

# Epidemia COVID-19: Analiza sytuacji bieżącej i prognozy krótkoterminowe

Raport grupy MOCOS dla Wrocławia i Dolnego Śląska, 04/10/2020

Autorzy: Przemysław Biecek<sup>^</sup>, Marcin Bodych, Tyll Krüger\*, Agata Migalska, Tomasz Ożański, Piotr Szymański, grupa MOCOS\*

\*Korespondencja (kierownik grupy MOCOS): e-mail [tyll.krueger@pwr.edu.pl](mailto:tyll.krueger@pwr.edu.pl)

\*Pozostali członkowie grupy MOCOS Wrocław: Barbara Adamik, Marek Bawiec, Viktor Bezborodov, Barbara Pabjan, Ewa Skubalska-Rafajłowicz, Ewaryst Rafajłowicz, Wojciech Rafajłowicz

<sup>^</sup> MOCOS Warszawa

## Wstęp

Grupa MOCOS to międzynarodowy interdyscyplinarny zespół naukowców zajmujący się modelowaniem epidemii COVID-19. Grupa MOCOS opracowała zaawansowany model mikrosymulacyjny, który symuluje zachowania indywidualnych agentów (jednostek). Pozwala on ocenić aktualny poziom reprodukcji wirusa i etap rozwoju epidemii, skalę osiągniętego ograniczenia kontaktów międzyludzkich, poziom wykrywalności zakażonych wirusem, u których choroba przebiega z łagodnymi objawami i wpływ rekomendowanych działań na możliwość ograniczenia rozwoju epidemii.

Epidemię można opisać za pomocą krzywej krytycznej, tzn. takiej krzywej kiedy epidemia utrzymuje się na pewnym poziomie (stan endemiczny). Obszar ponad krzywą krytyczną nazywany jest obszarem nadkrytycznym i jest to obszar wskazujący wzrost liczby zakażeń. Natomiast, obszar pod krzywą krytyczną nazywany jest obszarem podkrytycznym i jest to obszar gdzie epidemia słabnie i wygasa.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wnioskujemy, że epidemia znajduje się obecnie w fazie wzrostu. Wzrost ten obserwujemy nie tylko w naszym kraju, lecz również w większości innych krajów europejskich. Ma to prawdopodobnie związek z tym, że ze względu na pogodę oraz rozpoczęcie roku szkolnego coraz częściej przebywamy wewnątrz pomieszczeń, gdzie transmisja wirusa jest bardziej skuteczna. O prawdopodobnie większej skuteczności wirusa w pomieszczeniach zamkniętych pisaliśmy już w raporcie czerwcowym na podstawie danych z kopalń i ognisk koronawirusa w zakładach pracy. Jednocześnie, jesień to również początek corocznego okresu zwiększonej zachorowalności i osłabienia odporności.

Sytuacja epidemiologiczna we Wrocławiu jest lepsza niż sytuacja epidemiologiczna w skali województwa bądź kraju, jednak z uwagi na początek roku akademickiego i gorsze warunki pogodowe należy uważnie śledzić rozwój sytuacji. Miasto i region powinno śledzić na

bieżący liczbę wolnych respiratorów w podziale na poszczególne szpitale, obłożenie miejsc na OIOM oraz liczbę wolnych łóżek szpitalnych by zapobiec sytuacji, że brakuje łóżek bądź respiratorów. Regularne monitorowanie liczby hospitalizowanych osób, a także długości ich pobytu w szpitalu umożliwi reagowanie na rozwój sytuacji z możliwie dużym wyprzedzeniem. Analizę danych o zmianie liczby zdiagnozowanych przedstawiliśmy w Rozdziale 1, natomiast szczegółową analizę sytuacji epidemiologicznej wraz z prognozami krótkoterminowymi dla Wrocławia i Dolnego Śląska zamieściliśmy w Rozdziale 2. W Rozdziale 3 umieściliśmy krótką analizę dotyczącą zmian mobilności we Wrocławiu na podstawie danych udostępnionych przez firmę TomTom.

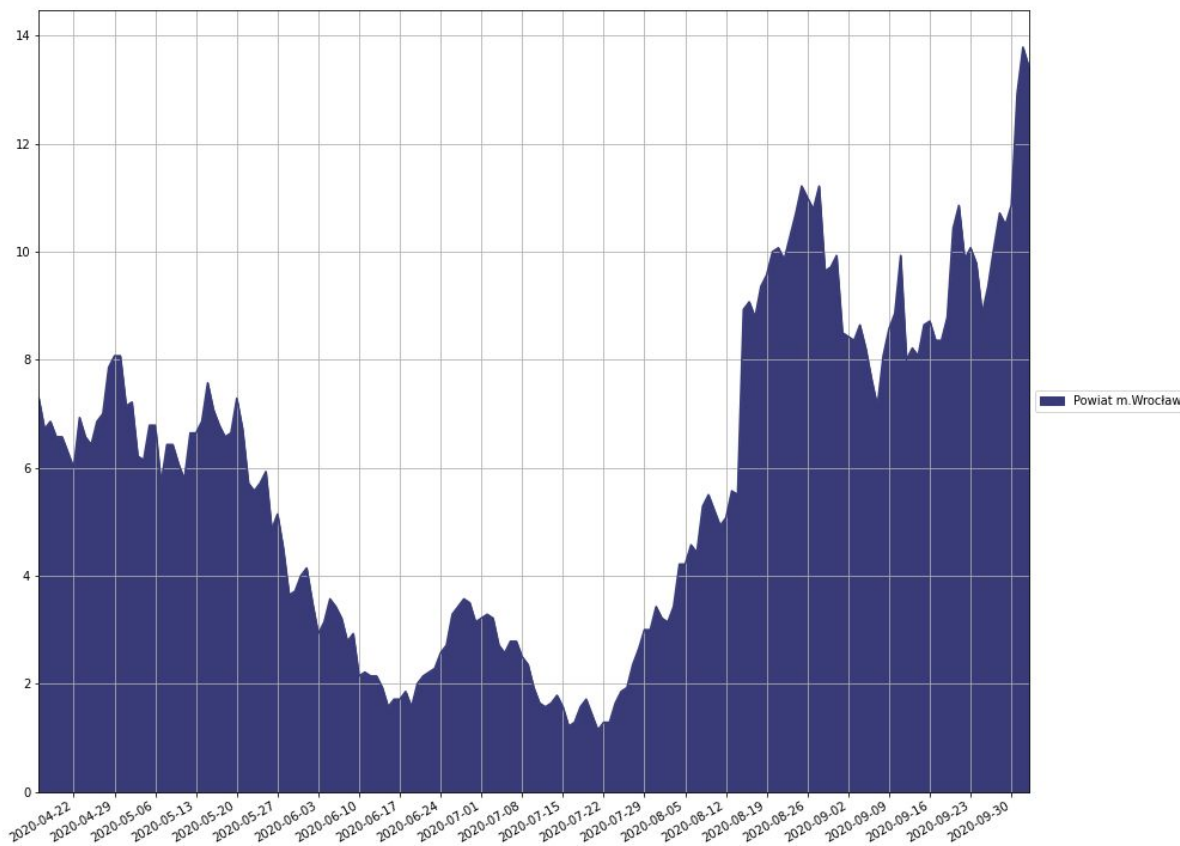
# Spis treści

<b>Wstęp</b>	<b>1</b>
<b>1. Aktualna sytuacja epidemiologiczna</b>	<b>4</b>
1.1. Sytuacja epidemiologiczna we Wrocławiu	4
1.2. Sytuacja epidemiologiczna na Dolnym Śląsku	5
1.3. Sytuacja epidemiologiczna w Polsce	9
1.4. Sytuacja epidemiologiczna w Europie	12
1.5. Sytuacja epidemiologiczna na świecie	13
<b>2. Wyniki modelowania stanu obecnego</b>	<b>16</b>
2.1. Stan obecny i prognozy krótkoterminowe dla Polski	16
2.2. Stan obecny i prognozy krótkoterminowe dla Dolnego Śląska	19
2.3. Stan obecny i prognozy krótkoterminowe dla Wrocławia	21
<b>3. Zmiany mobilności</b>	<b>22</b>
<b>Dodatek A: Metodologia</b>	<b>23</b>
Założenia modelu	23
Ograniczenia metodyki	24
<b>Literatura</b>	<b>24</b>

# 1. Aktualna sytuacja epidemiologiczna

## 1.1. Sytuacja epidemiologiczna we Wrocławiu

Dane epidemiologiczne dotyczące liczby zdiagnozowanych przypadków na przestrzeni ostatnich miesięcy wskazują, że po lipcu br. we Wrocławiu występuje wzrostowy trend dziennej liczby nowych zdiagnozowanych przypadków z poziomu około 2 przypadków dziennie w lipcu do 8-10 przypadków dziennie we wrześniu br. Październik zaczął się kontynuacją wzrostu uśrednionej dziennej liczby rejestrowanych przypadków.



