

Przemysław Śleszyński*

Geografia pandemii. Zróżnicowanie i dynamika rozprzestrzeniania się COVID-19 w Polsce (marzec 2020–marzec 2022)

The Pandemic geography.
The Differentiation and dynamics of COVID-19 spread
in the Poland (March 2020–March 2022)

STUDIA I ANALIZY

Słowa kluczowe: COVID-19, geoepidemiologia, rozprzestrzenianie się zakażeń, geografia medyczna, pandemia w Polsce

Keywords: COVID-19, geoepidemiology, spread of infection, medical geography, pandemic in Poland

Abstrakt: Celem pracy jest wykazanie specyfiki rozprzestrzeniania się rejestrowanych zakażeń SARS-CoV-2 w Polsce (pięć odnotowanych fal, marzec 2020–marzec 2022). Wykorzystano dane Ministerstwa Zdrowia (według gmin) oraz zespołu M. Rogalskiego (2022) według powiatów. Dane te zobrazowano na mapach i wykresach, doszukując się prawidłowości czasoprzestrzennych. Stwierdzono m.in. silniejsze występowanie zakażeń w północnej części kraju i w aglomeracjach, ale nie wykazano typowych w rozprzestrzenianiu się chorób zakaźnych korelacji z gęstością zaludnienia, zatrudnieniem w przemyśle, czy dojazdami do pracy. Artykuł jest kontynuacją wcześniejszych badań autora, dotyczących tzw. pierwszej fali pandemii w Polsce, tj. przebiegu jej pierwszych 100 dni (Śleszyński 2020) i 6 miesięcy (Śleszyński 2021a), jak też zawiera niektóre rozszerzone w czasie wyniki ekspertyzy wykonanej dla Komitetu Nauk Demograficznych PAN (Śleszyński 2021b).

Abstract: The aim of this study is to demonstrate the specificity of the spread of recorded SARS-CoV-2 infections in Poland (five recorded waves, March 2020–March 2022). The data used were those of the Ministry of Health (by communes) and the team of

* ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1369-6129>. Prof. dr hab., dyscyplina: geografia społeczno-ekonomiczna i gospodarka przestrzenna, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Google Scholar: <http://scholar.google.pl/citations?user=CyyFg7IAAAAJ&hl=pl>. E-mail: psleszyn@twarda.pan.pl.

M. Rogalski (2022) by poviats. The data was visualized on maps and charts, looking for spatio-temporal regularities. Infections were found to be more frequent in the northern part of the country and in agglomerations, but there were no correlations with population density, industrial employment or commuting, typical for the spread of infectious diseases. The article is a continuation of the author's earlier research on the so-called first wave of the pandemic in Poland, i.e. the course of its first 100 days (Śleszyński 2020) and 6 months (Śleszyński 2021a), as well as incorporating some of the time-extended results of an expert study done for the Committee on Demographic Sciences of the Polish Academy of Sciences (Śleszyński 2021b).

Wprowadzenie

Cechą szczególną każdej choroby zakaźnej jest jej zdolność do rozwoju w przestrzeni i czasie, czyli tzw. transmisja lokalna, albo najszerzej – rozprzestrzenianie się¹. Ponieważ koronawirus SARS-CoV-2 przenosi się między ludźmi drogą kropelkową, ewolucja epidemii jest ściśle związana z modelami kontaktów społecznych. Te zaś w czasach pandemii zależą od czterech głównych grup uwarunkowań²:

- środowiska przyrodniczego, tj. zwłaszcza klimatu, orografii i hydrografii, decydujących o naturalnych czynnikach „podaży” wirusów, ale też mobilności człowieka;
- zagospodarowania przestrzennego, tj. struktury osadniczej, zagęszczenia ludności, form urbanistycznych, sieci komunikacyjnej;
- wielu czynników społeczno-ekonomicznych, leżących zwłaszcza po stronie psychospołecznej, tj. stylów życia, czynników kulturowo-cywilizacyjnych, religijnych itp., modeli mobilności i tzw. dystansu społecznego, poziomu rozwoju społecznego, higieny i świadomości epidemiologicznej;

¹ W literaturze polskiej i zagranicznej (w tym geograficznej), występują odmienności w rozumieniu pojęć związanych z przestrzennym rozwojem zjawisk w czasie (natężeniem, kierunkiem, okresem występowania, częstotliwością itp.). Zdecydowano się na używanie terminu „rozprzestrzenianie się”, który jest najbardziej pokrewny w stosunku do odpowiedników angielskich używanych w geoepidemiologii (*spatial expansion, spread, diffusion, sprawl* i in.). Zob. więcej: L. Sattenspiel, A. Lloyd, *The Geographic Spread of Infectious Diseases: Models and Applications*, New York 2009 albo <https://www.thoughtco.com/diffusion-definition-geography-1434703>.

² P. Śleszyński, *Prawidłowości przebiegu dyfuzji przestrzennej rejestrowanych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w Polsce w pierwszych 100 dniach epidemii*, «Czasopismo Geograficzne» 2020, vol. 91 (1–2), s. 5–18.

- poziomu rozwoju służb publicznych, w tym zwłaszcza medycznych i epidemiologicznych oraz stosowanych tzw. blokad i strategii wyjścia z epidemii.

W każdym z tych uwarunkowań można doszukiwać się kolejnych związków przyczynowo-skutkowych, w których z punktu widzenia geografii kluczowa jest fizyczna przestrzeń i relacje między elementami w niej występującymi. Chociaż badania nad rozprzestrzenianiem się chorób zakaźnych mają bardzo długą tradycję³, wiedza o uwarunkowaniach i czynnikach rozwoju zakażeń w układach czasoprzestrzennych jest wciąż niezadowolająca.

Bezprecedensowa od wielu dekad skala epidemii, jej globalna i lokalna rejestracja oraz rozwój metod analizy przestrzennej spowodował, że pandemia COVID-19 jest w wielu krajach na świecie (m.in. w Chinach, Stanach Zjednoczonych, Włoszech) szczególnie dobrze udokumentowana i przebadana, także pod kątem „geograficznym”. Największa na świecie baza literatury na ten temat (Dimensions/COVID-19) spośród 964 tys. publikacji (21 marca 2022 r.) zwraca wprawdzie „zaledwie” 1604 rekordy w sekcji „humangeography”, ale tematyka zróżnicowań przestrzennych jest silnie obecna w innych sekcjach, w tym w medycynie.

Jeśli chodzi o badania z Polski, analizy rozwoju koronawirusa w przestrzeni były podejmowane parokrotnie i dotyczyły dotychczas głównie tzw. pierwszej, względnie drugiej fali pandemii w skali całego kraju⁴ i niektórych regionów⁵. Wskazywano m.in. na odmiennność wzorca rozprzestrzeniania się w stosunku do modeli znanych z literatury, jak też wpływ uprzemysłowienia na wzrost zakażeń. Większość opracowań z powodu braku danych bazowała na agregacji powiatowej, a nawet wojewódzkiej.

³ P.L. Panum, *Measels in the Faroe Islands*, «Virchows Archiv für Pathologie und Medizin» 1846, vol. 1, s. 492–512.

