

*dr Dorota Kuder*<sup>1</sup>

Katedra Teorii Ekonomii  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

## **Nowe modele wzrostu gospodarczego a paradygmat zrównoważonego rozwoju**

### WPROWADZENIE

Współcześnie wzrost gospodarczy prowadzi do zwiększania spójności społecznej i podnoszenia jakości środowiska naturalnego, co jest realizowane poprzez ograniczanie szkodliwego wpływu produkcji i konsumpcji na stan środowiska i poprzez ochronę zasobów przyrodniczych. Takie procesy dotyczą jednak głównie krajów rozwiniętych, nie wszystkie bowiem kraje znajdują się na postindustrialnym etapie rozwoju i mogą pozwolić sobie na ochronę jakości życia obywateli poprzez obniżanie poziomu efektów zewnętrznych procesu produkcyjnego. Pojawia się zatem pytanie – jaki wzrost gospodarczy zaspokaja potrzeby obecnego pokolenia bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie?

Przedmiotem tego opracowania jest analiza tych nowoczesnych teorii wzrostu gospodarczego, w których możliwe jest uwzględnienie problemu ochrony środowiska. Istnieją poważne powody skłaniające do takich poszukiwań. Po pierwsze, wzrost gospodarczy przyczynia się do gwałtownego wyczerpywania się nieodnawialnych zasobów energii (np.: węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego itp.). Ten argument kieruje niektórych badaczy ku twierdzeniu charakterystycznemu dla lat 70. XX wieku, które głosi, że długookresowym celem gospodarki uwzględniającej w swej strategii działania służące ochronie środowiska jest wzrost gospodarczy na poziomie zerowym. Drugim powodem podjęcia się tych poszukiwań jest fakt, że wzrost gospodarczy powoduje pogorszenie się stanu środowiska naturalnego (przykładem może być nadmierna emisja CO<sub>2</sub>). Problem ten jest powszechnie dyskutowany na forach naukowych i politycznych, gdyż ma poważny wpływ na rozmiary produkcji i na jakość życia na Ziemi.

---

<sup>1</sup> Adres korespondencyjny: Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Katedra Teorii Ekonomii, ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków, e-mail: dorota.kuder@uek.krakow.pl.

W opracowaniu uwaga została skupiona na tych współczesnych teoriach wzrostu gospodarczego, w których możliwe jest wprowadzenie zmiennej uwzględniającej problemy związane z ochroną środowiska naturalnego. Celem badawczym jest znalezienie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób endogeniczne innowacje i zmiana warunków technologicznych godzą cele zrównoważonego wzrostu gospodarczego z ograniczeniami w dostępności zasobów naturalnych lub potrzebą ochrony środowiska naturalnego?

Opracowanie składa się z trzech części. W pierwszej z nich mowa będzie o pojęciu wzrostu gospodarczego, jego determinantach i klasyfikacji modeli wzrostu. Druga część opracowania ma na celu wprowadzenie problemu ograniczonych zasobów naturalnych do modelu *AK*. Następnie, w kolejnym punkcie pracy, w podobny sposób przeanalizowany zostanie model wzrostu oparty na schumpeteriańskiej teorii wzrostu<sup>2</sup>.

#### POJĘCIE WZROSTU GOSPODARCZEGO, JEGO DETERMINANTY I KLASYFIKACJA MODELI

Wzrost gospodarczy oznacza długookresowy proces, który prowadzi do powiększania się potencjału produkcyjnego gospodarki, do wzrostu wytworzonego w niej produktu, a przez to do lepszego zaspokajania potrzeb społeczeństwa.

Czynniki, które determinują wielkość produkcji wytworzonej przez daną gospodarkę różnią się w zależności od rozpatrywanej perspektywy czasowej. Ogólnie rzecz ujmując, w okresach krótkich duży wpływ na poziom PKB ma kształtowanie się składników popytu globalnego – przede wszystkim popytu prywatnego. W długim okresie obserwacja procesów wzrostu gospodarki wskazuje na duże znaczenie dla jego tempa podażyowych czynników wzrostu, a zatem: pracy, kapitału i postępu techniczno-organizacyjnego. Podział ten ma swoje konsekwencje również dla klasyfikacji modeli wzrostu gospodarczego. Najczęściej spotykany we współczesnej literaturze podział uwzględnia [por. Tokarski, 2005]:

- modele keynesistowskie, do których zalicza się m.in. modele: Roya F. Harroda, Evseya D. Domara, Nicolasa Kaldora, Michała Kaleckiego (ten ostatni model opisuje gospodarkę socjalistyczną);
- modele neoklasyczne, wśród których można wyróżnić modele: Roberta M. Solowa, Edmunda S. Phelps'a, Karla Shella, N. Gregory'go Mankiwa – Dawida Romera – Dawida N. Weila;
- modele realnego cyklu koniunkturalnego – przykładami mogą być próby zintegrowania modelu Solowa z modelem równowagi ogólnej Walrasa;

<sup>2</sup> Paradygmat ten opiera się na teorii innowacji, a został on rozwinięty w pracy: [Agnion, Howitt, 1992], a następnie uszczegółowiony w pozycji książkowej: [Agnion, Howitt, 1998] oraz wykorzystany w: [Agnion, Howitt, 2009].

