

## Rozdział 13

# Wzrost gospodarczy w okresie długim

*Leszek Kucharski, Eugeniusz Kwiatkowski, Andrzej Raczek*

- 13.1. Wstęp
- 13.2. Pojęcie i mierniki wzrostu gospodarczego
- 13.3. Zdolności wytwórcze gospodarki a dochód narodowy
- 13.4. Czynniki wzrostu gospodarczego
- 13.5. Postęp techniczny i jego determinanty

---

## 13.1. Wstęp

W tym rozdziale podejmiemy próbę wyjaśnienia czynników wpływających na wzrost produkcji w gospodarce w ramach analizy długookresowej, a więc przy założeniu, że zdolności wytwórcze gospodarki mogą być powiększane. Problematyka ta znajduje się w centrum rozważań teorii wzrostu gospodarczego, rozwijającej się dynamicznie w ekonomii od początków XX w.

---

## 13.2. Pojęcie i mierniki wzrostu gospodarczego

Na dynamikę gospodarczą składają się dwa procesy: cykl koniunkturalny, czyli proces wahań tempa wzrostu gospodarczego w średnim okresie oraz **wzrost gospodarczy** rozumiany jako proces długoterminowego zwiększania produkcji i związanych z nią wielkości makroekonomicznych w skali całej gospodarki. Obok pojęcia wzrostu gospodarczego w literaturze ekonomicznej wyodrębnia się pojęcie **rozwoju gospodarczego**, które ujmowane jest szerzej. O ile bowiem wzrost gospodarczy traktowany jest jako proces ilościowych zmian wielkości makroekonomicznych, o tyle w zakresie znaczeniowym pojęcia rozwoju gospodarczego uwzględnia się nie tylko zmiany ilościowe wielkości makroekonomicznych, lecz także jakościowe zmiany w gospodarce dotyczące zwłaszcza systemu społeczno-gospodarczego, organizacji społeczeństwa oraz innych aspektów struktur gospodarczych. W rozważaniach zawartych w niniejszym rozdziale interesować nas będą jedynie procesy charakterystyczne dla wzrostu gospodarczego.

W analizach wzrostu gospodarczego koncentrujemy uwagę na zmianach produkcji w czasie (w wyrażeniu realnym, czyli po wyeliminowaniu zmian cen). W związku z tym istotne jest określenie mierników wzrostu produkcji oraz okresów, dla których te mierniki są obliczane.

Okresem, dla którego są obliczane zazwyczaj zmiany produkcji, jest okres jednego roku[99]. Takie podejście umożliwia uchwycenie zmian produkcji w stosunku do roku poprzedniego. Pozwala ono również na obliczanie zmian produkcji dla okresów kilkuletnich, co ma istotne znaczenie w analizach wzrostu gospodarczego.

Najpowszechniej stosowanymi **miernikami wzrostu gospodarczego** są: stopa wzrostu produkcji (nazywana inaczej tempem wzrostu) oraz indeks wzrostu produkcji.

**Stope wzrostu produkcji** między dwoma okresami można zdefiniować jako stosunek przyrostu produkcji między tymi okresami do poziomu

produkcji w okresie wyjściowym. Można to zapisać następująco:

$$g = \frac{\Delta Y}{Y_o} = \frac{Y_1 - Y_o}{Y_o},$$

(13.1)

gdzie:

$g$  – stopa (tempo) wzrostu produkcji,

$Y_o$  – wartość produkcji (mierzonej PKB bądź też dochodem narodowym) w okresie wyjściowym,

$Y_1$  – wartość produkcji w okresie następnym,

$\Delta Y$  – przyrost produkcji między okresem następnym a okresem wyjściowym.

Stopę wzrostu produkcji wyraża się często w procentach. W tym celu formułę (13.1) należałoby pomnożyć przez 100%. Formuła procentowa jest wygodna, gdyż pokazuje bezpośrednio, o ile procent wzrasta produkcja między badanymi okresami.

**Indeks wzrostu produkcji** można zdefiniować jako stosunek poziomu produkcji w danym okresie do poziomu produkcji w okresie poprzednim, co można zapisać:

$$\gamma = \frac{Y_1}{Y_o},$$

(13.2)

gdzie:

$\gamma$  – indeks wzrostu produkcji,

$Y_o$  i  $Y_1$  – oznaczają to samo co w formule (13.1)[100].

Formuły indeksów wzrostu produkcji są często mnożone przez 100 dla ułatwienia analizy. Przy takim ujęciu, zakładającym, iż produkcja w okresie wyjściowym wynosi 100, otrzymujemy indeksy wzrostu dla kolejnych

okresów, wskazujące bezpośrednio na zmiany produkcji w tych okresach w stosunku do okresu wyjściowego.

Między miernikami wzrostu gospodarczego, tj. stopą wzrostu a indeksem wzrostu występują określone powiązania. Łatwo to zauważyć, przekształcając formułę (13.1) w następujący sposób:

$$g = \frac{\Delta Y}{Y_o} = \frac{Y_1 - Y_o}{Y_o} = \frac{Y_1}{Y_o} - 1 = \gamma - 1.$$

(13.3)

Mamy więc:

$$g = \gamma - 1,$$

$$\gamma = g + 1.$$

(13.4)

Jak wynika z formuły (13.4), stopa wzrostu produkcji jest równa indeksowi wzrostu produkcji pomniejszonemu o 1, a indeks wzrostu jest stopą wzrostu powiększoną o 1. Znając więc stopę wzrostu, łatwo obliczyć indeks wzrostu, i odwrotnie, znając indeks wzrostu łatwo obliczyć stopę wzrostu produkcji.

Istotną rolę przy obliczaniu mierników wzrostu gospodarczego odgrywają ceny dóbr tworzących produkt krajowy brutto czy też dochód narodowy. Szacunki wartości produkcji w okresie wyjściowym ( $Y_o$ ) i okresie końcowym ( $Y_1$ ) są bowiem dokonywane przy określonych, obowiązujących wówczas cenach (tzw. cenach bieżących). Ze względu na to, że ceny dóbr mogą ulegać zmianie między okresem wyjściowym a okresem końcowym, zmiany wartości produkcji obliczanej w cenach bieżących mogą być rezultatem zarówno zmian produkcji w ujęciu realnym (ilościowym), jak i zmian cen dóbr. W analizach wzrostu gospodarczego interesują nas zmiany produkcji w ujęciu realnym. Dlatego też przy obliczaniu zmian wartości produkcji i mierników wzrostu gospodarczego

posługujemy się tzw. **cenami stałymi**, aby wyeliminować wpływ zmian cen na zmiany wartości produkcji. Ze względu na to, że sposób pomijania wpływu zmian cen na dynamikę produkcji był omawiany dokładnie w rozdziale 10, nie będziemy w tym miejscu podejmować tej kwestii. Czytelnicy powinni jednak przypomnieć sobie najważniejsze procedury w tym zakresie.

Tabela 13.1 zawiera dane o indeksach wzrostu produktu krajowego brutto w wybranych krajach w latach 2007–2015. Jak z niej wynika, między analizowanymi krajami występowały istotne różnice w zakresie dynamiki wzrostu PKB, przy czym różnice te nie miały trwałego charakteru w badanym okresie. Ponadto należy zauważyć wyraźne wahania indeksów wzrostu w kolejnych latach w poszczególnych krajach, choć występowały również kilkuletnie okresy jednakowej dynamiki wzrostu PKB (np. w Austrii w latach 2008–2010). Silny spadek PKB w 2009 r. w większości krajów (z wyjątkiem Polski i Austrii) był spowodowany światowym kryzysem finansowym[101], który rozpoczął się w 2008 r. w USA. Obserwacje te skłaniają do pytań o przyczyny występujących tendencji wzrostowych oraz różnic w poziomach wzrostu między krajami. Rozważania niniejszego rozdziału powinny ułatwić odpowiedzi na te pytania.

**Tabela 13.1.** Indeksy wzrostu produktu krajowego brutto w wybranych krajach w latach 2007–2015 (rok poprzedni = 100, ceny stałe)

Kraje	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Austria	104	102	102	102	104	102	102	102	102
Belgia	103	101	98	103	102	100	100	101	101
Czechy	105	103	95	102	102	99	99	103	104
Francja	102	100	97	102	102	100	101	101	101
Hiszpania	104	101	96	100	99	97	98	101	103
Niemcy	103	101	94	104	104	100	100	102	102
Polska	107	104	103	104	105	102	101	103	104
Rosja	108	105	92	104	104	103	101	101	.
Słowacja	111	106	94	105	103	101	101	102	104
Stany Zjednoczone	102	100	97	102	102	102	101	102	102
Węgry	100	101	93	101	102	98	102	104	103

Wielka Brytania	103	99	96	102	101	101	102	103	102
Włochy	101	99	94	102	101	97	98	100	101

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Statystyka międzynarodowa 2016*,  
<http://stat.gov.pl/statystyka-miedzynarodowa/porownania-miedzynarodowe/tablice-o-krajach-wedlug-tematow/rachunki-narodowe/>.

---

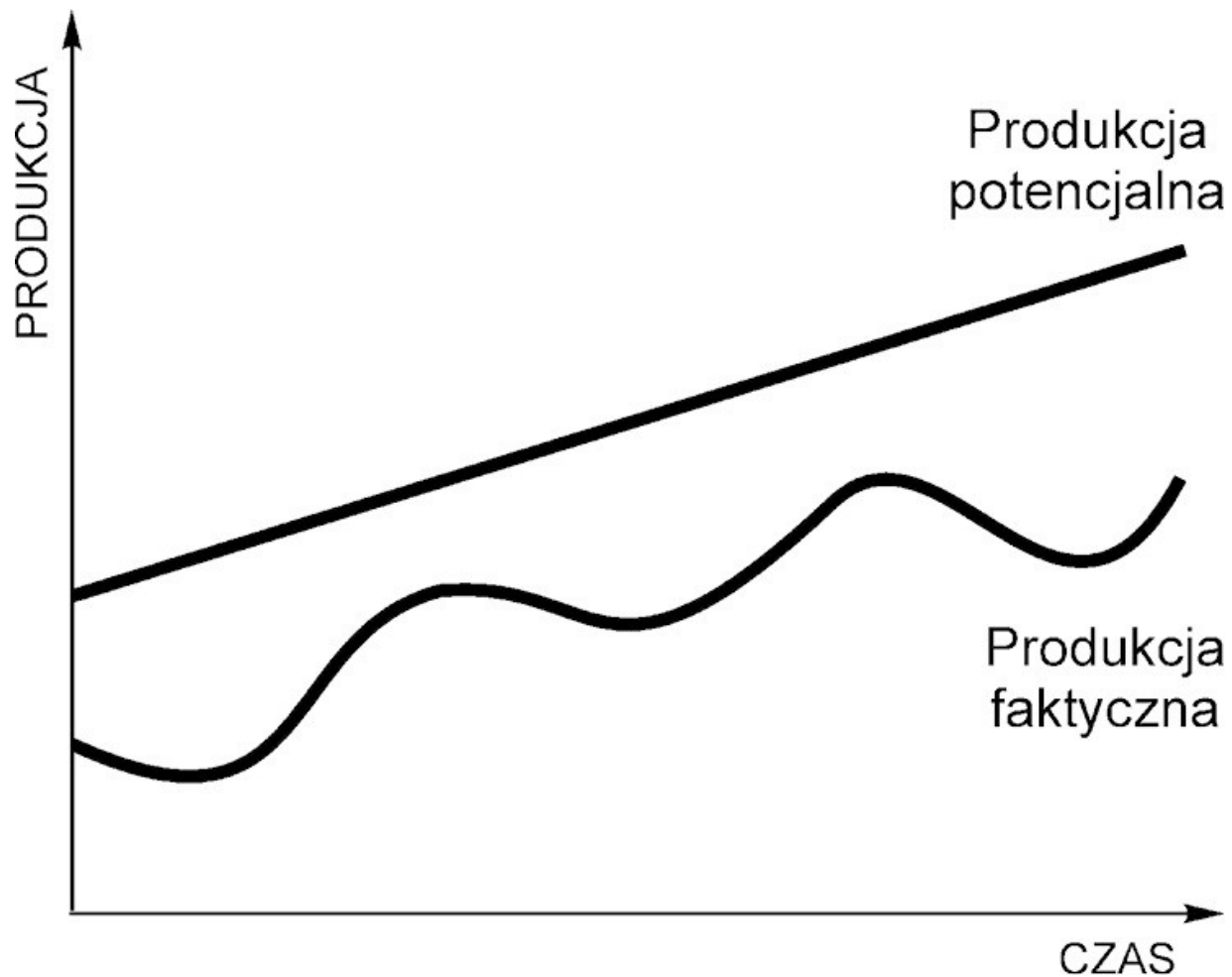
## 13.3. Zdolności wytwórcze gospodarki a dochód narodowy

Krótkookresowe analizy produkcji w gospodarce są prowadzone przy założeniu danych rozmiarów zdolności wytwórczych gospodarki. Zakłada się więc, że dany jest poziom produkcji potencjalnej wyznaczony przez zdolności wytwórcze. **Produkcja potencjalna** to wielkość produkcji, jaką można wytworzyć w gospodarce przy pełnym efektywnym wykorzystaniu czynników produkcji (czyli kapitału i pracy).

W analizach długookresowych będziemy natomiast przyjmować, że zdolności wytwórcze gospodarki mogą być zwiększane. Ponadto będziemy zakładać, że w gospodarce działają mechanizmy prowadzące do pełnego wykorzystania zdolności wytwórczych. W związku z tym w długookresowych analizach determinantów produkcji koncentrujemy uwagę na czynnikach określających powiększanie zdolności wytwórczych gospodarki, a więc czynnikach decydujących o produkcji potencjalnej.

Rysunek 13.1 przedstawia relacje między produkcją faktyczną a produkcją potencjalną. Na rysunku przyjęto, że zmiany produkcji faktycznej są znacznie silniejsze od zmian produkcji potencjalnej, co jest zgodne z rzeczywistymi tendencjami występującymi w gospodarce rynkowej. Założono ponadto, że wynikający z przyrostu zdolności wytwórczych wzrost produkcji potencjalnej jest dosyć równomierny (co znajduje wyraz na rysunku w linii prostej). Analiza rysunku 13.1 pozwala sformułować kilka istotnych wniosków. Po pierwsze, produkcja faktyczna nie jest wyższa od produkcji potencjalnej. Jedynie w okresach bardzo dobrej koniunktury gospodarczej następuje zbliżenie się ich poziomów. Po drugie, bez ekspansji produkcji potencjalnej wzrost produkcji faktycznej dosyć szybko by się zakończył. Gdy produkcja faktyczna osiąga poziom produkcji potencjalnej, wzrost produkcji faktycznej jest wyznaczony przez wzrost produkcji potencjalnej. Po trzecie, do zapewnienia wzrostu produkcji faktycznej przez dłuższy okres niezbędny jest wzrost produkcji potencjalnej.





**Rysunek 13.1.** Produkcja potencjalna i faktyczna  
 Źródło: opracowanie własne.

Można więc stwierdzić, że **długookresowy wzrost produkcji w gospodarce jest wyznaczony przez wzrost produkcji potencjalnej**. Ze względu na to, że warunkiem wzrostu produkcji potencjalnej jest powiększenie zdolności wytwórczych gospodarki, można powiedzieć, że **wzrost zdolności wytwórczych decyduje o wzroście produkcji (dochodu narodowego) w długim okresie**. Stwierdzenie to stanowi jądro długookresowego ujęcia wzrostu gospodarczego.

Zdolności wytwórcze gospodarki i związana z nimi produkcja potencjalna zależą od dwóch czynników:

- 1) wielkości zasobów czynników produkcji istniejących w gospodarce,
- 2) efektywności wykorzystania tych czynników.

Do podstawowych czynników produkcji należy zaliczyć: siłę roboczą (pracę), kapitał i ziemię (wraz z zasobami surowców naturalnych).

**Zasoby siły roboczej (pracy)** obejmują osoby w wieku produkcyjnym<sup>[102]</sup> zdolne do pracy i gotowe do jej podjęcia na warunkach istniejących w gospodarce. Wielkość tych zasobów zależy od liczby ludności w wieku produkcyjnym oraz tzw. współczynnika aktywności zawodowej, wskazującego, jaka część ludności w wieku produkcyjnym jest gotowa podjąć pracę. Wzrost zasobów siły roboczej może być związany zarówno ze wzrostem liczby ludności w wieku produkcyjnym, co jest rezultatem procesów demograficznych, jak i ze wzrostem współczynnika aktywności zawodowej.

