

JERZY BAŃSKI, MARCIN MAZUR\*

## Wybrane uwarunkowania i zróżnicowanie przestrzenne rozwoju pandemii COVID-19 – diagnoza pierwszego roku

### Wprowadzenie

W literaturze naukowej pojawia się coraz więcej opracowań, których celem jest zrozumienie przyczyn rozprzestrzeniania się choroby COVID-19 i identyfikacja czynników sprzyjających jej rozwojowi. Wśród prac poświęconych wymiarowi geograficznemu pandemii w jej początkowym okresie można wyodrębnić analizy czasoprzestrzenne wyjaśniające zakres i skutki pandemii (np. Xiong et al. 2020; Giuliani et al. 2020; Orea, Alvarez 2020), badania z zakresu geografii medycznej (np. Gibson and Rush 2020) oraz opracowania dotyczące oceny zależności rozwoju choroby od określonych uwarunkowań (Bogoch et al. 2020; Coccia 2020). Przy tym charakteryzują się one różną skalą przestrzenną – od globalnej po lokalną (Dayun et al. 2020). Jednym z przykładów ujęcia globalnego jest praca analizująca liczebność zachorowań i przypadków śmiertelnych związanych z COVID-19 w 238 krajach na podstawie danych WHO (Miller et al. 2020). Jednakże z uwagi na ograniczoną dostępność i trudną do oceny rzetelność danych oraz okres ich pozyskania (pierwsza połowa marca 2020) badanie to ma raczej wymiar historyczny. W innym badaniu obejmującym 79 krajów z różnych regionów świata i uwzględniającym okres luty-maj 2020 wykazano zależność między liczbą przypadków śmiertelnych COVID-19 a położeniem geograficznym i zmiennością termiczną regionów (Shobande, Ogbeifun 2020). Z kolei A. Rodriguez-Pose i Ch. Burlina (2020), analizujący skutki pandemii w Europie, poza uwarunkowaniami społeczno-ekonomicznymi (PKB *per capita*, poziom urbanizacji, nakłady na służbę zdrowia, struktura wiekowa ludności, poziom wykształcenia), zwracają uwagę na istotność czynników instytucjonalnych (formy podejmowania i organizacji decyzji, sposoby organizacji społecznej, poziom centralizacji władzy itp.). Bardziej szczegółowe badania w Rio de Janeiro umożliwiły ocenę liczebności zachorowań i przypadków śmiertelnych w zależności od płci i wieku mieszkańców oraz identyfikację najbardziej zagrożonych rozwojem epidemii dzielnic miasta (Cavalcante, de Abreu 2020).

---

\* Prof. dr hab. Jerzy Bański (jbanski@twarda.pan.pl), dr Marcin Mazur – Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa

Wśród studiów uwzględniających przestrzenne zagadnienia pandemii największą grupę stanowią opracowania podejmujące próbę oceny zależności pomiędzy warunkami klimatycznymi a rozprzestrzenianiem się zachorowań (np. Ahmadi et al. 2020; Baker et al. 2020; Gupta et al. 2020; Hasan et al. 2020; Liu 2020; Qi et al. 2020). Inne badania dotyczą wpływu natężenia mobilności społeczeństw na rozwój pandemii (Buckee et al. 2020; Chan et al. 2020; Chen et al. 2020; Warren et al. 2020) oraz metodyki i narzędzi analiz pandemii w studiach geograficznych (Boulos, Geraghty 2020; De Kadt 2020; Mollalo et al. 2020).

W tym opracowaniu skoncentrowano uwagę na przestrzennym aspekcie rozprzestrzeniania się pandemii. Jego celem jest próba wskazania przestrzennych uwarunkowań rozwoju zjawiska oraz identyfikacja i ocena możliwych cech społeczno-ekonomicznych oddziałujących na ten rozwój. Szczególną uwagę zwrócono na nasilenie zachorowań przy uwzględnieniu liczby wykonanych testów na obecność koronawirusa oraz na śmiertelność choroby.

### **Materiał statystyczny i założenia metodyczne**

Źródłem danych analiz wykonanych w tym opracowaniu był portal *Our World in Data* (<https://ourworldindata.org>), sygnowany między innymi przez Uniwersytet w Oksfordzie. Materiały dotyczące COVID-19 są tam gromadzone i udostępniane przez specjalny zespół badawczy (Hasell et al. 2020). Wykorzystano dane o liczbie zanotowanych przypadków COVID-19, liczbie wykonanych testów na COVID-19 oraz liczbie śmiertelnych przypadków wywołanych tą chorobą. Należy wyraźnie podkreślić, że materiały takie są dostarczane z krajowych ośrodków rządowych, które stosują odmienne metodologie ich gromadzenia. Dlatego też mogą być one obciążone pewnymi błędami.

Wykorzystany materiał statystyczny dotyczy 102 krajów, które udostępniały wszystkie wyżej wymienione informacje, także te o liczbie wykonanych testów na obecność koronawirusa. W każdym kraju badanie obejmuje okres od momentu rozpoczęcia raportowania o przypadkach COVID-19 do stanu na dzień 18 listopada 2020 (termin zakończenia kwerendy danych wykorzystanych w tym opracowaniu). Zgromadzone informacje statystyczne z portalu *Our World in Data* zostały przez autorów zweryfikowane (w tym celu wykorzystano dane publikowane przez WHO – WHO 2020<sup>1</sup>). To z kolei umożliwiło opracowanie wskaźników zachorowalności i śmiertelności choroby w tych krajach. Przy tym wskaźnik zachorowalności ( $Wc_{i,j}$ ) stanowi liczbę zachorowań przeliczoną na liczbę testów w kierunku obecności patogenu wykonanych w kraju  $i$  dla dnia  $j$ , zaś wskaźnik śmiertelności COVID-19 ( $Wd_{i,j}$ ) obliczono na podstawie liczby śmiertelnych przypadków

<sup>1</sup>Dane o liczbie przypadków COVID-19 były publikowane codziennie przez WHO od 21.01.2020, zaś o liczbie zgonów codziennie od 2.02.2020. Niestety brak było informacji o liczbie wykonanych testów na obecność patogenu.

choroby odniesionej do liczby zachorowań w kraju  $i$  dla dnia  $j$ . Konstrukcję wskaźników wyrażają następujące wzory:

$$Wc_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{T_{i,j}}$$

oraz

$$Wd_{i,j} = \frac{D_{i,j}}{C_{i,j}}$$

gdzie:

$T_{i,j}$  – skumulowana liczba testów na obecność COVID-19 wykonanych w kraju  $i$  od momentu wykonania pierwszego testu do dnia  $j$  włącznie;

$C_{i,j}$  – skumulowana liczba zachorowań na COVID-19 stwierdzonych w kraju  $i$  od momentu pierwszego przypadku do dnia  $j$  włącznie;

$D_{i,j}$  – skumulowana liczba zgonów wywołanych COVID-19 w kraju  $i$  od momentu pierwszego zgonu do dnia  $j$  włącznie.