– modele wzrostu endogenicznego, wśród których znajdują się m.in. modele: Roberta E. Lucasa, Paula M. Romera, Roberta J. Barro.

Do rozwoju teorii wzrostu gospodarczego w znacznej mierze przyczyniła się krótkookresowa analiza determinant dochodu narodowego w keynesistowskim modelu mnożnika i jego kontynuacji – modelu IS-LM J.R. Hicksa. Obie te koncepcje opisują wyłącznie krótkookresowy wpływ inwestycji na wielkość zagręgowanego popytu i poziom produkcji określający wykorzystanie istniejących zdolności produkcyjnych danej gospodarki. Cechą charakterystyczną keynesistowskich modeli wzrostu gospodarczego jest jednak fakt, że ujmują one szerzej wpływ inwestycji na procesy gospodarcze niż sam John M. Keynes<sup>3</sup>. Opisują one warunki, w których popytowe i podażowe efekty realizowanych inwestycji równoważą się przy pełnym wykorzystaniu zdolności produkcyjnych. W modelach tych występuje niemal zerowa substytucja nakładów kapitału i pracy w procesie produkcyjnym, co oznacza, że gospodarka kapitalistyczna jest stale zagrożona stanem nierównowagi (niepełnym wykorzystaniem istniejących zdolności produkcyjnych). Ta własność, wyjątkowo mocno podkreślana przez ekonomię keynesistowską, pozwoliła tej szkole na zaadaptowanie wymienionych wyżej modeli wzrostu gospodarczego do dowodzenia swoich tez.

Alternatywą dla keynesistowskich modeli wzrostu są modele neoklasyczne. Analiza neoklasycznych funkcji produkcji pozwala na lepsze wyjaśnienie procesu długookresowego wzrostu gospodarczego w stosunku do długookresowej analizy dostosowań popytowych i podażowych możliwości gospodarki. Krytyka modeli keynesistowskich, które według R. Solowa, albo są zupełnie nieadekwatne do rzeczywistości albo dziwnym zbiegiem okoliczności opisują gospodarkę balansującą na tzw. ostrzu noża<sup>4</sup>, doprowadziła do powstania modelu opartego na neoklasycznej funkcji produkcji Cobba i Douglassa. Uznając model Solowa (zwany inaczej modelem Solowa i Swana<sup>5</sup>) za podstawowy neoklasyczny model wzrostu gospodarczego można wyodrębnić podstawowe różnice w stosunku do modeli keynesistowskich. Po pierwsze, na długookresowej ścieżce

---

<sup>3</sup> Dla J.M. Keynesa inwestycje stanowiły czynnik determinujący wartość popytu globalnego w gospodarce, ale nie wpływały znacząco na rozszerzenie potencjału produkcyjnego społeczeństwa, co jest ewidentnym rozszerzeniem jego teorii.

<sup>4</sup> Termin pozwalający określić jedyną możliwą ścieżkę wzrostu gospodarczego danej gospodarki, gdy stopa wzrostu inwestycji, tożsama ze stosunkiem stopy oszczędności i współczynnika kapitałochłonności, musi być równa rzeczywistej stopie inwestycji. W przeciwnym wypadku w gospodarce dochodzi do pogłębiającej się nierównowagi na rynku dóbr i usług (tzw. paradoks Domara).

<sup>5</sup> W lutym 1956 roku R.M. Solow w publikacji *A Contribution to the Theory of Economic Growth* zamieszczonej w „Quarterly Journal of Economics” przedstawił założenia swojego modelu wzrostu gospodarczego, podczas gdy w listopadzie tego samego roku T.W. Swan opisał swój, bardzo zbliżony do koncepcji Solowa model w artykule pt. *Economic Growth and Capital Accumulation* zamieszczonym w „Economic Record”.

wzrostu gospodarczego na stopę wzrostu oddziałuje egzogeniczna stopa postępu technicznego (zwykle rozważa się go w ujęciu Harroda). Po drugie, zmiana stopy oszczędności/inwestycji w danej gospodarce może wpłynąć na zmianę wyjściowej ścieżki wzrostu równomiernego bez trwałego oddziaływania na długookresową stopę wzrostu.

