

Józefa FAMIELEC • Stanisław FAMIELEC

# INTEGRACJA NAUK EKONOMICZNYCH, TECHNICZNYCH I CHEMICZNYCH NA RZECZ ROZWOJU ZRÓWNOWAŻONEGO

**Józefa Famielec**, prof. dr hab. – Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie  
**Stanisław Famielec**, dr inż. – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

adres korespondencyjny:

Katedra Polityki Przemysłowej i Ekologicznej

ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków

e-mail: famielej@uek.krakow.pl

## INTEGRATION OF ECONOMIC, TECHNICAL AND CHEMICAL SCIENCES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**SUMMARY:** The paper presents the origins of sustainable development, which is considered as an instrument for the greening of the economy. Furthermore, it introduces the discussion about defining the term “sustainability” in the economy, including the category of the green economy, which has been developed recently. In technical and chemical sciences the effect of “greening” is also observable. The paper discusses important aspects of sustainable development in green chemistry and green engineering, which contribute to solving the three bottom line dilemma in different people’s activities. The last issue described in the article concerns the attempts to justify the need for integration of knowledge coming from different fields of science for the challenge of solving the dilemma of energy supply in the modern world.

**KEYWORDS:** paradigm, science, development, sustainable, green economy, green chemistry, green engineering

---

## Wstęp

Paradygmat rozwoju zrównoważonego jest powiązany z gospodarką opartą na wiedzy. Koncepcja ta ma wiele wymiarów, ale dominuje wymiar politycznych deklaracji w Polsce, Unii Europejskiej (UE) i na świecie. W UE zrównoważony rozwój uczyniono przedmiotem strategii inteligentnego i trwałego rozwoju „Europa 2020”. W Polsce stał się on konstytucyjnym obowiązkiem Państwa i istotą nowego planu odpowiedzialnego rozwoju gospodarki. Mimo sporej aktywności naukowców i polityków w definiowaniu i wdrażaniu kategorii zrównoważonego rozwoju, trudno oprzeć się wrażeniu, że dotychczas następuje tylko terminologiczny postęp.

Celem niniejszego artykułu jest próba potraktowania zrównoważonego rozwoju jako kategorii naukowej (a nie tylko politycznej), wymagającej i wykorzystującej wiedzę z różnych dyscyplin naukowych. Teza artykułu mówi, że kategoria zrównoważonego rozwoju ma charakter interdyscyplinarnej i nie może stanowić autonomicznego obiektu badań pojedynczej dyscypliny naukowej. W opracowaniu pokazano powiązanie kategorii zrównoważonego rozwoju z naukami ekonomicznymi (wzrost, rozwój, gospodarka), technicznymi (postęp techniczny, technologie i techniki procesów gospodarowania) i chemicznymi (właściwości i przemiany substancji w procesach naturalnych i przemysłowych). Ochrona środowiska, z którą najczęściej utożsamia się kształtowanie zrównoważonego rozwoju, mieści się także w każdej z tych nauk<sup>1</sup>.

W publikacji omówiono genezę rozwoju zrównoważonego, który uznano za narzędzie ekologizacji gospodarki. Przywołano dyskusję dotyczącą definiowania pojęcia rozwoju zrównoważonego w ekonomii, w której charakterystyczna jest kategoria zielonej gospodarki. Także nauki techniczne i chemiczne wykorzystują efekt „zazielenienia”. Omówiono ważniejsze przejawy zainteresowania się rozwojem zrównoważonym przez zieloną chemię, zieloną inżynierię, które wpisują się w rozwiązywanie dylematu tak zwanej potrójnej linii przewodniej w działalności gospodarczej. Artykuł zamyka próba uzasadnienia potrzeby integracji wiedzy, pochodzącej z różnych dziedzin i dyscyplin nauki na potrzeby postawienia i rozwiązywania dylematu rewolucji energetycznej.

W opracowaniu wykorzystano literaturę (krajową i zagraniczną) w stopniu, na jaki pozwalają jego ramy i objętość oraz wiedza i własne doświadczenia badawcze autorów. Podjęto również próbę zastąpienia dyskusji o kategorii rozwoju zrównoważonego w wymiarze politycznym, w tym polityki eko-

<sup>1</sup> Dobór omawianych dyscyplin naukowych wynika z kompetencji autorów, ale nie zamyka listy dziedzin nauki, niezbędnych do pełnego opisu kategorii zrównoważonego rozwoju.

logicznej, klimatycznej, interdyscyplinarną dyskusją naukową nad rozwojem w ogóle, dla dobrej przyszłości społecznej, gospodarczej, środowiskowej.

## Rozwój zrównoważony – narzędzie ekologizacji gospodarki

Kategoria rozwoju zrównoważonego, traktowana jako nowy paradygmat ekonomii, ma swoje źródła w poszukiwaniu i wykorzystaniu wiedzy dotyczącej barier (granic) wzrostu produkcji, w szczególności bariery ekologicznej. Poznawanie praw przyrody i związanych z nimi ograniczeń rozwojowych, uświadamianie znaczenia ekosystemów i potrzeby ich poszanowania powodowało zainteresowanie się nauki, gospodarki i polityki procesami nazywanymi ekologizacją<sup>2</sup>.

Pojęcie ekologizacji jest kategorią związaną z gospodarką leśną, łowiecką, rybacką, pszczelarską, z rolnictwem. Polega ona na wykorzystaniu naturalnych mechanizmów dla wzmocnienia procesów gospodarczych. Jako taka nazywana jest ekologizacją pierwotną. Obecne ruchy ekologiczne wykorzystują reguły ekologizacji wypracowane już w przeszłości. Ustalono je ponad 200 lat temu i były one reakcją na bezprecedensowe, plądrownicze i rabunkowe użytkowanie lasu, grożące ich całkowitym wyniszczeniem, dalekich już wtedy od stanu naturalnego. Nowożytne leśnictwo europejskie było racjonalną próbą uporządkowania i ratowania zasady trwałości lasu.