Przez **kapitał**<sup>[103]</sup> rozumiemy tutaj takie rzeczowe elementy procesu produkcji, jak maszyny, narzędzia i urządzenia produkcyjne, w tym m.in. budynki i hale fabryczne. Mają one dosyć trwały charakter, zużywają się bowiem stosunkowo powoli. Im większa liczba maszyn, hal fabrycznych, narzędzi itd., a więc im większy zasób kapitału, tym większe rozmiary zdolności wytwórczych gospodarki.

Rozmiary kapitału w danym roku są rezultatem wielkości inwestycji w latach poprzednich. Podejmowane wcześniej inwestycje przyczyniały się bowiem po pewnym czasie (określonym przez pojawienie się podaźowych efektów inwestycji) do powiększenia zasobów fabryk, maszyn i urządzeń produkcyjnych. Natomiast **aby zwiększyć obecny zasób kapitału w gospodarce, niezbędne jest podjęcie inwestycji** w obecnym okresie. Inwestycje te zwiększą zasób kapitału wówczas, gdy zostaną w pełni zakończone (np. gdy hala fabryczna zostanie zbudowana i maszyny zainstalowane). Aby zasób kapitału został powiększony, rozmiary inwestycji muszą być odpowiednio duże. Istniejący obecnie zasób kapitału przecież częściowo się zużywa. Dlatego też część inwestycji trzeba przeznaczyć na odtworzenie zużytego kapitału (inwestycje te nazywane są inwestycjami odtworzeniowymi lub restytucyjnymi). Dopiero nadwyżka inwestycji ponad inwestycje odtworzeniowe, określana mianem **inwestycji netto** bądź inwestycji nowych, pozwala na powiększenie zasobu kapitału. Im większe inwestycje netto, tym większy przyrost zasobu kapitału i związany z nim przyrost zdolności wytwórczych gospodarki.

Ziemia (włącznie z występującymi w niej surowcami) jest kolejnym czynnikiem produkcji, wpływającym na zdolności wytwórcze gospodarki.

Znaczenie **ziemi** jako czynnika produkcji jest szczególnie istotne w gospodarkach, w których ważną rolę odgrywa rolnictwo. Powiększenie areału upraw pozwala bowiem na bezpośrednie zwiększenie zdolności produkcyjnych rolnictwa. Zdolności wytwórcze gospodarki zależą również od zasobu posiadanych **surowców**. Ze względu na to, że część surowców ma charakter nieodnawialny (np. ropa naftowa, węgiel czy siarka), bardzo ważne jest ich rozsądne wydobywanie i zużywanie.

Zdolności wytwórcze gospodarki zależą nie tylko od rozmiarów zasobów czynników produkcji, lecz także od efektywności wykorzystania tych czynników. **Efektywność** tę mierzy się ilością produktów, jaką można wytworzyć w gospodarce przy danych zasobach czynników produkcji. Im wyższa efektywność, tym oczywiście większe zdolności produkcyjne gospodarki. Zasadniczą rolę we wzroście efektywności wykorzystania czynników produkcji odgrywa postęp techniczny. Do problematyki postępu technicznego wrócimy jeszcze w tym rozdziale.

Zaprezentowany zarys ujęcia długookresowego determinantów dochodu narodowego nawiązuje bezpośrednio do dorobku neoklasycznej teorii ekonomii. U podstaw tego ujęcia leżą dwa istotne założenia:

- 1) o pełnym wykorzystaniu istniejących czynników produkcji,
- 2) o braku trudności ze zbytem wytworzonej produkcji.

**Założenie o pełnym wykorzystaniu istniejących zasobów czynników produkcji** wynika z głębokiego przekonania neoklasyków w skuteczne działanie mechanizmów rynkowych. Właśnie te mechanizmy zapewniają, ich zdaniem, pełne wykorzystanie czynników produkcji. Na przykład na rynku pracy działa mechanizm zmian płac, który prowadzi w gospodarce wolnorynkowej do pełnego wykorzystania zasobów pracy (mechanizm ten omówimy dokładniej w rozdziale 15). Równie skuteczne mechanizmy rynkowe działają, według neoklasyków, na rynkach innych czynników produkcji. W rezultacie w gospodarce jest wytwarzana produkcja przy pełnym wykorzystaniu czynników produkcji.

Założenie o braku trudności ze zbytem wytworzonej produkcji wynika z przekonania neoklasyków w skuteczne działanie **prawa Saya** głoszącego, iż „produkcja sama stwarza sobie rynki zbytu”. Argumentacja neoklasyków jest następująca. Przy wytwarzaniu dóbr powstają dochody, które są źródłem popytu na te dobra. Co prawda, gospodarstwa domowe

oszczędzają część dochodów, uszczuplając w ten sposób wielkość popytu na dobra, ale oszczędności te są zrekompensowane przez inwestycje przedsiębiorstw. Według neoklasyków w gospodarce rynkowej działa mechanizm zapewniający równość inwestycji i oszczędności. W rezultacie łączny popyt na dobra odpowiada wielkości produkcji dóbr, co zapewnia zbyć całej wytworzonej produkcji.

---

## 13.4. Czynniki wzrostu gospodarczego

Obecnie przyjrzymy się bliżej czynnikom determinującym poziom i wzrost dochodu narodowego w okresie długim. W charakterze podstawowego instrumentu analizy wykorzystamy agregatową funkcję produkcji.

---

### 13.4.1. Agregatowa funkcja produkcji

**Agregatowa funkcja produkcji** opisuje zależność między wielkością produkcji wytworzonej w całej gospodarce a nakładami czynników produkcji[104]. Możemy ją opisać następującym równaniem:

$$Y = F(K, Z). \tag{13.5}$$

gdzie:

$Y$  – produkcja wytworzona w gospodarce (dochód narodowy),

$K$  – nakłady kapitału,

$Z$  – nakłady pracy (zatrudnienie).

Zakładamy następujące własności funkcji produkcji:

$$\frac{\Delta Y}{\Delta K} > 0, \quad \frac{\Delta Y}{\Delta Z} > 0. \tag{13.6}$$

Stosunek przyrostu produkcji do przyrostu nakładów kapitału  $\left(\frac{\Delta Y}{\Delta K}\right)$  nazywamy **krańcowym produktem kapitału** ( $KP_k$ ). Natomiast stosunek przyrostu produkcji do przyrostu nakładów pracy  $\left(\frac{\Delta Y}{\Delta Z}\right)$  nazywać będziemy **krańcowym produktem pracy** ( $KP_p$ ). Warunek (13.6) oznacza, że wzrost

nakładów jednego z czynników produkcji przy założeniu, iż nakłady drugiego się nie zmieniają, prowadzi do wzrostu produkcji.

Natomiast:

$$\frac{\Delta KP_k}{\Delta K} < 0, \quad \frac{\Delta KP_p}{\Delta Z} < 0.$$

(13.7)

Warunek (13.7) wskazuje, że wzrost nakładów jednego z czynników produkcji przy założeniu, iż nakłady drugiego się nie zmieniają, prowadzi do coraz mniejszego przyrostu produkcji[105]. Spełnienie warunków (13.6) i (13.7) oznacza, że funkcja produkcji opisana równaniem (13.5) spełnia **prawo malejącej produktywności krańcowej** względem nakładów kapitału i pracy. Prawo to głosi, że wzrost nakładów danego czynnika produkcji (przy stałych nakładach drugiego czynnika produkcji) prowadzi do coraz wolniejszego wzrostu produkcji, a krańcowy produkt tego czynnika produkcji maleje.

Ponadto zakładamy, że funkcja produkcji opisana równaniem (13.6) charakteryzuje się stałymi efektami skali. Stałe efekty skali oznaczają, że produkcja rośnie w takim samym tempie jak nakłady obu czynników produkcji. Własność tę możemy opisać następującym równaniem:

$$Y \cdot \lambda = F(K \cdot \lambda, Z \cdot \lambda), \quad \text{gdzie } \lambda > 0.$$

(13.8)

Równanie (13.8) interpretujemy w następujący sposób: jeśli nakłady kapitału i pracy wzrosną  $\lambda$ -krotnie, to również produkcja wzrośnie  $\lambda$ -krotnie.

Przyjmujemy również, że funkcja produkcji spełnia warunki Inady względem nakładów kapitału i pracy. Oznacza to, że przy bardzo małych nakładach danego czynnika zwiększenie jego nakładów powoduje bardzo duży przyrost produkcji, a przy bardzo dużych nakładach tego czynnika zwiększenie jego nakładów powoduje niewielki wzrost produkcji.

W celu bardziej precyzyjnego wyjaśnienia warunków Inady możemy posłużyć się przykładem liczbowym. Załóżmy, że w danej gospodarce nakłady pracy wynoszą 1 jednostkę. Wzrost nakładów pracy o kolejną jednostkę spowoduje znaczny wzrost produkcji. Jednak taki sam wzrost nakładów pracy w sytuacji, gdy zatrudnienie wynosi np. 10 000 jednostek spowoduje niewielki wzrost produkcji.

Spełnienie powyższych założeń oznacza, że funkcja produkcji opisana równaniem (13.5) jest neoklasyczną funkcją produkcji.

Wykorzystując równanie (13.8), możemy przedstawić funkcję produkcji w formie funkcji jednej zmiennej. Pomnóżmy obie strony równania (13.5) przez  $\frac{1}{Z}$ :

$$Y \cdot \frac{1}{Z} = F(K, Z) \cdot \frac{1}{Z}. \tag{13.8a}$$

Korzystając z własności jednorodności funkcji produkcji (przyjmując, że  $\lambda = \frac{1}{Z}$ ), uzyskujemy:

$$Y \cdot \frac{1}{Z} = F\left(K \frac{1}{Z}, Z \frac{1}{Z}\right), \tag{13.9}$$

czyli:

$$\frac{Y}{Z} = F\left(\frac{K}{Z}, 1\right). \tag{13.10}$$

Ponieważ 1 jest stałą, to w zapisie funkcji możemy ją pominąć:

$$\frac{Y}{Z} = F\left(\frac{K}{Z}\right).$$

(13.11)

Funkcja opisana równaniem (13.11) to funkcja wydajności pracy. Z równania (13.11) wynika, że **wydajność pracy** (wielkość produkcji przypadająca na 1 zatrudnionego –  $\frac{Y}{Z}$ ) zależy od poziomu technologii oraz **technicznego uzbrojenia pracy** (ilości kapitału przypadającego na jednego zatrudnionego –  $\frac{K}{Z}$ ).

Oznaczając wydajność pracy jako  $w$ , techniczne uzbrojenie pracy jako  $m$ , funkcję wydajności pracy możemy zapisać w następującej formie:

$$w = f(m).$$

(13.12)

Ilustrację graficzną funkcji wydajności pracy przedstawiono na rysunku 13.2. Jak wynika z tego rysunku, wzrost technicznego uzbrojenia pracy prowadzi do wzrostu wydajności pracy. Wzrost technicznego uzbrojenia pracy prowadzi jednakże do coraz mniejszego wzrostu wydajności pracy.

Dotychczas zakładaliśmy, że produkcja może rosnąć tylko wtedy, gdy rośnie przynajmniej jeden z czynników produkcji. Jeśli dopuszczamy możliwość uzyskiwania różnych poziomów produkcji przy tych samych nakładach pracy i kapitału, to musimy wprowadzić jeszcze jeden element – zasób wiedzy naukowo-technicznej (poziom techniki produkcji). W takim przypadku należy poszerzyć odpowiednio zapis funkcji produkcji:

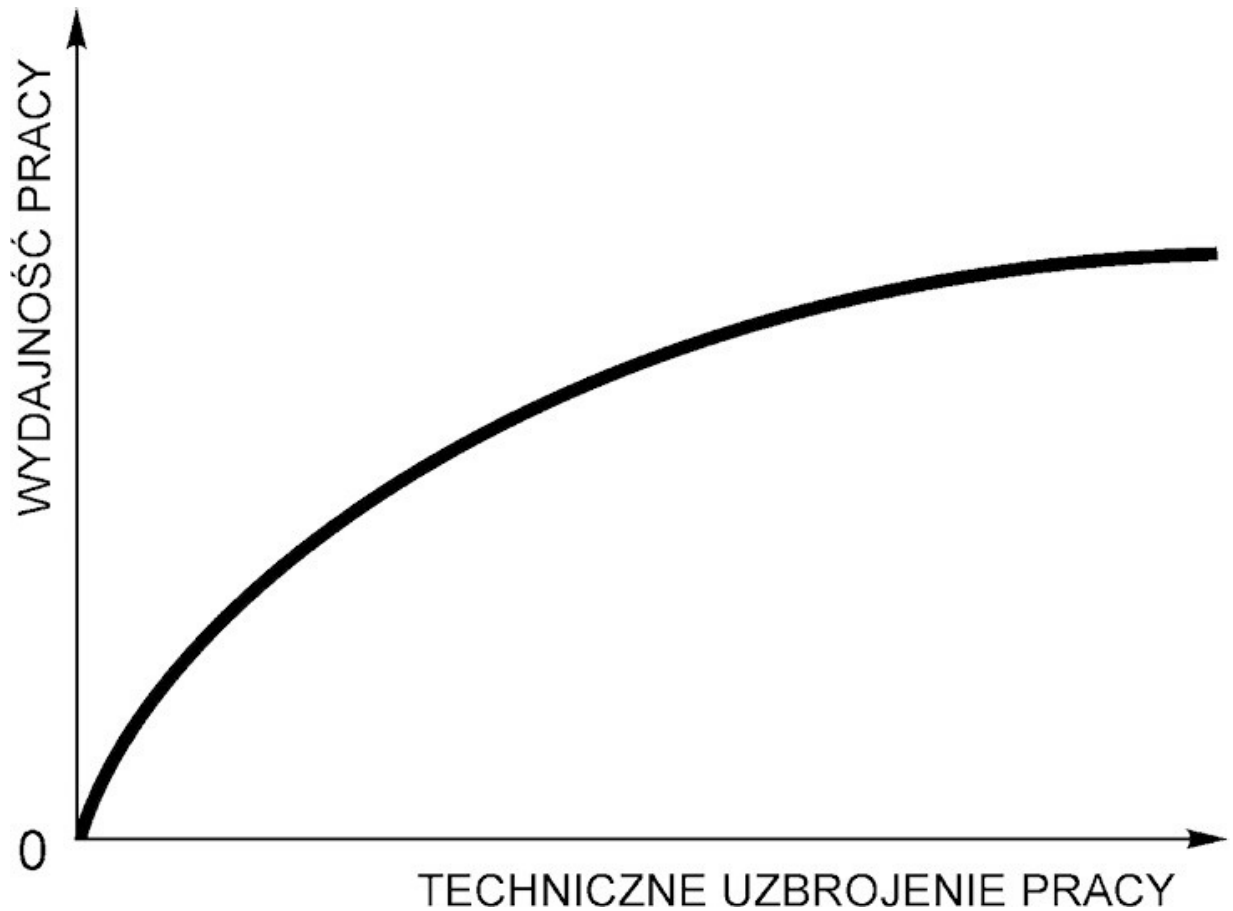
$$Y = A F(K, Z).$$

(13.13)

gdzie:

$A$  – zasób wiedzy naukowo-technicznej.





**Rysunek 13.2.** Funkcja wydajności pracy  
 Źródło: opracowanie własne.

Wzrost w czasie wielkości  $A$  prezentuje postęp techniczny, o czym łatwo się przekonać. Mając uwzględniony poziom techniki produkcji  $A$ , możemy przekształcić funkcję produkcji (13.13) w znany nam już sposób do funkcji wydajności pracy:

$$w = Af(m). \tag{13.14}$$

Założmy, że techniczne uzbrojenie pracy nie ulega zmianie, w takim razie przyrost wydajności pracy można zapisać jako:

$$\Delta w = \Delta A f(m). \tag{13.15}$$

Dzieląc równanie (13.15) obustronnie przez równanie (13.14), otrzymujemy:

$$\frac{\Delta w}{w} = \frac{\Delta A}{A}.$$

(13.16)

Wyrażenie  $\frac{\Delta A}{A}$  to **stopa postępu technicznego** (czyli stosunek przyrostu zasobu wiedzy naukowo-technicznej do zasobu wiedzy naukowo-technicznej w okresie poprzednim). Jak wynika z równania 13.16, tempo wzrostu wydajności pracy (przy stałym poziomie technicznego uzbrojenia pracy) jest równe stopie postępu technicznego.