Najważniejszymi cechami modelu Solowa są: analiza funkcji produkcji  $Y = F(K, L)$  charakteryzującej się stałymi efektami skali względem kapitału  $K$  i pracy  $L$  (jednorodna stopnia pierwszego względem  $K$  i  $L$ ) oraz ograniczona substytucyjność nakładów czynników produkcji. Uwzględnianie uelastycznionego współczynnika kapitałochłonności sprawia, że nie musi być on stały w czasie. Implikuje to następujący wniosek – w modelu Solowa przy funkcji produkcji o ograniczonej substytucyjności nakładów czynników produkcji gospodarki rynkowe mogą wybierać określony poziom kapitałochłonności i nie muszą wpadać w pułapkę ostrza noża jedynej możliwej ścieżki wzrostu gospodarczego [Tokarski, 2005, s. 22]. Jest to niewątpliwie poważna zaleta w stosunku do propozycji Harroda i Domara.

Kolejne neoklasyczne modele wzrostu gospodarczego są *de facto* rozszerzeniami modelu Solowa. Model złotych reguł Phelps'a wyznacza taką stopę oszczędności/inwestycji, która maksymalizuje konsumpcję na pracującego na długookresowej ścieżce wzrostu modelu Solowa. Brak uwzględnienia dyskonta konsumpcji na pracującego implikuje nieporównywalność wartości konsumpcji międzyokresowej. Stanowi to niewątpliwą wadę teorii Phelps'a. Z kolei model Shella wprowadza jedną z pierwszych prób w teorii makroekonomii endogenizacji efektów postępu technicznego. Z tego paradygmatu wynika, że gospodarka może w sposób trwały podnieść stopy wzrostu gospodarczego drogą podnoszenia stóp inwestycji w zasób kapitału i wiedzę naukowo-techniczną. Następny model – Mankiwa, Romera i Waila – jest rozszerzeniem modelu Solowa w takim znaczeniu, że wykorzystując funkcję Cobba i Douglasa ekonomiści ci wprowadzili dodatkowy czynnik produkcji – wspomniane nakłady kapitału ludzkiego. A zatem modyfikacja modelu Solowa dotyczy wprowadzenia dodatkowego równania przyrostu kapitału ludzkiego. Nadal jednak gospodarka charakteryzuje się stałymi efektami skali produkcji.

Modele realnego cyklu koniunkturalnego są próbami połączenia teorii cyklu koniunkturalnego z teorią wzrostu gospodarczego. Sprowadza to badania do integrowania modelu Solowa z modelem równowagi ogólnej Walrasa (opierając się na tezie o racjonalności oczekiwań podmiotów w gospodarce i ciągłości oczyszczania się rynków). To, co jest tutaj cechą charakterystyczną i swoistą nowością to występowanie losowych szoków po stronie podaży gospodarki, które mają za zadanie lepiej wyjaśniać fluktuacje produkcji niż realizowana polityka fiskalna czy monetarna. Zmiennymi objaśnianymi tych modeli są: udział konsumpcji w produkcji i bieżąca wielkość podaży pracy. Model nie wy-

jaśnia jednak samego mechanizmu długookresowego wzrostu gospodarczego. Dzieje się tak za sprawą pominięcia w analizie źródeł postępu technicznego, który jest podstawową determinantą stopy wzrostu makroekonomicznych zmiennych długookresowej ścieżki wzrostu gospodarczego.

Ostatnią grupę modeli tworzą modele wzrostu endogenicznego. Ich powstanie jest głównie wynikiem krytyki modelu Solowa, stąd cechą charakterystyczną tutaj jest odejście od założenia stałych efektów skali produkcji w gospodarce i próby endogenizowania zarówno procesu postępu technicznego, jak i stopy oszczędności/inwestycji w skali makroekonomicznej<sup>6</sup>. Uchylenie tych założeń pozwala na wprowadzenie następujących: tempo akumulacji wiedzy naukowo-technicznej (model Romera) lub kapitału ludzkiego (w modelu Lucasa), które wynikają z celowych inwestycji w tych sferach oraz stopa oszczędności/inwestycji implicite kształtuje się na takim poziomie, by maksymalizować sumę zdyskontowanej użyteczności konsumpcji typowego podmiotu w gospodarce lub gospodarki jako całości (model Ramseya). Odrzucenie założenia o stałych efektach skali argumentowane jest tym, że akumulacja wiedzy naukowo-technicznej i kapitału ludzkiego prowadzi do efektów zewnętrznych – a zatem mogą z nich korzystać nie tylko podmioty ponoszące koszty ich akumulacji, ale i ich otoczenie. W związku z tak rozumianymi efektami zewnętrznymi możliwe jest podniesienie długookresowej stopy wzrostu w sposób skuteczny i trwały. Obwarowane jest to jednak stosunkowo wysokimi preferencjami co do poziomu przyszłej konsumpcji oraz identyfikacji inwestycji o wysokich stopach przychodu, czyli opartych na wiedzy naukowej i kapitale ludzkim.

