnymi, wykorzystanie produktów ubocznych lub przetworzenie zużytych, poparte najlepiej brakiem negatywnego wpływu lub jak najmniejszym oddziaływaniem na środowisko. Zróżnicowanie kierunków takich działań oraz szereg wymagań stawianych przez użytkowników zakładających

całościowe oddziaływanie na przyrodę powinno być oparte na wielu obserwacjach i analizach.

Wnikając w przyczyny obecnej sytuacji należy zaznaczyć, iż to właśnie rozwój przemysłu i sektora usługowego stał się bezpośrednim czynnikiem naglących zmian. Dlatego bardzo ważnym aspektem wdrażania zrównoważonego rozwoju jest płaszczyzna techniczna. Skoncentrowano siły aby uczynić produkcję „zrównoważoną”, czyli „tworzącą dobra i usługi, które nie zanieczyszczają środowiska, oszczędzają energię i surowce naturalne, są ekonomicznie wykonalne, bezpieczne, zdrowe i satysfakcjonujące dla producentów i społeczeństwa - konsumentów” (Veleva i in., 2001). Połączenie w jedno zadanie priorytetowych celów związanych z: wartością środowiska dla człowieka, opłacalnością produkcji a dobrem społecznym jest bardzo trudne. Stworzono szereg narzędzi umożliwiających w długoterminowych, systematycznych pracach zbliżanie się ku idei zrównoważonej produkcji. Szeroki zakres działań niwelujący szkody obecne i minimalizujący wpływy współczesnej produkcji na środowisko pociąga za sobą zalegające się działania szeregu dziedzin naukowych. Połączenie sił ujmuje nowa dyscyplina naukowa - ekologia przemysłowa, pomocne okazały się również narzędzia wykonawcze mianowicie: ekoprojektowanie, czystsza produkcja i zapobieganie powstawaniu zanieczyszczeń.

Ekoprojektowanie

Wymagania stawiane produktom dostępnym na rynku są coraz bardziej wysublimowane. Oprócz ceny, funkcjonalności, niezawodności, estetyki, dodawane są: wpływ na środowisko przyrodnicze, możliwości recyklingu lub wymiany składowych elementów. Wynika to z rosnącej świadomości społeczeństwa na temat wpływu użytkowanych dóbr na środowisko. Rosnące góry składowanych odpadów, przenikanie szkodliwych substancji do gleby, zanieczyszczenie powietrza to tylko najważniejsze skutki rosnącego popytu na nowoczesne produkty. Prace nad koncepcją projektowania dla środowiska lub ekoprojektowania (*ecodesign*) rozpoczęto w związku z koniecznością zaspokajania potrzeb użytkowników. Ma ono na celu stworzenie produktów o jak najmniej niekorzystnym wpływie na środowisko. Pomysłodawcy nowych projektów mają do wykonania bardzo trudne zadanie, gdyż muszą kierować się zasadą otrzymywania rzeczy najlepszych pod każdym względem z minimalnymi obciążeniami przyrody podczas całego cyklu życia produktu (Maslce, Zhao, 2008; Platcheck i in., 2008). Tworzenie przyjaznego otoczeniu produktu opiera się bowiem na kilku podstawowych wymaganiach (Luttrupp, Lagerstedt, 2006):

- produkt traktowany jest jako cykl życia – czyli począwszy od pomysłu, poprzez czas użytkowania aż do ostatecznego wykorzy-

stania np. w procesie, jako wtórnego surowca (tzw. podejście „od kołyski do grobu”),

- minimalizacja surowców i materiałów koniecznych do produkcji,
- obniżenie pobieranej energii w trakcie wytwarzania oraz użytkowania produktu,
- maksymalna długość życia – wykorzystanie poużytkowych elementów składowych w tworzeniu nowego produktu,
- zmniejszenia ilości odpadów poprzez stosowanie surowców wtórnych.