**Rys. 1:** Liczba zdiagnozowanych od 15/04/2020 do 03/10/2020 we Wrocławiu w ujęciu 14-dniowej średniej.

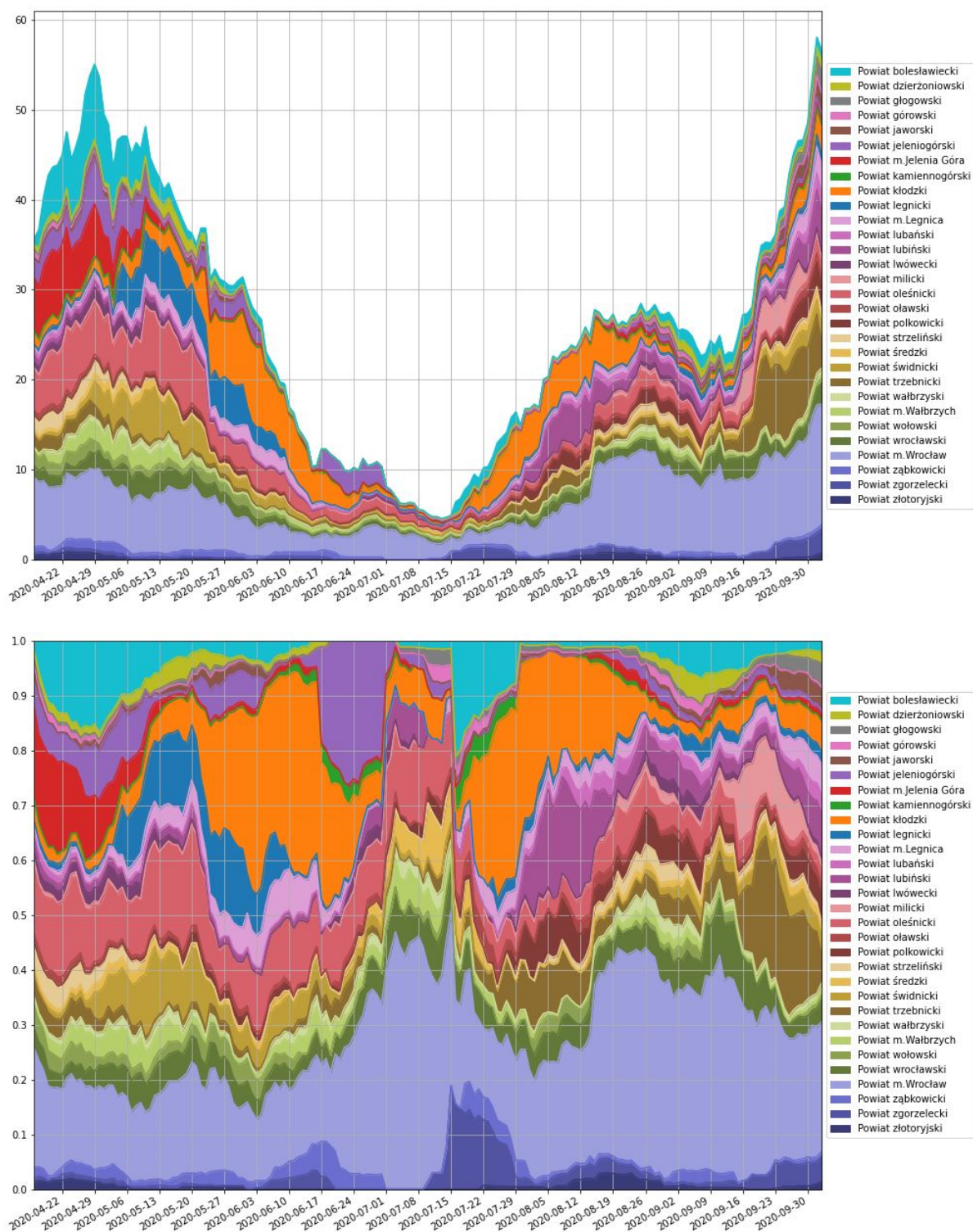
---

### Wnioski z Rysunku 1:

- Od połowy lipca liczba nowych zdiagnozowanych przypadków sukcesywnie rośnie, w chwili obecnej znacznie przewyższając liczbę obserwowaną na początku pandemii.
  - Coroczny wzrost zachorowalności na choroby górnego układu oddechowego w okresie jesienno-zimowym może sprzyjać dalszemu wzrostowi liczby nowych zdiagnozowanych na COVID-19.
-

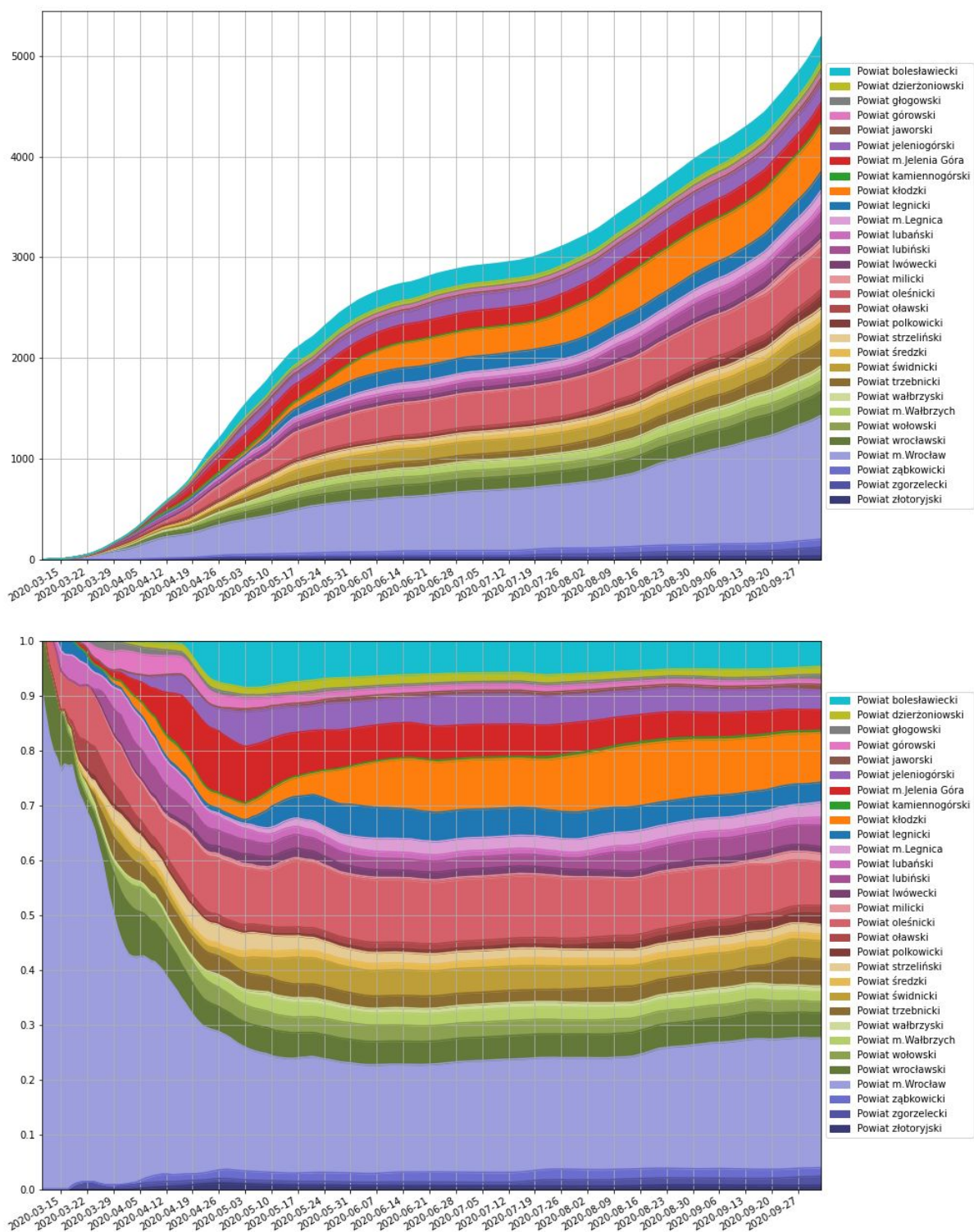
## 1.2. Sytuacja epidemiologiczna na Dolnym Śląsku

Sytuacja epidemiologiczna na Dolnym Śląsku również po lipcu zaczęła się coraz wyraźniej pogarszać z poziomu ok. 10-15 rejestrowanych zakażeń dziennie do poziomu 20-30 przypadków dziennie, by w połowie września przyspieszyć wzrost do notowanych obecnie 50-60 przypadków dziennie (jako uśrednienie z 14 dni)



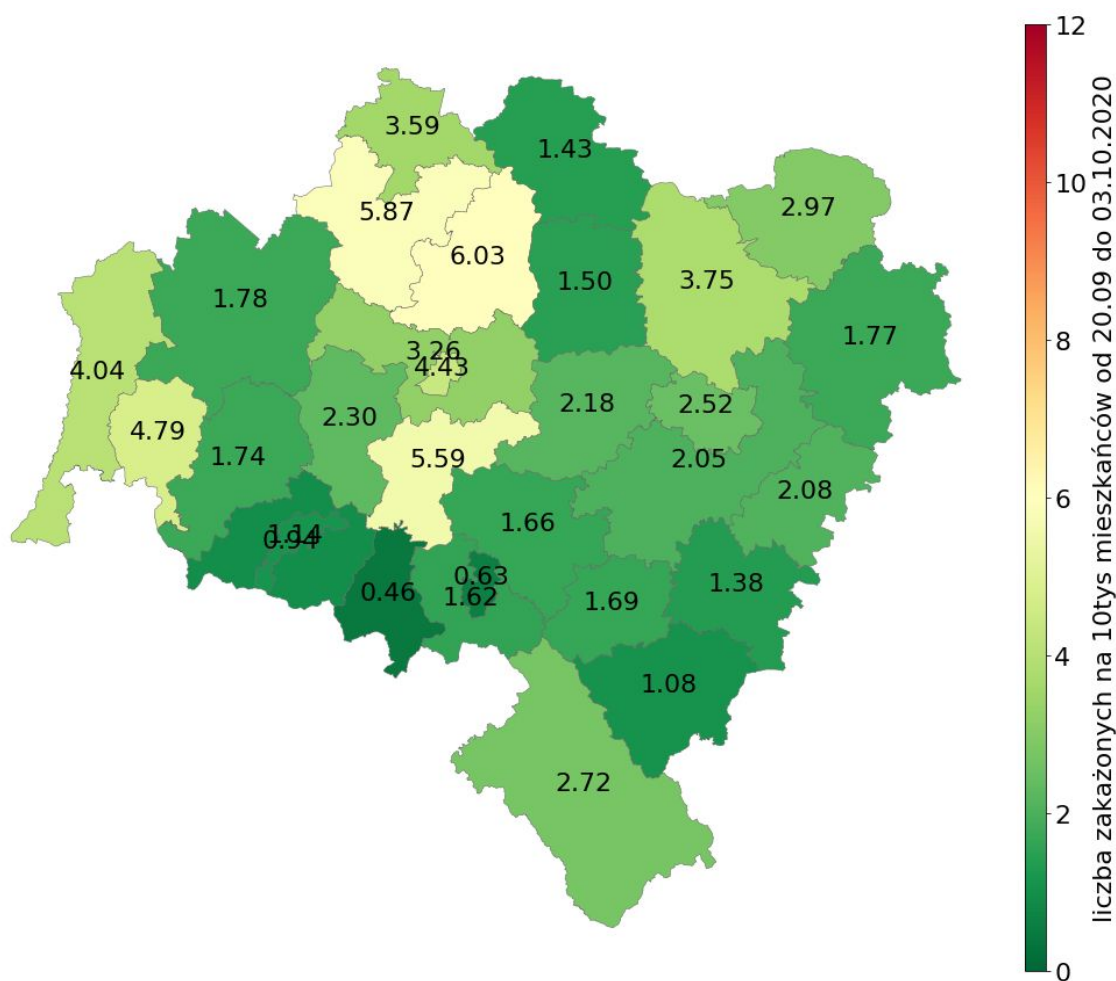
**Rys. 2:** Liczba zdiagnozowanych od 15/04/2020 do 03/10/2020 na Dolnym Śląsku w ujęciu 14-dniowej średniej.





**Rys. 3.** Góra: Sumaryczna liczba zdiagnozowanych przypadków w województwie dolnośląskim w podziale na powiaty. Dół: Udział poszczególnych powiatów w sumarycznej liczbie zdiagnozowanych w województwie dolnośląskim.