Wymienione wskaźniki były podstawą klasyfikacji badanych krajów. W przypadku poziomu zachorowalności wyróżniono trzy kategorie krajów – o niskiej, przeciętnej i wysokiej zachorowalności. Podobnie w zakresie śmiertelności wywołanej patogenem wyróżniono trzy kategorie krajów – o niskiej, przeciętnej i wysokiej śmiertelności. Granice między tymi kategoriami zostały określone przy założeniu ich równoliczności dla rozkładu normalnego. Należy wyraźnie zaznaczyć, że przyjęte założenie nie oznacza, iż rozkład danych empirycznych powinien być zbliżony do normalnego. Miało ono na celu identyfikację ewentualnej skośności zbioru danych empirycznych, która skutkowałaby nierównolicznością wyróżnionych kategorii i lepszym ich dopasowaniem do rzeczywistego zróżnicowania sytuacji w analizowanym zbiorze krajów. Biorąc pod uwagę wartość dystrybuanty rozkładu normalnego, za wartość „niską” uznano więc każdą wartość

$$Wc_{i,j} < \overline{Wc_{i,j}} - 0,431\sigma \text{ i } Wd_{i,j} < \overline{Wd_{i,j}} - 0,431\sigma ,$$

a za wartość „wysoką” każdą wartość

$$Wc_{i,j} > \overline{Wc_{i,j}} + 0,431\sigma \text{ i } Wd_{i,j} > \overline{Wd_{i,j}} + 0,431\sigma .$$

Po uwzględnieniu konkretnych danych empirycznych dla 102 analizowanych krajów, za „przeciętną” uznaje się wartość  $Wc_{i,j} \in \langle 4,85\%; 17,26\% \rangle$  lub  $Wd_{i,j} \in \langle 1,38\%; 2,65\% \rangle$ . Ostatecznym wynikiem klasyfikacji jest kombinacja tych dwóch kategorii. W ten sposób do każdego ze 102 krajów przyporządkowano jedną z 9 klas stanowiących ogólną charakterystykę jego sytuacji epidemicznej na tle sytuacji w pozostałych krajach badanego zbioru. W rezultacie przyporządkowania odpowiednich kategorii do poszczególnych krajów możliwe było wyodrębnienie dziewięciu grup (klas) krajów (ryc. 1).

poziom zachorowalności	cx	cy	cz
	bx	by	bz
	ax	ay	az
	śmiertelność		

Ryc. 1. Koncepcja macierzy klas ze względu na poziom zachorowań COVID-19 i śmiertelność osób zarażonych patogenem: ax – kraje o niskiej zachorowalności i niskiej śmiertelności na COVID-19, ay – kraje o niskiej zachorowalności i przeciętnej śmiertelności na COVID-19, az – kraje o niskiej zachorowalności i wysokiej śmiertelności na COVID-19 .... itd

Wskaźniki zachorowalności i śmiertelności były też konfrontowane (poddane analizie korelacji liniowej Pearsona) pod kątem współwystępowania z wybranymi uwarunkowaniami społeczno-ekonomicznymi. Postawiono pytanie badawcze – *czy istnieje zależność pomiędzy zachorowalnością i śmiertelnością COVID-19 a określonymi czynnikami społecznymi i ekonomicznymi charakteryzującymi poszczególne kraje?* Analizie podlegały następujące zmienne opisujące potencjalne czynniki:

- $Wse_1$  – gęstość zaludnienia, 2018 [os./km<sup>2</sup>] (FAOStat);
- $Wse_2$  – odsetek ludności miejskiej, 2018 [%] (FAOStat, Department of Economic and Social Affairs of United Nations);
- $Wse_3$  – PKB per capita, 2017 [USD/mieszk.] (FAOStat, IMN database, CIA Factbook);
- $Wse_4$  – łączne roczne nakłady na służbę zdrowia na mieszkańca, 2017 [USD/mieszk.] (WHO, FAOStat);
- $Wse_5$  – odsetek mieszkańców w wieku 65+, 2018 [%] (Department of Economic and Social Affairs of United Nations, World Bank database, CIA Factbook);
- $Wse_6$  – odsetek ludności w wieku 15 lub więcej lat posiadającej wyższe wykształcenie, 2010 [%] (<https://ourworldindata.org>).

W przypadku dwóch spośród sześciu wymienionych wskaźników ( $Wse_4$  i  $Wse_6$ ) zbiór analizowanych krajów został wstępnie ograniczony ze względu na dostępność danych, odpowiednio do 88 i 97. W celu uzyskania wiarygodnych wyników, w kolejnym etapie zbiór wszystkich 102 analizowanych krajów został zawężony do tych, które nie wyróżniają się wyjątkowo małą albo skrajnie dużą liczbą wykonanych testów w przeliczeniu na liczbę mieszkańców. Mimo że obniża to liczebność próby, to *per saldo* zwiększa wiarygodność uzyskanych wyników, gdyż wartości wskaźników w krajach o różnej liczbie

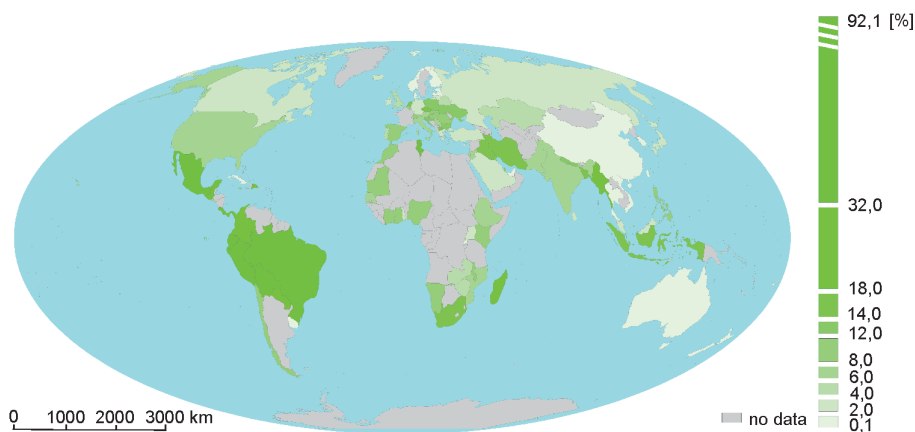
wykonanych testów w stosunku do liczby mieszkańców nie są porównywalne. Z jednej strony mała liczba testów dostarcza małej próby badanych osób, a odsetek wyników pozytywnych może być wówczas obarczony znacznym błędem statystycznym. Z drugiej strony od pewnego momentu dalsze zwiększanie liczby wykonywanych testów w danym kraju pełni rolę profilaktyczną i obejmuje także osoby niewykazujące wyraźnych objawów choroby, co prowadzi do obniżenia odsetka wyników pozytywnych w stosunku do krajów o mniejszej liczbie testów w przeliczeniu na liczbę mieszkańców. Przypuszczenia te potwierdzają dane empiryczne. Na podstawie zbioru wszystkich 102 analizowanych krajów stwierdzono, że zarówno zachorowalność, jak i śmiertelność istotnie współwystępują z liczbą wykonanych testów na 1000 mieszkańców. Im więcej jest w danym kraju wykonanych testów, tym niższa jest tam wartość wskaźnika zachorowalności i wskaźnika śmiertelności. Ostatecznie w tej analizie wyłączono 6 krajów o najniższej liczbie testów na 1000 mieszkańców, nieprzekraczającej 10 (1 test na 100 mieszkańców).

