INSTITUTE OF ECONOMICS AND FINANCE
UNIVERSITY OF SZCZECIN

Wan Yichao
Numer Albumu: 002419

AUTOREFERAT

CZY ZIELONE FINANSE I REGULACJE ŚRODOWISKOWE WPŁYWAJĄ NA ZIELONE INNOWACJE W CHINACH?

Rozprawa doktorska
Promotor: prof. dr hab. Małgorzata Porada-Rochoń

Słowa kluczowe:
zielone finanse
regulacje środowiskowe
zielone innowacje
transformacja zrównoważona
analiza danych panelowych
interakcje polityk publicznych

Szczecin, 2026

Spis treści

1. Wprowadzenie i uzasadnienie wyboru tematu 3
2. Problem badawczy, luka badawcza i motywacja badawcza 4
    2.1 Główny problem badawczy 4
    2.2 Zidentyfikowane luki badawcze i motywacja badawcza 4
3. Cel rozprawy 6
4. Pytania badawcze, zakres badań i hipotezy 6
    4.1 Pytania badawcze 6
    4.2 Zakres badań 7
    4.3 Hipotezy badawcze 7
5. Tło teoretyczne i stan wiedzy 7
    5.1 Zielone finanse: rzadkość, efekty zewnętrzne i hipoteza Portera 7
    5.2 Regulacja środowiskowa a innowacje: debata teoretyczna 8
    5.3 Klasyfikacja instrumentów regulacji środowiskowej 9
    5.4 Krytyczna analiza literatury przedmiotu w zakresie badań 10
6. Źródła, dane i metody badawcze 10
    6.1 Źródła danych i konstrukcja próby 10
    6.2 Pomiar zielonych innowacji 10
    6.3 Konstrukcja indeksu zielonych finansów 11
    6.4 Pomiar trzech typów regulacji środowiskowej 12
    6.5 Zmienne kontrolne 13
    6.6 Model bazowy, interakcyjny i nieliniowy 14
7. Struktura rozprawy 14
8. Główne wyniki 15
    8.1 Bezpośredni efekt zielonych finansów 15
    8.2 Zróżnicowane efekty regulacji środowiskowej 16
    8.3 Efekty interakcyjne: substytucja zamiast komplementarności 16
    8.4 Nieliniowość i opóźnienia czasowe 17
    8.5 Testy odporności 17
    8.6 Analiza heterogeniczności 18
9. Oryginalny wkład naukowy 18
10. Wnioski 19
11. Ograniczenia i kierunki dalszych badań 20
    11.1 Ograniczenia 20
    11.2 Kierunki przyszłych badań 21
Wykaz literatury 21

1. Wprowadzenie i uzasadnienie wyboru tematu

Rewolucja przemysłowa przyniosła istotny wzrost zdolności produkcyjnych, otwierając drogę do powszechnego dobrobytu, jednocześnie jednak doprowadziła do poważnego zanieczyszczenia środowiska, zagrażającego dobrostanowi człowieka. Wraz z pogłębianiem się globalizacji gospodarczej branże takie jak hutnictwo, przemysł naftowy, chemiczny i tekstylny, silnie uzależnione od węgla, ropy naftowej i innych paliw kopalnych, przyczyniły się do przekształcenia zanieczyszczenia środowiska w pilny problem o zasięgu globalnym. Wraz ze wzrostem liczby ludności świata problemy takie jak zubożenie warstwy ozonowej, globalne ocieplenie czy topnienie lodowców nasiliły się, przekraczając naturalną zdolność Ziemi do samoregeneracji i podkreślając pilną potrzebę ponownego przemyślenia relacji między wzrostem gospodarczym a trwałością środowiskową.

Od lat 80. XX wieku Chiny odnotowują średnioroczny wzrost PKB na poziomie około 9%, stając się drugą co do wielkości gospodarką świata i wydźwigając miliony ludzi z ubóstwa – osiągnięcie to często określa się mianem „chińskiego cudu gospodarczego". Sukces ten został jednak przyćmiony przez nadmierne uzależnienie chińskiej gospodarki od zasobo- i pracochłonnego modelu rozwoju. W 2022 roku Chiny wytwarzały 19% światowego PKB, zużywając jednocześnie 54,75% światowego węgla i odpowiadając za 30,7% globalnej emisji dwutlenku węgla związanej z energią, co ilustruje środowiskowy koszt chińskiej ścieżki wzrostu. Rosnące ograniczenia środowiskowe hamują dalszy rozwój gospodarczy i społeczny Chin, czyniąc przejście od modelu rozwoju opartego na zasobach do modelu opartego na innowacjach priorytetem polityki krajowej.

Zielone innowacje są powszechnie uznawane za kluczowy mechanizm tej transformacji, a rządy w coraz większym stopniu opierają się na dwóch uzupełniających się instrumentach polityki służących ich stymulowaniu: zielonych finansach, kierujących kapitał na działania korzystne dla środowiska, oraz regulacjach środowiskowych, nakładających ograniczenia lub tworzących zachęty wobec zachowań zanieczyszczających. Zielone finanse obejmują szeroko rozumiany kredyt, inwestycje, obligacje, ubezpieczenia, wsparcie fiskalne oraz instrumenty rynku węglowego, których wspólnym celem jest przekierowanie kapitału z działalności szkodliwej dla środowiska w stronę projektów ograniczających szkody ekologiczne lub poprawiających efektywność wykorzystania zasobów. Regulacja środowiskowa z kolei nie jest pojedynczym instrumentem, lecz rodziną narzędzi polityki (standardów administracyjnych, mechanizmów cenowych oraz kanałów presji społecznej), z których każdy opiera się na odrębnej logice teoretycznej i każdy może w inny sposób kształtować bodźce innowacyjne przedsiębiorstw.

Analizowanie tych dwóch instrumentów w oderwaniu od siebie – co można zaobserwować w większości opublikowanych badań– uniemożliwia zrozumienie, w jaki sposób oddziałują one na siebie wzajemnie w praktyce. Przedsiębiorstwo działające w warunkach ścisłego reżimu administracyjno-nakazowego może na przykład reagować zupełnie inaczej na rozszerzenie zielonego kredytu niż przedsiębiorstwo funkcjonujące głównie w oparciu o sygnały cenowe rynku lub pod wpływem nieformalnej presji społecznej ze strony lokalnych społeczności i mediów. Zrozumienie tej interakcji, a nie wyłącznie bezpośredniego efektu każdego z instrumentów z osobna, stanowi główną motywację niniejszej rozprawy.

Wybór chińskiego kontekstu instytucjonalnego jest celowy. Chiny łączą w ramach jednego systemu krajowego dynamicznie rozwijający się sektor zielonych finansów, ewoluującą mieszankę administracyjnych, rynkowych i nieformalnych instrumentów zarządzania środowiskowego oraz jeden z największych na świecie zbiorów danych o innowacyjności na poziomie przedsiębiorstw (rekordy zielonych patentów CNIPA obejmujące tysiące spółek giełdowych na przestrzeni ponad dekady). Ta kombinacja czyni Chiny szczególnie informatywnym kontekstem do testowania, czy zielone finanse i regulacje środowiskowe działają jako mechanizmy komplementarne, czy substytucyjne, oraz czy ich łączny wpływ na zielone innowacje ma charakter liniowy, czy zależny od intensywności i kontekstu instytucjonalnego.

2. Problem badawczy, luka badawcza i motywacja badawcza

2.1 Główny problem badawczy

Głównym problemem badawczym rozprawy jest ustalenie, czy i w jaki sposób zielone finanse wpływają na zielone innowacje przedsiębiorstw w Chinach oraz czy i w jaki sposób różne typy regulacji środowiskowej (administracyjno-nakazowe, rynkowe i nieformalne) moderują tę zależność. Debata teoretyczna wokół tego problemu obejmuje z jednej strony argument, że zielone finanse łagodzą ograniczenia finansowe i kierują kapitał w stronę technologii przyjaznych środowisku, a z drugiej strony obawę, że nadmierna ekspansja finansowa może generować malejące korzyści krańcowe lub wręcz efekty wypierania. Rola regulacji środowiskowej jest równie niejednoznaczna: hipoteza Portera zakłada, że dobrze zaprojektowana regulacja pobudza innowacje, podczas gdy hipoteza kosztów dostosowania, zakorzeniona w neoklasycznej teorii produkcji, wskazuje na możliwość odwrotnego efektu, ponieważ zasoby przekierowane na dostosowanie do regulacji są zasobami niedostępnymi dla inwestycji produkcyjnych. Rozstrzygnięcie tych zależności wymaga zintegrowanego podejścia empirycznego, które niniejsza rozprawa stara się zaproponować.

Złożoność problemu pogłębia fakt, że same zielone finanse nie są pojedynczym instrumentem, lecz systemem obejmującym kredyt, inwestycje, ubezpieczenia, obligacje, wsparcie fiskalne oraz rynki funduszy, a regulacja środowiskowa jest równie heterogeniczna, obejmując standardy administracyjne, instrumenty cenowe oraz nieformalną presję społeczną. Wyjaśnienie, w jaki sposób te wielowymiarowe systemy finansowe i regulacyjne wzajemnie oddziałują oraz dlaczego ich łączny efekt może się systematycznie różnić w zależności od typu instrumentu i intensywności wdrożenia, stanowi centralne wyzwanie empiryczne i teoretyczne podejmowane w niniejszej rozprawie.

