

Natalia Genstwa

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Ekonomii i Polityki Gospodarczej w Agrobiznesie
natalia.genstwa@up.poznan.pl

Środowiskowa krzywa Kuznetsa: przegląd teoretyczno-metodyczny

Zarys treści: Koncepcja środowiskowej krzywej Kuznetsa (EKC) odnosi się do zależności pomiędzy rozwojem gospodarczym, najczęściej wyrażanym wartością PKB *per capita*, a degradacją środowiska. Graficzna prezentacja klasycznej postaci krzywej przypomina kształt odwróconej litery „U”. Na kształt krzywej wpływa jednak wiele czynników, stąd powszechna krytyka założenia i próby wykorzystania różnorodnych modeli do weryfikacji zależności. W artykule dokonano przeglądu i analizy współczesnych badań z zakresu weryfikacji koncepcji EKC. Dyskusji poddano przesłanki teoretyczne oraz podejście metodyczne, porównano wykorzystane zmienne objaśniane (stan środowiska) i objaśniające, wielkość próby badawczej, zakres czasowy oraz wyniki badań uzyskane przez badaczy weryfikujących koncepcję EKC. Szczególną uwagę poświęcono możliwości wykorzystania EKC do badań na poziomie regionalnym i lokalnym.

Słowa kluczowe: środowiskowa krzywa Kuznetsa (EKC), degradacja środowiska, rozwój gospodarczy

Wprowadzenie

Degradacja środowiska to ogólnoświatowy problem, który z roku na rok staje się coraz większym wyzwaniem (Perrings 2003, Kahuthu 2006, Panayotou 2016). Z raportu ONZ „Global Environment Outlook (Geo-6)” z 2016 r. wynika, że skala problemu jest na tyle duża, że zmiany widoczne są we wszystkich obszarach środowiska. Zanieczyszczenia wód, powietrza i gleb powodują zmniejszenie się bioróżnorodności fauny i flory Ziemi, zmiany klimatyczne wpływają na występowanie skrajnych zjawisk, takich jak susze, powodzie, pożary i osuwanie się ziemi, a przeludnienie i urbanizacja są źródłem nowych problemów, takich jak duża ilość odpadów, wyczerpywanie się zasobów naturalnych, zanieczyszczenia świetlne i hałas. Presja, jaką wywiera działalność gospodarcza człowieka na środowisko, ciągle przybiera na sile, co w efekcie może doprowadzić do kryzysu ekologicznego, czyli nieodwracalnych zmian w środowisku. Takie zmiany mogą z kolei znacząco

ograniczać dalszy rozwój gospodarczy m.in. poprzez brak dostępu do surowców naturalnych (Pakulska 2002, Daily 2005, Kassenberg 2011 i in.). Środowisko naturalne i rozwój gospodarczy łączą zatem wzajemne relacje, które stały się obszarem zainteresowania w dziedzinie nauk ekonomicznych oraz tematem wielu opracowań.

Relacje między działalnością gospodarczą człowieka a stanem środowiska stały się przedmiotem zainteresowania już w momencie powstania pierwszych cywilizacji. Platon w swoich opracowaniach zauważył związek pomiędzy wylesianiem a erozją gleb i suszami, co stało się początkiem badań w zakresie ekonomii środowiska. Znaczenie powiązań środowiskowo-gospodarczych obserwuje się również w kolejnych opracowaniach wybitnych ekonomistów i myślicieli, takich jak m.in.: A. Smith, D. Ricardo T. Malthus czy E. Schumacher, który w latach 70. XX w. wprowadził pojęcie kapitału naturalnego (Gómez-Baggethun i in. 2010). Badania zależności pomiędzy dewastacją środowiska a rozwojem gospodarczym ponownie zyskały szczególną popularność w latach 90. XX w. Przełomową publikacją okazało się opracowanie Grossmana i Kruegera z 1991 r., w której pojawiła się hipoteza o środowiskowej krzywej Kuznetsa. Autorzy zauważyli, że relacja pomiędzy zanieczyszczeniami środowiska a rozwojem gospodarczym przyjmuje kształt odwróconej litery „U”. Koncepcja ta do dziś stanowi tło teoretyczne i narzędzie analizy relacji pomiędzy środowiskiem naturalnym a rozwojem gospodarczym. Stała się podstawą do późniejszych badań, których celem było poznanie przyczyn i kierunków degradacji środowiska oraz wskazanie czynników wywierających największy wpływ na poszczególne obszary środowiska (Dinda 2004). W literaturze nie brakuje jednak krytycznych opinii, które podważają wiarygodność koncepcji. Wielu naukowców stwierdza, że istotne znaczenie dla jakości środowiska ma polityka środowiskowa, która pierwotnie została pominięta w analizie. Zauważają, że koncepcja jest prawdziwa tylko dla niektórych obszarów środowiska (stan powietrza i wód). Pojawia się również opinia, według której w rzeczywistości obserwuje się różne kształty krzywej itd. (Lieb 2004, Chowdhury, Moran 2012). W odpowiedzi warto zauważyć, że zrealizowanie rzetelnych badań na podstawie koncepcji o środowiskowej krzywej Kuznetsa wymaga, aby badający zaleźności pomiędzy rozwojem gospodarczym a jakością środowiska uwzględnił wielowymiarowość zjawiska oraz różnorodny charakter zanieczyszczeń. Gruszecki i Józwick (2019) wskazują, że należy przede wszystkim rozróżnić zmiany środowiskowe wyrażone w konkretnym momencie, np. w danym roku, i zanieczyszczenia skumulowane. Trzeba również rozróżnić zanieczyszczenia lokalne, m.in.: zanieczyszczenia pyłowe, SO₂ i NO_x i zanieczyszczenia globalne, np. CO₂ i NH₄ (Meers 2000). Kolejne badania w obszarze EKC charakteryzują się dużą precyzją, są modelami rozszerzonymi o kolejne zmienne, które uwzględniają wielowymiarowy charakter przemian gospodarczych, długie szeregi czasowe dla wielu jednostek oraz odnoszą się do różnych form degradacji środowiska.

