



Horyzonty Polityki  
2021, Vol. 12, N° 40



**ANNA MIRZYŃSKA**

<http://orcid.org/0000-0001-5446-938X>  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie  
mirzynsa@uek.krakow.pl

**MAREK SZARUCKI**

<http://orcid.org/0000-0001-6147-6094>  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie  
szaruckm@uek.krakow.pl

**OSKAR KOSCH**

<http://orcid.org/0000-0003-2697-1393>  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie  
koscho@uek.krakow.pl

DOI: 10.35765/HP.2123

## Współzależność przemysłu 4.0 z gospodarką o obiegu zamkniętym: w poszukiwaniu wspólnego obszaru definicyjnego

### *Streszczenie*

**CEL NAUKOWY:** Celem artykułu jest identyfikacja wspólnego obszaru definiowania gospodarki o obiegu zamkniętym i przemysłu 4.0.

**PROBLEM I METODY BADAWCZE:** Zauważonym problemem badawczym jest rozmycie językowe gospodarki o obiegu zamkniętym i przemysłu 4.0 oraz braku widocznej w debacie publicznej językowej płaszczyzny wspólnej. Badanie zostało przeprowadzone na zbiorze słów kluczowych pozyskanych z baz indeksowanych czasopism naukowych (Web of Science oraz Scopus) i popularnego medium biznesowego i politycznego (Twitter) za pomocą metody indeksu podobieństwa Jaccarda według lat.

**PROCES WYWODU:** W artykule zaprezentowano teoretyczne podłoże badawcze, metodykę i narzędzia badawcze oraz wybrane wyniki dla analizowanych pojęć.

**WYNIKI ANALIZY NAUKOWEJ:** Wyniki wykazały, że istnieje wspólny obszar rozumienia GOZ i przemysłu 4.0 na poziomie 245 słów (0,57% pokrycia).

Sugerowane cytowanie: Mirzyńska, A., Szarucki, M., i Kosch, O. (2021). Współzależność przemysłu 4.0 z gospodarką o obiegu zamkniętym: w poszukiwaniu wspólnego obszaru definicyjnego. *Horyzonty Polityki*, 12(40), 51-65. DOI: 10.35765/HP.2123.

Analiza słów kluczowych wykazała, że pomimo statystycznie niskiego wyniku konotacja słów pozostawia przestrzeń do kreacji rozwiązań wspólnych dla obu pojęć.

---

**WNIOSKI, INNOWACJE, REKOMENDACJE:** Wspólna płaszczyzna semantyczna dla obu pojęć daje możliwość wprowadzenia ich do debaty publicznej, umożliwiając tym samym opracowywanie polityk krajowych łączących gospodarkę o obiegu zamkniętym (GOZ) z przemysłem 4.0, co wydaje się być słuszną odpowiedzią na potrzeby społeczne, środowiskowe i ekonomiczne związane z pandemią COVID 19. Dalsze badania powinny koncentrować się w szczególności na pogłębianiu jakościowej analizy debaty publicznej. Dostrzega się również luki badawcze w obszarach: badań relacji pomiędzy publikacjami naukowymi a Twitterem, wzorców opóźnień występowania słów kluczowych w obu zbiorach, wzajemnego wpływu trendów, analizy słów kluczowych pod względem przestrzennym i czasowym.

---

**SŁOWA KLUCZOWE:**

gospodarka o obiegu zamkniętym, przemysł 4.0,  
zrównoważony rozwój, znaczenia pojęciowe, bibliometria

*Abstract*

INTERPLAY BETWEEN INDUSTRY 4.0 AND CIRCULAR  
ECONOMY: IN SEARCH OF A COMMON  
DEFINITION AREA

**RESEARCH OBJECTIVE:** The aim of the paper is to identify the common area of defining the circular economy and industry 4.0.

---

**THE RESEARCH PROBLEM AND METHODS:** The identified research problem is the observation that the factor influencing the success of the process of creating public policies is the common area of communication between its stakeholders. The study was conducted on a set of keywords obtained from databases of indexed scientific journals (Web of Science and Scopus) and the popular business and political medium (Twitter) using the Jaccard similarity index method by years.

---

**THE PROCESS OF ARGUMENTATION:** The article presents the theoretical research background, methodology and research tools, and selected results for the analyzed concepts.