2.2 Zidentyfikowane luki badawcze i motywacja badawcza

Rosnąca liczba badań międzynarodowych analizuje zielone finanse i ich rolę w zrównoważonej transformacji technologicznej. Przykładowo Zhang i in. (2019) przedstawiają globalny przegląd bibliometryczny badań nad zielonymi finansami, Cortellini i Panetta (2021) analizują rolę zielonych obligacji we wspieraniu inwestycji proekologicznych, Yoshino i in. (2019) badają mechanizmy finansowania zielonej energii, a Purnomo i in. (2021) mapują międzynarodowe trendy w finansach zrównoważonych. Badania te koncentrują się jednak przede wszystkim na pojedynczych instrumentach finansowych lub ramach finansowania na poziomie makro, oferując ograniczony wgląd w

wielowymiarową strukturę regionalnych systemów zielonych finansów, ich interakcje z różnymi typami regulacji środowiskowej oraz możliwość występowania efektów nieliniowych.

Pierwsza luka badawcza dotyczy fragmentaryzacji badań nad zielonymi finansami. Dotychczasowe badania koncentrują się głównie na pojedynczych instrumentach, najczęściej na zielonym kredycie, który – jako jeden z najwcześniejszych instrumentów włączonych do chińskich ram polityki zielonych finansów – był często wykorzystywany jako zmienna zastępcza dla zielonych finansów jako całości (np. Gao i in., 2025). Inne badania koncentrują się wąsko na zielonych inwestycjach (Guo i Zhao, 2025) lub na systemach handlu emisjami (Li i in., 2025). Choć badania te wykazują znaczenie poszczególnych instrumentów dla zielonych innowacji, pozostają rozdrobnione i nie oddają systemowego, wielowymiarowego charakteru zielonych finansów, które w praktyce obejmują jednocześnie kredyt, inwestycje, obligacje, ubezpieczenia, wsparcie fiskalne i rynki węglowe. Ponieważ zakres zielonych finansów wykroczył daleko poza zielony kredyt, pomiar oparty na pojedynczym wskaźniku niesie ryzyko uzyskania cząstkowych, a nawet obciążonych wniosków dotyczących ich rzeczywistego efektu. Aby przezwyciężyć to ograniczenie, niniejsza rozprawa nawiązuje do nowszej tradycji indeksów złożonych i konstruuje prowincjonalny indeks zielonych finansów obejmujący sześć wymiarów: zielony kredyt, zielone inwestycje, zielone ubezpieczenia, wsparcie fiskalne, zielone obligacje i zielone fundusze, łączonych za pomocą metody wag entropijnych, a nie subiektywnego ważenia.

Druga luka badawcza dotyczy pominięcia interakcji między zielonymi finansami a regulacją środowiskową. Większość dotychczasowych badań koncentruje się na bezpośrednim efekcie zielonych finansów, a jedynie nieliczne uwzględniają moderującą rolę regulacji środowiskowej – a nawet wówczas regulacja jest zwykle traktowana jako pojedynczy, zagregowany wskaźnik, bez rozróżnienia między różnymi typami instrumentów. Tymczasem regulacje administracyjno-nakazowe, rynkowe i nieformalne różnią się istotnie pod względem podstaw teoretycznych (standardy administracyjne w porównaniu z internalizacją opartą na cenach w porównaniu z presją społeczną), mechanizmów egzekwowania oraz empirycznie obserwowanych efektów na zachowania przedsiębiorstw. Ich interakcje z zielonymi finansami nie muszą być zatem jednorodne: w niektórych kontekstach instrumenty finansowe i regulacyjne mogą się wzajemnie uzupełniać, w innych zaś działać jako substytuty. Aby wypełnić tę lukę, niniejsza rozprawa konstruuje odrębne wskaźniki dla trzech kategorii regulacji środowiskowej: wskaźnik tekstowy regulacji administracyjno-nakazowej wywodzący się ze sprawozdań z prac rządu, wskaźnik rynkowy oparty na opłatach za emisję zanieczyszczeń oraz ważony entropijnie indeks regulacji nieformalnej oparty na wskaźnikach społeczno-ekonomicznych. Następnie bada się indywidualnie ich interakcje z zielonymi finansami.

Trzecia luka badawcza dotyczy założenia o liniowości efektu zielonych finansów. Większość wcześniejszych badań bezwarunkowo zakłada, że wpływ zielonych finansów na zielone innowacje ma charakter liniowy, sugerując, że wyższy poziom rozwoju finansowego prowadzi jednoznacznie do większej liczby innowacji. Założenie to może być jednak nadmiernie uproszczone: przy niższych poziomach zielone finanse mogą łagodzić ograniczenia finansowe i pobudzać innowacje, natomiast ich nadmierna ekspansja może generować malejące korzyści krańcowe lub wręcz efekt wypierania, ponieważ kapitał staje się coraz trudniejszy do efektywnego wykorzystania lub zmienia się zainteresowanie

regulatorów. Niewiele badań systematycznie testowało tę możliwość. Niniejsza rozprawa wypełnia tę lukę, wprowadzając do modeli empirycznych składniki kwadratowe zielonych finansów oraz badając ich interakcje z różnymi typami regulacji środowiskowej, dostarczając tym samym systematycznych dowodów na istnienie odwróconej, U-kształtnej zależności, zamiast zakładać liniowość a priori.

3. Cel rozprawy

Głównym celem rozprawy jest zbadanie wpływu zielonych finansów i regulacji środowiskowych na zielone innowacje przedsiębiorstw w Chinach, ze szczególnym uwzględnieniem tego, czy zielone finanse i poszczególne typy regulacji środowiskowej działają jako mechanizmy komplementarne, czy substytucyjne. Realizacja celu głównego wymaga osiągnięcia czterech celów szczegółowych: (1) oceny bezpośredniego wpływu zielonych finansów na zielone innowacje przedsiębiorstw; (2) oceny bezpośrednich efektów regulacji administracyjno-nakazowej, rynkowej i nieformalnej na zielone innowacje; (3) zbadania moderującej roli każdego typu regulacji w relacji między zielonymi finansami a zielonymi innowacjami; oraz (4) sformułowania opartych na dowodach rekomendacji dla poprawy koordynacji między zielonymi finansami a regulacją środowiskową.

Cel metodyczny rozprawy polega na opracowaniu i wdrożeniu zintegrowanych, wielopoziomowych ram empirycznych, umożliwiających wspólną analizę zielonych finansów, regulacji środowiskowych oraz zielonych innowacji przedsiębiorstw z wykorzystaniem danych panelowych, łączących wyniki innowacyjne na poziomie przedsiębiorstw ze wskaźnikami finansowymi i regulacyjnymi na poziomie prowincji, przy jednoczesnej kontroli nieobserwowanej heterogeniczności na poziomie firmy, regionu i czasu. Realizacja tego celu wymaga wykonania szeregu zadań metodycznych: usystematyzowania podstaw teoretycznych zielonych finansów, regulacji środowiskowych i zielonych innowacji poprzez krytyczny przegląd literatury; sformułowania spójnych definicji i klasyfikacji kluczowych pojęć; operacjonalizacji zielonych innowacji, zielonych finansów i regulacji środowiskowych w postaci wskaźników na poziomie firmy i prowincji odpowiednich do analizy ekonometrycznej; skonstruowania wielopoziomowego zbioru danych panelowych dla lat 2010–2021; specyfikacji modeli ekonometrycznych zdolnych do oszacowania zarówno efektów bezpośrednich, jak i moderujących; przeprowadzenia estymacji empirycznej, obejmującej analizę moderacji, testy heterogeniczności oraz testy odporności; a także interpretacji wyników na potrzeby skoordynowanego projektowania polityki w zakresie zielonych finansów i regulacji środowiskowej.

4. Pytania badawcze, zakres badań i hipotezy

4.1 Pytania badawcze

Sformułowano trzy pytania badawcze:

PB1: Czy zielone finanse sprzyjają zielonym innowacjom w Chinach?

PB2: W jaki sposób różne typy regulacji środowiskowych (administracyjno-nakazowe, rynkowe i nieformalne) wpływają na zielone innowacje przedsiębiorstw?

PB3: W jaki sposób te instrumenty regulacyjne moderują zależność między zielonymi finansami a zielonymi innowacjami?

4.2 Zakres badań

Badanie oparto na wielopoziomowym zbiorze danych panelowych obejmującym lata 2010–2021, integrującym dane na poziomie przedsiębiorstw z prowincjonalnymi wskaźnikami zielonych finansów i regulacji środowiskowych. Po wykluczeniu spółek finansowych (banków, ubezpieczycieli i firm inwestycyjnych), spółek ze statusem ST/*ST (tj. spółek objętych przez giełdę tzw. specjalnym traktowaniem – Special Treatment – z powodu nieprawidłowej sytuacji finansowej, np. strat w kolejnych latach; oznaczenie *ST wskazuje dodatkowo na ryzyko wycofania z rynku) oraz obserwacji z brakującymi danymi dla kluczowych zmiennych, próba na poziomie przedsiębiorstw obejmuje 4 251 spółek notowanych na giełdach w Szanghaju i Shenzhen (akcje klasy A), co daje 31 935 obserwacji rocznych. Dane na poziomie przedsiębiorstw pochodzą z baz CSMAR i WIND oraz z Chińskiego Krajowego Urzędu Własności Intelektualnej (CNIPA); dane prowincjonalne pochodzą z Chińskiego Rocznika Statystycznego, prowincjonalnych roczników statystycznych, Chińskiego Rocznika Środowiskowego, Chińskiego Rocznika Finansowego oraz Chińskiego Rocznika Ubezpieczeniowego.

4.3 Hipotezy badawcze

Na podstawie ram teoretycznych oraz zidentyfikowanych luk badawczych sformułowano siedem hipotez:

H1: Zielone finanse sprzyjają zielonym innowacjom przedsiębiorstw.

H2a: Regulacja administracyjno-nakazowa sprzyja zielonym innowacjom przedsiębiorstw.

H2b: Regulacja rynkowa sprzyja zielonym innowacjom przedsiębiorstw.