Źródło: M.Rogalski COVID-19 w powiatach



**Rys. 4.** Liczba nowych zakażeń w ciągu ostatnich 14 dni na 10000 mieszkańców w podziale na powiaty. [Źródło: GUS - Ludność - Stan Ludności - Ludność wg wieku i płci - Rok 2019, M. Rogalski COVID-19 w powiatach]

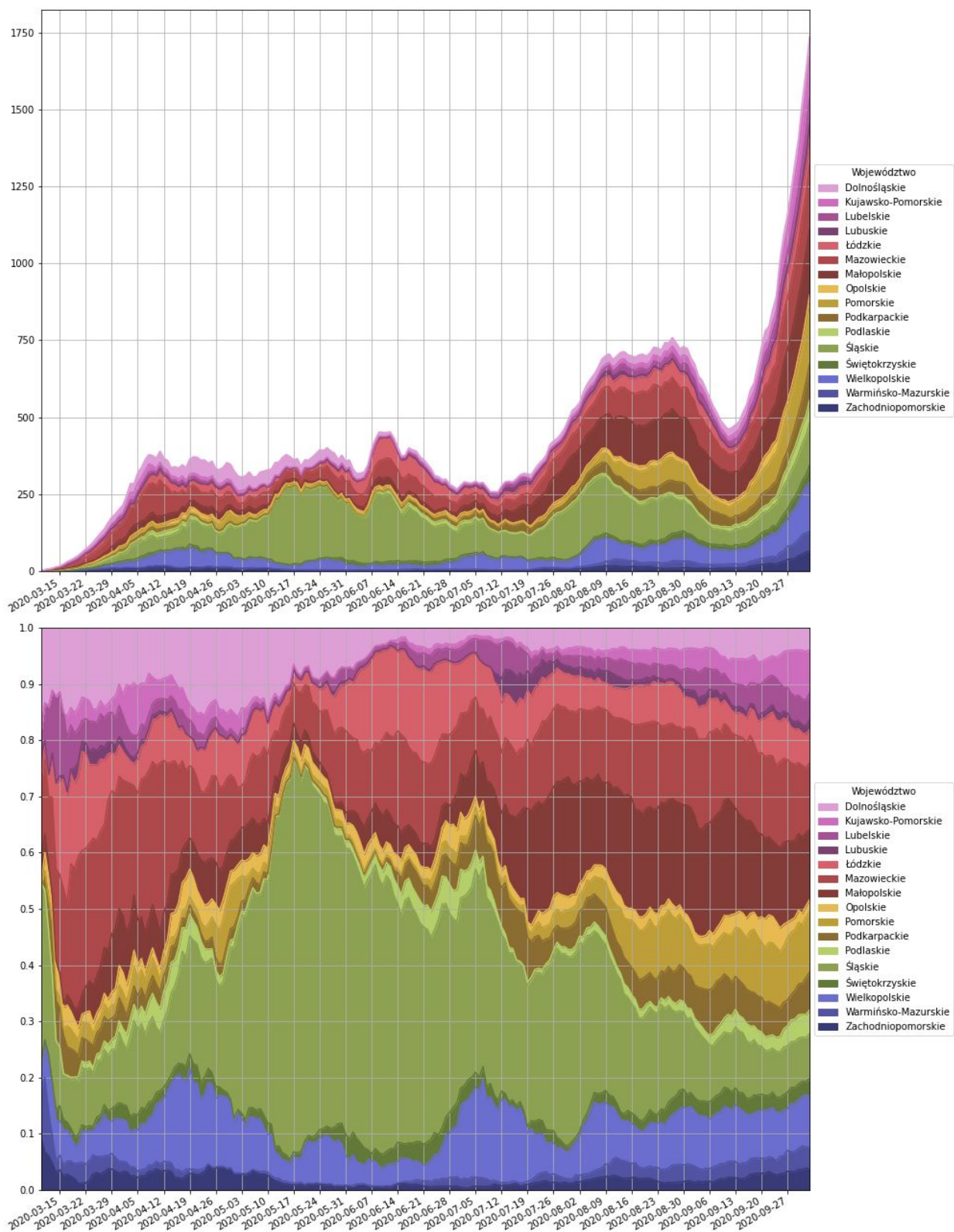
#### Wnioski z Rysunków 2-4:

- Od końca lipca obserwowany jest szybszy trend wzrostu sumarycznej liczby nowo-zdiagnozowanych przypadków COVID-19 na terenie Dolnego Śląska.
- Wzrost sumarycznej liczby nowo-zdiagnozowanych jest równomierny we wszystkich powiatach i nie obserwuje się istotnych fluktuacji.
- Na dzień 03.10.2020 we wszystkich powiatach liczba nowych zdiagnozowanych w ciągu 14 dni na 10000 mieszkańców nie przekracza 6.03 osoby, przy czym najwyższy współczynnik obserwowany jest w powiatach jaworskim, lubińskim i polkowickim.
- „Czerwone” powiaty to te, w których wskaźnik przyrostu nowych przypadków na 10 tys. mieszkańców przekracza 12 w ciągu 14 dni poprzedzających dzień publikacji. Z kolei powiaty w przedziale od 6 do 12 przypadków będą oznaczane kolorem żółtym. To oznacza, że powiaty jaworski, lubiński i polkowicki są narażone na wejście do strefy żółtej.
- W powiecie M. Wrocław liczba nowych zdiagnozowanych w ciągu 14 dni na 10000 mieszkańców wynosi 2.52 osoby (stan na dzień 03.10.2020).

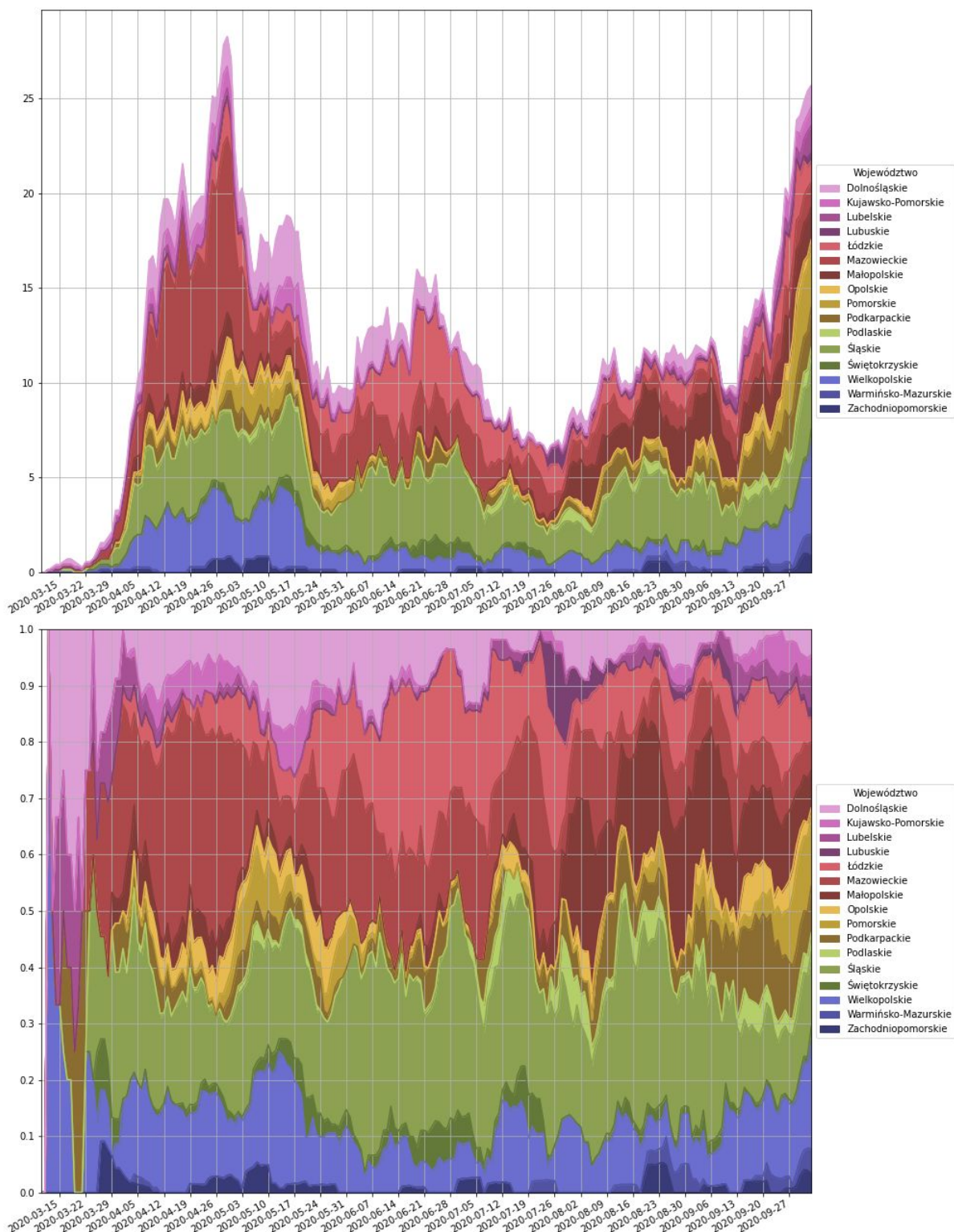


### 1.3. Sytuacja epidemiologiczna w Polsce

Sytuacja epidemiologiczna w Polsce w ostatnich tygodniach jest jeszcze bardziej dramatyczna, co widać po obserwacji wszelkich wskaźników: dziennych zarejestrowanych zdiagnozowanych przypadków, liczby osób wymagających hospitalizacji, w tym respiratorów, a także liczby zgonów.