---

### 13.4.2. Model wzrostu Solowa

Podstawowa wersja modelu Solowa została po raz pierwszy opublikowana w 1956 r. przez Roberta Solowa i w dalszym ciągu jest punktem wyjścia każdej analizy wzrostu gospodarczego. Model Solowa jest modelem długookresowym oraz modelem podażowym. Przyjmuje się w nim bowiem założenie, iż gospodarka funkcjonuje przy pełnym wykorzystaniu czynników produkcji. Poziom produkcji w gospodarce Solowa zależy od zasobu kapitału, zasobu pracy oraz zasobu wiedzy naukowo-technicznej. Podstawowe założenia modelu Solowa dotyczą właściwości funkcji produkcji oraz zmian w czasie zasobów kapitału, pracy oraz wiedzy.

Podstawą analiz zmian produkcji w gospodarce Solowa jest neoklasyczna funkcja produkcji przedstawiona w punkcie 13.4.1 (opisana równaniem 13.13). Dlatego też model wzrostu Solowa jest zaliczany do neoklasycznych modeli wzrostu gospodarczego.

Ponadto przyjmujemy następujące warunki funkcjonowania gospodarki[106]. Po pierwsze, zakładamy że gospodarka Solowa jest gospodarką zamkniętą bez udziału państwa, w której jest produkowane jedno dobro. Produkt ( $Y_t$ ) w takiej gospodarce jest równy sumie wydatków konsumpcyjnych ( $C_t$ ) oraz wydatków inwestycyjnych ( $I_t$ ):

$$Y_t = C_t + I_t.$$

Po drugie, inwestycje w analizowanej gospodarce są zależne od oszczędności ( $S_t$ ), czyli:

$$I_t = S_t.$$

(13.17a)

Z równania (13.17a) wynika, iż w okresie długim wzrost oszczędności prowadzi do wzrostu inwestycji.

Po trzecie, **funkcja oszczędności** jest postaci:

$$S_t = sY_t,$$

(13.17b)

gdzie  $s$  – stopa oszczędności ( $s \in (0,1)$ ).

**Stopa oszczędności** określa, jaki jest udział oszczędności w dochodzie. Ponieważ w funkcji oszczędności nie uwzględniamy oszczędności autonomicznych, to stopa oszczędności jest równa krańcowej skłonności do oszczędzania.

Po czwarte, przyrost kapitału rzeczowego w czasie jest opisany równaniem:

$$\Delta K = I_t - \delta K_t,$$

(13.17c)

gdzie  $\delta$  – stopa deprecjacji kapitału rzeczowego ( $\delta \in (0,1)$ ).

Jak wiadomo, w procesie produkcyjnym zasób kapitału rzeczowego podlega fizycznemu zużyciu. **Stopa deprecjacji kapitału rzeczowego** to odsetek kapitału rzeczowego, który się zużywa w procesie produkcyjnym.

Po piąte, przyjmujemy dla uproszczenia, że zasób siły roboczej nie zmienia się w czasie, czyli poziom zatrudnienia w każdym okresie jest taki sam ( $Z_t = Z_{t+1}$ ).

Po szóste, zasób wiedzy naukowo-technicznej rośnie z okresu na okres w tempie  $m$  wynoszącym:

$$m = \frac{\Delta A}{A_t}.$$

(13.17d)

Stopa postępu technicznego ( $m$ ) jest traktowana w omawianym modelu jako wielkość stała w czasie. Oznacza to, że w gospodarce Solowa mamy do czynienia z egzogenicznym postępow technicznym[107].

Przekształcając równanie (13.17c), otrzymujemy:

$$K_{t+1} = I_t - \delta K_t + K_t.$$

(13.18)

Uwzględniając równania (13.17a – 13.17b), równanie (13.18) przyjmuje następującą postać:

$$K_{t+1} = sY_t + (1 - \delta)K_t.$$

(13.19)

Dzieląc obustronnie równanie (13.19) przez  $L_t$ , otrzymujemy:

$$\frac{K_{t+1}}{Z_t} = \frac{sY_t}{Z_t} + (1 - \delta)\frac{K_t}{Z_t},$$

(13.20)

gdzie:

$$w_t = \frac{Y_t}{Z_t}, \text{ a } m_t = \frac{K_t}{Z_t}.$$

Stąd:

$$\frac{K_{t+1}}{Z_t} = sw_t + (1 - \delta)m_t.$$

(13.20a)

Ponieważ  $Z_t = Z_{t+1}$  równanie (13.20a) możemy przekształcić w następujący sposób:

$$\frac{K_{t+1}}{Z_{t+1}} = sw_t + (1 - \delta)m_t,$$

(13.20b)

gdzie:

$$\frac{K_{t+1}}{Z_t} = m_{t+1}.$$

$$m_{t+1} = sw_t + (1 - \delta)m_t.$$

(13.20c)

Odejmując obustronnie  $m_t$  w równaniu (13.20c), po przekształceniu otrzymujemy:

$$m_{t+1} - m_t = sw_t - \delta m_t,$$

(13.21)

gdzie:

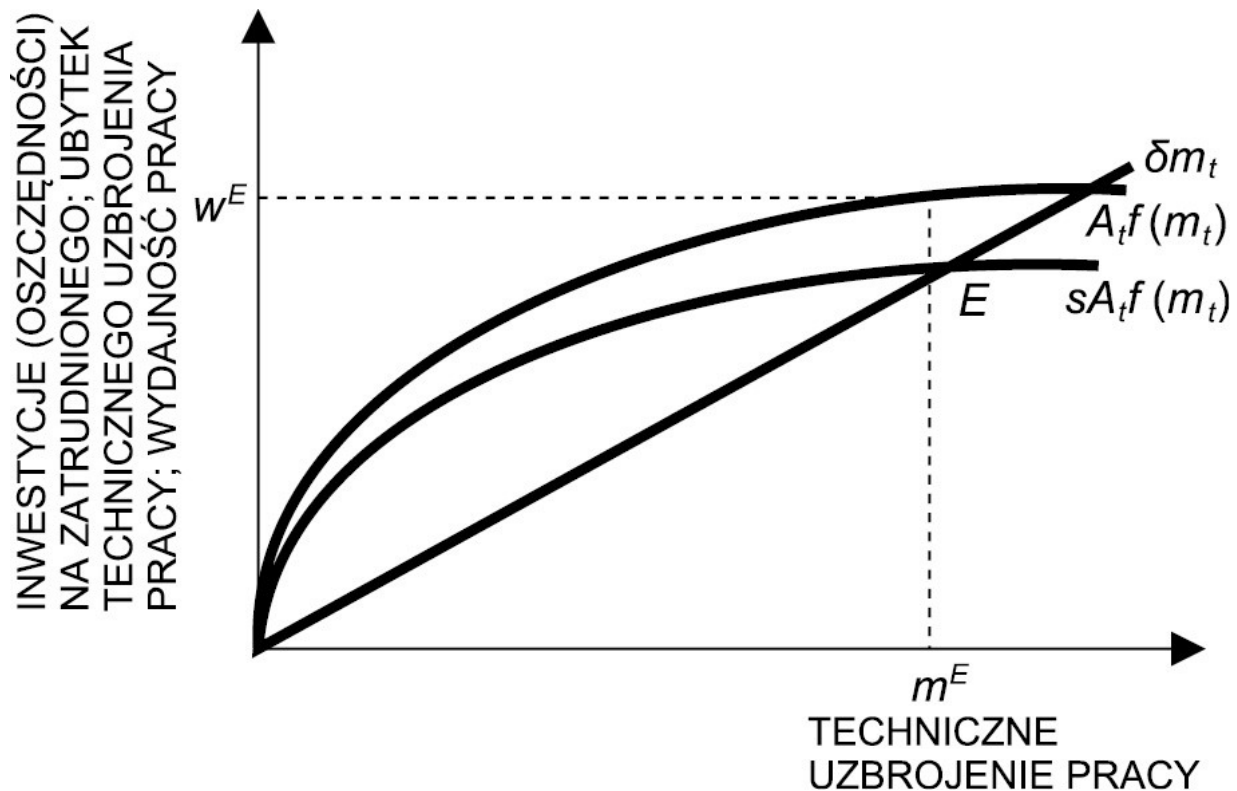
$$m_{t+1} - m_t = \Delta m.$$

Po uwzględnieniu równania (13.14) równanie (13.21) przyjmuje ostatecznie postać:

$$\Delta m = sA_t f(m_t) - \delta m_t. \quad (13.22)$$

Wyrażenie (13.22) to najważniejsze równanie modelu Solowa, czyli **równanie Solowa**. Lewa strona tego równania ( $\Delta m$ ) to przyrost technicznego uzbrojenia pracy. Natomiast wyrażenie  $sA_t f(m_t)$  to poziom inwestycji (oszczędności) przypadający na 1 zatrudnionego. Z kolei wyrażenie  $\delta m_t$  to ubytek technicznego uzbrojenia pracy spowodowany deprecjacją kapitału rzeczowego. Z równania Solowa wynika, że w każdym momencie przyrost technicznego uzbrojenia pracy jest równy inwestycjom (oszczędnościom) przypadającym na 1 zatrudnionego a ubytkiem technicznego uzbrojenia pracy spowodowanym deprecjacją kapitału rzeczowego.

Ilustrację graficzną równania Solowa przedstawiono na rysunku 13.3. Linia prosta dodatnio nachylona na tym rysunku to ilustracja graficzna ubytku technicznego uzbrojenia pracy, natomiast krzywa nachylona dodatnio (oznaczona symbolami  $sA_t f(m_t)$ ) stanowi ilustrację graficzną inwestycji (oszczędności) na jednego zatrudnionego. Z kolei krzywa oznaczona symbolem  $A_t f(m_t)$  to krzywa wydajności pracy. Z rysunku 13.3 wynika, że inwestycje (oszczędności) na zatrudnionego rosną, ale coraz wolniej wraz ze wzrostem technicznego uzbrojenia pracy. Natomiast ubytek technicznego uzbrojenia pracy rośnie proporcjonalnie wraz ze wzrostem technicznego uzbrojenia pracy.



Rysunek 13.3. Długookresowa równowaga w modelu Solowa  
 Źródło: opracowanie własne.

**Długookresowa równowaga**[108] w modelu Solowa zachodzi, gdy inwestycje (oszczędności) przypadające na 1 zatrudnionego są równe ubytkowi technicznego uzbrojenia pracy, czyli w punkcie  $E$  na rysunku 13.3[109]. Z chwilą osiągnięcia punktu  $E$  gospodarka wchodzi na tzw. ścieżkę **zrównoważonego wzrostu**. Na ścieżce zrównoważonego wzrostu podstawowe zmienne makroekonomiczne takie jak produkcja, zasób kapitału rzeczowego oraz wydajność pracy rosną w stałym tempie.

Wszystkie punkty na prawo od punktu  $E$  charakteryzują się przewagą inwestycji na 1 zatrudnionego nad ubytkiem technicznego uzbrojenia pracy. W takiej sytuacji mamy do czynienia z **przeinwestowaniem** (czyli inwestycje na 1 zatrudnionego są zbyt wysokie w stosunku do wymaganego poziomu dla osiągnięcia stanu długookresowej równowagi). Z kolei w każdym punkcie na lewo od punktu  $E$  inwestycje na 1 zatrudnionego są większe niż ubytek technicznego uzbrojenia pracy, co w literaturze ekonomicznej jest określane jako **stan niedoinwestowania** (ponieważ

inwestycje na 1 zatrudnionego są zbyt niskie w stosunku do poziomu niezbędnego dla osiągnięcia stanu długookresowej równowagi).

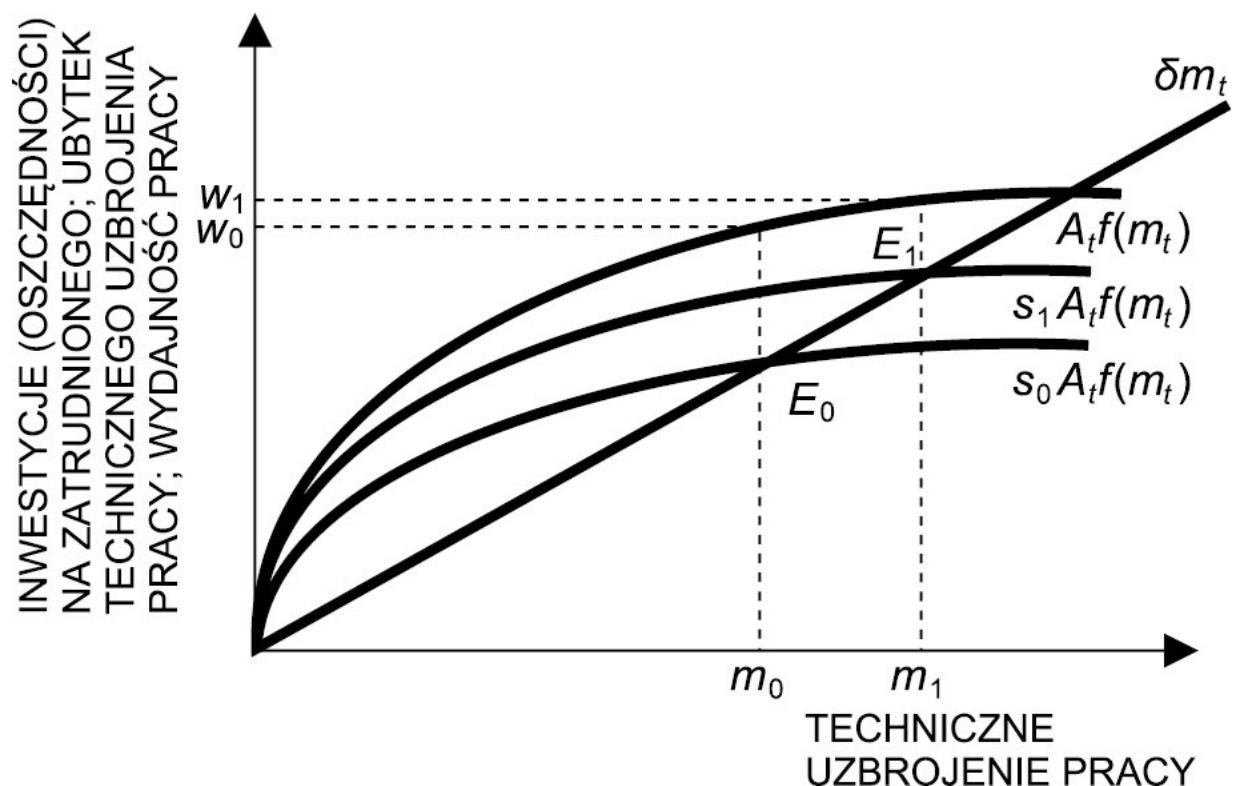
Z każdego punktu na lewo lub na prawo od punktu  $E$  gospodarka będzie samoczynnie zmierzać w kierunku długookresowej równowagi. W sytuacji przeinwestowania, czyli na prawo od punktu  $E$ , poziom technicznego uzbrojenia pracy będzie samoczynnie spadał (ponieważ inwestycje na zatrudnionego są mniejsze od ubytku technicznego uzbrojenia pracy), co będzie sukcesywnie przybliżać gospodarkę do punktu długookresowej równowagi. W sytuacji niedoinwestowania, czyli na lewo od punktu  $E$ , zasób kapitału na zatrudnionego będzie rósł z okresu na okres, co będzie przybliżało gospodarkę do punktu długookresowej równowagi. Należy jednak zwrócić uwagę, iż dochodzenie do długookresowej równowagi nie jest natychmiastowe.

Współrzędne punktu  $E - m^E$  i  $y^E$  – to poziom technicznego uzbrojenia pracy oraz poziom wydajności pracy w długookresowej równowadze gospodarki Solowa. Poziom technicznego uzbrojenia pracy oraz wydajności pracy w długookresowej równowadze gospodarki Solowa zależy od poziomu stopy oszczędności oraz stopy deprecjacji kapitału rzeczowego. Wzrost stopy oszczędności prowadzi do wzrostu poziomu technicznego uzbrojenia pracy oraz wydajności pracy w długookresowej równowadze modelu Solowa. Natomiast wzrost stopy deprecjacji kapitału rzeczowego powoduje spadek wydajności pracy oraz technicznego uzbrojenia pracy w długookresowej równowadze.

