

Zbigniew Dokurno

RÓWNOWAGA EKOLOGICZNA W AGREGATOWYCH MODELACH WZROSTU GOSPODARCZEGO JAKO FUNDAMENTALNY CZYNNIK REALIZACJI STRATEGII EKOROZWOJU

1. Wstęp

Analiza ekorozwoju, czy też szerszej kategorii, jaką stanowi zrównoważony rozwój, jako jeden z podstawowych celów poznawczych zakłada zdefiniowanie, poszukiwanie i określenie warunków równowagi. Równowaga ekologiczna stanowi immanentny atrybut takich badań, ze względu na filozofię, jaka towarzyszy kategorii ekorozwoju czy rozwoju zrównoważonego. Tym samym można określić ją jako jeden ze strategicznych czynników strategii ekorozwoju. A ponieważ ten typ równowagi pozostaje w ścisłym związku z równowagą ekonomiczną, zapewniającą trwałe pozyskiwanie materialnych środków umożliwiających zaspokajanie różnych potrzeb, a przez to rozwój człowieka w różnych obszarach jego aktywności, nie tylko *stricte* materialnych, tym samym można postawić hipotezę, uzasadniającą traktowanie kategorii równowagi ekologicznej jako warunku realizacji nie tylko samego ekorozwoju, ale również w szerszym znaczeniu rozwoju zrównoważonego. Przedstawione w artykule rozważania dotyczące równowagi ekologicznej w różnych modelach wzrostu mają na celu nie tylko prezentację uwarunkowań takiej równowagi w zależności od przesłanek, na jakich się ona opiera, ale przede wszystkim pokazanie, iż uwzględnianie kolejnych, istotnych z perspektywy rozwoju człowieka przesłanek (inwestycje ochronne, postęp techniczny, sprawiedliwość międzypokoleniowa itd.) rozbudowuje kategorię równowagi ekologicznej, przyczyniając się do jej obiektywizacji. W takim kontekście równowaga ekologiczna przestaje być jedynie warunkiem implikującym ekorozwój, stanowi bowiem wyznacznik szerszej kategorii – rozwoju zrównoważonego.

2. Charakterystyka metodyczna kategorii równowagi

Z perspektywy naukowego warsztatu wydawałoby się naturalną koniecznością przedstawić kategorię równowagi w punkcie wyjścia rozważań w konwencji obiektywistycznego stanowiska metodologicznego. Zgodnie z tym stanowiskiem wszelkie składniki wiedzy mają własności i cechy, dzięki którym wykraczają poza dziedzinę przekonań i stanów świadomości tworzących je i analizujących jednostek ludzkich. **K.R. Popper, określając bliżej obiektywizm w nauce, określił myśl obiektywną jako składającą się z problemów, teorii i argumentów niezależnych od czyjejkolwiek wiedzy, przekonania czy skłonności do uznania, stwierdzenia czy działania w przeciwieństwie do wiedzy w ujęciu subiektywnym opartej na stanach umysłu, świadomości [15, s. 108-109]. Analiza obiektywnej sytuacji danej nauki pozwala w konsekwencji na wprowadzenie istotnej zmiany naukowej tworzącej postęp naukowy. Nie oznacza to wcale, iż postulaty naukowe formułowane w ramach każdej ze zmian zwolnione są z kryterium falsyfikowalności ani że mają pozostawać z konieczności w zgodzie z programem badawczym uznawanym do tej pory w ramach jakiejś dyscypliny. Ponadto przy formułowaniu nowych teorii pozostaje stale istotny problem, na ile obiektywny badacz powinien zająć stanowisko racjonalistyczne – podejście I. Lakatosa – i które kryteria (jeśli nie wszystkie) powinien uznać za zasadę absolutną, ahistoryczną, wyznaczającą standard racjonalności danego programu badawczego zbliżającego ku prawdzie, a przez to formułującego prawa służące powstrzymaniu zatrucia środowiska intelektualnego [13, s. 176], a w jakim stopniu powinien skłonić się ku naukowemu relatywizmowi w duchu, którego decyzja o uznaniu teorii naukowych za lepsze czy gorsze zależy od jednostek lub społeczności naukowych dokonujących takich ocen.** Dobitnie stanowisko relatywistyczne w nauce ujął T.S. Kuhn, stwierdzając, że „nie ma standardu wyższego niż zgoda zainteresowanej społeczności naukowej” [12, s. 94] Tym samym, podejmując stanowisko relatywistyczne w nauce, kwestię uznania danej kategorii za istotny problem badawczy uzależnilibyśmy od obowiązującego paradygmatu i preferencji społeczności naukowej.