#### **Poziom zachorowalności i śmiertelności COVID-19 na świecie – wyniki analizy**

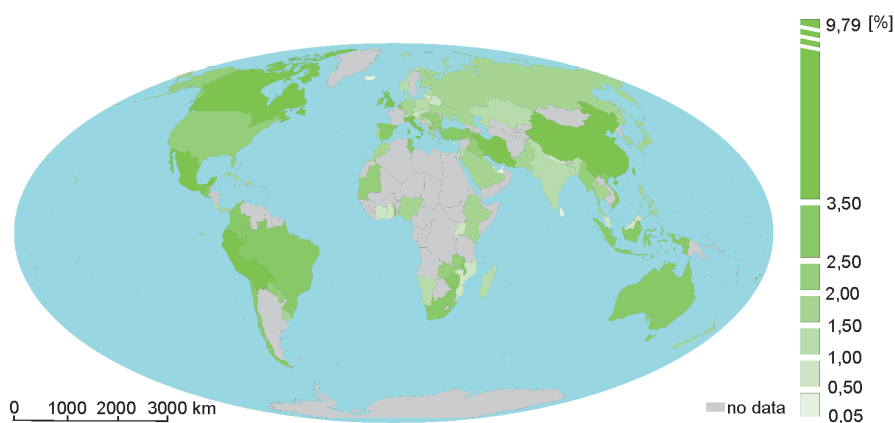
Najwyższy wskaźnik zachorowalności na COVID-19 stwierdzono w krajach Ameryki Łacińskiej. W kolejności są to: Brazylia (92%), Peru (83%), Kostaryka (52%), Meksyk (45%) i Boliwia (42%). Wśród kolejnych przeważają również kraje z tego obszaru (Gwatemala, Dominikana, Panama). Należy zaznaczyć, że wymienione kraje charakteryzuje bardzo niski wskaźnik wykonania testów, co wyraźnie zwiększa wartość wskaźnika  $W_{C_i}$ . Zdecydowanie najniższe wartości tego wskaźnika są w krajach wschodniej Azji (Chiny – 0,1%, Wietnam – 0,1% i Tajlandia – 0,4%) oraz w Australii (0,3%), Nowej Zelandii (0,1%) i Fidżi (0,2%).

W przypadku wskaźnika śmiertelności wywołanej przez COVID-19 sytuacja jest bardziej zróżnicowana, ale tu również trzema najwyższymi wartościami wskaźnika charakteryzują się kraje Ameryki Łacińskiej (Meksyk – 9,8%, Ekwador – 7,2% i Boliwia – 6,25%). Kolejne miejsca zajmują Fidżi, Iran, Chiny, Peru i Włochy. Najniższa śmiertelność związana z koronawirusem charakteryzowała niektóre kraje azjatyckie (Singapur – 0,05%, Katar – 0,2% i Zjednoczone Emiraty Arabskie – 0,35%).

Generalnie uśrednione wartości badanych wskaźników według kontynentów potwierdzają powyższe wnioski. Wskaźnik zachorowalności w krajach Ameryki Południowej kilkakrotnie przewyższa wartości analogicznego wskaźnika w innych regionach świata. Bardzo wysoką zachorowalnością, bliską 1/5 wszystkich przebadanych w kierunku COVID-19, charakteryzują się też kraje Ameryki Północnej i Centralnej. W przypadku Ameryki Północnej jest to przede wszystkim konsekwencją skrajnie wysokiej zachorowalności w Meksyku (45,3%), bo w pozostałych dwóch krajach jest ona poniżej średniej światowej (USA – 6,8%, Kanada – 2,9%).



Ryc. 2. Wskaźnik zachorowalności na COVID-19 ( $W_{c,i}$ ) według krajów w okresie od stwierdzenia pierwszych przypadków choroby do 18 listopada 2020. Źródło: opracowanie własne



Ryc. 3. Wskaźnik śmiertelności na COVID-19 ( $W_{d,i}$ ) według krajów w okresie od stwierdzenia pierwszych przypadków choroby do 18 listopada 2020. Źródło: opracowanie własne

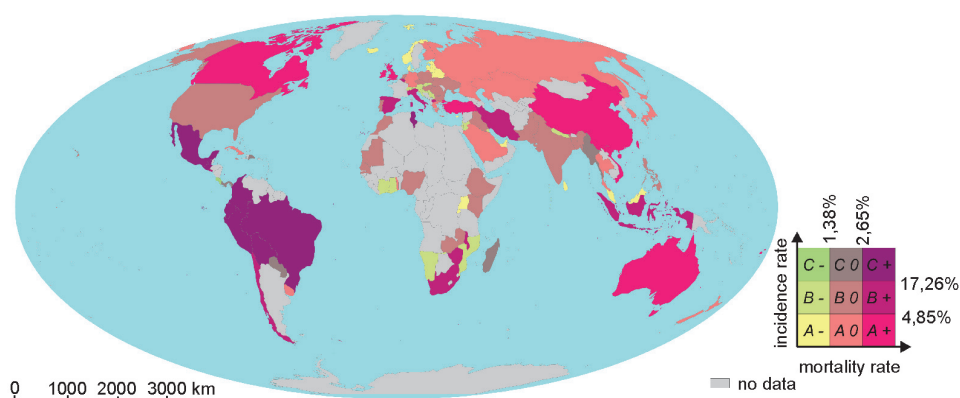
Tabela 1. Wskaźnik zachorowalności i śmiertelności na COVID-19 w analizowanych krajach według kontynentów

Kontynent	Liczba badanych krajów	Wskaźnik zachorowalności	Wskaźnik śmiertelności
Afryka	20	9,3	1,7
Ameryka Centralna	8	18,9	2,1
Ameryka Południowa	8	43,4	4,0
Ameryka Północna	3	18,4	5,2
Australia i Oceania	3	0,2	3,5
Azja	27	7,2	1,5
Europa	34	7,1	1,6

Źródło: opracowanie własne

Analizowane kraje z kontynentów amerykańskich charakteryzuje również stosunkowo wysoki wskaźnik umieralności spowodowanej koronawirusem, który przewyższa dwukrotnie średnią dla wszystkich 102 krajów (2,1%). W Ameryce Północnej bardzo wysoką wartością tego wskaźnika charakteryzuje się Meksyk (9,8%), ale także w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie jest on stosunkowo wysoki (odpowiednio 3,6% i 2,1%). W przypadku krajów Azji, Europy i Afryki wartość wskaźnika umieralności jest poniżej średniej światowej.

Biorąc pod uwagę klasyfikację według dwóch analizowanych wskaźników dzielącą badany zbiór na pięć kategorii, można stwierdzić, że największą liczbę krajów charakteryzują przeciętne wartości wskaźników. Liczebność klas o „niskiej” lub „wysokiej” wartości poszczególnych wskaźników jest niższa niż w przypadku rozkładu normalnego. Oznacza to, że jeśli dany kraj został przyporządkowany do takiej klasy, to stosunkowo często zachorowalność lub śmiertelność odbiega tam od wartości uznawanej za „przeciętną” w dużym stopniu. Niska wartość wskaźników zachorowalności i śmiertelności występuje przede wszystkim w Europie i Azji. Natomiast kraje o wysokich wartościach obydwu wskaźników są zlokalizowane głównie w Ameryce Południowej (Brazylia, Peru, Ekwador, Boliwia, Kolumbia), a grupę tę uzupełniają: Gwatemala, Meksyk i Tunezja. Jednakże trudno wykazać jakieś prawidłowości przestrzenne dotyczące rozmieszczenia określonych klas. Na przykład w klasie  $ax$  (niskie wartości obydwu wskaźników  $Wc_{i,j}$  i  $Wd_{i,j}$ ) znalazły się wszystkie trzy kraje bałtyckie (Litwa, Łotwa, Estonia) oraz sąsiadująca z nimi Białoruś, ale tworzą one grupę razem z Malezją, Cyprzem i Rwandą. Podobnie jest w przypadku klasy  $az$  (niskie wartości  $Wc_{i,j}$  i wysokie  $Wd_{i,j}$ ), w której obok Wielkiej Brytanii, Irlandii i Australii znalazły się Chiny, Turcja i Wietnam.



