

PRAWIDŁOWOŚCI PRZEBIEGU DYFUZJI PRZESTRZENNEJ REJESTROWANYCH ZAKAŻEŃ KORONAWIRUSEM SARS-COV-2 W POLSCE W PIERWSZYCH 100 DNIACH EPIDEMII

Przemysław ŚLESZYŃSKI

*Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa,
e-mail: psleszyn@twarda.pan.pl*

Śleszyński P., 2020, *Pravidłowości przebiegu dyfuzji przestrzennej rejestrowanych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w Polsce w pierwszych 100 dniach epidemii*, „Czasopismo Geograficzne”, 91(1–2): 5–19.

Streszczenie:

Artykuł przedstawia prawidłowości rozkładu przestrzennego zakażeń w czasie pierwszych stu dni od stwierdzonego wykrycia koronawirusa SARS-CoV-2 w Polsce. Posłużono się danymi dzień po dniu według powiatów zbieranymi w zespole M. Rogalskiego [2020]. Dane te agregowano do okresów tygodniowych (7 dni) i następnie poszukiwano prawidłowości rozkładu przestrzennego stosując metodę kartogramu, przesunięć szeregów czasowych, korelacji linowej między natężeniem zakażeniami w różnych okresach, krzywą koncentracji Lorentza. Wykazano m.in. że po pierwszym okresie dyfuzji, zakażenia stawały się coraz bardziej skoncentrowane przestrzennie. Na tej podstawie postawiono bardziej pogłębione hipotezy rozwoju epidemii w Polsce w przyszłości oraz wnioski praktyczne, związane z potrzebą ograniczania obostrzeń w lokalnych biegunach, a nie w całym kraju.

Słowa kluczowe: epidemia, pandemia, koronawirus, COVID, SARS-CoV-2, geografia medyczna, dyfuzja przestrzenna

Wprowadzenie: sformułowanie problemu, cele i metody badań

Pandemia koronawirusa, która rozwinęła się na świecie wiosną 2020 r., niewątpliwie ma swoje bardzo istotne uwarunkowania związane z przedmiotem badań geografii. Cechą szczególną każdej choroby zakaźnej jest bowiem jej rozprzestrzenianie się, czyli tzw. transmisja lokalna. Ponieważ koronawirus SARS-CoV-2 przenosi się między ludźmi drogą kropelkową, rozwój epidemii jest ściśle związany z modelami kontaktów społecznych. Te zaś zależą zwłaszcza od środowiska przyrodniczego (np. klimatu, orografii, hydrografii), struktury osadniczej i zagęszczenia ludności, poziomu rozwoju społecznego (higiena, świadomość epidemiologiczna), stylów życia (w tym zwłaszcza modeli mobilności społeczno-gospodarczej), a wreszcie od podejmowanych prób walki służb państwowych, samorządowych itd. z w celu ograniczenia wirusa i choroby. 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.

Rozprzestrzenianie się choroby zakaźnej jest procesem skomplikowanym i złożonym, tym niemniej nauka dostarcza wielu badań o prawidłowościach tej dyfuzji¹, co pozwala często na efektywne ograniczanie wzrostu epidemii na danym obszarze. Do podstawowych sposobów należy ograniczanie kontaktów społecznych, w tym związane z zakazem swobodnego przemieszczania się, a rozwiązania są bardzo różne w poszczególnych krajach [Kretowicz 2013]. Jeśli środki tego typu zastosowane są stosunkowo wcześniej i konsekwentnie, krzywa zakażeń w czasie staje się bardziej spłaszczona i odpowiednie służby mają więcej czasu na przygotowanie się do walki. Jednak ograniczenie działalności w dłuższym czasie grozi poważnymi stratami ekonomicznymi w wielu branżach. Dlatego kluczowe jest umiejętne wyważenie siły wprowadzanych obostrzeń w kontaktach społecznych w stosunku do realnego niebezpieczeństwa epidemiologicznego i generalnie zdrowotnego ludności.

W sukurs temu problemowi przychodzi geografia medyczna (która jeszcze przed epidemią koronawirusa była jedną z najprężniej rozwijających się na świecie dziedzin nauki, zwłaszcza w USA), w tym narzędzia związane z analizą przestrzenną dyfuzji zakażeń i zróżnicowania innych wskaźników, związanych z epidemią. Z jednej strony są to dane „wejściowe” o chorobie (zgony, wyleczenia, struktura biologiczna pacjentów itp.), a z drugiej – środowisko lokalne, identyfikowane przez takie cechy środowiska geograficznego (naturalnego i antropogenicznego), jak zwłaszcza istnienie naturalnych i sztucznych barier lub elementów ułatwiających przenoszenie zarazków. Mogą to być np. rzeki, utrudniające kontakty lub wysoka gęstość zaludnienia, z kolei sprzyjająca przenoszeniu się wirusa.

W praktyce natężenie i kierunki dyfuzji, a w ich efekcie struktura przestrzenna zakażeń, często różnią się od modeli teoretycznych. Aby ocenić zgodność rozprzestrzeniania się ze znanymi tego typu modelami teoretycznymi (np. ekologicznego modelu płatów i korytarzy, grawitacyjnego i in.) konieczne jest posiadanie szczegółowych danych o wystąpieniach zakażeń w czasie i przestrzeni. Jest już szybko powiększająca się liczba prac na ten temat w różnych częściach świata [Ascani i in. 2020, Danon i in. 2020, Jia i in., 2020, Mollalo i in. 2020, Sun i in. 2020], w tym opartych na bardzo szczegółowych danych przestrzennych w miastach [Cordes i Castro 2020]. W pracach tych podkreśla się związek z mobilnością społeczną jako jedną z głównych zmiennych warunkujących rozprzestrzenianie się wirusa, jak też związek ze strukturą etniczną [Pan i in. 2020].