⁴ J. Duszyński, A. Afelt, A. Ochab-Marcinek, R. Owczuk, K. Pyrc, M. Rosińska, A. Rychard, T. Smiatacz, *Zrozumieć COVID-19. Opracowanie Zespołu ds. COVID-19 przy Prezesie Polskiej Akademii Nauk*, Warszawa 2020; J.J. Parysek, L. Mierzejewska, *Spatio-temporal analysis of the development of the COVID-19 epidemic (pandemic) in Poland: First phase of development*, «Geographia Polonica» 2021, vol. 94 (3), s. 325–354; A. Stach, *Temporal variation of spatial autocorrelation of COVID-19 cases identified in Poland during the year from the beginning of the pandemic*, «Geographia Polonica» 2021, vol. 94 (3), s. 355–380; P. Śleszyński, *Stages of spatial dispersion of the COVID-19 epidemic in Poland in the first six months (4 March–20 September, 2020)*, «Geographia Polonica» 2021a, vol. 94 (3), s. 305–324.

⁵ R. Krzysztofik, I. Kantor-Pietraga, T. Spórna, *Spatial and functional dimensions of the COVID-19 epidemic in Poland*, «Eurasian Geography and Economics» 2021, vol. 61 (4–5), s. 573–586.

Natomiast nie ukazały się jeszcze badania, w których by prześledzono cały okres epidemii w szczegółowej dezagregacji gmin (poza opracowaniem wykonanym dla potrzeb Komitetu Nauk Demograficznych PAN⁶).

Na tym tle głównym celem artykułu jest próba uporządkowania wiedzy i ustalenie podstawowych prawidłowości czasowo-przestrzennych rozprzestrzeniania się koronawirusa SARS-CoV-2 w Polsce dwuletnim okresie, tj. od stwierdzenia pierwszych przypadków w marcu 2020 r. do marca 2022 r. W szczególności badane było:

- jaka była dynamika czasoprzestrzenna zakażeń?
- czy rozprzestrzenianie się koronawirusa SARS-CoV-2 miało regularny bądź nieregularny charakter w przestrzeni Polski?
- które cechy struktury społeczno-gospodarczej przestrzeni Polski mogły sprzyjać bądź hamować rozwojowi pandemii?

Źródła danych i metody badań

Przez kilka miesięcy od wybuchu pandemii jedynym dostępnym publicznie zbiorem danych w podziale dokładniejszym od województwa były informacje gromadzone przez zespół M. Rogalskiego⁷ w każdym dniu pandemii w układzie powiatów (w kilku przypadkach były to połączone powiaty grodzkie i ziemskie). Od 24 listopada 2020 r. dane w podobnym układzie są udostępniane przez stronę internetową Ministerstwa Zdrowia (i archiwizowane przez wspomniany zespół M. Rogalskiego), a ponadto udostępniane w układzie gminnym przez Ministerstwo Zdrowia za cały okres (tj. od 7 marca 2020 r.). W niniejszym opracowaniu bazowano na najnowszym i najlepiej zweryfikowanym zbiorze ministerialnym, liczącym za okres od 7 marca 2020 do 16 marca 2022 roku 5238,8 zarejestrowanych przypadków, tj. 89,5% ich sumarycznej liczby. Dane te są gorszej jakości przed 24 listopada 2020 r., jednak przedział ten z punktu widzenia całości pandemii COVID-19 ma mały udział w całości zakażeń (około 15%).

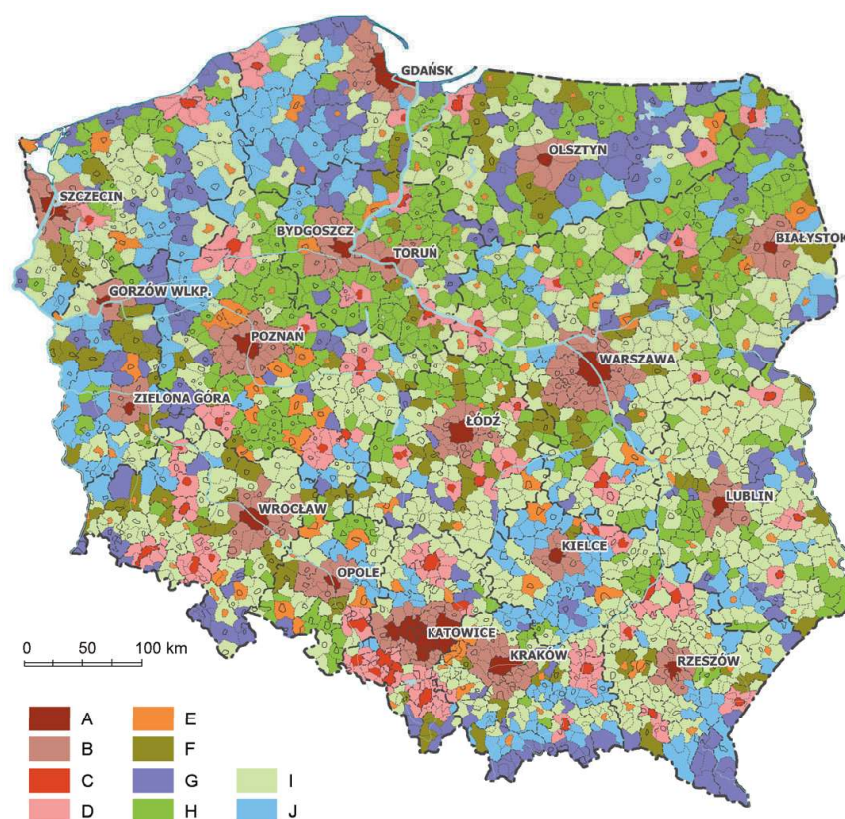
W analizach posługiwano się metodą kartograficzną (kartogram) oraz podstawowymi narzędziami statystycznymi, jak np. analiza korelacji.

⁶ P. Śleszyński, *Struktura przestrzenna i dynamika w czasie zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w Polsce (marzec 2020–czerwiec 2021)*, ekspertyza wykonana dla Komitetu Nauk Demograficznych PAN, Warszawa 2021b, maszynopis, 11 s.

⁷ M. Rogalski, *Internetowa baza danych o zakażeniach COVID według województw i powiatów, aktualizowana codziennie*, <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ierEhD6gcq51HAM433knjnVwey4ZE5DCnu1bW7PRG3E/edit?usp=sharing> (7.05.2022).

W analizach geograficznych (terytorialnych) posługiwano się podziałem na 10 kategorii gmin, wyznaczonych na podstawie hierarchii administracyjno-funkcjonalnej miast oraz profilu gospodarczego (ryc. 1). Klasyfikacja ta została opracowana specjalnie dla potrzeb analizowania procesów społeczno-gospodarczych i monitoringu planowania przestrzennego⁸.

Ryc. 1. Klasyfikacja funkcjonalna gmin Polski



Oznaczenia skrótów: A – rdzenie miejskich obszarów funkcjonalnych stolic województw (w województwie pomorskim typ A obejmuje Gdańsk, Gdynię i Sopot, tj. Trójmiasto, a w śląskim – 14 miast powiatowych grodzkich konurbacji katowickiej, tj. oprócz Katowic, są to Bytom, Chorzów, Dąbrowa Górnicza, Jaworzno, Gliwice, Mysłowice, Piekary Śląskie, Ruda Śląska, Siemianowice Śląskie, Sosnowiec, Świętochłowice, Tychy i Zabrze); B – strefy zewnętrzne miejskich obszarów funkcjonalnych stolic województw; C – rdzenie miejskich obszarów funkcjonalnych miast subregionalnych; D – strefy zewnętrzne miejskich obszarów funkcjonalnych miast subregionalnych; E – miasta-ośrodki wielofunkcyjne; F – gminy z rozwiniętą funkcją transportową; G – gminy o innych rozwiniętych funkcjach pozarolniczych (turystyka oraz funkcje wielkopowierzchniowe, w tym przemysł wydobywczy); H – gminy z intensywnie rozwiniętą funkcją rolniczą; I – gminy z umiarkowanie rozwiniętą funkcją rolniczą; J – gminy ekstensywnie zagospodarowane (funkcje leśne, ochrony przyrody).