---

**RESEARCH RESULTS:** The results showed that there is a common area of understanding circular economy and industry 4.0 at the level of 245 words (0.57% coverage). The analysis of keywords showed that despite the statistically low result, the connotation of words leaves room for the creation of solutions common to both concepts.

---

### **CONCLUSIONS, INNOVATIONS, AND RECOMMENDATION:**

The common semantic field for both concepts makes it possible to introduce them into public debate, thus enabling the development of national policies combining the circular economy with industry 4.0 which seems to be the right answer to the social, environmental and economic needs related to the COVID 19 pandemic. Further research should focus in particular on deepening the qualitative analysis of the public debate. There are also research gaps in the areas of: research on the relationship between scientific publications and Twitter, delay patterns in the occurrence of keywords in both collections, mutual influence of trends, and spatial and temporal analysis of keywords.

---

---

### **KEYWORDS:**

circular economy, industry 4.0, sustainable development, concepts meaning, bibliometrics

## WSTĘP

Europa stoi przed wyzwaniem łączenia kwestii społecznych i środowiskowych z rzeczywistą presją na wzrost gospodarczy, rozwój technologii i digitalizację procesów produkcji. Wyzwanie jest jeszcze silniejsze wraz z nowymi problemami społecznymi, które narodziły się lub zostały ujawnione w trakcie pandemii COVID-19 (Carrapico & Farrand, 2020; Gupta et al., 2021) oraz z wyzwaniami technologicznymi łączącymi zdigitalizowane rozwiązania z odpowiedzialnością za wspólne zasoby (Nandi et al., 2021; C. Su & Urban, 2021).

W polityce gospodarczej zaczęto dostrzegać możliwości, jakie daje przemysł 4.0 i inwestycje w rozwinięte technologicznie zintegrowane rozwiązania (Arbeitskreis Industrie 4.0, 2013; Mosconi, 2015). Poprzez nowoczesne technologie oczekuje się umożliwienia zmiany podejścia do procesów projektowania, eksploatacji, produkcji, konsumowania (Rüssmann et al., 2015), co może mieć ogromny wpływ na miejsca pracy i standardy pracy, a w efekcie na przewidywaną długość życia (Lorenz et al., 2015). W dobie kryzysu spowodowanego pandemią COVID 19 rozwiązania przemysłu 4.0 przeszły poważną próbę swojej efektywności, potwierdzając swoje zastosowanie w dostarczaniu wysokiej jakości usług biznesowych i publicznych (Benis et al., 2021; Jiménez-Marín et al., 2021). Inwestycja w przemysł 4.0 ma doprowadzić europejską gospodarkę do nowoczesnej produkcji opartej na wysokiej zrównoważonej wydajności, skoncentrowanej na lokalnych

łańcuchach producentów i klientów oraz mającej na celu poprawę warunków pracy (EFFRA, 2013; Kotýnková, 2016). Wobec tego zachodzi wyraźna potrzeba kreacji takiej polityki gospodarczej, społecznej i środowiskowej wśród krajów członkowskich, która umożliwiłaby wykorzystanie potencjału przemysłu 4.0 do implementacji rozwiązań uwzględniających wartości społeczne i środowiskowe w praktyce biznesowej (Knudsen & Kaivo-oja, 2018).

W nielicznych naukowych opracowaniach, mających na celu pokazanie związku pomiędzy GOZ a przemysłem 4.0, wskazuje się na niejednorodność tych pojęć – rozbieżność pomiędzy rozumieniem naukowym a praktycznym zastosowaniem (Rajput & Singh, 2019), wpływem interesariuszy na sposób komunikacji o nich (de Sousa Jabbour et al., 2018), kontekstowy sposób rozumienia wynikający z barier miękkich (Tseng et al., 2018). Potencjalne, wspólne obszary badawcze bazowały na analizie związków przemysłu 4.0 ze zrównoważonym rozwojem (Müller et al., 2018) lub wyodrębnieniem poszczególnych procesów wspólnych dla GOZ i przemysłu 4.0 (Hazen et al., 2016; Rajput & Singh, 2019). Niniejsze badania mają na celu uzupełnienie wiedzy o semantycznej zależności GOZ oraz o rewolucji przemysłowej 4.0 na płaszczyźnie wspólnego rozumienia obu pojęć w ujęciu naukowym oraz praktycznym. Analiza dotychczasowego stanu wiedzy pozwoliła na sformułowanie hipotezy głównej, jaką jest stwierdzenie, że istnieje słaba zależność pomiędzy potocznym i naukowym rozumieniem gospodarki o obiegu zamkniętym a przemysłem 4.0.