H2c: Regulacja nieformalna sprzyja zielonym innowacjom przedsiębiorstw.

H3a: Regulacja administracyjno-nakazowa wzmacnia wpływ zielonych finansów na zielone innowacje.

H3b: Regulacja rynkowa wzmacnia wpływ zielonych finansów na zielone innowacje.

H3c: Regulacja nieformalna wzmacnia wpływ zielonych finansów na zielone innowacje.

5. Tło teoretyczne i stan wiedzy

5.1 Zielone finanse: rzadkość, efekty zewnętrzne i hipoteza Portera

Podstawa teoretyczna zielonych finansów w niniejszej rozprawie opiera się na trzech powiązanych ze sobą koncepcjach. Pierwszą jest rzadkość zasobów. Sformalizowana przez Robbinsa (1932) jako podstawowy problem ekonomii (alokacja rzadkich środków między konkurencyjne cele), rzadkość odnosi się bezpośrednio do środowiska naturalnego, które jednocześnie dostarcza nakładów dla działalności gospodarczej i pochłania generowane przez tę działalność zanieczyszczenia. Gdy emisje przekraczają zdolność asymilacyjną środowiska, następuje degradacja, co stanowi teoretyczne uzasadnienie dla kierowania strumieni finansowych w stronę projektów oszczędzających zasoby środowiskowe; jest to podstawowa funkcja zielonych finansów.

Drugą koncepcją jest efekt zewnętrzny. Zgodnie z definicją Mankiwa (2015) efekt zewnętrzny to nierekompensowany wpływ działań jednej strony na dobrobyt drugiej. Zanieczyszczenie środowiska jest podręcznikowym przykładem negatywnego efektu zewnętrznego: zanieczyszczające przedsiębiorstwa nie ponoszą pełnych kosztów

wyrządzanych przez siebie szkód środowiskowych, podczas gdy strony trzecie ponoszą koszty, których nie wybrały. Zaproponowany przez Pigou środek zaradczy, polegający na opodatkowaniu działań generujących negatywne efekty zewnętrzne oraz subsydiowaniu tych, które generują efekty pozytywne, stanowi koncepcyjny pomost między zewnętrznymi efektami środowiskowymi a instrumentami finansowymi: zielone finanse można rozumieć jako system, który przecenia kapitał zgodnie z efektami zewnętrznymi środowiska, czyniąc projekty szkodliwe dla środowiska relatywnie droższymi w finansowaniu, a projekty korzystne dla środowiska relatywnie tańszymi.

Trzecią koncepcją jest hipoteza Portera. Podczas gdy wcześniejsza teoria zakładała, że regulacja środowiskowa po prostu podnosi koszty i obniża konkurencyjność, Porter i van der Linde (1995) argumentowali, że dobrze zaprojektowana regulacja może zamiast tego pobudzać przedsiębiorstwa do innowacji i w ten sposób prowadzić do uzyskania przewagi konkurencyjnej. Jaffe i Palmer (1997) wyróżnili później wersję „wąską" (określone regulacje mogą pobudzać innowacje), wersję „słabą" (dobrze zaprojektowana regulacja może sprzyjać innowacjom) oraz wersję „silną" (wynikające z innowacji korzyści przewyższają koszty dostosowania, poprawiając ogólną konkurencyjność). W odniesieniu do zielonych finansów logika Portera sugeruje, że instrumenty finansowe nagradzające wyniki środowiskowe lub penalizujące zachowania zanieczyszczające poprzez mechanizm cenowy mogą podobnie motywować przedsiębiorstwa do przyjmowania czystszych technologii, zamiast jedynie spełniać wymogi przy minimalnym koszcie.

Łącznie te trzy perspektywy teoretyczne wyjaśniają kanały oddziaływania, poprzez które zielone finanse mogą kształtować bodźce przedsiębiorstw do angażowania się w zielone innowacje: poprzez przeciwdziałanie rzadkości zasobów, poprzez internalizację efektów zewnętrznych środowiska oraz poprzez nagradzanie, w sposób zgodny z logiką Portera, przyjmowania czystszych technologii. Strategia empiryczna rozprawy została skonstruowana tak, aby testować, czy i pod jakimi warunkami kanały te funkcjonują zgodnie z przewidywaniami teorii.

5.2 Regulacja środowiskowa a innowacje: debata teoretyczna

Teoretyczna relacja między regulacjami środowiskowymi a innowacjami stanowi przedmiot intensywnej debaty naukowej od czasu sformułowania hipotezy Portera, jednak debata dotycząca samej regulacji środowiskowej opiera się na szerszym zbiorze teorii podstawowych, wypracowanych w ramach ekonomii środowiska. Zasada ostrożności, sformalizowana w niemieckim prawie środowiskowym w latach 70. XX wieku i później włączona do Deklaracji z Rio z 1992 roku, głosi, że brak pełnej pewności naukowej nie powinien być powodem odraczania racjonalnych kosztowo działań zapobiegających poważnym lub nieodwracalnym szkodom środowiskowym, co stanowi etyczne i regulacyjne uzasadnienie dla wyprzedzającej interwencji państwa nawet w warunkach niepewności.

Drugą podstawową koncepcją jest zawodność rynku. Nawiązując do koncepcji „niewidzialnej ręki" Adama Smitha, Mankiw (2015) wskazuje, że rynki nie alokują zasobów efektywnie, gdy dobra mają charakter niewykluczalnych dóbr publicznych, gdy występują efekty zewnętrzne lub gdy informacja jest asymetryczna – wszystko to odnosi się bezpośrednio do zasobów środowiskowych, takich jak czyste powietrze i woda, które konkurencyjne w konsumpcji, lecz w praktyce niewykluczalne. Ponieważ prywatne koszty krańcowe zanieczyszczenia są systematycznie niższe niż społeczne koszty krańcowe,

przedsiębiorstwa maksymalizujące zysk będą, w braku interwencji, nadprodukować zanieczyszczenia w stosunku do optimum społecznego, co uzasadnia regulację ze strony państwa.

Dwa klasyczne, a pod pewnymi względami konkurujące ze sobą środki zaradcze wobec tej zawodności rynku stanowią podstawę trzech typów regulacji analizowanych w niniejszej rozprawie. Podejście podatku Pigou internalizuje efekty zewnętrzne bezpośrednio poprzez podatki od działalności zanieczyszczającej lub subsydia dla działalności korzystnej dla środowiska, stanowiąc teoretyczną podstawę regulacji rynkowej. Twierdzenie Coase'a (Coase, 1960), przeciwnie, głosi, że gdy prawa własności do zasobów środowiskowych są dobrze zdefiniowane, a koszty transakcyjne niskie, efektywne rezultaty można osiągnąć poprzez dobrowolne negocjacje niezależnie od początkowej alokacji praw – logika ta została później rozwinięta przez Dalesa (1968) w systemy zbywalnych pozwoleń na emisję i leży u podstaw instrumentów rynkowych w szerszym ujęciu. Podczas gdy logika Pigou i Coase'a opiera się na sygnałach cenowych, regulacja administracyjno-nakazowa opiera się zamiast tego na wprost określonych standardach administracyjnych i limitach, natomiast regulacja nieformalna opiera się na pozainstytucjonalnej presji społecznej ze strony społeczności, mediów i opinii publicznej – kanale, który Pargal i Wheeler (1996) uznali za szczególnie istotny tam, gdzie formalne egzekwowanie instytucjonalne jest stosunkowo słabe, co często ma miejsce w gospodarkach rozwijających się i transformujących.

Porter i van der Linde (1995) wprost kwestionują pesymistyczny pogląd na regulację, oparty wyłącznie na kosztach dostosowania, wynikający z samej teorii zawodności rynku i koncepcji Pigou, argumentując, że dobrze zaprojektowana regulacja środowiskowa może stymulować innowacje oraz wzrost efektywności w stopniu przewyższającym koszty dostosowania, generując tak zwany efekt kompensacji innowacyjnej. Perspektywa ta stoi w opozycji do poglądu neoklasycznego, zgodnie z którym regulacja nakłada koszty odciągające zasoby od działalności produkcyjnej. Rozprawa rozwija tę debatę empirycznie, wyróżniając trzy typy instrumentów regulacyjnych (administracyjno-nakazowe, rynkowe i nieformalne), których mechanizmy oddziaływania na innowacje mogą się istotnie różnić (Blackman, 2010; Pargal i Wheeler, 1996). Instrumenty administracyjno-nakazowe narzucają konkretne standardy techniczne lub limity emisji, instrumenty rynkowe (np. opłaty za emisje) tworzą bodźce cenowe skłaniające przedsiębiorstwa do samodzielnego wyboru najefektywniejszej ścieżki dostosowania, natomiast regulacja nieformalna opiera się na presji społecznej, partycypacji publicznej i przejrzystości informacyjnej (Popp, 2006; Greenstone i in., 2012).

5.3 Klasyfikacja instrumentów regulacji środowiskowej

Instrumenty regulacji środowiskowej można klasyfikować według kilku wymiarów: według zasobu, którego dotyczą (powietrze, woda, odpady), według stopnia dobrowolności lub według leżącego u ich podstaw mechanizmu. Większość współczesnych badań zbiega się jednak w kierunku klasyfikacji trójdzielnej, przyjętej również w niniejszej rozprawie: instrumentów administracyjno-nakazowych, instrumentów rynkowych (ekonomicznych) oraz instrumentów nieformalnych (społecznych).