Wymienione kryteria i tradycyjne aspekty tworzenia nowych produktów wymagają współpracy zespołów składających się z: pomysłodawców, dostawców surowców, udziałowców, oceniających wpływ na środowisko, a także samych przyszłych użytkowników. Kompleksowe podejście ekoprojektowania pozwala na połączenie potrzeb konsumentów z odpowiedzialnością oddziaływań na środowisko (Luttrupp, Lagerstedt, 2006). Celem usunięcia negatywnych skutków istnienia i oddziaływania tworzonych produktów jest określanie tzw. pełnych cykli życia we wstępnej fazie jaką jest projektowanie. Wiąże się to z dodatkowymi możliwościami wprowadzenia zmian przed rozpoczęciem procesu technologicznego. Rozważanie takich modyfikacji po zapoczątkowaniu produkcji pociąga za sobą znaczne koszty. Ekoprojektowanie może redukować czas produkcji oraz zapewnić konkurencyjną cenę realizując wymóg minimalnego wpływu na środowisko (Kurk, Eagan, 2008). Ponieważ każdy produkt ma inne zastosowanie i funkcje, proces tworzenia jest długi i pracochłonny. Istnieje kilka zróżnicowanych pod względem złożoności narzędzi pomagających w rozwiązywaniu problemów, czy systematyzowaniu danych. Jedną z najprostszych są tzw. listy (karty) kontrolne, są to listy pytań obejmujące cały cykl życia produktu (Luttrupp, Lagerstedt, 2006, Kurk, Eagan, 2008). Począwszy od wykorzystywanych substratów, gdzie pytania dotyczą: stosowania substancji szkodliwych, ewentualnie wykorzystania materiałów wtórnych bądź ubocznych z innego procesu technologicznego, poprzez samą produkcję obejmującą - minimalizację zużycia energii i surowców, aż po samo użytkowanie i możliwości naprawy lub przerobu na surowce wtórne. Pojawiają się również pytania związane z minimalizacją masy odpadów i kosztami gospodarowania pozostałościami poprodukcyjnymi. Każde z tych pytań ma jeszcze jeden wymiar w postaci oddziaływania na środowisko.

Innym pomocnym narzędziem jest wskaźnik zasobów na jednostkę usługi MIPS (*material input per service unit*). Składnikami są materiały oraz usługi potrzebne do stworzenia dobra użytkowego w odniesieniu do wykorzystania surowców naturalnych. Celem stosowania tego wskaźnika w ekoprojektowaniu jest próba osiągnięcia jak najmniej zasobochłonnego produktu w całym cyklu życia.

Stosuje się również wskaźnik nakładu energii i zasobochłonności na jednostkę materiału EMITS (*exergetic material input per unit of service*). Duże, wyliczone wskaźniki EMITS i MIPS uświadamiają konieczność modyfikacji produkcji, dążąc do obniżenia kosztów nakładów środowiskowych.

Kolejnym, ale najbardziej złożonym elementem projektowania przedmiotów przyjaznych środowisku jest ocena cyklu życia produktu pod względem wpływu na środowisko LCA (*life cycle assessment*) (Gehin i in., 2008). Metoda ta ocenia nakłady surowców przy produkcji, ilość wytworzonych produktów ubocznych i odpadów oraz ich wpływ na zdrowie człowieka i stan środowiska (Basu, van Zyl, 2006). Ocena cyklu życia produktu to wskazówki, jaki produkt powinien być lub lista weryfikowanych czynników, które powinny być spełnione przez ekoprodukty.

Niestety żadne z wspomagających ekoprojektowanie narzędzi nie mówi jak stworzyć idealny produkt. Każda z zaproponowanych metod jest jedną z możliwych opcji poszukiwania „zielonego” produktu. Idealny, powinien być wytworzony, użytkowany bez generowania toksycznych substancji, cechować się energooszczędnością, a po eksploatacji przetworzony na wtórne surowce służące innemu procesowi produkcyjnemu. Ekoprojektowanie zachęca do dążenia do takiego modelu i stanowi jednocześnie wkład twórców towarów w szeroko propagowaną zrównoważoną produkcję.