Omówienie podstawowych rodzajów modeli wzrostu gospodarczego nie wyjaśnia jednak czym jest wzrost zrównoważony. Literatura ekonomiczna definiuje ścieżkę wzrostu zrównoważonego (dynamiczna równowaga) jako stan gospodarki, w którym produkcja zwiększa się w tempie wyznaczonym przez przyrost demograficzny  $\frac{\Delta N}{N} = n$  i równym stopie wzrostu zasobu kapitału  $\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta K}{K} = n$ . Oznacza to, że wielkość produkcji *per capita* nie zmienia się; na stałym poziomie utrzymuje się też techniczne uzbrojenie pracy (kapitał na 1 pracownika) [Begg et al. 2007, s. 567].

Kolejne punkty pracy rozważają tylko te wybrane modele wzrostu, w których możliwe jest uwzględnienie warunku ograniczoności zasobów naturalnych (surowców). Należy jednak w tym miejscu podkreślić, że przeprowadzona analiza wykorzystuje badania prowadzone przez P. Aghiona i P. Howitta (2009), a zrównoważony wzrost oznaczać będzie próby osiągnięcia dodatniego wzrostu gospodarczego przy zaoszczędzeniu wykorzystywanych w produkcji surowców.

<sup>6</sup> Krytyce poddano głównie egzogeniczny charakter stopy postępu technicznego i stopy oszczędności, co w modelu Solowa nie pozwala na wyjaśnienie różnic w dynamice wzrostu gospodarczego pomiędzy poszczególnymi krajami.

JEDNOSEKTOROWY MODEL *AK* PRZY UWZGLĘDNIENIU OGRANICZONOŚCI  
ZASOBÓW NATURALNYCH

Rozpoczęcie analizy wymaga krótkiego omówienia wybranego modelu wzrostu gospodarczego i poczynienia pewnych założeń wstępnych.

Formalnie, model *AK* zalicza się do prostych modeli wzrostu endogenicznego. Jest on neoklasycznym modelem wzrostu gospodarczego analizowanym odrzucającym jednak założenie o stałych efektach skali produkcji. Jest to mało realistyczne założenie, ale nabiera ono sensu, jeżeli rozważany w modelu kapitał obejmuje również kapitał ludzki (kapitał w szerokim sensie) [Barro, Sala-i-Martin, 2004, s. 63]. Cechą charakterystyczną jest tutaj brak jednoznacznego rozróżnienia między akumulacją kapitału a postępem technicznym. Oznacza to, że kapitał rzeczowy i kapitał ludzki (w myśl teorii neoklasycznej – wraz z kapitałem intelektualnym), traktowane są jednakowo podczas dokonywania się postępu technicznego. W sytuacji analizowania łącznego kapitału nie ma podstaw do czynienia założenia, w myśl którego marginalny produkt zmierza do zera, z uwagi na to, że część akumulacji uznać można za sam postęp techniczny, którego wystąpienie jest niezbędne do wystąpienia rosnących efektów skali produkcji.

W tym modelu sposobem na podtrzymanie wysokiej stopy wzrostu jest oszczędzenie znacznej części PKB, co pozwoli na sfinansowanie wyższej stopy postępu technicznego i w ten sposób może się to przyczynić do szybszego wzrostu gospodarczego.

Przedmiotem rozważań będzie zagregowana funkcja produkcji, która jest liniowo jednorodna względem zasobu kapitału:

$$Y = AK \tag{1}$$

gdzie:

$A$  – stała.

Jeżeli akumulacja kapitału dokonuje się w następujący sposób:

$$\dot{K} = sY - \delta K \tag{2}$$

gdzie:

$sY$  – zagregowane oszczędności,

$\delta K$  – zagregowana deprecjacja kapitału,

to stopa długookresowego (i krótkookresowego) wzrostu gospodarki wyraża się jako:

$$g = \frac{\dot{K}}{K} = sA - \delta \tag{3}$$

a więc zgodnie ze stopą wzrostu oszczędności  $s$ .

Paradygmat modelu *AK* jest uniwersalnym spojrzeniem na proces wzrostu gospodarczego. Nadaje się on zarówno do analizy tych rozwiniętych gospodarek, które są w posiadaniu zakumulowanego kapitału, jak i do analizy gospoda-

rek rozwijających się, które nie dysponują tak znaczącymi zasobami [Aghion, Howitt, 2009, s. 14]. Podobnie jak modele neoklasyczne, model  $AK$  zakłada, że proces wzrostu gospodarki jest niezależny od wydarzeń, które mają miejsce na świecie, o ile międzynarodowa wymiana nie wpływa na warunki akumulacji kapitału. Dodatkowo model ten jest dobrym narzędziem w tych analizach procesu wzrostu, w których nie ma dużego znaczenia rozróżnienie między innowacją a akumulacją.