## METODY I NARZĘDZIA BADAWCZE

Weryfikacji hipotezy głównej służyło zbadanie hipotez pomocniczych:

H1: Gospodarka o Obiegu Zamkniętym w potocznym i naukowym ujęciu definiowana jest poprzez pojęcia pokrewne: rozwój zrównoważony i rozwój społecznie odpowiedzialny.

H2: Przemysł 4.0 w potocznym i naukowym ujęciu definiowany jest poprzez innowacje technologiczne i wzrost efektywności produkcji.

Metoda użyta do realizacji celu głównego badań bazuje na kodowaniu terminów przewodnich w szersze ramy semantyczne,

stosowane w pracach m.in. Dahlsrud (2008) i Kirchherr i inni (2017). Podejście takie pozwala na eliminację ograniczenia w grupowaniu pojęć, uwzględniając tym samym sposób ich rozumienia przez szeroką grupę interesariuszy. Do badania naukowego rozumienia pojęć użyto baz Web of Science i Scopus, wzorując się tym samym na długiej historii badań bibliometrycznych w nauce (zob. Todeschini & Alberto, 2016). Do uzyskania danych obrazujących praktyczne rozumienie pojęć użyto Twittera, podążając za nurtem identyfikacji pojęć w sieci mediów społecznych (Hingle et al., 2013; Weller et al., 2011). Badania zostały podzielone według następującej logiki postępowania: 1) pozyskanie danych z baz bibliograficznych za pomocą metod *text mining*; 2) wstępne przetworzenie danych za pomocą języka R oraz narzędzi do segmentacji hashtagów na Twitterze; 3) utworzenie kolekcji słów kluczowych dla każdego z pojęć; 4) przeprowadzenie badania podobieństw Jaccarda w przekroju na lata; 5) przeprowadzenie analizy metodą semantyki latentnej; 6) badanie intersekcji metodą podobieństw w wersji ważonej oraz nieważonej; 7) określenie relacji za pomocą metod analizy sieci społecznych dla tekstów oraz diagramu Venna.

## 1. KONTEKST TEORETYCZNY POJĘCIA GOZ I PRZEMYSŁ 4.0

### 1.1. Gospodarka o obiegu zamkniętym

W idei Gospodarki o Obiegu Zamkniętym przyjmuje się perspektywę Ziemi jako zamkniętego systemu zasobów z ograniczoną możliwością adaptacji do zmian w obszarze i wielkości ich zużycia (Boulding, 2013). Człowiek może korzystać z tychże zasobów na dwa sposoby: liniowy i okrężny (*linear and circular*) (Segerson et al., 2006). Mimo, że te dwa spostrzeżenia stały się podstawą do ogólnego rozumienia koncepcji GOZ (Andersen, 2007; Ghisellini et al., 2016; B. Su et al., 2013), nie wnoszą one jednorodnej, powszechnie akceptowalnej definicji (Lieder & Rashid, 2016; Yuan et al., 2006). Istnieje szereg powiązanych z GOZ pojęć, które częściowo w praktycznym użyciu z tą ideą pokrywają się lub stały się punktem wyjścia do jej konstruowania.

Są to m.in.: *design cradle-to-cradle* (McDonough & Braungart, 2002), ekologia przemysłowa (Lifset & Graedel, 2015), zrównoważony rozwój (Geissdoerfer et al., 2017; Schroeder et al., 2019), zarządzanie odpadami (Ji et al., 2018), sposób zarządzania łańcuchem dostaw (Braz et al., 2018), część modelu biznesowego (Michelini et al., 2017). Tym samym uznaje się GOZ jako pojęcie parasolowe (Homrich et al., 2018), które zawiera w sobie zbiór rozwiązań technologicznych mających włączyć pewną normatywną wizję rzeczywistości do praktyki gospodarczej (Clube & Tennant, 2020).