Dla zrozumienia, słabo nadal objaśnianej zasady równoważenia rozwoju (zachowania zasobów dla następnych pokoleń), warto przytoczyć taki opis: „Jeśli wycięliście stary las, a na jego miejsce posadziliście nowy, to nie znaczy, że zachowaliście w naturze równowagę albo, że równowaga ta zostanie przywrócona, kiedy młody las urośnie. Starego lasu nie przywrócicie nigdy. Tego sędziwego drzewostanu z jego gęstwą, cieniem i zapachem, z jego wewnętrznymi splotami, powiązaniem, zależnościami nie da się odtworzyć, skopiować, powtórzyć. Wraz z wycięciem lasu jakaś część świata ginie na zawsze”<sup>3</sup>. Ginie cząstka nas samych, gdy zamieniając lasy „w magazyny drewna, tracimy nie tylko rzadkie chrząszcze, mchy, grzyby i ptaki”<sup>4</sup>.

Walka z plądrowaniem lasów, w imię powrotu do racjonalnej hodowli lasu, oznaczała pierwszy stopień ekologizacji. Na tym samym stopniu znajdują się też wszystkie techniki półuprawy roślin i półhodowli zwierząt, nowoczesne rolnictwo oraz racjonalna gospodarka łowiecka i rybacka. Zwiększanie różnorodności upraw i drzewostanów oraz wykorzystywanie natural-

<sup>2</sup> Szerzej: M. Kożuch (red.), *Ekologizacja gospodarki*, Kraków 2015.

<sup>3</sup> R. Kapuściński, *Lapidarium III*, 1997, s. 174-175, cyt. za: M. Zaremba-Bielawski, *Leśna mafia. Szwedzki thriller ekologiczny*, Warszawa 2014, s. 7.

<sup>4</sup> Wstęp do książki: M. Zaremba-Bielawski, op. cit., s. 11.

nych mechanizmów oporu biologicznego przed szkodami oznacza wyższy stopień ekologizacji<sup>5</sup>, który może zapewniać wyższą trwałość kapitału naturalnego.

Pierwotna ekologizacja dotyczyła także rolnictwa i była próbą zahamowania procesów degradacyjnych, polegała na odkryciu płodozmianu, zastępującego naturalną sukcesję. Ekologizacja rolnictwa nawiązuje do uniwersalnych praw obowiązujących w przyrodzie, gdzie każdy skutek ma swoją przyczynę, istnieje spójność wszystkiego ze wszystkim, gdzie są rzeczy ważne i mniej ważne, a świadomość decyduje o harmonijnym rozwoju<sup>6</sup>.

Kategoria ekologizacji przeżyła swoisty renesans w drugiej połowie XX wieku. W szerokim ujęciu wykorzystano ją do opisu strategii rozwoju społeczno-gospodarczego, nazywanego rozwojem zrównoważonym<sup>7</sup>. W jego definiowaniu zwraca uwagę dominacja uwarunkowań ekologicznych (przyrodniczych) w wyznaczaniu celów rozwojowych, obok celów społecznych i ekonomicznych.

Poprawne rozumienie rozwoju zrównoważonego wymaga zrozumienia istoty i procesów ekologizacji. To nie tylko poszanowanie dla ograniczeń ekologicznych – konieczności ochrony przyrody, ale także uwzględnianie wszelkich aspektów społecznych związanych z człowiekiem. Znajduje to wyraz w wykształcaniu się tak zwanej gospodarki ekologicznej – systemu, który optymalizuje przepływ towarów i usług, aby maksymalnie wykorzystać surowce i zmniejszyć do minimum ilość odpadów (stąd niezbędny udział nauk ekonomicznych).

W gospodarce ekologicznej wyróżnia się materiały biologiczne oraz materiały techniczne. Materiały biologiczne to żywność, odpady roślinne, drewno i włókna tekstylne, które są konsumowane, po czym wracają do środowiska jako kompost lub nawóz, aby odtwarzać składniki odżywcze w glebie i/lub są przetwarzane w celu produkowania energii ze źródeł odnawialnych. Materiały techniczne są zachowywane, wykorzystywane ponownie, odnawiane lub wielokrotnie poddawane recyklingowi w systemie zamkniętego obiegu. System ten jest energooszczędny i w maksymalnym stopniu wykorzystuje odnawialne źródła energii, co powoduje obniżenie emisji gazów cieplarnianych (w tym rola nauk chemicznych). Gospodarka ekologiczna wymaga rezygnacji z produkcji opartej na zasadzie „weź-zrób-

<sup>5</sup> Najnowszy stan badań i ich wyników dotyczących ekologizacji gospodarki leśnej i jej ekonomicznych skutków zawiera opracowanie: S. Zając, A. Kaliszewski, *Ekonomiczne aspekty ekologizacji zagospodarowania lasu*, VI Sesja Zimowej Szkoły Leśnej, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary 18-20 marzec 2014.

<sup>6</sup> S. Kozłowski, *Droga do ekorozwoju*, Warszawa 1997, s. 55-64; B. Smolorz, *Kierunki procesu ekologizacji na świecie*, „Ekologia i Technika” 2005 nr 1, s. 27-31.

<sup>7</sup> Por.: między innymi: A. Skowroński, *Zrównoważony rozwój perspektywą dalszego postępu cywilizacyjnego*, „Problemy Ekorozwoju” 2006 nr 2, s. 47-57.

-wyrzuć". Stwarza to nowe wyzwania rozwojowe we wszystkich sektorach. Powstaje popyt na innowacje w zakresie projektowania i produkcji, gdyż dąży się do opracowania nowej generacji produktów o wydłużonym cyklu eksploatacji, które będzie można wykorzystywać wielokrotnie, naprawiać i demontować, a ich elementy wykorzystywać ponownie lub poddawać recyklingowi (w tym rola nauk technicznych).