Czystsza produkcja

Dzisiejsze problemy są wynikiem ekspansywnej polityki eksploatacyjnej koniecznej do sprostania założeniom nieograniczonej produkcji kreowanej popytem. Próby usunięcia efektów produkcji rozpoczęto od rozwiązań na końcu rury (*end of pipe*) (Hossain i in., 2008). Jednak działania polegające na zmniejszaniu, czy neutralizacji gazów i odpadów poprodukcyjnych nie dawały oczekiwanych rezultatów, obserwowano natomiast pogarszający się nadal stan środowiska. Skłoniło to producentów do długoterminowych analiz, rozpoczynających się przed samą produkcją, a kończących na powrotnym powrocie produktu do fabryki.

Zmiana relacji pomiędzy tendencją ku polepszeniu standardów życia a odpowiedzią otaczającego środowiska, stała się podstawą stworzenia teorii czystszej produkcji CP (*cleaner production*). Efekt podwójnej korzyści (*win-win effect*), umożliwia wdrażanie tej innowacyjnej metody do firm produkcyjnych lub usługowych. Polega ona na prowadzeniu w przedsiębiorstwie wewnętrznej polityki ochrony środowiska, dając jednocześnie korzyści ekonomiczne.

Czystsza produkcja jako strategia działania pojawiła się w latach 80-tych XIX wieku. Polega ona na ciągłych zintegrowanych, zapobiegawczych działaniach w odniesieniu do procesów, produktów i

usług, zmierzając do zwiększenia efektywności produkcji oraz redukcji ryzyka dla ludzi i środowiska przyrodniczego (Veleva i in., 2001, Basu, van Zyl, 2006). Czystsza produkcja, jako kreatywna idea pozwala rozpatrywać również tworzone podczas niezrównoważonej produkcji problemy natury ekologicznej. Zakłada przede wszystkim eliminację substancji toksycznych, oszczędność materiałów oraz energii w cyklu zamkniętych obiegów produkcji – konsumpcji (Li, Chai, 2007).

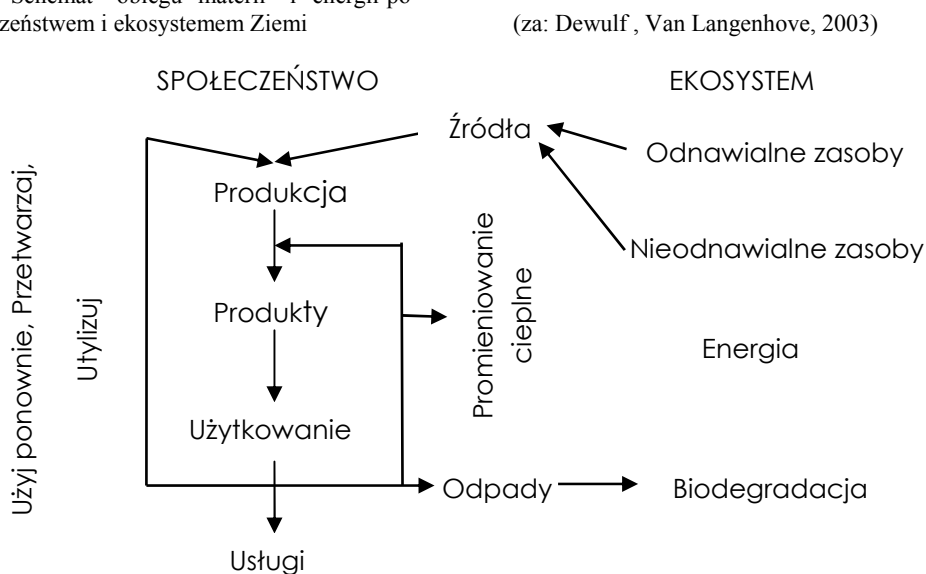
Bardzo ważnym aspektem wdrażania czystszej produkcji są procedury zarządzania wydobyciem surowców naturalnych. Zgodnie z raportem „Nasza Wspólna Przyszłość” stworzonym podczas prac komisji ONZ w 1987 roku, „obecne pokolenia muszą zaspokajać własne potrzeby bez naruszania możliwości przyszłych pokoleń” (Veleva i in., 2001, Dasgupta, 2007, Gehin i in., 2008, Mäler, 2008, Platcheck i in., 2008). Ściśle rzecz ujmując należy tak gospodarować wydobywającymi surowcami, również tymi już przetworzonymi w procesach technologicznych, aby nie przekroczyć „wydolności” największego ekosystemu jakim jest Ziemia (Mäler, 2008).