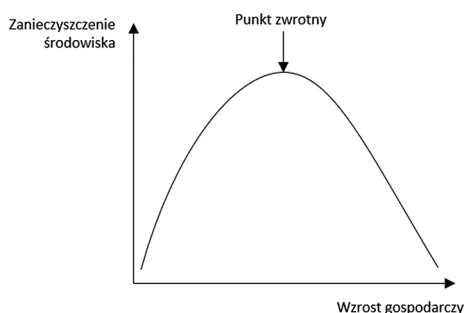
W opracowaniu omówiono pierwotne badania twórców koncepcji o środowiskowej krzywej Kuznetsa oraz przedstawiono podstawowe jej założenia. Głównym celem artykułu był przegląd wybranych, współczesnych badań przeprowadzonych na podstawie koncepcji EKC. Autorka porównała zastosowane przez

innych badaczy metody badań, dobór próby badawczej, zmiennych zależnych i niezależnych oraz wyniki badań. Omówiono m.in. zmienne opisujące rozwój gospodarczy, o które rozszerzono klasyczne modele odzwierciedlające przebieg krzywej. Pojawiły się również przykłady uwzględnienia założeń koncepcji EKC w badaniach regionalnych. W efekcie wskazano kierunek dla przyszłych badań, w których należy wykorzystać EKC jako narzędzie, do analizy zależności pomiędzy degradacją środowiska a rozwojem gospodarczym na poziomie regionalnym.

Środowiskowa krzywa Kuznetsa w ujęciu klasycznym

Badania nad przemianami zachodzącymi w środowisku naturalnym wymagają podejścia interdyscyplinarnego. Zjawisko degradacji środowiska należy rozpatrywać m.in. jako skutek działalności gospodarczej człowieka, który nieustannie eksploatuje środowisko. Ta złożoność zjawiska i wzajemne zależności zostały uwzględnione w teoretycznej koncepcji środowiskowej krzywej Kuznetsa, w skrócie EKC (ang. *Environmental Kuznets Curve*). Nazwa popularnej dziś koncepcji pochodzi od nazwiska laureata nagrody Nobla, Simona Kuznetsa. W swoich badaniach z 1951 roku Kuznets omówił zależności pomiędzy zamożnością a nierównością dochodową w społeczeństwie. Z jego badań wynika, że wraz z rozwojem kraju nierówności społeczne rosną do pewnego momentu, a po pewnym czasie spadają. Graficzna prezentacja tej relacji nazywana jest krzywą dzwonową i przypomina kształtem odwróconą literę „U” (ryc. 1) (Jankowska 2016). Grossman i Krueger, autorzy hipotezy o środowiskowej krzywej Kuznetsa, opisali analogiczną zależność w swojej przełomowej publikacji z 1991 r. Zauważyli, że w początkowym etapie wzrostu gospodarczego rośnie poziom degradacji środowiska. Trend ten zmienia się jednak po osiągnięciu pewnego poziomu dochodów, tzw. punktu zwrotnego (ang. *Income Turning Point* – ITP) (Emerson, Pendleton 2004). Po przekroczeniu tego punktu zdolność do poniesienia kosztów na ochronę środowiska wzrasta, a dalszy rozwój gospodarczy nie powoduje pogarszania się stanu środowiska.