Ekologizacja gospodarki może sprostać wymogom rozwoju zrównoważonego przez zmiany strukturalne w całej gospodarce oraz przekształcenia poszczególnych jej gałęzi w celu zmniejszenia zużycia energii, surowców i wody, zmniejszenia ilości wytwarzanych zanieczyszczeń i ich uciążliwości. W ekologizacji gospodarki chodzi przede wszystkim o zmianę celów polityki, w tym polityki ekologicznej<sup>8</sup>, w drugiej zaś kolejności o przedsięwzięcia organizacyjne i techniczne<sup>9</sup>.

## Rozwój zrównoważony – dyskusja w ekonomii

Rozwój zrównoważony należy do pojęć wykorzystywanych powszechnie. Powszechność ta nie oznacza jednoznaczności ani też poprawności teoretycznej i praktycznej interpretacji tej kategorii. Za twórcę pojęcia rozwoju zrównoważonego uznaje się H.C. von Carlowitza, który go użył w pracy z 1713 roku, dotyczącej właśnie wspomnianej już gospodarki leśnej<sup>10</sup>.

Definicje rozwoju zrównoważonego, wykorzystywane w publikacjach i polityce ekologicznej, mają charakter normatywny. Bazują na normie tak zwanego społeczeństwa zrównoważonego rozwoju ONZ z 1975 roku. Społeczeństwo takie określono jako „społeczeństwo uznające nadrzędność wymogów ekologicznych, które nie mogą być zakłócone przez wzrost cywilizacji oraz rozwój kulturalny i gospodarczy, zdolne do samosterowania swoim rozwojem w celu utrzymania homeostazy i symbiozy z przyrodą, a więc respek-

<sup>8</sup> Cele polityki ekologicznej sprowadzane są zazwyczaj do redukcji zanieczyszczeń. W niektórych ujęciach proponuje się sprowadzać je do trzech poziomów: wymaganego bezwzględnie, zapewniającego minimum bezpieczeństwa ekologicznego oraz optymalnego poziomu zanieczyszczeń. Por.: E. Broniewicz, *Analiza ex ante efektywności kosztowej polityki ekologicznej*, Białystok 2015, s. 27.

<sup>9</sup> Kategoria ekologizacji, podobnie jak i tytułowa kategoria rozwoju zrównoważonego, bywa wykorzystywana do „innowacji” terminologicznych. Do bardziej nietypowych odniesień ekologizacji różnych autorów można zaliczyć: ekologizację administracji, ekologizację wydajności pracy, ekologizację restrukturyzacji, ekologizację przepisów prawnych, ekologizację dotacji.

<sup>10</sup> Była to praca *Sylvicultura Oeconomica (Ekonomia leśnictwa)*. Doceniono w niej płodność lasów i opisano sztukę ogrzewania torfem. Współczesne wydanie: H. C. von Carlowitz, *Sylvicultura Oeconomica, Hausswirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*, Reprint der zweiten Auflage von 1732, Remagen-Oberwinter 2009.

tujące oszczędną produkcję i konsumpcję oraz wykorzystanie odpadów, dbające o przyszłościowe konsekwencje podejmowanych działań, a więc także o potrzeby i zdrowie przyszłych pokoleń<sup>11</sup>. Obecne działania powinny zapewnić przyszłym pokoleniom dostęp do zasobów, umożliwiających zaspakajanie ich potrzeb w stopniu nie mniejszym niż czynią to współczesne generacje. Taka perspektywa pozwala stawiać rozwojowi wymóg trwałości. Według Komisji Brundtland<sup>12</sup> „rozwój trwały jest rozwojem zaspakajającym potrzeby teraźniejszości bez ryzyka, że przyszłe pokolenia nie będą mogły zaspokoić swoich potrzeb”<sup>13</sup>. Wyróżnia się silną i słabą koncepcję trwałości rozwoju, czyli z jednej strony zachowanie wolumenu kapitału przyrodniczego, ekonomicznego i społecznego, a z drugiej strony dopuszcza się substytucyjność – zastępowanie jednego kapitału innym<sup>14</sup>.

Jako rozwój zrównoważony tłumaczy się najczęściej angielską kategorię *sustainable development*, a odpowiednikiem trwałości rozwoju jest *sustainability*<sup>15</sup>. Rozwój trwały jest pojęciem zalecanym przez niektórych ekonomistów zamiast rozwoju zrównoważonego, a nawet jest uznawany za określenie lepsze. Metodologicznie rzecz biorąc, zrównoważenie i trwałość wzajemnie się dopełniają, ale i różnią. W nauce nie wypracowano dotąd jednoznacznej operacjonalizacji tych pojęć.

<sup>11</sup> *Ochrona środowiska człowieka – humanitarne widzenie świata*, „Prace Naukowe PKE” 1984 t. 1, s. 37.

<sup>12</sup> Światowa Komisja do spraw Środowiska i Rozwoju, zwana Komisją Brundtland, została powołana w 1983 roku przez Gro Harlem Brundtland na zaproszenie ówczesnego Sekretarza Generalnego ONZ. Komisja jest najbardziej znana z wypracowania szerokiej koncepcji politycznej zrównoważonego rozwoju oraz opublikowania w kwietniu 1987 roku raportu „Nasza Wspólna Przyszłość”. Działalność Komisji przyczyniła się do zwołania Szczytu Ziemi w 1992 w Rio de Janeiro.

<sup>13</sup> V. Hauff, *Unsere gemeinsame Zukunft – Der Brundtland – Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*, Greven 1987, s. 47.

<sup>14</sup> M. Burchard-Dziubińska, *Zielona gospodarka jako nowy obszar zainteresowania ekonomii*, w: B. Fiedor (red.), *Nauki ekonomiczne. Stylizowane fakty a wyzwania współczesności*, Warszawa 2015, s. 338-339.

