

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 453

**Ekonomia środowiska
i polityka ekologiczna**



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2016

Redakcja wydawnicza: Jadwiga Marcinek
Redakcja techniczna i korekta: Barbara Łopusiewicz
Łamanie: Agata Wiszniowska
Projekt okładki: Beata Dębska

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania
znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa
www.pracnaukowe.ue.wroc.pl
www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Polska
(CC BY-NC-ND 3.0 PL)



© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2016

ISSN 1899-3192
e-ISSN 2392-0041

ISBN 978-83-7695-620-6

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Zamówienia na opublikowane prace należy składać na adres:
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
ul. Komandorska 118/120, 53-345 Wrocław
tel./fax 71 36 80 602; e-mail: econbook@ue.wroc.pl
www.ksiegarnia.ue.wroc.pl

Druk i oprawa: TOTEM

Spis treści

Wstęp.....	9
------------	---

Część 1. Perspektywy oraz wyzwania ekonomii środowiska i zasobów naturalnych

Kazimierz Górka, Agnieszka Thier: Gospodarka nieformalna w Polsce i na świecie / Informal economy in Poland and other countries.....	13
Kazimierz Górka, Marcin Łuszczuk, Agnieszka Thier: Kierunki rozwoju ekonomii środowiska i zasobów naturalnych / Trends in the development of economics of environment and natural resources	25
Ryszard Janikowski: W kierunku ochrony środowiska 4.0 / Towards the 4.0 environment protection.....	38
Hanna Kruk: Problemy gospodarowania środowiskiem przyrodniczym w regionie Zalewu Wiślanego / Problems of nature management in the Vistula Lagoon region.....	51
Władysława Łuczka: Stan badań nad rolnictwem ekologicznym w Polsce / The state-of-the-art in ecological agriculture research in Poland.....	64
Katarzyna Smędzik-Ambroży: Rolnictwo w rozwoju zrównoważonym UE / Agriculture in the sustainable development of the EU.....	77
Agnieszka Sobol: Kategoria dobra wspólnego w zrównoważonym rozwoju miast / The category of the common good in sustainable development of cities.....	87
Andrzej Sztando: Wykorzystanie i ochrona zasobów środowiska naturalnego w ponadlokalnej perspektywie zarządzania strategicznego rozwojem lokalnym małych miast / Utilization and protection of environmental resources in supra-local perspective of local development strategic governance of small towns	96
Wiktor Szydło: Światowy kryzys żywnościowy a koncepcja rozwoju zrównoważonego / Global food crisis vs. the concept of sustainable development ..	116
Paulina Szyja: Istota, zakres i praktyka kształtowania gospodarki okrężnej / The essence, scope and practice of development of circular economy	131
Jerzy Śleszyński: Nieodwracalne zmiany w środowisku naturalnym i ich miejsce w ekonomii / Economics and irreversible changes in the environment	142
Konrad Turkowski: Własność i zarządzanie jeziorami a problem ich zrównoważonego użytkowania / Ownership and management of lakes and the problem of their sustainable use	153

Część 2. Problemy regulacji i korzystania z zasobów środowiska

Bartosz Bartniczak: Wpływ programów pomocy publicznej na wdrażanie koncepcji zrównoważonego rozwoju / The impact of state aid schemes on the implementation of sustainable development concept	169
Bartosz Fortuński: Polityka energetyczna Unii Europejskiej – 3×20. Diagnoza i perspektywy w kontekście zrównoważonego rozwoju / EU energy policy of 3×20. Diagnosis and perspectives in the context of sustainable development.....	179
Alicja Małgorzata Graczyk: Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w gospodarstwach domowych na Dolnym Śląsku / The use of renewable energy sources in households in the Lower Silesia region.....	190
Andrzej Graczyk: Zmiany wsparcia publicznego na rynku energii odnawialnej / Changes in public support for the renewable energy market.....	199
Karol Kociszewski: Oddziaływanie rolnictwa Unii Europejskiej na zmiany klimatyczne i jakość wód / The impact of the European Union's agriculture on climate change and water quality	209
Piotr Komoszyński: Mechanizmy wsparcia odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2020 roku / Mechanisms for supporting renewable sources of energy in Poland to 2020.....	218
Piotr P. Małecki: Podatek od wydobycia niektórych kopalin jako jeden z rodzajów podatków ekologicznych / The tax on certain mineral extraction as one of the environmental taxes types	226
Monika Michalska: Edukacja ekologiczna jako niezbędny element kształcenia na studiach wyższych / Environmental education as an essential part of educating at universities	235
Jadwiga Nycz-Wróbel: System ekozarządzania i audytu (EMAS) jako dobrowolny instrument realizacji proaktywnej polityki ochrony środowiska – motywy wdrożenia systemu w polskich przedsiębiorstwach / Eco-management and audit scheme as a voluntary instrument for realization of proactive environmental policy – motives of the implementation of EMAS system in Polish enterprises	247
Michał Ptak: Skuteczność podatków ekologicznych z punktu widzenia polityki klimatycznej / The effectiveness of environmental taxes from the point of view of climate policy	259
Ksymena Rosiek: Opłaty od powierzchni uszczelnionej jako instrument zrównoważonego zarządzania wodami opadowymi i roztopowymi / Impervious surfaces fees as a tool of sustainable rainwater management..	270
Bożena Ryszawska, Justyna Zabawa: Transformacja energetyczna gospodarki Niemiec / Energy transition in German economy	282

Natalia Świdyńska, Agnieszka Napiórkowska-Baryła, Mirosława Witkowska-Dąbrowska: Determinanty rozwoju społeczno-gospodarczego na obszarach chronionych / Determinants of socio-economic development in protected areas	291
Grażyna Wojtkowska-Łodej: W kierunku budowania gospodarki niskoemisyjnej w Unii Europejskiej – działania w obszarze energii i klimatu / Towards building low-carbon economy in the European Union – actions in the area of energy and climate	300
Wojciech Zbaraszewski: Opłaty jako źródło przychodów parków narodowych / Fees as one of the sources of revenue of Polish national parks	312

Wstęp

Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych jest dziedziną (częścią składową) ekonomii, w której ramach bada się statyczne i dynamiczne uwarunkowania podejmowania decyzji dotyczących wykorzystania zasobów i walorów środowiska przyrodniczego. Powstała w wyniku współczesnego kryzysu surowcowo-energetycznego oraz internacjonalizacji (globalizacji) degradacji środowiska, co oznacza, że wspomniane wybory są dokonywane w warunkach coraz bardziej odczuwalnej ograniczonej dostępności zasobów.