**Rys. 5: Góra: Zmiana liczby zdiagnozowanych w czasie z podziałem na poszczególne województwa – średnia siedmiodniowa. Dół: Udział liczby zgonów w województwach w stosunku do łącznej liczby zgonów w kraju. Szerokość każdego koloru jest proporcjonalna do liczby osób zdiagnozowanych danego dnia.**



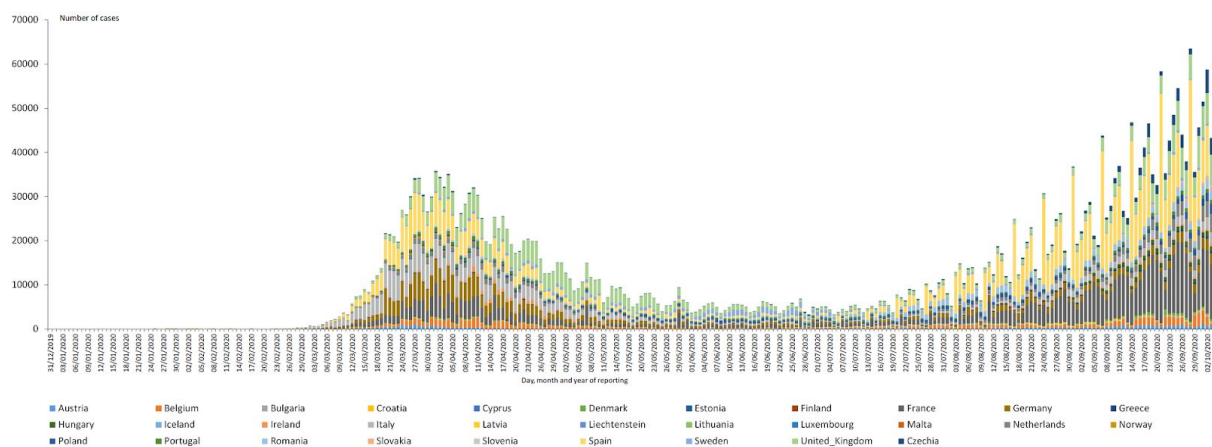
**Rys. 6: Góra: Zmiana liczby zgonów w czasie z podziałem na poszczególne województwa - średnia siedmiodniowa. Dół: Udział liczby zgonów w województwach w stosunku do łącznej liczby zgonów w kraju. Szerokość każdego koloru jest proporcjonalna do uśrednionej 7-dniowo liczby zgonów raportowanych danego dnia.**

#### Wnioski z Rysunków 5-6:

- Udział województwa dolnośląskiego w liczbie nowych przypadków pozostaje na mniej więcej stałym poziomie od połowy lipca. Biorąc pod uwagę, że mieszkańcy Dolnego Śląska stanowią ok. 7.56% ludności Polski (stan na 2019 wg GUS), nie obserwuje się nadmiernej kontrybucji województwa dolnośląskiego w tym zakresie.
- Podobnie, nie obserwuje się nadmiernej umieralności w województwie dolnośląskim w stosunku do reszty kraju, biorąc pod uwagę udział ludności województwa w całkowitej ludności kraju.

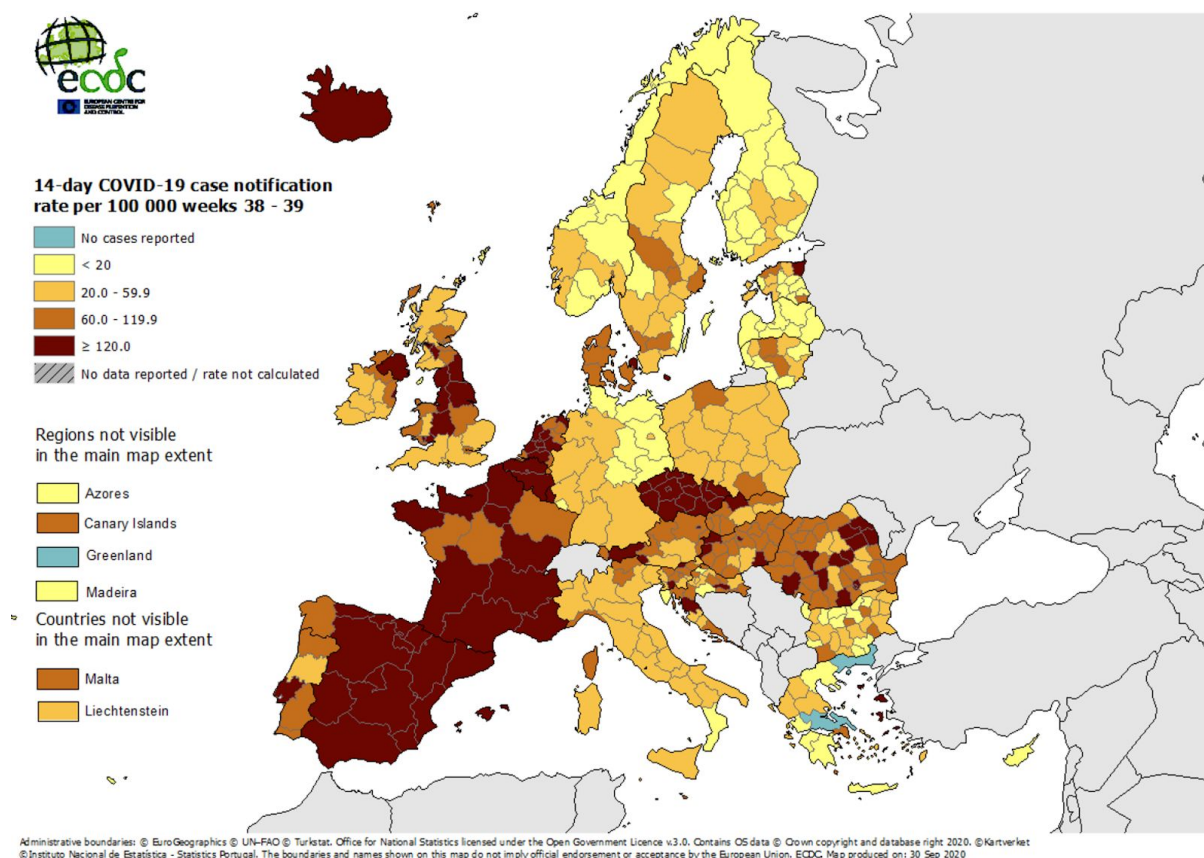
## 1.4. Sytuacja epidemiologiczna w Europie

Dla kompletności prezentujemy dane pochodzące z ECDC (<https://www.ecdc.europa.eu/>), które przedstawiają analizę obecnej sytuacji w Europie i na świecie.



**Rys. 7: Rozkład potwierdzonych laboratoryjnie przypadków COVID-19 w UE / EOG i Wielkiej Brytanii do 4 października. Wykres pochodzi z ECDC.**



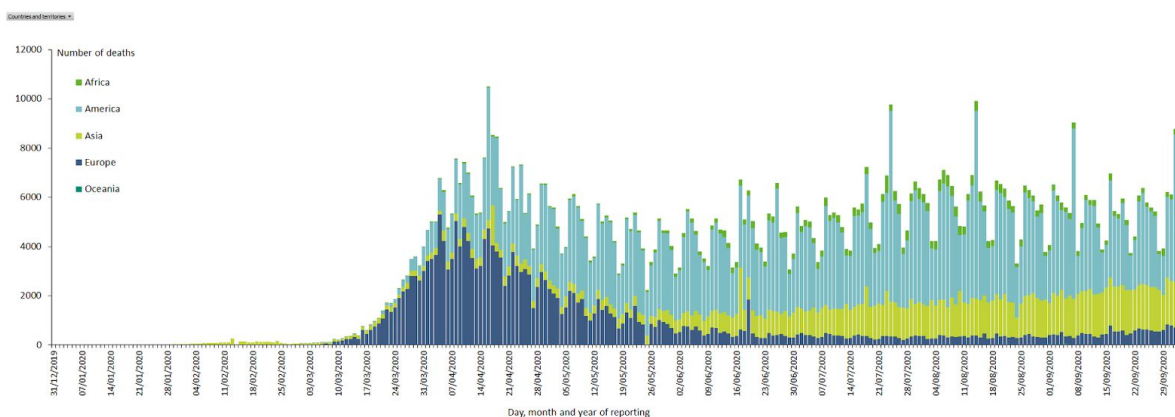
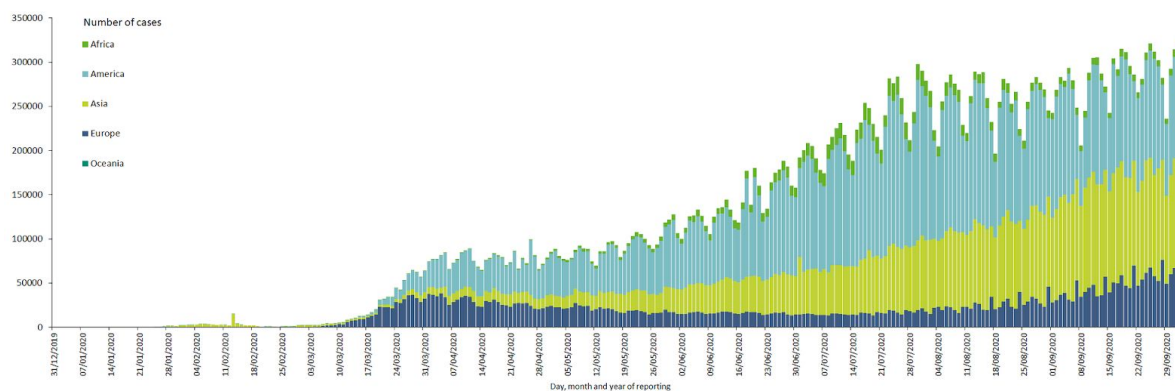


**Rys. 8: Wskaźnik rejestrowania przypadków zachorowań na COVID-19 w ciągu 14 dni na 100 000 mieszkańców na terenie Unii Europejskiej i Zjednoczonego Królestwa, według stanu z okresu 14.09-27.09.2020. Wykres pochodzi z ECDC.**

#### **Wnioski z Rysunków 7-8:**

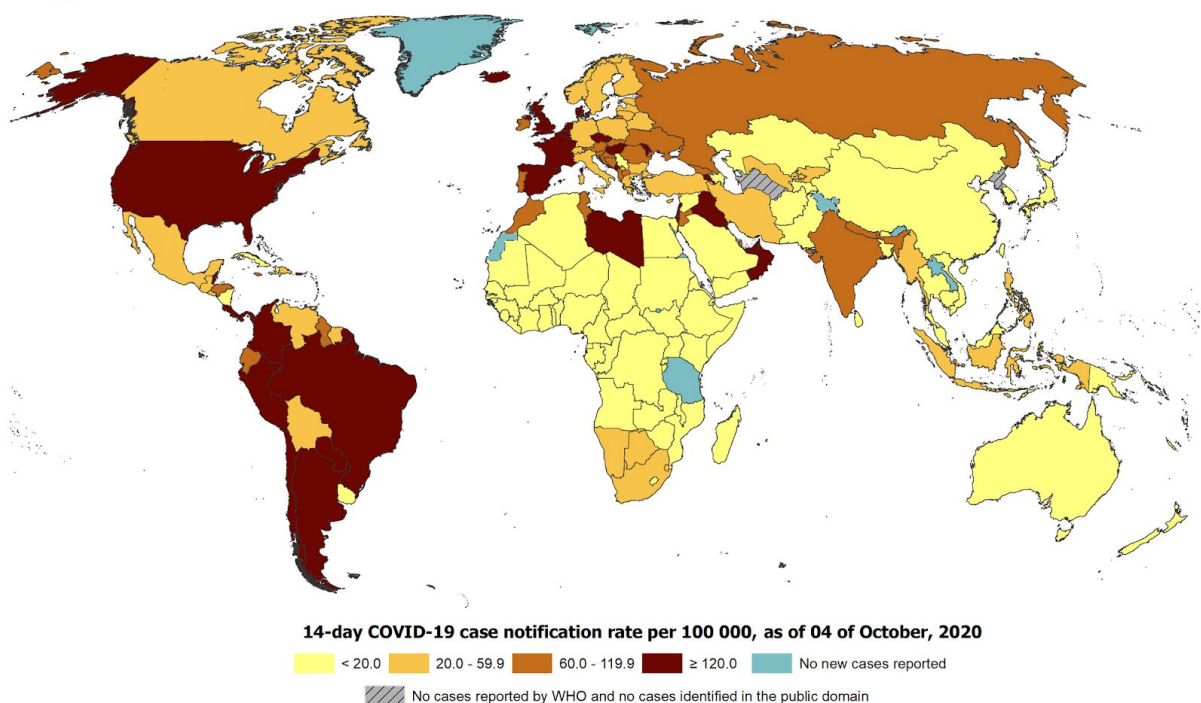
- Rozkład potwierdzonych laboratoryjnie przypadków COVID-19 w EU/EOG i Wielkiej Brytanii wskazuje na coraz poważniejszą sytuację na naszym kontynencie.
- Wskaźnik rejestrowania przypadków zachorowań na COVID-19 w ciągu 14 dni na 100 000 mieszkańców na terenie UE i Wielkiej Brytanii jest alarmujący dla wielu ujętych w zestawieniu krajów.
- Na tym tle Polska nie należy do krajów o najtrudniejszej sytuacji, jednak pod kątem tego wskaźnika sytuacja w Polsce jest gorsza niż m.in. w Niemczech.