W świetle dokonanego metodologicznego zarysu, przywołując powołane na wstępie pojęcie równowagi, należałoby zadać pytanie: **na ile jest to kategoria obiektywna, racjonalna czy też może poddająca się relatywnej kwalifikacji?**

Próbując obiektywizować kategorię równowagi, można odwołać się do świata fizyki, w którym pojęcie równowagi opisuje jedno z podstawowych praw – **I zasada dynamiki**, mówiąca, że **jeśli w tzw. inercyjnym¹ układzie odniesienia na ciało nie działa żadna siła lub siły działające na to ciało równoważą się, to ciało zachowuje stan spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym po linii**

¹Inercyjny układ odniesienia w przeciwieństwie do nieinercyjnego układu odniesienia zachowuje bezwładność, co wynika ze stanu jego względnego spoczynku lub poruszania się ruchem jednostajnym.

prostej. W świetle przytoczonego prawa stan równowagi jest uwarunkowany brakiem sił lub ich zrównoważeniem. Czy jednak taki opis równowagi jest adekwatny z punktu widzenia równowagi ekonomicznej oraz ekologicznej? Czy w ramach programów badawczych formułowanych dla ekonomii lub, ściślej ujmując, ekonomii ekologicznej tak opisana równowaga fizyczna stanowi adekwatną próbę opisu równowagi ekonomicznej czy ekonomiczno-ekologicznej? Cennym rozwinięciem kategorii równowagi na gruncie fizyki jest wprowadzenie do rozważań na ten temat teorii entropii i praw termodynamiki. Zgodnie z postulatami wynikającymi z tych teorii funkcjonowanie, a co za tym idzie, równowaga systemów są uzależnione od pobierania energii i informacji z otoczenia, ponieważ – zgodnie z prawem entropii – każdy izolowany system charakteryzuje się wzrostem dezorganizacji i nieuporządkowania [6, s. 91]. Tym samym widać, że zachowanie równowagi jest procesem dynamicznym.

Otóż, zważywszy na dynamikę systemów ekonomiczno-ekologicznych, dogodniej jest przeformułować stanowisko metodyczne w tej kwestii w duchu racjonalistycznym, przyjmując **jako kategorię równowagi zjawisko tzw. długo-okresowej równowagi (dynamicznej równowagi).** W istocie bowiem żaden system gospodarczy czy ekologiczny nigdy nie znajduje się w takim stanie spoczynku, jaki odpowiada treści tego terminu w mechanice. Produkcja bowiem – z natury rzeczy – jest procesem zmian. Dlatego początkowo, definiując warunek statyki w takim ujęciu, przyjmujemy założenie, że pewne kluczowe zmienne (np. wielkość produkcji, konsumpcja, ceny) pozostają nie zmienione. Z tak przyjętego założenia, opisującego klasyczną statykę porównawczą w ekonomii – wyrażaną w teorii ekonomii powszechnym zwrotem *ceteris paribus* – wyprowadzamy, przez zaprzeczenie, warunek dynamiki: jest nim to, aby te kluczowe zmienne, traktowane wcześniej statycznie, zmieniały się. W efekcie uzyskujemy metodę dynamiki gospodarczej, zgodnie z którą dany **układ znajduje się w stanie równowagi dynamicznej², o ile znajduje się w stanie równomiernego wzrostu.** Z kolei koncepcja wzrostu równomiernego [16, s. 134]³ **zakłada stałą w czasie stopę wzrostu wszystkich podstawowych zmiennych. Przy czym mówiąc o stopie wzrostu, autor ma na myśli proporcjonalną stopę wzrostu.**

Podjmując wreszcie próbę kwalifikacji kategorii równowagi (równowagi ekologicznej) **z perspektywy stanowiska relatywistycznego,** należy zwrócić uwagę na zróżnicowanie paradygmatu ekonomii ekologicznej, uwarunkowane wpływem różnych kierunków ekonomicznych, a co za tym idzie, ich wkładem w tę dziedzinę. Z tego powodu kategorię równowagi, w dalszym toku rozważań

² Dla porządku należy przypomnieć, iż dychotomiczny podział w analizie ekonomicznej na statykę i dynamikę został zapoczątkowany już w pracach J. Clarka czy A. Marshalla. Ze względu jednak na rozwój tego podejścia w interpretacji Hicksowskiej autor niniejszego opracowania przyjął je jako ugruntowany punkt odniesienia w podejmowanej analizie [8; 9; 10].