Optymalizacja wykorzystania zasobów środowiska – jako jeden z kluczowych problemów ekonomii środowiska – implikuje potrzebę stworzenia określonych ram instytucjonalno-prawnych. Miałyby one ograniczyć negatywny i stymulować pozytywny wpływ działalności ekonomicznej i społecznej na dostępność i jakość szeroko rozumianych zasobów naturalnych. Polityka ekologiczna, w której ramach formułuje się i wdraża owe działania, jest realizowana w skali globalnej, regionalnej, makroekonomicznej i lokalnej. Niniejsze opracowanie ma na celu wskazanie współczesnych trendów zmian jej podstaw teoretycznych, a także charakterystykę wybranych obszarów działań realizacyjnych.

Pierwsza część tomu poświęcona jest perspektywom oraz wyzwaniom ekonomii środowiska i zasobów naturalnych. Dotyczy to zarówno kierunków jej rozwoju w wymiarze teoretycznym, jak i odniesień do współczesnych problemów ekologicznych, społecznych i ekonomicznych w skali globalnej, makroekonomicznej i lokalnej. Szczególną uwagę zwrócono na ich wagę w rolnictwie – sektorze o kluczowym znaczeniu dla zaspokajania podstawowych potrzeb człowieka. Odniesiono się również do zrównoważonego wykorzystania zasobów na obszarach miejskich oraz do wybranych zagadnień związanych z ochroną środowiska w skali lokalnej.

Druga część obejmuje problematykę regulacji i korzystania z zasobów środowiska, kluczową w polityce ekologicznej. Skoncentrowano się na trzech obszarach: realizacji tej polityki w wybranych sektorach gospodarki, stosowania wybranych grup instrumentów i działań o charakterze horyzontalnym, dotyczących większości przejawów aktywności ekonomicznej. W pierwszym obszarze sektorem, na który zwrócono szczególną uwagę, jest energetyka, zwłaszcza oparta na wykorzystaniu zasobów odnawialnych. Odniesiono się również do powiązań polityki klimatycznej i gospodarki wodnej z polityką rolną. Drugi obszar opracowania obejmuje wyniki badań dotyczących stosowania opłat i podatków ekologicznych oraz systemów zarządzania środowiskowego w Polsce – w odniesieniu do różnych dziedzin działalności gospodarczej. Trzeci obszar dotyczy edukacji ekologicznej i problemów związanych ze stosowaniem pomocy publicznej w ochronie środowiska.

Dla wyboru odpowiedniej polityki ochrony środowiska w kontekście znalezienia kompromisu pomiędzy dążeniem do maksymalizacji użyteczności (zysku) a koniecznością ochrony zasobów przyrodniczych istotne znaczenie mają: skuteczność, efektywność i sprawiedliwość. Prezentowane artykuły powinny stanowić wkład do dyskusji nad ewolucją ekonomii środowiska i działań praktycznych (formułowanych na szczeblu Unii Europejskiej oraz na poziomie państw członkowskich) w kontekście spełnienia tych kryteriów. Byłby to przyczynek do odpowiedzi na wiele współczesnych wyzwań gospodarczych, społecznych i politycznych, zwłaszcza w aspekcie rozwoju trwałego i zrównoważonego.

Agnieszka Becla, Karol Kociszewski

Ryszard Janikowski

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Oświęcimiu

e-mail: ryszard.janikowski@pwsz-oswiecim.edu.pl

W KIERUNKU OCHRONY ŚRODOWISKA 4.0

TOWARDS THE 4.0 ENVIRONMENT PROTECTION

DOI: 10.15611/pn.2016.453.03

JEL Classification: Q010, Q530

Streszczenie: Trzecia dekada XXI wieku nazwana będzie epoką 4.0. Będzie/jest to konsekwencją zachodzących zmian cywilizacyjnych, w tym przede wszystkim dokonującej się kolejnej rewolucji przemysłowej. Wpływa ona na wszystkie sektory życia społeczno-gospodarczego, w tym także na metody i sposoby ochrony środowiska. Konieczna jest jednak pełna materializacja gospodarki cyrkulacyjnej, która staje się bardzo ważną odpowiedzią na użytą przez Chiny broń strategiczną, w postaci ograniczania podaży surowców pochodzących z ziem rzadkich. Bez tych zasobów z kolei nie jest możliwy rozwój technologii militarnych i informatycznych. Pojawia się zatem kolejna faza cywilizacji, a w niej gospodarka cyrkulacyjna i ochrona środowiska 4.0. Dzieje się to tu i teraz. Oznacza także, że nadrzędny cel zrównoważonego rozwoju, aby przyszłe pokolenia miały takie same lub nawet lepsze możliwości rozwojowe, szybciej się będzie materializował.

Słowa kluczowe: rewolucja przemysłowa, epoka 4.0, gospodarka cyrkulacyjna, pierwiastki ziem rzadkich.

Summary: The third decade of the twenty-first century will be called the era of 4.0. It will be/it is a consequence of the changes of civilization, above all, making the next industrial revolution. It affects all sectors of social and economic life, including the methods and ways to protect the environment. However, it is necessary to fully materialize the circular economy, which becomes a very important response to the strategic weapon used in China in the form of limiting the supply of raw materials from rare earth elements (REE). Without these resources, in turn, it is not possible to develop military and information technologies. This raises the next phase of civilization, and in the circular economy and environmental protection of 4.0. This is happening here and now. This also means faster materialization of the overriding objective of sustainable development, so that future generations have the same or even better growth opportunities.

Keywords: industrial revolution, 4.0 epoch, circular economy, rare earth elements.

1. Wstęp

Mamy dostęp jedynie do spostrzeżeniowego odwzorowania rzeczywistości, która zawsze jest zniekształcona choćby przez stosowane środki poznania czy punkt odniesienia, gdyż posługujemy się „reflektorową teorią nauki” [Checkland 1990; Popper 1993; Zięba 1997]. Rzeczywistość nas otaczająca nie dość, że jest trudno poznawalna, jest też stale ewoluująca, choć występują w niej wyraźne progi „rewolucyjnych zmian” na osi czasu. Metaforycznie możemy mówić o ewolucji kwantowej i wykorzystywać zarówno w komunikowaniu naukowym, jak i społecznym jako środek syntetycznego przekazywania istoty rzeczy. Druga dekada XXI wieku cechuje się pojawieniem metafor zawierających w swej treści cyfrę cztery (4.0)¹. Mamy bowiem zarówno rewolucję przemysłową 4.0, kapitalizm 4.0, jak i cywilizację 4.0.