<sup>15</sup> Terminy te zostały wprowadzone do języka angielskiego w XIX wieku. Nie brakuje jednak prac, w których *sustainability* jest tłumaczony jako zrównoważenie rozwoju, a także jako ekorozwój, por. A. Zaleśna, *Relacja między misją a wizją a zrównoważonym rozwojem (sustainability) – ujęcie teoretyczne i praktyczne*, w: J. Ejdyś (red.), *Społeczna odpowiedzialność i zrównoważony rozwój w naukach o zarządzaniu. Aspekty teoretyczne i praktyczne*, Toruń 2016, s. 280-285. W tej pracy termin *sustainability* jest traktowany także jako synonim społecznej odpowiedzialności biznesu (CSR). Autorzy niniejszego artykułu zgadzają się ze stanowiskiem, że poprawne tłumaczenie terminu *sustainable development* to rozwój podtrzymujący, ale w języku polskim uznawane jest to za neologizm. Dlatego też dość powszechnie przyjęto tłumaczenie „rozwój zrównoważony”, ale to z kolei jest tłumaczeniem samospornym (rozwój nie może być zrównoważony) i nie wyraża głównej idei Komisji Brundtland: pozostawienia następnym pokoleniom podobnych szans, jakie my mieliśmy. Lepsze tłumaczenie więc to rozwój trwały. Por.: A. Pawłowski, L. Pawłowski, *Warunki trwałego, zrównoważonego rozwoju ludzkości*, „Przyszłość” 2013 nr 2.

Rozwój zrównoważony i rozwój trwały wymagają miary kapitału obecnie i w przyszłości. W stosowanej metodologii oceny rozwoju zrównoważonego, pomiar kapitału zastępuje się dobrobytem<sup>16</sup>. Sprowadza się go najczęściej do kombinacji PKB *per capita* z uwzględnieniem współczynnika nierówności dochodowej Giniego. PKB jest w tej roli oceniany krytycznie, ale – jak dotąd – nie wypracowano lepszej propozycji. W raporcie międzynarodowej Komisji do spraw Pomiaru Wydajności Ekonomicznej i Postępu Społecznego<sup>17</sup> sformułowano taki wniosek z badań nad oceną przydatności PKB w pomiarze dobrobytu, w tym także rozwoju zrównoważonego: „Od czasu raportu Komisji Brundtland pojęcie rozwoju zrównoważonego stało się tak wszechogarniającą koncepcją, że zaczęło obejmować wszystkie wymiary gospodarki przyszłej i obecnej oraz dobrobytu społecznego i ekologicznego”<sup>18</sup>. Jeden z najważniejszych obszarów prac Komisji dotyczył trwałości w rozwoju zrównoważonym. Trwałość jest opisywana przez autorów raportu w następujący sposób: „przyjmując, że jesteśmy w stanie oszacować obecny poziom dobrobytu, zadajemy pytanie, czy jest możliwa kontynuacja obecnych trendów w przyszłości”. W rozważaniach w tym zakresie proponuje się oddzielanie dwóch zagadnień – obecnego poziomu dobrobytu od jego trwałości. PKB można uznać za jedną z miar dobrobytu w wymiarze rynkowym, ale nie może on być miarą zrównoważonego rozwoju, w tym nie pozwala na ocenę trendów dotyczących poziomu dobrobytu w przyszłości.

Wyodrębnianie aspektu rozwoju zrównoważonego w teorii ekonomii *ma sens*, ponieważ długo w ekonomii dominowało znaczenie fundamentalnych czynników wzrostu – kapitału, pracy i postępu technicznego. Czynniki ekologiczne (środowiskowe) takie, jak: zanieczyszczenia środowiska, zmiany klimatyczne, zasoby naturalne i ich wyczerpywalność, granice wytrzymałości środowiska – w miarę rozwoju społeczno-gospodarczego, narastania dysproporcji dochodowych, przeludnienia w obszarach biedy i starzenia się społeczeństw bogatych, oddziaływały na procesy produkcji i konsumpcji.

Ekonomia neoklasyczna, podobnie jak ekonomia keynesowska, oceniane są jako niewystarczające w rozwiązywaniu problemów środowiskowych i związanych z nimi barier wzrostu gospodarczego. Wynikają one ze specyfiki środowiska jako dobra wspólnego (tak zwana tragedia dóbr wspólnych), a także ze specyfiki rynku w ogóle. Najważniejszym zjawiskiem rynkowym

<sup>16</sup> Por. M.E. Zalewska, *Jak mierzyć zrównoważony rozwój Polski?*, w: E. Mączyńska (red.), *Modele ustroju społeczno-gospodarczego. Kontrowersje i dylematy*, Warszawa 2015, s. 397-412.

<sup>17</sup> Komisja została utworzona przez Prezydenta Republiki Francuskiej w 2008 roku, w konsekwencji coraz częściej pojawiających się wątpliwości, co do adekwatności aktualnych miar wydajności gospodarczej, w szczególności opartych na PKB.

<sup>18</sup> J.E. Stiglitz, A. Sen, J.P. Fitoussi, *Błąd pomiaru. Dlaczego PKB nie wystarcza*, Warszawa 2013, s. 115.

zanieczyszczeń środowiska są efekty zewnętrzne. Efekty zewnętrzne powstają wówczas, gdy określona osoba lub przedsiębiorstwo, podejmuje działania, które wywierają wpływ na sytuację innych osób lub przedsiębiorstw, a nie są rekompensowane odpowiednią płatnością. Można więc twierdzić, że zanieczyszczenia środowiska i inne zjawiska społeczne, powodujące tak zwane efekty zewnętrzne (koszty i korzyści zewnętrzne), są przejawem zawodności rynku, a ich rozwiązanie jest możliwe przez wykorzystanie instrumentów ekonomii instytucjonalnej.

Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych, w ujęciu T. Żylicza, zwolennika kategorii rozwoju trwałego<sup>19</sup>, została zbudowana na paradygmacie ekonomii neoklasycznej. W tym podejściu ekonomia środowiska nie może zrezygnować z neoklasycznego paradygmatu opartego na modelu rynku doskonałej konkurencji oraz modelu *homo oeconomicus*. Zauważają to krytycznie S. Czaja i B. Fiedor, stwierdzając, że model rynku doskonałej konkurencji oraz model *homo oeconomicus* to fikcje metodologiczne, a ich zwolennicy w koncepcji ekonomii środowiska nie dokonali rzetelnej syntezy dorobku ekonomii neoklasycznej i ekonomii innych nurtów, odrzucających paradygmat ekonomii neoklasycznej<sup>20</sup>. Paradygmat ten negują twórcy ekonomii ekologicznej i ekonomii zrównoważonego rozwoju.