Pierwotnie badania empiryczne Grossmana i Kruegera odnosiły się do skutków zacieśniających się stosunków handlowych pomiędzy Meksykiem i USA. Badania twórców EKC opierały się na lokalnych zanieczyszczeniach powietrza w miastach. Do charakterystyki zmian środowiskowych wykorzystano dane dla okresu od 1977 do 1988 r. publikowanych przez Global Environmental Monitoring System (GEMS) dla 52 miast z 32 krajów. Przyjęto trzy zmienne opisujące poziom zanieczyszczenia powietrza, tj. SO_2 , NO_x oraz cząsteczki pyłu zawieszzonego w powietrzu (*dark matter*). Poziom rozwoju gospodarczego wyrażony był wartością PKB *per capita* według parytetu siły nabywczej



Ryc. 1. Środowiskowa krzywa Kuznetsa

w USD (Stern i in. 1996, Panayotou 2016). W swojej pracy autorzy przełomowych badań wykorzystali prosty model EKC opisujący zależność pomiędzy poziomem zanieczyszczenia a rozwojem gospodarczym, który jest wyrażony w postaci funkcji wielomianowej:

$$y_{it} = \alpha_1 + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it}$$

gdzie:

y – wskaźnik degradacji środowiska (zazwyczaj podawany w ekwiwalencie CO_2),

x – poziom rozwoju gospodarczego, mierzony jako PKB *per capita*,

z – inne zmienne wpływające na degradację środowiska,

ε_{it} – składnik losowy (Jankowska 2016).

W rezultacie przeprowadzonych badań autorzy koncepcji EKC zauważyli, że na dewastację środowiska spowodowaną wzrostem gospodarczym wynikającym z liberalizacji handlu może oddziaływać kolejno efekt skali, efekt kompozycji oraz efekt technologiczny (ryc. 2). Efekt skali dotyczy gwałtownego wzrostu aktywności gospodarczej (produkcja, transport, budownictwo itp.), co wiąże się z wykorzystaniem dużej ilości surowców oraz wzrostem emisji zanieczyszczeń i ilości odpadów. Czynnikiem ten odpowiada pierwszej części składowej EKC, która odzwierciedla szybki wzrost degradacji środowiska (Nowak-Far 2014). Kolejno trend może być łagodzony poprzez efekt kompozycji, czyli zmian w strukturze gospodarczej kraju. Zmiany udziału poszczególnych sektorów gospodarki w tworzeniu PKB są szczególnie widoczne w krajach bogatszych, wysoko rozwiniętych. Ostatnim etapem omawianej krzywej środowiskowej jest efekt technologiczny (dochodowy). Trend ten również występuje głównie w wysoko rozwiniętych krajach, gdzie popyt na „czyste” środowisko wzrasta, a rozwój gospodarczy odbywa się w oparciu o innowacyjne i zaawansowane technologicznie procesy, które są skorelowane z niższą uciążliwością dla środowiska.



Ryc. 2. Efekt skali, kompozycji oraz efekt technologiczny (dochodowy)

Od czasu pojawienia się publikacji z 1991 r., EKC stanowi teoretyczną podstawę i narzędzie do analizy relacji pomiędzy rozwojem gospodarczym a przemianami środowiskowymi w wielu badaniach. Teoria była szeroko wykorzystywana w wielu badaniach nad dewastacją środowiska, co spotkało się z falą krytyki. Autorzy krytycznych publikacji zauważają, że szczególnie dużą uwagę należy

zwrócić na charakterystykę zanieczyszczeń środowiska. Konieczne jest ustalenie, czy zanieczyszczenie ma charakter globalny czy lokalny oraz czy nie dochodzi do kumulowania się zanieczyszczeń (Chowdhury, Moran 2012). W swoich badaniach Lieb (2004) wykazał, że hipotezę EKC weryfikuje się pozytywnie tylko w przypadku zanieczyszczeń tymczasowych, a dla zanieczyszczeń skumulowanych, takich jak np. odpady obserwuje się jedynie monotoniczny wzrost wartości. Zauważył również, że „punkt zwrotny” zostaje osiągnięty na różnych poziomach rozwoju gospodarczego w zależności od kraju czy przyjętego czynnika degradacji środowiska (Lieb 2004). W zależności od przyjętych zmiennych otrzymuje się też różne zależności: liniowe, kwadratowe (EKC) oraz sześciennne (Kukła-Gryz 2004). Dodatkowo wielu zauważa, że wykorzystanie PKB do odzwierciedlenia przemian gospodarczych to za mało, dlatego też model należy rozszerzyć o dodatkowe zmienne. W swojej obszernej, krytycznej publikacji Pasten i Figueroa (2012) przedstawili wiele innych uwag do koncepcji EKC. Poza przytoczonymi argumentami zauważyli, że obserwuje się różne kształty krzywej oraz że EKC ma zastosowanie tylko w przypadku państw wysoko rozwiniętych. Wskazali, że na kształt krzywej wpływa wiele czynników, a szczególnie znacząca jest polityka środowiskowa państwa (Pasten, Figueroa 2012). Wielu autorów zauważa również, że globalne podejście do problemu może nie odzwierciedlać rzeczywistości, stąd niezbędne jest uwzględnienie heterogeniczności badanych obszarów i przeprowadzenie badań na poziomie regionalnym i lokalnym (Dinda 2004). Identyfikacja czynników odpowiadających za lokalne zanieczyszczenia może być znaczącym narzędziem, które należy wykorzystać, aby skutecznie przeciwdziałać powstawaniu zanieczyszczeń i ograniczyć stopień dewastacji środowiska.