Wykonanie tych założeń umożliwia wprowadzenie zamkniętych cykli produkcyjnych (Pawłowski, 2006). Wszystko zaczyna się od ekoprojektowania. Po pozytywnej ocenie całego cyklu życia produktu, jest on wytwarzany, następnie trafia do klientów a po zużyciu powinien trafić znów do zakładu w celu zmiany funkcji lub ulepszenia. Schematycznie obieg materii i energii pomiędzy środowiskiem naturalnym (ekosystemem) i środowiskiem konsumentów przedstawiono na rysunku 1.

W trakcie produkcji coraz częściej, szczególnie w Stanach Zjednoczonych producenci posiłkują się zasadą zapobiegania zanieczyszczeniom P2 (*pollution prevention*). Polega ona na modernizacji technologii produkcyjnych, nacisku na maksymalne wykorzystanie materiałów oraz automatyzację umożliwiającą ochronę pracowników. Jednym z najważniejszych wytycznych tej teorii jest zastępowanie substancji toksycznych substytutami posiadającymi podobne właściwości (ale mniej szkodliwymi) i pełniącymi identyczne funkcje (Basu, van Zyl, 2006; Hossain i in., 2008).

Produkty uboczne i wyeksploatowane towary trafiają według zasady 3R: użyj ponownie, przetwarzaj, utylizuj (*reuse, remanufacture, recycle*) znów do producentów. Zasada „użyj ponownie” promuje produkcję sprzętów modułowych, których elementy składowe, materiały budulcowe mogą zostać ponownie wykorzystane bez modyfikacji technologicznych (Masclé, Zhao, 2008). Można w ten sposób przedłużyć „życie produktu” serwisując go lub odpowiednio konserwując. Zgodnie z założeniami zamkniętych cykli produkcyjnych, powinny funkcjonować zakłady przemysłowe pomagające w naprawie, odnowieniu lub tworzeniu nowych produktów. Zastosowanie podzespołów zdemontowa-

Rysunek 1. Schemat obiegu materii i energii pomiędzy społeczeństwem i ekosystemem Ziemi



nych ze zużytych produktów niweluje nieodporność stosowania surowców naturalnych w produkcji. Stanowi zatem pożądaną alternatywę, gdyż zwiększa dostępność surowców przyszłym pokoleniom (Inyang i in., 2003). Terminy „przetwarzaj”, „utylizuj” odnoszą się do produktów wyeksploatowanych w trakcie pełnienia swoich funkcji oraz pozostałości z procesów produkcyjnych. Innymi słowy jest to segregacja i ponowne wykorzystanie. Odzysk surowców to jednocześnie zmniejszenie ilości odpadów na składowiskach. Dobra wielokrotnego użytku, zdolne do recyklingu, pozwalają na jak najdłuższe utrzymanie produktu w obiegu produkcyjnym - konsumpcyjnym, co jest głównym założeniem zamkniętych cykli produkcyjnych. Wymienione działania przedłużające niejako życie dobra są zaliczane do strategii na końcu życia produktu EoL (*End of Life*) (Gehin i in., 2008).