Na rysunku 13.4 przedstawiono wpływ wzrostu stopy oszczędności na poziom produktu na zatrudnionego oraz technicznego uzbrojenia pracy w długookresowej równowadze gospodarki Solowa. Początkowo gospodarka znajdowała się w stanie stacjonarnym, czyli w punkcie  $E_0$  charakteryzującym się poziomem technicznego uzbrojenia pracy  $m_0$  oraz wydajności pracy  $w_0$ . Z rysunku 13.4 wynika, że jeśli stopa oszczędności wzrośnie z poziomu  $s_0$  do  $s_1$  to krzywa inwestycji (oszczędności) przesunęła się do góry do położenia  $s_1 Af(mt)$ . W efekcie tego przesunięcia poziom technicznego uzbrojenia pracy rośnie z poziomu  $m_0$  do poziomu  $m_1$ . Jednakże wzrost technicznego uzbrojenia pracy do poziomu odpowiadającego nowemu punktowi długookresowej równowagi nie jest natychmiastowy. Początkowo po skokowym wzroście stopy oszczędności poziom technicznego uzbrojenia pracy nie ulega zmianie, czyli wynosi  $m_0$ .



Przy tej wartości technicznego uzbrojenia pracy inwestycje (oszczędności) na 1 zatrudnionego są wyższe niż ubytek technicznego uzbrojenia pracy, czyli przyrost technicznego uzbrojenia pracy przyjmuje wartość dodatnią ( $\Delta m > 0$ ). Techniczne uzbrojenie pracy będzie zatem rosło z okresu na okres. Wzrost technicznego uzbrojenia pracy będzie trwał dopóty, dopóki nie osiągnie ono wartość  $m_1$ , czyli odpowiadającą nowemu punktowi długookresowej równowagi –  $E_1$ . Wzrost technicznego uzbrojenia pracy w długookresowej równowadze do poziomu  $m_1$  powoduje wzrost wydajności pracy do poziomu  $w_1$ . Z chwilą osiągnięcia punktu  $E_1$  poziom technicznego uzbrojenia pracy oraz wydajności pracy przestaje rosnąć.



**Rysunek. 13.4.** Długookresowa równowaga w modelu Solowa przy różnym poziomie stóp oszczędności

Źródło: opracowanie własne.

Reasumując, wzrost stopy oszczędności powoduje wzrost poziomu produkcji i wydajności pracy, nie wpływa natomiast na tempo wzrostu produkcji na ścieżce zrównoważonego wzrostu. Jak wynika z równania (13.16), przy stałym poziomie technicznego uzbrojenia pracy, czyli

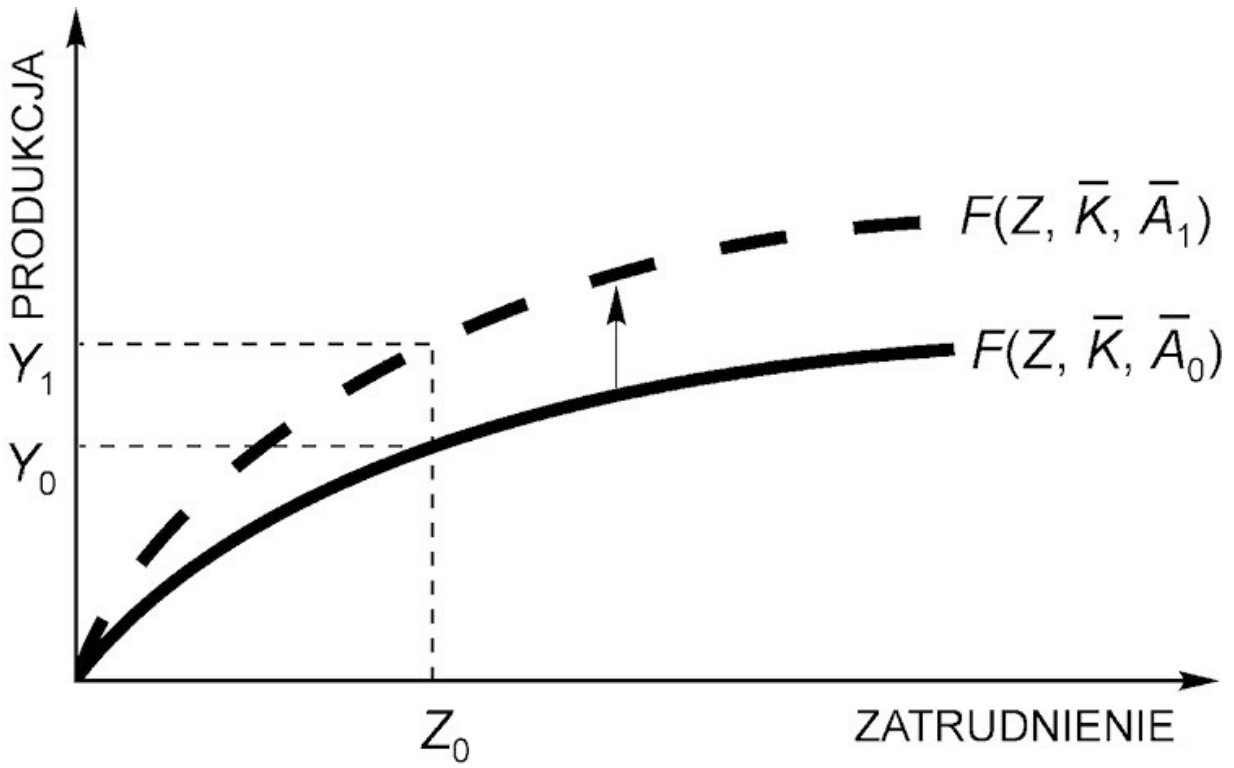
w długookresowej równowadze gospodarki Solowa, tempo wzrostu wydajności pracy jest równe stopie postępu technicznego. W długookresowej równowadze gospodarki Solowa tempo wzrostu produkcji (przy założeniu, że stopa wzrostu zatrudnienia wynosi 0) będzie równe tempu wzrostu wydajności pracy.

---

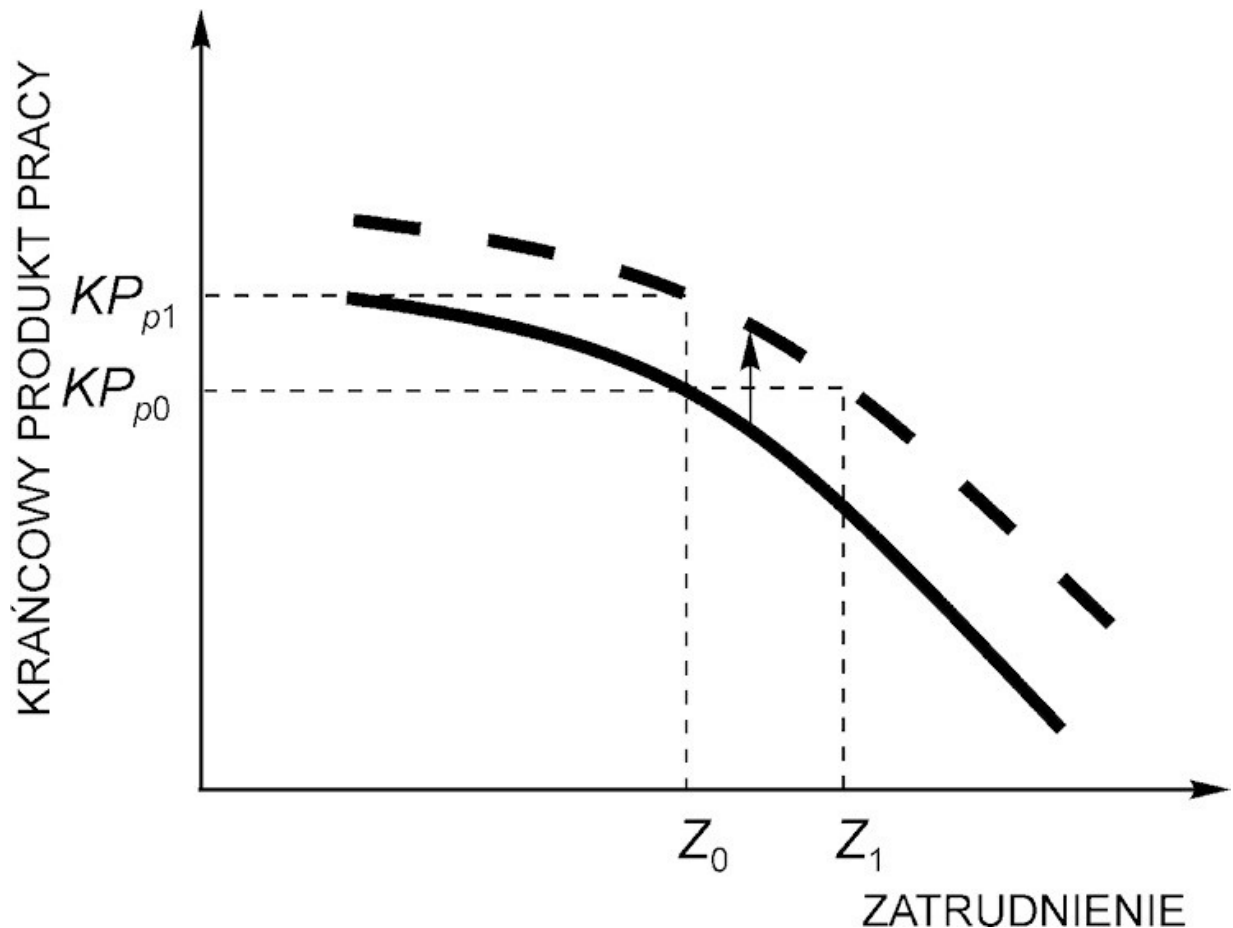
### 13.4.3. Zatrudnienie i wydajność pracy a tempo wzrostu gospodarczego

Założmy, że jedynym zmiennym czynnikiem produkcji jest zatrudnienie  $Z$ , podczas gdy kapitał  $K$  i stan techniki produkcji  $A$  są stałe. Powstaje pytanie, jak w tej sytuacji wzrost zatrudnienia wpływa na rozmiary produkcji. Ekonomisci prezentują w tej kwestii dosyć zgodny pogląd. Na podstawie obserwacji rzeczywistych procesów gospodarczych zachodzących w przedsiębiorstwach sformułowano twierdzenie, że wzrost liczby zatrudnionych w gospodarce pociąga za sobą wzrost produkcji, ale wzrost produkcji jest wolniejszy od wzrostu zatrudnienia. Powyższą zależność produkcji  $Y$  od zatrudnienia  $Z$  przedstawiono na rysunku 13.5 w postaci krzywej ciągłej.

Krzywa produkcji pokazana na rysunku 13.6 zakręca w stronę osi poziomej. Oznacza to, że w miarę kolejnych przyrostów zatrudnienia przyrosty produkcji są coraz mniejsze. Można więc powiedzieć, że w miarę wzrostu zatrudnienia krańcowy produkt pracy spada. Tendencja ta znana jest w literaturze pod nazwą **prawa malejącej produktywności krańcowej**. Ilustrację tej tendencji pokazano na rysunku 13.6.



**Rysunek. 13.5.** Produkcja a zatrudnienie  
Źródło: opracowanie własne.



**Rysunek 13.6.** Krańcowy produkt pracy a zatrudnienie  
Źródło: opracowanie własne.

W dotychczasowej analizie badaliśmy zależność produkcji  $Y$  od zatrudnienia  $Z$  przy stałym zasobie kapitału  $K$  i niezmiennej technice produkcji  $A$ . Odrzucmy obecnie założenie niezmiennej techniki i przyjmijmy, że w gospodarce wdrożono **postęp techniczny**. Powstaje pytanie, jak wpływa postęp techniczny na zależność produkcji i zatrudnienia.

Postęp techniczny oznacza, iż przy tych samych nakładach czynników produkcji wytwarza się wyższą produkcję lub ta sama wielkość produkcji jest wytwarzana przy mniejszych nakładach czynników produkcji. W naszej analizie oznacza to wyższą produkcję przy tych samych nakładach pracy.

Zilustrujmy efekty postępu technicznego, wykorzystując rysunek 13.5. Załóżmy, że krzywa zaznaczona jako ciągła wyraża zależność produkcji  $Y$  od zatrudnienia  $Z$  przed wdrożeniem postępu technicznego. Jak już wiemy,

krzywa ta zakłada niezmiennosc zasobu kapitału i stanu techniki produkcji. Na rysunku 13.5 stały zasób kapitału oznaczono symbolem  $K$  z poziomą kreską nad nim, natomiast początkowy stan techniki produkcji oznaczono symbolem  $A_0$ . Załóżmy, że wdrożono postęp techniczny, w rezultacie czego technika produkcji poprawia się, co znajduje wyraz w zmianie czynnika  $A$  z  $A_0$  do  $A_1$ . Efektem postępu technicznego są wyższe rozmiary produkcji przy tych samych nakładach pracy, co na rysunku 13.5 znajduje wyraz w przesunięciu krzywej produkcji do góry, np. do położenia krzywej przerywanej oznaczonej  $A_1F(Z, \bar{K})$ .

Przed wdrożeniem postępu technicznego, przy zatrudnieniu  $Z_0$  wytwarzano produkcję  $Y_0$ , natomiast po wdrożeniu postępu technicznego przy tym samym zatrudnieniu  $Z_0$  wytwarza się produkcję  $Y_1$ , a więc produkcję wyższą. Efektem postępu technicznego jest więc wzrost produkcji w stosunku do liczby zatrudnionych, czyli wzrost **wydajności pracy**. Na rysunku 13.5, przy zatrudnieniu  $Z_0$ , wydajność pracy przed wdrożeniem postępu technicznego wynosiła  $\frac{Y_0}{Z_0}$ , po wdrożeniu zaś  $\frac{Y_1}{Z_0}$ .

Ponieważ  $\frac{Y_1}{Z_0} > \frac{Y_0}{Z_0}$ , można stwierdzić, że **postęp techniczny prowadzi do wzrostu wydajności pracy**.

Efekt postępu technicznego można również pokazać na rysunku 13.6. Ze względu na to, iż postęp techniczny zwiększa efektywność czynników produkcji, w rezultacie jego zastosowania następuje zwiększenie krańcowego produktu pracy. Na rysunku 13.6 znajduje to wyraz w przesunięciu krzywej krańcowego produktu pracy do góry, np. od położenia krzywej ciągłej do położenia krzywej przerywanej. Oznacza to, że przy tym samym zatrudnieniu (np.  $Z_0$ ) wyższy jest poziom krańcowego produktu pracy ( $KP_{p1}$  zamiast  $KP_{p0}$ ) bądź taki sam poziom krańcowego produktu pracy ( $KP_{p0}$ ) występuje przy wyższym zatrudnieniu.