³ W swej pracy J. Robinson określa warunki równomiernego wzrostu jako Złoty Wiek, podkreślając, że chodzi o mityczny stan rzeczy, którego w aktualnej rzeczywistości nie należy się spodziewać.

zawężoną do pojęcia równowagi ekologicznej, a właściwie ekologiczno-ekonomicznej, rozpatrzono z perspektywy dorobku poszczególnych, najważniejszych kierunków ekonomii w tej dziedzinie.

3. Równowaga ekologiczna w ujęciu *stricte* neoklasycznym

Warto wspomnieć, że niektórzy współcześni przedstawiciele nurtu neoklasycznego, definiując równowagę w systemach ekonomiczno-ekologicznych, kierują uwagę badawczą w stronę teorii entropii bądź prawa zachowania masy i energii⁴, próbując tym samym obiektywizować podejście badawcze w tej dziedzinie. Jednakże w większości dominujących modeli neoklasycznych kategorię równowagi ekologicznej traktuje się w ujęciu społeczno-przyrodniczym, zgodnie z którym **równowaga ekologiczna jest uwarunkowana obiektywnymi możliwościami asymilacyjnymi ekosystemów, ale również w nie mniejszym stopniu wynika ze społecznych preferencji w postaci akceptowalnego poziomu jakości środowiska.** Tego typu podejście ma zdecydowanie relatywistyczny charakter, którego wyrazem jest arbitralnie ustalony poziom zdolności asymilacyjnych. Próba obrony takiego podejścia, podejmowana przez przedstawicieli tego kierunku, opiera się na krytycznym sformułowaniu zdolności asymilacyjnej odpowiadającej naturalnej zdolności asymilacyjnej środowiska. Skuteczne przeprowadzenie takiej obrony wymaga jednak świadomości ekologicznej na poziomie pozwalającym dokonywać arbitralnych wyborów, korespondujących z obiektywnymi parametrami równowagi ekosystemu.

Teoretyczna konstrukcja tak sformułowanego warunku równowagi ekologicznej wyraża się w neoklasycznych modelach wzrostu ekologicznie i ekonomicznie zrównoważonego w których obok spełnienia typowych neoklasycznych warunków równowagi dynamicznej (zapewniającej wzrost równomierny) definiuje się warunki spełniające postulat równowagi ekologicznej. Ogólna klasyfikacja modeli w ramach tego podejścia neoklasycznego obejmuje następujące modele [6, s. 125-145]:

- **model podstawowy wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego (bez inwestycji ochronnych i postępu technicznego)⁵;**
- **model wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego z inwestycjami ochronnymi (bez postępu technicznego);**
- **model wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego z inwestycjami ochronnymi i postępem technicznym.**

⁴ Chodzi przede wszystkim o takich przedstawicieli, jak N. Georgescu-Roegen, K.E. Boulding, A.V. Knees, R. Ayres.

⁵ Obszerną charakterystykę przedstawiającą różne aspekty tej klasy modeli zawierają prace autorów W. Krellego, D. Bendera, D. Cansiera, W. Bucholza [4; 5; 11].

Poniżej przedstawiono i dokonano interpretacji warunku równowagi ekologicznej w ramach wskazanych modeli.

W ramach modelu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego bez inwestycji ochronnych i postępu technicznego przyjmuje się następujące założenie, że naturalną, liniową pojemność asymilacyjną środowiska wyraża tzw. współczynnik oczyszczania (p), w następującej **funkcji krańcowej imisji**:

$$\dot{W}(t) = \frac{dW}{dt} = gY(t) - pW(t), \quad (1)$$

gdzie: $W(t)$ – funkcja łącznego poziomu zasobu zanieczyszczeń (imisji),

Y – produkt społeczny,

g – współczynnik polutogenności produktu społecznego,

p – współczynnik naturalnej zdolności asymilacyjnej, tzw. współczynnik oczyszczania.