W celu przeprowadzenia analizy modelu przy uwzględnieniu ograniczoności surowców naturalnych, rozważony zostanie jednosektorowy model  $AK$ , czas jest stały a zagregowana podaż osiągnąca za pomocą dostępnej technologii produkcji:

$$Y = AKR^\theta, \theta > 0 \quad (4)$$

gdzie:

$K$  – bieżący zasób kapitału,

$R$  – bieżący strumień wydobycia surowców naturalnych.

Jeżeli oznaczymy bieżący zasób surowców naturalnych przez  $S$ , wówczas otrzymamy:

$$\dot{S} = -R \quad (5)$$

Akumulacja kapitału w czasie odbywa się tak jak modelu Solowa lub modelu  $AK$  ze stałą stopą oszczędności, czyli opiera się na równaniu (2).

W sytuacji, gdy w procesie produkcji nie stosowałoby się ograniczonych surowców naturalnych (zasobów naturalnych)<sup>7</sup>, a zatem wtedy, gdy  $Y = AK$ , gospodarka rozwijałaby się w nieskończoność przy stopie  $g$ , zgodnie z równaniem (3). Kiedy do modelu wprowadzi się wyczerpywalne surowce, dodatni wzrost gospodarczy nie może być utrzymany w długim okresie. Dzieje się tak dlatego, że w długim okresie stopa pozyskiwania (wydobycia) zasobów  $R$  musi spadać do zera, gdyż w przeciwnym wypadku zasób  $S$  musiałby osiągnąć wartość ujemną w skończonym czasie.

Opierając się na równaniach (4) i (2) można otrzymać:

$$\frac{\dot{K}}{K} = sAR^\theta - \delta$$

co oznacza, że stopa wzrostu  $\frac{\dot{K}}{K}$  musi być zbieżna z  $(-\delta < 0)$ , a to z kolei definiuje spadek zasobu kapitału do zera w długim okresie. Tak długo, jak obie zmienne:  $R$  i  $K$  spadają do zera to  $Y = AKR^\theta$  musi zbliżać się do zera w długim okresie. W modelu  $AK$  uwzględniającym ograniczone surowce nie tylko stopa wzrostu, ale również poziom produkcji zanikną (osiągną poziom zerowy) w długim okresie.

<sup>7</sup> W celu różniczenia pojęć: „zasoby naturalne” od „zasobu” w sensie poziomu danej zmiennej w określonym czasie (w przeciwieństwie do strumienia), na określenie tej pierwszej kategorii stosować się tutaj będzie termin „surowce naturalne”.

Próbując wyjaśnić powyższe wnioski, czyli brak długookresowego wzrostu można twierdzić, że w celu podtrzymania wzrostu gospodarczego na dodatnim poziomie w modelu *AK* konieczne jest wystąpienie takiego strumienia pozyskiwanych surowców naturalnych *R*, który pozostanie dowolnie mały przy przesuwaniu się po osi czasu w nieskończoność. W przeciwnym wypadku zasób surowców naturalnych *S* i tym samym produkcja *Y* osiągną zero w ograniczonym czasie (zanikną). Z drugiej strony – proces osiągania przez *R* wartości zerowej, czyli utrzymanie poziomu produkcji mimo prób zachowania (oszczędzania) czynnika surowców naturalnych, wymaga postępu technicznego. Ten z kolei wymaga akumulacji kapitału, co wpływa na przyspieszenie zużycia czynników produkcji, w tym surowców naturalnych w celu osiągnięcia zamierzonej produkcji. Ostatecznie dochodzi do zwiększenia zużycia surowców naturalnych, które miały być zachowane. Wnioski z wykorzystania modelu *AK* do analizy problemu ograniczoności zasobów naturalnych dowodzą występowania zamkniętego koła, w którym nie da się osiągnąć dodatniego wzrostu gospodarczego bez wykorzystania ich części.

#### SCHUMPETERIAŃSKI MODEL WZROSTU PRZY UWZGLĘDNIENIU OGRANICZONOŚCI ZASOBÓW NATURALNYCH

Podobnie jak w poprzedniej części niniejszego opracowania, analizę poprzedzi krótkie omówienie podstawowych założeń schumpeteriańskiego modelu.

Paradygmat ten skupia się na jakościowej poprawie produktów, na procesie innowacji, sugerując, że starzenie się produktów pociąga za sobą próby ich ulepszenia, co stanowi ważną siłę w danym sektorze gospodarki, a którą Schumpeter nazywał „kreatywną destrukcją”.