Ponowne przetwarzanie towarów pozwala na: odciążenie środowiska mniejszą liczbą odpadów, obniżenie cen, stworzenie nowych miejsc pracy, zmniejszenie kosztów produkcji i ostatecznie likwidacji odpadów (Gehin i in., 2008). Postęp we wdrażaniu tych koncepcji obrazują wskaźniki zrównoważonej produkcji, do których zalicza się: udział przetworzonych produktów w nowych procesach technologicznych, ilość szkodliwych wyemitowanych do atmosfery gazów oraz ilość energii zużytej na jednostkę stworzonego lub naprawionego produktu (Veleva i in., 2001). Zmniejszające się wskaźniki czystszej produkcji warunkują zmniejszenie negatywnych skutków dla środowiska i zbliżanie się do osiągnięcia założeń zrównoważonego rozwoju. Wyidealizowanym pomysłem, do którego dąży czystsza produkcja jest zerowa emisja zanieczyszczeń przy jednoczesnym tworzeniu większej liczby towarów z tych samych lub mniejszych ilości wyjściowych czynników produkcyjnych. Końcowy produkt powinien zawierać wszystkie zużyte

na jego produkcję materiały i wykorzystaną energię (Pauli, 1997). Umożliwiłyby to zupełne zredukowanie odpadów.

Ekologia przemysłowa

Szersze spojrzenie na płaszczyznę technologiczną i stosowane przez nią narzędzia umożliwia połączenie różnorodnych technologii przemysłowych w jeden organizm. Stwierdzono bowiem, że zakład działający w oderwaniu od innych napotyka wiele trudności w prowadzonej produkcji, a szczególnie w zmniejszeniu oddziaływań na środowisko. Wzruszając się na współzależnościach kierujących naturalnymi ekosystemami stworzono ekologię przemysłową IE (*industrial ecology*). Celem tejże ekologii jest naśladowanie zrozumianych ekosystemów naturalnych w tworzeniu infrastruktury przemysłowej (Korhonen, 2001; Basu, van Zyl; 2006; Sandner, 2007). Warto podkreślić jest to, że stworzone przestrzenie ekoprzemysłowe współpracują ze środowiskiem przyrodniczym a nie przeciwko niemu. Uogólniając, jest to mechanizm dbający o dobry stan całości naszej planety.

Symbioza przemysłowa polega na optymalnym wykorzystaniu źródeł materiałów i energii z równoczesną produkcją ewentualnych łatwo ulegających biodegradacji towarów. Ważnym zagadnieniem tej teorii jest recykling materiałów i gromadzenie energii w cyklach produkcyjnych wykorzystywanych przez inne gałęzie przemysłu. Relacje i wzajemne zobowiązania pomiędzy środowiskiem a przemysłem ze względu na wielowymiarowość działań są przedmiotem badań interdyscyplinarnych. Zrozumienie sprzężeń pomiędzy żywymi składnikami ekosystemu naturalnego a kierunkami tworzenia produktów i użytkowania energii, pozwala przybliżyć się ku naturalnie zrównoważonej przyrodzie (Hauff, Wilderer, 2008). Ze względu na bardzo szerokie pole działań ekologii przemysłowej

łączącej planowanie, czystsza produkcję i ochronę przed zanieczyszczeniami, jest ona istotnym krokiem w dążeniu ku osiągnięciu równowagi przemysł - środowisko.

Realizacja założeń w praktyce

Poszczególne gałęzie przemysłu stosując się do regulacji prawnych starają się sprostać zaleceniom dyrektyw związanych ze: zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym (*WEEE – Waste of Electrical and Electronic Equipment*), ograniczeniem niektórych niebezpiecznych substancji (*RoSH – Release of Hazardous Substances*) (Kurk, Eagan, 2008) oraz zmniejszeniem ilości zużytej energii przez wytworzone urządzenia (*EuP – Energy Using Products*). Głównym celem dyrektyw jest ograniczenie ilości zużytego sprzętu, a ponad to promowanie ponownego ich użycia oraz różnych form odzysku, które ograniczają ilość odpadów.