Źródło: P. Śleszyński, T. Komornicki, *Klasyfikacja funkcjonalna gmin...*, s. 469–488.

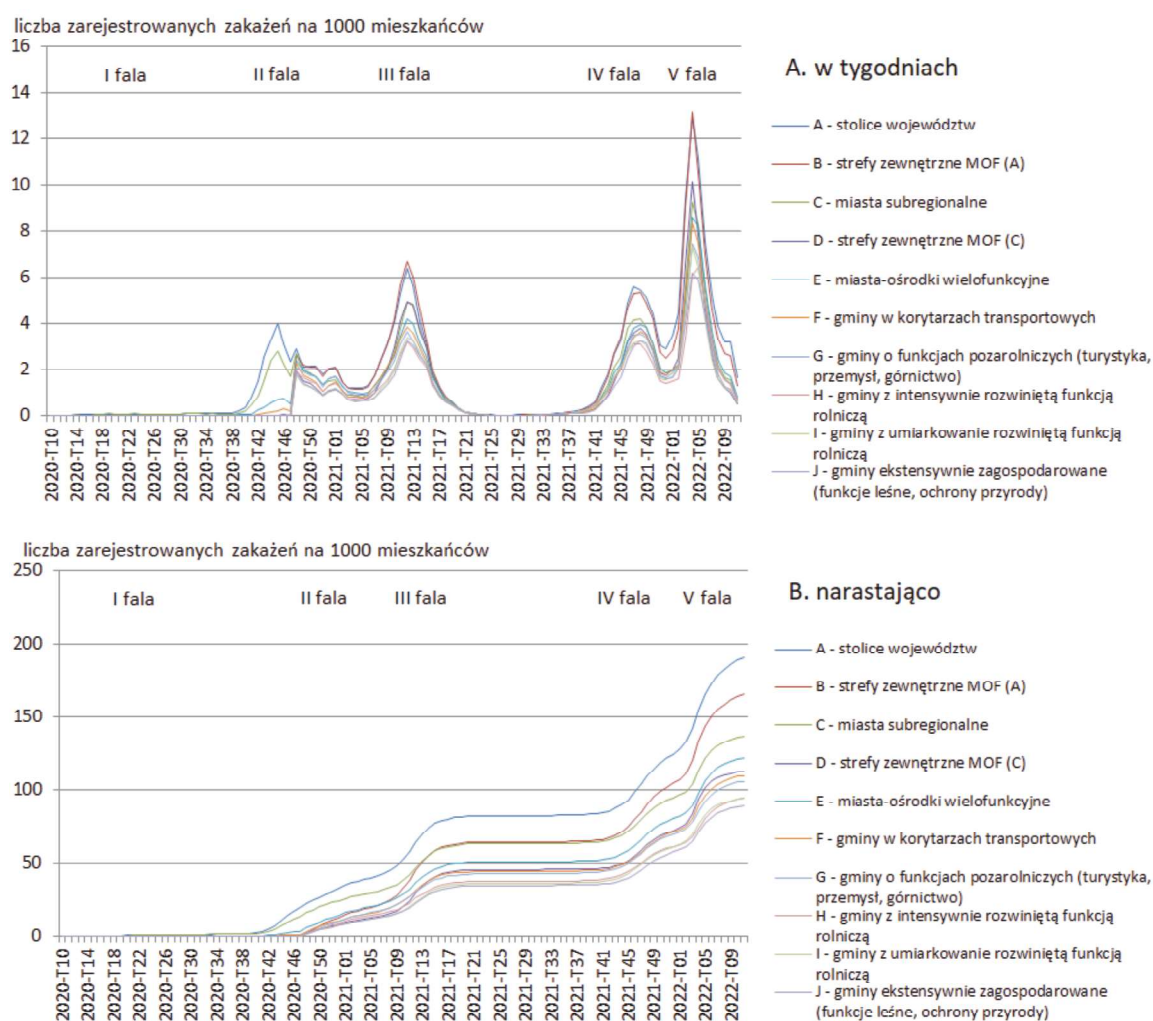
⁸ P. Śleszyński, T. Komornicki, *Klasyfikacja funkcjonalna gmin Polski na potrzeby monitoringu planowania przestrzennego*, «Przegląd Geograficzny» 2016, vol. 88 (4), s. 469–488.

Trzeba podkreślić, że dane o zakażeniach z pewnością nie obejmują wszystkich faktycznych zakażeń. Liczba stwierdzanych przypadków, to zwłaszcza w szczytowych momentach poszczególnych fal epidemii jedynie pochodna liczby wykonanych testów i kondycji zdrowotnej osób zakażonych (pewna część przypadków była bezobjawowa).

Stopień nasycenia zakażeniami

W ciągu dwóch lat pandemii w Polsce nastąpiło po sobie pięć tzw. fal zakażeń (ryc. 2). Występowały one w okresach jesienno-zimowych i zimowo-wiosennych, w tym przejście z czwartej fali (jesień/zima 2021)

Ryc. 2. Natężenie wykrytych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 podczas pięciu fal epidemii (III 2020–III 2022) według kategorii gmin



Źródło: na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia (Departament Analiz i Strategii).

do piątej (zima/wiosna 2022) odbyło się dość płynnie. Każda z nich wystąpiła z różną intensywnością. Pierwsza fala (wiosna 2020 r.) na tle innych państw europejskich była słaba (zarówno pod względem zakaźności, jak i zgonów), druga (jesień/zima 2020) wybuchła z dość dużą intensywnością (i przy pewnym zaskoczeniu społecznym) oraz wyróżniała się na tle innych krajów bardzo wysoką umieralnością. Kolejne – trzecia i czwarta również charakteryzowały się wysokim natężeniem zgonów, a fala piąta (zima/wiosna 2022) niższą umieralnością przy bardzo wysokiej stopie zakażeń, co wynikało z ewolucji i słabnięcia niekorzystnego wpływu koronawirusa. Podstawowe charakterystyki dla różnych okresów i krajów można znaleźć na stronach Europejskiego Centrum ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób (<https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/situation-updates/weekly-maps-coordinated-restriction-free-movement>).