Ryc. 4. Klasyfikacja krajów według wskaźnika zachorowalności i śmiertelności COVID-19 w okresie od stwierdzenia pierwszych przypadków choroby do 18 listopada 2020. Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Badane kraje według klas ze względu na poziom zachorowań COVID-19 i śmiertelność osób zarażonych patogenem

Wyszczególnienie		Śmiertelność		
		niska	przeciętna	wysoka
Zachorowalność	wysoka	Costa Rica	Trinidad and Tobago, Panama, Dominican Republic, Paraguay, Myanmar, Madagascar	Brazil, Colombia, Tunisia, Peru, Mexico, Bolivia, Ecuador, Guatemala
	przeciętna	Croatia, Serbia, Slovenia, Austria, Switzerland, Slovakia, Israel, Nepal, Jordan, Maldives, Namibia, Ghana, Mozambique, Cote d'Ivoire, Kuwait, Qatar	Portugal, Bulgaria, Czechia, Netherlands, Hungary, Romania, Poland, Ukraine, United States of America, Jamaica, Morocco, India, Bangladesh, Philippines, Pakistan, Ethiopia, Iraq, Mauritania, Senegal, Nigeria, Kenya, Zambia	Italy, Spain, Belgium, North Macedonia, Chile, El Salvador, Iran, Indonesia, South Africa, Zimbabwe, Malawi
	niska	Malta, Latvia, Denmark, Lithuania, Estonia, Norway, Belarus, Iceland, Luxembourg, Cyprus, Singapore, Sri Lanka, Malaysia, Rwanda, Bahrain, Uganda, United Arab Emirates	Japan, Finland, Greece, Germany, New Zealand, Cuba, Uruguay, Russia, South Korea, Thailand, Kazakhstan, Saudi Arabia, Togo	United Kingdom, Canada, Australia, Ireland, China, Turkey, Vietnam, Fiji

Źródło: opracowanie własne

Analiza korelacji pomiędzy wskaźnikami zachorowalności i śmiertelności a wybranymi uwarunkowaniami społeczno-ekonomicznymi nie wykazała silnych zależności, a przy tym w większości przypadków współczynnik korelacji nie był istotny statystycznie. Tylko w przypadku poziomu rozwoju gospodarczego wyrażonego w postaci wskaźnika PKB/mieszkańca ( $Wse_3$ ) stwierdzono słabą zależność niższej zachorowalności i śmiertelności w krajach bogatszych oraz w przypadku gęstości zaludnienia – wzrostu śmiertelności na terenach słabiej zaludnionych (!). Wyniki te trudno jednoznacznie zinterpretować. Stoją one również w sprzeczności z wcześniej stwierdzonymi prawidłowościami dotyczącymi współwystępowania liczby zachorowań i zgonów wywołanych COVID-19 z cechami społeczno-gospodarczymi poszczególnych krajów na świecie.



Tabela 3. Zależności (wartość wskaźnika korelacji) pomiędzy badanymi wskaźnikami a wybranymi uwarunkowaniami społeczno-ekonomicznymi. Czcionką pogrubioną zaznaczono wartości istotne statystycznie

Wyszczególnienie	Gęstość zaludnienia	Poziom urbanizacji	PKB <i>per capita</i>	Nakłady na służbę zdrowia <i>per capita</i>	Udział mieszkańców w wieku 65+	Udział mieszkańców z wyższym wykształceniem
Wskaźnik zachorowalności	-0,105	0,102	<b>-0,228</b>	-0,183	-0,171	-0,108
Wskaźnik śmiertelności	<b>-0,21</b>	0,038	<b>-0,209</b>	-0,177	-0,086	-0,78

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4. Wartości średnie wskaźników dla dziewięciu kategorii krajów

Klasy	Gęstość zaludnienia	Poziom urbanizacji	PKB <i>per capita</i>	Nakłady na służbę zdrowia <i>per capita</i>	Udział mieszkańców w wieku 65+	Udział mieszkańców z wyższym wykształceniem	Wsk. zachorowań	Wsk. śmiertelności
<i>ax</i>	794,1	71,2	32190	116,6	12,7	12,0	2,2	0,7
<i>ay</i>	128,2	75,9	22531	45,1	14,8	14,4	2,1	2,1
<i>az</i>	121,8	67,6	29527	120,9	12,2	12,7	1,8	3,7
<i>bx</i>	240,8	61,8	21353	95,8	9,7	7,1	9,7	0,8
<i>by</i>	204,9	53,9	10209	44,2	10,2	7,7	10,0	1,8
<i>bz</i>	143,2	64,9	13131	19,9	10,7	6,9	10,7	3,2
<i>cx</i>	97,9	78,6	11514	30,7	9,5	14,7	51,8	1,3
<i>cy</i>	115,3	55,3	7306	26,4	6,8	6,4	55,5	1,9
<i>cz</i>	59	72,8	6135	23,3	7,5	8,4	36,1	4,9

Źródło: opracowanie własne

Porównanie cech społeczno-gospodarczych krajów przyporządkowanych do poszczególnych klas również nie wykazało wyraźnych zależności, a w niektórych przypadkach prowadzi do zaskakujących wniosków. Na przykład większa zachorowalność i śmiertelność charakteryzowała kraje o niższej gęstości zaludnienia. Z porównania dwóch skrajnych klas to jest klasy *ax*- (niskie wartości obydwu wskaźników  $Wc_{i,j}$  i  $Wd_{i,j}$ ) i klasy *cz*

(wysokie wartości obydwu wskaźników  $Wc_{i,j}$  i  $Wd_{i,j}$ ) wynika, że wyższa zachorowalność i śmiertelność wystąpiła w krajach, w których jest blisko dwa razy mniejszy udział ludności w wieku 65+. Z drugiej jednak strony kraje z grupy *ax* charakteryzuje kilkakrotnie wyższa wartość wskaźnika PKB *per capita* (odpowiednio 32 190 i 6135) i wskaźnika nakładów na służbę zdrowia (116,6 i 23,3).

### Dyskusja rezultatów

Przez stosunkowo długi okres czasu liczebność krajów ze stwierdzonym zakażeniem COVID-19 utrzymywała się na niskim poziomie. Pierwsza wyraźna zmiana tej liczby wystąpiła w ostatnich dniach stycznia, kiedy to koronawirus został stwierdzony w około 25 krajach. Znalazły się wśród nich przede wszystkim wysoko rozwinięte gospodarczo kraje (USA, Niemcy, Francja, Włochy, Australia, Szwecja, Kanada itd.) oraz położone w sąsiedztwie Chin (np. Kambodża, Filipiny, Nepal, Rosja). Kolejny i gwałtowny wzrost liczby krajów ze stwierdzonym zakażeniem nastąpił po około 20 dniach. Trudno wskazać przyczynę tej długotrwałej stabilizacji, prawdopodobnie złożyło się na to kilka czynników. Wśród nich mógł być brak testów wykrywających COVID-19, bagatelizowanie problemu przez rządy i lokalne władze oraz stosunkowo długotrwały okres „wylęgania” się choroby. Dopiero na przełomie lutego i marca nastąpiła wyraźna zmiana krzywej obrazującej liczbę krajów ze stwierdzonym zakażeniem, która wzrastała równomiernie do czasu, aż wirus dotarł do prawie wszystkich miejsc na świecie.