## **1.5. Sytuacja epidemiologiczna na świecie**



**Rysunek 9: Góra: Rozkład przypadków COVID-19 na świecie do 4 października 2020 r. w podziale na kontynent. Dół: Rozkład zgonów z powodu COVID-19 na całym świecie do 4 października 2020 r. Wykresy pochodzą z ECDC.**





Administrative boundaries: © EuroGeographics © UN-FAO © Turkstat.

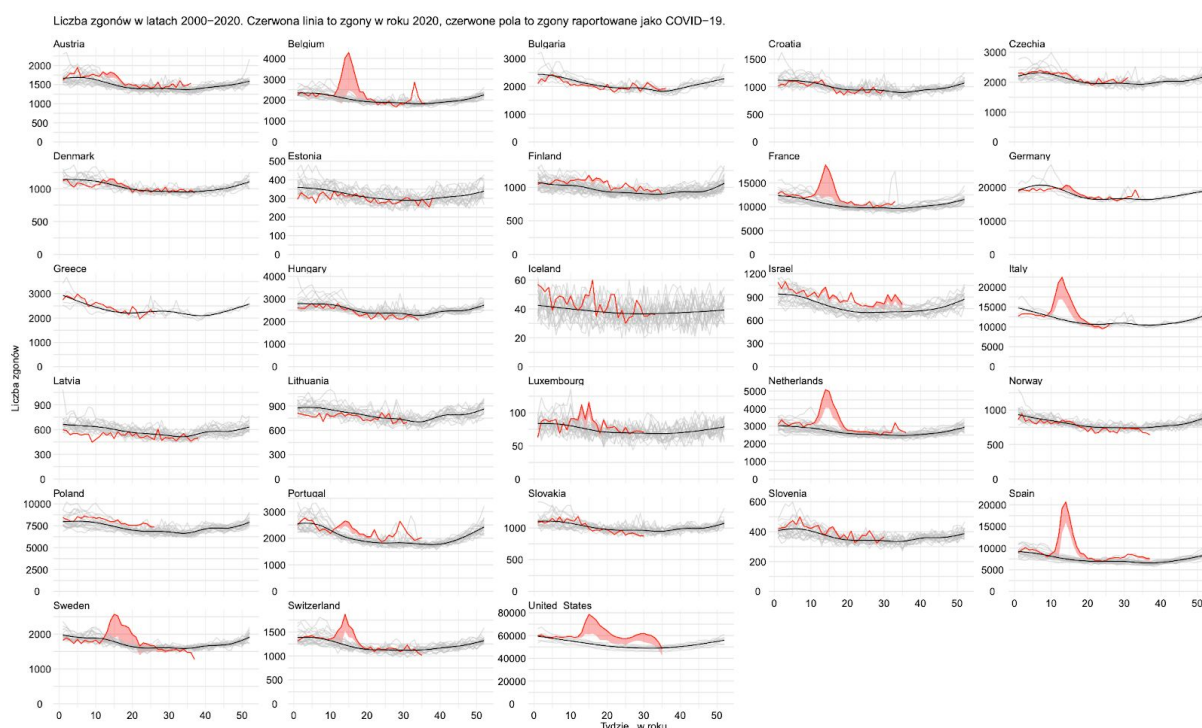
The boundaries and names shown on this map do not imply official endorsement or acceptance by the European Union.

Date of production: 04/10/2020

**Rysunek 10: Rozkład geograficzny 14-dniowej skumulowanej liczby zgłoszonych przypadków COVID-19 na 100 000 mieszkańców na świecie, według stanu na dzień 4 października 2020 r. Wykres pochodzi z ECDC.**

#### Wnioski z Rysunków 9-10:

- Tak jak w Europie, podobna sytuacja jest na całym świecie. Dzienna liczba zgonów w skali świata jest wciąż na bardzo wysokim poziomie, natomiast dzienna liczba zdiagnozowanych przypadków w skali świata w kolejnych tygodniach powoli się zwiększa - obecnie jest na poziomie ok. 300 000 przypadków dziennie.
- Według rozkładu geograficznego 14-dniowej skumulowanej liczby zgłoszonych przypadków COVID-19 na 100 000 mieszkańców na świecie najtrudniejsza sytuacja dotyka obecnie Amerykę Południową. Analiza wykresu nie jest prosta przy uwzględnieniu nierównej dostępności do testowania w różnych krajach.



**Rysunek 11: Zestawienie liczby zgonów w latach 2000-2020 dla różnych krajów. Czerwoną linią zaznaczono zgony w roku 2020, czerwonym polem oznaczono zgony raportowane jako zgony związane z COVID-19. Czarną linią oznaczono wieloletnią wartość średnią tygodniowej liczby zgonów w zależności od tygodnia roku. Na osi X oznaczono kolejne tygodnie roku, na osi Y tygodniową liczbę zgonów. Różne kraje raportują statystyki w różnym tempie, dlatego widoczne są różnice między krajami dotyczące zasięgu czerwonej linii.**

### Wnioski z Rysunku 11:

- Na 28 krajów ujętych w zestawieniu liczby zgonów w latach 2000 - 2020, 8 krajów zaraportowało istotnie wyższą liczbę zgonów w roku 2020.
- Krzywa zgonów w 2020 roku dla przynajmniej 3 krajów (Włochy, Holandia, Hiszpania) wskazuje na znaczne niedoszacowanie zgonów spowodowanych przez COVID-19.
- Polska ma w tym roku przebieg liczby zgonów typowy dla okresu wieloletniego, co w kontekście ujętych w zestawieniu pozostałych krajów pozwala przypuszczać, że przyjęta w naszym kraju reakcja na koronawirusa w pierwszej połowie roku ograniczyła wzrost śmiertelności obserwowany w różnych krajach, które tak szybko nie wprowadziły istotnych restrykcji do życia społecznego.

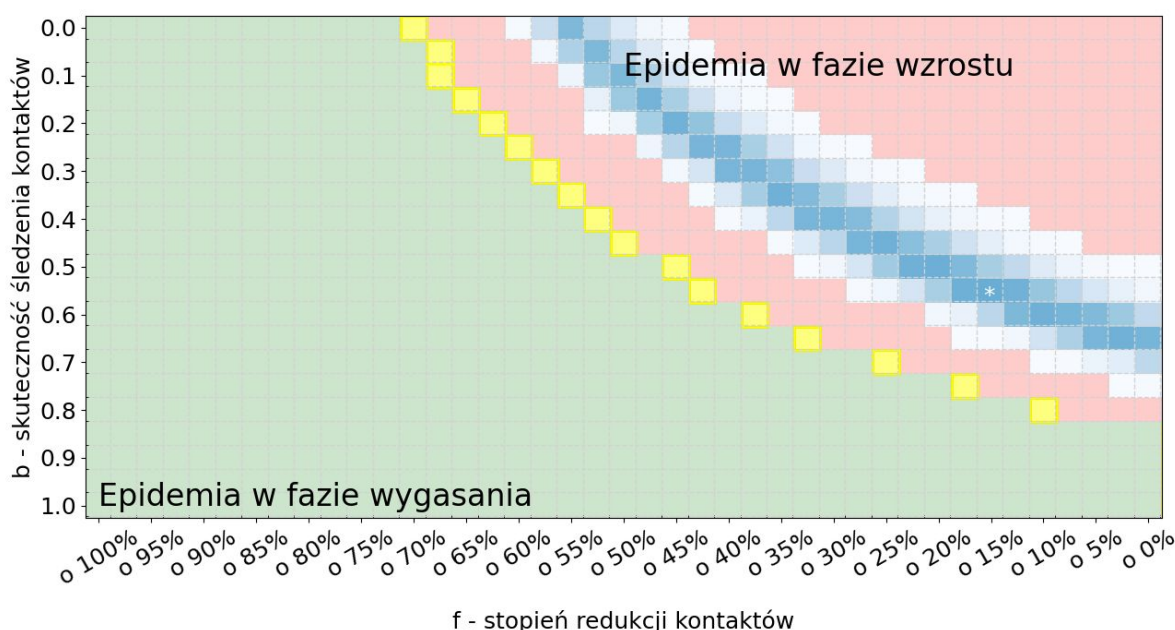
## 2. Wyniki modelowania stanu obecnego

### 2.1. Stan obecny i prognozy krótkoterminowe dla Polski

W naszym modelu mikrosymulacyjnym dynamika stanu epidemii COVID-19 w Polsce opisywana jest przez dwa parametry: skuteczność śledzenia kontaktów  $b$  oraz stopień

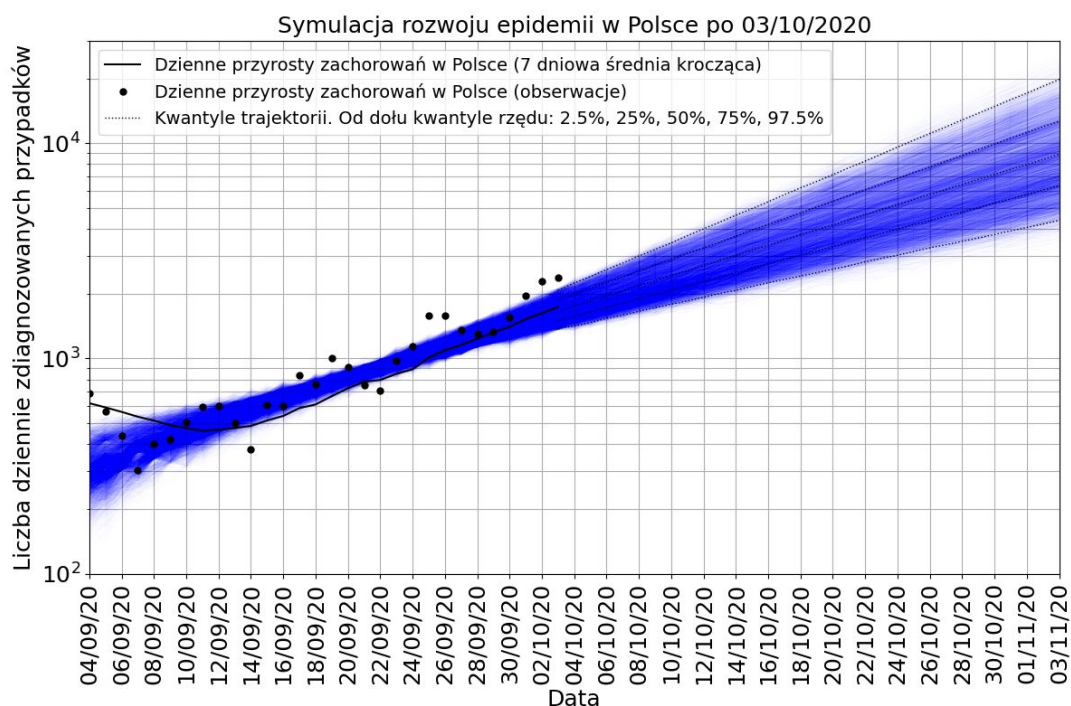
redukcji kontaktów poza gospodarstwem domowym  $f$ . Redukcja kontaktów społecznych jest określana w stosunku do wartości bazowej sprzed wprowadzenia restrykcji w Polsce, czyli sprzed 15/03/2020.