Czołowe marki produkujące sprzęt elektroniczny jak: IBM, Philips, Apple Computers, Sony rozpoczęły projektowanie swoich urządzeń zgodnie z zasadami czystszej produkcji. Są to urządzenia składające się z łatwych do wymiany i demontażu elementów przez co, umożliwiają ich powtórne użycie (Kurk, Eagan, 2008). Alternatywne materiały, jak spoiny bezołowiowe, ulegające biodegradacji obudowy są również znakiem oczyszczania produkcji z substancji długo rozkładających się bądź toksycznych. Firma Canon przetwarzając tonery z drukarek, tworząc zakłady remontowe kopiarek i stosując w zakładach standardy ISO 14001, stała się jedną z czołowych firm przemysłu elektronicznego, dążących do zrównoważenia oczekiwań ekonomicznych konsumentów, jak i zmniejszenia negatywnych oddziaływań na środowisko. Zredukowano w ten sposób ilość odpadów, produkowanego dwutlenku węgla, jak również ilość energii zużywanej przez nowe produkty (Lozano, 2008). Współpraca projektantów, producentów i użytkowników zaangażowanych w zbiórkę pustych tonerów przyniosła oczekiwane efekty.

Przemysł metalurgiczny korzystający z surowców naturalnych, których zasoby wyczerpują się bardzo szybko, poszukuje rozwiązań pozwalających pozyskiwać metale w inny sposób. Praktycznymi mechanizmami czystszych technologii stosowanymi w górnictwie są: ługowanie cyjankowe i neutralizacja kwaśnych wód kopalnianych (*AMD*). Kopalnie złota wykorzystując te metody chronią środowisko zwiększając jednocześnie wydajność wydobywania. Metale stanowią również surowiec przemysłu elektromaszynowego, stąd odzyskiwanie ich polega najczęściej na przetworzeniu metalowych konstrukcji budowlanych. Demontaż, segregacja, modyfikacja technologiczna elementów składowych aut i różnego rodzaju maszyn pozwala „odtworzyć” dany surowiec. W ten sposób odzyskuje się stal, metale kolorowe, tworzywa sztuczne, oleje. Wpro-

wadzony obowiązek składowania pojazdów wycofanych z eksploatacji (*ELV – End of Life Vehicle*) (Kurk, Eagan, 2008), pozwala na wtórne przetworzenie nie tylko metali, ale również ołowiu z akumulatorów (np. rafineria Jedlicze) i olejów silnikowych. Toyota (Altona Victoria, Australia) poprzez zastosowanie robotów malujących karoserie produkowanych samochodów, zredukowała znacznie emisję szkodliwych substancji¹. Usprawnieniem pracy zakładów odbierających w celu utylizacji np. stare samochody jest pomysł kodowania materiałów budulcowych. Oznaczenia poszczególnych związków są wytłaczane na produktach umożliwiając tym samym szybszą segregację.

Testowanie nowych źródeł energii przez przemysł paliwowy i energetyczny jest kolejnym obszarem wprowadzania nowych technologii. Bioetanol czy wodór już teraz są nazywane paliwami przyszłości, gdyż mogą zastąpić wyczerpujące się złoża ropy naftowej i gazu ziemnego. Planuje się, że do 2010 roku sektor energetyczny w 10% będzie czerpał energię z odnawialnych źródeł energii (energii: wiatrowa, promieniowania słonecznego, spadku wody, źródeł geotermalnych i pozyskiwana z biomasy).

Z zasobów leśnych Ziemi korzysta przemysł drzewno-papierniczy, który wdraża do fabryk zasady ekologii przemysłowej. W Finlandii, w której 2/3 powierzchni stanowią lasy, tworzy się lokalne okręgi przemysłowe zlokalizowane w pobliżu źródła surowca. Składają się one z: tartaków, celulozowni, papierni, elektrociepłowni (Korhonen, 2001). Pomiędzy poszczególnymi zakładami przemieszczają się półprodukty, odpady i energia. Pozostałości z produkcji papieru jako głównego produktu, są znów zawracane do cykli produkcyjnych. Nagromadzona energia zamieniana jest na energię ciepłą dostarczaną do zakładów i domów.