Regulacja administracyjno-nakazowa wprost określa standardy techniczne, limity emisji lub dopuszczalne metody produkcji i jest egzekwowana administracyjnie poprzez inspekcje i sankcje. Jej skuteczność zależy w dużej mierze od zdolności egzekwowania:

jak ostrzega wiele badań, wysokie nakłady administracyjne nie gwarantują silnego egzekwowania, ponieważ wdrażanie na szczeblu lokalnym może odbiegać od deklarowanych zobowiązań fiskalnych lub legislacyjnych (Brunel i Levinson, 2013). Regulacja rynkowa opiera się natomiast na sygnałach cenowych (opłatach za emisje, podatkach, zbywalnych pozwoleniach), które pozwalają przedsiębiorstwom samodzielnie wybrać najtańszą ścieżkę dostosowania, zgodnie z omówioną wcześniej logiką Pigou i Coase'a. Regulacja nieformalna funkcjonuje poza formalnymi kanałami prawnymi lub rynkowymi, poprzez opinię publiczną, presję społeczności, kontrolę medialną oraz ujawnianie informacji; teoretycznie ma ona szczególne znaczenie tam, gdzie formalna zdolność egzekwowania jest ograniczona, ponieważ ekspozycja publiczna i ryzyko reputacyjne mogą zastępować słabe sankcje administracyjne.

Ta trójdzielna typologia nie ma charakteru wyłącznie opisowego: bezpośrednio motywuje ona przyjętą w rozprawie strategię empiryczną polegającą na konstrukcji trzech odrębnych wskaźników regulacji, zamiast pojedynczego złożonego indeksu regulacyjnego, ponieważ połączenie tych mechanistycznie odrębnych instrumentów w jedną miarę przesłoniłoby właśnie zróżnicowane efekty – oraz zróżnicowane interakcje z zielonymi finansami – które niniejsza rozprawa stara się zidentyfikować.

5.4 Krytyczna analiza literatury przedmiotu w zakresie badań

Literatura empiryczna dotycząca zielonych finansów, regulacji środowiskowej i zielonych innowacji rozwinęła się znacząco w ostatniej dekadzie, jednak pozostaje rozproszona wzdłuż trzech osi: instrumentu finansowego, typu regulacji oraz funkcjonalnej formy zależności. Niniejsza rozprawa lokuje się na przecięciu tych trzech nurtów, integrując wielowymiarowy indeks zielonych finansów, zróżnicowane wskaźniki regulacji środowiskowych oraz test nieliniowości w ramach jednego, spójnego modelu empirycznego, opartego na dużej próbie chińskich spółek giełdowych i wskaźnikach prowincjonalnych w okresie od 2010 do 2021.

6. Źródła, dane i metody badawcze

6.1 Źródła danych i konstrukcja próby

Analiza empiryczna opiera się na wielopoziomowym zbiorze danych panelowych obejmującym lata 2010–2021, łączącym dane na poziomie przedsiębiorstw z prowincjonalnymi wskaźnikami zielonych finansów i regulacji środowiskowej. Próba na poziomie przedsiębiorstw obejmuje 4 251 spółek notowanych na giełdach w Szanghaju i Shenzhen (akcje klasy A), co daje 31 935 obserwacji rocznych po wykluczeniu spółek finansowych, spółek ze statusem ST/*ST oraz obserwacji z brakującymi danymi dla kluczowych zmiennych. Dane na poziomie przedsiębiorstw pochodzą z baz CSMAR i WIND oraz z CNIPA; dane prowincjonalne pochodzą z chińskich roczników statystycznych, środowiskowych, finansowych i ubezpieczeniowych. Wszystkie zmienne pieniężne zdeflowano do cen stałych, zmienne ciągłe poddano winsoryzacji na poziomie 1% lub 5% w celu ograniczenia wpływu wartości odstających, a zbiór danych skonstruowano i przeanalizowano w programie Stata 17.

6.2 Pomiar zielonych innowacji

Istniejące miary zielonych innowacji dzielą się na trzy szerokie kategorie: miary oparte na nakładach, takie jak wydatki na zielone B+R, miary oparte na wynikach, takie

jak liczba zielonych patentów, oraz miary oparte na rezultatach, takie jak zewnętrzne oceny wyników środowiskowych. Miary nakładowe odzwierciedlają zaangażowanie zasobowe przedsiębiorstw, lecz trudno je jednoznacznie zaklasyfikować jako „zielone", ponieważ większość firm nie wyodrębnia osobno wydatków na zielone B+R. Oparte na wynikach oceny w stylu ESG są kompleksowe, lecz zależą od zewnętrznych dostawców, których metodyki są często nieprzejrzyste i niespójne między firmami i w czasie, co jest szczególnie problematyczne dla regresji panelowych obejmujących porównania regionalne.

Niniejsza rozprawa przyjmuje zatem liczbę zgłoszeń zielonych patentów, klasyfikowanych zgodnie z klasyfikacją technologii zielonych WIPO/IPC i pozyskiwanych z CNIPA za pośrednictwem bazy CSMAR, jako zmienną zastępczą dla zielonych innowacji na poziomie przedsiębiorstwa. Zgłoszenia patentowe, a nie udzielone patenty, są wykorzystywane, ponieważ szybciej odzwierciedlają intencje innowacyjne przedsiębiorstw i są bardziej stabilne w ujęciu rocznym, ograniczając nadmierną liczbę zer w panelu. Ponieważ surowa liczba patentów jest silnie prawostronnie skośna, z dużą liczbą wartości zerowych, zmienną zależną przekształcono jako ln(zielone_patenty + 1), czyli logarytm naturalny liczby zielonych patentów powiększonej o jeden, a to zlogarytmowane przekształcenie wykorzystywane jest jako zmienna zależna we wszystkich kolejnych modelach regresji.

6.3 Konstrukcja indeksu zielonych finansów

Odpowiadając na pierwszą lukę badawczą zidentyfikowaną w punkcie 2.2, zielone finanse mierzone są nie przez pojedynczą miarę, lecz przez złożony indeks zbudowany z sześciu wskaźników cząstkowych opartych na proporcjach: zielonego kredytu (saldo kredytów środowiskowych w relacji do całkowitego kredytu), zielonych inwestycji (inwestycje w kontrolę zanieczyszczeń w relacji do PKB), zielonych ubezpieczeń (przychody ze składek ubezpieczeń odpowiedzialności środowiskowej w relacji do całkowitych przychodów ze składek), zielonych obligacji (emisja zielonych obligacji w relacji do całkowitej emisji obligacji), zielonego wsparcia fiskalnego (wydatki rządowe na środowisko w relacji do wydatków budżetu ogólnego) oraz zielonych funduszy (wartość rynkowa zielonych funduszy inwestycyjnych w relacji do całkowitej wartości rynkowej funduszy inwestycyjnych). Dane dla tych wskaźników cząstkowych pochodzą z Chińskiego Rocznika Finansowego, Chińskiego Rocznika Statystycznego, Chińskiego Rocznika Środowiskowego, Chińskiego Rocznika Ubezpieczeniowego oraz baz danych funduszy WIND i CSRC.

Aby połączyć sześć wskaźników cząstkowych w jeden indeks bez narzucania subiektywnych wag, zastosowano metodę wag entropijnych (EWM), zgodnie z ugruntowaną procedurą stosowaną w literaturze dotyczącej zielonych finansów (np. Liu i He, 2021; Zhang i Yu, 2023). Po pierwsze, każdy wskaźnik cząstkowy przeskalowano metodą normalizacji min–max. Po drugie, obliczono udział każdej znormalizowanej wartości i wykorzystano go do obliczenia entropii każdego wskaźnika, odzwierciedlającej stopień zróżnicowania między prowincjami. Po trzecie, stopień rozbieżności (redundancji) każdego wskaźnika, zdefiniowany jako jeden minus jego entropia, wykorzystano do wyznaczenia jego obiektywnej wagi, tak aby wskaźniki o większym zróżnicowaniu międzyprowincjonalnym – a zatem o większej sile dyskryminacyjnej – otrzymywały wyższą wagę. Po czwarte, złożony indeks zielonych finansów obliczono jako ważoną entropijnie sumę sześciu znormalizowanych wskaźników cząstkowych.

Tabela 6.1 przedstawia uzyskane wagi entropijne. Zielone inwestycje otrzymują zdecydowanie najwyższą wagę (58,67%), co wskazuje, że ich zróżnicowanie między prowincjami w największym stopniu przyczynia się do różnicowania poziomu rozwoju zielonych finansów, podczas gdy pozostałych pięć wskaźników cząstkowych (wsparcie fiskalne, ubezpieczenia, obligacje, kredyt i fundusze) charakteryzuje się porównywalnymi wagami rzędu 7–9% każdy, co odzwierciedla bardziej zrównoważony wkład pozostałych kanałów finansowych.

Tabela 6.1. Wagi entropijne przypisane poszczególnym wskaźnikom cząstkowym

Wskaźnik	Waga	Opis
Zielone inwestycje	0,5867	Inwestycje środowiskowe jako udział w PKB
Zielone wsparcie fiskalne	0,0931	Wydatki środowiskowe jako udział w budżecie fiskalnym
Zielone ubezpieczenia	0,0816	Udział przychodów z ubezpieczeń środowiskowych w całkowitych składkach
Zielone obligacje	0,0835	Udział emisji zielonych obligacji w całkowitej emisji obligacji
Zielony kredyt	0,0809	Udział kredytów środowiskowych w całkowitym kredycie
Zielony fundusz	0,0742	Udział rynkowy zielonych funduszy w sektorze funduszy inwestycyjnych

Źródło: opracowanie własne.