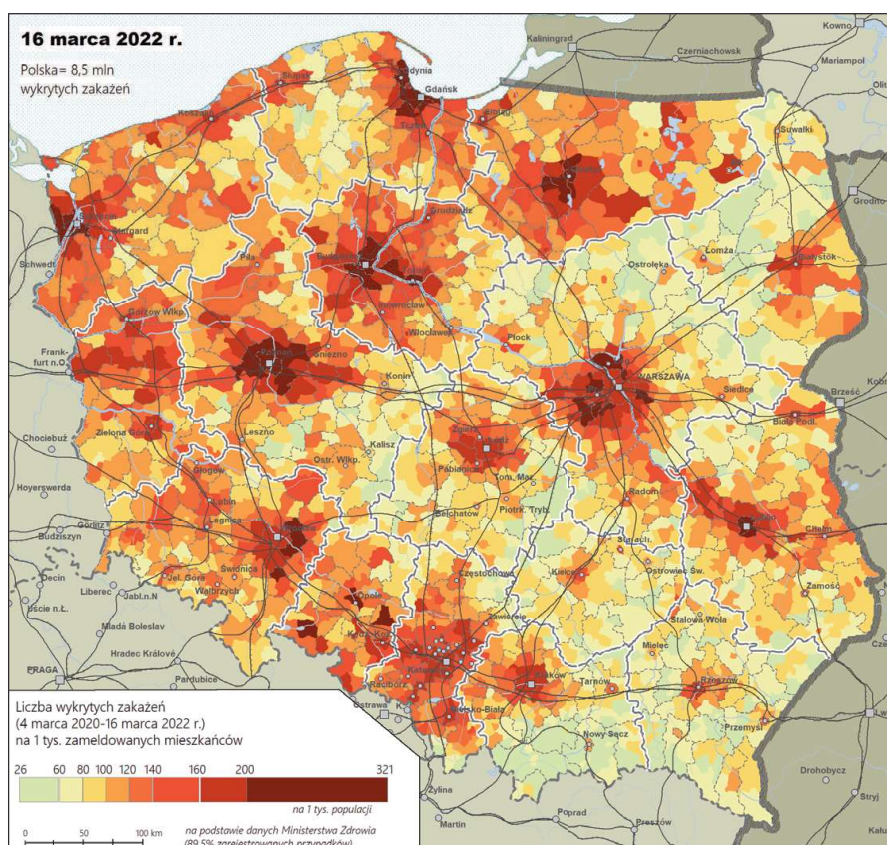
Dane na ryc. 2 zdezagregowane według kategorii gmin pokazują, że najwięcej zarejestrowanych zakażeń odnotowano w największych miastach (stolicach województw), a następnie w ich strefach podmiejskich. Jest to obraz logiczny, związany z największą gęstością zaludnienia, miejsc pracy i intensywnością kontaktów międzyludzkich. W marcu 2022 r. w kategoriach tych notowano przeciętnie 165–191 zakażeń w przeliczeniu na 1000 mieszkańców. Na drugim końcu znalazły się typowe gminy wiejskie (kategorie H–J), w których wskaźniki te były dwukrotnie niższe (89–95 zarejestrowanych zakażeń na 1000 mieszkańców). Tak duże różnice nie muszą jednak wynikać jedynie z gęstości sieci społecznej, ale z przeszacowania ludności w regionach peryferyjnych (prawdopodobnie o 10–20%), niedoszacowania stref podmiejskich (prawdopodobnie o około 20%) oraz różnic w podejściu do testowania ludności w aglomeracjach miejskich względem typowej wsi (różna świadomość społeczna).

Silne różnice występują, gdy zarejestrowane zakażenia przedstawi się na mapie według gmin (ryc. 3). W przeliczeniu na populację mniej zakażeń wystąpiło generalnie na obszarze byłego Królestwa Kongresowego i Galicji (poza aglomeracjami Białegostoku, Lublina, Krakowa i Rzeszowa, a także obszarów położonych bliżej granicy białoruskiej i ukraińskiej). Różnice między obszarami np. Podhala i Łomżyńszczyzny w stosunku do aglomeracji Warszawy, Poznania czy Wrocławia są mniej więcej pięciokrotne, a skrajnie – dziesięciokrotne.

W części aglomeracji nasycenie jest tak wysokie (powyżej 200 stwierdzonych przypadków na 1000 mieszkańców), że można sądzić o wystą-

pieniu cech odporności populacyjnej (skądinąd wiadomo, że znaczna część populacji zakażenie SARS-CoV-2 przechodzi bezobjawowo lub skąpoobjawowo). Dotyczy to w zasadzie wszystkich 18 stolic województw, poza Kielcami i Zieloną Górą.

Ryc. 3. Natężenie wykrytych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 do 16 marca 2022 r. według gmin



Źródło: na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia (Departament Analiz i Strategii).

Generalnie w każdym z województw powiela się układ, w którym większe nasycenie zakażeń obejmuje stolicę regionu, a mniejsze jego peryferia. Przy tym różnice pomiędzy najsilniej (MOF wojewódzkie – kategorie gmin A i B) a najsłabiej (gminy wiejskie w kategoriach HGIJ) zurbanizowaną grupą gmin są różne w poszczególnych województwach (tabela 1). W sześciu województwach (małopolskie, mazowieckie, podkarpackie, podlaskie, warmińsko-mazurskie i wielkopolskie) różnica była ponad dwukrotna. Przy średniej dla Polski w wysokości 137 zakażeń na 1000 mieszkańców, znacznie wyższe wartości odnotowano m.in. w woj. kujawsko-pomorskim (160), zachodniopomorskim (157), pomorskim (150) i mazowieckim (151), a znacznie niższe – w woj. podkarpackim (95) i świętokrzyskim (100).

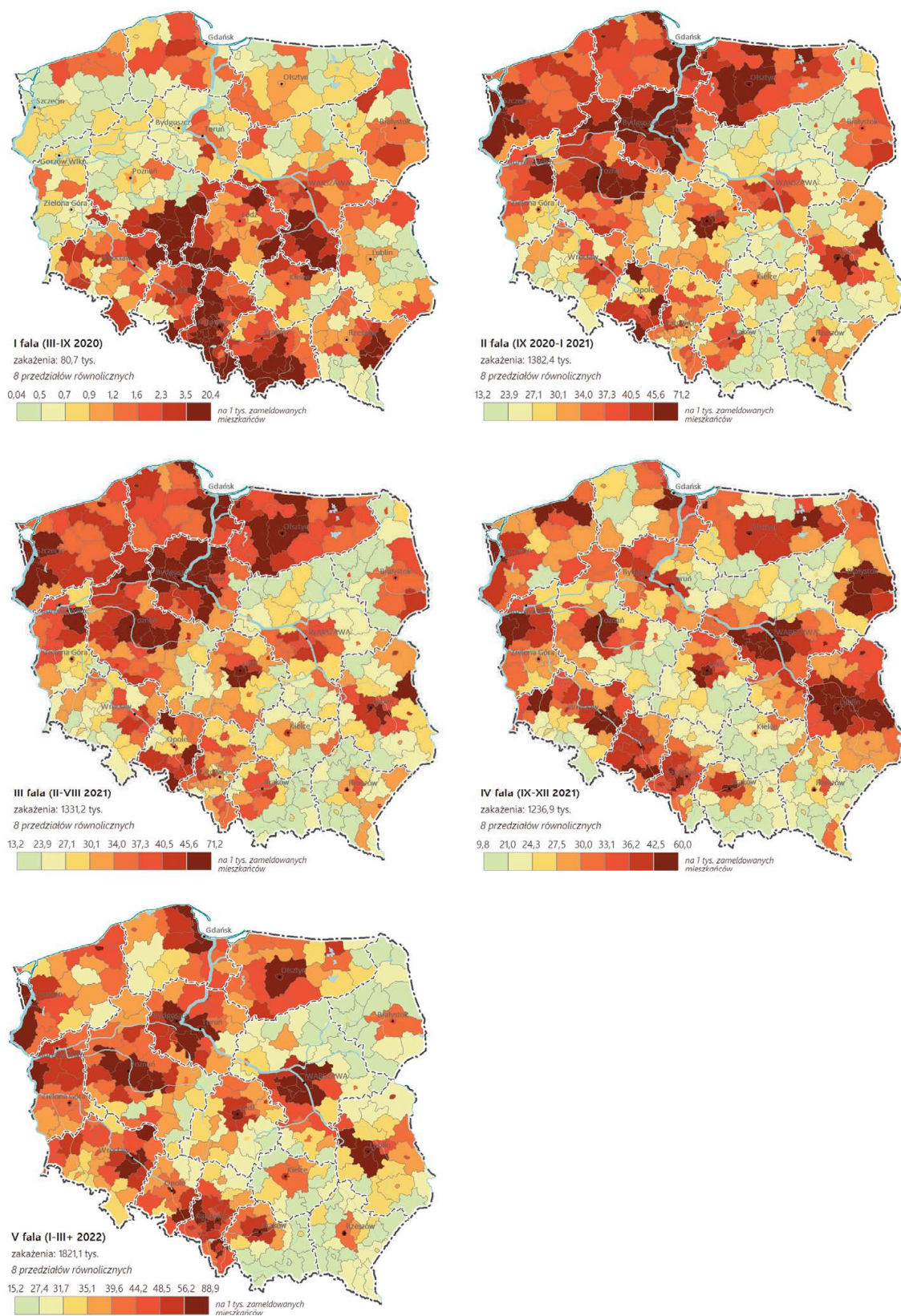
Tabela 1. Natężenie zarejestrowanych zakażeń SARS-CoV-2 według województw i kategorii funkcjonalnych gmin do 16 marca 2022 r.