Z uwagi na to, że model ten powstał na fundamentach industrialnej teorii organizacji, należy oprzeć ją na funkcji produkcji określonej na poziomie danego przemysłu:

$$Y_{it} = A_{it}^{1-\alpha} K_{it}^{\alpha}, 0 < \alpha < 1 \quad (6)$$

gdzie:

$A_{it}$  – współczynnik produktywności przy zastosowaniu najlepszej (najnowszej) z dostępnych technologii używanych w przemyśle *i* w czasie *t*,

$K_{it}$  – strumień ograniczonego produktu pośredniego używanego do produkcji w tym sektorze, przy czym każda jego jednostka przekłada się na jedną jednostkę produktu finalnego lub, w przypadku pełniejszej wersji modelu, przekłada się na jednostkę kapitału. Zagregowana produkcja jest zatem sumą wytworzonej produkcji  $Y_{it}$  określonych przemysłów.

Każdy półprodukt (dobro pośrednie) jest produkowane i sprzedawane wyłącznie przez nowatora o największym zaawansowaniu technologicznym. Wpływa to na poprawę parametru  $A_{it}$  przemysłu *i*, gdyż bardziej nowoczesny



produkt zastępuje poprzedni produkt w tym sektorze, aż do momentu, kiedy pojawi się bardziej zaawansowany produkt i zastąpi produkt bieżący. W ten sposób można sprecyzować ważną konsekwencję paradygmatu Schumpetera polegającą na tym, że szybszy wzrost ogólnie implikuje wyższą stopę obrotu przedsiębiorstwa z uwagi na fakt, iż proces „kreatywnej destrukcji” stwarza możliwość wejścia do przemysłu nowych innowatorów i skłania do opuszczenia sektora tych, którzy przestali być innowacyjni [Aghion, Howitt, 2009, s. 16].

Wydaje się, że pewną wadą tego modelu jest skupienie uwagi na konkretnym przemyśle, co sprowadza analizę do mikroekonomicznej konkurencji przemysłów. Jednakże założenie *ex ante* o identyczności wszystkich przemysłów pozwala na skorzystanie z funkcji Cobba i Douglasa, gdzie zagregowana podaż zależy od zagregowanego zasobu kapitału. W takiej sytuacji funkcja produkcji oparta na wzorze (6) uzyskana na jednego zatrudnionego ma postać:

$$Y_t = A_t^{1-\alpha} K_t^\alpha$$

gdzie:

$A_t$  – czynnik zwiększający produktywność zatrudnionych, który jest sumą  $A_{it}$  sektorów gospodarki<sup>8</sup>.

Istnieją dwie drogi prowadzące do innowacji – prywatne nakłady finansowe czynione przez innowatora z perspektywami na zajęcie czołowego miejsca w sektorze i zasób innowacji, które zostały wprowadzone przez ostatniego innowatora. Można tutaj zauważyć, że ta druga droga stanowi publiczny zasób wiedzy, który bieżący innowator ma nadzieję jeszcze bardziej rozwinąć.

W przypadku tego modelu wydaje się, że możliwe jest podtrzymanie dodatniego wzrostu gospodarczego, czego nie dało się dokonać w modelu AK. Idea, która pozwala na takie stwierdzenie już na początku analizy, opiera się na tym, że odróżnia się postęp techniczny i innowacje, a w szczególności te innowacje, które wspierają ochronę środowiska (czyli tzw. zielone innowacje) od akumulacji kapitału.

Zakładając, że w gospodarce występuje pewna stała w czasie liczba ludności, przy czym każdy taki podmiot stanowi jedną jednostkę pracy i alokowany jest albo przy wytwarzaniu dóbr i usług albo przy działalności badawczej służącej rozwijaniu innowacji, to wartość produkcji określa funkcja:

$$Y = L^{1-\alpha} A^{1-\alpha} x^\alpha R^\varphi \quad (7)$$

gdzie:

$L$  – strumień zatrudnionych przy produkcji dóbr i usług,

$A$  i  $x$  – określają odpowiednio: produktywność i ilość nakładów pośrednich,

---

<sup>8</sup> Według P. Aghion i P. Howitt'a, w myśl neoklasycznej teorii, długookresowa stopa wzrostu określona jest przez stopę wzrostu  $A_t$ , która zależy endogenicznie od stopy innowacji obserwowanej w całej gospodarce.