Przestrzenna transmisja koronawirusa była w pierwszym jej okresie związana najprawdopodobniej z mobilnością ludności i jej koncentracją w dużych ośrodkach miejskich. Stąd pierwsze przypadki zakażenia COVID-19 miały miejsce w bogatych regionach świata. Późniejszy rozwój pandemii był już bardziej złożony, a zachorowalność i śmiertelność COVID-19 zależą zapewne od splotu różnorodnych przyczyn i uwarunkowań. Możemy wśród nich wyróżnić uwarunkowania biologiczne (w tym genetyczne, immunologiczne), uwarunkowania przyrodnicze (np. temperatura i wilgotność powietrza, stopień nasłonecznienia, specyfika gatunkowa flory i fauny), polityczne (jak np. działania zaradcze o różnym zasięgu przestrzennym) oraz społeczno-ekonomiczne (np. poziom rozwoju gospodarczego, świadomość społeczna, stan służby zdrowia, czynniki kulturowe, styl życia).

O ważnej, a niekiedy wręcz dominującej roli uwarunkowań rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych i zróżnicowania ich skutków, mogą świadczyć chociażby przykłady najbardziej śmiertelnych epidemii w historii świata. Na przykład uwarunkowania biologiczne, w tym nieprzystosowanie systemu odpornościowego organizmów społeczeństw żyjących od wieków w odizolowaniu, spowodowały tragiczne skutki w okresie wielkich odkryć geograficznych. Żyjące w izolacji lokalne społeczności były dziesiątkowane chorobami przywleczonymi przez europejskich kolonizatorów. Na przykład

szacuje się, że przywleczony przez załogę hiszpańskiej floty w 1520 r. do wybrzeży Półwyspu Jukatan wirus czarnej ospy wywołał wśród Indian epidemię, której rezultatem był spadek ich liczby na obszarze obejmującym dzisiejszy Meksyk z 22 do 14 mln (Acuna-Soto et al. 2002). W ciągu 75 lat od odkrycia Hawajów przez Jamesa Cooka (1778 r.) w wyniku kontaktu z wirusami grypy i ospy oraz z bakteriami wywołującymi gruźlicę, kiłę i tyfus, liczba mieszkańców tych wysp spadła z 500 do 70 tys. (Diamond 1997).

Bardzo istotny wpływ na różnice w rozprzestrzenianiu się chorób zakaźnych mają również czynniki społeczno-gospodarcze. Można to prześledzić na historycznym przykładzie skutków epidemii dżumy z XIV w. Jej ogniskiem były prawdopodobnie Chiny, skąd za pośrednictwem pcheł pasożytniczych na szczurach rozprzestrzeniła się szlakiem jedwabnym między innymi na całą Europę. Szacuje się, że w jej wyniku zmarło 30-60% populacji Europy (Alchon 2003). Najwyższy odsetek zmarłych był na obszarach najbardziej rozwiniętych gospodarczo i najgęściej zaludnionych (Lopez 1998). Z kolei o dużym znaczeniu stanu służby zdrowia oraz wiedzy i świadomości społecznej dla rozprzestrzeniania się epidemii świadczy chociażby rozkład przestrzenny zgonów wywołanych AIDS (Piot, Quinn 2013). Według WHO w 2018 r. na całym świecie zmarło na tę chorobę ok. 605 tys. ludzi, z czego aż 472 tys. w Afryce, a tylko 11,4 tys. w Europie, gdzie poziom rozwoju opieki medycznej jest dużo wyższy.

Szczegółne nasilenie obecnej pandemii wyrażone wartościami wskaźników zachorowalności i śmiertelności zdiagnozowano w krajach Ameryki Łacińskiej. Trzeba jednak dodać, że charakteryzują się one stosunkowo niską wartością wskaźnika wykonanych testów na COVID-19, który wynosi tam na ogół poniżej 40 testów na 1000 mieszkańców (średnia wartość tego wskaźnika dla wszystkich badanych krajów wynosi 224). Tymczasem w zbiorze wszystkich badanych krajów stwierdzono wyraźną zależność, że tam, gdzie wykonano mało testów, zachorowalność i śmiertelność były wyższe. Badano tam głównie osoby wykazujące wyraźne objawy zakażenia koronawirusem.

Warto zauważyć, że niemal wszystkie kraje o najwyższej wartości wskaźnika  $WC_{i,j}$  leżą w strefie międzyzwrotnikowej, zaś większość krajów o niskich wartościach tego wskaźnika w strefie umiarkowanej, a zwłaszcza w jej wyższych szerokościach geograficznych. Może to wskazywać na istotny wpływ uwarunkowań klimatycznych na rozprzestrzenianie się koronawirusa. Dotychczas brak jednak badań pozwalających jednoznacznie potwierdzić wpływ tego czynnika, aczkolwiek studia na temat klimatycznych uwarunkowań COVID-19 należą do najliczniejszych w literaturze przedmiotu (np. Achmadi et al. 2020; Baker et al. 2020, Liu et al. 2020). Badania zespołu brazylijskich uczonych wskazały, że twierdzenia, iż tempo wzrostu COVID-19 może być niższe w cieplejszych i wilgotniejszych krajach należy traktować bardzo ostrożnie, bo brak na to dowodów (Coelho et al. 2020). Słuszność ich obaw potwierdza nasze badanie, z którego wynika, że wszystkie kraje włączone do klasy  $C^+$ , charakteryzującej się najwyższymi wartościami

wskaźników  $Wc_{i,j}$  i  $Wd_{i,j}$ , są zlokalizowane w strefie klimatu równikowego lub zwrotnikowego.

Z drugiej strony na wpływ czynników przyrodniczych nakłada się oddziaływanie uwarunkowań społeczno-gospodarczych. Z racji dużej dynamiki i krótkiego okresu trwania zjawiska dostępne dane nie umożliwiają analizy tych dwóch grup uwarunkowań w oderwaniu od siebie, tj. porównania wartości wskaźnika  $Wc_{i,j}$  i wskaźnika  $Wd_{i,j}$  w poszczególnych strefach klimatycznych przy założeniu, że występują tam porównywalne uwarunkowania społeczno-ekonomiczne. Uwarunkowania te nie wykazały w niniejszym badaniu silnych związków z rozwojem i skutkami pandemii. Wydaje się, że zbiór danych obejmujących około 100 jednostek badawczych i ich zakres czasowy (obejmujący każdy dzień od pierwszego przypadku zachorowania do listopada 2020 roku) daje podstawy do uzyskania obiektywnych wyników. Tymczasem tylko w przypadku trzech z dwunastu analizowanych zależności stwierdzono ich istotność statystyczną. Wykazano między innymi fakt wzrostu poziomu zachorowalności i śmiertelności na COVID-19 wraz ze spadkiem wartości wskaźnika PKB *per capita*. Wynika to prawdopodobnie z innych współwystępujących uwarunkowań związanych z niższymi nakładami na służbę zdrowia, niższym poziomem świadomości społecznej i możliwością dotarcia z informacją o pandemii, trudniejszymi warunkami bytowymi, w tym szczególnie warunkami sanitarnymi, itp.