Warunek równowagi ekologicznej w procesie wzrostu spełniony jest wówczas, gdy zasób zanieczyszczenia pozostaje stały. Jednocześnie zakłada się, że jest on równy wielkości odpowiadającej społecznie akceptowalnej jakości środowiska, która z kolei powinna wynikać z obiektywnego ideału, jaki stanowi naturalna zdolność asymilacyjna. W rezultacie – **z zachowaniem warunku równowagi ekologicznej – kolejne przyrosty imisji, w postaci imisji krańcowej, powinny spełniać następujący warunek**:

$$\dot{W}(t) = \frac{dW}{dt} = gY(t) - pW(t) = 0, \quad (2)$$

z którego wynika następująca tożsamość:

$$W = \frac{g}{p} Y \quad (3)$$

Z równania (3) otrzymujemy zależność:

$$Y = \frac{p}{g} W \quad (4)$$

Interpretacja tak sformułowanego warunku zrównoważonego ekologicznie wzrostu pokazuje, że poziom produktu zależy od poziomu imisji. Z kolei przyjmując poziom imisji wynikający z naturalnej zdolności asymilacyjnej, decydujemy się na zmianę wielkości produktu społecznego bądź w drodze zmiany jego polutogenności (współczynnik p), bądź przez podniesienie naturalnych parametrów ekosystemów powodujące zwiększenie potencjału asymilacji zanieczyszczeń.

Rozpatrywany model dostarcza dodatkowych, ciekawych inspiracji po wprowadzeniu do modelu zależności wyrażającej produkt *per capita* $y = Y/L$ oraz zależności określanej w literaturze funkcją produkcji typu Solowa:

$$y = f(k), \quad \text{gdzie} \quad k = K/L \quad (\text{kapitał/praca}). \quad (5)$$

W efekcie włączenia obu modyfikacji zależność (3) przybierze nową postać:

$$W = \frac{g}{p} yL = \frac{g}{p} y(k)L, \quad (6)$$

w wyniku której produkt *per capita* wynosi:

$$y(k) = W \frac{p}{gL}. \quad (7)$$

Z otrzymanego warunku wynika, że zachowanie równowagi ekologicznej ($W = \text{constans}$) implikuje wzrost gospodarczy w wyniku poprawy współczynnika oczyszczania (poprawa parametrów asymilacyjnych środowiska), wskutek obniżki współczynnika polutogenności (g) lub przez spadek liczebności populacji (L).

Następny neoklasyczny **model wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego z inwestycjami ochronnymi** (bez postępu technicznego) wyjściową funkcję krańcowej emisji formułuje w następującej postaci:

$$W(t) = \frac{dW}{dt} = gY(t) - hK_R(t) - pW(t), \quad (8)$$

gdzie: $W(t)$ – funkcja łącznego poziomu zasobu zanieczyszczeń (emisji),

Y – produkt społeczny,

g – współczynnik polutogenności produktu społecznego,

K_R – kapitał ochrony środowiska,

h – współczynnik efektywności kapitału ochrony środowiska,

p – współczynnik naturalnej zdolności asymilacyjnej, tzw. współczynnik oczyszczania.

Zachowanie warunku równowagi ekologicznej implikuje emisję krańcową na poziomie zerowym, sprowadzając wcześniejszy warunek (2) do następującej postaci uwzględniającej zależność (8):

$$W(t) = \frac{dW}{dt} = gY(t) - hK_R(t) - pW(t) = 0. \quad (9)$$

Z otrzymanego warunku (9) możemy wyznaczyć – *ceteris paribus* – poziom inwestycji ochronnych implikujący spełnienie warunku równowagi ekologicznej w rozpatrywanym modelu:

$$\frac{dK_R}{dt} = K_R = I_R = \frac{g}{h} Y \quad (10)$$

Jak widać, poziom inwestycji ochronnych pozostaje wprost proporcjonalny do polutogenności gospodarki oraz jej produktu krańcowego. Ta ostatnia zależność każe zadać pytanie, na ile gospodarka jest w stanie, zapewniając odpowiedni poziom inwestycji ochronnych, utrzymać się na ścieżce wzrostu ekonomicznego, a tym samym na ile można w danej gospodarce zachować nie malejący społeczny

produkt krańcowy. Odpowiedź na to pytanie pozostaje w ścisłym związku z poziomem konsumpcji *per capita*, na poziomie warunkującym wzrost ekonomicznie-ekologicznie zrównoważony. Ograniczenie konsumpcji do poziomu wynikającego z warunku wzrostu pozwala utrzymać stopę oszczędności na poziomie odpowiednim do sfinansowania inwestycji ochronnych. Innym sposobem zachowania wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego jest spadek stopy wzrostu ludności, w sposób naturalny zmniejszający konsumpcję i zwiększający poziom współczynnika kapitałowego $k = Y/L$, którego wyższa wartość przyczynia się do wzrostu krańcowego produktu społecznego.