W pracy wskażemy, że także w odniesieniu do środowiska powinniśmy stosować metaforę gospodarowanie środowiskiem 4.0. Język 4.0 jest odpowiedni do przekazywania nowych idei ochrony środowiska, jak i sposobu gospodarowania środowiskiem z jego obecnie fundamentalną kategorią, czyli gospodarką cyrkulacyjną. Ponadto polityczny, ekonomiczny, strategiczny i technologiczny wymiar 4.0 odzyskiwania już pozyskanych zasobów środowiska ma istotne znaczenie dla obecnego etapu rozwoju cywilizacji, jak i dalszych, kolejnych jego faz. Odnosi się to także do wyartykułowanych już wielokrotnie przez wielu autorów konieczności zmian zastanego paradygmatu [Linstone 1984; Janikowski 2007; Cempel 2008; Scharmer, Kaufer 2013]. Wszystko to związane jest z rozwojem świadomości ludzkiej, z tym co do tej pory było tylko postulowane przez elity naukowe, a teraz pojawia się, co udowadniamy, w szerokim politycznym społecznym i gospodarczym wymiarze.

2. Rewolucja przemysłowa 4.0

Pierwsza rewolucja przemysłowa to koniec XVIII wieku; jako siły napędzającej maszyny zaczęto wówczas wykorzystywać wodę i parę wodną, zaczęła się epoka żelaza i pary oraz kolei żelaznej. Po niej, na początku XX wieku następuje druga rewolucja przemysłowa, gdy decydującymi czynnikami masowej produkcji stają się stal i elektryczność. Kolejna, trzecia rewolucja przemysłowa zaczyna się w latach 70. XX wieku, gdy produkcja wytwórcza zaczyna być oparta zarówno na urządzeniach elektronicznych i telekomunikacyjnych, jak i ciężkich robotach przemysłowych.

Czwarta rewolucja przemysłowa ma swój początek na początku drugiej dekady XXI wieku, czyli zaczyna się w tej „chwili” [RB 2014; GTAI 2014; Schwab 2016]. Nie uzgodniono jeszcze ostatecznej nazwy tego, co się krystalizuje, jednakże mamy tutaj określenia takie, jak *Industry 4.0*, inteligentna fabryka, *smart* przedsiębiorstwo, jak i Internet Rzeczy i Usług, Internet Wszystkiego czy Internet Przemysłowy. Przewiduje się, że urzeczywistnienie wizji może zająć 10-20 lat; w tym czasie zostanie *on-line*

¹ Formalnie, w takim zapisie, jest to liczba rzeczywista.

włączonych/połączonych ponad 50 mld urządzeń [Acatech 2013]. Innymi słowy, po mechanizacji, elektryzacji i automatyzacji pojawiła się cyfryzacja i digitalizacja. Nowa formuła działania podmiotów gospodarczych (usługowych) oparta będzie/jest na bezprzewodowym i przewodowym komunikacyjnym połączeniu jednoznacznie zaadresowanych (wielu) mobilnych i stacjonarnych *smart* urządzeń, łącznie realizujących i materializujących fizyczny produkt (lub usługę) [Janikowski 2015]. Stało się to możliwe przez rozwój informatycznych systemów komunikowania, robotyki, automatyki oraz addytywnego wytwarzania. Konieczne stało się też pokonanie, stworzonej przez krótkowzrocznych ludzi, bariery komunikacyjnej, jaką był/jest protokół komunikacyjny IPv4 o 2^{32} adresach, czyli o pojemności ok. 4 mld adresów. Zastąpi/zastępuje go protokół IPv6 o 2^{128} adresach, czyli o „niewypowiadalnej liczbie” 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456.

Należy dodać, że analizy przeprowadzone przez Berger Strategy Consultants (2014) wskazują, że Polska nie należy do twórców i liderów czwartej rewolucji przemysłowej. Potwierdzone jest to też szerzej w raporcie *Polska 2050* Komitetu Prognoz „Polska 2000 Plus” Polskiej Akademii Nauk [Kleiber i in. 2011]. Stwierdza się tam, że konieczne jest przełamanie długookresowych i skumulowanych barier w naszym systemie kulturowym, mających charakter niemal powszechny, a przy tym rzadko uświadamianych przez Polaków. Podkreśla się, że jest to czynnikiem determinującym rozwój Polski oraz pozwalającym na zmniejszenie dystansu cywilizacyjnego, jaki dzieli nasz kraj od najbardziej rozwiniętych państw świata.

3. Kapitalizm 4.0

Wyłaniający się obecnie system polityczno-gospodarczy można określić jako kapitalizm 4.0. Jest to kolejny, czwarty już etap jego rozwoju, albowiem kapitalizm nie jest statycznym tworem. Jest to system ewolucyjny, adaptacyjny, kształtowany w reakcji na zmieniające się środowisko, dlatego kryzys i wydarzenia lat 2007-2009 należy odczytywać jako czwartą transformację ustrojową kapitalizmu. Porównywalny jest on do przemian, które zaszły po kryzysie inflacyjnym w 1970 r., a wcześniej Wielkim Kryzysie z 1930 r. i wojnach napoleońskich 1803-1815 [Kaletsky 2010a, 2010b].

Scharmer i Kaufer [2013], podobnie jak Kaletsky, wskazują kierunki koniecznych zmian, konieczność pojawienia się nowej ekonomii oraz metod gospodarowania. Podkreślają, że przestarzały jest paradygmat ekonomiczny, a rozwój myśli ekonomicznej jest odzwierciedleniem rozwoju ludzkiej świadomości. Dzielą okres rozwoju kapitalizmu według tego, w jaki sposób koordynowany jest podział pracy. Kapitalizm 1.0 to scentralizowane planowanie, kapitalizm 2.0 to rynki i kompetencje, a kapitalizm 3.0 organizuje grupy interesu. Kapitalizm 4.0 powinien być zorganizowany wokół tego, co wspólne.

Pomimo że za częste ostatnio i dynamiczne zaburzenia w globalnym systemie finansowym można obwiniać chciwych bankierów, niekompetentnych regulatorów

lub naiwnych właścicieli nieruchomości, jednakże należy to umieścić w perspektywie historycznej i ideologicznej. Podkreśla to Starzeński [2011; 2015a; 2015b], który dostrzega nową erę w historii rynków finansowych jawiącą się mikrosekundami, bankami spekulacyjnymi, radykalizmem, zagrożeniami, spekulacjami oraz kryzysami finansowymi i politycznymi. „Globalizacja, łączenie się giełd, niezwykle szybki rozwój informatyki, elektroniczny zapis przeprowadzonych transakcji oraz szeroki dostęp inwestorów do wszystkich rynków kapitałowych spowodowały znaczące zmiany w sposobie podejmowania decyzji inwestycyjnych przez operatorów rynku (traderów). Postęp informatyki otworzył możliwość zawierania transakcji giełdowych w milisekundach, a uzyskiwanie informacji statystycznych pod postacią szeregów czasowych bardzo wysokiej częstotliwości (*UHF, ultra high frequency*) było podstawą nowych poszukiwań modelowych i gwałtownego rozwoju wielowymiarowej analizy statystycznej i ekonometrycznej z wykorzystaniem teorii procesów stochastycznych” [Starzeński 2011, s. 184]. Rynki finansowe stają się silnie zdigitalizowane, zaalgorytmizowane, a w konsekwencji, w erze 4.0 bliskie całkowitej autonomizacji.