W przypadku koronawirusa w Polsce najbardziej szczegółowe dane dotyczą jedynie powiatów i są gromadzone społecznym wysiłkiem grupy internetowej pod

¹ W literaturze epidemiologicznej używane są pojęcia dyfuzja i dyspersja, mające wskazywać na ciągły lub losowy charakter rozprzestrzeniania się, natomiast w geografii bardziej zasadne wydaje się użycie terminu dyfuzja, mającego bogatą podstawę koncepcyjno-teoretyczną i metodologiczną.

kierunkiem Michała Rogalskiego, 2020 (https://bit.ly/covid19_powiaty). Danych według gmin, a tym bardziej według punktów adresowych dla całego kraju nie ma, a dopiero takie informacje pozwoliłyby na bardziej wyczerpującą analizę. Stąd też przytłaczająca większość analiz, publikowanych zwłaszcza w popularnych mediach o rozprzestrzenianiu się wirusa SARS-CoV-2 w Polsce pomija ten ważny aspekt geograficzny, a jeśli już, to niestety często zawiera błędy metodyczne (powszechne ignorowanie poprawności przedstawiania metodą kartogramu wartości względnych, odnoszonych np. do populacji) i w konsekwencji interpretacyjne.

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania, głównym celem tego opracowania jest ukazanie podstawowych prawidłowości terytorialnych i szerszej geograficznych, związanych z rejestrowanym stwierdzeniem zachorowalności na koronawirusa. Ma to odpowiedzieć na następujące pytania szczegółowe:

- 1) Czy dyfuzja ma charakter uporządkowany, czy chaotyczny?
- 2) Czy da się wskazać jakieś szczególne cechy wzrostu natężenia zakażeniami w strukturze regionalnej Polski?
- 3) Czy zakaźność ma charakter coraz bardziej skoncentrowany, czy też rozpraszają się?

Należy też podkreślić, że użyte słowo „rejestrowany” ma kluczowe znaczenie i wymaga komentarza metodologicznego. Otóż wykrywalność każdej choroby zależy od jej poprawnego zdiagnozowania w populacji. W przypadku COVID zależy to przede wszystkim od przeprowadzanych testów. Te są z kolei wykonywane w tych populacjach, w których istnieje większe prawdopodobieństwo stwierdzenia zakażenia. Z uwagi na przenoszenie się koronawirusa drogą kropelkową, testy w Polsce były wykonywane przede wszystkim w miejscach narażonych częściej na wystąpienie, a więc w placówkach opieki zdrowotnej i społecznej (np. szpitale, domy opieki społecznej) oraz w tych społecznościach (rodziny, zakłady pracy i inne koncentracje ludności), w których już stwierdzano zakażenie. Według zestawień F. Raciborskiego i in. (2020), od 4 marca do 30 kwietnia 2020 r., kiedy wykonano pierwszych 338 tys. testów RT-PCR i stwierdzono pierwszych 12,9 tys. przypadków zachorowań, 33% dotyczyło osób poddanych kwarantannie, 26% było związanych z systemem opieki zdrowotnej (szpital lub przychodnia), a 13% wystąpiło w domach opieki społecznej.

Należy zatem podkreślić, że dane o zakażeniami nie reprezentują całej populacji zakażonych. Wynika to z faktu, że większość zakażonych osób przechodzi to bezobjawowo. Na podstawie badań przesiewowych wykonanych w różnych miejscach kraju [Kraków, Górny Śląsk; zob. np. CIRE 2020, Wspaniały 2020] można przypuszczać, że w Polsce tylko 5–10% przypadków jest wykrywalna oraz że w czerwcu 2020 r. już kilka procent populacji Polski „zetknęło się” z koronawirusem [Lipiec 2020].

Wykorzystane dane dotyczą rejestracji zakażeń, prowadzonej społecznym wysiłkiem i koordynowanej przez Michała Rogalskiego [Rogalski 2020, https://bit.ly/covid19_powiaty].

ly/covid19_powiaty]. Dane te są gromadzone dzień po dniu na podstawie informacji udostępnianych przez wojewódzkie i powiatowe stacje sanitarno-epidemiologiczne. Z jednej strony dowodzi to sprawności społecznej, ale też niesprawności publicznej. Pomimo bowiem istniejących przepisów, w tym zwłaszcza Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 kwietnia 2020 r. dotyczącego utworzenia Krajowego Rejestru Pacjentów z COVID-19 (wystąpienia stwierdzonych zakażeń na terenie Polski, obejmującego takie dane, jak m.in. dzień stwierdzenia zakażenia, miejsce wystąpienia zakażenia z dokładnością do gminy, wiek i płeć osoby, stwierdzone choroby współistniejące), do chwili opracowania tego artykułu (sierpień) nie był on dostępny. Z informacji uzyskanych w maju 2020 r. u prowadzącego rejestr (Narodowy Instytut Kardiologii) wynikało, że problemem jest jakość danych dostarczanych przez powiatowe stacje epidemiologiczne, tj. poważne braki w około połowie dokumentacji medycznej zakażonych (np. brak np. PESEL, adresu miejsca zamieszkania).

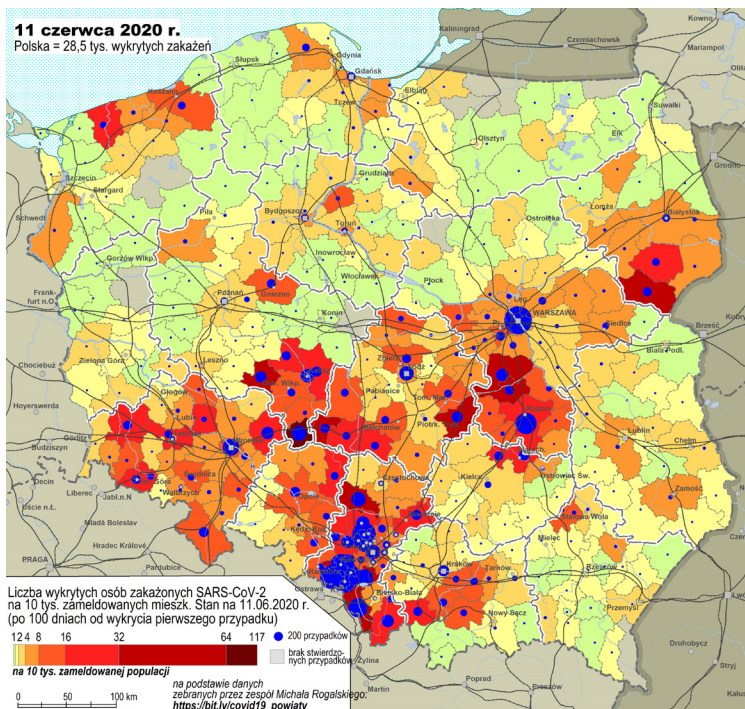
W analizach wykorzystano podstawowe metody, służące analizie zmiennych w czasie i przestrzeni, w szczególności dotyczące oceny dynamiki i stopnia koncentracji (analiza szeregów czasowych, krzywa Lorentza, korelacja liniowa współwystępowania w różnych okresach).