Ewolucja koncepcji EKC

W odniesieniu do krytycznej oceny założeń koncepcji EKC oraz najnowszego przekładu polskiego raportu OECD pt. „Poza PKB. Mierzmy to, co ma znaczenie dla rozwoju społeczno-gospodarczego” autorstwa J.E. Stiglitz, J. Fitoussi i M. Durand, w tabeli 1 zestawiono wybrane publikacje, w których autorzy badań rozszerzyli klasyczny model.

Publikacja Meersa z 2000 r. jest jednym z pierwszych opracowań, w których pojawiła się propozycja rozszerzenia modelu EKC. Znaczącą zmianą było testowanie hipotezy o ekologicznej krzywej Kuznetsa dla lokalnych i globalnych zanieczyszczeń. Celem badania było określenie, czy hipoteza może być zweryfikowana pozytywnie dla lokalnego zanieczyszczenia opisanego trzema zmiennymi, tj. NO_x , pył zawieszony i SO_2 , oraz globalnego wyrażonego emisją CO_2 . W badaniu zastosowano dwa modele empiryczne, z czego w pierwszym dla zanieczyszczeń lokalnych i globalnych przyjęto wartość PKB *per capita* jako zmienną objaśniającą, a kolejny model rozszerzono o zestaw zmiennych fikcyjnych o charakterze ekonomicznym. Wyniki badań wskazują, że uwzględnienie innych czynników, poza PKB *per capita*, jest istotne szczególnie dla zanieczyszczeń lokalnych (SO_2). W modelu rozszerzonym współczynnik regresji wzrasta w stosunku do

Tabela 1. Wybrane wyniki badań hipotezy EKC

Publikacja	Zmienne zależne	Zmienne niezależne	Próba badawcza	Wyniki badań
Meers (2000)	SO ₂ , NO _x , pył zawieszony (lokalne), CO ₂ (globalne)	PKB <i>per capita</i> , zmienne fikcyjne	Dane roczne od 1985 do 1996 r., 24 państwa	EKC zweryfikowane pozytywnie dla modelu 1, częściowo dla modelu 2
Ciriaci, Palma (2010)	Emisja CO ₂ , CH ₄ , CO i NMLZO (niemetanowe lotne związki organiczne) na 1 pracownika przemysłowego	PKB <i>per capita</i>	Dane roczne od 1990 do 2005 r., Włochy (prowincje)	Badania nie potwierdziły hipotezy EKC dla większości regionów. Hipoteza potwierdzona częściowo dla regionów słabo rozwiniętych
Park (2011)	Emisja SO ₂ , CO i NO ₂	PKB <i>per capita</i> , gęstość zaludnienia, liczba zarejestrowanych pojazdów silnikowych, indeks produktów górniczych oraz całkowite zużycie energii	Dane roczne od 1990 do 2005 r., Korea Południowa, 16 aglomeracji	Hipoteza EKC częściowo potwierdzona
Al-Mulali, Ozturk (2016)	Emisja CO ₂	PKB, konsumpcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych i nieodnawialnych, wskaźnik handlu międzynarodowego, stopień urbanizacji, ceny energii	Dane roczne od 1990 do 2012 r., 27 państw wysoko rozwiniętych	Badania potwierdziły hipotezę EKC dla wszystkich państw
Balaguer, Cantavella (2016)	Emisja CO ₂	PKB, ceny ropy naftowej	Dane roczne od 1874 do 2011 r., Hiszpania	Badania potwierdziły hipotezę EKC dla Hiszpanii
Williamson (2017)	Emisja CO ₂ i NH ₄	PKB <i>per capita</i> , wskaźnik poziomu edukacji, polityczny, udział sektorów w tworzeniu PKB oraz źródła wytwarzania energii elektrycznej	Dane dla 2012 r., 181 państw podzielonych na 3 grupy wg PKB	Badania potwierdziły hipotezę EKC tylko dla CO ₂
Fosten (2019)	Emisja CO ₂ – dane miesięczne według źródła emisji	Zestaw wskaźników ekonomicznych: indeks produkcji przemysłowej, sprzedaż detaliczna pojazdów silnikowych, stopa bezrobocia, liczba pozwoleń budowlanych, rozpoczęte budowy, zatrudnienie, nastroje konsumentów, indeks cen producentów, indeks cen konsumpcyjnych	Dane miesięczne od 1973 do 2018 r., USA	Badania potwierdziły hipotezę EKC częściowo dla średniego okresu

Źródło: opracowanie własne.