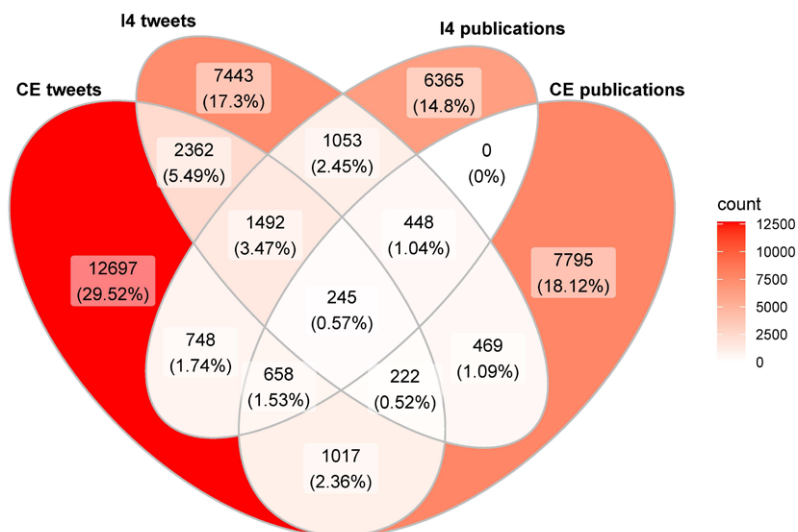
## 1.2. Przemysł 4.0

Pojęcie „przemysł 4.0” (*Industry 4.0*) należy uznać za stosunkowo nowe, obecne w przestrzeni publicznej w celu promocji digitalizacji procesów produkcji (Anderl, 2014; Santos et al., 2017; Walendowski et al., 2016). Potrzeba inwestycji w nowoczesne, zintegrowane procesy technologiczne została szybko zrozumiana i przyjęta przez przedsiębiorstwa (Bauer & Horváth, 2015). Tym samym rozpoczyna się ruch na rzecz włączenia systemów cyberfizycznych, Internetu przedmiotów, czy Internetu usług do struktur biznesu, który został powszechnie nazwany Rewolucją 4.0 (Lasi et al., 2014; Ning et al., 2016). Obejmuje ona zarówno poziom wertykalny, jak i horyzontalny funkcjonowania podmiotów, aktywnie włączając w ich działalność szerokie grono interesariuszy. Wskazuje się na pięć kluczowych obszarów zmian o charakterze rewolucyjnym, których dotyczyć ma przemysł 4.0: energia, infrastruktura, przemysł, transport i dobrostan (Schätz et al., 2015). Pomimo szerokiego procesu i technologicznego podejścia do czwartej rewolucji przemysłowej, najważniejszym elementem dla przedsiębiorstw nadal pozostaje cyfryzacja i digitalizacja (Schumacher et al., 2019). Podejście to jest widoczne w badaniach Santosa i innych (2017), w których autorzy wyróżnili pojęcia powiązane w powszechnym użyciu z przemysłem 4.0, m.in.: integracja systemu, robotyka, system oparty na pracy w chmurze, drukowanie przestrzenne, modularność, wirtualność, realny czas analizy i podejmowania decyzji.

## 2. WYNIKI ANALIZY NAUKOWEJ

Badanie zostało przeprowadzone na danych z okresu 2011–2018. Zapytania dla Scopus i Web of Science zostały wykonane 18 stycznia 2019 roku. W analizie Twittera dla obu pojęć retweety (udostępnienia danego wpisu) były traktowane jak normalne tweety. Wyniki badania zilustrowane są poprzez diagram Venna (rys. 1).

Rys. 1. Diagram Venna dla obszarów wspólnych tweetów oraz publikacji z zakresu gospodarki o obiegu zamkniętym i przemysłu 4.0



Źródło: badania własne na podstawie Twittera, Scopusu oraz Web of Science.

### 2.1. Rozumienie potoczne i naukowe GOZ

W procesie badawczym zostały wyróżnione słowa najczęściej pojawiające się w dyskusji o GOZ:

- **Na poziomie debaty potocznej** (hasztagi Twittera)  
#beatplasticsolution, #biobased, #fashion, #ce100, #c2c, #esif, #beat-pollution, #foodwaste, #water, #marinelitter, #romania, #packaging, #building, #homepod, #startups, #design, #business, #eu, #architecture,

#marinedebris, #circulareconomy2, #circulardesign, #wcef2017, #recycle, #thecirculars, #cestakeholdereu, #sustainable, #cradletocradle, #construction, #plasticpollution, #wcef2018, #environment, #thinkdif, #sdgs, #bioeconomy, #circular, #climatechange, #plastics, #plastic, #zerowaste, #plasticsstrategy, #rivermithi, #reuse, #innovation, #h2020, #cleanseas, #waste, #recycling, #sustainability