Stan po 100 dniach epidemii

Pierwszy przypadek koronawirusa stwierdzono w Polsce 4 marca 2020 r., jakkolwiek pojawiają się, podobnie jak w innych krajach, przypuszczenia o wcześniejszym jego wystąpieniu [Jarynowski i in., 2020a]. Po 100 dniach, czyli 11 czerwca 2020 r. epidemia „rozlała” się po całym kraju, jakkolwiek wyraźnie można wskazać regiony o wysokim i niskim natężeniu zakażeń (ryc. 1). Dane o liczbie stwierdzonych przypadków zaprezentowano dwoma metodami: kartodiagramu i kartogramu. Pierwsza jest poprawną dla prezentacji wartości bezwzględnych i przedstawia koncentrację danego zjawiska, w tym przypadku potwierdzonych zakażeń. Druga metoda pokazuje, jakie jest „wysycenie” wśród ludności i jest to w zasadzie najważniejszy i najbardziej poprawny metodologicznie sposób oceny np. ryzyka zakażeniem się od innej osoby w tych samych warunkach kontaktów społecznych (te same wskaźniki dystansu społecznego, wzorców mobilności, częstotliwości kontaktów itp.).

Na wstępie, należy zauważyć bardzo duże różnice w występowaniu rejestrowanych zakażeń. Na mapie pierwsza z wydzielonych klas ma rozpiętość <1 przypadku na 10 tys. populacji, ostatnia (siódma) – w granicach 64–117. To aż sto razy więcej, a są też powiaty (np. drawski, sejneński, żuromiński, bieszczadzki), gdzie do 11 czerwca nie wykryto ani jednego przypadku. Najogólniej, podwyższony obszar występowania to południe Polski (bez Podkarpacia i pasa przygranicznych powiatów w województwie małopolskim). Jedyne większe i bardziej zwarte obszary na północy, to powiaty gryficki, kołobrzeski

i koszaliński, a w mniejszym stopniu aglomeracja trójmiejska i rejon Bydgoszczy-Toruń. Obszary mniej zakażone (populacje ludzkie żyjące na tych obszarach), to powiaty położone w północnej Polsce na pojezierzach, czyli w krajobrazie młodoglacjalnym. Trudno jednak byłoby tu doszukiwać się jakiegoś logicznego wpływu zlodowaceń na rozprzestrzenianie się wirusa (np. zapobiegawczego wpływu słodkowodnych akwenów), jest to raczej przypadkowe. Przedstawiony obraz na mapie nie koresponduje ze znanymi z literatury uwarunkowaniami historycznymi (np. granice zaborów) i współczesnymi (metropolie-peryferie). Największe natężenie to na mapie Polski trójkąt na mapie Polski, którego podstawa jest odwrócona od podstawy wschód-zachód i opiera się na granicy polsko-niemieckiej i polsko-czeskiej od mniej więcej Zgorzelca po przełęcz Głuchaczki (powiat żywiecki), a wierzchołek jest w okolicach Białegostoku. Ciekawe jest, że biorąc pod uwagę podział według powiatów, północne ramię tego trójkąta biegnie niemal w linii prostej, a natężenie zakażeń pomiędzy powiatami o wysokim i niskim natężeniu zakażeniami jest wyraźną granicą.



Ryc. 1. Natężenie wykrytych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w stosunku do populacji 11 czerwca 2020 r. Źródło: na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2020)

Fig. 1. The intensity of detected SARS-CoV-2 coronavirus infections in relation to the population on 11 June 2020. Source: based on data from team M. Rogalski (2020)

Biorąc pod uwagę materiał przedstawiany na mapie, można zatem stawiać szereg pytań i hipotez, związanych z czynnikami rozwoju epidemii. Widać wyraźnie, jak wzrost zakażeń w powiatach układa się wzdłuż tras komunikacyjnych, ale nie wszystkich. Dość wyraźny jest np. korytarz S8, biegnący od granicy z Czechami, przez Wrocław, Warszawę i dalej w kierunku Białegostoku. Ujawnia się też korytarz A1 (od Trójmiasta po Górny Śląsk). Wyraźny jest też korytarz S17 (Warszawa–Lublin). Ale za to brak jest innych ważnych tras, np. A2 i A4 od Tarnowa na wschód.