W ostatnim z rozpatrywanych neoklasycznych **modeli wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego z inwestycjami ochronnymi i postępowem technicznym funkcję krańcowej imisji** formułuje się w następującej postaci:

$$\dot{W}(t) = \frac{dW}{dt} = gY(t) - hK_R(t) - pW(t) = g y_c(k_c)LE - hK_R(t) - pW(t), \quad (11)$$

gdzie: Y – produkt społeczny,

g – współczynnik polutogenności produktu społecznego,

K_R – kapitał ochrony środowiska,

h – współczynnik efektywności kapitału ochrony środowiska,

p – współczynnik naturalnej zdolności asymilacyjnej, tzw. współczynnik oczyszczania,

E – parametr postępu technicznego,

$y_c(k_c)$ – funkcja produktu na efektywną jednostkę pracy, zależna od technicznego uzbrojenia pracy, wyrażonego parametrem E .

Jest to dość rozbudowana funkcja, która w stosunku do podobnej funkcji (9) z poprzedniego modelu **uwzględnia wpływ tzw. neutralnego postępu technicznego⁶ w rozumieniu Haroda**.

Neoklasyczna teoria wzrostu gospodarczego dowodzi, iż właśnie ten typ neutralności postępu technicznego⁷ jest jedynym możliwym do pogodzenia z koncepcją zrównoważonego wzrostu gospodarczego. Dla wyjaśnienia – postęp techniczny jest neutralny w rozumieniu Haroda wówczas, gdy przy stałej wartości współczynnika kapitałowego ($K/Y = k/y$) nie zmienia on krańcowego produktu kapitału, czyli stopy procentowej od kapitału, jako wynagrodzenia jednostki kapitału. Tym samym uznaje się, iż **harodowski neutralny postęp techniczny ma charakter czysto pracoefektywnościowy**, co ma wyraz w funkcji produkcji

⁶ Neutralność postępu technicznego oznacza neutralność efektów postępu technicznego, tzn. niezmiennosc relacji między pewnymi wielkościami ekonomicznymi w warunkach, kiedy w gospodarce występuje postęp techniczny. Szerzej na ten temat zob. [3, s. 57-67].

⁷ Dodatkowo neoklasyczna teoria wzrostu wyróżnia, oprócz neutralności postępu technicznego w rozumieniu Haroda, neutralność Solowa, w której zakłada się stałość współczynnika pracy L/Y lub jego odwrotności Y/L i neutralność Hicksa, w której stałą pozostaje intensywność kapitałowa technologii K/L i krańcowa stopa substytucji ($dk/dL = w/r$). Szerzej na ten temat zob. [7, rozdz. I, II].

$Y = Y(K, L \times E)$ włączonej do funkcji krańcowej imisji (11) w rozpatrywanym modelu.

Równowaga ekologiczna w rozpatrywanym modelu zostaje spełniona wówczas gdy funkcja krańcowej imisji – wyczerpawszy zdolność asymilacyjną ekosystemu – osiąga wartość zerową (podobnie jak we wcześniejszych modelach), co formalnie przedstawia następujący warunek:

$$\dot{W}(t) = \frac{dW}{dt} = gY(t) - hK_R(t) - pW(t) = gy_c(k_c)LE - hK_R(t) - pW(t) = 0. \quad (12)$$