pierwszego modelu z $R^2 = 0,77$ do $R^2 = 0,92$, co oznacza, że model jest lepiej dopasowany. W przypadku CO₂ i pyłu wyniki badania nie są jednoznaczne. Hipoteza EKC zostawała zweryfikowana pozytywnie dla relacji zanieczyszczenia lokalne i rozwój gospodarczy (model rozszerzony). Poza tym, zgodnie z oczekiwaniami,

punkty zwrotne dla zanieczyszczeń lokalnych występują wcześniej niż w przypadku zanieczyszczeń globalnych. Przykład badań Meersa pokazuje, że należy rozszerzać model o różne czynniki (również pozaekonomiczne), które będą specyficzne dla badanego zanieczyszczenia i dla danego kraju. Taki zabieg powoduje lepsze dopasowanie modelu i precyzyjniej objaśnia relację pomiędzy rozwojem gospodarczym i stanem środowiska. Autor wskazuje na konieczność dalszych badań w celu zidentyfikowania zmiennych fikcyjnych, które mogą w rzeczywistości odpowiadać zróżnicowanym aspektom, takim jak uprzemysłowienie, gęstość zaludnienia, transport czy poziom edukacji.

W kolejnych badaniach (Al-Mulali, Ozturk 2016) zanieczyszczenia środowiska również zostały scharakteryzowane jako poziom emisji CO₂. Badanie przeprowadzono na podobnej liczbie obserwacji, tj. w 27 wysoko rozwiniętych państwach w okresie 1990–2012. Opracowanie miało na celu ustalenie relacji pomiędzy emisją CO₂ a rozwojem gospodarczym wyrażonym zmiennymi ekonomicznymi, tj. PKB, zużyciem energii elektrycznej według źródła (odnawialne i nieodnawialne) mierzonym w miliardach kWh oraz stopniem urbanizacji. Autorzy badań włączyli do swojego modelu zróżnicowane zmienne w celu ustalenia ich wpływu na emisję zanieczyszczeń. Okazało się, że największy wpływ na wzrost emisji zanieczyszczeń ma PKB, wykorzystanie nieodnawialnych źródeł energii oraz urbanizacja. Na obniżenie emisji zanieczyszczeń pozytywnie oddziałuje wykorzystanie odnawialnych źródeł energii oraz wzrost jej cen. W tym przypadku rozszerzenie badań pozwoliło na wskazanie czynników bezpośrednio wpływających na stan środowiska. Taka wiedza umożliwiła podjęcie odpowiednich działań w celu ograniczenia emisji zanieczyszczeń i przeciwdziałanie dalszej degradacji środowiska. Badania potwierdziły występowanie środowiskowej krzywej Kuzneta dla relacji środowisko–gospodarka w interesujących badaczy krajach.

Balaguer i Cantavella (2016) przeanalizowali roczne szeregi czasowe dla Hiszpanii w długim okresie, tj. od 1874 do 2011 r. i rozszerzyli klasyczny model EKC o jedną dodatkową zmienną objaśniającą. Model ekonometryczny wyjaśniający relację pomiędzy emisją CO₂ a rozwojem gospodarczym został rozszerzony o cenę paliw ropopochodnych, ponieważ autorzy zauważyli, że emisje CO₂ są generowane głównie z przemysłu, który opiera się na wykorzystaniu paliw ropopochodnych. Przyjęcie rozszerzonego modelu ekonometrycznego oraz zastosowanie odpowiednich procedur badawczych doprowadziło do potwierdzenia hipotezy EKC. Z badań wynika również, że nakładanie podatków i wzrost cen paliw może przyczynić się do redukcji zanieczyszczeń, co znajduje bezpośrednie zastosowanie w polityce ochrony środowiska. W kolejnych omawianych badaniach (Williamson 2017) zanieczyszczenie środowiska scharakteryzowano dwoma zmiennymi, które według Environmental Protection Agency są składnikami w 92% emisji gazów cieplarnianych, tj. CO₂ i NH₄. Rozwój gospodarczy wyrażony wskaźnikiem PKB *per capita* został opisany dodatkowo zmiennymi o charakterze społecznym i instytucjonalnym. Model rozszerzono o wskaźnik edukacji (średnia lat nauki) oraz o aspekt polityczny, czyli ustrój państw (monarchia konstytucyjna, system parlamentarny, republika, państwo komunistyczne i inne). Uwzględniono również udział sektorów gospodarki w tworzeniu PKB, zwłaszcza rolnictwa, oraz

procentowy udział energii wytworzonej z węgla, gazu ziemnego i ropy naftowej. Autor zauważa, że włączenie wskaźników pozaekonomicznych pozwala lepiej wyjaśnić relację pomiędzy rozwojem kraju a stanem środowiska. Poziom edukacji przekłada się na wyższą świadomość ekologiczną, ustrój demokratyczny bardziej uwzględnia zdanie obywateli i ich potrzeby środowiskowe, a udział poszczególnych sektorów w tworzeniu PKB ma znaczenie dla ilości wytwarzanych zanieczyszczeń. W wyniku przeprowadzonych procedur hipoteza EKC została zweryfikowana pozytywnie tylko w przypadku zanieczyszczeń CO₂, a nie potwierdziła się dla NH₄. Większość uwzględnionych zmiennych okazała się istotna dla zmian zanieczyszczenia środowiska. Jedynie dla wskaźnika edukacji nie zaobserwowano istotnych zależności.