Brak istotnego statystycznie współwystępowania nie oznacza jednak braku zależności, a jedynie niemożność jej wykazania na określonej próbie. Wcześniejsze badania autorów odnoszące się do pierwszej fazy pandemii (wiosna 2020) wykazały przeciwną zależność, to jest zachorowalność na COVID-19 rosła wraz z poziomem urbanizacji, rozwoju gospodarczego kraju liczonego wskaźnikiem PKB na mieszkańca, a jeszcze wyraźniej wraz z wydatkami na służbę zdrowia w przeliczeniu na mieszkańca (Bański, Mazur 2020). Badanie to dotyczyło krótszego okresu, ale znacznie liczniejszego i bardziej równomiernie rozmieszczonego zbioru krajów. Do jego wyników można więc przywiązywać przynajmniej równą wagę. Co prawda uzyskany wynik był prawdopodobnie po części efektem większej mobilności wewnętrznej i międzynarodowej mieszkańców bogatych krajów i lepszej diagnostyki. Niemniej może on jednak także świadczyć o ogólnej prawidłowości dotyczącej uwarunkowań rozprzestrzeniania się COVID-19.

Pierwszy przypadek koronawirusa poza Azją stwierdzono już 23.01.2020 w Stanach Zjednoczonych, w Australii i Francji 25.01.2020, zaś w Afryce (Egipt) dopiero 15.02.2020, a w Ameryce Południowej (Brazylia) 27.02.2020. Nie wiadomo jednak do końca, na ile na tak wyraźne „opóźnienie” Afryki i Ameryki Południowej w stosunku do pozostałych kontynentów wpłynęła odległość i słabsze powiązania międzynarodowe krajów w tych częściach świata (np. handel międzynarodowy, migracje, turystyka), a na ile słaba diagnostyka medyczna związana z generalnie niskim poziomem rozwoju służby zdrowia.

Wydaje się, że związki czynników społeczno-ekonomicznych z poziomem zachorowalności i śmiertelności COVID-19 są zależne od fazy pandemii. W badaniach należy wyraźnie odróżnić pierwszą fazę pandemii od następnych jej etapów, bowiem kształtowane są one przez inne uwarunkowania. Analiza dynamiki liczby zakażeń w pierwszej fazie pandemii uwzględniająca 162 kraje wykazała, że największe jej wartości wystąpiły w krajach europejskich (Bański, Mazur 2020). W sumie wśród 20 krajów, w których wzrost liczby zachorowań w ciągu pierwszych 15 dni od zidentyfikowania pierwszego przypadku choroby był ponadstukrotny, znalazło się 15 krajów europejskich (np. Dania 413-krotny wzrost liczby zakażonych w ciągu pierwszych 15 dni epidemii, Słowenia – 319-krotny, Szwecja – 310-krotny, Hiszpania – 247-krotny i Portugalia – 224-krotny), 4 kraje azjatyckie i jeden kraj środkowoamerykański. Dynamiczny wzrost liczby zakażeń w pierwszej fazie pandemii cechował się między innymi istotną statystycznie zależnością z poziomem urbanizacji – im wyższy, tym wyższa zachorowalność. Jednakże w stadium „dojrzałym” pandemii analiza nie potwierdziła zależności pomiędzy wskaźnikami  $Wc_{i,j}$  i  $Wd_{i,j}$  a poziomem urbanizacji, co stoi w sprzeczności z rezultatami niektórych wcześniejszych badań. Na przykład badania M. Coelho et al. (2020) wykazały, że duże, gęsto zamieszkałe i powszechnie dostępne miasta (Londyn, Paryż, Mediolan, Madryt) były właśnie w początkowej fazie pandemii miejscami rozprzestrzeniania się choroby. Największym tempem rozwoju choroby charakteryzowały się miasta należące do globalnej sieci transportu lotniczego (Doan et al. 2020). Do analogicznych wniosków dochodzi również R. Florida (2020), wyodrębniając trzy grupy obszarów koncentracji wirusa – miejskie supergwiazdy z dużym napływem turystów (np. Londyn, Nowy Jork), ośrodki przemysłowe połączone łańcuchem dostaw (np. Detroit, północne Włochy) i mekki turystyczne (Włochy, Francja, Szwajcaria). Wysoka wartość poziomu urbanizacji i gęstości zaludnienia może w naturalny sposób sprzyjać szybkiemu zarażaniu większej liczby mieszkańców w związku z trudnością uniknięcia ich bezpośredniego kontaktu. Na obszarach zurbanizowanych i gęsto zaludnionych zwykle korzysta się z komunikacji zbiorowej, sklepów wielkopowierzchniowych czy instytucji użytku publicznego gromadzących większą liczbę osób, a znaczna część ludności mieszka w budownictwie wielorodzinnym. Wymienione przykłady analiz uwzględniają jednak początkową fazę pandemii i odnoszą się raczej do skali szczegółowej (wybrane ośrodki miejskie lub regiony). Późniejsze ograniczenia w ruchu lotniczym i inne formy hamujące swobodne przemieszczanie się ludzi spowodowały, że poziom urbanizacji przestał prawdopodobnie odgrywać kluczową rolę w rozprzestrzenianiu się COVID-19.

Nie wykazano również silnych związków rozwoju pandemii z gęstością zaludnienia. Co ciekawe, wskaźnik śmiertelności charakteryzuje się pewnym wzrostem wraz ze spadkiem gęstości zaludnienia. Rola gęstości zaludnienia w rozprzestrzenianiu się koronawirusa jest kwestionowana i zwraca się uwagę, że ma ona większy wpływ tylko na czas

wczesnego wybuchu choroby (Carozzi et al. 2020; Rodrigez-Pose 2020). Należy też podkreślić, że przeprowadzona analiza nie potwierdziła zależności pomiędzy zachorowalnością i śmiertelnością COVID-19 a poziomem nakładów na służbę zdrowia. Co ciekawe, badania autorów uwzględniające pierwszą fazę pandemii wykazały najbardziej zaskakujący fakt, iż dynamika rozwoju epidemii w największym stopniu współwystępuje z nakładami na służbę zdrowia (Bański Mazur 2020). Można na tej podstawie postawić tezę, iż w praktyce w krajach o najwyższej jakości życia ewentualne działania prewencyjne, jakie umożliwiła wysoko rozwinięta opieka zdrowotna, zwykle nie rekompensują oddziaływania czynników związanych ze stylem życia bogatych społeczeństw, które stymulują dynamiczne rozprzestrzenianie się wirusa. Można też postawić bardzo ryzykowną tezę, że wysoki poziom opieki zdrowotnej (potwierdzony nakładami finansowymi na służbę zdrowia) przyczynił się w fazie narastania COVID-19 do zwiększenia dynamiki liczby zachorowań. Brak dostatecznej wiedzy na temat koronawirusa i podatności na jego zarażenie oraz początkowo niewystarczające wyposażenie służby medycznej w środki ochrony osobistej, a z drugiej strony napływ zarażonych osób do dużej liczby placówek opieki zdrowotnej mógł powodować transmisję poziomą patogenu. Przykładem są domy opieki społecznej, gdzie rezultatem pojawienia się koronawirusa było zakażenie znacznej grupy osób korzystających z opieki oraz personelu medycznego.