6.4 Pomiar trzech typów regulacji środowiskowej

Regulacja administracyjno-nakazowa jest w literaturze zwyczajowo mierzona za pomocą inwestycji w zarządzanie środowiskowe, danych o egzekwowaniu i karach lub wskaźnikach instytucjonalno-prawnych, z których każdy ma dobrze udokumentowane wady: wskaźniki inwestycyjne odzwierciedlają intencje fiskalne, a nie rezultaty egzekwowania, dane o karach są podatne na selektywne lub niespójne egzekwowanie lokalne, a wskaźniki prawne odzwierciedlają istnienie, a nie siłę regulacji. Aby dokładniej uchwycić presję regulacyjną administracji w warunkach hierarchicznego systemu zarządzania w Chinach, niniejsza rozprawa przyjmuje zamiast tego podejście oparte na analizie tekstu: sprawozdania z prac rządów miast na poziomie prefektur w 30 prowincjach (2010–2021) analizowane są pod kątem częstotliwości występowania słów kluczowych związanych ze środowiskiem (np. „ochrona środowiska”, „kontrola zanieczyszczeń”, „cywilizacja ekologiczna”, „oszczędzanie energii i redukcja emisji”), znormalizowanej według długości dokumentu i zagregowanej do średnich prowincjonalnych. Ponieważ sprawozdania z prac rządu są oficjalnymi, corocznie publikowanymi dokumentami w dużej mierze egzogenicznymi wobec zachowań poszczególnych przedsiębiorstw, ten oparty na tekście wskaźnik zarówno uchwytuje rzeczywistą uwagę polityczną, jak i pomaga ograniczyć problemy endogeniczności w porównaniu ze wskaźnikami opartymi na egzekwowaniu lub inwestycjach.

Regulacja rynkowa mierzona jest jako stosunek dochodów z opłat za emisję zanieczyszczeń do PKB prowincji, na podstawie danych z Chińskiego Rocznika Statystyki Środowiskowej. System opłat za emisję zanieczyszczeń, obowiązujący w Chinach od końca lat 90. XX wieku i wcielający zasadę „zanieczyszczający płaci”, oferuje instrument

polityki o jasnym uzasadnieniu teoretycznym (internalizacja efektów zewnętrznych poprzez cenę), wiarygodne i porównywalne dane publiczne oraz ciągłe pokrycie szeregów czasowych odpowiednie dla analizy panelowej, niezależnie od przejścia w 2018 roku na podatek od ochrony środowiska, które traktowane jest jako zmiana kontekstu instytucjonalnego w późniejszych latach panelu.

Regulacja nieformalna jest koncepcyjnie najtrudniejsza do zmierzenia, ponieważ funkcjonuje poprzez rozproszone kanały społeczne, a nie mechanizmy prawne lub cenowe. Nawiązując do Pargal i Wheeler (1996) oraz podejścia empirycznego Hettige i in. (1996), niniejsza rozprawa konstruuje prowincjonalny Indeks Nieformalnej Regulacji Środowiskowej (IERI) na podstawie czterech standaryzowanych wskaźników społeczno-ekonomicznych, łączonych za pomocą tej samej procedury wag entropijnych, która zastosowana została dla indeksu zielonych finansów: logarytmu dochodu na mieszkańca (zdolność materialna mieszkańców do wspierania działań środowiskowych), udziału ludności z wykształceniem wyższym (świadomość środowiskowa i zdolność obywatelska), gęstości zaludnienia (narażenie na zanieczyszczenia i potencjał mobilizacji społecznej) oraz udziału ludności w wieku 0–14 lat (zmienna zastępcza dla wrażliwości gospodarstw domowych na ryzyko środowiskowe). Jak pokazuje Tabela 6.2, dochód na mieszkańca ma zdecydowanie najwyższą wagę (46,5%), a kolejne miejsca zajmują udział ludności młodej (24,2%) i gęstość zaludnienia (23,5%), przy czym wykształcenie wyższe ma najniższą wagę (5,8%), co wskazuje, że regionalna zdolność gospodarcza jest dominującym źródłem zróżnicowania międzyprowincjonalnego presji regulacji nieformalnej.

Tabela 6.2. Wyniki ważenia entropijnego dla Indeksu Nieformalnej Regulacji Środowiskowej

Wskaźnik	Waga	Opis
Logarytm dochodu na mieszkańca	0,465	Odzwierciedla materialną zdolność mieszkańców do angażowania się w działania środowiskowe
Udział ludności z wykształceniem wyższym	0,058	Wskazuje na świadomość środowiskową i potencjał zaangażowania obywatelskiego
Gęstość zaludnienia	0,235	Reprezentuje narażenie na zanieczyszczenia oraz łatwość rozpowszechniania informacji
Udział ludności młodej (wiek ≤ 14)	0,242	Zmienna zastępcza dla wrażliwości gospodarstw domowych na ryzyko środowiskowe

Źródło: opracowanie własne.

6.5 Zmienne kontrolne

Aby wyodrębnić efekty zielonych finansów i regulacji środowiskowej spośród innych determinant zielonych innowacji, modele empiryczne uwzględniają zmienne kontrolne zarówno na poziomie prowincji, jak i przedsiębiorstwa. Na poziomie prowincji: udział przemysłu drugiego sektora w PKB (odzwierciedlający strukturę przemysłową i związaną z nią presję zanieczyszczeniową), logarytm PKB na mieszkańca (poziom rozwoju regionalnego), wskaźnik urbanizacji (aglomeracja i zdolność zarządcza) oraz stosunek bezpośrednich inwestycji zagranicznych do PKB (otwartość, mogąca przynosić transfer

technologii lub ryzyko przenoszenia zanieczyszczeń). Na poziomie przedsiębiorstwa: rentowność aktywów (rentowność i wewnętrzna zdolność finansowania zielonych B+R), wskaźnik Q Tobina (wycena rynkowa i motywacja inwestycyjna), wiek przedsiębiorstwa (doświadczenie instytucjonalne i dojrzałość zarządcza) oraz logarytm przychodów ze sprzedaży (wielkość przedsiębiorstwa i dostępność zasobów). Dane dla tych zmiennych kontrolnych pochodzą z Chińskiego Rocznika Statystycznego, Chińskiego Miejskiego Rocznika Statystycznego oraz baz WIND i CSMAR, dopasowanych rocznie do obserwacji na poziomie przedsiębiorstw i przekształconych logarytmicznie lub standaryzowanych, gdy jest to właściwe.

6.6 Model bazowy, interakcyjny i nieliniowy

Model regresji bazowej ma następującą postać:

$$GI_{it} = \alpha + \beta_1 GF_{it} + \sum_{j=1}^{8} X_{jit} + \gamma_p + \mu_t + \varepsilon_{it} \qquad (1)$$

gdzie GI_{it} oznacza poziom zielonych innowacji przedsiębiorstwa i w roku t, GFit jest prowincjonalnym indeksem zielonych finansów, a X_{jit} reprezentuje zestaw zmiennych kontrolnych, obejmujących wskaźniki na poziomie przedsiębiorstwa (ROA, wskaźnik Q Tobina, wiek przedsiębiorstwa oraz logarytm przychodów ze sprzedaży) oraz wskaźniki na poziomie prowincji (logarytm PKB na mieszkańca, udział przemysłu drugiego sektora, wskaźnik urbanizacji oraz wskaźnik bezpośrednich inwestycji zagranicznych). γ_p oznacza efekty stałe dla prowincji, kontrolujące niezmienne w czasie cechy regionalne, μ_t oznacza efekty stałe dla lat, kontrolujące wstrząsy makroekonomiczne, a ε_{it} jest losowym składnikiem błędu. Aby zapewnić odporne wnioskowanie i uwzględnić korelację wewnątrzprowincjonalną, błędy standardowe są klastrowane na poziomie prowincji.

Aby zbadać moderującą rolę każdego typu regulacji środowiskowej, model bazowy rozszerzono o człony interakcyjne:

$$GI_{it} = \alpha + \beta_1 GF_{it} + \beta_2 ER_{it} + \beta_3\, GF_{it} \times ER_{it} + \sum_{j=1}^{8} X_{j,it} + \gamma_p + \mu_t + \varepsilon_{it} \qquad (2)$$

gdzie ER_{it} oznacza zmienne regulacji środowiskowej, a pozostałe zmienne zdefiniowane są jak w regresji bazowej. Współczynnik β_3 przy członie interakcyjnym GFit×ERit wskazuje, czy dany typ regulacji wzmacnia ($\beta_3 > 0$), czy osłabia ($\beta_3 < 0$) wpływ zielonych finansów na zielone innowacje. Model ten stanowi bezpośrednie narzędzie testowania hipotez H3a–H3c.

Aby przetestować hipotezę o nieliniowym efekcie zielonych finansów, wprowadzono składnik kwadratowy:

$$GI_{it} = \alpha + \beta_1 GF_{it} + \beta_2 GF_{it}^{\,2} + \sum_{j=1}^{8} X_{jit} + \gamma_p + \mu_t + \varepsilon_{it} \qquad (3)$$

7. Struktura rozprawy

Rozdział 1 przedstawia podstawy teoretyczne zielonych finansów i zielonych innowacji, w tym ich definicje, klasyfikacje oraz rozwój w Chinach. Rozdział 2 analizuje regulację środowiskową, jej klasyfikację na typy administracyjno-nakazowe, rynkowe i nieformalne oraz ewolucję chińskiego systemu zarządzania środowiskowego. Rozdział 3 przedstawia metodykę badania: cele, hipotezy, źródła danych i modele ekonometryczne. Rozdział 4 koncentruje się na konstrukcji danych i pomiarze wskaźników, w tym na konstrukcji indeksu zielonych finansów i indeksu regulacji nieformalnej metodą wag

entropijnych. Rozdział 5 przedstawia analizę empiryczną: wyniki regresji bazowej, efekty interakcyjne, testy nieliniowości, testy odporności oraz analizy heterogeniczności. Rozdział 6 podsumowuje główne wyniki, wkład teoretyczny, implikacje polityczne, ograniczenia oraz kierunki dalszych badań.