W ekonomii ekologicznej, pojawia się taka definicja rozwoju zrównoważonego: „Zrównoważony rozwój zmierza do zapewnienia wszystkim żyjących dzisiaj ludziom i przyszłym pokoleniom dostatecznie wysokich standardów ekologicznych, ekonomicznych i społeczno-kulturowych w granicach naturalnej wytrzymałości Ziemi, stosując zasadę sprawiedliwości wewnątrz-pokoleniowej i międzypokoleniowej”<sup>21</sup>. Tu eksponuje się interesującą zasadę i cechę rozwoju – sprawiedliwość, a więc inne niż tylko ekologiczne odniesienia zrównoważenia. Poszukiwanie stosownego języka i konwencji opisu rozwoju zrównoważonego pozwoliło go sprowadzić do kategorii ładu, a właściwie integracji ładów. „Ład odpowiada istocie człowieka i rzeczy, to jest ład, w którym istnieją miara i równowaga”<sup>22</sup>. Zdaniem T. Borysa, rozwój taki opi-

<sup>19</sup> T. Żylicz, *Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych*, Warszawa 2004. Polityka ekologiczna – zdaniem T. Żylicza – powinna zapewnić nie tylko ochronę środowiska, ale i trwałość rozwoju. Każda koncepcja trwałości zgodna z definicją Brundtland wymaga apriorycznego przyjęcia miary dobrobytu społecznego (z internalizacją efektów zewnętrznych) oraz malejącej w czasie stopy dyskontowej. Por. T. Żylicz, *Polityka ekologiczna a gospodarcza*, w: S. Czaja, A. Graczyk (red.), *Ekonomia i środowisko*, Wrocław 2016, s. 289-290.

<sup>20</sup> S. Czaja, B. Fiedor, *Ekonomia środowiska i ekologiczna jako filary ekonomii zrównoważonego rozwoju*, w: B. Poskrobko (red.), *Ekonomia zrównoważonego rozwoju*, Białystok 2010, s. 39.

<sup>21</sup> H. Rogall, *Bausteine einer zukunftsfähigen Umwelt und Wirtschaftspolitik*, Berlin 2000, s. 100.

<sup>22</sup> W. Eucken, *Podstawy polityki gospodarczej*, Poznań 2005, s. 412.



suje łańd zintegrowany – jako układ docelowy, w którym to układzie zinternalizowane są w sposób spójny (niesprzeczny) łańd społeczny, ekonomiczny i środowiskowy<sup>23</sup>.

## Nauki techniczne i chemiczne wobec potrójnej linii przewodniej

Złożoność i brak jednoznaczności pojęciowej koncepcji zrównoważonego rozwoju powodują nieporozumienia w jej odbiorze społecznym. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku John Elkington, jeden z pierwszych badaczy zajmujących się rozwojem zrównoważonym, opracował koncepcję potrójnej linii przewodniej (ang. *three bottom line* – TBL), której celem było rozpropagowanie zrównoważonego rozwoju, zwłaszcza wśród przedsiębiorców, przez jasne i czytelne opisanie jego głównych założeń. Zdaniem Elkingtona, najważniejsze są relacje w trzech obszarach życia ludzi na świecie: pierwszy obejmuje aspekty środowiskowe, drugi społeczne, trzeci ekonomiczne. By utrzymać równowagę między tymi obszarami nie można rozwijać, czy też optymalizować tylko jednego czy dwóch, gdyż będzie się to działo kosztem pozostałych aspektów. Równowaga, która jest delikatna i łatwo ją zaburzyć, możliwa jest do utrzymania jedynie wtedy, gdy dany proces czy działalność ludzka uwzględni wszystkie trzy obszary, bez nadmiernego faworyzowania jednego z nich. Należy zatem uwzględnić możliwe synergie, antagonizmy, wzajemne wpływy, obszary wspólnych wartości oraz wartości wykluczających się, by osiągnąć rozwój zrównoważony w danej dziedzinie<sup>24</sup>. Takiego rozwoju nie da się osiągnąć bez wiedzy z wielu dziedzin, w tym z nauk technicznych i chemicznych.

Nauki podejmujące problematykę rozwoju zrównoważonego określane są mianem zielonych<sup>25</sup>. Zielona technologia, zielona technika, zielona chemia, zielona inżynieria – to pojęcia stosowane do takich rozwiązań z zakresu inżynierii, chemii czy techniki, które mają na celu nie tylko uzyskanie produktu końcowego o określonych, pożądanych przez rynek właściwościach, ale też zwracają uwagę na przebieg stosowanych procesów, dążąc do ograniczenia

<sup>23</sup> T. Borys, *Personifikacja organizacji jako nowa forma wyrażania istoty nowego paradygmatu rozwoju*, w: S. Czaja, A. Graczyk (red.), op. cit., s. 87 i dalsze.

<sup>24</sup> C. Jimenez-Gonzales, D.J.C. Constable, *Green Chemistry and Engineering. A practical Design Approach*, New Jersey 2011, s. 6-15; J. Elkington, *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21<sup>st</sup> Century Business*, Gabriola Island, New Brunswick, Canada 1998, s. 416.