Kolejnym, raczej zaskakującym wynikiem, jest brak zależności pomiędzy zachorowalnością i śmiertelnością na COVID-19 a udziałem ludności starszej w strukturze wiekowej ludności badanych krajów. Większa podatność osób starszych na zakażenie i skutek śmiertelny związany z koronawirusem jest powszechnie wskazywaną prawidłowością przez środki masowego przekazu i w literaturę przedmiotu (np. Kashnitsky, Aburto 2020; *The epidemiological characteristics...* 2020). Jednakże prezentowane dane odnoszą się zazwyczaj do krajów wysoko rozwiniętych, w tym głównie Europy, gdzie struktura wiekowa mieszkańców składa się z bardzo wysokiego udziału ludności w starszym wieku. Z kolei w krajach azjatyckich, afrykańskich, które są istotną składową tego opracowania, struktura wieku mieszkańców ma kształt klasycznej piramidy, czyli udział ludności 65+ jest zdecydowanie mniejszy. Grupa tej ludności może więc „niknąć” na tle innych grup wiekowych mieszkańców. Tymczasem analiza wykazała, że wśród 20 krajów charakteryzujących się najwyższym udziałem ludności w wieku 65+ tylko w przypadku czterech krajów wartość wskaźnika śmiertelności przekroczyła średnią dla 102 badanych krajów wynoszącą 2,01% (Włochy – 3,75%; Hiszpania – 2,76%; Bułgaria – 2,26%; Węgry – 2,15%). Wcześniejsze badania autorów, w których uwzględniono śmiertelność na COVID-19 w okresie do 5 kwietnia 2020 w 44 krajach (w tym ponad połowa to kraje europejskie), również nie wykazały istotności statystycznej pomiędzy śmiertelnością a udziałem osób starszych. Wysoką śmiertelność na COVID-19 tylko częściowo można

więc wyjaśnić starą strukturą demograficzną. Dane dotyczące śmiertelności na COVID-19 wg wieku zakażonego potwierdzają, że czynnik ten ma kluczowe znaczenie, gdy mówimy o konkretnych osobach. Trudno więc zaprzeczyć, że struktura wieku wpływa na śmiertelność. Jej wpływ znacznie łatwiej jest jednak wykazać w skali mikro, w różnicy śmiertelności poszczególnych podstawowych komórek społecznych czy lokalnych jednostek przestrzennych. Jednak rozpatrując zróżnicowanie śmiertelności w większej skali przestrzennej, w ujęciu regionalnym, krajowym lub międzynarodowym, struktura wieku jest tylko jednym z wielu bardzo ważnych czynników. Uwzględniając na przykład istotną rolę zróżnicowania zwyczajów kulturowych w różnych krajach, określone decyzje administracyjne związane z pandemią czy różnicę w zdyscyplinowaniu poszczególnych społeczeństw i respektowaniu różnego rodzaju obostrzeń, znacznie trudniej jest wykazać, iż większa śmiertelność występuje właśnie w krajach, gdzie większy odsetek mieszkańców stanowią seniorzy. Nie przeczy to jednak tezie, że w każdym konkretnym kraju wraz z jego określonymi uwarunkowaniami śmiertelność byłaby niższa, gdyby jego społeczeństwo było młodsze.

## Wnioski

Wykonane przez autorów badanie dotyczy stosunkowo dużej liczby krajów zlokalizowanych w różnych częściach świata i długiego okresu, który odnosi się do co najmniej drugiej fazy rozwoju pandemii COVID-19. Daje to podstawy do wniosku, że zgromadzony materiał statystyczny umożliwia bardziej obiektywną ocenę rozwoju i skutków pandemii, niż analizy wykonywane w pierwszym okresie pandemii. Okazuje się jednak, że identyfikowane we wczesnym etapie pandemii jej uwarunkowania społeczno-ekonomiczne były bardziej wyraziste i przekonujące. Z upływem czasu i rozprzestrzeniania się na świecie choroby jej nasilenie i skutki (w przypadku tego badania – zachorowalność i śmiertelność) zależą od różnych czynników, tworzących system skomplikowanych zależności. Dlatego też wydaje się, że pojedyncze uwarunkowania (np. gęstość zaludnienia, poziom urbanizacji, udział ludności 65+ w strukturze wiekowej itp.) nie wykazują istotnych zależności z badanymi cechami COVID-19. W wyniku przeprowadzonych analiz możliwe było tylko wykazanie wzrostu zachorowalności i śmiertelności wraz ze spadkiem wartości wskaźnika PKB *per capita* oraz wzrostu śmiertelności wraz ze spadkiem gęstości zaludnienia.

Na wyniki badań rzutuje też ich skala. Każdy kraj, bez względu na powierzchnię, lokalizację i liczbę mieszkańców, jest równorzędną jednostką statystyczną. Prawdopodobnie analizy bardziej szczegółowe uwzględniające regiony o podobnych cechach geograficznych mogłyby przynieść bardziej konkretne wyniki. Takie zadanie miała spełnić po części analiza uwarunkowań mających kształtować zachorowalność i śmiertelność COVID-19 w dziewięciu klasach obszarów. Jednakże wynikają z niej bardzo podobne

wnioski – śmiertelność wyraźnie wzrasta wraz ze spadkiem gęstości zaludnienia, zachorowalność i śmiertelność spada wraz ze wzrostem PKB *per capita*. Daje się też zauważyć prawidłowość, że w krajach o niskim i przeciętnym poziomie zachorowań śmiertelność nie zależy od struktury wiekowej, zaś w krajach charakteryzujących się wysokim poziomem zachorowań śmiertelność wzrasta wraz ze spadkiem liczby osób w wieku 65+.

Z przeprowadzonych badań płynie też bardzo ogólny wniosek, że rozwój pandemii COVID-19 wykazuje duże przestrzenne zróżnicowanie jego uwarunkowań. Stąd analizy tej problematyki w ujęciu globalnym niosą ze sobą bardzo istotne ograniczenia co do ich rezultatów. Można wysunąć również tezę, że wraz z czasem jej trwania zróżnicowanie przestrzenne konsekwencji pandemii coraz bardziej zależy od konkretnych decyzji polityczno-administracyjnych oraz czasu ich wprowadzenia. W coraz większym stopniu pozwalają one zniwelować ewentualny wpływ niekorzystnych uwarunkowań przyrodniczych i społeczno-gospodarczych poszczególnych krajów.

### Bibliografia

- [1] Acuna-Soto, R., Stahle, D.W., Cleaveland, M.K., Therrell, M.D. (2002). Megadrought and Megadeath in 16th Century Mexico., *Emerging Infectious Diseases*, 8(4), 360–362.
- [2] Ahmadi, M., Sharifi, A., Dorosti, S., Ghouschi, S.J., Ghanbari, N. (2020). Investigation of effective climatology parameters on COVID-19 outbreak in Iran. *Science of the Total Environment*, 729.
- [3] Alchon, S.A. (2003). *A pest in the land: new world epidemics in a global perspective*, Univ. of New Mexico Press.
- [4] Bański, J., Mazur, M. (2020). COVID-19 – geographical conditioning of coronavirus development, IGU Home of Geography, [https://www.homeofgeography.org/uk/COVID%2019/2020%20COVID19%20Mazur\\_Banski.pdf](https://www.homeofgeography.org/uk/COVID%2019/2020%20COVID19%20Mazur_Banski.pdf)
- [5] Baker, R.E., Yang, W., Vecchi, G.A., Metcalf, C.J.E., Grenfell, B.T. (2020). Susceptible supply limits the role of climate in the early SARS-CoV-2 pandemic. *Science*, 369(6501), 315–319.
- [6] Bogoch, I.I., Watts, A., Thomas-Bachli, A., Huber, C., Kraemer, M.U., Khan, K. (2020).
- [7] Potential for global spread of a novel coronavirus from China. *Journal of Travel Medicine*, 27(2), taaa011.
- [8] Boulos, M.N.K., Geraghty, E.M. (2020). Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. *Int. J. Health Geogr.*, 19, 8.
- [9] Brito, P.L., Kuffer, M., Koeva, M., Pedrassoli, J.C., Wang, J., Costa, F., Dias de Freitas, A.D., The Spatial Dimension of COVID-19: The Potential of Earth Observation Data in Support of Slum Communities with Evidence from Brazil. *International Journal of Geo-Information*, 9, 557; doi:10.3390/ijgi9090557.
- [10] Buckee, C.O., Balsari, S., Chan, J., Crosas, M., Dominici, F., Gasser, U., Lipsitch, M. (2020). Aggregated mobility data could help fight COVID-19. *Science* (New York, NY).
- [11] Diamond R. (2000), *Strzelby, zarazki, maszyny. Losy ludzkich społeczeństw*, Wyd. Pruszyński i S-ka, Warszawa.