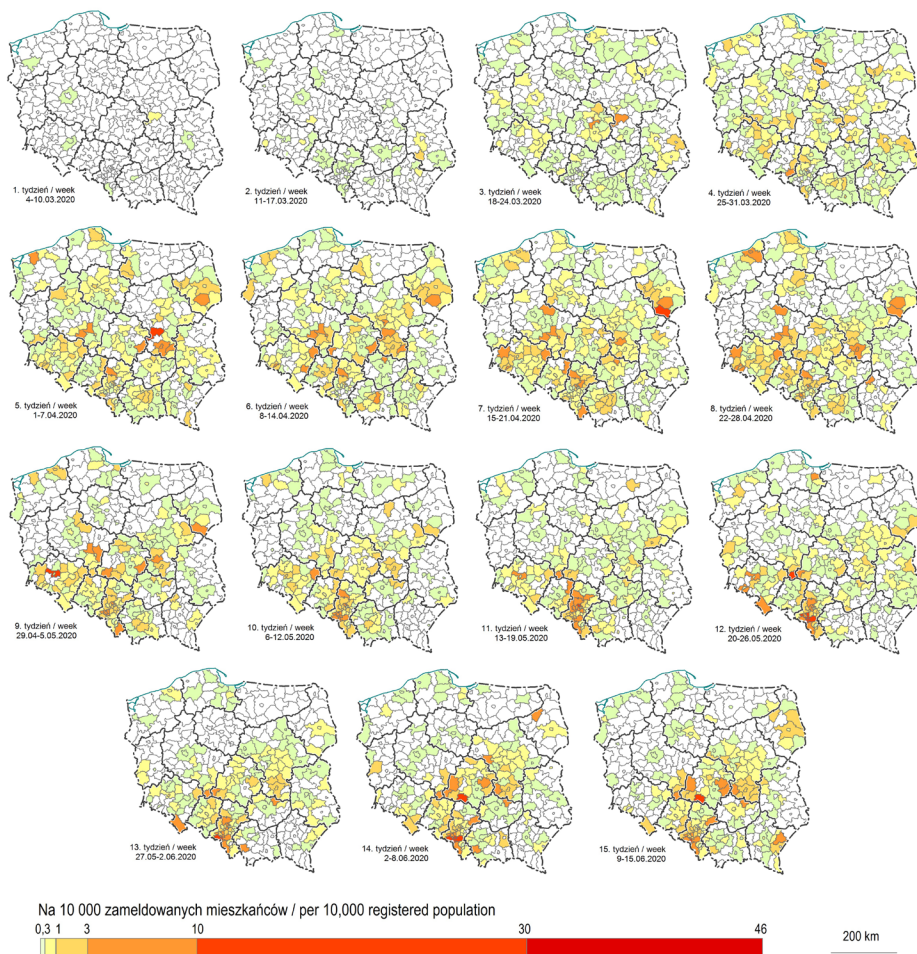
Z innych wniosków narzuca się brak silniejszego rozprzestrzeniania się wirusa w wielu silniej zagęszczonych aglomeracjach i większych miastach (szczecińska, rzeszowska, wiele miast powiatowych grodzkich) Widać też wpływ rzek jako barier – na przykład Bugu między powiatem siemiatyckim i losickim czy Wisły na wielu odcinkach. Rozwój epidemii wydaje się być związany z wododziałami.

Dyfuzja przestrzenna

Na kolejnych mapach przedstawiono rozwój zakażeń w odstępach tygodniowych, co każdy wtorek (ryc. 2). Pierwszy przypadek stwierdzono bowiem w środę, a wybór mniej więcej początku tygodnia jest zasadny z uwagi na rejestrację zakażeń (dochodzą bowiem z opóźnieniem dane z poprzedzającego weekendu). Zwraca uwagę stosunkowo wysoki stopień pokrywania się kolejnych zakażeń. Wynika stąd wniosek, że zakaźność jest powiązana z fizyczną bliskością, rozumianą jako prawdopodobieństwo przeniesienia się wirusa wskutek kontaktów społecznych (praca, transport na bliskie odległości, korzystanie z usług itp.).

Pierwsze cztery mapy obrazują rozwój rejestrowanych zakażeń w pierwszych czterech tygodniach (między 4 a 31 marca). Początek epidemii z psychologicznego punktu widzenia był bardzo trudnym czasem dla społeczeństwa. Na Polaków i ich rodziny spadły nagle silne obostrzenia, a w mediach dominował niezwykle katastroficzny przekaz, związany zwłaszcza z porównaniami z innymi najbardziej dotkniętymi krajami, jak np. Włochy i Hiszpania. W kolejnym, piątym tygodniu (1–7 kwietnia, a więc przed Świętami Wielkanocnymi) pojawiło się kilka intensywnych lokalnych zakażeń: na południe od Warszawy (rejon Radomia, Białobrzegów, Grójca), między Wrocławiem i Kaliszem, na wschód od Krakowa, w okolicach Kołobrzegu oraz w rejonie Bielska Podlaskiego. To tam zlokalizowani byli polscy „pacjenci zero”. Jeśli prześledzić doniesienia medialne, znaczna część stwierdzanych tam przypadków była związana ze szpitalami oraz domami opieki społecznej [RPO 2020]. Potwierdza to także raport PAN nt. epidemii w Polsce [Duszyński i in. 2020]. Zwróćmy uwagę, że już wówczas jak silne były różnice w natężeniu: barwy zielone i bładożółte to poniżej 1 stwierdzonej osoby na 10 tys. populacji, a brązowe – powyżej 10. Występowała wówczas bardzo silna koncentracja zjawiska: 7 kwietnia 2020 r. w 19 powiatach (spośród 380

w Polsce) najbardziej dotkniętym zjawiskiem (tj. największym „nasyceciem” wirusa wśród ludności) koncentrowało się aż 25% wszystkich stwierdzonych przypadków.



Ryc. 2. Rozwój dyfuzji koronawirusa SARS-CoV-2 w interwałach tygodniowych (nowe wykryte przypadki). Źródło: na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2020)

Fig. 2. Development of SARS-CoV-2 coronavirus diffusion at weekly intervals (new cases detected). Source: based on data from team M. Rogalski (2020)