- **Na poziomie debaty naukowej** (słowa kluczowe z artykułów indeksowanych w Web of Science i Scopus)

*sustainability, supply chain management, resource productivity, packaging, cleaner production, circular business models, sustainable consumption, eco-industrial parks, business model innovation, agriculture, pyrolysis, green economy, biomass, product design, recovery, eco-industrial park, weee, e-waste, biorefinery, eco-innovation, municipal solid waste, business models, resource recovery, environment, climate change, life cycle assessment (lca), bioenergy, renewable energy, food waste, energy, eco-efficiency, material flow analysis, innovation, business model, bioeconomy, reverse logistics, biogas, anaerobic digestion, lca, reuse, waste, remanufacturing, resource efficiency, life cycle assessment, china, industrial symbiosis, waste management, industrial ecology, sustainable development, recycling.*

Analiza wyników pozwoliła na obserwację, że w debacie publicznej o GOZ mamy do czynienia z sezonowością. Do pojęć sezonowych zaliczyć należy: *sustainable consumption, industrial ecology, industrial symbiosis, recovery, supply chain management*. Natężenie ich występowania w czasie zmienia się w sposób regularny. Słowa kluczowe na stałe obecne w debacie naukowej to: *biogas, innovation, life cycle assessment, energy*. Pojęcie GOZ w potocznym ujęciu nie wykazuje się sezonowością. Wraz z upływem czasu widoczny jest spadek popularności niektórych hashtagów (*sustainability, environment, recycle*) oraz wzrost innych (*fashion, water, startups, cleansea, plastic*). Do pojęć na stałe związanych z pojęciem GOZ w przestrzeni potocznej należą: *recycling, waste, innovation, zerowaste, sustainable, food waste*. Wspólny obszar pokrycia słów kluczowych dla potocznego i naukowego rozumienia pojęcia GOZ wynosi 2,36% (1017 słów kluczowych tylko dla publikacji i tweetów pojęcia GOZ)



## 2.2. Rozumienie potoczne i naukowe przemysłu 4.0

W procesie badawczym zostały wyróżnione słowa najczęściej pojawiające się w dyskusji o przemyśle 4.0.

- **Na poziomie debaty potocznej** (hasztagi Twittera)

#ai, #healthcare, #data, #infographics, #industry4, #smartcities, #rt, #smartmanufacturing, #dx, #pwc, #business, #3dprinting, #dl, #emergingtech, #smartcity, #dataanalytics, #rpa, #cloud, #infographic, #vr, #healthtech, #analytics, #robot, #5g, #autonomousvehicles, #internetofthings, #drones, #ar, #manufacturing, #digital, #cybersecurity, #deeplearning, #blockchain, #robots, #technology, #fintech, #ml, #datascience, #innovation, #tech, #automation, #futureofwork, #artificialintelligence, #digitaltransformation, #bigdata, #machinelearning, #iiot, #robotics, #4ir, #iiot

- **Na poziomie debaty naukowej** (słowa kluczowe artykułów indeksowanych w Web of Science i Scopus)

*data mining, maintenance, learning factory, optimization, ontology, engineering education, rfid, logistics, digital manufacturing, cyber physical system, supply chain, interoperability, virtual reality, the fourth industrial revolution, robotics, industrial internet, digitization, education, opc ua, iiot, intelligent manufacturing, cloud manufacturing, predictive maintenance, cyber physical systems, sustainability, digital twin, cyber-physical system, cps, security, industrie 4.0, digital transformation, additive manufacturing, innovation, artificial intelligence, internet of things (iiot), industrial internet of things, automation, simulation, machine learning, fourth industrial revolution, augmented reality, digitalization, manufacturing, cloud computing, smart manufacturing, smart factory, iiot, cyber-physical systems, big data*

W debacie naukowej pojęcie przemysł 4.0 wiąże się na stałe przede wszystkim z pojęciem *internet of things* (internet rzeczy). Tendencja spadkowa popularności słów kluczowych dotyczy pojęć: *smart factory, security, cyber-psychical system, logistic, engineering education*. Na popularności w czasie zyskiwały hasła: *big data, smart manufacturing, robotic, digization*. W debacie potocznej przestrzeni skojarzeń pojęcia przemysł 4.0 występowały na stałe związane pojęcia takie jak: *innovation, cloud, technology, pwc*. W analizowanym okresie tendencje konotacji spadkowej z przemysł 4.0 w przestrzeni potocznej wykazywały pojęcia: *iiot cybersecurity, manufacturing*, zaś wzrostową: *ai, bigdata, digitaltransformation, automation, datascience, robot, blockchain*.