Możemy obecnie przeprowadzić analizę tempa wzrostu gospodarczego od strony czynników związanych z zasobami pracy. Wyjdźmy od stwierdzenia, że poziom dochodu narodowego  $Y$  wytwarzanego w gospodarce jest określony przez liczbę zatrudnionych  $Z$  i wydajność pracy  $w$ , przy czym  $w = \frac{Y}{Z}$ . Można to zapisać w postaci następującego iloczynu:

$$Y = Z \cdot w.$$

(13.23)

Tempo wzrostu gospodarczego (mierzonego dochodem narodowym w danym okresie) jest stosunkiem przyrostu dochodu narodowego w tym okresie ( $\Delta Y$ ) do poziomu dochodu na początku tego okresu ( $Y$ ). Oznaczając początek badanego okresu przez  $t$ , koniec zaś przez  $t + 1$ , przyrost dochodu można zapisać jako:

$$\Delta Y = Y_{t+1} - Y_t.$$

(13.24)

Skoro poziom dochodu w czasie  $t$  jest iloczynem zatrudnienia ( $Z$ ) i wydajności pracy ( $w$ ), to poziom dochodu w czasie  $t+1$  możemy zapisać jako iloczyn zatrudnienia ( $Z$ ) powiększonego o pewien przyrost zatrudnienia ( $\Delta Z$ ) oraz wydajności pracy ( $w$ ) powiększonej o pewien przyrost wydajności pracy ( $\Delta w$ ). Mamy więc:

$$Y_{t+1} = (Z + \Delta Z) \cdot (w + \Delta w) = Z \cdot w + Z \cdot \Delta w + \Delta Z \cdot w + \Delta Z \cdot \Delta w. \quad (13.25)$$

Przyrost dochodu narodowego wyniesie zatem:

$$\Delta Y = Z \cdot w + Z \cdot \Delta w + \Delta Z \cdot w + \Delta Z \cdot \Delta w - Z \cdot w = Z \cdot \Delta w + \Delta Z \cdot w + \Delta Z \cdot \Delta w. \quad (13.26)$$

W celu obliczenia tempa wzrostu dochodu narodowego równanie (13.26) dzielimy stronami przez równanie (13.23):

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta Z \cdot w}{Z \cdot w} + \frac{\Delta w \cdot Z}{Z \cdot w} + \frac{\Delta Z \cdot \Delta w}{Z \cdot w}.$$

(13.27)

Po uproszczeniu otrzymujemy:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta Z}{Z} + \frac{\Delta w}{w} + \frac{\Delta Z}{Z} \cdot \frac{\Delta w}{w}.$$

(13.28)

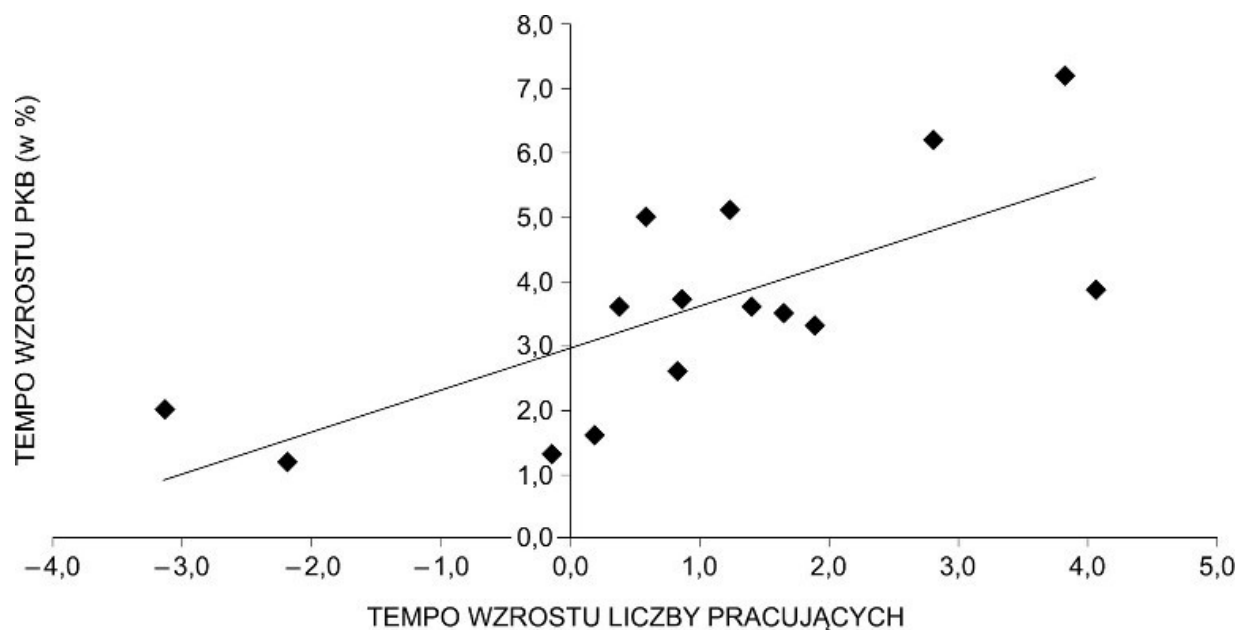
Występujący w tym równaniu iloczyn możemy pominąć, gdyż jest on w istocie bardzo mały. Formuła tempa wzrostu dochodu narodowego wygląda wówczas następująco:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta Z}{Z} + \frac{\Delta w}{w}.$$

(13.29)

Z równania (13.29) wynika, że **tempo wzrostu dochodu narodowego zależy od tempa wzrostu zatrudnienia oraz tempa wzrostu wydajności pracy**. Im wyższe tempo wzrostu zatrudnienia i wzrostu wydajności pracy, tym wyższe tempo wzrostu dochodu narodowego.

Potwierdzenie zależności między tempem wzrostu produkcji w gospodarce a tempem wzrostu zatrudnienia znajdujemy na rysunku 13.7. Wynika z niego, że w latach 2001–2015 występowała dodatnia zależność między tempem wzrostu PKB a tempem wzrostu liczby pracujących w polskiej gospodarce.



**Rysunek 13.7.** Zależność między tempem wzrostu PKB a tempem wzrostu liczby pracujących w Polsce w latach 2001–2015

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Roczniki Statystyczne GUS*, różne wydania z lat 2002–2015.

Zwracaliśmy już wcześniej uwagę, że w warunkach pełnego wykorzystania zasobów pracy **wzrost zatrudnienia** zależy od wzrostu liczby ludności w wieku produkcyjnym i wzrostu współczynnika aktywności zawodowej. Istotną rolę w kształtowaniu tego ostatniego współczynnika odgrywają np.: poziom wykształcenia kobiet, długość okresu obowiązkowej nauki, wysokość płac, łatwość znalezienia pracy oraz rozwój sieci żłobków i przedszkoli. Im bardziej rozwinięta sieć żłobków i przedszkoli oraz im mniejsze są opłaty za nie, tym większa gotowość kobiet do aktywności zawodowej.

**Wzrost wydajności pracy** zależy od wielu czynników. Do najważniejszych należy zaliczyć wzrost stopnia wyposażenia procesu produkcji w maszyny, narzędzia i urządzenia, postęp techniczny i organizacyjny (w tym m.in. innowacje techniczne i lepszą organizację pracy), rozwój kwalifikacji oraz skuteczność działania systemu bodźców ekonomicznych.



---

#### 13.4.4. Kapitał i jego efektywność a tempo wzrostu gospodarczego

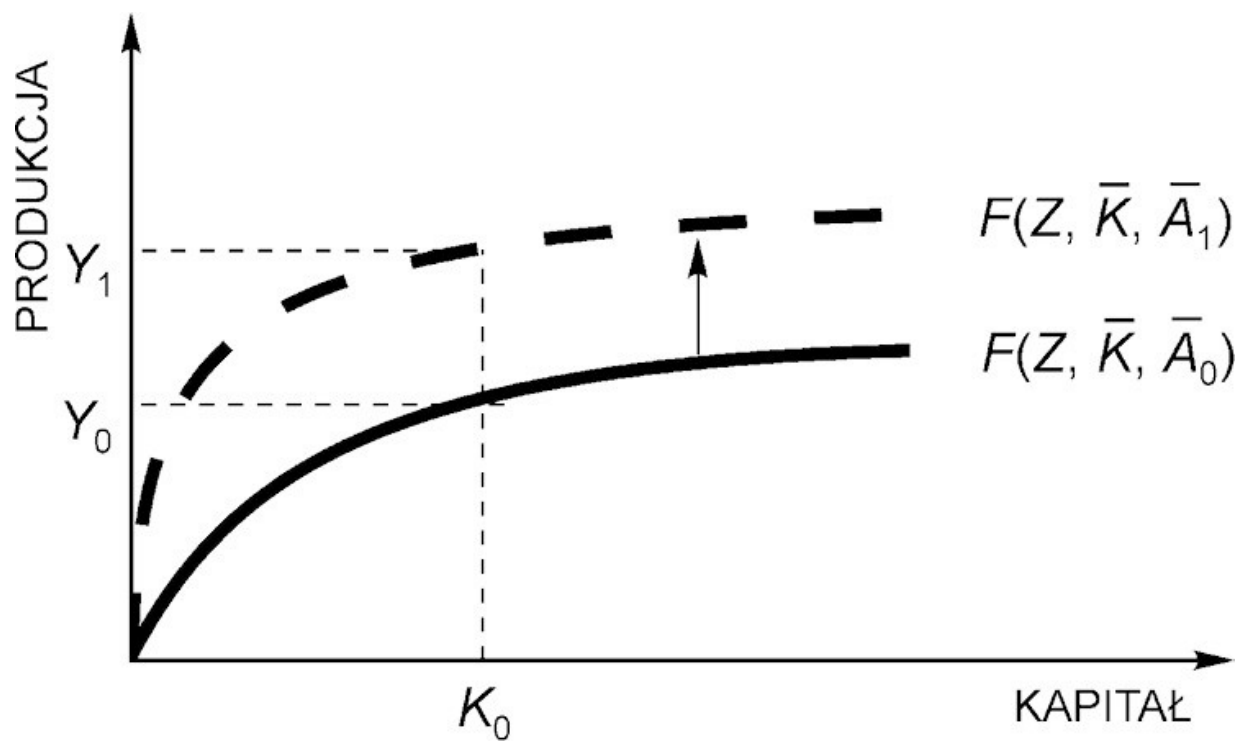
Rozważmy dokładniej zależność dochodu narodowego  $Y$  od zasobu kapitału  $K$  przy założeniu, że zatrudnienie  $Z$  i stan techniki produkcji  $A$  są niezmiennie. Jak już podkreślono wcześniej, powiększenie zasobu kapitału wymaga nowych inwestycji (tzw. inwestycji netto). Przyjmijmy, że przyrost zasobu kapitału jest równy inwestycjom netto. Powstaje pytanie, jak wzrost zasobu kapitału wpływa na produkcję (dochód narodowy).

Zależność produkcji od zasobu kapitału przedstawiono na rysunku 13.8. Jak pokazano na rysunku, im większe zasoby kapitału, tym większe rozmiary produkcji. Można stąd wysnuć wniosek, że **wzrost produkcji zależy od rozmiarów inwestycji netto**. Im większe inwestycje netto, tym większego przyrostu produkcji można oczekiwać. Konkretna wielkość tego przyrostu zależy od krańcowego produktu kapitału. Krzywa produkcji na rysunku 13.8 jest coraz mniej stroma w miarę wzrostu zasobu kapitału. Oznacza to, że wynikające z inwestycji netto kolejne przyrosty zasobu kapitału powodują coraz mniejsze przyrosty produkcji. Innymi słowy, krańcowy produkt kapitału (który zostanie oznaczony jako  $KP_k$ ) jest coraz mniejszy w miarę wzrostu zasobu kapitału. Prawidłowość tę pokazano na rysunku 13.9.

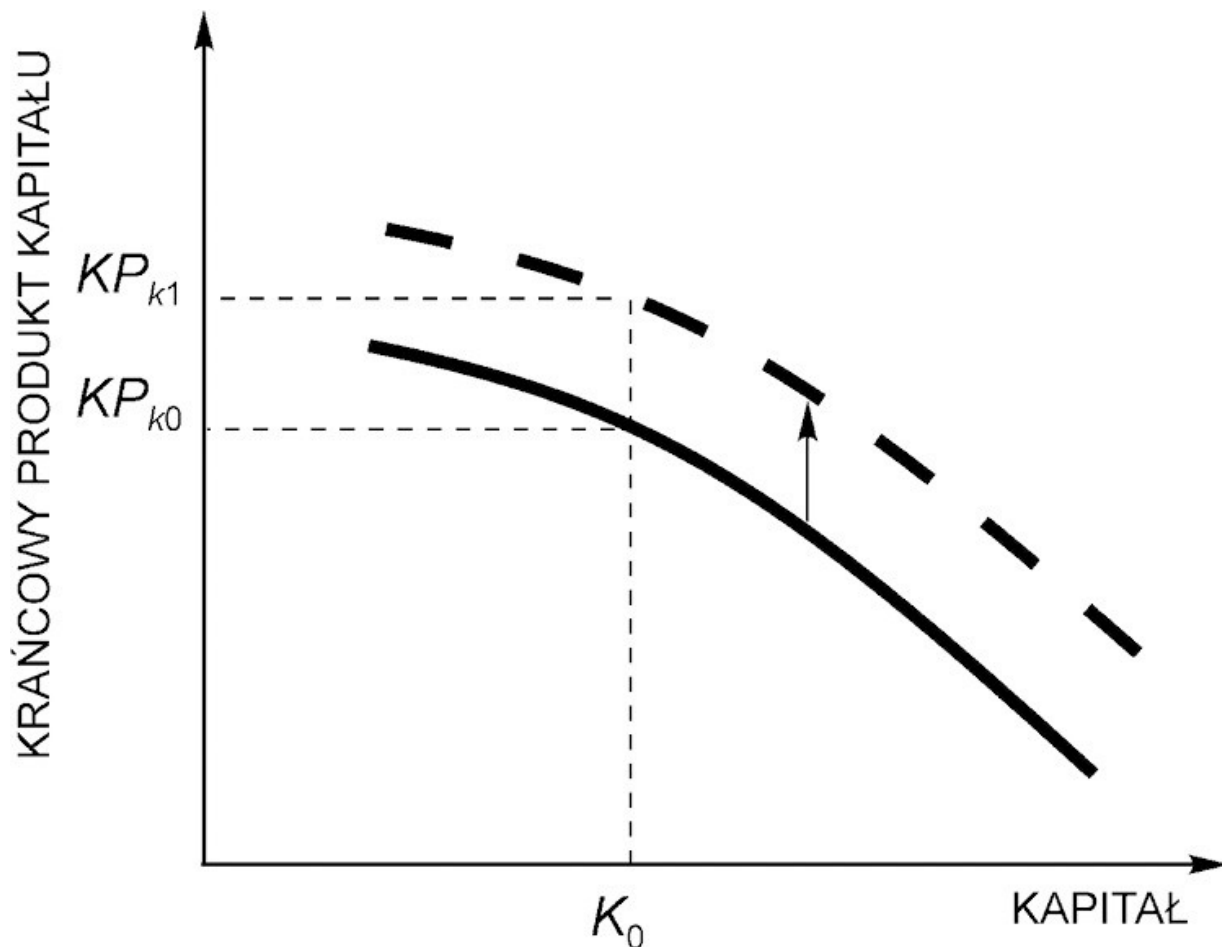
Odrzućmy obecnie założenie o niezmiennym poziomie techniki produkcji i przyjmijmy, że wdrożono w gospodarce postęp techniczny. Załóżmy, że w rezultacie postępu technicznego dotychczasowy stan techniki produkcji uległ zmianie z  $A_0$  na  $A_1$ . Jak wpływa postęp techniczny na zależność produkcji od kapitału?

Zgodnie z wcześniejszą definicją postęp techniczny umożliwia wytwarzanie większej produkcji przy tych samych nakładach czynników produkcji. Na rysunku 13.8 znajduje to wyraz w przesunięciu krzywej produkcji do góry do położenia krzywej przerywanej, oznaczonej jako  $F(K, \bar{Z}, A_1)$ . W wyniku postępu technicznego następuje więc wzrost stosunku produkcji do kapitału (a więc  $Y/K$ ) przy poszczególnych poziomach zasobu kapitału. Stosunek ten będziemy nazywać efektywnością kapitału. Jeśli natomiast prowadzimy analizę w kategoriach krańcowego produktu kapitału ( $KP_k$ ), to efektem postępu technicznego jest zwiększenie  $KP_k$  przy

danym zasobie kapitału. Na rysunku 13.9 znajduje to wyraz w przesunięciu krzywej do góry, np. do położenia krzywej przerywanej.



**Rysunek 13.8.** Produkcja a kapitał  
Źródło: opracowanie własne.



**Rysunek 13.9.** Krańcowy produkt kapitału  
Źródło: opracowanie własne.

Możemy obecnie przeprowadzić analizę determinantów dochodu narodowego od strony czynników związanych z kapitałem. Wyjdźmy od stwierdzenia, że poziom dochodu narodowego  $Y$  jest określony przez zasób kapitału  $K$  i efektywność kapitału  $e$ , co można zapisać:

$$Y = K \cdot e. \quad (13.30)$$

Efektywność kapitału  $e$ , będąca stosunkiem dochodu narodowego do zasobu kapitału (a więc  $Y/K$ ), wskazuje na to, ile jednostek dochodu narodowego wytwarza się w gospodarce dzięki 1 jednostce kapitału. Odwrotność efektywności kapitału jest nazywana **współczynnikiem kapitałochłonności** ( $k_p$ ). Mamy więc:

$$k_p = \frac{1}{e} = \frac{K}{Y}.$$

(13.31)

Współczynnik kapitałochłonności  $k_p$  informuje o tym, ile jednostek kapitału musi funkcjonować w gospodarce, aby wytworzyć 1 jednostkę dochodu narodowego. Na przykład gdy  $k_p = 3$ , to dla wytworzenia 1 złotówki dochodu narodowego niezbędne jest w tej gospodarce funkcjonowanie kapitału w wysokości 3 zł.