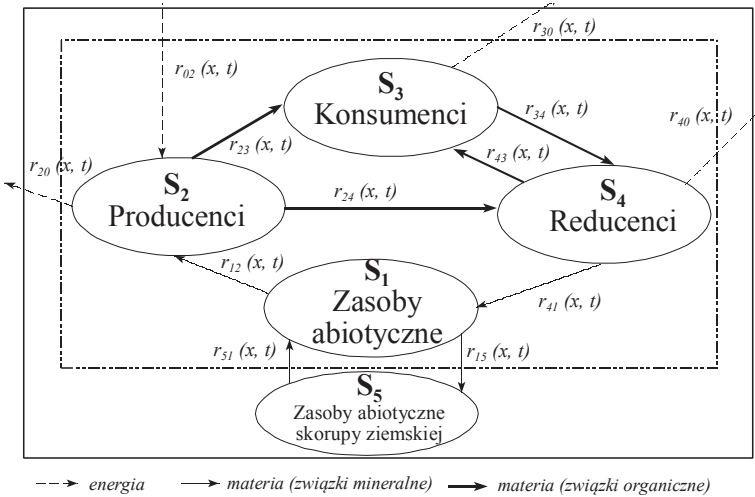
4. Biogeocyklacja i ekosystemy

Cechą procesów przyrodniczych Ziemi jest permanentność, ciągłość oraz zamknięty charakter obiegu i przetwarzania materii wraz z występującym rozkładem substancji organicznych do postaci ponownie przyswajalnej przez producentów. Procesy te są charakterystyczne dla każdego ekosystemu, czy to globalnego, czy też lokalnego, a liczne wielowarstwowe pętle wewnętrzne tworzą nie tyle łańcuch, co raczej sieć powiązań wielokrotnie i różnorodnie kanalizującą obieg materii w systemie. W (wieczne) krążenie materii włączył się też człowiek jako czynnik sprawczy. Rozwój eksploatacji kopaliny, ich przeróbka, spalanie paliw kopalnych, uruchomiły nowe drogi migracji pierwiastków pomiędzy litosferą, atmosferą i hydrosferą. Naruszona została równowaga cykli biogeochemicznych wielu pierwiastków, tak że można twierdzić, że wkroczyliśmy w nowy etap ewolucji litosfery [Kozłowski 1998].

Jako ludzie nie powinniśmy być arogancy, wręcz odwrotnie: konieczne jest uczenie się, imitowanie i korzystanie z istoty tego, co w ramach ewolucji zostało wytworzone w postaci systemu obiegu energii i materii na Ziemi. Uwzględniając zróżnicowanie funkcji poszczególnych typów populacji organizmów żywych i ich wzajemne relacje pomiędzy sobą oraz środowiskiem abiotycznym, cyrkulacyjny obieg materii i energii generowany przez istoty żywe możemy rozpatrywać jako system złożony z podsystemów (rys. 1):

- S_1 – zasobów abiotycznych (pedosfery, hydrosfery, kriosfery, atmosfery),
- S_2 – producentów,
- S_3 – konsumentów,
- S_4 – reducentów (destruencji).

Wyróżnimy także system zasobów abiotycznych skorupy ziemskiej (S_5).



Rys. 1. System generowanego przez istoty żywe obiegu materii

Źródło: [Janikowski 1999].

System generowanego przez organizmy żywe obiegu materii i energii można opisać za pomocą układu równań:

$$\begin{aligned} \frac{dM_1}{dt} &= r_{41} + r_{51} - r_{12} - r_{15} \\ \frac{dM_2}{dt} &= r_{02} + r_{12} - r_{20} - r_{23} - r_{24} \\ \frac{dM_3}{dt} &= r_{23} + r_{43} - r_{30} - r_{34} \\ \frac{dM_4}{dt} &= r_{34} + r_{24} - r_{40} - r_{41} - r_{43} \\ \frac{dM_5}{dt} &= r_{15} - r_{51} \end{aligned}$$

gdzie: r_{ij} – współczynnik cyrkulacji masy (energii) od donora i do receptora j . Jest on funkcją przestrzeni i czasu, a jego wielkość jest skończona. W sensie formalnym interesuje nas, aby współczynniki cyrkulacji $r_{41}(x, t)$; $r_{43}(x, t)$; $r_{24}(x, t)$ oraz $r_{34}(x, t)$ dążyły do wielkości maksymalnych, zarówno w każdym punkcie przestrzeni, jak i w czasie.

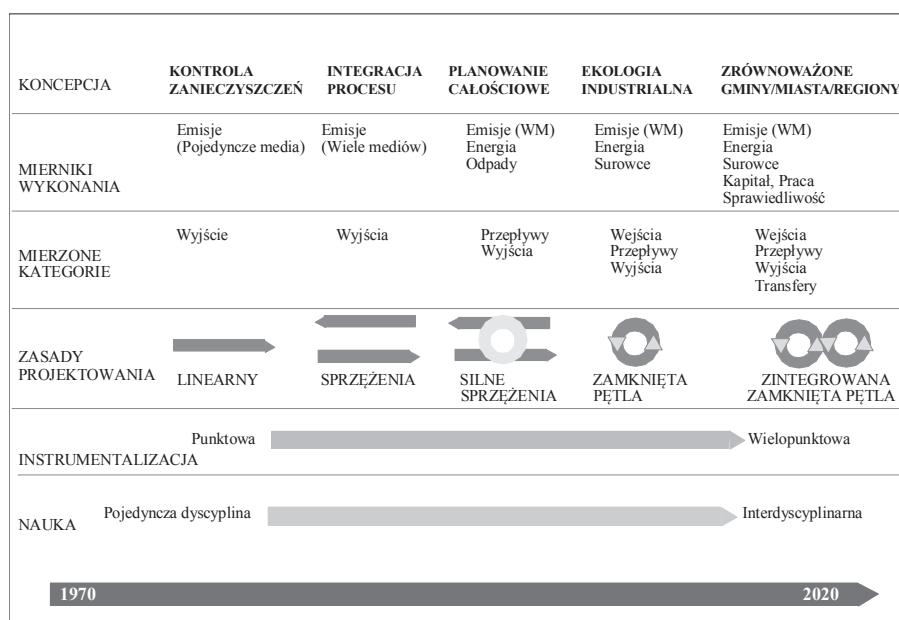
Przedstawiony powyżej system generowanego przez istoty żywe obiegu materii powinien być wzorcem dla systemu społeczno-gospodarczego tworzonego przez ludzi. W przeciwieństwie jednak do przyrody (ekosystemu) człowiek jako istota gospodarująca w środowisku, jako czynnik sprawczy i generujący działanie w ramach stworzonej przez siebie socjoorganizacji dotychczas nie rozwinął, nie ukształtował w dostatecznym stopniu odpowiedniego podsystemu odzysku materii (takiego jak podsystem S_4)