Wspólny obszar pokrycia słów kluczowych dla potocznego i naukowego rozumienia pojęcia *industry 4.0* wynosi 2,45% (1053 słów kluczowych tylko dla publikacji i tweetów pojęcia *industry 4.0*)

### 2.3. Obszar wspólny rozumienia GOZ i przemysłu 4.0

Obszar wspólny dla pojęć CE i *industry 4.0* wynosi 0,57% pokrycia (245 słów); główne pojęcia do niego należące to: #2030, #2030agenda, #3d, #3dprint, #4ir, #4thindustrialrevolution, #agribusiness, #agriculture, #agrifood, #agrotech, #ai, #airpollution, #annualreport, #automotive, #b2b, #biology, #blockchain, #blockchaintechnology, #carbonemissions, #ce, #cleantech, #climatechange, #co, #co2, #comics, #cotec, #digitalsupplychain, #fashiontech, #foodindustry, #globalization, #greentech, #livestreaming, #publichealth, #wwf

## WNIOSKI

Ze względu na pojawianie się zarówno w debacie publicznej, jak i potocznej słowa *sustainability*, można uznać prawdziwość H1, stwierdzając, że termin gospodarka o obiegu zamkniętym zarówno w potocznym, jak i naukowym ujęciu definiowany jest poprzez pojęcia pokrewne: rozwój zrównoważony i rozwój społecznie odpowiedzialny. W przypadku przemysłu 4.0 nie odnaleziono silnych konotacji z terminem „wzrost efektywności produkcji” ani z jemu pokrewnymi. Pojęcie *innovation* obecne zarówno w słowach kluczowych publikacji, jak i w tweetach, nie miało jednak dominującej roli. Są to jednak stwierdzenia ogólne, które będą wymagały pogłębionych analiz w obszarze realnego znaczenia wyrażen typu *sustainability* dla wspólnego pola znaczeń oraz operacjonalizacji pojęć. Analiza sieci społecznych pozwala utrzymać główną hipotezę badawczą, stwierdzając, że istnieje słaba zależność pomiędzy potocznym i naukowym rozumieniem gospodarki o obiegu zamkniętym a przemysłem 4.0. Statystyka na poziomie 0,57% pokrycia nie jest obiecującym impulsem do tworzenia spójnych koncepcji rozwojowych, których pokrycie znaczeń będzie jednorodne dla jej interesariuszy. Tym samym, może zaistnieć obawa o efektywność działań gospodarczych i społecznych

mających na celu eliminację skutków załamania europejskiej kondycji po pandemii COVID 19.

Na uwagę zwraca jednak nie podejście ilościowe, ale jakościowe do wyodrębnionych wspólnych słów kluczowych. Pełny obraz wymaga kontynuowania badań pogłębiających faktyczne znaczenie pojęć synonimicznych nie w znaczeniu *per se*, ale ich siły wpływu na implementację idei w praktykę gospodarczą. Jako dalsze wskazania badawcze dostrzega się w tym obszarze potencjał dla krytycznej analizy dyskursu oraz metody pól semantycznych, pogłębienie jakościowej analizy debaty publicznej, w szczególności z udziałem decydentów politycznych. Dostrzega się również przestrzeń badawczą relacji pomiędzy publikacjami naukowymi a Twitterem, wzorców opóźnień występowania słów kluczowych w obu zbiorach, wzajemnego wpływu trendów, analizy słów kluczowych pod względem przestrzennym i czasowym. Kontynuowanie prac służących zobrazowaniu konotacji pojęć GOZ i przemysł 4.0 w znaczącym stopniu przyczyni się do implementacji tych idei w praktyce gospodarczej.