Harodowski neutralny postęp techniczny pozwala osiągnąć równowagę ekologiczną i ekonomiczną w tych nowych warunkach przy wyższej niż w poprzednich modelach **stopie wzrostu w_y , równej sumie: stopy wzrostu ludności (n) i stopy egzogenicznego postępu technicznego (r)**, co wyraża następująca zależność:

$$w_y = n + r. \quad (13)$$

To oznacza w praktyce, że gospodarka porusza się po innej ścieżce wzrostu zrównoważonego ekologicznie i ekonomicznie. Ta nowa ścieżka wzrostu zapewnia większy wzrost dobrobytu materialnego, rozumiany konwencjonalnie jako wzrost konsumpcji materialnej *per capita*, wynikający z efektywniejszego wykorzystania zasobów pracy oraz ze wzrostu tychże zasobów, co odzwierciedla się we wzroście produktu, stopie oszczędności, akumulacji kapitału itp. Zważywszy, iż mamy spełniony jednocześnie warunek równowagi ekologicznej, można w konsekwencji przyjąć, że oprócz dobrobytu materialnego zwiększa się również dobrobyt społeczny, o ile ten ostatni ogranicza się tylko do warunków ekonomiczno-ekologicznych.

4. Równowaga ekologiczna w ujęciu modeli keynesowskich

W odróżnieniu od neoklasycznych modeli wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego **modele keynesowskie i postkeynesowskie odznaczają się analizą warunków stabilności takiego wzrostu**. Zdaniem autorów tego podejścia gospodarka tylko przypadkowo bądź przejściowo rozwija się według zasady równości faktycznej, gwarantowanej i naturalnej stopy wzrostu. Tym samym samoistna równowaga dynamiczna jest dla autorów tego podejścia pewną iluzją, uzasadniającą konieczność politycznej interwencji w proces gospodarowania. Przesłanką przyjęcia takiego rozumowania jest odrzucenie neoklasycznego założenia o nieograniczonych możliwościach substytucji między pracą i kapitałem. W konsekwencji niezmiennosc relacji tych podstawowych czynników produkcji, powodująca niemożność ich wzajemnego dostosowania, jest także przyczyną tego, że w procesie wzrostu są one nie zawsze w pełni wykorzystywane, a tym samym dany system gospodarczy – pozbawiony interwencjonizmu państwowego – nie

znajduje się na granicy swoich możliwości produkcyjnych. W ekonomii neoklasycznej problem stabilności jest wtórny w stosunku do problemu samej równowagi i wartości parametrów ją zapewniających.

Przedstawiona różnica w połączeniu z nieco odmienną metodyką ujmowania niektórych wielkości oraz wprowadzania pewnych nowych kategorii, takich jak np. gęstość zanieczyszczeń w modelach keynesowskich (omawiany poniżej model d'Arge'a) świadczy o ich cennym, komplementarnym wkładzie do teorii równowagi ekologiczno-ekonomicznej w modelach wzrostu.

Literatura przedmiotu [6, s. 151-167] zwraca uwagę na dwa najbardziej reprezentatywne modele tego nurtu:

- tzw. **ogólny model wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego**,
- **model wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego R.C. d'Arge'a**.

Ponieważ równowaga ekologiczna oraz charakterystyka wielkości w pierwszym ze wskazanych modeli w sposób bardzo istotny pokrywa się z ujęciem w neoklasycznym modelu **wzrostu ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego z inwestycjami ochronnymi** (bez postępu technicznego), autor zdecydował się na szersze przedstawienie drugiego z wymienionych modeli (modelu **R.C. d'Arge'a**), którego istotną cechą odróżniającą od modeli neoklasycznych jest odmienne traktowanie funkcji zanieczyszczeń.

Otóż w modelu tym określenie warunków równowagi ekologicznej we wzroście gospodarczym odbywa się w odniesieniu do kategorii zanieczyszczeń, ujętej jako gęstość zanieczyszczenia, co stanowi istotną różnicę w stosunku do modeli neoklasycznych, w których kategoria ta było ujmowana strumieniowo – w postaci emisji – lub zasobowo – w postaci funkcji imisji. W obu przypadkach podejścia neoklasycznego zanieczyszczenie miało w pewnym sensie charakter absolutny, podczas gdy kategoria zanieczyszczeń ujęta w tym modelu pozwala na uwzględnienie przestrzennego rozkładu jakości środowiska przez analizę rozkładu gęstości zanieczyszczeń.

Przyjmując jako W strumień homogenicznego zanieczyszczenia, określony w tym modelu następującą zależnością, otrzymujemy:

$$W = g_c (F - S) + g_f F, \quad (14)$$

gdzie: F – bieżąca produkcja dóbr materialnych,

S – oszczędności,

g_c, g_f – współczynniki polutogenności konsumpcji i produkcji.