i odpowiednich relacji pomiędzy wszystkimi podsystemami. Jednocześnie wprowadził i stale wprowadza do środowiska w dużych, a nawet bardzo dużych ilościach wiele antropogenicznych substancji, które nie są łatwo rozkładalne w procesach biologicznych czy chemicznych występujących w ekosystemach. Stanowi to istotny wyróżnik systemu społeczno-gospodarczego, który eksterioryzuje duże ilości materii, a jej odpadową – w sensie doraźnego interesu – część usuwa wprost do środowiska.

W kontekście powyższego powinny następować realne zmiany w strukturze i funkcjach systemu społeczno-gospodarczego. Nie wystarczą bowiem tylko postulaty, konieczne jest materializowanie odwzorowujące funkcjonowanie ekosystemów oraz przyspieszenie ewolucji systemu społeczno-gospodarczego, co w kontekście zachodzących rewolucyjnych zmian rzędu 4.0 jest możliwe i silnie skorelowane z tymi zmianami.

5. Ewolucja cywilizacji

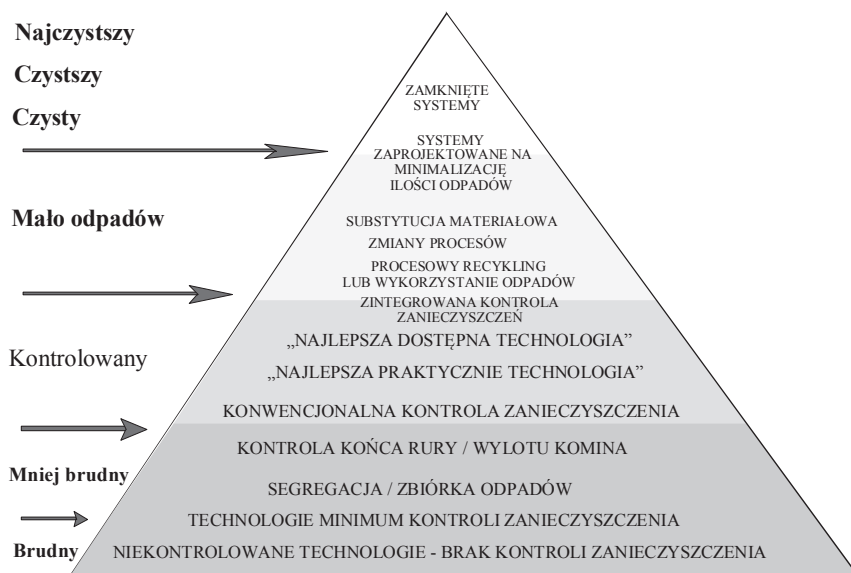
Niedomknięcie i nieciągłość obiegu materii, brak odpowiednio rozwiniętego systemu odzysku, wyspecjalizowanych instytucji destrukcji oraz redukcji wytworów człowieka i przyswajania przez system społeczno-gospodarczy już raz użytej materii to cechy współczesnego funkcjonowania ludzkości. To przeciwieństwo mechanizmów, które powstały na Ziemi w ramach procesu ewolucji. To bazowanie na całkowicie fałszywym założeniu, że zasoby środowiska są niewyczerpywalne i mogą być po wykorzystaniu usuwane do środowiska traktowanego jako składowisko rzeczy niepotrzebnych.



Rys. 2. Ewolucja systemu społeczno-gospodarczego

Źródło: według [NSTC 1995].

Tylko wtedy możliwe będzie osiągnięcie zamkniętego cyklu obiegu materii w ramach systemu społeczno-gospodarczego. Wymaga to szybkiego zastosowania nowych sposobów zarządzania ekologicznego, które przez odpowiednie sterowanie powinny powodować przyspieszanie, a nawet wymuszanie substytucji materiałowej, projektowanie systemów generujących „zero odpadów”, aż do pełnego zamknięcia obiegu przez integrowanie procesowe i strukturalne różnorodnych podmiotów oddziałujących na środowisko. Tylko wtedy możliwe będzie odejście od rozwoju „brudnego” i realizacja rozwoju zrównoważonego, który z perspektywy ekologicznej będzie mógł być określany jako czysty lub nawet najczystszy.



Rys. 3. Kolejne etapy rozwoju sposobów ograniczania oddziaływań czynników sprawczych

Źródło: [Janikowski 1999], zmodyfikowane.

Podobnie ważne jest spowolnienie naszego wykorzystywania zasobów środowiska, zarówno tych materialnych, jak i niematerialnych, podobnie jak spowolnienie naszego ludzkiego działania pozwala na zrównoważone kierunkowanie rozwoju i osiągnięcie pożądanego celu. Retardacja materialna i niematerialna już następuje w wielu społeczeństwach i wdrażana jest w lokalne kultury. Z jednej strony jest ona pokłosiem dziedzictwa kultury niematerialnej i materialnej, z drugiej rewolucji przemysłowej oraz zmian kulturowych. Zachodzą one w trakcie koewolucji genetyczno-kulturowej. Bez transgresji, czyli świadomego przekraczania dotychczasowych granic materialnych, społecznych i symbolicznych, nie byłby możliwy rozwój kultury, a tym samym człowieczeństwa. Oznacza to, że także kategoria retardacji materialnej i niematerialnej jest kanonicznym elementem strategii wdrażania rozwoju zrównoważonego [Kostecka 2009; 2010].

6. Gospodarka cyrkulacyjna

Nauka była, jest i będzie katalizatorem rozwoju. „Nowa koncepcja uprawiania nauki zdecydowała o klimacie myślowym, który panuje w Europie od trzech stuleci, odróżniła Europę od wszystkich innych cywilizacji, dawnych i obecnych, oraz pozwoliła jej przekształcić swe środowisko naturalne i społeczne równie gruntownie, jakby na naszej planecie narodziła się istota ludzka nowego gatunku” [Koestler 2002, s. 320]. Człowiek współczesny rozumie i wie już w pełni, że konieczna jest realna, materializująca się zmiana w kierunku gospodarki cyrkulacyjnej. Należy ją pojmować jako gospodarkę o zamkniętym obiegu, w której ilość odpadów ograniczona zostaje do zera, a projektowanie elementów składowych produktu powinno uwzględniać ich demontaż, przetworzenie i ponowne wykorzystanie. Taka gospodarka będzie z natury zasobooszczędna i mniej emisyjna. Cechą gospodarki cyrkulacyjnej jest myślenie systemowe, dostrzegające produkt jako ogniwo w łańcuchu przetwarzania i wielokrotnego wykorzystania.