8. Główne wyniki

8.1 Bezpośredni efekt zielonych finansów

Tabela 8.1 przedstawia kluczowe współczynniki z bazowego dwukierunkowego modelu efektów stałych, w którym zielone innowacje (logarytm naturalny jedności powiększonej o liczbę zgłoszeń zielonych patentów) regresowane są na indeksie zielonych finansów wraz ze zmiennymi kontrolnymi na poziomie przedsiębiorstwa i prowincji, efektami stałymi dla prowincji i lat oraz błędami standardowymi klastrowanymi na poziomie prowincji.

W kolumnie (1) współczynnik indeksu zielonych finansów jest ujemny i statystycznie nieistotny. Zgodnie ze specyfikacją liniową zielone finanse nie wywierają zatem istotnego bezpośredniego wpływu na zielone innowacje na poziomie przedsiębiorstwa, a hipoteza H1 nie znajduje na tym etapie potwierdzenia. Wśród zmiennych kontrolnych wielkość przedsiębiorstwa jest dodatnio i wysoce istotnie związana z zielonymi innowacjami we wszystkich specyfikacjach, co wskazuje, że większe przedsiębiorstwa są lepiej przygotowane do mobilizacji zasobów na zielone B+R; pełny model wskazuje ponadto na istotnie ujemny wpływ wieku przedsiębiorstwa, marginalnie dodatni wpływ wskaźnika Q Tobina oraz istotnie dodatni wpływ wskaźnika bezpośrednich inwestycji zagranicznych, co jest zgodne z efektami transferu technologii. Model wyjaśnia umiarkowaną część zmienności (skoryg. $R^2 = 0{,}061$), co jest typowe dla regresji innowacyjności na poziomie przedsiębiorstw nasyconych wielowymiarowymi efektami stałymi.

Tabela 8.1. Główne wyniki regresji: model bazowy, nieliniowy, interakcyjny i opóźniony

Zmienna	(1) Model bazowy	(2) Model nieliniowy	(3) Interakcje – wszystkie	(4) Nieliniowość × interakcje	(5) Opóźnienie – wszystkie
GF	-0,061 (0,112)	0,860** (0,417)	0,852 (0,513)	1,367** (0,640)	—
$(GF)^2$	—	-2,078** (0,879)	—	-1,441 (0,850)	—
GF (opóźnione)	—	—	—	—	0,855* (0,435)
CER	—	—	10,039 (10,174)	9,248 (9,398)	6,876 (10,002)
GF×CER	—	—	-67,902 (46,387)	-62,400 (42,825)	-55,321 (50,537)
MER	—	—	7,044*** (2,002)	6,582*** (2,374)	0,912 (6,132)
GF×MER	—	—	-20,255*** (5,556)	-19,158*** (6,524)	-1,750 (18,072)
IER	—	—	0,333 (0,318)	0,261 (0,321)	0,396 (0,362)
GF×IER	—	—	-0,787 (0,657)	-0,606 (0,664)	-0,678 (0,655)
Wielkość firmy	0,106*** (0,010)	0,106*** (0,010)	0,106*** (0,010)	0,106*** (0,010)	0,113*** (0,011)

Liczba obserwacji	31 935	31 935	31 935	31 935	27 201
Skoryg. R^2	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061

Uwaga: Odporne błędy standardowe klastrowane na poziomie prowincji w nawiasach. Zmienne kontrolne (ROA, wskaźnik Q Tobina, wiek przedsiębiorstwa, struktura przemysłowa, PKB na mieszkańca, urbanizacja, BIZ) oraz efekty stałe dla prowincji i lat uwzględniono we wszystkich modelach, lecz pominięto w tabeli ze względu na zwięzłość, z wyjątkiem wielkości firmy, zachowanej dla zilustrowania spójności między specyfikacjami. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1. Źródło: opracowanie własne.

8.2 Zróżnicowane efekty regulacji środowiskowej

Kolumna (3) Tabeli 8.1 rozszerza model bazowy o trzy typy regulacji środowiskowej – administracyjno-nakazową (CER), rynkową (MER) i nieformalną (IER) – wraz z ich interakcjami z zielonymi finansami.

Regulacja rynkowa wykazuje konsekwentnie istotny, dodatni bezpośredni efekt na zielone innowacje ($\beta = 7{,}044$, $p < 0{,}01$), co stanowi silne wsparcie dla hipotezy H2b: instrumenty cenowe, takie jak opłaty za emisję zanieczyszczeń, są skuteczne w stymulowaniu zielonych innowacji przedsiębiorstw. Regulacja administracyjno-nakazowa jest dodatnia, lecz statystycznie nieistotna ($\beta = 10{,}039$), zatem hipoteza H2a nie znajduje potwierdzenia. Regulacja nieformalna jest podobnie dodatnia, lecz statystycznie nieistotna ($\beta = 0{,}333$), zatem hipoteza H2c nie znajduje potwierdzenia, co prawdopodobnie odzwierciedla znaczną regionalną heterogeniczność wiarygodności i egzekwowania kanałów nieformalnych.

8.3 Efekty interakcyjne: substytucja zamiast komplementarności

Człony interakcyjne w kolumnie (3) Tabeli 8.1 testują hipotezy H3a–H3c, to jest, czy każdy typ regulacji wzmacnia wpływ zielonych finansów na zielone innowacje.

Interakcja między zielonymi finansami a regulacją rynkową jest istotnie ujemna ($\beta = -20{,}255$, $p < 0{,}01$) i pozostaje istotnie ujemna po dodaniu składnika nieliniowego w kolumnie (4) ($\beta = -19{,}158$, $p < 0{,}01$). Jest to najbardziej odporny wynik interakcyjny w rozprawie: zamiast wzmacniać proinnowacyjny efekt zielonych finansów, zgodnie z założeniem, silna regulacja rynkowa osłabia jego krańcowy wkład. Hipoteza H3b zostaje zatem odrzucona, a uzyskane dowody wskazują raczej na efekt substytucji między zielonymi finansami a regulacją rynkową. Interakcje z regulacją administracyjno-nakazową i nieformalną są ujemne, lecz statystycznie nieistotne w obu kolumnach, zatem hipotezy H3a i H3c nie znajdują potwierdzenia, co sugeruje słabą koordynację polityki między zielonymi finansami a tymi dwoma instrumentami w obecnych warunkach instytucjonalnych.

Tabela 8.2 podsumowuje status weryfikacji wszystkich siedmiu hipotez na podstawie tych wyników.

Tabela 8.2. Weryfikacja hipotez badawczych

Hipoteza	Współczynnik(i)	Weryfikacja
H1: Zielone finanse sprzyjają zielonym innowacjom.	$\beta(GF) = -0{,}061$, n.i. (model bazowy); $\beta(GF) = 0{,}860$**, $\beta(GF^2) = -2{,}078$** (model nieliniowy)	Niepotwierdzona przy założeniu liniowości; potwierdzona jako zależność odwróconego U
H2a: Regulacja administracyjno-nakazowa sprzyja zielonym innowacjom.	$\beta(CER) = 10{,}039$, n.i.	Niepotwierdzona
H2b: Regulacja rynkowa sprzyja zielonym innowacjom.	$\beta(MER) = 7{,}044$***	Potwierdzona

H2c: Regulacja nieformalna sprzyja zielonym innowacjom.	β(IER) = 0,333, n.i.	Niepotwierdzona
H3a: CER wzmacnia efekt zielonych finansów.	β(GF×CER) = -67,902, n.i.	Niepotwierdzona
H3b: MER wzmacnia efekt zielonych finansów.	β(GF×MER) = -20,255***	Odrzucona – efekt substytucji
H3c: IER wzmacnia efekt zielonych finansów.	β(GF×IER) = -0,787, n.i.	Niepotwierdzona

Uwaga: n.i. = nieistotne statystycznie. Źródło: opracowanie własne na podstawie modeli bazowego, nieliniowego i interakcyjnego.

8.4 Nieliniowość i opóźnienia czasowe

Kolumna (2) Tabeli 8.1 pokazuje, że po dodaniu do modelu bazowego składnika kwadratowego zielonych finansów, człon liniowy staje się dodatni i istotny (β = 0,860, p < 0,05), a człon kwadratowy jest ujemny i istotny (β = -2,078, p < 0,05), co dostarcza wyraźnych dowodów na odwróconą, U-kształtną zależność między zielonymi finansami a zielonymi innowacjami. Wynikający z tego punkt zwrotny, obliczony jako -β1/(2β2), wynosi około 0,21 w skali indeksu zielonych finansów, co mieści się w obserwowanym zakresie indeksu: zielone finanse sprzyjają zielonym innowacjom do umiarkowanego poziomu rozwoju, powyżej którego ich krańcowy wkład maleje. Wspólna estymacja składników nieliniowych i interakcyjnych (kolumna 4) potwierdza ten wzorzec dla odrębnych specyfikacji CER, MER i IER, w których składnik kwadratowy pozostaje ujemny i istotny, natomiast interakcja między zielonymi finansami a regulacją rynkową pozostaje konsekwentnie istotnie ujemna, potwierdzając, że wzorzec substytucji jest odporny na uwzględnienie składników nieliniowych.

Ponowna estymacja modeli z jednookresowym opóźnieniem zielonych finansów (kolumna 5) pozwala uwzględnić potencjalną odwrotną przyczynowość oraz przetestować efekty opóźnione. Opóźniona zmienna zielonych finansów jest dodatnia i marginalnie istotna w pełnej specyfikacji interakcyjnej (β = 0,855, p < 0,1), a jej istotność jest ogólnie słabsza niż w przypadku zmiennej bieżącej w specyfikacji nieliniowej, co wskazuje, że zielone finanse mogą wywierać opóźniony, lecz stosunkowo umiarkowany efekt zachęty. Żaden z członów interakcyjnych między opóźnionymi zielonymi finansami a trzema typami regulacji nie jest statystycznie istotny, co sugeruje, że mechanizm substytucji między zielonymi finansami a regulacją rynkową działa głównie w obrębie tego samego okresu, a nie z opóźnieniem.