Kolejne pięć map obejmuje tygodnie między 8 kwietnia a 5 maja i jest to okres wyraźnie podwyższonej zakaźności, choć wciąż w dość nielicznej grupie kilkudziesięciu powiatów, w których wcześniej stwierdzano ten problem oraz w jednostkach sąsiadujących z nimi. Innymi słowy, te pierwsze lokalne bieguny, obserwowane w kil-

kunastu miejscach w kraju, wyraźnie „rozlały” się. Nastąpiło to dość równomiernie w południowo-zachodniej części kraju (województwo dolnośląskie, opolskie, śląskie, południowa część wielkopolskiego i mazowieckiego oraz podlaskiego). Na północy od powiatu gryfickiego „zakaziły” się sąsiadujące kołobrzeski (a następnie dalej na wschód koszaliński), ale nie np. kamieński (co jest ciekawe). Co jednak najbardziej interesujące, według stanu na 7 kwietnia, w 17 powiatach najsilniej dotkniętych zarazą utrzymało się 1/4 stwierdzonych przypadków koronawirusa. Co to oznacza? Że wzrosty te mogły być związane z testami w tych jednostkach, co wynika ze „zwykłego” prawdopodobieństwa zakażenia się, kwarantanny itp. Znacznie ciekawszy jednak byłby wniosek o braku silnego rozwoju epidemii w innych powiatach, zwłaszcza na północy kraju. Niewątpliwie przyczyną tego były silne obostrzenia kontaktów społecznych oraz spadek przemieszczeń między odległymi od siebie regionami kraju. Nie działały „typowe” kanały przenoszenia, jak zwłaszcza komunikacja kolejowa oraz dalekobieżna samochodowa, nie było wyjazdów biznesowo-konferencyjnych itp.

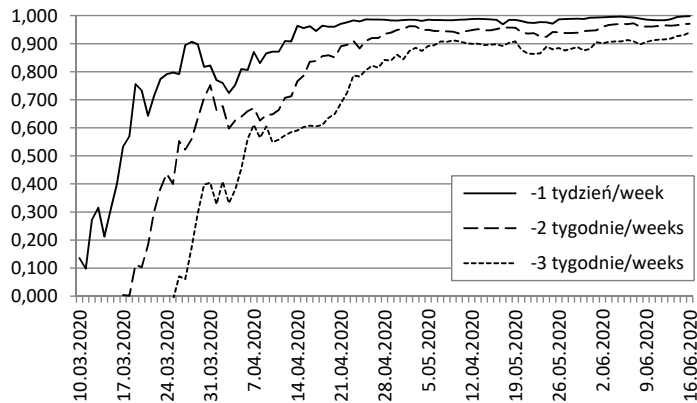
Następnie warto zwrócić uwagę na kolejną mapę, obrazującą tydzień (5–12 maja), a więc obejmującą termin niedoszłych wyborów prezydenckich. Sytuacja polityczno-społeczna była wówczas szczególnie napięta, a epidemia, zamiast być stymulatorem społecznej solidarności i wzajemnej pomocy, stała się pożałowania godnym argumentem w sporach w związku z kampanią wyborczą, jak i samym terminem wyborów. Na tej mapie uwidacznia się, że zakaźność w dużej części powiatów zaczęła spadać w stosunku do okresu poprzedzającego. Zatem pozostanie zapewne tematem sporów ocena, czy decyzja o przełożeniu wyborów była słuszna. Czy w ten sposób podtrzymano pozytywną tendencję spadkową, czy też tendencja ta była już na tyle trwała, że pójście do urn nie wiązało się z dalszym silnym rozprzestrzenianiem? Pewną wskazówką mogłoby być tu porównanie sytuacji po 28 czerwca w tych powiatach, w których epidemia dopiero została zdiagnozowana w postaci pierwszych zakażeń, jednak niniejsza analiza kończy się na danych z pierwszej połowy czerwca.

Zaobserwowany trend spadkowy na mapie z danymi z 6–12 maja utrwalił się w kolejnych tygodniach poza paroma wyjątkami. Już w dziesiątym tygodniu (czyli właśnie 6–12 maja) daje się zauważyć wzrost zakażeń w zachodniej części województwa śląskiego, który utrzyma się zwłaszcza w 11–14 tygodniu (13 maja – 8 czerwca). Ponadto w 11 i 12 tygodniu (13–26 maja) występuje kilka bardziej lokalnych centrów zakażeń (zwłaszcza powiat kępiński). Końcówka ostatniego (2–6 czerwca) i kolejny z omawianych tygodni (9–15 czerwca) to okres wzmożonego testowania m.in. w kopalniach w województwie śląskim i tym samym wyraźnego wzrostu liczby wykrywanych zakażeń. Na mapach nie to jednak zbyt wyraźne z uwagi na wielkość populacji.

Na ostatniej mapie koncentracja wirusa jest w sumie najsilniejsza: 25% zakażeń dotyczyło już tylko 12 powiatów. Oznacza to również, że decyzja o silnym ograniczeniu swobody kontaktów spowodowała, że w „biegunach” epidemii na ogół nie nastąpiła

eskalacja zjawiska. Na mapach widać też wyraźnie, że w pierwszych 100 dniach w przeważającej liczbie powiatów epidemia praktycznie nie rozwijała się, a w dużej części poziom zakażeń ustabilizował się. Niewątpliwie jest to skutek wspomnianych obostrzeń, ale należy też postawić hipotezę, czy w społecznościach lokalnych nie istnieje swego rodzaju „naturalny” poziom zakaźności, który przy przestrzeganiu pewnych zasad, np. odpowiedniej higieny, przesądzałby o stopowaniu epidemii w czasie.

Powyższe wnioski wzmacnia analiza korelacji pomiędzy zakaźnością w tygodniowych i dwutygodniowych odstępach czasowych (ryc. 3). Co istotne, związek ten jest coraz silniejszy wraz z upływem czasu. W przypadku interwału jednotygodniowego, współczynnik korelacji $>0,9$ został osiągnięty po 6 tygodniach, w przypadku interwału dwutygodniowego – po 8 tygodniach, a w przypadku interwału trzytygodniowego – po 10 tygodniach. Tym samym można postawić tezę o konwergencji zakażeń w powiatach.