Podmioty zarządzania czynnikami sprawczymi muszą dążyć do tego, aby następowało integrowanie obiegu materii, aby związki pomiędzy poszczególnymi podmiotami gospodarczymi były takie, żeby możliwe było zamknięcie dotychczas otwartych pętli obiegu materii. Wymaga to od zarządzania czynnikami sprawczymi nowego spojrzenia na planowanie strukturalne i rozwojowe. Konieczne musi ono ujmować zagadnienia substytucji materiałowej, dematerializacji oraz strukturalizacji ukierunkowanej na tworzenie wielotorowych pętli sprzężeń zwrotnych. Jednocześnie z uwagi na małe, w ramach demokracji i kapitalizmu rynkowego, możliwości interwencjonizmu państwowego powinno ono opierać się na dobrowolnych porozumieniach pomiędzy podmiotami zarządzającymi a czynnikami sprawczymi.

Przeprowadzone w Unii Europejskiej obszerne badania obejmujące sektory: energetyczny, transportowy, wytwórczy, rolniczy i turystyczny pokazują, że wypełnienie postulatów integracji polityki gospodarczej i ekologicznej jest możliwe i konieczne, a konsekwencjami zintegrowanego cyrkulacyjnego podejścia będą duże korzyści ekonomiczne i środowiskowe. W świetle tego integrowanie celów nie powinno być traktowane jako postulat, lecz jako zasada na bieżąco stosowana. Drobnym, aczkolwiek wielce istotnym przykładem z obszaru 4.0 są aktywne opakowania i inteligentne etykiety umieszczane na opakowaniach [Komisja Europejska 2008]. Obecnie szacowana ich wielkość to kilka miliardów, ale oczekuje się setek miliardów. Z istoty stosowanej i zastosowanej inteligencji pojawiają się nie tylko korzyści ekonomiczne, ale istotne w tym kontekście korzyści środowiskowe. Po pierwsze migracje logistyczne będą minimalistyczne, a tym samym wydajne choćby energetycznie; po drugie, najważniejsze, etykiety umożliwiają właściwą identyfikację składowych danej rzeczy, a tym samym poprawną cyrkulację.

7. Bitwa o szmaty i bitwa o elektroodpady

Przypomnijmy historyczny już fakt, że w przeszłości toczyły się bitwy o odpady. „Kiedyś papier robiło się ze szmat, z lnu i bawełny. Dobre kawałki szły na ubrania, reszta właśnie na papier. Stąd całe wojny o... szmaty. Tak było np. w Goszczu k. Twardogóry – Możliwości produkcyjne papierni zależały głównie od odpowiedniej ilości szmat – opowiada dr Maciej Szymczyk z Muzeum Papiernictwa w Dusznikach. – Poszczególni papiernicy zabiegali zatem o nadanie im wyłącznego prawa do pozyskiwania szmat na poszczególnych terenach. Zbieracze płacili za surowiec ludności towarem (np. igłami lub innymi drobiazgami), a czasem gotówką. Często dochodziło do naruszenia przez zbieraczy przyznanych poszczególnym papiernikom terytoriów, co skutkowało konfliktami. By ich uniknąć, wydawano zbieraczom szmat licencje, co jednak w niewielkim stopniu łagodziło sytuację. Przecież kiedy spotkali się ze sobą skonfliktowani właściciele papierni w Goszczu i Toszku, konfrontacja skończyła się najzwyczajszą bijatyką” [<http://archiwum.naszesusdety.pl/?p=artykulyShow&iArtykul=1728>].

Laureat literackiej Nagrody Nobla V.S. Naipaul [1985, s. 114] tak opisywał antropopresję występującą w jednym z miast afrykańskich. „Wzrost liczby mieszkańców poszczególnych osiedli można było mierzyć rosnącymi górami śmieci. Oni tam nie spalali swoich śmieci w bębnach po nafcie, jak my; wyrzucali je po prostu na ulice. Tam osiadały i choć stale wyplukiwane przez deszcz, rosły z miesiąca na miesiąc, zamieniając się w twarde pagórki sięgające czasem pod sam dach tych przypominających pudełka od zapalek betonowych domów, stanowiących standardową architekturę nowych osiedli”. Podobnie jest teraz, aczkolwiek antropogeniczne góry są obecnie tworzone z odpadów elektronicznych i elektrycznych (elektrośmieci) przez kraje określone jako wysoko rozwinięte, takie jak Stany Zjednoczone, Niemcy, Szwecja, Finlandia. Po prostu wysyłane są one do Afryki, której teren traktowany jest jako (prawie) bezpłatne składowisko odpadów. Przykładem tego jest, określone przez lokalną ludność *Toxic City*, największe w Afryce Zachodniej wysypisko, zlokalizowane w Agbogbloshie, dzielnicy Akry, stolicy Ghany.

Należy oczekiwać jednak, że niedługo nastąpią wojny o elektroodpady, podobnie jak w przeszłości wojny o szmaty. W odpadach tych znajdują się bowiem w śladowych ilościach zarówno metale szlachetne (złoto, srebro, platyna), jak i, co ważniejsze i cenniejsze, metale z grupy pierwiastków określanych jako metale ziem rzadkich (*REF, Rare Earth Elements*). Wraz z rozwojem technologii komunikacyjno-informacyjnych i militarnych nabierają one coraz większego znaczenia technologicznego (tab. 1), a tym samym gwałtownie zwiększa się popyt na nie [Podbiera-Matysik i in. 2012; Całus-Moszeko, Białecka 2012].

Nawet krótka analiza informacji zawartej w tabeli 2 wskazuje, że monopolistą w produkcji REF są Chiny. Dotyczy to co najmniej dekady 2005-2015. Władze chińskie także zauważyły ten fakt i wykorzystują go jako broń strategiczną w geopolityce. Gwałtowne ograniczenie podaży pierwotnego surowca musiało się spotkać z odpowiednią reakcją, w szczególności kół militarnych [Grasso 2013].