<sup>25</sup> W odniesieniu do idei rozwoju zrównoważonego wykształciła się kategoria zielonej gospodarki. Por.: między innymi: B. Ryszawska, *Zielona gospodarka – teoretyczne podstawy koncepcji i pomiar jej wdrażania w Unii Europejskiej*, Wrocław 2013. Zieloną gospodarkę charakteryzuje niskoemisyjność, efektywność wykorzystania zasobów, zapewnianie integracji społecznej, a kształtuje wiedza wielu dziedzin nauki, ale w szczególności ekonomii, techniki i chemii.

emisji zanieczyszczeń i substancji toksycznych, ograniczenia wytwarzania odpadów, mniejszego zużycia energii, zwiększenia bezpieczeństwa dla ludzi i środowiska, a także zwiększenia efektywności produkcji. Jak te koncepcje wpisują się w potrójną linię przewodnią Eklingtona? Pozornie zielona technologia skupia się jedynie na aspektach środowiskowych (mniej zanieczyszczeń, mniej związków toksycznych, mniej odpadów), co zaburza równowagę w pozostałych obszarach: społecznym i ekonomicznym. Należy jednak zaznaczyć, że takie składowe zielonej technologii, jak ograniczanie zużycia zasobów naturalnych, czy wzrost efektywności i wydajności produkcji mają istotny wymiar ekonomiczny. Z kolei dążenie do ograniczania stosowania substancji toksycznych oraz emisji zanieczyszczeń sprzyja także zwiększeniu bezpieczeństwa pracowników zatrudnionych przy produkcji oraz ma duże znaczenie dla komfortu życia mieszkańców osiedli ulokowanych wokół zakładów wytwórczych – tak więc uwzględnione są również aspekty społeczne<sup>26</sup>.

W dokumencie Agenda 21 z konferencji w Rio de Janeiro podkreślona została rola nauki, zwłaszcza nauk technicznych, w rozwijaniu rozwiązań zapewniających zrównoważony rozwój cywilizacji. Chemia, jako jedna z nauk ścisłych ma do spełnienia ważną rolę w usuwaniu niekorzystnych zjawisk wynikających z niewłaściwej ingerencji człowieka w środowisko przyrodnicze. Jedną z odpowiedzi chemików na wyzwania wynikające z paradygmatu rozwoju zrównoważonego jest sformułowanie koncepcji zielonej chemii oraz wdrażanie zasad z niej wynikających w procesach produkcyjnych, pracy laboratoryjnej i badaniach. Termin „zielona chemia” został użyty po raz pierwszy przez P.T. Anastasa w roku 1991 w związku z pracami prowadzonymi przez Agencję Ochrony Środowiska (*United States Environmental Protection Agency*)<sup>27</sup>.

Zieloną chemię definiuje się jako projektowanie, rozwijanie i wdrażanie produktów i procesów chemicznych, redukujących lub eliminujących użycie i wytwarzanie substancji niebezpiecznych dla zdrowia ludzi i środowiska naturalnego. Inicjatorzy zielonej chemii podkreślają, że chemicy projektujący i realizujący procesy chemiczne winni przestrzegać zasadę Hipokratesa: *primum non nocere* (z łac. po pierwsze nie szkodzić), odniesioną do człowieka, ale też do środowiska naturalnego<sup>28</sup>.

<sup>26</sup> C. Jimenez-Gonzales, D.J.C. Constable, op. cit., s. 6-15.

<sup>27</sup> B. Burczyk, *Zielona chemia. Zarys*, Wrocław 2014, s. 22-23; P.T. Anastas, M.M. Kirchoff, *Origins, current status, and future challenges of green chemistry*, "Accounts of Chemical Research" 2002 nr 35, s. 686-694.

<sup>28</sup> P.T. Anastas, *Meeting the challenges to sustainability through green chemistry*, "Green Chemistry" 2003 nr 5, s. 29-34; B. Burczyk, *Zielona chemia. Zarys*, Wrocław 2014, s. 24-25.

Anastas i Warner sformułowali dwanaście zasad zielonej chemii, które stanowią pewnego rodzaju drogowskaz dla chemików, jak należy projektować bezpieczne procesy chemiczne, by móc zaopatrywać społeczeństwa w produkty zaspokajające ich potrzeby. W zasadach tych podkreśla się potrzebę redukcji: materiałów, energii, niebezpieczeństwa, ryzyka, odpadów oraz kosztów produkcji. Szczególnie znaczenie wydają się mieć zasady oszczędności atomów oraz wykorzystania surowców odnawialnych<sup>29</sup>.

Zasada oszczędności atomów, zwana też zasadą ekonomii atomów, ma na celu wyeliminowanie lub przynajmniej ograniczenie powstawania produktów ubocznych reakcji, z reguły uciążliwych dla środowiska. Jak największa ilość substancji reagujących (a więc atomów reagentów) powinna znaleźć się w produktach – stąd właśnie oszczędność atomów. Dla poszczególnych reakcji chemicznych możliwe jest wyliczenie wskaźnika oszczędności atomów, który wyraża się w procentach – 100% oznacza maksymalne wykorzystanie reagentów, proces o takim wskaźniku spełnia całkowicie tę zasadę<sup>30</sup>.

W ciągu minionych 25 lat opracowano i wdrożono wiele procesów spełniających zasady zielonej chemii. Wykorzystuje się w nich między innymi nowe katalizatory, znacznie poprawiające efektywność procesów (na przykład zwiększając wskaźnik oszczędności atomów), surowce odnawialne w miejsce kopalnych, technologie bezrozpuszczalnikowe lub też wykorzystujące wodę zamiast rozpuszczalników organicznych, nowe metody dostarczania energii do procesów (na przykład promieniowanie świetlne, mikrofałe). Pojawiły się też kolejne koncepcje terminologiczne, między innymi „zrównoważona chemia” czy też „zielona zrównoważona chemia”, które w większym stopniu skupiają się na aspektach ekonomicznych czy społecznych, próbując tym samym dopasować procesy zielonej chemii do koncepcji potrójnej linii przewodniej. Podstawowym problemem prób opisu zrównoważonego procesu chemicznego jest brak dla niego ilościowych miar<sup>31</sup>, podobnie jak dla rozwoju zrównoważonego w ogóle.