Oznaczając jako V miarę wielkości środowiska naturalnego, otrzymamy wielkość określaną jako **gęstość zanieczyszczenia D** , która jest **ilorazem W/V**

Zmiana gęstości zanieczyszczenia w czasie (gęstość krańcowa zanieczyszczeń) zostanie określona równaniem:

$$D(t) = \frac{dD}{dt} = \frac{1}{V} W - hI_r - \gamma, \quad (15)$$

gdzie: h – efektywność inwestycji powiększających zdolność asymilacyjną,
 I_r – inwestycje ochronne (zwiększające zdolność asymilacyjną),
 γ – naturalna stopa spadku gęstości zanieczyszczenia.

Włączając zależność (14) do równania krańcowej gęstości zanieczyszczeń (15), otrzymujemy **rozwiniętą postać funkcji krańcowej gęstości zanieczyszczeń**:

$$\dot{D}(t) = \frac{dD}{dt} = \frac{1}{V}(g_c + g_f)F - \frac{1}{V}g_cS - hI_r - \gamma. \quad (16)$$

Spełnienie warunku równowagi ekologicznej w tak rozpatrywanym modelu wiąże się ze spełnieniem następującego warunku:

$$\dot{D}(t) = \frac{dD}{dt} = \frac{1}{V}(g_c + g_f)F - \frac{1}{V}g_cS - hI_r - \gamma = 0, \quad (17)$$

co nawiązuje do sposobu rozwiązywania tego problemu we wcześniejszych modelach neoklasycznych, w których funkcję krańcowej emisji również przyrównywano do zera.

Przedstawienie matematycznej procedury rozwiązania wyprowadzonego warunku równowagi ekologicznej przekracza ramy niniejszego artykułu⁸. Dlatego ograniczono się do wniosków płynących z wyników rozwiązania, w postaci następującego warunku:

$$sh > \frac{g_c}{V}(1-s) + \frac{g_f}{V}, \quad (18)$$

gdzie dodatkowo s oznacza krańcową i przeciętną zarazem skłonność do oszczędzania z produktu.

Spełnienie tego warunku oznacza, że **stopa oszczędności oraz efektywność inwestycji skierowanych na zmniejszenie gęstości zanieczyszczenia muszą być na tyle wysokie, aby skompensować skutki, jakie dla wzrostu gęstości zanieczyszczenia wywołuje emisja związana z produkcją i konsumpcją**. Inaczej rzecz ujmując, im większa stopa oszczędności oraz efektywność inwestycji podnoszących zdolność asymilacyjną, a także im mniejsza emisja zanieczyszczeń w przeliczeniu na jednostkę produktu i konsumpcji, tym wyższa stopa gwarantowanego, ekologicznie-ekonomicznie zrównoważonego wzrostu gospodarczego.

⁸ Zainteresowanych czytelników odsyłam do [6, s. 153-154], a także do [2, s. 25-34].

5. Równowaga ekologiczna w modelach wzrostu optymalnego

Mimo tego, że zdecydowano się włączyć modele wzrostu optymalnego do prezentacji problemu podjętego w pracy, ze względu na ograniczoną objętość artykułu ograniczono się do zwięzłej, **opisowej charakterystyki istoty tych modeli⁹ i określenia ich wkładu poznawczo-aplikacyjnego** w stosunku do wcześniej zaprezentowanych podstawowych stanowisk: neoklasycznego i keynesowskiego, czyniąc w ten sposób zadość przyjętemu wcześniej stanowisku metodologicznemu opartemu na naukowym relatywizmie.

Kwestia opracowania nowych modeli uwzględniających problematykę jakości środowiska pojawiła się w związku z dynamizacją tej kategorii w czasie, oddziałującą na dobrobyt przyszłych pokoleń. Dlatego **modele ekologicznie uwarunkowanego optymalnego wzrostu gospodarczego w swej istocie odróżniają się od przedstawionych wcześniej modeli tym, że opisują warunki dynamicznej optymalizacji dobrobytu społecznego w danym przedziale czasu**, opierając się na dotychczasowym, fundamentalnym założeniu konieczności zachowania równowagi ekologicznej w procesie wzrostu. Modele te **opierają się zatem na tzw. dynamicznym ujęciu optimum Pareto**, zgodnie z którym gospodarka znajduje się na ścieżce optymalnego wzrostu gospodarczego wtedy, gdy poziom dobrobytu obecnej generacji nie dokonuje się kosztem przyszłych generacji i odwrotnie.