Zastosowano schemat polegający na przeprowadzeniu serii symulacji modelu podstawowego dla pełnego zakresu skuteczności śledzenia kontaktów  $b$ , od 0.0 do 1.0 oraz redukcji transmisji wirusa poza gospodarstwem domowym  $f$ , od redukcji o 100% do braku redukcji. Poprzez redukcję transmisji rozumiemy redukcję szans, że zakażenie zostanie przekazane dalej. Na podstawie wyników symulacji wybrano takie wartości parametrów  $q$  i  $f$ , dla których odnaleziono dopasowanie wyników z symulacji z liczbą zdiagnozowanych w Polsce przypadków zakażenia covid-19. Te parametry najprawdopodobniej opisują stan epidemii w Polsce.

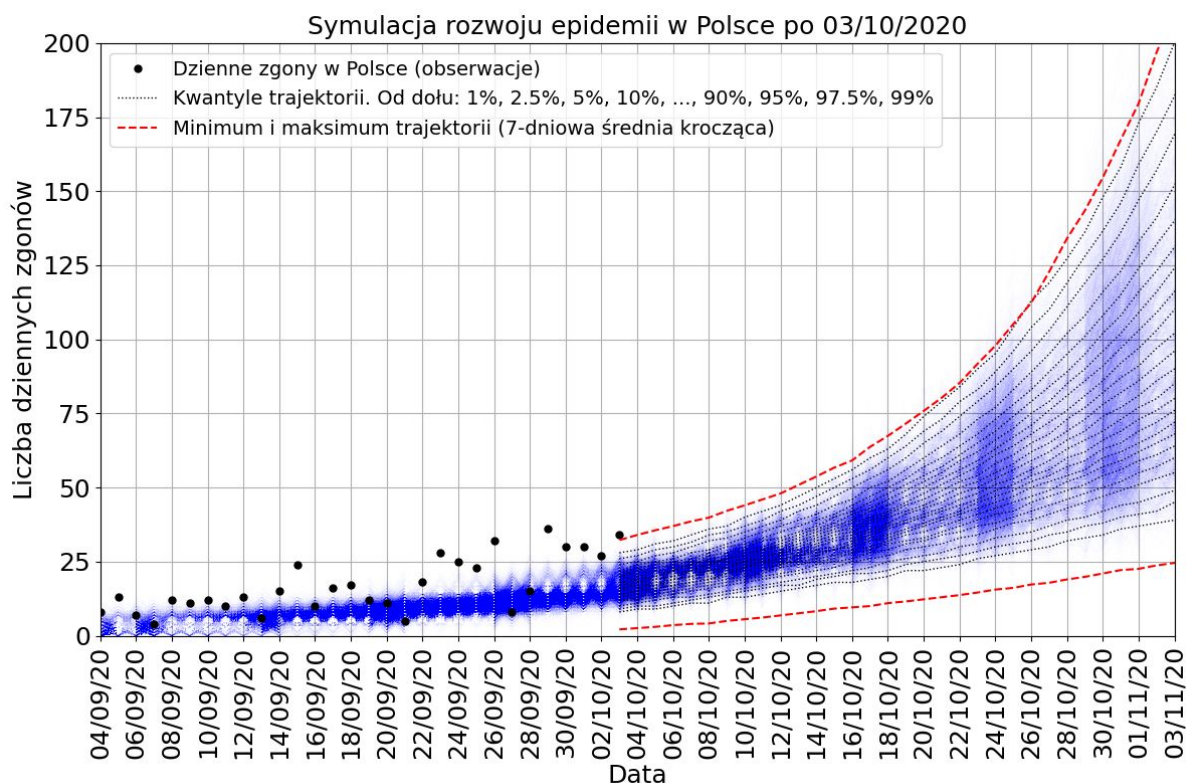


**Rysunek 12: Mapa prawdopodobnych konfiguracji parametrów dla stanu epidemii COVID-19 w Polsce w dniu 03/10/2020.** Odcienie koloru niebieskiego oznaczają prawdopodobne położenie zestawu parametrów. Białą gwiazdką oznaczono miejsce o najwyższym współczynniku prawdopodobieństwa.

Sporządziliśmy prognozę na najbliższy okres dla Polski. W tej analizie założyliśmy, że w przyszłości utrzymane będą te same restrykcje i ten sam poziom testowania jak obecnie.



**Rysunek 13: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych w Polsce do 03/11/2020.** Każda z niebieskich linii odpowiada wynikowi jednej z symulacji modelu, które najlepiej opisywały sytuację w Polsce w ciągu ostatnich kilku tygodni od 04/09/2020. Wiązki krzywych wygenerowano na podstawie modelu mikrosymulacyjnego z modułem śledzenia kontaktów. Dla poprawy czytelności oś y wykresu przedstawiono w skali logarytmicznej.



**Rysunek 14: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zgonów w Polsce do 03/11/2020.** Każda z niebieskich linii odpowiada wynikowi jednej z symulacji modelu, które najlepiej opisywały sytuację w



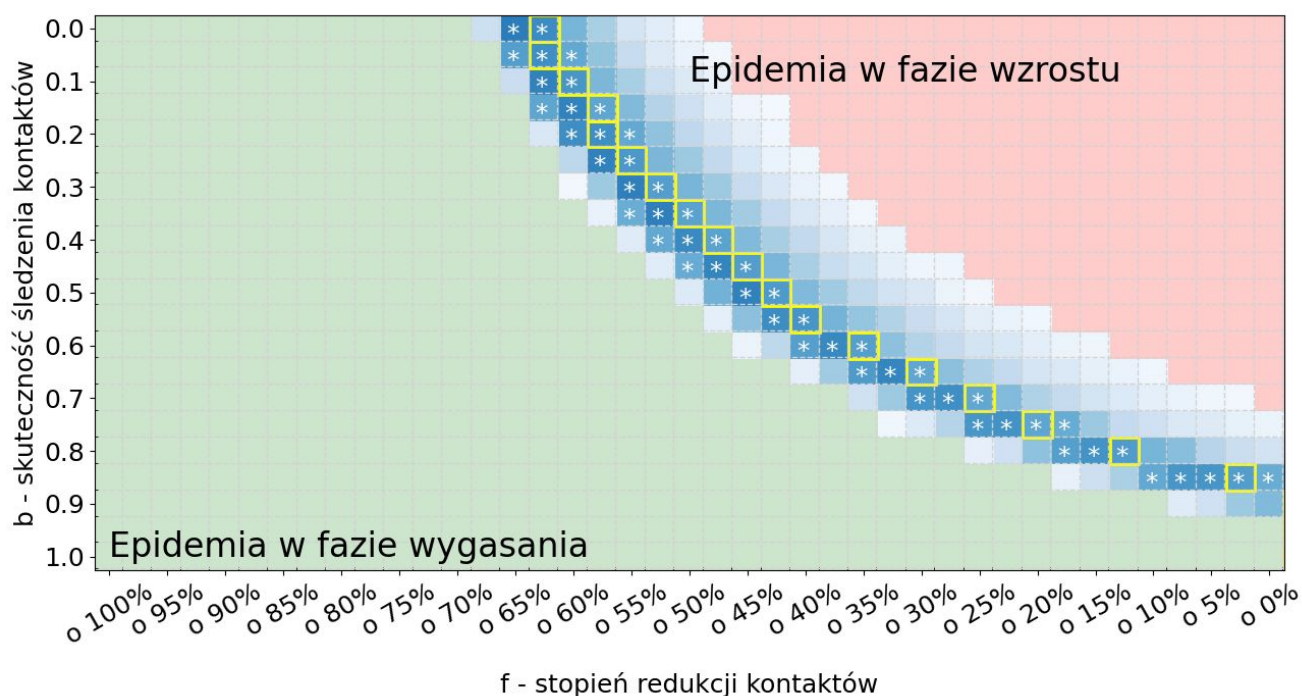
Polsce w ciągu ostatnich kilku tygodni od 04/09/2020. Wiązki krzywych wygenerowano na podstawie modelu mikrosymulacyjnego z modułem śledzenia kontaktów. Oś y przedstawiono w skali liniowej.