Przemysł rolno-spożywczy nastawiony jest na produkty z surowców naturalnych bazujące na proekologicznych uprawach. Firma Nestle (Dennington Victoria, Australia) produkująca mleko, zmieniając piece brykietowe na gazowe praktycznie wyeliminowała emisję dwutlenku siarki, związków ołowiu, kadmu i niklu¹.

Dosyć istotnym problemem tego sektora są jednorazowe opakowania produktów. Zewnętrzna oryginalność skłaniająca do zakupu została przeciwstawiona ich biodegradacji i możliwości ponownego wykorzystania. Coraz częściej stosuje się opakowania wykonane z naturalnych substancji. Przykładami są opakowania z otrębów pszennych ulegające całkowitej biodegradacji, opakowania lniane lub bawełniane mogące być wielokrotnie wykorzystywane. Nie wszystkie jednak produkty mogą być w

¹ Por. National Pollutant Inventory Summary Report of Fifth Year Data 2002-2003, <http://www.npi.gov.au/publications/fifth-report/cleaner.html#facility>.

nie pakowane, dlatego promowane są akcje przetwarzania posegregowanych opakowań wykonanych z: papieru, szkła, plastiku i aluminium, zmniejszające tym samym ilość odpadów.

Natomiast przemysł chemiczny, obarczany największą odpowiedzialnością za obecny stan środowiska, proponuje rozwiązania tzw. zielonej chemii. Eliminuje ona przede wszystkim substancje niebezpieczne dla ludzi i środowiska, stosowane w trakcie tworzenia czy użytkowania produktu (Jaśkiewicz, 2008). Pierwszymi przykładami są: specjalne procesy zmniejszające ilość wytwarzanego CO₂, farby do malowania aut i statków nie zawierające ołowiu i cyny, pralnie chemiczne nie stosujące perchloroetyleny oraz gaśnice bez freonów (Manley i in., 2008).

Wymienione próby wprowadzania zasad ekoprojektowania, czystszej produkcji i ekologii przemysłowej do poszczególnych gałęzi przemysłu są w szeregu przypadków we wstępnej fazie (Waloszczyk, 2008). Prace nad efektywnym wykorzystaniem założeń teorii zrównoważonej produkcji wymagają czasu i sukcesywnego wdrażania. Pierwsze kroki ku czystszy technologiom i sukcesy innowacyjnych rozwiązań technicznych powinny zachęcać producentów do pracy nad rozwojem produkcji przyjaznej środowisku.

Zakończenie

Przemysł zmienia powoli priorytety działań. Starania obejmujące jedynie podążanie za wymaganiami konsumentów łączone są z ostrożnością zużywania surowców i energii, recyklingiem i ponownym wykorzystaniem półfabrykatów. Konieczność ciągłego doskonalenia procesów technologicznych i racjonalnego korzystania z zasobów środowiska wymaga rozszerzenia działań producentów, którzy stają się odpowiedzialni za cały cykl życia produktu. Oprócz zasadniczej części jego wytworzenia, sektor przemysłowy nieprzypadkowo obejmuje: projektowanie, użytkowanie i utylizację. Proekologiczne strategie rozwoju przemysłu poszukują rozwiązań mogących zapewnić wprowadzanie zrównoważonego rozwoju. Próbami sprostania wymaganiom są: projektowanie dla środowiska, czystsza produkcja i ekologia przemysłowa. Współzależności pomiędzy tymi komponentami pozwalają na stworzenie korzystnych dla środowiska zamkniętych cykli produkcyjnych. Badanie zależności, efektywności planów i prowadzonych prac leży w zakresie ekologii przemysłowej. Minimalizacja odpadów i recykling umożliwiają przeniesienie założeń tych teorii w sferę działań.