Biorąc pod uwagę równanie (13.30), można stwierdzić, że przyrost dochodu narodowego ( $\Delta Y$ ) może nastąpić bądź dzięki wzrostowi zasobu kapitału ( $\Delta K$ ), bądź dzięki wzrostowi efektywności kapitału ( $\Delta e$ ), bądź też dzięki równoczesnemu wzrostowi zasobu kapitału i jego efektywności (dochodzimy do tej formuły podobnie jak w równaniu 13.26). Możemy to zapisać następująco:

$$\Delta Y = \Delta K \cdot e + \Delta e \cdot K + \Delta K \cdot \Delta e.$$

(13.32)

Pomijając iloczyn  $\Delta K \times \Delta e$  (jest on bowiem stosunkowo mały) i dzieląc stronami równanie (13.32) przez równanie (13.30), otrzymujemy wzór na tempo wzrostu dochodu narodowego (przy założeniu, że w gospodarce stopa deprecjacji kapitału wynosi 0):

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta K}{K} + \frac{\Delta e}{e}.$$

(13.33)

Tempo wzrostu dochodu narodowego jest więc uzależnione od tempa wzrostu kapitału i tempa wzrostu jego efektywności. Tempo wzrostu kapitału zależy bezpośrednio od wzrostu inwestycji netto w gospodarce, natomiast zasadniczym czynnikiem wpływającym na tempo wzrostu efektywności kapitału jest dynamika postępu technicznego w gospodarce. Ze względu na to, iż w nowo budowanych obiektach inwestycyjnych

wdraża się często nowe rozwiązania techniczne, dynamika inwestycji nie jest bez znaczenia dla dynamiki postępu technicznego w gospodarce.

Przyrost dochodu narodowego można też zapisać jako:

$$\Delta Y = I \cdot \frac{1}{k},$$

(13.34)

gdzie:

$I$  – inwestycje (równe przyrostowi kapitału  $\Delta K$ ),

$\frac{1}{k}$  – współczynnik efektywności inwestycji (równy  $\frac{\Delta Y}{I}$  lub  $\frac{\Delta Y}{\Delta K}$ ), określający przyrost dochodu narodowego przypadający na 1 jednostkę inwestycji (zakładamy stałość  $k$ ).

Współczynnik efektywności inwestycji ( $\frac{1}{k}$ ) występujący w równaniu (13.34) jest odwrotnością **krańcowego współczynnika kapitałochłonności** ( $k$ ) wskazującego, ile złotych należy zainwestować w gospodarkę, aby w rezultacie dochód narodowy wzrósł o 1 złotówkę. Jeśli np.  $k = 2,5$ , to trzeba zainwestować 2,5 zł w celu uzyskania przyrostu dochodu narodowego o 1 złotówkę w nowo zbudowanych obiektach inwestycyjnych. Dla uproszczenia pomijamy tutaj czas upływający od podjęcia inwestycji do przyrostu dochodu narodowego, zakładając, że obydwa procesy dokonują się w tym samym okresie.

W celu otrzymania wzoru na tempo wzrostu dochodu narodowego podzielimy obie strony równania (13.34) przez  $Y$ . Mamy wówczas:

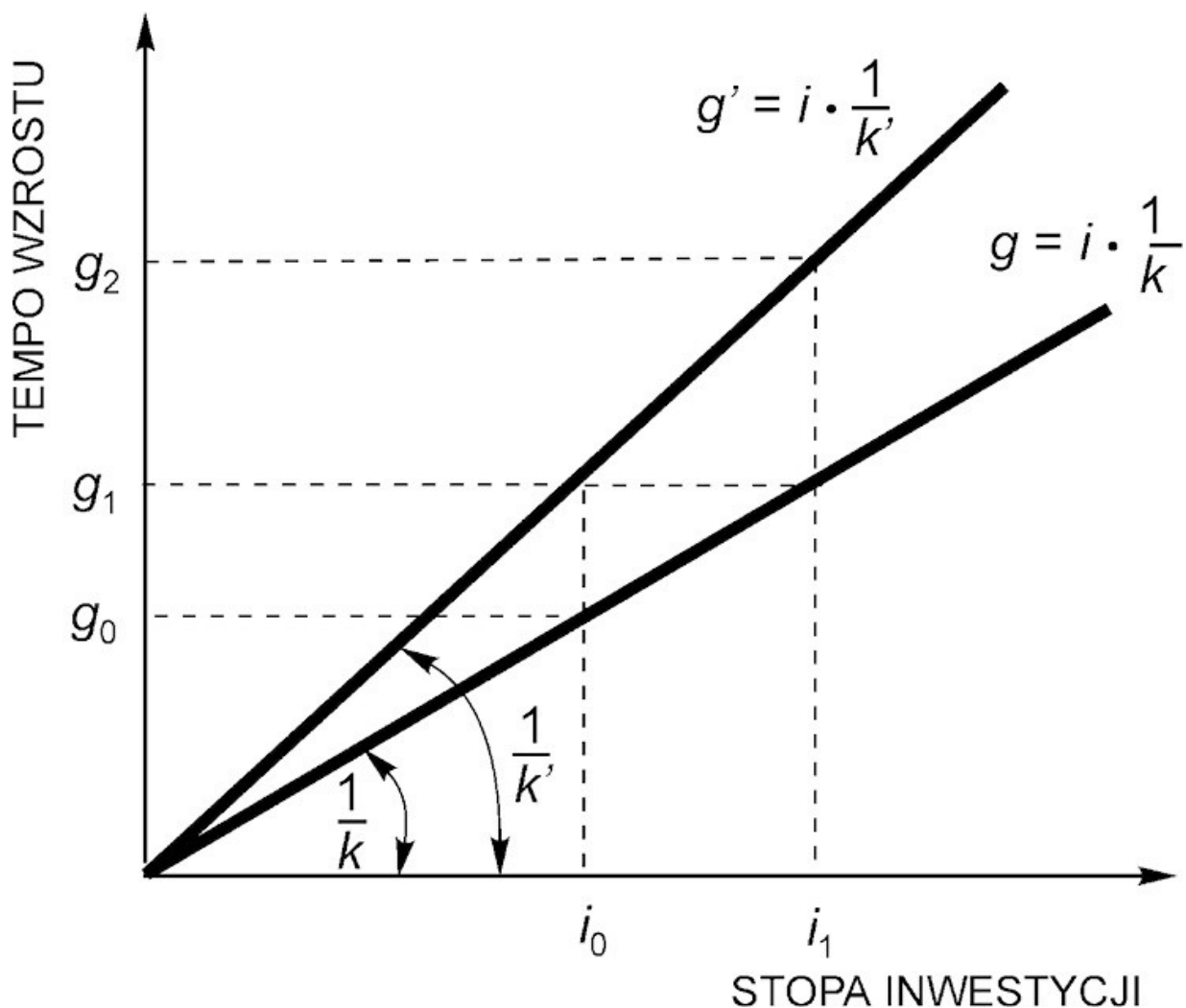
$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{I}{Y} \cdot \frac{1}{k},$$

(13.35)

gdzie  $\frac{I}{Y}$  to tzw. **stopa inwestycji**, określająca udział inwestycji w dochodzie narodowym. Z równania (13.35) wynika[110], że tempo

wzrostu dochodu narodowego ( $\frac{\Delta Y}{Y}$ ) zależy od stopy inwestycji ( $\frac{I}{Y}$ ) oraz efektywności inwestycji ( $\frac{1}{k}$ ). Tempo wzrostu dochodu jest tym wyższe, im wyższe są  $\frac{I}{Y}$  oraz  $\frac{1}{k}$ .

Graficzną ilustrację formuły (13.35) przedstawiono na rysunku 13.10, gdzie na osi pionowej odłożono tempo wzrostu dochodu narodowego (oznaczając je symbolem  $g$ ), na osi poziomej zaś stopę inwestycji (oznaczając ją symbolem  $i$ ). Zauważmy, że równanie (13.35) można potraktować jako równanie linii prostej, gdzie zmienną zależną jest tempo wzrostu dochodu narodowego, zmienną niezależną – stopa inwestycji, a współczynnikiem kierunkowym określającym kąt nachylenia prostej do osi poziomej – współczynnikiem efektywności inwestycji ( $\frac{1}{k}$ ).



**Rysunek 13.10.** Stopa inwestycji i efektywność inwestycji a tempo wzrostu dochodu narodowego  
Źródło: opracowanie własne.

Założmy, że dane jest  $\frac{1}{k}$ , w rezultacie czego prosta ilustrująca równanie (13.35) znajduje się na rysunku 13.10 w położeniu oznaczonym  $g = i \cdot \frac{1}{k}$ . Wznosi się ona do góry wraz ze wzrostem stopy inwestycji, co wynika z tego, że jej współczynnik kierunkowy, czyli  $\frac{1}{k}$ , jest dodatni. Podstawowy wniosek wynikający z rysunku jest następujący: **im wyższa stopa inwestycji, tym – przy innych czynnikach niezmiennych – wyższe tempo wzrostu dochodu narodowego.** Przy stopie inwestycji  $i_0$  tempo wzrostu wynosi  $g_0$ , gdy zaś stopa inwestycji rośnie do  $i_1$ , tempo wzrostu podnosi się do  $g_1$ .

W tym miejscu dochodzimy do ważnego problemu, dotyczącego warunków niezbędnych do zapewnienia wyższej stopy inwestycji. Wiadomo, że dochód narodowy składa się z dóbr konsumpcyjnych i inwestycyjnych. Podniesienie stopy inwestycji (a więc udziału inwestycji w dochodzie narodowym) implikuje, że w gospodarce wytwarza się relatywnie (procentowo) więcej dóbr inwestycyjnych i relatywnie mniej dóbr konsumpcyjnych. Ze względu na to, że w gospodarce rynkowej nabywcy decydują w istocie o rodzaju wytwarzanych dóbr, podniesienie stopy inwestycji wymaga odpowiedniej zmiany zachowań podmiotów gospodarczych. Jeśli przyjmiemy, że podmioty gospodarcze przeznaczają swoje dochody częściowo na zakupy dóbr konsumpcyjnych (co jest określone przez ich skłonność do konsumpcji), a pozostałą część dochodów oszczędzają (co jest określone przez ich skłonność do oszczędzania), to **podniesienie stopy inwestycji wymaga zwiększenia skłonności do oszczędzania** i zmniejszenia skłonności do konsumpcji przez podmioty gospodarcze. Trzeba więc stwierdzić, że w gospodarce funkcjonującej przy pełnym wykorzystaniu czynników produkcji oszczędności mają zasadnicze znaczenie dla inwestycji i wzrostu gospodarczego.

Rysunek 13.10 pozwala również uchwycić wpływ zmiany efektywności inwestycji na tempo wzrostu dochodu narodowego. Założmy, że początkowo efektywność inwestycji wynosi  $\frac{1}{k}$  i w rezultacie prosta ilustrująca formułę na tempo wzrostu znajduje się w położeniu  $g = i \cdot \frac{1}{k}$ .

Przyjmijmy obecnie, że następuje wzrost efektywności inwestycji do poziomu  $\frac{1}{k}$ , co na rysunku 13.10 znajduje wyraz w przemieszczeniu prostej ilustrującej formułę na tempo do położenia  $g' = i \cdot \frac{1}{k}$ . Przy stopie inwestycji  $i_0$  **wzrost efektywności inwestycji powoduje podniesienie tempa wzrostu** z  $g_0$  do  $g_1$ . Gdyby zaś wzrostowi efektywności inwestycji towarzyszył wzrost stopy inwestycji z  $i_0$  do  $i_1$ , to tempo wzrostu dochodu narodowego podniosłoby się z  $g_0$  do  $g_2$ .

Rozważmy obecnie następujący problem: **czy możliwe jest utrzymanie odpowiednio wysokiego tempa wzrostu (równego potencjalnemu)**, przy założeniu niewielkiej podaży inwestycji lub – mówiąc ściślej – przy niskim udziale inwestycji w produkcie narodowym, **przez odpowiednie dopasowanie współczynnika kapitałochłonności**. Warto podkreślić, że nie jest to problem czysto akademicki, lecz zagadnienie, które odpowiada sytuacji, w jakiej znajdują się kraje słabo rozwinięte gospodarczo. Kraje te cechuje wysokie potencjalne tempo wzrostu tylko ze względu na szybki wzrost ludności. Natomiast możliwości oszczędzania są bardzo skromne ze względu na niski poziom produktu narodowego. Odpowiedni wybór poziomu kapitałochłonności wydaje się pożądaną drogą rozwiązania tego problemu.

Rozważmy najpierw czynniki określające możliwości wyboru poziomu kapitałochłonności. Przede wszystkim należy podkreślić, że **wybór współczynnika kapitałochłonności ściśle wiąże się z substytucyjnością czynników produkcji**. Jeśli substytucja między czynnikami produkcji jest doskonała, to również swobodnie może być kształtowany współczynnik kapitałochłonności. Rozwój technologii produkcji i postępujący podział pracy prowadzą do niskiej substytucyjności czynników produkcji. Z reguły w fazie projektowania określa się docelowy poziom produkcji oraz odpowiednio dobiera wyposażenie kapitałowe i wielkość zatrudnienia. Naruszenie tak dobranych proporcji prowadzi z reguły do znacznego obniżenia efektywności gospodarczej. Reasumując, **zmiany współczynnika kapitałochłonności odnoszącego się do całej gospodarki są możliwe, ale nie mogą dokonywać się szybko**. Tempo zmian kapitałochłonności zależy od możliwości inwestycyjnych gospodarki oraz od elastyczności struktury gałęziowej gospodarki.



---

### 13.4.5. Dekompozycja Solowa

W dotychczasowej analizie wzrostu gospodarczego w długim okresie rozpatrywaliśmy zależność wzrostu dochodu narodowego od wzrostu zasobów pracy, zakładając niezmienność zasobu kapitału, a następnie zależność wzrostu dochodu narodowego od wzrostu zasobu kapitału, przy założeniu niezmienności zasobów pracy. Obecnie rozważymy problem czynników wzrostu gospodarczego przy założeniu równoczesnej zmiany zasobów pracy i kapitału. Wyłania tu się pytanie, jak wpływa równoczesny wzrost nakładów obydwu czynników produkcji na wzrost dochodu narodowego. Problem ten wiąże się z **zagadnieniem efektów skali produkcji**, gdyż powiększanie wszystkich nakładów czynników produkcji podnosi skalę produkcji.

Powiększanie nakładów czynników produkcji prowadzi do wzrostu rozmiarów produkcji, ale skala wzrostu produkcji – przy danym przyroście nakładów czynników produkcji – może być różna. Oprócz stałych efektów skali, o których była mowa w punkcie 13.4.1. wyróżniamy **rosnące efekty skali** oraz **malejące efekty skali**. Rosnące efekty skali występują, gdy tempo wzrostu produkcji jest większe niż tempo wzrostu obu czynników produkcji. Z malejącymi efektami skali mamy do czynienia, gdy tempo wzrostu produkcji jest mniejsze niż tempo wzrostu obu czynników produkcji.

W literaturze dominuje pogląd, że przypadek stałych efektów skali najlepiej odzwierciedla rzeczywiste tendencje występujące w gospodarce. Założenie stałych efektów skali jest przyjmowane również najczęściej w teoretycznych modelach wzrostu gospodarczego.

Formułę wzrostu gospodarczego, zakładającą równoczesny wzrost nakładów pracy i kapitału oraz stałe efekty skali, rozwinął R.M. Solow, czołowy reprezentant współczesnej ekonomii neoklasycznej. Jego zdaniem wzrost produkcji w gospodarce można rozłożyć na trzy części: (1) część związaną ze wzrostem zasobów pracy, (2) część związaną ze wzrostem zasobu kapitału, (3) część związaną z wdrożonym postępem technicznym. Rozpatrzmy to ujęcie nieco bliżej.