$R$  – określa bieżący strumień pozyskiwanych surowców naturalnych w taki sposób, że zasób surowców naturalnych rozwija się w czasie w następujący sposób:

$$\dot{S} = -R$$

W sytuacji, gdy zatrudnieni mogą zostać użyci w procesie produkcji dóbr i usług ( $L$ ) lub w działalności badawczej służącej wytwarzaniu innowacji ( $n$ ) to pełne zatrudnienie oznacza:

$$L + n = 1$$

Pośredni producent używa gotowego dobra finalnego (obecnie najbardziej zaawansowanego technologicznie), by otrzymać swój wkład pośredni w proces wytwarzania innowacji. Traktując finalny produkt jako *numéraire*<sup>9</sup>, przy założeniu, że sektor dóbr finalnych jest konkurencyjny, producent dobra pośredniego może sprzedawać swój produkt sektorowi dóbr finalnych za cenę:

$$p(x) = \frac{\partial Y}{\partial x} = \alpha L^{1-\alpha} A^{1-\alpha} x^{1-\alpha} R^\varphi$$

Producent ten wybiera  $x$  w celu maksymalizacji swojego zysku korzystając z:

$$\pi = \max_x \{p(x)x - x\}$$

co daje<sup>10</sup>:

$$x = \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} ALR^{\frac{\varphi}{1-\alpha}}$$

Wynik ten można przekształcić zastępując zmienną  $x$  funkcją  $Y$ :

$$Y = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} LAR^{\frac{\varphi}{1-\alpha}} \quad (8)$$

Zakładając w takiej sytuacji, że rząd ograniczy strumień surowców naturalnych  $R$  przy wykładniczej stopie zgodnie z równaniem:

$$\dot{R} = -qR$$

gdzie:

$q$  – stopa wyczerpywania surowców naturalnych i

$q > 0$ , dzięki czemu  $S$  jest zawsze dodatnie.

Zasadniczym pytaniem jest tutaj, czy dodatni wzrost będzie w tym przypadku podtrzymany? Korzystając z równania (8) i obliczając pochodną można otrzymać:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \varphi \frac{\dot{R}}{R} = g_A - \varphi q$$

<sup>9</sup> Przez *numéraire* rozumieć należy takie dobro, za pomocą którego wyznacza się ceny innych dóbr. Przykładowo, gdy cenie jednego dobra przypisujemy wartość równą 1, wówczas cena *numéraire* wyznacza cenę względną, która mierzy wartość pierwszego dobra.

<sup>10</sup> ALR – (ang.) *angular linear regression*.

gdzie:

$g_A$  – stopa wzrostu produktywności.

Zakładając, że poziom wzrostu produktywności wynika z innowacji, a te wynikają z rozmiarów zatrudnienia w dziedzinie badań i rozwoju (B+R), stopa wzrostu produktywności może zostać wyrażona jako:

$$g_A = (\gamma - 1)\rho n$$

gdzie:

$n$  – liczba pracowników zatrudnionych w dziedzinie B+R w sytuacji równowagi na rynku pracy;

$\gamma$  – rozmiar innowacji (liczność);

$\rho$  – parametr produktywności w dziedzinie B+R.

Generalnie, gospodarka utrzyma dodatni wzrost gospodarczy w długim okresie jeżeli:

$$(\gamma - 1)\rho n > \varphi q$$

lub

$$n > \frac{\varphi q}{(\gamma - 1)\rho} \quad (9)$$

Biorąc pod uwagę wcześniejszy warunek dla sytuacji oczyszczenia się rynku pracy, dodatni długookresowy wzrost gospodarczy możliwy jest wtedy i tylko wtedy, gdy prawa strona równania (9) jest mniejsza niż całkowita dostępna podaż pracy, co można uzależnić od jedności i sprowadzić do formuły:

$$\frac{\varphi q}{(\gamma - 1)\rho} < 1$$

Aby powyższa nierówność była spełniona, warunkiem koniecznym i wystarczającym staje się dostępność wystarczających zasobów pracy dla dziedziny B+R, które pozwolą na zrównoważenie ujemnego wpływu wyczerpywania zasobów poprzez innowacje. Warunek ten będzie spełniony wówczas, gdy produktywność w dziedzinie B+R,  $\rho$ , lub rozmiar innowacji,  $\gamma$ , są wystarczająco duże, albo stopa wyczerpywania surowców naturalnych,  $q$ , wystarczająco niska.

## PODSUMOWANIE

W opracowaniu podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób endogeniczne innowacje i zmiana warunków technologicznych godzą cele zrównoważonego wzrostu gospodarczego z ograniczeniami w dostępności zasobów naturalnych lub potrzebą ochrony środowiska naturalnego?