Województwo	AB (miasta wojewódzkie i ich strefy podmiejskie)	CD (miasta subregionalne i ich strefy podmiejskie)	EFG (mniejsze miasta i gminy urbanizujące się)	HIJ (typowe gminy wiejskie, w tym z małymi miasteczkami)	Ogółem
Dolnośląskie	188	127	109	112	139
Kujawsko-pomorskie	210	150	128	118	160
Lubelskie	187	141	123	94	129
Lubuskie	160	–	134	111	136
Łódzkie	166	108	100	86	124
Małopolskie	176	98	87	74	117
Mazowieckie	189	126	111	89	151
Opolskie	165	155	163	110	144
Podkarpackie	151	104	82	72	95
Podlaskie	158	121	99	73	114
Pomorskie	190	156	114	104	154
Śląskie	162	140	111	101	147
Świętokrzyskie	135	118	91	77	100
Warmińsko-mazurskie	230	143	141	114	148
Wielkopolskie	213	114	127	96	138
Zachodniopomorskie	212	164	131	108	157
Polska ogółem	182	128	115	93	137

Źródło: na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia (Departament Analiz i Strategii).

Rozwój zakażeń podczas poszczególnych fal był różny w poszczególnych częściach kraju (ryc. 4). W tzw. pierwszej fali (III–IX 2020) poziom zakażeń był jeszcze stosunkowo niski, a przypadki stwierdzano przede wszystkim w południowej części Polski (południowa Wielkopolska, rejon Radomia, Górny Śląsk, województwo małopolskie i in.). Od drugiej fali (IX 2020–I 2021) notuje się wyraźne przesunięcie ciężaru zakażeń na północy kraju (województwa kujawsko-pomorskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie. W kolejnych falach (trzecia, czwarta i piąta) układ ten był mniej więcej zachowany, przy czym w trzeciej fali (II–VIII 2021) stosunkowo więcej zakażeń było w pasie m.in. pomiędzy Wrocławiem i Krakowem oraz w aglomeracjach warszawskiej i lubelskiej, w czwartej (IX–XII 2021) – jeszcze wyraźniej na

Ryc. 4. Natężenie rejestrowanych zakażeń podczas pięciu fal według powiatów



Źródło: do 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2022, dz. cyt.), od 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia (Departament Analiz i Strategii).

tych samych obszarach, co w fali trzeciej (oraz dodatkowo w aglomeracji łódzkiej), a w piątej – silniej zaznaczały się duże aglomeracje.

W każdej z fal występowały bardzo duże różnice pomiędzy powiatami. Największe były podczas pierwszej, gdy odchylenie standardowe liczby stwierdzanych zakażeń w przeliczeniu na 1000 mieszkańców wyniosło 2,4, ale miało to miejsce w warunkach stosunkowo niskiej liczby rejestrowanych przypadków (81 tys.). W kolejnych falach liczby zakażeń były bardziej zbliżone do siebie. Odchylenie standardowe w drugiej fali wyniosło 9,3, w trzeciej – 9,8, w czwartej – 8,6, a w piątej – 13,1. Dane w tabeli 2 pokazują, że wśród 10 powiatów z największą liczbą stwierdzonych zakażeń w stosunku do populacji stwierdzono bez wyjątku albo w dużych miastach (Bydgoszcz, Olsztyn, Poznań, Szczecin, Toruń), albo w powiatach ziemskich, okalających tego typu miasta.

Tabela 2. Powiaty z największą i najmniejszą liczbą rejestrowanych zakażeń w stosunku do zameldowanej liczby mieszkańców w okresie 4 marca 2020–16 marca 2022

Nazwa	Liczba stwierdzonych zakażeń (tys.)	Liczba stwierdzonych zakażeń na 1000 mieszkańców
10 powiatów o największym natężeniu		
Poznański	101,3	249
Olsztyn	40,6	237
Poznań	125,7	236
Policki	18,8	231
Bydgoszcz	77,6	226
Bydgoski	26,9	224
Szczecin	87,4	219
Wrocławski	33,6	215
Legionowski	25,7	214
Toruń	42,4	213
10 powiatów o najmniejszym natężeniu		
Kolski	7,0	82
Grajewski	3,8	82
Brzozowski	5,3	81
Nowosądecki	17,6	81
Ostrołęcki	7,1	81
Kolbuszowski	4,9	79
Limanowski	10,2	77
Ropczycko-sędziszowski	5,7	76
Nowotarski	12,8	67
Opoczyński	4,6	61

Źródło: do 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2022, tamże), od 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia (Departament Analiz i Strategii).

Charakterystyczne cechy czasoprzestrzenne

W kolejnym etapie obliczono koncentrację wykrywanych zakażeń. Do tego celu wykorzystano wskaźnik Herfindahla-Hirschmana (HHI)⁹, dla którego obliczono cząstkowe udziały 380 powiatów w liczbie zakażeń w poszczególnych 107 tygodniach pandemii (III 2020–III 2022). Wyniki przedstawiono na ryc. 5.

Ryc. 5. Wskaźnik Herfindahla-Hirschmana (HHI) obrazujący stężenie wykrytych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w kolejnych tygodniach (III 2020–III 2022); skala logarytmiczna)



Źródło: do 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2022, tamże), od 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia (Departament Analiz i Strategii).