Ciekawym przykładem na tle omówionych badań przeprowadzonych w oparciu o EKC jest opracowanie Fostena (2019). Po pierwsze, wykorzystanie kombinacji dwóch metod łączących zastosowanie dynamicznych modeli czynnikowych z maksymalnym zachodzeniem dyskretnych przekształceń MODWT umożliwiło rozszerzenie badania o zestaw wielu zmiennych charakteryzujących aktywność gospodarczą, a nie tak jak w klasycznym ujęciu wykorzystanie tylko wartości PKB *per capita*. Model rozszerzono o takie wskaźniki ekonomiczne, jak: indeks cen produktów, stopa bezrobocia czy sprzedaż pojazdów. Po drugie w badaniu wykorzystano miesięczne dane opisujące stan środowiska (emisja CO₂ wg źródła emisji i ogółem), co pozwoliło na określenie relacji w okresie krótkim i średnim. Publikacja stanowi nowatorski wkład w dotychczasowe badania, ponieważ umożliwia analizę relacji w różnych momentach cyklu oraz z uwzględnieniem większej ilości zmiennych. Otrzymane wyniki potwierdzają jednak, że w krótkim okresie relacje pomiędzy zmianami gospodarczymi a zmianami środowiska nie wykazują jednoznacznych tendencji. Z kolei w średnim okresie, tj. 1–3 lat, zauważa się pewne zależności, szczególnie pomiędzy emisją CO₂ a PKB *per capita*. Otrzymane wyniki częściowo potwierdziły hipotezę EKC.

Inne podejście do EKC przyjęli autorzy kolejnego opracowania (Ciriaci, Palma 2010), którzy zaproponowali badanie zależności pomiędzy rozwojem gospodarczym a zmianami środowiska w ujęciu regionalnym, które odpowiada obszarom włoskich prowincji. Autorzy przyjęli taką metodę badań, ponieważ zauważyli, że zanieczyszczenia powietrza są bardziej skoncentrowane w pobliżu źródła, np. w pobliżu aglomeracji czy lokalnych obszarów przemysłowych, a to może z kolei wywierać wpływ na wynik badań relacji środowiskowo-ekonomicznych. Jak się okazuje, to właśnie gospodarka lokalna ma kluczowe znaczenie dla emisji zanieczyszczeń i nawet w erze globalizacji należy prowadzić badania w ujęciu regionalnym i lokalnym. Badanie przeprowadzono dla zależności pomiędzy PKB *per capita* a czterema różnymi zmiennymi charakteryzującymi zanieczyszczenia środowiska, tj. CO₂, CH₄, NMLZO (niemetanowe lotne związki organiczne) i CO na jednego pracownika przemysłowego. Rozszerzono je również metodycznie, ponieważ zastosowano regresję ważoną geograficznie (GWR), która uwzględnia różnice pomiędzy regionami oraz wzajemne oddziaływanie regionów. Przewaga GWR nad klasycznymi modelami regresji polega na możliwości wzięcia pod uwagę heterogeniczności przestrzennej w relacji pomiędzy zmienną zależną

a zmiennymi niezależnymi (Antczak 2014). Autorzy wskazują, że duże znaczenie ma oddziaływanie na siebie sąsiednich prowincji. Obszary o podobnym poziomie zanieczyszczeń sąsiadują ze sobą, co wynika m.in. z koncentracji przemysłu oraz przemieszczania się zanieczyszczeń. Wyniki badań w przypadku tego opracowania nie są jednoznaczne i nie stwierdzono występowania EKC dla wszystkich prowincji. Zależności wynikające z koncepcji EKC obserwuje się tylko w wybranych prowincjach na południu Włoch oraz w centralnej części kraju, czyli na terenach średnio i słabo zindustrializowanych.