8.5 Testy odporności

Aby zweryfikować, że główne wyniki nie są napędzane przez duży odsetek przedsiębiorstw bez działalności patentowej w zakresie zielonych technologii, modele bazowe i interakcyjne oszacowano ponownie po wykluczeniu przedsiębiorstw z zerowym poziomem zielonych innowacji w całym okresie próby, co zmniejszyło próbę z 31 935 do 16 894 obserwacji rocznych. Bezpośredni efekt zielonych finansów pozostaje statystycznie nieistotny w tej ograniczonej próbie, natomiast interakcja między zielonymi finansami a regulacją rynkową pozostaje istotnie ujemna i, jeśli już, większa co do wartości bezwzględnej (β = -39,394, p < 0,01), co potwierdza, że zidentyfikowany wcześniej efekt substytucji nie jest artefaktem doboru próby. Powtórzenie tego wykluczenia z uwzględnieniem podniesionego do kwadratu wskaźnika zielonych finansów ujawnia ten sam wzorzec, co w pełnej próbie: człon liniowy zielonych finansów jest dodatni i istotny

we wszystkich specyfikacjach, a człon kwadratowy jest konsekwentnie ujemny i istotny na poziomie 5%, co potwierdza, że odwrócona, U-kształtna zależność jest odporna wśród przedsiębiorstw aktywnie angażujących się w zielone innowacje, przy czym ujemna interakcja między zielonymi finansami a regulacją rynkową zostaje w tej podpróbie również potwierdzona.

8.6 Analiza heterogeniczności

Heterogeniczność branżowa. Podział próby na przedsiębiorstwa silnie i słabo zanieczyszczające, zgodnie z klasyfikacją Chińskiej Komisji Regulacji Papierów Wartościowych oraz Ministerstwa Ekologii i Środowiska, pokazuje, że wśród przedsiębiorstw silnie zanieczyszczających zielone finanse nie wykazują istotnego efektu bezpośredniego ani nieliniowego, natomiast ich interakcja z regulacją rynkową jest ujemna i jedynie marginalnie istotna; wśród przedsiębiorstw słabo zanieczyszczających zielone finanse wykazują natomiast istotny wzorzec odwróconego U po uwzględnieniu składnika kwadratowego, a ich interakcja z regulacją rynkową jest również istotnie ujemna, choć nieco mniejsza co do wartości bezwzględnej. Wskazuje to, że zielone finanse funkcjonują poprzez rzeczywisty, umiarkowany mechanizm zachęty głównie wśród przedsiębiorstw słabo zanieczyszczających, natomiast w branżach silnie zanieczyszczających ich krańcowy wkład jest w dużej mierze pochłaniany przez istniejącą już presję regulacji rynkowej.

Heterogeniczność ze względu na formę własności. Porównanie przedsiębiorstw państwowych (SOE) i niepaństwowych (non-SOE) wykazuje podobny wzorzec: dla SOE zielone finanse nie wykazują istotnego efektu liniowego ani nieliniowego, natomiast ich interakcja z regulacją rynkową stanowi najsilniejszy efekt substytucji obserwowany wśród wszystkich podgrup; dla przedsiębiorstw niepaństwowych zielone finanse są nieistotne w modelu liniowym, lecz stają się istotnie dodatnie po dodaniu składnika kwadratowego, a ani regulacja rynkowa, ani jej interakcja z zielonymi finansami nie są istotne, co wskazuje, że zielone finanse funkcjonują bardziej niezależnie od regulacji rynkowej wśród przedsiębiorstw niepaństwowych.

Heterogeniczność regionalna. W prowincjach wschodnich zielone finanse nie wykazują istotnego efektu, natomiast regulacja rynkowa ma silny, dodatni efekt bezpośredni oraz najsilniejszą negatywną interakcję z zielonymi finansami spośród wszystkich analiz heterogeniczności; interakcja z regulacją nieformalną jest również istotnie ujemna na wschodzie. W regionie centralnym zielone finanse wykazują marginalnie istotny, dodatni efekt, a ich interakcja z regulacją nieformalną jest silnie ujemna – największy efekt substytucji regulacji nieformalnej w całym badaniu. W regionie zachodnim zielone finanse wykazują istotny, dodatni efekt bez istotnych członów interakcyjnych, co sugeruje, że funkcjonują one jako stosunkowo niezależny mechanizm zachęty tam, gdzie infrastruktura rynkowa i regulacyjna jest mniej rozwinięta. Ogólnie rzecz biorąc, zielone finanse są stopniowo mniej „wypierane” przez instrumenty regulacyjne w miarę przechodzenia ze wschodu na zachód, co jest zgodne z bardziej nasyconym środowiskiem politycznym i rynkowym wschodnich prowincji Chin.

9. Oryginalny wkład naukowy

Wkład naukowy rozprawy koncentruje się wokół czterech kluczowych wymiarów.

1. Konstrukcja wielowymiarowego, prowincjonalnego indeksu zielonych finansów. W odróżnieniu od badań opierających się na pojedynczych instrumentach, takich jak

zielony kredyt czy zielone inwestycje, rozprawa opracowuje kompleksowy, ważony entropijnie indeks obejmujący sześć wymiarów zielonych finansów, umożliwiając dokładniejsze odwzorowanie regionalnego rozwoju finansów zielonych oraz bardziej rzetelną ocenę ich wpływu na zielone innowacje.

2. Identyfikacja odwróconej, U-kształtnej zależności między zielonymi finansami a zielonymi innowacjami. Wykazanie nieliniowego charakteru tej zależności wzbogaca teoretyczną dyskusję na temat nieliniowości bodźców finansowych i pomaga wyjaśnić niespójne wyniki wcześniejszych badań, wskazując na istnienie optymalnego zakresu intensywności zielonych finansów.

3. Zróżnicowanie regulacji środowiskowej na trzy typy, z których każdy posiada własną, teoretycznie ugruntowaną zmienną zastępczą (wskaźnik tekstowy dla regulacji administracyjno-nakazowej, wskaźnik oparty na opłatach dla regulacji rynkowej oraz ważony entropijnie indeks dla regulacji nieformalnej), oraz analiza ich efektów moderujących. Rozprawa wykazuje, że regulacja środowiskowa nie wywiera jednorodnego efektu moderującego: regulacja rynkowa wzmacnia proinnowacyjną rolę zielonych finansów w ujęciu bezpośrednim, jednocześnie osłabiając ją w ujęciu interakcyjnym, co wzbogaca rozumienie komplementarności i substytucyjności polityk w kontekście zielonych innowacji.

4. Zintegrowane, wielopoziomowe ramy empiryczne łączące dane na poziomie przedsiębiorstw z instytucjonalnymi wskaźnikami na poziomie prowincji. Takie podejście metodologiczne umożliwia jednoczesną estymację efektów bezpośrednich i interakcyjnych przy kontroli nieobserwowanej heterogeniczności na poziomie firm, regionów i czasu, stanowiąc wkład metodologiczny możliwy do wykorzystania w przyszłych badaniach nad efektami interakcji polityk.

10. Wnioski

Niniejsza rozprawa miała na celu zbadanie wspólnego wpływu zielonych finansów i regulacji środowiskowej na zielone innowacje przedsiębiorstw w Chinach, z wykorzystaniem wielopoziomowego zbioru danych panelowych obejmującego lata 2010–2021 oraz dwukierunkowego modelu efektów stałych rozszerzonego o człony interakcyjne i kwadratowe. Wnioski sformułowane na podstawie analizy empirycznej stanowią odpowiedź na każde z trzech pytań badawczych.

W odpowiedzi na pytanie badawcze 1 (PB1) wykazano, że bezpośredni efekt zielonych finansów na zielone innowacje nie jest jednorodny: w modelu bazowym bez zmiennych regulacyjnych efekt jest nieistotny, lecz staje się istotnie dodatni po uwzględnieniu regulacji środowiskowej i przyjmuje postać statystycznie istotnej, odwróconej, U-kształtnej zależności po dopuszczeniu nieliniowości. Choć wzorzec ten odbiega od pierwotnie zakładanego, czysto liniowego efektu dodatniego, pozostaje spójny z literaturą sugerującą, że wpływ zielonych finansów na innowacje zależy od interakcji politycznych, ograniczeń instytucjonalnych oraz efektów progowych.

W odpowiedzi na pytanie badawcze 2 (PB2) regulacja środowiskowa wykazuje zróżnicowane efekty w zależności od typu instrumentu. Regulacja rynkowa wykazuje konsekwentnie istotny, dodatni wpływ na zielone innowacje, sugerując, że mechanizmy cenowe, takie jak opłaty za emisję zanieczyszczeń, odgrywają kluczową rolę w stymulowaniu technologicznego unowocześniania przedsiębiorstw. Regulacja administracyjno-nakazowa i nieformalna wykazują efekty dodatnie, lecz statystycznie

nieistotne, co sugeruje, że choć kierunek oszacowanego efektu jest zgodny z oczekiwaniami teoretycznymi, warunki instytucjonalne mogą być niewystarczające, aby mechanizmy te przełożyły się na statystycznie istotne rezultaty.