Tabela 1. Charakterystyka i zastosowanie pierwiastków ziem rzadkich

Pierwiastek	Charakterystyka	Zastosowanie
1	2	3
Lantan	doskonałe właściwości magnetyczne, łatwo palny, gęstość 6,1 g/cm ³	dodatek do stopów metali stosowanych w produkcji katod w ogniwach paliwowych, w akumulatorach, w urządzeniach medycznych i optycznych
Cer	bardzo czuły, łatwo palny, gęstość 6,7 g/cm ³ , punkt topnienia 795°C	ze względu na unikalne właściwości stosowany do produkcji katalizatorów, w nowoczesnych kineskopach w filtrach UV
Europ	najrzadszy z ziem rzadkich, łatwo palny, gęstość 5,2 g/cm ³ , punkt topnienia 826°C	pierwotnie zastosowany w produkcji czerwonego fosforu, do ekranów telewizorów CRT, aktualnie używany do produkcji energooszczędnego oświetlenia LED, kolorowych lamp, monitorów, w medycynie jako bardzo czuły znacznik
Erb	wysoka rezystancja, łatwo palny, gęstość 9,0 g/cm ³ , punkt topnienia 1529°C	do barwienia szkła na różowy odcień (np. w okularach przeciwsłonecznych), do konstrukcji laserów stosowanych np. w medycynie, w operacjach skóry oraz w stomatologii w światłowodach
Neodym	doskonałe właściwości magnetyczne, łatwo palny, gęstość 6,8 g/cm ³ , punkt topnienia 1024°C	istotne znaczenie dla produkcji silnych magnesów, MRI, generatorów, w samochodach elektrycznych, w laserach i głośnikach
Itr	tworzy ciemną warstwę pod wpływem światła, łatwo palny, gęstość 4,5 g/cm ³ , punkt topnienia 1526°C	stosowany w reaktorach jądrowych, w metalurgii, w technologiach laserowych, w ogniwach paliwowych, w technologiach mikrofalowych, w nowoczesnej technice samochodowej
Gadolin	łatwo palny, gęstość 7,9 g/cm ³ , punkt topnienia 1312°C	używany do pamięci magnetycznej, w kryształach przewodzących jonowo, ma silne właściwości nadprzewodzące, poprawia urabialność i odporność żelaza oraz chromu, stosowany jako luminofor koloru w telewizorach, w kuchenkach mikrofalowych, w technologiach radarowych, w reaktorach jądrowych
Dysproz	bardzo czuły, rozciągliwy i giętki, łatwo palny, gęstość 8,6 g/cm ³ , punkt topnienia 1407°C	stosowany w aplikacjach nuklearnych, w żarówkach energooszczędnych, do produkcji laserów, w magnesach stałych, w nowych agregatach prądotwórczych, w samochodach elektrycznych
Holm	doskonałe właściwości magnetyczne, miękki i ciągliwy, gęstość 8,8 g/cm ³ , punkt topnienia 1461°C	do wytwarzania silnych pól magnetycznych
Lutet	miękki i elastyczny, łatwo palny gęstość 9,8 g/cm ³ , punkt topnienia 1652°C	głównie w medycynie nuklearnej, w tomografii komputerowej
Prazeodym	bardzo miękki, łatwo palny, gęstość 6,1 g/cm ³ , punkt topnienia 920°C	w stopach do zmiany właściwości metali

Tabela 1, cd.

1	2	3
Samar	gęstość 7,4 g/cm ³ , punkt topnienia 1072°C	w medycynie, w laserach, jako materiał magnetyczny, do absorpcji światła podczerwonego, jako katalizator
Terb	gęstość 8,2 g/cm ³ , punkt topnienia 1356°C	w przemyśle półprzewodników, w ogniach paliwowych, w nowoczesnych lampach, w laserach, w magnetycznych nośnikach danych, w magnesach stałych, w silnikach stosowanych w samochodach elektrycznych

Źródło: [Całus-Moszko, Białecka 2012].

Tabela 2. Światowa produkcja i zasoby REF (2013)

Kraj	Produkcja (metryczne tony)	Zasoby (metryczne tony)
Stany Zjednoczone	4000	13 000 000
Australia	2000	2 100 000
Brazylia	140	22 000 000
Chiny	100 000	55 000 000
Indie	2900	3 100 000
Rosja	2400	?
Wietnam	220	?
Malezja	100	30 000
Inne kraje	brak danych	41 000 000
Świat razem (w zaokrągleniu)	110 000	140 000 000

Źródło: [<http://geology.com/articles/rare-earth-elements/>].

Odpowiedzią na użytą przez Chiny broń strategiczną jest bowiem cyrkulacja [Hobson 2016; Lieder, Rashid 2016]. Oznacza to, że nie będzie się dalej wysyłało odpadów elektronicznych i elektrycznych do Afryki i/lub w inne miejsca na globie, jak i ich topienie w wszechoceanie. Odpowiedzią są technologie odzysku. W maju 2016 r. jest ich już wiele, w tym także są to polskie technologie. Innymi słowy, wymuszona została gospodarka cyrkulacyjna, a tym samym możliwa będzie dalsza produkcja rzeczy wykorzystujących EER oraz rozwój technologii militarnych i elektronicznych. Pojawiła się pętla dodatniego sprzężenia zwrotnego przyspieszająca czwartą rewolucję przemysłową [George i in. 2015; Ghisellini i in. 2016]. Ta z kolei zapewne przyspieszy cyrkulację zasobów środowiska i jego ochronę. Warto w tym miejscu dodać, że także w Chinach dostrzega się znaczenie gospodarki cyrkulacyjnej [Naustdalslid 2014; Wen, Meng 2015].

8. Zakończenie

Druga dekada XXI wieku cechuje się pojawieniem się metafor zawierających cyfry cztery, zarówno jako rewolucja przemysłowa 4.0, jak i kapitalizm 4.0. To także epoka, w której warto przypomnieć odległe już w czasie bitwy o szmaty.

Zapewne niedługo wszelkie odpady będą drogie, gdyż z istoty są potencjalnymi surowcami wtórnymi. Z kolei czwarta rewolucja przemysłowa oznaczająca działania podmiotów gospodarczych w oparciu o bezprzewodowe i przewodowe komunikacyjne połączenie jednoznacznie zaadresowanych wielu mobilnych i stacjonarnych inteligentnych urządzeń łącznie realizujących i materializujących fizyczny produkt oznacza gwałtowny wzrost efektywności surowcowej, logistycznej i transportowej. Przenosi się to wprost na rynki finansowe, które nabierają charakteru autonomicznych automatów *traderów*, przeprowadzających miliardy operacji w kilka milisekund, aczkolwiek są jeszcze tacy, jak N.N. Taleb [2016], którzy wierzą, że człowiek nadal pozostanie istotą rozumną, co nie znaczy, że racjonalną.