## Rewolucja energetyczna – przykład koniecznej integracji nauk ekonomicznych, technicznych, chemicznych i innych

Wizja przyszłości, którą chcemy zapewnić przez rozwój zrównoważony, w wymiarze społecznym, gospodarczym i środowiskowym powinna być spójna w wymiarze międzynarodowym, międzysektorowym. W analizach

<sup>29</sup> P.T. Anastas, J.C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford, New York 1998, s. 30-32.

<sup>30</sup> B. Burczyk, op. cit., s. 25-26.

<sup>31</sup> Ibidem, s. 38-39.

megatrendów podkreśla się, że wybór dalszej drogi rozwoju powinien dotyczyć w szczególności energii i nośników energii, która warunkuje każdą aktywność gospodarczą, konsumpcyjną, każdy rodzaj życia i trwania cywilizacji na Ziemi. Taką problematyką zajmuje się Marcin Popkiewicz – absolwent Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, naukowiec, menedżer, tłumacz, pisarz, autor dwóch, interesujących i cenionych przez środowiska naukowe, biznesowe, dziennikarskie, książek<sup>32</sup>. W pracach tych ma miejsce diagnoza sytuacji energetycznej świata, zagrożeń dla ludzkości i wskazanie możliwych dróg wyjścia. Prace rysują spójną wizję przyszłości społecznej, gospodarczej, środowiskowej, a więc tego, czego się wymaga od rozwoju zrównoważonego. Gromadzą dane historyczne, analizują trendy, fakty, przewidują konsekwencje działań, zwłaszcza tych, które pozornie łatwo wpisują się w paradygmat niskoemisyjnej energetyki wielkoskalowej, na przykład energetyka jądrowa.

Z diagnozy autora wynika, że świat, w tym Polska, stoi na rozdrożu i musi wybrać dalszą drogę rozwoju, aby przetrwać<sup>33</sup>. Brak dostępu do energii jest przyczyną kryzysów gospodarczych, narastających nierówności ekonomicznych. Napięte perspektywy zapewnienia dostaw ropy, pozostałych zasobów (prądu, ciepła, czystej wody, żywności) i lawinowy wzrost ilości wprowadzanych do środowiska zanieczyszczeń, wymieranie gatunków stawia świat na rozdrożu. Obecne trendy produkcji i zużycia energii są głęboko niezrównoważone. Zmierzać należy do zapewnienia energii i szybkiej transformacji do niskowęglowego, efektywnego i przyjaznego środowisku systemu jej produkcji i zużycia, co jest zgodne z istotą zielonej gospodarki. Problem jednak dotyczy drogi dochodzenia do niskoemisyjnej gospodarki, kosztów z tym związanych oraz odpowiedzialności polityków i zanieczyszczających. Potrzebna jest wiedza o sytuacji obecnej i niezbędne są działania w kierunku jej zmian. Wzrost gospodarczy i rozwój technologii, na który dotąd stawiano generuje problemy i zagrożenia, dlatego trzeba odpowiedzialniej i mądrzej dobierać technologie. Krzywa emisji CO<sub>2</sub> rośnie i to jest regułą, ponieważ żyjemy w świecie wzrostu wykładniczego. Im wyższe są wskaźniki napędzającego paliwami kopalnymi wzrostu, tym szybciej wyczerpujemy zasoby naturalne. „Odcisk ekologiczny” ludzkości już teraz przekracza biologiczną pojemność środowiska, czyli zdolność biosfery do zaspakajania naszych potrzeb materialnych i pochłaniania zanieczyszczeń. Do największych przekroczeń dochodzi w krajach z grupy najwyżej rozwiniętych (według miary HDI). Rozwiązania, które sprawdzały się w przeszłości, w warunkach taniej energii, dużych zasobów i zdrowego środowiska, w obecnych realiach nie

<sup>32</sup> M. Popkiewicz, *Świat na rozdrożu*, Katowice 2015; idem, *Rewolucja energetyczna? Ale po co?*, Katowice 2016.

<sup>33</sup> Wybrano przykładowe oceny z pracy: M. Popkiewicz, *Rewolucja ...*, s. 10-268.

działają i stają się nawet szkodliwe. Ropy naftowej jest jeszcze sporo pod ziemią, ale jej wydobywanie jest coraz trudniejsze i droższe, wymaga coraz kosztowniejszych inwestycji. Wzrost cen nośników energii skutkuje recesją gospodarki światowej. Polski węgiel z kopalni głębinowych konkuruje ze znacznie tańszym węglem wydobywanym odkrywkowo. Wkład górnictwa węgla we wzrost gospodarczy jest ujemny. Wielomiliardowe dotacje do nierentownych kopalń już obecnie zmniejszają dobrobyt społeczny, nie licząc kosztów zewnętrznych – głównie zdrowotnych i środowiskowych. Gaz ziemny – od czasu sukcesu dostępu do gazu łupkowego, to tylko pomostowe źródło energii, paliwo przejściowe. Energetyka jądrowa miała dostarczać taniej, bezpieczniejszej, obfitej energii. Ma ona rację bytu w stabilnych krajach, o wysokiej kulturze technicznej i odpowiedzialności społecznej, nie należymy do takich, a możliwa katastrofa w użytkowaniu atomu, może być znacznie gorsza w skutkach od najgorszej katastrofy turbiny wiatrowej, biogazowni. Klimat zmieniał się zawsze, nikt na świecie nie zaprzecza jak dotąd antropogenicznej zmianie klimatu. Potrzebne jest zmniejszenie zużycia energii, a zatem ograniczanie wielkości gospodarki – nie dotyczy to PKB, ale zużycia zasobów, które musi się mieścić w możliwościach pozyskania ich ze środowiska. A zatem cele redukcji emisji zanieczyszczeń powinny być zastępowane celami zmniejszania zużycia zasobów? To nauka powinna udzielić odpowiedzi na to pytanie.