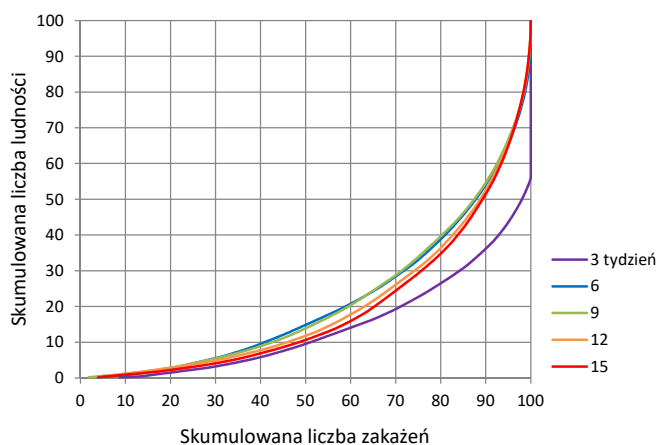


Ryc. 3. Analiza korelacji pomiędzy natężeniem wykrytych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w danym momencie w powiatach, a sytuacją jeden, dwa i trzy tygodnie wcześniej.
Źródło: na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2020)

Fig. 3. Correlation analysis between the severity of detected SARS-CoV-2 coronavirus infections at a given time in counties and the situation one, two and three weeks earlier.
Source: based on data from team M. Rogalski (2020)

Koncentracja przestrzenna zakażeń

W kolejnym etapie zestawiono statystyki, dotyczące alokacji zakażeń względem ludności. W tym celu wykorzystano krzywą koncentracji Lorentza (ryc. 4). Opracowując krzywe koncentracji, w każdym przedziale czasu uszeregowano powiaty od największego do najmniejszego natężenia wykrytych przypadków zakażeń od początku epidemii w Polsce (4 marca 2020 r.).



Ryc. 4. Krzywa Lorentza obrazująca stopień koncentracji wykrytych zakażeń koronawirusem SARS-CoV-2 w różnych przedziałach czasu.
Źródło: na podstawie danych zespołu M. Rogalskiego (2020)

Fig. 4. Figure 4: Lorenz curve showing the concentration of detected SARS-CoV-2 coronavirus infections in different time intervals.
Source: based on data from team M. Rogalski (2020)

Na wykresie widać, że największa koncentracja występowała, co oczywiste, na początku epidemii (na wykresie ograniczono się do sekwencji 3-tygodniowych). Następnie w 6 i 9 tygodniu krzywe niemal pokrywają się, reprezentując najmniejszą koncentrację. Natomiast w 12 tygodniu widać tendencję odwrotną, pogłębioną w 15 tygodniu, czyli następował proces ponownej koncentracji liczby zakażeń. Wprawdzie krzywe niewiele różnią się między sobą, ale tendencja jest charakterystyczna.

Dyskusja i wnioski

Przedstawiana analiza jest próbą usystematyzowania wiedzy na temat przestrzennej dyfuzji rejestrowanych zakażeń w Polsce w świetle dostępnych danych empirycznych. Jak już wspomniano, wiążą się z tym zastrzeżenia, wynikające z wykrywalności w stosunku do stanu faktycznego, tym niemniej z uwagi na testowanie osób potencjalnie najbardziej uprawdopodobnionych przypadków, wydaje się to mieć jednak charakter reprezentatywności.

Najważniejszym wnioskiem jest stwierdzona silna koncentracja zakażeń. W pierwszych 100 dniach epidemii na dużej powierzchni kraju nie doszło do masowych zakażeń lub miały one bezobjawowy przebieg. Statystyki wzrostu były „napędzane” stosunkowo małą liczbą powiatów, a więc i stosunkowo małej populacji. Z jednej strony jest to pozytywny wniosek, bo świadczy o celowości i skuteczności wczesnego

ograniczenia kontaktów społecznych przez władze. Drugi pozytywny wniosek może być taki, że jeśli zakładać odporność zdrowotną Polaków (kluczowym argumentem jest tu obserwowana liczba zgonów na tle lat poprzednich i innych państw – w stosunku do realnej, a nie stwierdzanej liczby zakażeń), to już w okolicach 10 tygodnia mieliśmy do czynienia z wygasaniem zarazy na większości terytorium kraju. Jednak to wnioskowanie można zbić kontrargumentem, że społeczeństwa tych słabiej zakażonych powiatów nie przeżyły jeszcze swojej „wysokiej fali” zachorowań. Aby to potwierdzić lub wykluczyć, należałoby przeprowadzić badania przesiewowe w wybranych powiatach tego typu na obecność przeciwciał (a nie tam, gdzie zakażonych jest dużo, robi się dużo testów i wykrywalność też jest wysoka). Jak wskazuje najnowsza analiza przestrzenna regionalnego wzrostu liczby zakażeń [Śleszyński i in. 2020], mamy wprawdzie do czynienia ze spłaszczaniem się różnic w kraju, ale koncentracja wciąż jest wysoka w wybranych grupach powiatów.

Jeśli chodzi natomiast o odpowiedź na pytanie o chaotyczny lub uporządkowany charakter dyfuzji, rozprzestrzenianie się w pierwszej fazie miało dość mozaikowaty charakter i nie występowały większe prawidłowości przestrzenne. W kolejnych okresach można doszukiwać się porządku w tym sensie, że kolejne zakażenia współwystępowały częściej na obszarach już z zakażoną populacją.

W sumie przedstawione analizy wyraźnie zatem wskazują, że w polskim modelu rozprzestrzeniania się epidemii SARS-CoV-2 szczególnie ważna i ciekawa jest geografia wirusa, rozumiana dwojako: jako opis przestrzennego różnicowania się zjawiska oraz jako sposób interpretacji tego i wyjaśniania. To ostatnie jest najbardziej interesujące, ale wymaga, jak wspomniano, żmudnych analiz, jak też posiadania jeszcze bardziej szczegółowych danych o zakażeniach, strukturze demograficznej pacjentów, czy śmiertelności (umieralności). Pojawiające się pierwsze analizy na ten temat sugerują dość oczywisty związek z mobilnością [Jarynowski et al. 2020a, 2020b], w tym z korytarzami transportowymi o ponadregionalnym, międzynarodowym zasięgu [Śleszyński, 2020b] oraz z aglomeracjami [Krzysztofik i in. 2020, Śleszyński i in. 2020]. Interesujące byłoby też porównanie rozprzestrzeniania się w tym czasie innych chorób zakaźnych, z grypą na czele.