Pojawia się kolejna faza cywilizacji, a w niej gospodarka cyrkulacyjna i ochrona środowiska 4.0. Dzieje się to tu i teraz, w końcu drugiej dekady XXI wieku, głównie w Stanach Zjednoczonych, Japonii, ale też w Europie. Oznacza to także, że nadrzędny cel zrównoważonego rozwoju, aby przyszłe pokolenia miały takie same lub nawet lepsze możliwości rozwojowe, szybciej się będzie materializował.

Literatura

- Acatech 2013, *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Securing the future of German manufacturing industry, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Acatech National Academy of Science and Engineering, Berlin.
- Całus-Moszek J., Białecka B., 2012, *Potencjał i zasoby metali ziem rzadkich w świecie oraz w Polsce*, Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko, nr 4, s. 61-71.
- Cempel C., 2008, *Teoria i inżynieria systemów*, Wydawnictwo Naukowe ITE, Radom.
- Checkland P., 1990, *Systemy jako rzeczy i jako idee*, [w:] Gasparski W., Miller D. (red.), *Projektowanie i systemy*, t. XII. Ossolineum, Wrocław.
- George D.A., Lin B.C., Chen Y., 2015, *A circular economy model of economic growth*, Environmental Modelling & Software, no. 73, s. 60-63.
- Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S., 2016, *A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems*, Journal of Cleaner Production, no. 114, s. 11-32.
- Grasso V.B., 2013, *Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issues, and Options for Congress*, Congressional Research Service, 7-5700, R41744.
- GTAI, 2014, *INDUSTRIE 4.0 Smart Manufacturing for the Future*, Germany Trade & Invest, Berlin.
- Hobson K., 2016, *Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy*, Progress in Human Geography, no. 40 (1), s. 88-104.
- Janikowski R., 1999, *Zarządzanie ekologiczne*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa.
- Janikowski R., 2007, *Zrównoważony rozwój a nauki techniczne*, [w:] Graczyk A. (red.), *Zrównoważony rozwój w teorii ekonomii i w praktyce*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
- Janikowski R., 2013, *Nieprzewidywalność jako kategoria biznesowa*, [w:] Rokita J. (red.), *Zarządzanie strategiczne. Modele biznesu. Nowe obszary badań*, Górnośląska Wyższa Szkoła Handlowa, Katowice.
- Janikowski R., 2015, *Zarządzanie przedsiębiorstwem 4.0. Problemy badawcze*, [w:] Rokita J. (red.), *Strategie w zarządzaniu organizacjami*, Górnośląska Wyższa Szkoła Handlowa, Katowice.
- Kaletsky A., 2010a, *Capitalism 4.0: The Birth of a New Economy in the Aftermath of Crisis*, Public Affairs, Bloomsbury, London.

- Kaletsky A., 2010b, *Capitalism 4.0*, OECD Observer, no. 279, May.
- Kleiber M., Kleer J., Wierzbicki A.P., Galwas B., Kuźnicki L., Sadowski Z., Strzelecki Z., 2011, *Raport Polska 2050*, Polska Akademia Nauk – Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, Warszawa.
- Koestler A., 2002, *Lunacy. Historia zmiennych poglądów człowieka na wszechświat*, Zysk i S-ka, Poznań.
- Komisja Europejska, 2008, *Komunikat w sprawie przyszłości sieci i Internetu*, Komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów, 594 wersja ostateczna.
- Kostecka J., 2009, *Przestrzeń przyrodnicza jako wartość w rozwoju zrównoważonym*, Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału PTIE i PTG w Rzeszowie, nr 11, s. 135-140, <http://www2.univ.rzeszow.pl/wbr/zeszyty>.
- Kostecka J., 2010, *Retardacja materialnego przekształcania zasobów przyrodniczych jako element zrównoważonego rozwoju*, [w:] Kostecka J. (red.), *Retardacja materialnego przekształcania zasobów przyrodniczych*, Biuletyn KPZK PAN, z. 242, Warszawa.
- Kozłowski S., 1998, *Założenia ogólne ochrony litosfery*, [w:] Kozłowski S. (red.), *Ochrona litosfery*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Lieder M., Rashid A., 2016, *Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry*, Journal of Cleaner Production, no. 115, s. 36-51.
- Linstone H.A., 1984, *Multiple Perspectives for Decision Making*, North-Holland, New York.
- Naipaul V.S., 1985, *Zakręt rzeki*, Czytelnik, Warszawa.
- Naustdalslid J., 2014, *Circular economy in China – the environmental dimension of the harmonious society*, International Journal of Sustainable Development & World Ecology, no. 21 (4), s. 303-313.
- NSTC, 1995, *Bridge to a Sustainable Future*, National Environmental Technology Strategy. The National Science and Technology Council, Washington.
- Podbiera-Matysik K., Gorazda K., Wzorek Z., 2012, *Kierunki zastosowania i pozyskiwania metali ziem rzadkich*, Chemia Czasopismo Techniczne, Politechnika Krakowska, z. 16 (109), s. 147-156.
- Popper K.R., 1993, *Społeczeństwo otwarte i jego wrogowie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- RB, 2014, *INDUSTRY 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed*, Roland Berger Strategy Consultants GmbH.
- Scharmer O., Kaufer K., 2013, *Leading from the Emerging Future: From Ego-System to Eco-System*, Berrett Koehler, San Francisco.
- Schwab K., 2016, *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum, Geneva.
- Starzeński O., 2011, *O narastającym długu publicznym, jarzmie rynków finansowych, mikrosekundach i bankach spekulacyjnych*, [w:] Rokita J. (red.), *Nauki o zarządzaniu wobec nieprzewidywalności i złożoności zmian*, Górnośląska Wyższa Szkoła Handlowa, Katowice.
- Starzeński O., 2015a, *O „widmie” radykalizmu, zagrożeniach i spekulacji oraz o kryzysach finansowych i politycznych*, [w:] Rokita J. (red.), *Strategie w zarządzaniu organizacjami*, Górnośląska Wyższa Szkoła Handlowa, Katowice.
- Starzeński O., 2015b, *O kryzysach i kontrowersjach wokół hipotezy efektywności rynków finansowych*, [w:] Rokita J. (red.), *Nowe obszary badań w naukach o zarządzaniu*, Górnośląska Wyższa Szkoła Handlowa, Katowice.
- Taleb N.N., 2016, *Zwiedzeni przez losowość*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media, Warszawa.
- Wen Z., Meng X., 2015, *Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District*, Journal of Cleaner Production, no. 902, s. 11-219.
- Zięba S., 1997, *Strategia ograniczenia ryzyka ekologicznego*, Człowiek i Przyroda, nr 6, s. 23-40.

Źródła internetowe

- <http://archiwum.naszesusdety.pl/?p=artykulyShow&iArtykul=1728> (18.05.2016).
- <http://geology.com/articles/rare-earth-elements> (17.05.2016).