#### BIBLIOGRAFIA

- Anderl, R. (2014, Oktober, 9). *Industrie 4.0 – Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production*. [Paper presentation]. Technological Innovations in the Product Development. 19th International Seminar on High Technology, Piracicaba, Brasil.
- Andersen, M.S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2, 133–140. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0013-6>
- Arbeitskreis Industrie 4.0. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt. Plattform Industrie 4.0*. [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Abschlussbericht\\_Industrie4.0\\_barrierefrei.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Abschlussbericht_Industrie4.0_barrierefrei.pdf)
- Bauer, W., & Horváth, P. (2015). Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. *Controlling*, 27, 515–517. <https://doi.org/10.15358/0935-0381-2015-8-9-515>
- Benis, A., Nelke, S.A., & Winoku, M. (2021). Training the Next Industrial Engineers and Managers about Industry 4.0: A Case Study about Challenges and Opportunities in the COVID-19 Era. *Sensors (Switzerland)*, 21(9). doi:10.1109/ICIT45562.2020.9067243
- Boulding, K.E. (2013). The economics of the coming spaceship earth. *Environmental Quality A Growing Economy: Essays from the Sixth RFF Forum*, 3, 1–20. <https://doi.org/10.4324/9781315064147>

- Braz, A.C., De Mello, A.M., de Vasconcelos Gomes, L.A., & de Souza Nascimento, P.T. (2018). The bullwhip effect in closed-loop supply chains: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 202, 376–389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.042>
- Carrapico, H., & Farrand, B. (2020). Discursive continuity and change in the time of Covid-19: the case of EU cybersecurity policy. *Journal of European Integration*, 42(8), 1111–1126. <https://doi.org/10.1080/07036337.2020.1853122>
- Clube, R.K.M., & Tennant, M. (2020). The Circular Economy and human needs satisfaction: Promising the radical, delivering the familiar. *Ecological Economics*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106772>
- Dahlsrud, A. (2008). How corporate social responsibility is defined: An analysis of 37 definitions. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 15 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1002/csr.132>
- de Sousa Jabbour, A.B.L., Jabbour, C.J.C., Foropon, C., & Filho, M.G. (2018). When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>
- EFFRA. (2013). *No Title Factories of the Future: Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020*. [https://www.effra.eu/sites/default/files/factories\\_of\\_the\\_future\\_2020\\_roadmap.pdf](https://www.effra.eu/sites/default/files/factories_of_the_future_2020_roadmap.pdf)
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gupta, J., Bavinck, M., Ros-Tonen, M., Asubonteng, K., Bosch, H., van Ewijk, E., Hordijk, M., Van Leynseele, Y., Lopes Cardozo, M., Miedema, E., Pouw, N., Rammelt, C., Scholtens, J., Vegelin, C., & Verrest, H. (2021). COVID-19, poverty and inclusive development. *World Development*, 145, 105527. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105527>
- Hazen, B.T., Skipper, J.B., Ezell, J.D., & Boone, C.A. (2016). Big data and predictive analytics for supply chain sustainability: A theory-driven research agenda. *Computers and Industrial Engineering*, 101, 592–598. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.06.030>
- Hingle, M., Yoon, D., Fowler, J., Kobourov, S., Schneider, M.L., Falk, D., & Burd, R. (2013). Collection and visualization of dietary behavior

- and reasons for eating using Twitter. *J. Med. Internet Res*, 15(125). <https://doi.org/10.2196/jmir.2613>
- Homrich, A.S., Galvão, G., Abadia, L.G., & Carvalho, M.M. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525–543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>
- Ji, L., Liu, C., Huang, L., & Huang, G. (2018). The evolution of Resources Conservation and Recycling over the past 30 years: A bibliometric overview. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.03.005>
- Jiménez-Marín, G., Zambrano, R.E., Galiano-Coronil, A., & Ravina-Ripoll, R. (2021). Business and Energy Efficiency in the Age of Industry 4.0: The Hulten, Broweus and Van Dijk Sensory Marketing Model Applied to Spanish Textile Stores during the COVID-19 Crisis. *Energies*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/en14071966>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Knudsen, M.S., & Kaivo-oja, J. (12.09.2018). *Bridging Industry 4.0 and Circular Economy: a new Research Agenda for Finland?* Tulevaisuuden Tutkimuskeskuksen Blogi. <https://ffrc.wordpress.com/2018/09/12/bridging-industry-4-0-and-circular-economy>
- Kotýnková, M. (2016, October, 5–6). *Level, Industry 4.0: Europe's (re)industrialization needs a Global*. [Paper presentation]. 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences University of Zilina, The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communication, Department of Economics, Zilina, Slovakia.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6, 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Lifset, R., & Graedel, T.E. (2015). Industrial Ecology. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition* (s. 843–853). Może uda się uzupełnić o miejsce wydania i wydawnictwo? <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.91023-7>
- Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K.L., & Bolle, M. (2015). *Man and Machine in Industry 4.0*. Boston Consulting Group.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Remaking the way we make things: Cradle to cradle*. New York: North Point Press.