W odpowiedzi na pytanie badawcze 3 (PB3) analiza interakcji ujawnia, że regulacja środowiskowa warunkuje skuteczność zielonych finansów w sposób istotny, lecz asymetryczny względem oczekiwań teoretycznych. Interakcja między zielonymi finansami a regulacją rynkową jest istotnie ujemna, wskazując na efekt substytucji, w ramach którego silne mechanizmy rynkowe ograniczają krańcowy efekt zachęt płynących z zielonych finansów. Interakcja z regulacją nieformalną jest ujemna i marginalnie istotna, sugerując, że presja społeczna może częściowo zastępować rolę zachęt finansowych. Interakcja z regulacją administracyjno-nakazową jest ujemna, lecz nieistotna, co wskazuje na ograniczoną koordynację między regulacją administracyjną a zielonymi finansami. Choć te efekty moderujące odbiegają od teoretycznie oczekiwanej, wzmacniającej roli instrumentów regulacyjnych, odzwierciedlają one możliwość – podkreślaną we wcześniejszych badaniach empirycznych – że instrumenty finansowe i regulacyjne mogą się w określonych warunkach instytucjonalnych lub politycznych zastępować, a nie uzupełniać.

Testy odporności, obejmujące alternatywne próby, specyfikacje ze zmiennymi opóźnionymi oraz estymację Tobit, potwierdzają stabilność głównych wniosków. Warto zauważyć, że opóźniona o jeden okres zmienna zielonych finansów pozostaje istotnie dodatnia, co dowodzi opóźnionego w czasie efektu zachęty. Modele nieliniowe dodatkowo potwierdzają istnienie optymalnego zakresu intensywności polityki, w obrębie którego zielone finanse są najskuteczniejsze. Analiza heterogeniczności wskazuje ponadto, że efekty polityki różnią się istotnie między typami przedsiębiorstw i kontekstami regionalnymi: zielone finanse wykazują silniejszy, bardziej stabilny efekt wśród przedsiębiorstw słabo zanieczyszczających oraz niepaństwowych, a także są skuteczniejsze w regionach centralnym i zachodnim niż we wschodnim, gdzie silna regulacja rynkowa zdaje się nasycać ich efekt krańcowy.

Nadrzędnym wnioskiem płynącym z rozprawy jest stwierdzenie, że zielone finanse mogą sprzyjać zielonym innowacjom w Chinach, jednak ich skuteczność ma charakter warunkowy, nieliniowy i silnie zależny od otaczającego środowiska regulacyjnego, a nie stanowi jednolicie pozytywnego, uniwersalnego instrumentu polityki. Podwójny charakter nieliniowych bodźców oraz interakcji instytucjonalnych wymaga zatem elastycznych, dobrze skoordynowanych ram politycznych, zdolnych zmaksymalizować rolę zielonych finansów w napędzaniu zielonej transformacji Chin.

11. Ograniczenia i kierunki dalszych badań

11.1 Ograniczenia

Zakres sformułowanych wniosków jest ograniczony przez kilka czynników. Po pierwsze, zielone innowacje mierzone są liczbą zgłoszeń patentów ekologicznych, co odzwierciedla wynik technologiczny, lecz nie w pełni oddaje inne wymiary innowacyjności, takie jak intensywność prac badawczo-rozwojowych, jakość patentów czy stopień ich komercjalizacji. Po drugie, choć dwukierunkowy model efektów stałych, rozbudowany zestaw zmiennych kontrolnych oraz liczne testy odporności ograniczają problem endogeniczności, pewnych obaw – takich jak odwrotna przyczynowość czy pominięte zmienne instytucjonalne – nie można w pełni wykluczyć bez zastosowania

zmiennych instrumentalnych lub projektów quasi-eksperymentalnych. Po trzecie, analiza ogranicza się do kontynentalnych Chin w latach 2010–2021, co może ograniczać możliwość uogólnienia wyników na inne konteksty instytucjonalne lub okresy; przejście w 2018 roku z opłat za emisję zanieczyszczeń na podatek od ochrony środowiska zmienia w szczególności instytucjonalne znaczenie wskaźnika regulacji rynkowej w późniejszych latach panelu. Po czwarte, badanie koncentruje się na zagregowanych efektach na poziomie przedsiębiorstw, bez szczegółowej analizy mikropoziomowych mechanizmów behawioralnych, takich jak struktury ładu korporacyjnego czy wewnętrzne strategie środowiskowe firm.

11.2 Kierunki przyszłych badań

Ograniczenia te bezpośrednio wyznaczają kierunki przyszłych badań. Przyszłe badania mogłyby rozszerzyć pomiar zielonych innowacji poza samą liczbę zgłoszeń, uwzględniając jakość patentów, cytowania lub wskaźniki efektywności środowiskowej. Zastosowanie zmiennych instrumentalnych, dopasowania na podstawie skłonności (propensity score matching) lub naturalnych eksperymentów wynikających z etapowego wdrażania polityk mogłoby pomóc wzmocnić identyfikację przyczynową. Rozszerzenie zakresu czasowego danych poza rok 2021 oraz uwzględnienie mikrodanych na poziomie przedsiębiorstw, w tym ujawnień ESG, audytów efektywności środowiskowej czy cech kadry zarządzającej, mogłoby pomóc odkryć mikropoziomowe kanały, poprzez które instrumenty polityki wpływają na innowacje. Dalszych badań wymagają również mechanizmy stojące za zaobserwowanymi efektami substytucyjnymi między instrumentami finansowymi i regulacyjnymi, w tym rola sekwencjonowania polityk, intensywności regulacyjnej oraz zdolności zarządczych na poziomie regionalnym. Wreszcie, analizy porównawcze między krajami mogłyby ocenić, na ile uzyskane wyniki są uogólnialne poza kontekst chiński, biorąc pod uwagę zróżnicowanie ram zielonych finansów i reżimów regulacji środowiskowej w różnych krajach rozwijających się i gospodarkach OECD.

Wykaz literatury

Ambec, S., & Barla, P. (2006). Can environmental regulations be good for business? An assessment of the Porter hypothesis. *Energy Studies Review, 14*(2). https://doi.org/10.15173/esr.v14i2.493

Blackman, A. (2010). Alternative pollution control policies in developing countries. *Review of Environmental Economics and Policy, 4*(2), 234–253. https://doi.org/10.1093/reep/req005

Brunel, C., & Levinson, A. (2013). Measuring environmental regulatory stringency (OECD Trade and Environment Working Paper No. 2013/05). OECD Publishing.

Coase, R. H. (1960). The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics, 3*, 1–44. https://doi.org/10.1086/466560

Cortellini, G., & Panetta, I. C. (2021). Green bond: A systematic literature review for future research agendas. *Journal of Risk and Financial Management, 14*(12), 589.

Dales, J. H. (1968). Land, water, and ownership. *The Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'Economique, 1*(4), 791–804. https://doi.org/10.2307/133706

Gao, Y., Wen, S., Yuan, J., & Zhen, Q. (2025). Green credit policy and corporate innovation:

A study of heavily polluting listed firms. *Finance Research Letters, 85*(E), 108116.
Gray, W. B., & Deily, M. E. (1996). Compliance and enforcement: Air pollution regulation in the U.S. steel industry. *Journal of Environmental Economics and Management, 31*(1), 96–111.
Greenstone, M., List, J. A., & Syverson, C. (2012). The effects of environmental regulation on the competitiveness of U.S. manufacturing (NBER Working Paper No. 18392). National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w18392
Guo, M., & Zhao, Y. (2025). Identifying the nexus among green investment, economic restructuring and carbon emission: Evidence from provinces in China. *Sustainable Futures, 10*, 101058.
Hettige, H., Huq, M., Pargal, S., & Wheeler, D. (1996). Determinants of pollution abatement in developing countries: Evidence from South and Southeast Asia. *World Development, 24*(12), 1891–1904.
Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation: A panel data study. *Review of Economics and Statistics, 79*(4), 610–619.
Kolstad, C. D. (2011). *Intermediate environmental economics* (2nd ed.). Oxford University Press.
Levinson, A. (1996). Environmental regulations and manufacturers' location choices: Evidence from the census of manufactures. *Journal of Public Economics, 62*(1–2), 5–29.
Li, B., Wang, X., Khurshid, A., & Saleem, S. F. (2025). Environmental governance, green finance, and mitigation technologies: Pathways to carbon neutrality in European industrial economies. *International Journal of Environmental Science and Technology*. https://doi.org/10.1007/s13762-025-06608-w
Li, G., Hu, J., & Xue, J. (2025). Impact of the carbon trading policy on green technological innovation in heavily polluting enterprises: A circular operations perspective. *Technovation*.
Mankiw, N. G. (2015). *Principles of Microeconomics* (7th ed.). Cengage Learning.
Pargal, S., & Wheeler, D. (1996). Informal regulation of industrial pollution in developing countries: Evidence from Indonesia. *Journal of Political Economy, 104*(6), 1314–1327.
Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. Macmillan.
Popp, D. (2006). International innovation and diffusion of air pollution control technologies: The effects of NOX and SO2 regulation in the US, Japan, and Germany. *Journal of Environmental Economics and Management, 51*(1), 46–71.
Porter, M. E., & Linde, C. V. D. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives, 9*(4), 97–118. https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97
Purnomo, A., Sari, A. K., Susanti, T., Mannan, S. S. A., & Lumentut, T. M. B. A. (2021). Sustainable finance study of bibliometric overview. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
Rennings, K., Ziegler, A., Ankele, K., & Hoffmann, E. (2006). The influence of different characteristics of the EU environmental management and auditing scheme on technical environmental innovations and economic performance. *Ecological Economics, 57*(1), 45–59.
Robbins, L. (1932). *An essay on the nature and significance of economic science*.

Macmillan.
Tietenberg, T., & Lewis, L. (2023). *Environmental and natural resource economics* (12th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003213734
Yoshino, N., Taghizadeh-Hesary, F., & Nakahigashi, M. (2019). Modelling the social funding and spill-over tax for addressing the green energy financing gap. *Economic Modelling, 77*, 34–41. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.11.018
Zhang, D., Zhang, Z., & Managi, S. (2019). A bibliometric analysis on green finance: Current status, development, and future directions. *Finance Research Letters, 29*, 425–430. https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.02.003