## Podsumowanie

Działania zgodne z ideą rozwoju zrównoważonego mogą okazać się ratunkiem dla naszej Planety, ale muszą być mądre, powszechne i konsekwentne. Paradygmat rozwoju zrównoważonego wymaga poważnej rewizji celów, strategii działania, kontroli działań, ich pomiaru oraz egzekucji odpowiedzialności za nie. Nade wszystko potrzebna jest odwaga zerwania z podporządkowaniem zmian rozwojowych – tylko wzrostowi gospodarczemu, PKB oraz finansowym kryteriom oceny działań organizacyjnych, technologicznych, instytucjonalnych. Rankingi rozwoju państw sprowadzane tylko do wyników gospodarczych i finansowych, do tempa wzrostu gospodarczego, inwestycji, rankingi sukcesów przedsiębiorstw według zysków, to złe wzorce dla idei rozwoju zrównoważonego. Wśród badaczy i autorów publikacji dotyczących rozwoju zrównoważonego dominuje bezkrytyczne wykorzystanie „modnego terminu”, podporządkowanie zainteresowań badawczych inicjatywom i dokumentom politycznym. Warto byłoby paradygmat zrównoważonego rozwoju powiązać z wiedzą i badaniami podstawowymi w wielu dziedzinach nauki. Podejmowanie działań dla dobrej przyszłości społecznej, gospodarczej i środowiskowej wymaga integracji interdyscyplinarnej wiedzy eko-

onomicznej, technicznej, chemicznej i wielu innych dziedzin nauki. Traktowanie rozwoju zrównoważonego jako autonomicznej kategorii jednej dziedziny wiedzy i nauki, nawet nazywanej zieloną, nie zapewni zrównoważenia gospodarki i człowieka, który jest podmiotem, adresatem, kreatorem i beneficjentem wszelkich zmian rozwojowych.

## Wkład autorów w powstanie artykułu

prof. dr hab. Józefa Famielec – 50%

dr inż. Stanisław Famielec – 50%

## Literatura

- Anastas P.T., *Meeting the challenges to sustainability through green chemistry*, "Green Chemistry" 2003 nr 5
- Anastas P.T., Kirchoff M.M., *Origins, current status, and future challenges of green chemistry*, "Accounts of Chemical Research" 2002 nr 35
- Anastas P.T., Warner J.C., *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford, New York 1998
- Borys T., *Personifikacja organizacji jako nowa forma wyrażania istoty nowego paradygmatu rozwoju*, w: S. Czaja, A. Graczyk (red.), *Ekonomia i środowisko*, Wrocław 2016
- Broniewicz E., *Analiza ex ante efektywności kosztowej polityki ekologicznej*, Białystok 2015
- Burchard-Dziubińska M., *Zielona gospodarka jako nowy obszar zainteresowania ekonomii*, w: B. Fiedor (red.), *Nauki ekonomiczne. Stylizowane fakty a wyzwania współczesności*, Warszawa 2015
- Burczyk B., *Zielona chemia. Zarys*, Wrocław 2014
- von Carlowitz C., *Sylvicultura Oeconomica, Hauswirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*, Reprint der zweiten Auflage von 1732, Remagen-Oberwinter 2009
- Czaja S., Fiedor B., *Ekonomia środowiska i ekologiczna jako filary ekonomii zrównoważonego rozwoju*, w: B. Poskrobko (red.), *Ekonomia zrównoważonego rozwoju*, Białystok 2010
- Elkington J., *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, New Brunswick, Canada 1998
- Eucken W., *Podstawy polityki gospodarczej*, Poznań 2005
- Hauff V., *Unsere gemeinsame Zukunft – Der Brundtland – Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*, Greven 1987
- Jimenez-Gonzales C., Constable D.J.C., *Green Chemistry and Engineering. A practical Design Approach*, New Jersey 2011
- Kozłowski S., *Droga do ekorozwoju*, Warszawa 1997
- Kozuch M. (red.), *Ekologizacja gospodarki*, Kraków 2015

- Ochrona środowiska człowieka – humanitarne widzenie świata*, „Prace Naukowe PKE” 1984 t. 1
- Pawłowski A., Pawłowski L., *Warunki trwałego, zrównoważonego rozwoju ludzkości*, „Przyszłość” 2013 nr 2
- Popkiewicz M., *Rewolucja energetyczna? Ale po co?*, Katowice 2016
- Popkiewicz M., *Świat na rozdrożu*, Katowice 2015
- Rogall H., *Bausteine einer zukunftsfähigen Umwelt und Wirtschaftspolitik*, Berlin 2000
- Ryszawska B., *Zielona gospodarka – teoretyczne podstawy koncepcji i pomiar jej wdrażania w Unii Europejskiej*, Wrocław 2013
- Skowroński A., *Zrównoważony rozwój perspektywą dalszego postępu cywilizacyjnego*, „Problemy Ekorozwoju” 2006 nr 2
- Smolorz B., *Kierunki procesu ekologizacji na świecie*, „Ekologia i Technika” 2005 nr 1
- Stiglitz J.E., Sen A., Fitoussi J.P., *Błąd pomiaru. Dlaczego PKB nie wystarcza*, Warszawa 2013
- Zajac S., Kaliszewski A., *Ekonomiczne aspekty ekologizacji zagospodarowania lasu*, VI Sesja Zimowej Szkoły Leśnej, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary 18-20 marzec 2014
- Zaleśna A., *Relacja między misją a wizją a zrównoważonym rozwojem (sustainability) – ujęcie teoretyczne i praktyczne*, w: J. Ejdyś (red.), *Społeczna odpowiedzialność i zrównoważony rozwój w naukach o zarządzaniu. Aspekty teoretyczne i praktyczne*, Toruń 2016
- Zalewska M.E., *Jak mierzyć zrównoważony rozwój Polski?*, w: E. Mączyńska (red.), *Modele ustroju społeczno-gospodarczego. Kontrowersje i dylematy*, Warszawa 2015
- Zaremba-Bielawski M., *Leśna mafia. Szwedzki thriller ekologiczny*, Warszawa 2014
- Żylicz T., *Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych*, Warszawa 2004.
- Żylicz T., *Polityka ekologiczna a gospodarcza*, w: S. Czaja, A. Graczyk (red.), *Ekonomia i środowisko*, Wrocław 2016