Model AK nie wyjaśnia dodatniego długookresowego wzrostu w sytuacji, kiedy produkcja opiera się na ograniczonych zasobach. Próby osiągnięcia zrównoważonego wzrostu, czyli sytuacja gdy dodatniemu wzrostowi w gospodarce

towarzyszy chęć zaoszczędzenia ograniczonych zasobów naturalnych, kończą się zerowym poziomem zarówno stopy wzrostu, jak i samego poziomu produkcji. Wynika to z tego, że w modelu AK postęp techniczny wymaga bardziej intensywnego wykorzystania surowców naturalnych. Ten sam problem rozwiązany jest natomiast przez schumpeteriański model wzrostu gospodarczego – zrównoważony wzrost może występować w gospodarce o endogenicznych innowacjach. Dzieje się tak dlatego, że wykorzystanie „zielonych” innowacji (czyli takich, które nie wyczerpują surowców naturalnych lub nie powodują degradacji środowiska naturalnego) stanowi substytut dla wykorzystania ograniczonych surowców naturalnych w procesie produkcji.

### LITERATURA

- Begg D., Fischer S., Dornbusch R., 2007, *Makroekonomia*, PWE, Warszawa.
- Agnion P., Howitt P., 1992, *A Model of Growth through Creative Destruction*, “Econometrica”, No. 60.
- Agnion P., Howitt P., 1998, *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts – London, England.
- Aghion P., Howitt P., 2009, *The Economics of Growth*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts – London, England.
- Barro J.R., Sala-i-Martin X., 2004, *Economic Growth*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts – London, England.
- Solow R.M., 1956, *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, “Quarterly Journal of Economics”, Vol. 70, No. 1.
- Swan T.W., 1956, *Economic Growth and Capital Accumulation*, “Economic Record”, Vol. 32, No. 2.
- Tokarski T., 2005, *Wybrane modele podażowych czynników wzrostu gospodarczego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.

### Streszczenie

Współcześnie dodatni wzrost gospodarczy kojarzony jest z pogorszeniem się stanu środowiska naturalnego (przykładem może być nadmierna emisja CO<sub>2</sub>), a dodatkowo przyczynia się on do gwałtownego wyczerpywania się nieodnawialnych zasobów energii. Możliwe jest oczywiście odnoszenie jakości środowiska naturalnego, realizowane poprzez ograniczanie szkodliwego wpływu produkcji i konsumpcji na stan środowiska i poprzez ochronę zasobów przyrodniczych, dotyczy to jednak krajów rozwiniętych.

Przedmiotem artykułu jest analiza tych nowoczesnych teorii wzrostu gospodarczego, w których możliwe jest uwzględnienie problemu ochrony środowiska. Opracowanie przedstawia próbę włączenia paradygmatu zrównoważonego rozwoju do modelu wzrostu gospodarczego, a dokładniej celem badawczym jest znalezienie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób endogeniczne innowacje i zmiana warunków technologicznych godzą cele zrównoważonego wzrostu gospodarczego z ograniczeniami w dostępności zasobów naturalnych lub potrzebą ochrony środowiska naturalnego?

Pierwsza część pracy skupia się na pojęciu wzrostu gospodarczego, jego determinantach oraz na klasyfikacji modeli wzrostu. Druga część opracowania ma na celu wprowadzenie problemu ograniczonych zasobów naturalnych do modelu *AK*, a następnie w trzeciej części – do modelu wzrostu opartego na schumpeteriańskiej teorii wzrostu gospodarczego. Przeprowadzona analiza dowodzi, że model *AK* nie wyjaśnia dodatniego długookresowego wzrostu w sytuacji, kiedy produkcja opiera się na ograniczonych zasobach, natomiast w schumpeteriańskim modelu wzrostu gospodarczego zrównoważony wzrost może występować w gospodarce o endogenicznych innowacjach. Artykuł ma charakter teoretyczny.

*Słowa kluczowe:* wzrost gospodarczy, zrównoważony rozwój

## **New Models of Economic Growth and Paradigm of Sustainable Development**

### *Summary*

Recently, positive economic growth is associated with the deterioration of the environment (an example might be excessive CO<sub>2</sub> emissions), and additionally contributes to the rapid depletion of non-renewable energy resources. It is possible to relate the quality of the environment, implemented by limiting the harmful effects of production and consumption on the environment and through the protection of natural resource, however, this applies to developed countries.

The article is an analysis of the modern theory of economic growth, in which it is possible to address the issue of environmental protection. The paper presents an attempt to integrate the paradigm of sustainable development model of economic growth, and the research purpose is to find an answer to the question of how endogenous innovation and technological change in the terms reconcile the objectives of sustainable economic growth with limitations in the availability of natural resources or the need to protect the environment?

The first part of the work is focused on the concept of economic growth, its determinants and classification of growth models. The second part of the paper is to introduce the problem of limited resources for model *AK*, then the same has been applied in the growth model based on the theory of schumpeterian economic growth in the third part of the article. The analysis shows that the *AK* model does not explain the positive long-term growth at a time when production is based on limited resources, while in schumpeterian growth model the sustainable growth can occur in an economy with endogenous innovation. The nature of the paper is theoretical.

*Keywords:* economic growth, sustainable development

JEL: O47, Q01, Q56