Założmy na razie, że w gospodarce nie jest wdrażany postęp techniczny, zasoby pracy wzrastają o 1% rocznie, a zasób kapitału powiększa się o 5%

rocznie. Mogłoby się wydawać, że produkcja w tej gospodarce powinna wzrosnąć o 3% rocznie, tj. o średnią arytmetyczną wzrostu obu czynników ( $\frac{5+1}{2} = 3$ ). Tak jednak nie jest, o ile te czynniki wpływają na wzrost produkcji w niejednakowym stopniu (taka właśnie sytuacja zazwyczaj ma miejsce). Rolę poszczególnych czynników w kształtowaniu produkcji można, zdaniem Solowa, mierzyć udziałem łącznych dochodów otrzymywanych przez dany czynnik produkcji w dochodzie narodowym. Załóżmy, że dochody otrzymywane przez siłę roboczą (tj. płace) stanowią  $\frac{3}{4}$  całego dochodu narodowego, podczas gdy udział zysków i procentów stanowiących dochód kapitału wynosi jedynie  $\frac{1}{4}$ . Oznacza to, że waga wzrostu zatrudnienia dla powiększenia produkcji jest trzy razy większa od wagi wzrostu kapitału. W związku z tym produkcja w naszej przykładowej gospodarce wzrośnie nie o 3%, lecz o 2% rocznie, gdyż  $\frac{3}{4} \times 1\% + \frac{1}{4} \times 5\% = 2\%$ .

Założmy, że funkcja produkcji jest postaci:

$$Y = AF(K, Z). \tag{13.36}$$

Zgodnie ze wcześniejszymi założeniami przyjmujemy, że jednocześnie zmienia się zasób kapitału, pracy oraz wiedzy naukowo-technicznej. Przyrost produkcji spowodowany jednoczesną zmianą tych trzech wielkości możemy zatem opisać równaniem:

$$\Delta Y = \Delta A \cdot F(K, Z) + \Delta K \cdot A \cdot \frac{\Delta F(K, Z)}{\Delta K} + \Delta Z \cdot A \cdot \frac{\Delta F(K, Z)}{\Delta Z}. \tag{13.37}$$

Dzieląc stronami równanie (13.37) przez równanie (13.36), otrzymujemy:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta K}{AF(K, Z)} \cdot A \cdot \frac{\Delta F(K, Z)}{\Delta K} + \frac{\Delta Z}{AF(K, Z)} \cdot A \cdot \frac{\Delta F(K, Z)}{\Delta Z}.$$

(13.38)

Wyrażenie:  $A \cdot \frac{\Delta F(K, Z)}{\Delta K}$  to krańcowy produkt kapitału ( $KP_k$ ), natomiast wyrażenie:  $A \cdot \frac{\Delta F(K, Z)}{\Delta Z}$  jest to krańcowy produkt pracy ( $KP_p$ ), a  $AF(K, Z) = Y$ . Po podstawieniu otrzymujemy:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta K}{Y} \cdot KP_k + \frac{\Delta Z}{Y} \cdot KP_p.$$

(13.39)

Po kolejnych przekształceniach równanie (13.39) przyjmuje postać:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta K}{Y} \frac{K}{K} KP_k + \frac{\Delta Z}{Y} \frac{Z}{Z} KP_p.$$

(13.40)

Zakładamy, że zgodnie z **teorią podziału Johna Batesa Clarka** przedsiębiorstwa wykorzystują siłę roboczą i kapitał do momentu, gdy ich produkty krańcowe zrównują się odpowiednio z **płacą realną** ( $P_{lr}$ ) i **realną ceną wynajmu kapitału** ( $c_{rk}$ ):

$$KP_p = P_{lr} \text{ oraz } KP_k = c_{rk}$$

gdzie:

$c_{rk}$  – cena kapitału w ujęciu realnym,

$P_{lr}$  – realna stawka płac.

Wykorzystując powyższe warunki, możemy wyznaczyć udziały nakładów kapitału i pracy w produkcji. Udział nakładów kapitału w produkcji ( $\alpha$ ) wynosi zatem:

$$\alpha = \frac{c_{rk} \cdot K}{Y} = \frac{KP_k \cdot K}{Y}.$$

(13.41)

Przyjeliśmy, że funkcja produkcji charakteryzuje się stałymi efektami skali, a zatem suma udziału nakładów pracy w produkcji i nakładów kapitału w produkcji wynosi 1. Udział nakładów pracy w produkcji wynosi więc:

$$(1 - \alpha) = \frac{Pl_r \cdot Z}{Y} = \frac{KP_p \cdot Z}{Y}. \quad (13.42)$$

Podstawiając równania (13.41) i (13.42) do równania (13.40), otrzymujemy **formułę wzrostu gospodarczego Solowa**:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \alpha \cdot \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta Z}{Z}, \quad (13.43)$$

gdzie:

$\frac{\Delta Y}{Y}$  – tempo wzrostu dochodu narodowego,

$\frac{\Delta Z}{Z}$  – tempo wzrostu zatrudnienia,

$\frac{\Delta K}{K}$  – tempo wzrostu zasobu kapitału,

$\frac{\Delta A}{A}$  – stopa postępu technicznego.

Z formuły (13.43) wynika, że tempo wzrostu gospodarczego zależy od dynamiki postępu technicznego oraz tempa wzrostu zatrudnienia i tempa wzrostu zasobu kapitału, ważonych udziałami dochodów tych czynników w dochodzie narodowym.

Przypuśćmy, że  $\alpha$ ,  $\frac{\Delta Z}{Z}$  i  $\frac{\Delta K}{K}$  wynoszą tyle samo, co we wcześniejszym przykładzie oraz wiadomo, że tempo wzrostu produkcji z tytułu postępu technicznego wynosi 1,5%. Korzystając z formuły (13.43), można wówczas obliczyć tempo wzrostu dochodu narodowego w sposób następujący:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = 1,5\% + \frac{1}{4} \cdot 5\% + \frac{3}{4} \cdot 1\% = 3,5\%.$$

Obliczenie  $\alpha$ ,  $\frac{\Delta Z}{Z}$  i  $\frac{\Delta K}{K}$  na podstawie danych rzeczywistych jest stosunkowo proste, natomiast obliczenie dynamiki postępu technicznego  $\left(\frac{\Delta A}{A}\right)$  jest niezmiernie trudne. Dlatego też szacunek  $\frac{\Delta A}{A}$  jest często dokonywany w praktyce na podstawie obliczenia wielkości rezydualnej, stanowiącej różnicę między rzeczywistym tempem wzrostu dochodu narodowego (które jest znane) a sumą ważonego tempa wzrostu zatrudnienia i ważonego tempa wzrostu kapitału, zgodnie z następującą formułą:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta Y}{Y} - \left[ \alpha \cdot \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta Z}{Z} \right].$$

(13.44)

Powyższy wzór można zmodyfikować, wykorzystując wcześniej wprowadzoną formułę (13.29). Jeśli do równania (13.29) podstawimy zależność (13.44), to otrzymamy formułę:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta w}{w} + \frac{\Delta Z}{Z} - \left[ \alpha \cdot \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta Z}{Z} \right].$$

(13.45)

Dokonując odpowiednich redukcji wyrazów podobnych, uzyskujemy:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta w}{w} - \alpha \left[ \frac{\Delta K}{K} - \frac{\Delta Z}{Z} \right].$$

(13.46)

Stopa postępu technicznego jest równa stopie wzrostu wydajności pracy pomniejszonej o alfa krotność różnicy między stopą wzrostu kapitału i zatrudnienia. Jak widać, powyższa formuła jest rozszerzoną wersją równania (13.16) definiującego postęp techniczny jako wzrost wydajności przy stałym technicznym uzbrojeniu pracy. Ten ostatni warunek jest spełniony, gdy stopa wzrostu kapitału równa jest stopie wzrostu zatrudnienia.

---

## 13.5. Postęp techniczny i jego determinanty

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że postęp techniczny stanowi istotne źródło wzrostu gospodarczego, a jego dynamika ma zasadnicze znaczenie dla tempa wzrostu gospodarczego w długim okresie. Warto w związku z tym przyjrzeć się nieco dokładniej postępowi technicznemu, a zwłaszcza jego istocie oraz czynnikom determinującym jego dynamikę.

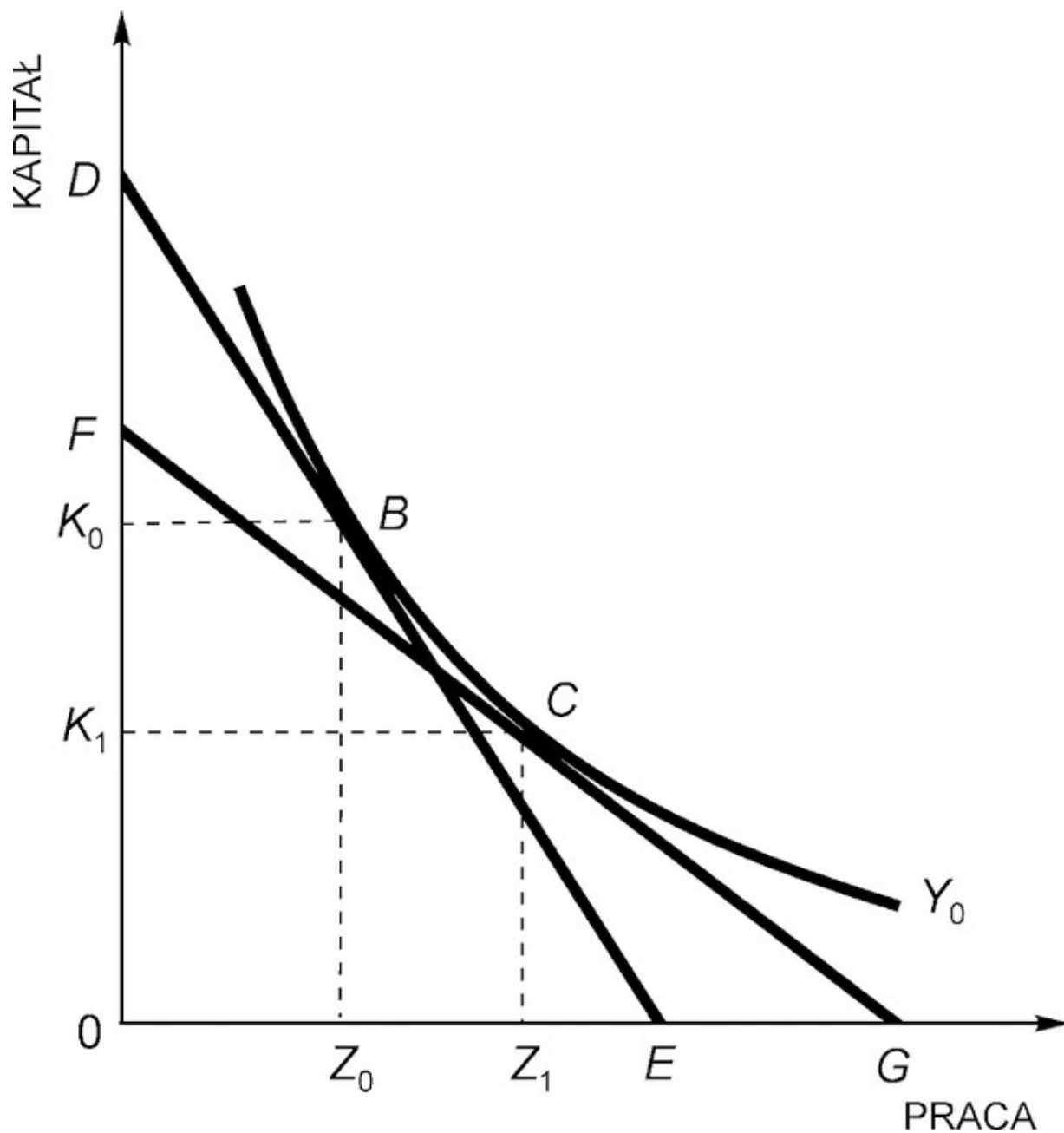
---

### 13.5.1. Krzywa jednakowego produktu

W poprzednim punkcie rozdziału rozpatrywaliśmy efekty postępu technicznego z punktu widzenia poszczególnych czynników produkcji, tj. zasobów pracy i kapitału. Obecnie podejmiemy interpretację postępu technicznego z punktu widzenia obydwu czynników produkcji równocześnie. Dobrym punktem wyjścia tej analizy jest pojęcie krzywej jednakowego produktu, zwanej też izokwantą produkcji.

Przy danym stanie techniki produkcji istnieją różne metody wytworzenia takiej samej produkcji. Dla wyjaśnienia tego stwierdzenia posłużymy się przykładem mikroekonomicznym. Załóżmy, że należy wykopać dół pod fundamenty. Można sobie wyobrazić różne sposoby wykonania tego zadania. Można np. zatrudnić 10 pracowników i wyposażyć ich w łopaty (metoda 1) albo też zatrudnić 2 pracowników i wyposażyć ich w koparkę (metoda 2). Metody te różnią się proporcjami zastosowanych czynników produkcji. W metodzie 1 stosuje się stosunkowo dużo nakładów pracy i mało nakładów kapitału, natomiast w metodzie 2 stosunkowo wysoki jest udział kapitału, niski zaś udział pracy. Oczywiście można wyobrazić sobie również inne metody wykopania dołu pod fundamenty. Z analogicznym problemem mamy do czynienia w skali makroekonomicznej. W warunkach danego stanu techniki produkcja w gospodarce może być wytworzona dzięki zastosowaniu różnych metod produkcji, charakteryzujących się różnymi proporcjami nakładów czynników produkcji. Zbiór wszystkich technicznie wydajnych kombinacji czynników produkcji pozwalających

wytworzyć daną produkcję jest nazywany **krzywą jednakowego produktu** bądź **izokwantą produkcji**. Jej ilustrację graficzną stanowi krzywa zaznaczona na rysunku 13.11.