Od pierwszego stwierdzonego przypadku w Polsce (4 marca 2020 r.), wraz z rozprzestrzenianiem się zjawiska wskaźnik koncentracji szybko spadał do około 18. tygodnia 2020 r. (kwiecień/maj 2020 r.). W miesiącach wakacyjnych wraz z wygaszaniem epidemii notowano nawet okresowe wzrosty, po czym od około 37. tygodnia (początek września) następował spadek wartości HHI, świadczący (wyprzedzająco) o narastającej kolejnej fali. W okolicach 48. tygodnia 2020 r. wyraźny jest silny spadek, który jest jedynie statystyczny, bowiem pokazuje zmianę źródła danych, tj. upublicznienie po wielu miesiącach od początku pandemii, państwowego rejestru zakażeń (pierwotnie taki system powstał jeszcze w kwietniu 2020 r. w Narodowym Instytucie Kardiologii – PIB, ale był nieefektywny z powodu licznych błędów we wprowadzaniu danych z powiatowych stacji sanitarno-epidemiologicznych).

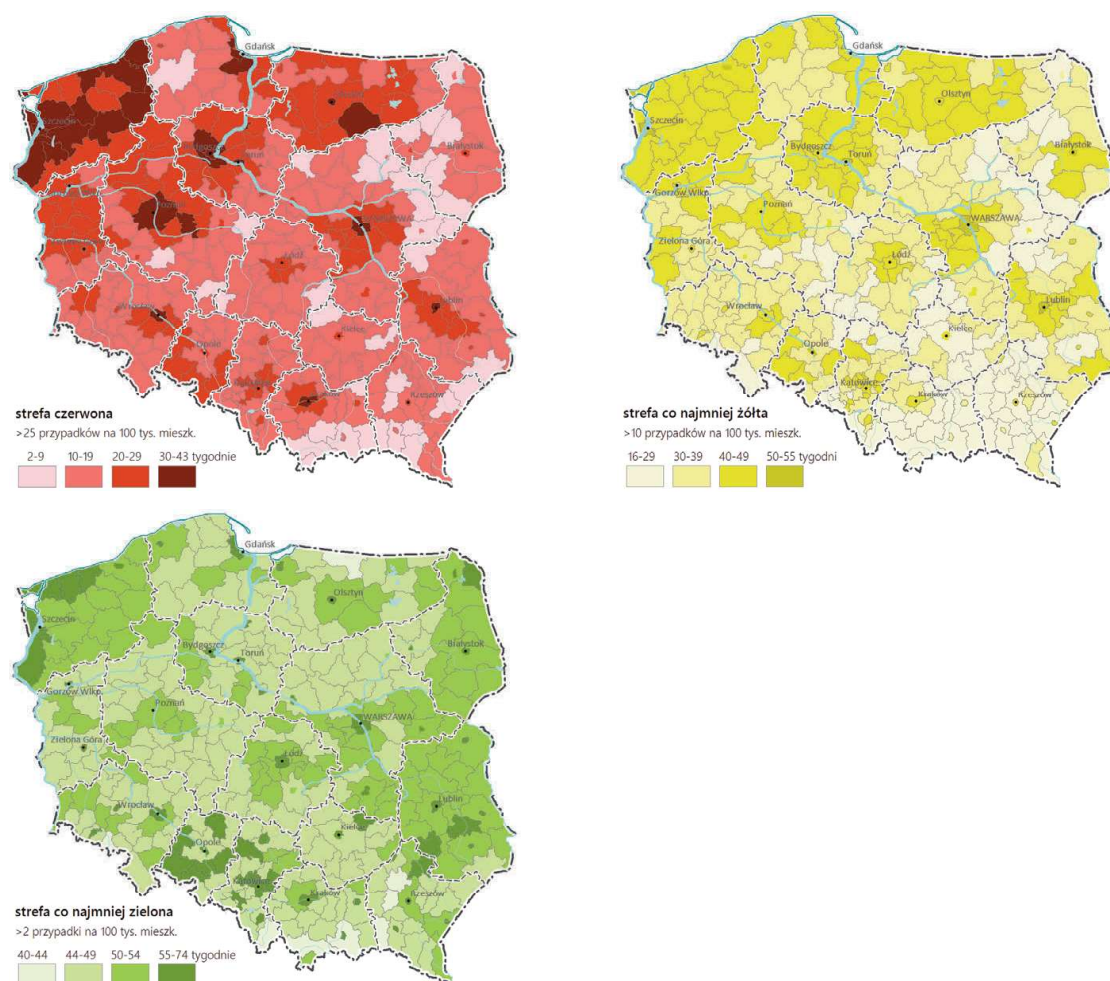
Widać też, że od około 20. tygodnia 2021 r. (maj) wskaźnik wzrasta, co przypada na początek sezonu późnej wiosny i lata, co podobnie jak

⁹ Wskaźnik jest miarą koncentracji i wyraża się sumą kwadratów udziałów podzbiorów w całym zbiorze. Zawiera się w przedziale od 0 (doskonała równomierność) do 1 (całkowita koncentracja w 1 podzbiorze). W przypadku konkurencji doskonałej, do 1 w przypadku monopolu. W tym konkretnym przypadku jest sumą kwadratów udziałów wykrytych zakażeń w powiatach.

przy pierwszej fali, zbiega się z okresem wygaszania patogenu i mniejszego ryzyka zakażenia. W późniejszych okresach (III–V fala) wskaźnik HHI waha się w granicach 0,01–0,02. W sumie dane świadczą, że rozwój epidemii w Polsce w pierwszym okresie następował poprzez duże ogniska, a od II fali mamy do czynienia w zasadzie z powszechnym występowaniem i brakiem większego wygaszania nawet w części powiatów. Koronawirus między poszczególnymi falami zachowywał się jak „uśpiony” w społecznościach lokalnych, by wraz z nadejściem sezonu jesienno-zimowego uaktywniać się na większą skalę.

Powyższe wnioski potwierdza jeszcze jedna analiza, w której obliczono czas pozostawania poszczególnych powiatów w określonej sytuacji epidemiologicznej, rozumianej jako przekroczenie określonych wartości brzegowych występowania rejestrowanych przypadków zakażeń w stosunku do liczby ludności (ryc. 6). Analiza ta pokazuje dodatkowo regiony

Ryc. 6. Długość występowania sytuacji epidemicznej z przekroczeniem określonych wartości stwierdzanych zakażeń na 100 tys. populacji według powiatów



Źródło: do 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2022, tamże), od 24 listopada 2020 r. – na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia (Departament Analiz i Strategii).

o szczególnie wysokim poziomie zakażeń. W przypadku przekroczenia 25 zakażeń na 100 tys. mieszkańców na czoło wysuwa się Pomorze Zachodnie, na którym taki stan utrzymywał się przez około 1/3 czasu całej pandemii (tj. do połowy marca 2022 r.). Mniejsze, ale liczebnie demograficznie regiony, to także aglomeracja poznańska, trójmiejska oraz bydgosko-toruńska, a także duże miasta, m.in. Kraków, Lublin i Wrocław.