Nasuwają się zatem różne wnioski praktyczne, istotne dla działań publicznych, tj. zwłaszcza rządowych i samorządowych. Jak bowiem piszą A. Jarynowski i in. [2020b], *„istnieje potrzeba analizy czasowo-przestrzennej rozprzestrzeniania się wirusa SARS-CoV-2 w Polsce w celu przygotowania szczegółowych rozwiązań, umożliwiających podejmowanie działań minimalizujących zagrożenie dla zdrowia publicznego w czasie wysoce prawdopodobnej drugiej fali na jesień”*. Z przeprowadzonych analiz wylania się wyraźny wniosek o potrzebie silniejszych obostrzeń w tych powiatach, w których wciąż tlą się ogniska zakażeń. Dotyczy to przede wszystkim południowej części kraju. W Polsce wprowadzono to dopiero w drugiej połowie sierpnia 2020 r.

Na zakończenie warto też odnotować, że na uniwersytetach i mediach toczy się coraz bardziej gorąca debata, jak ma wyglądać świat po pandemii i powstają specjalnie temu dedykowane serwisy internetowe. Nie wchodząc w szczegóły tego niezwykle szerokiego, wielowątkowego już zagadnienia (od medycyny po geopolitykę), geografia od bardzo dawna – a być może nawet w całej jej nowożytnej historii, nie była w takim stopniu w „jądrze” tego typu dyskusji. D. Wolman [2020] wręcz stwierdza, że „wśród pandemii, geografia powraca z zemstą”. Jest to zatem szansa na rozwój tej zbyt niedowartościowanej w ostatnich dekadach dyscypliny.

Najważniejsze wątki geograficzne, które pojawiają się w tej debacie i podnoszone głównie przez nie-geografów, to przede wszystkim kwestie mobilności przestrzennej, w tym spodziewanej kontrurbanizacji [Florida 2020] oraz regionalnych i lokalnych modeli globalizacji (glokalizacji), w tym nawet deglobalizacji [Sulkowski 2020]. W dyskusjach dominuje pogląd o konieczności rewizji dotychczasowej organizacji przestrzennej bardzo wielu aspektów życia społeczno-gospodarczego, począwszy od produkcji dóbr i usług (rynków pracy, łańcuchów produkcyjno-usługowych) [Chowaniak 2020, Łon 2020], poprzez ich dystrybucję (transport, magazynowanie, handel), a na edukacji oraz turystyce i rekreacji kończąc [Haywood 2020, Napierała i in. 2020]. Niewątpliwie, przeformułowania wymaga też nasze myślenie o wirusie, czy też szerzej o chorobach i egzystencji ludzkiej, gdyż to co dzieje się w związku i wokół ogłoszonej oficjalnie pandemii światowej, zależy w dużym (zbyt dużym) stopniu od wyobrażeń i subiektywnych, ale i narzucanych interpretacji.

Zaprezentowany materiał może też 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 dyfuzji wirusa oraz zarysowano kierunki potencjalnych prac badawczych.

Literatura

- Ascani A., Faggian A., Montresor S.**, 2020, *The geography of COVID-19 and the structure of local economies: The case of Italy*, Discussion Paper Series in Regional Science & Economic Geography, Discussion paper No. 2020-01, Gran Sasso Science Institute, April 2020.
- Chowaniak K.**, 2020, *Biznes w czasie epidemii: wpływ koronawirusa na polskie przedsiębiorstwa*, *Personel i Zarządzanie*, 5, s. 10–15.
- CIRE**, 2020, *Kolejne badania przesiewowe w kopalniach Bielszowice, Chwałowice i Silesia*, <https://www.cire.pl/item,202338,1,0,0,0,0,0,wkrotce-kolejne-badania-przesiewowe-wsrod-gornikow-kopalni-chwalowice.html> [22.09.2020].
- Cordes J., Castro M.C.**, 2020, *Spatial analysis of COVID-19 clusters and contextual factors in New York City*, *Spatial Spatiotemporal Epidemiology*, 34, s. 100355, doi.org/10.1016/j.sste.2020.100355.

- Danon L., Brooks-Pollock E., Bailey M., Keeling M.J.**, 2020, *A spatial model of COVID-19 transmission in England and Wales: early spread and peak timing*, MedRxiv, doi:10.1101/2020.02.12.20022566.
- Duszyński J., Afelt A., Ochab-Marcinek A., Owczuk R., Pyrc K., Rosińska M., Rycharz A., Smiatacz T.**, 2020, *Zrozumieć COVID-19. Opracowanie zespołu ds. COVID-19 przy Prezesie Polskiej Akademii Nauk*, Polska Akademia Nauk, Warszawa.
- Florida R.**, 2020, *The geography of coronavirus*, City Lab, 3.04.2020, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-03/what-we-know-about-density-and-covid-19-s-spread> [22.09.2020].
- Haywood K.M.**, 2020, *A post COVID-19 future: Tourism re-imagined and re-enabled*, *Tourism Geographies*, 22, 3, s. 599-609, doi.org/10.1080/14616688.2020.1762120.
- Jarynowski A., Wójta-Kempa M., Platek D., Krzowski L., Belik V.**, 2020a, *Spatial diversity of COVID-19 cases in Poland explained by mobility patterns: Preliminary results*, SSRN, Elsevier, <https://ssrn.com/abstract=3621152> [22.09.2020].
- Jarynowski A., Wójta-Kempa M., Platek D., Krzowski L., Belik V.**, 2020b, *Mobilność jako kluczowa zmienna wyjaśniająca regionalne różnice w dynamice zakażeń – wyniki wstępne*, preprint, https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/18444/czasy_czerwiec4_pre.pdf?sequence=1&isAllowed=y [22.09.2020].
- Jia J.S., Lu X., Yuan Y. Xu G., Jia J., Christakis N.A.**, 2020, *Population flow drives spatio-temporal distribution of COVID-19 in China*, *Nature*, 582, s. 389–394, doi.org/10.1038/s41586-020-2284-y.
- Kretowicz P.**, 2013, *Nowe podejścia badawcze w geografii zdrowia w literaturze anglosaskiej*, *Przegląd Geograficzny*, 85, 4, s. 549–571.
- Krzysztofik R., Kantor-Pietraga I., Spórna T.**, 2020, *Spatial and functional dimensions of the COVID-19 epidemic in Poland*, *Eurasian Geography and Economics*, 99, doi:10.1080/15387216.2020.1783337.
- Lipiec A.**, 2020, *Koronawirus: badania przeprowadzone w Krakowie pokazują, ile osób może być zakażonych bezobjawowo*, serwis Medonet, <https://www.medonet.pl/koronawirus/koronawirus-w-polsce,koronawirus--badania-przeprowadzone-w-krakowie-pokazuja--ile-osob-moze-byc-zakazonych-bezobjawowo,artykul,12271703.html> [22.09.2020].
- Łon E.**, 2020, *Polityka pieniężna banków centralnych w dobie koronawirusa*, *Pieniądze i Więż*, 1(86), s. 69–76.
- Mollalo A., Vahedi B., Rivera K.M.**, 2020, *GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States*, *Science Total Environment*, 728, s. 138884, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138884.
- Napierala T.; Leśniewska-Napierala K.; Burski R.**, 2020, *Impact of Geographic Distribution of COVID-19 Cases on Hotels' Performances: Case of Polish Cities*, *Sustainability*, 12, 4697, doi.org/10.3390/su12114697.
- Opillard F., Palle A., Michelis L.**, 2020, *Discourse and Strategic Use of the Military in France and Europe in the COVID-19 Crisis*, *Tijdschrift voor economische en sociale geografies*, 3, s. 239-259, doi.org/10.1111/tesg.12451.
- Pan D., Sze S., Minhas J.S., Bangash M.N., Pareek N., Divall P., Williams C.M., Ogioni M.R., Squire I.B., Nellums L.B., Hanif W., Khunti K., Pareek M.**, 2020,