### Wnioski z Rysunków 12-14:

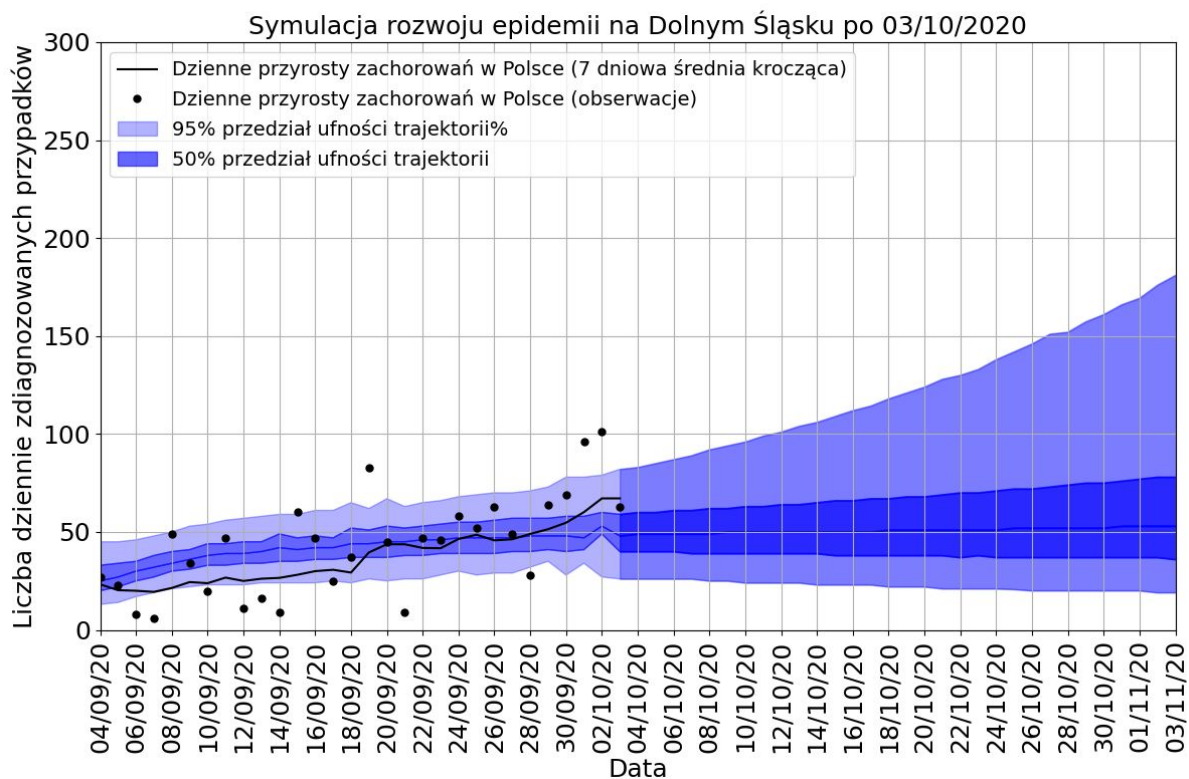
- Epidemia w Polsce według modelu leży w fazie wzrostu.
- Jedną z najbardziej prawdopodobnych wartości redukcji kontaktów w stosunku do szacowanej wartości sprzed 15/03 jest "o 15%" przy skuteczności śledzenia kontaktów na poziomie 55%.
- Przeciętą prognoza wskazuje na szybki wzrost epidemii w Polsce.
- Przy utrzymaniu się epidemii na tym samym poziomie w kolejnych tygodniach:
  - model z prawdopodobieństwem 50% wyznacza ponad 8000 zdiagnozowanych dziennie na początku listopada 2020,
  - z prawdopodobieństwem 50% liczba dziennych zgonów może przekroczyć 70 na początku listopada 2020.

## 2.2. Stan obecny i prognozy krótkoterminowe dla Dolnego Śląska

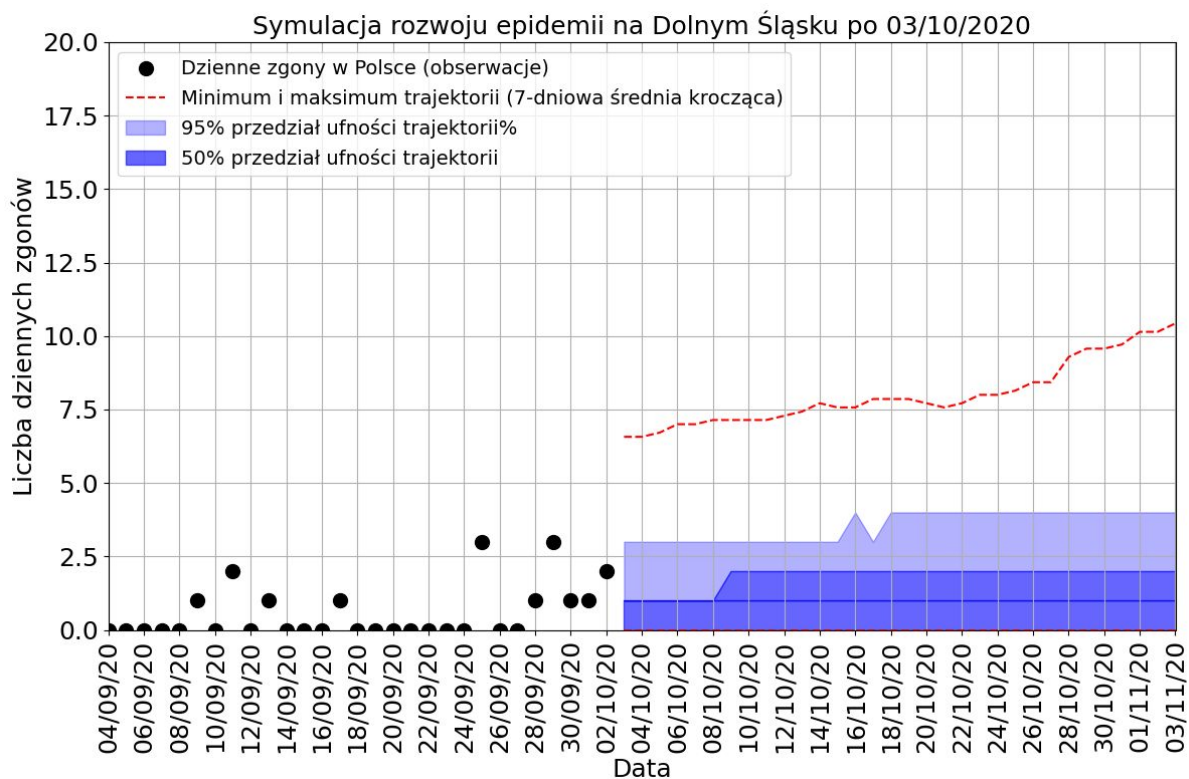
Analogiczne symulacje przeprowadziliśmy dla Dolnego Śląska.



**Rysunek 14: Mapa prawdopodobnych konfiguracji parametrów dla stanu epidemii COVID-19 na Dolnym Śląsku w dniu 03/10/2020.** Odcienie koloru niebieskiego oznaczają prawdopodobne położenie zestawu parametrów.



**Rysunek 15: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych na Dolnym Śląsku do 03/11/2020.** Brązową linią zaznaczono 7-dniową średnią liczbę zdiagnozowanych przypadków na Dolnym Śląsku od 04/09/2020. Każda z linii odpowiada wynikowi jednej z symulacji modelu które najlepiej przybliżały sytuację w regionie w ciągu ostatnich kilku tygodni. Wiązki krzywych wygenerowano na podstawie modelu mikrosymulacyjnego z modułem śledzenia kontaktów.



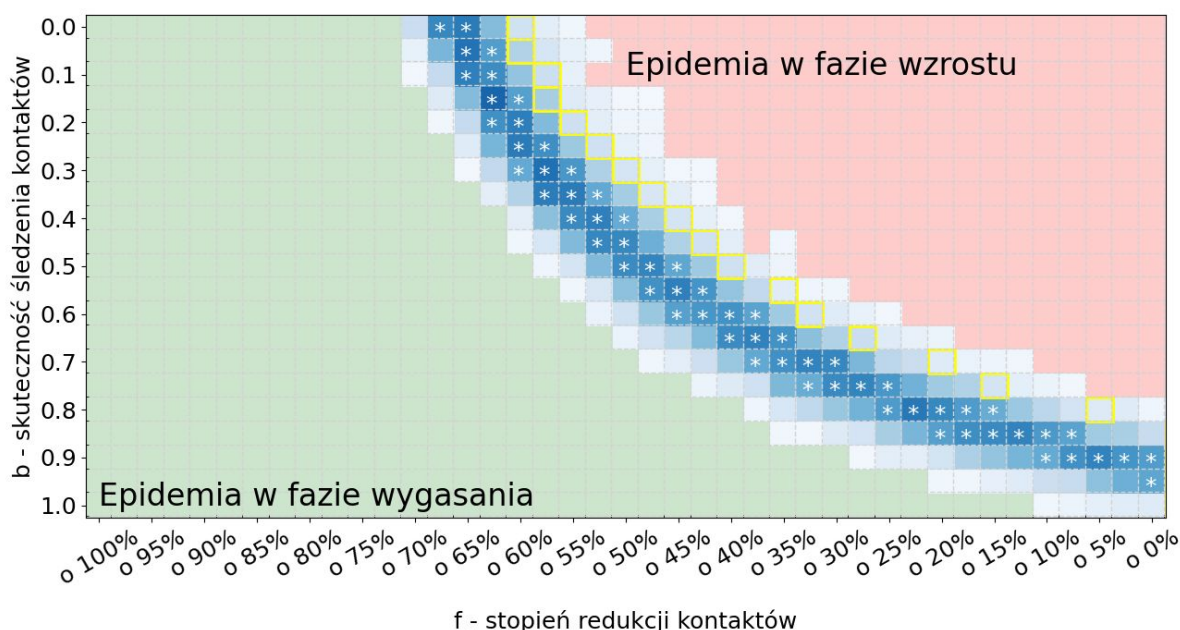


**Rysunek 16: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zgonów na Dolnym Śląsku do 03/11/2020.** Każda z niebieskich linii odpowiada wynikowi jednej z symulacji modelu, które najlepiej opisywały sytuację na Dolnym Śląsku w ciągu ostatnich kilku tygodni od 04/09/2020. Wiązki krzywych wygenerowano na podstawie modelu mikrosymulacyjnego z modułem śledzenia kontaktów.