Park i Lee (2011) również są autorami badań na poziomie regionalnym. Analiza zależności środowiskowo-gospodarczych obejmowała 16 regionów metropolitalnych w Korei Południowej. Zmienne zależne uwzględnione w badaniu to SO_2 , NO_2 oraz CO. Zmienne opisujące rozwój kraju to 4 zmienne społeczno-gospodarcze: PKB *per capita*, gęstość zaludnienia (os/km^2), liczba zarejestrowanych pojazdów silnikowych, indeks produktów górniczych oraz całkowite zużycie energii. Hipotezę EKC testowano za pomocą modelu współczynnika losowego, który umożliwia uchwycenie specyficznej dla regionu cechy oraz wskazanie zmiennej wywierającej największy wpływ na kształt EKC. Podobnie jak w przypadku badań Ciriaci i Palmy (2010) weryfikacja hipotezy nie daje jednoznacznych wyników. Wnioski z badania są inne dla każdego regionu, co potwierdza założenie o złożoności relacji i istotności różnic międzyregionalnych. W większości regionów relacja pomiędzy PKB *per capita* a CO, SO_2 i NO_2 jest najbardziej zbliżona kształtem do EKC i przypomina odwróconą literę „U”. Krzywe dla pozostałych zależności pomiędzy zmiennymi zależnymi i niezależnymi przyjmują kształt zbliżony do litery N, co oznacza, że po okresie wyhamowania degradacji środowiska dalszy rozwój gospodarczy powoduje ponowny wzrost zanieczyszczeń. Badania ukazują, że podejście regionalne pozwala lepiej przedstawić zależności pomiędzy zmiennymi środowiskowymi i pozaśrodowiskowymi. Podejmowane działania oraz polityka ochrony środowiska we wszystkich państwach powinny uwzględniać cechy regionalne oraz wprowadzić system regionalnego zarządzania i zbierania informacji o zanieczyszczeniach. Tylko regionalne i lokalne działania mogą umożliwić realizację celów środowiskowych, a przeciwdziałanie emisji lokalnych zanieczyszczeń, może załagodzić globalny kryzys ekologiczny.

Podsumowanie

Koncepcja środowiskowej krzywej Kuznetsa w ujęciu klasycznym jest szeroko krytykowana za zbyt ogólne i uproszczone podejście do problemu degradacji środowiska. Pomimo nieprzychylnych ocen, założenia EKC stały się narzędziem i podstawą do kolejnych badań zależności środowisko-gospodarka. Z analizy współczesnej literatury wynika, że prowadzone badania uwzględniają potrzebę rozszerzenia klasycznego modelu. Większość opracowań bazuje na zmiennych odpowiadających zanieczyszczeniom powietrza podobnie jak w badaniach wyjściowych. Autorzy zauważają jednak, że konieczna jest dokładna charakterystyka zanieczyszczeń powietrza i swoje obserwacje opierają na kilku zmiennych

zależnych bądź uwzględniają zasięg oddziaływania. Nadal rzadko przeprowadza się badania na podstawie danych o zanieczyszczeniach, żyzności czy dostępności innych komponentów środowiska, takich jak gleby czy wody, co wynika głównie z braku rzetelnych danych. Klasyczne modele wyjaśniające relację pomiędzy zmianami środowiska naturalnego a rozwojem gospodarczym szczególnie chętnie rozszerzane są o dodatkowe zmienne niezależne. Taka procedura pozwala na lepsze dopasowanie modelu (uzyskanie wyższej wartości dla współczynnika R^2) oraz na wskazanie konkretnych czynników i źródeł emisji zanieczyszczeń. Wielowymiarowy charakter przemian gospodarczych uzupełniają też zmienne o charakterze społeczno-instytucjonalnym. Jak się okazuje, równie znaczące dla degradacji środowiska co zmiany dochodu są zmiany w poziomie edukacji, ustrój państwa czy poziom zadowolenia mieszkańców (Williamson 2017). Nadal jednak rzadko wykorzystuje się zmienne pozaekonomiczne, co należałoby zmienić w kolejnych badaniach.

Kierunkiem dla przyszłych badań jest uwzględnienie heterogeniczności regionalnej i lokalnej. Wyniki omówionych badań na poziomie regionalnym częściowo potwierdziły nieliniową zależność pomiędzy rozwojem gospodarczym a degradacją środowiska, co wskazuje na potrzebę realizacji badań również w takim ujęciu. Dodatkowo wykazano, że inne czynniki wpływają na kształt krzywej środowiskowej w regionach zacofanych, a inne w regionach wysoko rozwiniętych (Ciriaci, Palma 2010). Znając czynniki oddziałujące na krzywą środowiskową w regionach, można dobrać skuteczne i zindywidualizowane narzędzia do przeciwdziałania zmianom środowiskowym. Realizacja takich badań pozwoli na efektywne osiąganie celów środowiskowych w myśl zasady „myśl globalnie, działaj lokalnie” (Park, Lee 2011).