- [12] Carozzi, F., Provenzano, S., Roth, S. (2020). Urban density and COVID-19. CEP Discussion Paper 1711. London: Centre for Economic Performance.
- [13] Cavalcante, J.R., de Abreu, A.J.L. (2020). COVID-19 in the city of Rio de Janeiro: spatial analysis of first confirmed cases and deaths. *Epidemiol. Serv. Saude, Brasília*, 29(3): e2020204.
- [14] Chan, H.F., Skali, A., Torgler, B. (2020). A Global Dataset of Human Mobility. *Center for Research in Economics, Management and the Arts (CREMA)*, 4.
- [15] Chen, Z.L., Zhang, Q., Lu, Y., Guo, Z.M., Zhang, X., Zhang, W.J., Lu, J.H. (2020). Distribution of the COVID-19 epidemic and correlation with population emigration from Wuhan, China. *Chinese Medical Journal*, 133(9): 1044–1050.
- [16] Coccia, M. (2020). Factors determining the diffusion of COVID-19 and suggested strategy to prevent future accelerated viral infectivity similar to COVID. *Science of The Total Environment*, 138474.
- [17] Coelho, M.T.P., Rodrigues, J.F.M., Medina, A.M., Scalco, P., Terribile, L.C., Vilela, B., Diniz-Filho J.A.F., Dobrovolski, R. (2020). Global expansion of COVID-19 pandemic is driven by population size and airport connections. *PeerJ*, 8, e9708.
- [18] Dayun, K.M., Hyunho, Ch, Jong-Hun, K., Jungsoon, Ch., 2020, Spatial epidemic dynamics of COVID-19 outbreak in China. *International Journal of Infectious Diseases* 94, 96–102.
- [19] De Kadt, J., Gotz, G., Hamann, C., Maree, G., Parker, A. (2020). Mapping vulnerability to COVID-19 in Gauteng. GCRO Map of the Month, Gauteng City-Region Observatory.
- [20] Florida, R. (2020). The geography of coronavirus. Citylab, 3 April 2020, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-03/what-we-know-about-density-and-covid-19-s-spread>.
- [21] Gibson, L., Rush, D. (2020). Novel Coronavirus in Cape Town Informal Settlements: Feasibility of Using Informal Dwelling Outlines to Identify High Risk Areas for COVID-19 Transmission From A Social Distancing Perspective JMIR Public Health Surveill 6(2): e18844 DOI: 10.2196/18844
- [22] Giuliani, D., Dickson, M.M., Espa, G., Santi, F. (2020). Modelling and Predicting the Spatio-Temporal Spread of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Italy (3/20/2020). SSRN, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3559569>
- [23] Gupta, S., Raghuvanshi, G.S., Chanda, A. (2020). Effect of weather on COVID-19 spread in the US: A prediction model for India in 2020. *Science of The Total Environment*, 138860.
- [24] Hasan, N.A., Mahfujul Haque, M. (2020). Predict the next moves of COVID-19: reveal the temperate and tropical countries scenario, medRxiv, doi.org/10.1101/2020.04.04.20052928
- [25] Hasell, J., Mathieu, E., Beltekian, D. et al. (2020). A cross-country database of COVID-19 testing. *Sci Data*, 7, 345.
- [26] Kashnitsky, I., & Aburto, J.M. (2020). COVID-19 in unequally ageing European regions. *World Development*, 136, 105170.
- [27] Liu, J., Zhou, J., Yao, J., Zhang, X., Li, L., Zhang, K. (2020). Impact of meteorological factors on the COVID-19 transmission: A multicity study in China. *Science of the Total Environment*, 726, 138513.
- [28] Lopez R.S. (1998), *The Birth of Europe*, New York: M. Evans & Company.
- [29] Managing epidemics: key facts about major deadly diseases (2018), WHO, Luxembourg.
- [30] Miller, L., Bhattacharyya, R., Miller, A. (2020), Spatial Analysis of Global Variability in Covid-19 Burden. *Risk Management and Healthcare Policy*, 13, 519–522.
- [31] Mollalo, A., Vahedi, B., Rivera, K.M. (2020). GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Science of The Total Environment*, 138884.

- [32] Orea, L., Álvarez, I.C. (2020). How effective has the Spanish lockdown been to battle COVID-19? A spatial analysis of the coronavirus propagation across provinces. *Documento de Trabajo*, 03.
- [33] Piot P., Quinn T.C. (2013). *Response to the AIDS Pandemic – A Global Health Model*. *New England Journal of Medicine*, 368(23), 2210–2218.
- [34] Porta M. (2008). *A Dictionary of Epidemiology*, Oxford: International Epidemiological Association – Oxford University Press.
- [35] Rodrigues-Pose A., Burlina Ch. (2020) Institutions and the uneven geography of the first wave of the COVID-19 pandemic, Discussion Paper Series in Regional Science & Economic Geography, Discussion paper No. 2020-09, GSSI.
- [36] Qi, H., Xiao, S., Shi, R., Ward, M.P., Chen, Y., Tu, W., Zhang, Z. (2020). COVID-19 transmission in Mainland China is associated with temperature and humidity: a time-series analysis. *Science of The Total Environment*, 138778.
- [37] Shobande, O., Ogbeifun, L. (2020), A spatial econometric analysis on the impact of covid-19 on mortality outcome. *Economics and Business*, 34,179–200.
- [38] *The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) in China* [Chinese], 2020, Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team, Chinese Center for Disease Control and Prevention Weekly 2020; t. 41, s. 145–51.
- [39] Warren, M.S., Skillman, S.W. (2020). Mobility changes in response to COVID-19. [W:] arXiv preprint arXiv:2003.14228.
- [40] WHO Coronavirus disease (COVID-19) situation reports, 2020, <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
- [41] Xiong, Y., Guang, Y. Chen, F., Zhu, F. (2020). Spatial statistics and influencing factors of the novel coronavirus pneumonia 2019 epidemic in Hubei Province, China. Research Square. Preprint. 10.21203/rs.3.rs-16858/v2

### **Selected determinants and spatial variation of the development of the COVID-19 pandemic – a diagnosis of the first year**

The COVID pandemic very shortly became the world's most serious social and economic problem. The paper's focus is on the spatial aspect of its spread, with the aims being to point to spatial conditioning underpinning development and to identify and assess possible socio-economic features that have been exerting an impact. The authors' work concern with a relatively large number of countries located in different parts of the world, as well as a quite lengthy time period – linked at least to the COVID-19 pandemic's second phase of development. The co-occurrence of morbidity index and mortality index, with intentionally selected socio-economic variables has been investigated. The results has been summarized by means of classification of countries regarding both indexes. The basic conclusion is that dependency of pandemic on environmental and socio-economic conditioning is becoming more complex and ambiguous, as well as displaced gradually by a concrete political decisions.

**Key words:** COVID-19, pandemic development, socio-economic conditioning, geography of disease