Związki z cechami struktury społeczno-ekonomicznej

Biorąc pod uwagę znane z literatury czynniki sprzyjające rozwojowi epidemii chorób zakaźnych, na początku pandemii COVID-19 w Polsce podjęto próbę sformułowania czynników sprzyjających i ograniczających zakażenia¹⁰:

- a. sprzyjające rozprzestrzenianiu się wirusa lub stanowiące jego szczególne zagrożenie:
 - a1. kilka dużych koncentracji ludności o najwyższej gęstości zaludnienia, w których występuje wysoka intensywność dojazdów do pracy. Są to obszary w różnych częściach konurbacji górnośląskiej i rybnickiej, a także aglomeracji warszawskiej, trójmiejskiej, krakowskiej, wrocławskiej, szczecińskiej i poznańskiej. Według danych zestawionych w innym opracowaniu¹¹, w wielu miastach w Polsce gęstość zaludnienia przekracza 3 tys. osób na 1 km², np. w Chorzowie, Knurowie, Kraśniku, Policach, Pyskowicach, i Warszawie jest to powyżej 15% populacji;
 - a2. wysoki odsetek ludności starszej w centrach miast dużych i średnich, a także na obszarach wiejskich, np. północno-wschodniej części kraju. W centrach niektórych największych miast (Warszawa, Łódź, Kraków) odsetek ludności w wieku 60 i więcej lat przekracza nawet 30%;
 - a3. duży udział wielorodzinnej zabudowy blokowej w miastach średnich i dużych o rozwiązaniach urbanistycznych i architektonicznych niesprzyjających zachowaniu przestrzennego dystansu społecznego;

¹⁰ P. Śleszyński, M. Nowak, M. Blaszkę, *Spatial policy in cities during the Covid-19 pandemic in Poland*, «TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment» 2020, vol. 3, s. 427–444.

¹¹ P. Śleszyński, *Osadnicze i demograficzno-przestrzenne uwarunkowania bezpieczeństwa powszechnego Polski*, [w:] M. Zalewski (red.), *Analizy strategiczne Florian 2050*, t. 1, Warszawa 2019, s. 14–32.

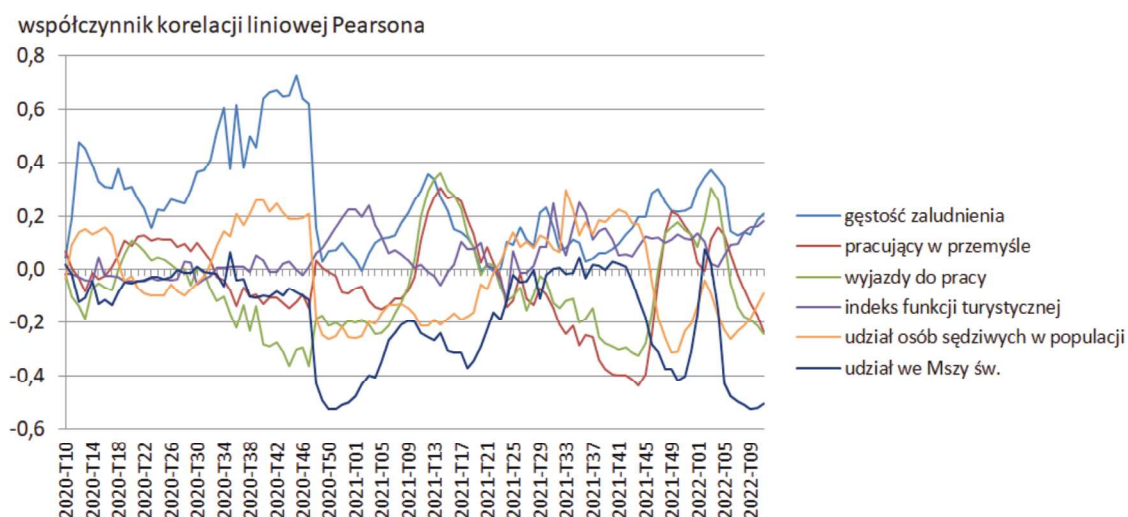
- a4. istnienie społecznych obszarów problemowych, o słabym kapitale ludzkim, świadomości epidemiologicznej i stosunku do obostrzeń, na co w przypadku konurbacji katowickiej i rybnickiej identyfikuje się jako powód szczególnie intensywnego rozprzestrzeniania się wirusa¹².
- b. niesprzyjające rozprzestrzenianiu się (ekspansji, dyfuzji) wirusa:
 - b1. umiarkowana gęstość zaludnienia na większości terytorium kraju, związana z istnieniem dużych obszarów pojeziernych, leśnych itp.;
 - b2. stosunkowo niski, jak na kraje rozwinięte, rozwój procesów urbanizacji (wynikający z tzw. „opóźnienia urbanizacyjnego”), co skutkuje dużym udziałem wsi w zaludnieniu (w niektórych regionach Polski ludność zamieszkała na wsi stanowi ponad 70% populacji);
 - b3. tendencja do rozpraszania zabudowy, obserwowana zwłaszcza w związku z procesami suburbanizacji w strefach podmiejskich miast różnej wielkości, skutkująca osłabieniem potencjalnych relacji międzyludzkich, ale wzrostem mobilności;
 - b4. duża gęstość sieci rzecznej i generalnie niedobór mostów na większych rzekach. Było to dobrze widoczne podczas ekspansji zakażeń późną wiosną na południowym Podlasiu, gdy barierę stanowił Bug pomiędzy silniej zakażonym powiatem bielskim, a np. łosickim, a także np. na linii Wisły;
 - b5. niższa na tle krajów wysokorozwiniętych mobilność przestrzenna.

Po dwóch latach epidemii wszystkie te hipotezy warto dogłębnie zweryfikować, co jest zadaniem na wiele odrębnych opracowań i znacznie wykraczającym poza zakres objętościowy niniejszego studium. Można jedynie wskazywać, że wstępnie okazuje się, że duże zagęszczenie ludności w największych zespołach miejskich sprzyjało ekspansji zakażeń (hipoteza a1), nie potwierdziła się hipoteza b1 (na obszarach wiejskich znacznie więcej było zakażeń dokładnie na pojezierzach – na mapie zakażeń według gmin obszar niskiej i wysokiej zapadalności biegnie wręcz niemal zgodnie po linii vistulianu), podobnie jak b3 (rozproszenie zabudowy podmiejskiej). W pozostałych przypadkach brak jest niemal jakichkolwiek sugestii i nawet wstępnych analiz, a w przypadku części hipotez (a2, a3) na przeszkodzie stanie zapewne brak danych w dezagregacji wewnątrzmięjskiej i wewnątrzgminnej. Ponieważ zrozumienie mechanizmów rozprzestrzeniania się wirusa jest kluczowe dla ochrony ludności przed chorobą, powinno być to jednak przedmiotem wyczerpujących analiz w dużej szczegółowości przestrzennej.

¹² R. Krzysztofik, I. Kantor-Pietraga, T. Spórna, *Spatial and functional dimensions...*

Jednym ze sposobów badania (weryfikacji), czy dwie zmienne są ze sobą istotnie statystycznie powiązane, jest analiza korelacji pomiędzy nimi. Na tej podstawie, przyjmując różnego rodzaju założenia, dąży się do wyjaśnienia związków przyczynowo-skutkowych. W przypadku niniejszego artykułu bada się, czy istotny statystycznie jest wpływ różnych czynników na rozwój liczby zakażeń i podatność populacji na zakażenie. Mogłoby to, z pewnym prawdopodobieństwem, potwierdzać lub zaprzeczać wpływowi różnych czynników, a tym wskazywać na potrzebę bardziej szczegółowych badań nad uwarunkowaniami rozprzestrzeniania się koronawirusa.