Pozytywne perspektywy wynikające z nowych kierunków rozwoju przemysłu to dopiero początek długiej drogi ku zrównoważonej produkcji.

Literatura

1. BASU A. J., VAN ZYL D. J. A., 2006, Industrial ecology framework for achieving cleaner production in the mining and minerals industry, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, issue 3-4, s. 299-304.
2. DASGUPTA P., 2007, The idea of sustainable development, w: *Sustainability Science*, vol. 2, issue 1, s. 5-11.
3. DEWULF J., VAN LANGENHOVE H., 2003, Exergetic material input per unit of service (EMIPS) for the assessment of resource productivity of transport commodities, w: *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 38, issue 2, s. 161-174.
4. GEHIN A., ZWOLINSKI P., BRISSAUD D., 2008, A tool to implement sustainable end-of-life strategies in the product development phase, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, issue 5, s. 566-576.
5. HAUFF M., WILDERER P. A., 2008, Industrial ecology: engineered representation of sustainability, w: *Sustainability Science*, vol. 3, issue 1, s. 103-15.
6. HOSSAIN K. A., KHAN E. I., HAWBOLDT K., 2008, Sustainable development of process facilities: State-of-the-art review of pollution prevention frameworks, w: *Journal of Hazardous Materials*, vol. 150, issue 1, s. 4-20.
7. INYANG H. I., DE BRITO G. T., HILGER H., 2003, Waste recycling within the context of industrial ecology, w: *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 39, issue 1, s. 1-2.
8. JAŚKIEWICZ J., 2008, Dilemmas for sustainable development in Poland, w: *Problemy Ekorozwoju*, vol. 3 nr 1, s. 33-38.
9. KORHONEN J., 2001, Regional industrial ecology: examples from regional economic systems of forest industry and energy supply in Finland, w: *Journal of Environmental Management*, vol. 63, issue 4, s. 367-375.
10. KURK F., EAGAN P., 2008, The value of adding design-for-the-environment to pollution prevention assistance options, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, issue 6, s. 722-726.
11. LI H. B., CHAI L. H., 2007, Thermodynamic analyses on technical framework of clean production, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, issue 4, s. 357-365.
12. LOZANO R., 2008, Developing collaborative and sustainable organizations, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, issue 4, s. 499-509.
13. LUTTROPP C., LAGERSTEDT J., 2006, EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development, *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, issue 15-16, s. 1396-1408.

14. MÄLER K.-G., 2008, Sustainable Development and Resilience in Ecosystems, w: *Environmental and Resource Economics*, vol. 39, issue 1, s. 17-24.
15. MANLEY J. B., ANASTAS P. T., CUE B. W., 2008, Frontiers in Green Chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, issue 6, s. 743-750.
16. MASCLE C., ZHAO H. P., 2008, Integrating environmental consciousness in product/process development based on life-cycle thinking, w: *International Journal of Production Economics*, vol. 112, issue 1, s. 5-17.
17. PAULI G., 1997, Zero emissions: the ultimate goal of cleaner production, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 5, issue 1-2, s. 109-113.
18. PAWŁOWSKI A., 2006, Wielowymiarowość rozwoju zrównoważonego, w: *Problemy Ekorozwoju*, vol 1 nr 1, s. 23-32.
19. PLATCHECK E. R., SCHAEFFER L., KINDLEIN W., CÂNDIDO L. H. A., 2008, Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, issue. 1, s. 75-86.
20. SANDNER J., 2007, Idea zrównoważonego rozwoju w holistycznej edukacji przyrodniczej, w: *Problemy Ekorozwoju* vol. 2 nr 2, s. 101-105.
21. WALOSZCZYK K., 2008, Współczesna technika wobec wyzwań ekorozwoju, w: *Problemy Ekorozwoju* vol 2 nr 2, s. 81-88.
22. VELEVA V., HART M., GREINER T., CRUMBLEY C., 2001, Indicators of sustainable production, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 9, issue 5, s. 447-452.