Dynamizacja optymalizacji dobrobytu społecznego, na gruncie optymalnych modeli wzrostu ma także wyraz w **dynamizacji problemu jakości środowiska**. Dynamika jakości środowiska pozostaje w ścisłym związku z poziomem produkcji, konsumpcji, rozkładem preferencji, nakładami na poprawę środowiska. Te wszystkie uwarunkowania uwzględnia się w formalnym zapisie modeli wzrostu optymalnego.

W zakończeniu tej ograniczonej charakterystyki należy podkreślić możliwość sterowania procesem wzrostu gospodarczego ujętą w modelach optymalnego wzrostu, które mają w określonym zakresie charakter planistyczny, nie mający jednak związku z planowaniem charakterystycznym dla gospodarki nakazowo-rozdzielczej. Chodzi bowiem o planowanie, które uwzględnia rozkład w czasie poszczególnych zmiennych w tych modelach, tak aby przy istniejących ograniczeniach zmaksymalizować ujęty międzygeneracyjnie dobrobyt społeczny. W modelach tych zwraca się uwagę na to, że charakterystyka dynamicznej jakości środowiska zależy od poziomu świadomości ekologicznej, warunkującej stosowanie poszczególnych instrumentów w tej dziedzinie.

⁹ Szerszą charakterystykę tych modeli prezentują następujące prace: [14; 2; 6].

Literatura

- [1] Asako K., *Economic growth and environmental pollution under the max-min principle*, „Journal of Environmental Economics and Management” 1980, vol. 7
- [2] d’Arge R.C., *Essay on economic growth and environmental quality*, „Swedish Journal of Economics” 1971.
- [3] Beckman M.J., Sato R., *Neutral inventions and production functions*, „Review of Economic Studies” 1968, vol. 35.
- [4] Bender D., *Makroökonomik des Umweltschutzes*, Band 2, Göttingen 1975.
- [5] Bucholz W., Cansier D., *Modelle ökologisch begrenzten Wachstums*, „Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften” 1980, vol. 100.
- [6] Czaja S., Fiedor B., Jakubczyk Z., *Ekologiczne uwarunkowania wzrostu gospodarczego w ujęciu współczesnej teorii ekonomii*, Ekonomia i Środowisko, Białystok-Kraków 1993.
- [7] Fiedor B., *Neoklasyczna teoria postępu technicznego*, Monografie i Opracowania 34, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 345, AE, Wrocław 1986.
- [8] Hicks J.R., *The Theory of Wages*, Macmillan, London 1963.
- [9] Hicks J.R., *A value and capital growth model*, „Review of Economic Studies” 1959, vol. XXVI.
- [10] Hicks J.R., *Kapitał i wzrost*, PWN, Warszawa 1978.
- [11] Krelle W., *Economic growth with exhaustible resources and environmental protection*, „Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft” 1989, vol. 140.
- [12] Kuhn T.S., *Struktura rewolucji naukowych*, PWN, Warszawa 1968.
- [13] Lakatos I., Musgrave A., *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge 1974.
- [14] Luptacik M., Schubert U., *Optimal economic growth and the environment*, [w:] *Economic Theory of Natural Resources*, red. W. Eichhorn, Würzburg-Wien 1982.
- [15] Popper K.R., *Objective Knowledge*, Oxford University Press, Oxford 1972. wyd. pol. *Wiedza obiektywna*, PWN, Warszawa 1992.
- [16] Robinson J., *The Accumulation of Capital*, Macmillan, London 1956 [wyd. pol. 1958].

THE ECOLOGICAL EQUILIBRIUM OF THE AGGREGATE ECONOMIC GROWTH MODELS AS A FUNDAMENTAL ELEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Summary

The main purpose of the article is to present the problem of an ecological equilibrium in the main economic-ecological balanced growth models. The other purpose of the article is to interpret an ecological equilibrium from the main methodical points of view. A value of these approaches is that they completely characterize the problem leading to the science truth. The methodological variety in seeking the solution of the ecological equilibrium leads to the conclusion that sustainable development is a very large category not only including ecological aspects.

Mgr Zbigniew Dokurno jest pracownikiem Katedry Ekonomii Ekologicznej Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.