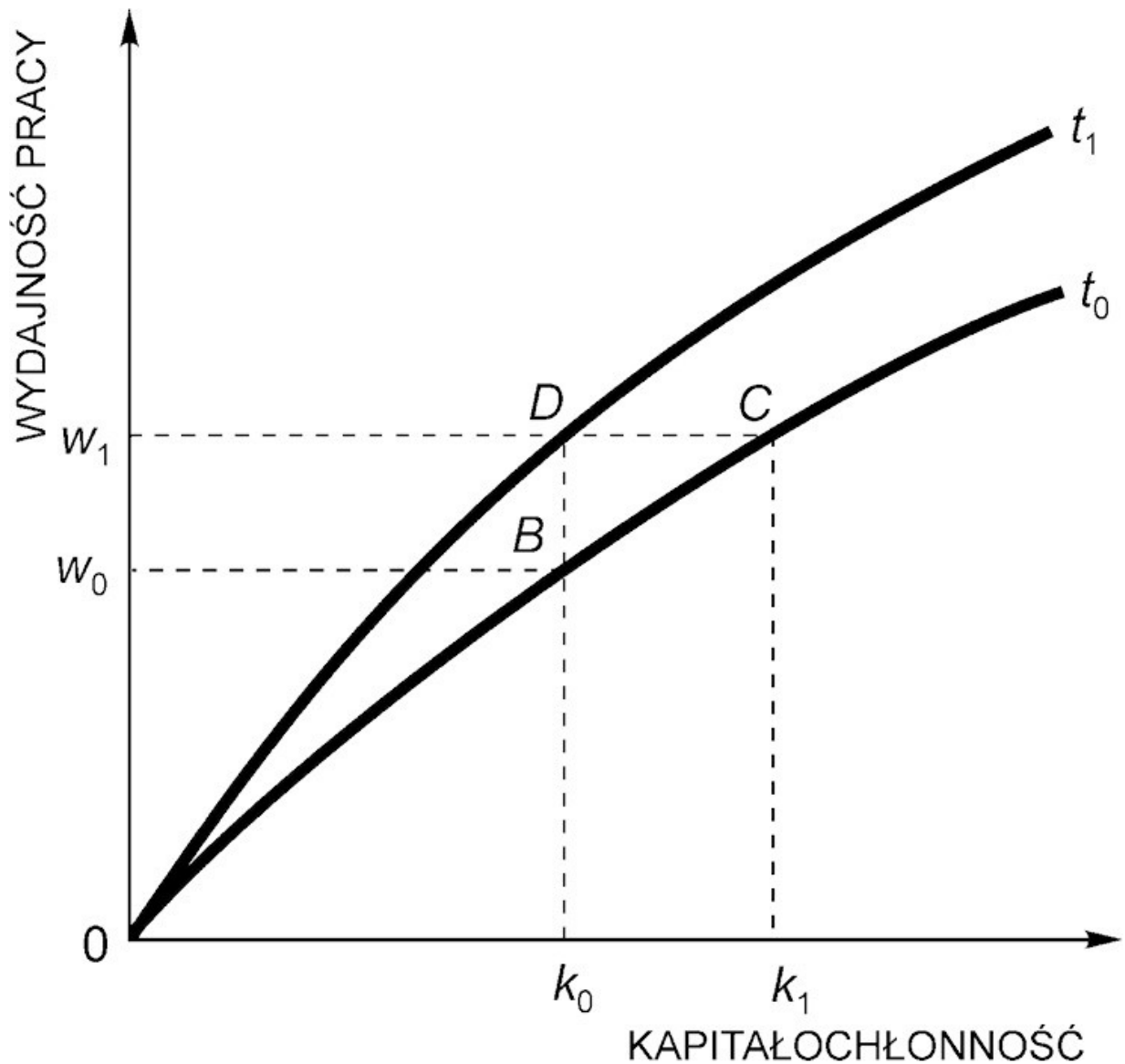


**Rysunek. 13.11.** Krzywa jednakowego produktu i linia jednakowego kosztu  
Źródło: opracowanie własne.



Na rysunku 13.11, gdzie na osiach współrzędnych odłożono nakłady pracy ( $Z$ ) i kapitału ( $K$ ), zaznaczono izokwantę  $Y_0$ , pokazującą możliwe do zastosowania kombinacje nakładów czynników produkcji przy wytwarzaniu produkcji  $Y_0$ . Zaznaczone na rysunku metody  $B$  i  $C$  różnią się między sobą kilkoma cechami. Po pierwsze, różne są w obu metodach proporcje między zastosowanymi czynnikami produkcji. W metodzie  $B$  stosuje się stosunkowo dużo nakładów kapitału (jest to więc **metoda kapitałochłonna**), w metodzie  $C$  zaś – stosunkowo dużo nakładów pracy (jest to **metoda pracochłonna**). Po drugie, metody  $B$  i  $C$  różnią się poziomem przeciętnej kapitałochłonności produkcji, mierzonej stosunkiem nakładów kapitału do rozmiarów produkcji (a więc  $\frac{K}{Y}$ ). W metodzie  $C$  kapitałochłonność produkcji jest niższa niż w metodzie  $B$ , bowiem  $\frac{K_1}{Y_0} < \frac{K_0}{Y_0}$ . Po trzecie, metody  $B$  i  $C$  różnią się poziomem wydajności pracy, mierzonej wielkością produkcji przypadającej na 1 zatrudnionego, a więc stosunkiem  $\frac{Y}{Z}$ . Metoda  $C$  charakteryzuje się niższą wydajnością pracy niż metoda  $B$ , gdyż  $\frac{Y_0}{Z_1} < \frac{Y_0}{Z_0}$ .

Z powyższych rozważań można wysnuć wniosek, iż **poziom wydajności pracy zależy od poziomu kapitałochłonności produkcji**. Im wyższy jest poziom kapitałochłonności, a więc im lepsze jest wyposażenie procesu produkcyjnego w maszyny i urządzenia, tym wyższy jest poziom wydajności pracy. Zależność tę ilustruje krzywa  $t_0$  na rysunku 13.12. Jak widać na rysunku, przy kapitałochłonności  $k_0$  wydajność pracy wynosi  $w_0$ , gdy zaś kapitałochłonność rośnie do  $k_1$ , wydajność pracy podnosi się do  $w_1$ .



**Rysunek 13.12.** Wydajność pracy a kapitałochłonność  
Źródło: opracowanie własne.

### 13.5.2. Linia jednakowego kosztu

Stwierdziliśmy wcześniej, że w warunkach danego stanu techniki istnieją różne metody wytworzenia tej samej produkcji. Wyłania się w związku z tym pytanie, jakie metody produkcji są wybierane przez producentów. Ogólna odpowiedź jest tu następująca: producenci wybierają takie metody produkcji, które zapewniają wytworzenie danej produkcji przy

minimalnych kosztach produkcji. Istotną rolę w kształtowaniu kosztów produkcji odgrywają ceny czynników produkcji. W związku z tym ceny czynników produkcji, a w szczególności stosunek między cenami poszczególnych czynników, odgrywają zasadniczą rolę w wyborze metod produkcji. Jeśli cena pracy (tj. stawka płac) jest stosunkowo niska, a cena kapitału jest stosunkowo wysoka i w rezultacie stosunek ceny pracy do ceny kapitału jest niski, to producenci będą preferować i wybierać metody pracochłonne. Gdy natomiast cena pracy jest relatywnie wysoka, a cena kapitału relatywnie niska, to producenci będą wybierać metody kapitałochłonne. Wpływ stosunku cen czynników produkcji na wybór metod produkcji można zilustrować graficznie za pomocą linii jednakowego kosztu, nazywanej również izokosztą (rys. 13.11).

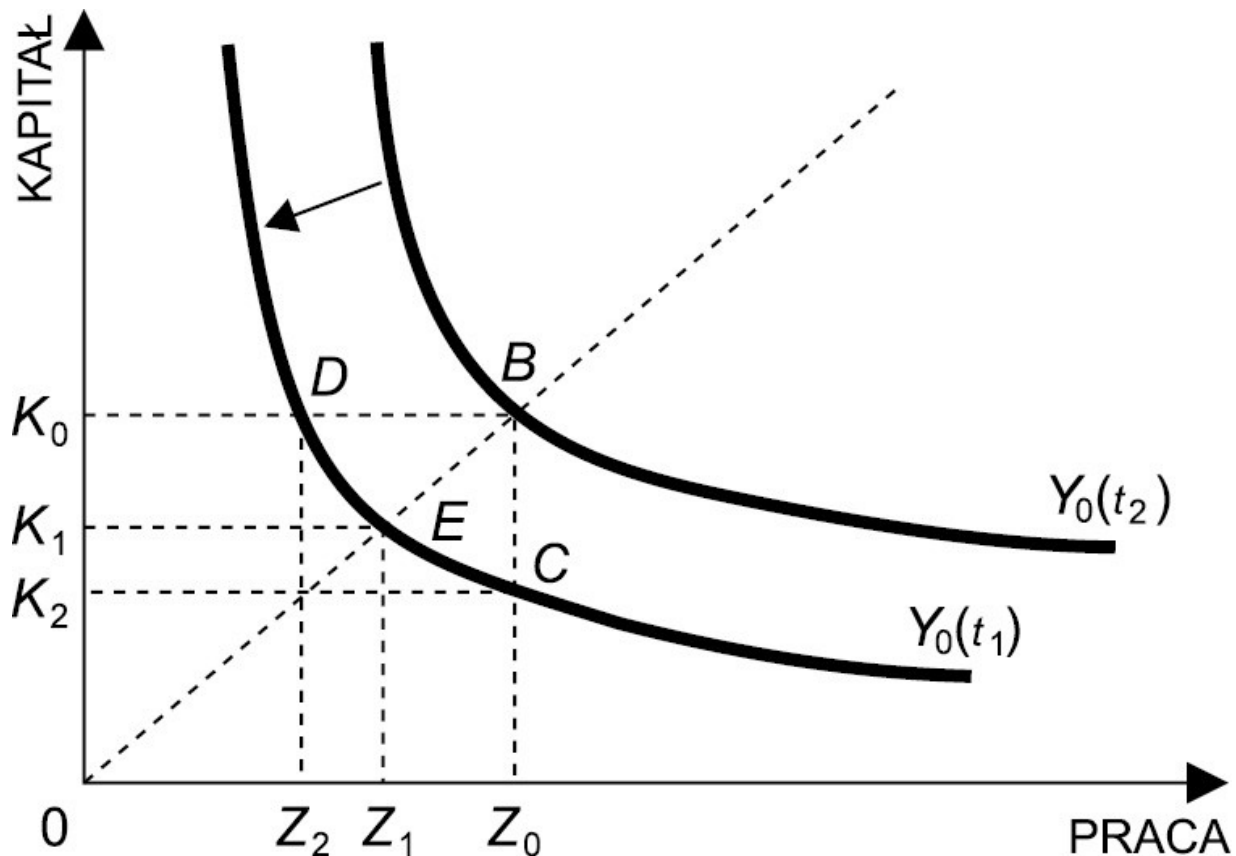
**Linia jednakowego kosztu (izokoszta)** pokazuje kombinacje czynników produkcji przy danych cenach czynników produkcji i danej wielkości łącznych kosztów zużycia tych czynników. Przykładem izokoszty jest na rysunku 13.11 linia prosta przechodząca przez punkty *D* i *E*. Punkt *D* otrzymujemy, dzieląc łączną sumę kosztów przez cenę 1 jednostki kapitału, punkt *E* zaś – dzieląc łączną sumę kosztów przez cenę 1 jednostki pracy (tj. stawkę płac). Stosunek ceny pracy do ceny kapitału znajduje wyraz na rysunku w nachyleniu izokoszty. Załóżmy, że izokoszta *DE* odzwierciedla istniejący w gospodarce stosunek cen czynników produkcji. Jej styczność z izokwantą  $Y_0$  wyznacza preferowane przez producentów metody produkcji (punkt *B*). Gdyby stawki płac spadły, a cena usług kapitału wzrosła, to znalazłoby to wyraz na rysunku w mniej stromym nachyleniu izokoszty. Przyjmijmy, że izokoszta przechodziłaby wówczas przez punkty *FG*. W tej sytuacji producenci preferowaliby bardziej pracochłonne metody produkcji, wyznaczone przez punkt styczności izokoszty *FG* z izokwantą  $Y_0$  (punkt *C*).

---

### 13.5.3. Istota postępu technicznego

Przyjrzyjmy się obecnie bliżej istocie **postępu technicznego**, wykorzystując wprowadzone wcześniej pojęcie krzywej jednakowego produktu (izokwanty produkcji).

Założmy, że przy istniejącej i znanej w okresie  $t_0$  technice produkcji możliwe jest wytworzenie produkcji  $Y_0$  za pomocą wielu metod produkcji, co na rysunku 13.13 ilustruje izokwanta  $Y_0(t_0)$ . Przyjmijmy również, że ze względu na występujący stosunek cen czynników produkcji producenci stosują metody produkcji oznaczone na rysunku symbolem  $B$ . Założmy obecnie, że w okresie  $t_1$  wdrożono w gospodarce postęp techniczny. Zgodnie z wcześniejszą definicją, postęp techniczny umożliwia wytworzenie takiej samej produkcji przy mniejszych nakładach czynników produkcji. Na rysunku 13.13 znajduje to wyraz w przesunięciu izokwanta  $Y_0(t_0)$  w kierunku początku układu współrzędnych, np. do położenia  $Y_0(t_1)$ . Dzięki postępowi technicznemu produkcję  $Y_0$  wytwarza się przy mniejszym łącznym zużyciu czynników produkcji. Punkt  $D$  oznacza, że produkcję  $Y_0$  wytwarza się przy tych samych zasobach kapitału, co przed wdrożeniem postępu technicznego (tj.  $K_0$ ) i mniejszym zasobie pracy ( $Z_2$  zamiast  $Z_0$ ); natomiast punkt  $C$  oznacza, że produkcja  $Y_0$  jest wytwarzana przy tych samych zasobach pracy ( $Z_0$ ) i mniejszym zużyciu zasobów kapitału ( $K_2$  zamiast  $K_0$ ). Gdyby stosunek cen czynników produkcji nie uległ zmianie, to producenci preferowaliby stosowanie metod produkcji, które na rysunku 13.13 symbolizuje punkt  $E$  (nachylenie izokoszty, a więc stycznej do izokwanta w punktach  $B$  i  $E$  jest jednakowe). W tym przypadku dzięki postępowi technicznemu produkcję  $Y_0$  wytwarzano by przy mniejszych nakładach zarówno pracy ( $Z_1$  zamiast  $Z_0$ ), jak i kapitału ( $K_1$  zamiast  $K_0$ ).



**Rysunek 13.13.** Krzywa jednakowego produktu a postęp techniczny  
 Źródło: opracowanie własne.

Z powyższych rozważań wynika, że postęp techniczny oszczędza nakłady czynników produkcji w procesie produkcji. Stopień zaoszczędzenia czynników produkcji może być różny w odniesieniu do poszczególnych czynników. Gdy w rezultacie postępu technicznego rośnie stosunek między nakładami kapitału a nakładami pracy, to taki postęp techniczny jest określany mianem **pracooszczędnego**. Na rysunku 13.13 znajduje on wyraz w przejściu od punktu *B* do punktów leżących na izokwancie  $Y_0(t_1)$  pomiędzy punktami *E* i *D*. Jeśli natomiast w wyniku postępu technicznego stosunek kapitału do pracy spada, to taki postęp techniczny nazywany jest postępem **kapitałoszczędnym**. Jego ilustracją na rysunku 13.13 jest przejście od punktu *B* do punktów leżących na łuku *CE* izokwenty  $Y_0(t_1)$ . Jeśli w rezultacie wdrożenia postępu technicznego stosunek między nakładami kapitału i pracy nie zmienia się, to wówczas mamy do czynienia z **neutralnym** postępem technicznym. Graficzną ilustracją neutralnego postępu technicznego jest przejście z punktu *B* do *E* na rysunek 13.13.

Tendencje postępu technicznego występujące w rzeczywistości krajów rozwiniętych wskazują, że w większości przypadków ma on charakter pracooszczędny. Oznacza to, iż efektem postępu technicznego jest wzrost wydajności pracy.

Pracooszczędne skutki postępu technicznego można łatwo zauważyć na rysunku 13.13, gdy następuje przejście od punktu *B* do punktu *D*. Przejście to oznacza wzrost wydajności pracy, gdyż  $\frac{Y_o}{Z_2} > \frac{Y_o}{Z_o}$ . Warto zauważyć, że ten wzrost wydajności pracy nastąpił przy tej samej kapitałochłonności produkcji (kapitałochłonność jest taka sama w punktach *B* i *D* i wynosi ona  $\frac{K_o}{Y_o}$ ). Taki efekt postępu technicznego znajduje wyraz na rysunku 13.12 w przesunięciu krzywej  $t_0$  do góry, np. do położenia  $t_1$ . Przy kapitałochłonności  $k_0$  wydajność pracy wzrasta z poziomu  $w_0$  do poziomu  $w_1$ . Można więc stwierdzić, że **postęp techniczny umożliwia wzrost wydajności pracy bez zmiany poziomu kapitałochłonności**.

W dotychczasowej analizie traktowaliśmy **postęp techniczny jako czynnik egzogeniczny**, tzn. określony przez czynniki zewnętrzne leżące poza systemem gospodarczym. Takie podejście do analizy postępu technicznego charakterystyczne jest dla całej tradycyjnej neoklasycznej teorii wzrostu gospodarczego. W bardziej nowoczesnych ujęciach rozwijanych m.in. przez Roberta Lucasa i Paula Romera, próbuje się traktować **postęp techniczny jak czynnik endogeniczny**, tzn. określony przez czynniki wewnętrzne należące do systemu gospodarczego.

Dynamika postępu technicznego w gospodarce zależy od wielu czynników. Należy do nich zaliczyć, po pierwsze, **stopień rozwoju wynalazczości i badań naukowych**. Zależą one z kolei w istotnej mierze od wydatków na badania naukowe. Tendencje rozwojowe we współczesnym świecie wskazują, że im większe wydatki na badania naukowe, tym większa dynamika postępu technicznego. Po drugie, ze względu na bliski związek postępu technicznego z rozwojem kwalifikacji pracowniczych, **stopień rozwoju kwalifikacji zawodowych oddziałuje na dynamikę postępu technicznego**. Można powiedzieć, że dynamika postępu technicznego zależy od rozwoju kapitału ludzkiego, wyrażającego się w nabytych kwalifikacjach zawodowych. Zasadnicze znaczenie ma tutaj system edukacji i szkoleń zawodowych. Po trzecie, ze względu na to, że

istotnym kanałem wdrażania postępu technicznego są nowe maszyny i urządzenia (jest to tzw. postęp techniczny ucieleśniony), **dynamika postępu technicznego jest uzależniona od dynamiki inwestycji.** Szczególną rolę odgrywa napływ inwestycji zagranicznych z krajów rozwiniętych, gdyż towarzyszy im zazwyczaj napływ nowoczesnych technologii produkcji.