Literatura

- Al-Mulali U., Ozturk I. 2016. The investigation of environmental Kuznets curve hypothesis in the advanced economies: the role of energy prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54: 1622–1631.
- Antczak E. 2014. Estymacja przestrzenno-czasowej środowiskowej krzywej Kuzneta za pomocą regresji ważonej geograficznie. *Collegium of Economic Analysis Annals*, (34): 11–25.
- Chowdhury R.R., Moran E.F. 2012. Turning the curve: A critical review of Kuznets approaches. *Applied Geography*, 32(1): 3–11.
- Ciriaci D., Palma D. 2010. Geography, environmental efficiency and Italian economic growth: a spatially-adapted Environmental Kuznets Curve.
- Cole M.A., Rayner A.J., Bates J.M. 1997. The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and Development Economics*, 2(4): 401–416.
- Daly H.E. 2005. Economics in a full world. *Scientific American*, 293(3): 100–107.
- Dinda S. 2004. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49(4): 431–455.
- Emerson T.L., Pendleton L.H. 2004. Income, environmental disamenity, and toxic releases. *Economic Inquiry*, 42(1): 166–178.
- Europejska Agencja Środowiska 2012. Kluczowe problemy środowiskowe, z którymi musi zmierzyć się Europa (2012). Sygnały 2012 EEA, Kopenhaga.
- Gómez-Baggethun E., De Groot R., Lomas P.L., Montes C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6): 1209–1218.

- Grossman G.M., Krueger A.B. 1995. Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2): 353–377.
- Gruszecki L., Jóźwik B. 2019. Teoretyczne rekonstrukcje środowiskowej krzywej Kuznetsa. *Gospodarka Narodowa*, 299(3): 95–117.
- Islam N., Vincent J., Panayotou T. 1999. Unveiling the income-environment relationship: An exploration into the determinants of environmental quality. *Harvard Inst. for Internat. Development*.
- Jankowska E. 2016. Środowiskowa krzywa Kuznetsa w dekarbonizacji europejskich gospodarek. *Studia Ekonomiczne*, 289: 51–61.
- Jean-Paul F., Martine D. 2019. Poza PKB. Mierzmy to, co ma znaczenie dla rozwoju społeczno-gospodarczego. OECD Publishing.
- Kahuthu A. 2006. Economic growth and environmental degradation in a global context. *Environment, Development and Sustainability*, 8(1): 55–68.
- Kassenberg A. 2011. Globalne problemy ekologiczne i ich konsekwencje dla rozwoju gospodarczego. *Biuletyn PTE*, (2): 52.
- Kukla-Gryz A. 2004. Weryfikacja hipotezy o „środowiskowej krzywej Kuznetsa” na przykładzie emisji dwutlenku węgla w krajach OECD. *Ekonomia/Uniwersytet Warszawski*, (13): 113–135.
- Lieb C.M. 2004. The environmental Kuznets curve and flow versus stock pollution: the neglect of future damages. *Environmental and Resource Economics*, 29(4): 483–506.
- Meers R. 2000. A test of the environmental Kuznets curve for local and global pollutants.
- Nowak-Far A. 2014. Krzywa Kuznetsa a wielość jurysdykcji fiskalnych. *Studia z Polityki Publicznej*, 1(1): 57–79.
- Pablo-Romero M.P., Cruz L., Barata E. 2017. Testing the transport energy-environmental Kuznets curve hypothesis in the EU27 countries. *Energy Economics*, 62: 257–269.
- Pakulska J. 2002. Środowisko przyrodnicze w rozwoju gospodarczym. *Prace i Materiały Instytutu Rozwoju Gospodarczego SGH*, 72: 295–308.
- Panayotou T. 2016. Economic growth and the environment. *The Environment in Anthropology*, 140–148.
- Park S., Lee Y. 2011. Regional model of EKC for air pollution: Evidence from the Republic of Korea. *Energy Policy*, 39(10): 5840–5849.
- Pasten R., Figueroa E. 2012. The environmental Kuznets curve: a survey of the theoretical literature. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 6(3): 195–224.
- Perrings C. 2003. The economics of abrupt climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 361(1810): 2043–2059.
- Stern D.I. 2004. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8): 1419–1439.
- Stern D.I., Common M.S., Barbier E.B. 1996. Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24(7): 1151–1160.
- UNEP 2016. *Global Environment Outlook (GEO-6) Assessment for the pan-European region*. United Nations Environment Programme, ONZ.
- Yandle B., Vijayaraghavan M., Bhattarai M. 2002. The environmental Kuznets curve. A Primer, PERC Research Study, 02–01.
- Williamson C. 2017. Emission, education, and politics: an empirical study of the carbon dioxide and methane environmental Kuznets curve. *The Park Place Economist*, 25(1), 9.

Environmental Kuznets curve – theoretical and methodical review

Abstract: The concept of the Kuznets environmental curve (EKC) refers the relationship between economic development (most often expressed as GDP per capita) and environmental degradation. The graphic presentation of the classic EKC is similar to the inverted letter “U”. The shape of the curve is influenced by many factors, which causes widespread criticism of assumptions and attempts to use various models to verify dependencies. The article reviews and analyzes contemporary research in the scope of verification of the EKC concept. The theoretical premises and methodological approach were discussed. In addition, the explained variables (state of the environment) and explan-

atory variables, test sample size, time range and test results were compared obtained by researchers verifying the EKC concept. Particular attention was paid to the possibilities of using EKC for research at regional and local level.

Key words: environmental Kuznets curve (EKC), environmental degradation, economic development