- The impact of ethnicity on clinical outcomes in COVID-19: A systematic review*, *EClinicalMedicine*, 23:100404, doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100404.
- Raciborski F., Pinkas J., Jankowski M., Sierpiński R., Zgliczyński W.S., Szumowski Ł., Rakocy R., Wierzba W., Gujski M.**, 2020, *Dynamics of COVID-19 outbreak in Poland: an epidemiological analysis of the first two months of the epidemic*, *Polish Archives of Internal Medicine*, <https://www.mp.pl/paim/en/node/15430/pdf>, doi: 10.20452/pamw.15430 (online) [7.08.2020].
- Rogalski M.**, 2020, *Internetowa baza danych o zakażeniach COVID według województw i powiatów*, aktualizowana codziennie, <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ierEhD6gcq51HAM433knjnVwey4ZE5DCnu1bW7PRG3E/edit?usp=sharing> [21.06.2020].
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 kwietnia 2020 r. w sprawie Krajowego Rejestru Pacjentów z COVID-19*, Dz.U. 2020 poz. 625.
- RPO**, 2020, *Koronawirus. Informacje o sytuacji w domach pomocy społecznej w Warszawie i na Mazowszu*, serwis informacyjny Rzecznika Praw Obywatelskich, <https://www.rpo.gov.pl/pl/content/koronawirus-kolejne-informacje-o-sytuacji-w-dps> [22.09.2020].
- Sulkowski Ł.**, 2020, *Covid-19 Pandemic : Recession, Virtual Revolution Leading to De-globalization?*, *Journal of Intercultural Management*, 12, 1, s. 1–11, doi: [org/10.2478/joim-2020-0029](https://doi.org/10.2478/joim-2020-0029).
- Sun F., Matthews S.A., Yang T-Ch., Hu M-H.**, 2020, *A spatial analysis of the COVID-19 period prevalence in U.S. counties through June 28, 2020: where geography matters?*, *Annals of Epidemiology*, 52, s. 54–59.e1, doi:10.1016/j.annepidem.2020.07.014.
- Śleszyński P.**, 2020a, *Epidemia koronawirusa w Polsce po sześciu miesiącach*, *Alma Mater*, 218, s. 53–55.
- Śleszyński P.**, 2020b, *Geografia koronawirusa w Polsce*, *Alma Mater*, 217, s. 28-29, zob. też: <https://ptgeo.org.pl/2020/06/geografia-koronawirusa-w-polsce/> [22.09.2020].
- Śleszyński P., Nowak M., Blaszkę M.**, 2020, *Spatial policy in cities during the COVID-19 pandemic in Poland*, *TeMA. Journal of Land Use, Mobility and Environment* 13, 3, s. 427-444, <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/7146>
- Wolman D.**, 2020, *Amid a Pandemic*, *Geography Returns with a Vengeance*, <https://www.wired.com/story/amid-pandemic-geography-returns-with-a-vengeance/> [22.09.2020].
- Wspaniały Ł.**, 2020, *COVID-19: Liczba chorych bezobjawowych jest większa niż sądzono*, https://www.uj.edu.pl/wiadomosci/-/journal_content/56_INSTANCE_d82IKZ-vhit4m/10172/145226636 [22.09.2020].

**THE REGULARITY OF SPATIAL DIFFUSION OF RECORDED
SARS-COV-2 CORONAVIRUS INFECTIONS OF THE EPIDEMIC
IN POLAND IN THE FIRST 100 DAYS**

Abstract:

The article presents the regularity of spatial distribution of infections during the first hundred days after the detection of SARS-CoV-2 coronavirus in Poland. The data were used

day by day according to the counties collected in M. Rogalski (2020) team. These data were aggregated to weekly periods (7 days) and then the regularity of spatial distribution was searched using the cartogram method, time series shifts, rope correlation between the intensity of infections in different periods, Lorentz concentration curve. Among other things, it was shown that after the first period of diffusion, the infections became more and more spatially concentrated. On this basis, more profound hypotheses of the development of the epidemic in Poland in the future and practical conclusions related to the need to limit restrictions in local poles rather than in the whole country were made.

Keywords: epidemic, pandemic, coronavirus, COVID, SARS-CoV-2, medical geography, spatial diffusion