- Michellini, G., Moraes, R.N., Cunha, R.N., Costa, J.M.H., & Ometto, A.R. (2017). From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. *Procedia CIRP*, 64, 2–6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.012>
- Mosconi, F. (2015). *The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. The New European Industrial Policy: Global Competitiveness and the Manufacturing Renaissance*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315761756>
- Müller, J.M., Kiel, D., & Voigt, K.I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10 (1) (Switzerland). <https://doi.org/10.3390/su10010247>
- Nandi, S., Sparkis, J., Hervani, A.A., & Helms, M.M. (2021). Redesigning Supply Chains using Blockchain-Enabled Circular Economy and COVID-19 Experiences. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 10–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.019>
- Ning, H., Liu, H., Ma, J., Yang, L.T., & Huang, R. (2016). Cybermatics: Cyber-physical-social-thinking hyperspace based science and technology. *Future Generation Computer Systems*, 56, 504–522. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.07.012>
- Rajput, S., & Singh, S. P. (2019). Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management*, 49, 98–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.002>
- Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *The Boston Consulting Group*. [https://inovasyon.org/images/Haberler/bcgperspectives\\_Industry40\\_2015.pdf](https://inovasyon.org/images/Haberler/bcgperspectives_Industry40_2015.pdf)
- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A.C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972–979. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.093>
- Schätz, B., Törngren, M., Bensalem, S., Cengarle, M.V., Pfeifer, H., McDermid, J., Passerone, R., & Sangiovanni-Vincentelli, A. (2015). *CyPhERS: Cyber-Physical European Roadmap & Strategy*. [https://www.researchgate.net/publication/277297010\\_Cyber-pHysical\\_European\\_Roadmap\\_Strategy\\_-\\_Research\\_Agenda\\_and\\_Recommendations\\_for\\_Action](https://www.researchgate.net/publication/277297010_Cyber-pHysical_European_Roadmap_Strategy_-_Research_Agenda_and_Recommendations_for_Action)
- Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>
- Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihn, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>

- Segerson, K., Pearce, D.W., & Turner, R.K. (2006). Economics of Natural Resources and the Environment. *Land Economics*, 67 (2), 272–276. <https://doi.org/10.2307/3146419>
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- Su, C., & Urban, F. (2021). Circular economy for clean energy transitions: A new opportunity under the COVID-19 pandemic. *Applied Energy*, 289, 116666. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116666>
- Todeschini, R., & Alberto, B. (2016). *Handbook of Bibliometric Indicators: Quantitative Tools for Studying and Evaluating Research*. Wiley-VCH.
- Tseng, M.L., Tan, R.R., Chiu, A.S.F., Chien, C.F., & Kuo, T.C. (2018). Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrial symbiosis?, *Resources, Conservation and Recycling*, 13, 146–147. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.028>
- Walendowski, J., Kroll, H., & Schnabl, E. (2016). Regional Innovation Monitor Plus 2016. *Thematic Paper 3 – Industry 4.0, Advanced Materials (Nanotechnology)*. [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/sites/default/files/report/RIM%20Plus\\_Industry%204.0%2C%20Advanced%20Materials%20%28Nanotechnology%29\\_Thematic%20paper.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/sites/default/files/report/RIM%20Plus_Industry%204.0%2C%20Advanced%20Materials%20%28Nanotechnology%29_Thematic%20paper.pdf)
- Weller, K., Dröge, E., & Puschmann, C. (2011). Citation analysis in twitter: Approaches for defining and measuring information flows within tweets during scientific conferences. *CEUR Workshop Proceedings*, 1–12.
- Yuan, Z., Bi, J., & Moriguchi, Y. (2006). The circular economy: A new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*. Może uda się uzupełnić strony? <https://doi.org/10.1162/108819806775545321>

Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2022 nr projektu: 021/RID/2018/19, kwota finansowania: 11 897 131,40 zł.

Badania częściowo finansowane przez Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie (nr grantu 104/ZZA/2020/PRO).

## Copyright and License



This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution – NoDerivs (CC BY- ND 4.0) License <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>