Ryc. 7. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona (r) między rejestrowanymi zakażeniami w kolejnych tygodniach na 1000 zameldowanych mieszkańców a wybranymi wskaźnikami ($n = 380$ powiatów)



Źródło: na podstawie danych Ministerstwa Zdrowia.

Na ryc. 7 przedstawiono odpowiednią analizę, w której liczbę zakażeń na 1000 populacji w poszczególnych tygodniach skorelowano z sześcioma wybranymi czynnikami: gęstością zaludnienia, pracującymi w przemyśle, dojazdami do pracy, indeksem funkcji turystycznej (natężeniem miejsc noclegowych), udziałem osób sędziwych w populacji (80+) oraz udziałem we Mszy Świętej (wskaźnik dominantes). Okazuje się, że rola tych czynników mogła mieć różny wpływ w czasie pandemii, w tym:

- wpływ gęstości zaludnienia był istotny tylko do końca 2020 r., potem raczej słabł i tylko w okresie zimy 2021/2022 ponownie wskaźnik korelacji wzrastał do poziomu prawie 0,4;
- czynnik pracujących w przemyśle był raczej mało istotny w całym okresie poza wiosną 2021 r. (od około 9. do 17. tygodnia 2021), w tym

- najwyższy współczynnik korelacji $r = 0,39$ odnotowano w 14. tygodniu 2021 r. (6–12 kwietnia);
- dojazdy do pracy korelowały dość podobnie jak w przypadku pracujących w przemyśle;
 - funkcja turystyczna była pozytywnie skorelowana jedynie w styczniu 2021 r. i na początku lata 2021, ale bez wyższych wartości r , który osiągnął maksymalnie $+0,18$ (3. tydzień 2021);
 - udział najstarszej części populacji mógł mieć słaby wpływ (maksymalne korelacje około $+0,2$) jesienią i zimą 2020 r., a w niektórych okresach było to nawet skorelowane ujemnie (i także przy niskich wartościach);
 - udział we Mszy Świętej korelował niemal zawsze ujemnie, w tym zwłaszcza w końcówkach roku, co szczególnie trudno wytłumaczyć z powodu świąt Bożego Narodzenia.

Wnioski

Powyższa analiza na podstawie różnych danych (zarówno zespołu M. Rogalskiego, jak też Ministerstwa Zdrowia) pozwala na wyciągnięcie kilku wniosków, dotyczących rozprzestrzeniania się zarazy w Polsce. Trzeba jednak podkreślić ostrożność w wyciąganiu tych wniosków, jako że liczba faktycznej liczby zakażeń jest z pewnością wyższa od „oficjalnej” oraz istnieje prawdopodobieństwo, że wykrywalność zakażeń ma błąd systematyczny związany z różnymi populacjami. Prawdopodobnie wykrywalność ta jest wyższa w dużych miastach, nie tylko z powodu wyższej świadomości zdrowotnej, ale także z powodu dostępności testów.

Najważniejszym wnioskiem „geograficznym” jest stwierdzenie, że dosyć silna koncentracja zakażeń na obszarze północnej części kraju, a także w aglomeracjach. Natomiast pokazane przykładowe korelacje wskazują, że rozprzestrzenienie się koronawirusa w Polsce nie da się całkowicie wyjaśnić tradycyjnymi, „klasycznymi” czynnikami związanymi z koncentracją ludności i mobilnością.

Wysoka koncentracja geograficzna występowała zwłaszcza w pierwszych kilku miesiącach epidemii podczas tzw. pierwszej fali. Wówczas na dużej powierzchni kraju nie doszło do masowych zakażeń. Jest to pozytywny wniosek, bo świadczy o celowości i skuteczności wczesnego ograniczenia kontaktów społecznych przez władze poprzez tzw. *lockdown*. Natomiast od jesieni 2020 r. zakażenia miały już coraz bardziej egalitarny charakter, zwłaszcza w szczycie wiosennym 2021 i kolejnych. Nastąpiło geograficzne „odwrócenie” wysokiego natężenia zarazy w kierunku północnej Polski.

Zaprezentowany materiał może dostarczyć wielu innych wniosków, ale by je wiarygodnie formułować, potrzeba kolejnych bardziej wyczerpujących analiz, związanych z technikami np. Systemów Informacji Geograficznej, autokorelacji przestrzennej i in. W niniejszym artykule zasugerowano niektóre uwarunkowania i charakterystyczne cechy rozprzestrzeniania się wirusa oraz zarysowano kierunki potencjalnych prac badawczych.

Bibliografia

- Duszyński J., Afelt A., Ochab-Marcinek A., Owczuk R., Pyrć K., Rosińska M., Rychard A., Smiatacz T., *Zrozumieć COVID-19. Opracowanie Zespołu ds. COVID-19 przy Prezesie Polskiej Akademii Nauk*, Warszawa 2020.
- Krzysztofik R., Kantor-Pietraga I., Spórna T., *Spatial and functional dimensions of the COVID-19 epidemic in Poland*, «Eurasian Geography and Economics» 2021, vol. 61 (4–5).
- Panum P.L., *Measels in the Faroe Islands*, «Virchows Archiv für Pathologie und Medizin» 1846, vol. 1.
- Parysek J.J., Mierzejewska L., *Spatio-temporal analysis of the development of the COVID-19 epidemic (pandemic) in Poland: First phase of development*, «Geographia Polonica» 2021, vol. 94 (3).
- Rogalski M., *Internetowa baza danych o zakażeniach COVID według województw i powiatów, aktualizowana codziennie*, <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ierEhD6gcq51HAM433knjVwey4ZE5DCnu1bW7PRG3E/edit?usp=sharing> (7.05.2022).
- Sattenspiel L., Lloyd A., *The Geographic Spread of Infectious Diseases: Models and Applications*, New York 2009.
- Stach A., *Temporal variation of spatial autocorrelation of COVID-19 cases identified in Poland during the year from the beginning of the pandemic*, «Geographia Polonica» 2021, vol. 94 (3).
- Śleszyński P., *Osadnicze i demograficzno-przestrzenne uwarunkowania bezpieczeństwa powszechnego Polski*, [w:] M. Zalewski (red.), *Analizy strategiczne Florian 2050*, t. 1, Warszawa 2019.
- Śleszyński P., *Prawidłowości przebiegu dyfuzji przestrzennej rejestrowanych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w Polsce w pierwszych 100 dniach epidemii*, «Czasopismo Geograficzne» 2020, vol. 91 (1–2).
- Śleszyński P., *Stages of spatial dispersion of the COVID-19 epidemic in Poland in the first six months (4 March–20 September, 2020)*, «Geographia Polonica» 2021, vol. 94 (3).
- Śleszyński P., *Struktura przestrzenna i dynamika w czasie zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w Polsce (marzec 2020–czerwiec 2021)*, ekspertyza wykonana dla Komitetu Nauk Demograficznych PAN, Warszawa 2021, maszynopis.
- Śleszyński P., Komornicki T., *Klasyfikacja funkcjonalna gmin Polski na potrzeby monitoringu planowania przestrzennego*, «Przegląd Geograficzny» 2016, vol. 88 (4).
- Śleszyński P., Nowak M., Blaszkę M., *Spatial policy in cities during the Covid-19 pandemic in Poland*, «TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment» 2020, vol. 3.