#### Wnioski z Rysunków 14-16:

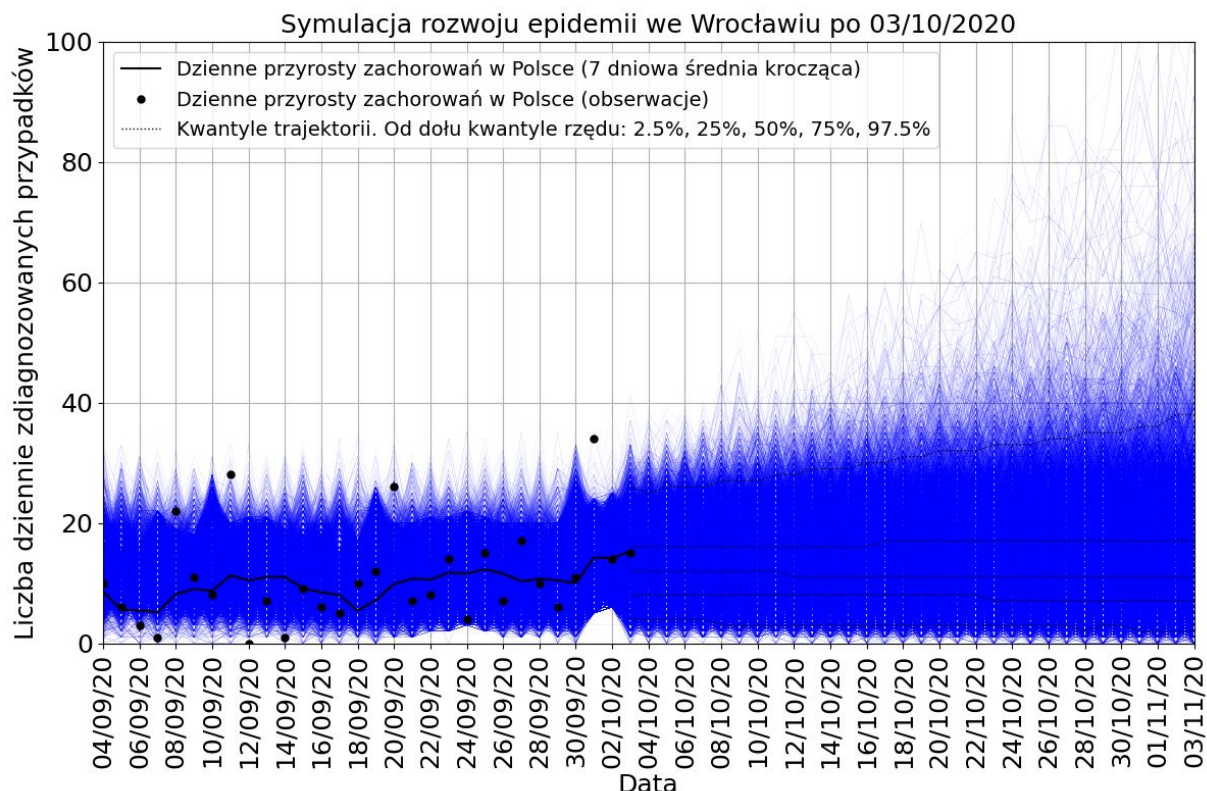
- Sytuacja epidemiologiczna na Dolnym Śląsku znajduje się obecnie najprawdopodobniej na linii krytycznej z lekką przewagą scenariuszy po stronie fazy wzrostu.
- Najbardziej prawdopodobne scenariusze z modelu mikrosymulacyjnego wskazują na dość niski stopień skuteczności śledzenia kontaktów, co oznacza że dość dużo przypadków zakażeń pozostaje nierozpoznanych - należy zrewidować poziom szczegółowości procedury śledzenia kontaktów na terenie Województwa Dolnośląskiego.
- Model wskazuje, że przy utrzymaniu sytuacji na podobnym poziomie w ciągu kolejnego miesiąca na terenie Województwa Dolnośląskiego będziemy notować od 0 do ok. 5 zgonów dziennie.
- Według modelu, w ciągu kolejnego miesiąca w skali Województwa Dolnośląskiego będzie notowanych od ok. 20 do ok. 145 przypadków dziennie (95% przedział ufności na dzień 3/11/2020).

### 2.3. Stan obecny i prognozy krótkoterminowe dla Wrocławia



**Rysunek 17: Mapa prawdopodobnych konfiguracji parametrów dla stanu epidemii COVID-19 we Wrocławiu w dniu 03/10/2020.** Odcienie koloru niebieskiego oznaczają prawdopodobne zestawy parametrów opisujące obecną sytuację epidemiologiczną.

Poniżej przedstawiamy prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych dla Wrocławia.



**Rysunek 18: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych we Wrocławiu do 03/11/2020.** Ciągłą linią zaznaczono 7-dniową średnią liczby zdiagnozowanych przypadków we Wrocławiu od 04/09/2020. Każda z linii odpowiada wynikowi jednej z symulacji modelu które najlepiej przybliżały sytuację w mieście w ciągu ostatnich kilku tygodni. Wiązki krzywych wygenerowano na podstawie modelu mikrosymulacyjnego z modułem śledzenia kontaktów. Czerwona linią oznaczono maksymalną trajektorię.

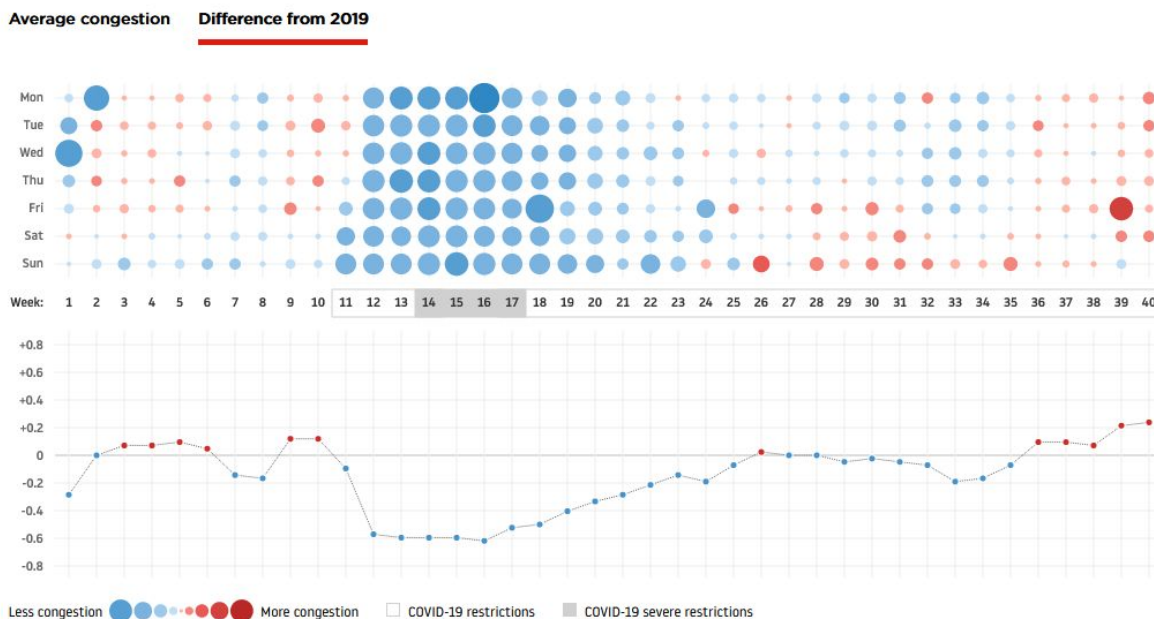
#### Wnioski z Rysunków 17-18:

- Model sugeruje, że we Wrocławiu epidemia znajduje się na linii krytycznej z lekką przewagą scenariuszy wskazujących na epidemię w fazie wygasania.
- Predykcje wskazują, że w ciągu kolejnego miesiąca, przy utrzymaniu dynamiki epidemii na podobnym poziomie (i podobnego poziomu testowania), można spodziewać się od pojedynczych do ok. 40 nowych zdiagnozowanych dziennie (95% przedział ufności).
- 7-dniowa średnia krocząca dla liczby dziennych przyrostów zachorowań we Wrocławiu w ostatnich dniach uległa zwiększeniu, zatem należy powtórzyć podobną analizę za kilka tygodni, by upewnić się co do sytuacji we Wrocławiu.

### 3. Zmiany mobilności

W związku z wyłączeniem raportów mobilnościowych Google w połowie września, raportujemy zmiany na podstawie danych z serwisu TomTom.

#### DAILY AND WEEKLY CONGESTION LEVEL

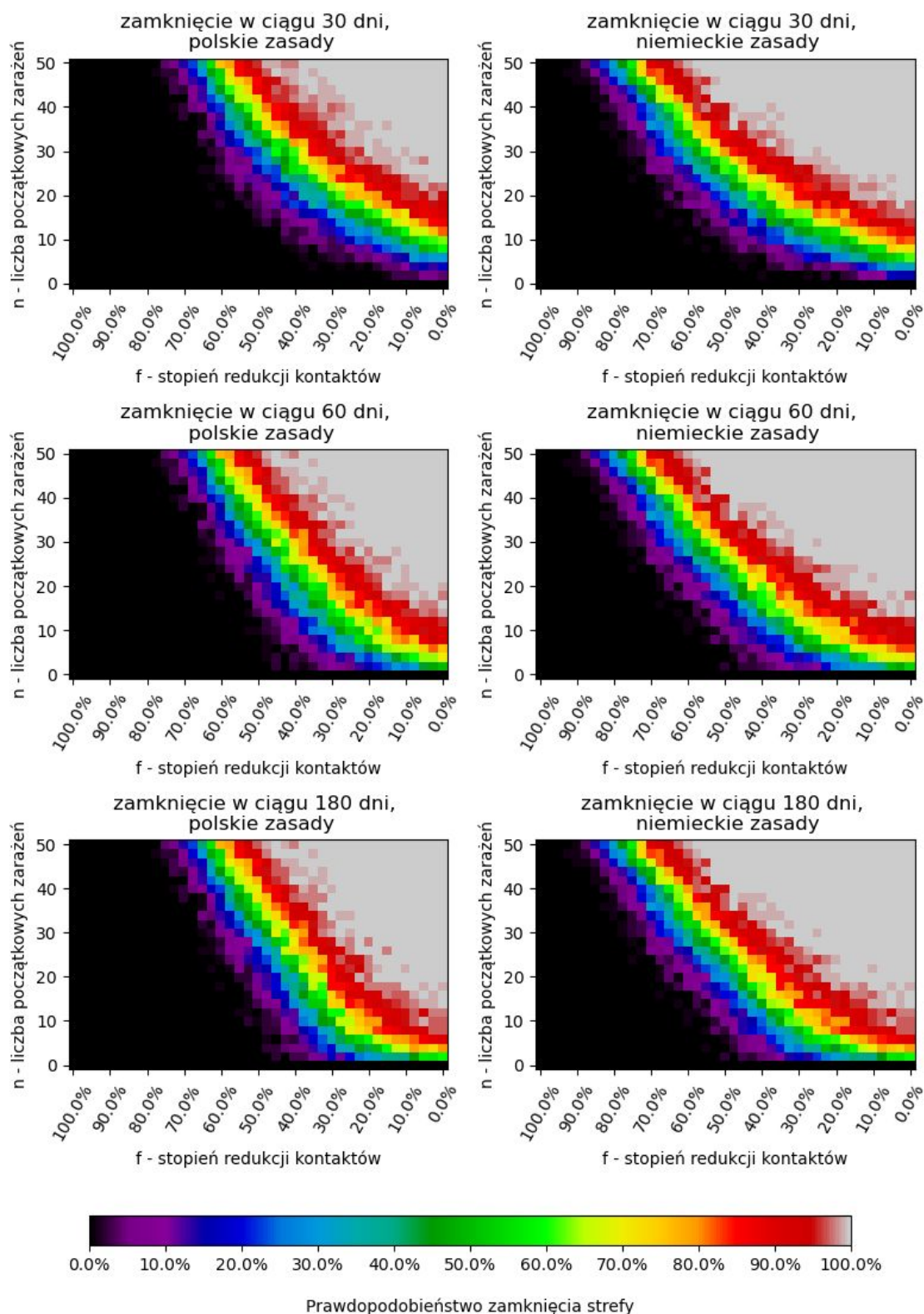


**Rysunek 19:** Raport dotyczący mobilności we Wrocławiu pobrany z serwisu TomTom.

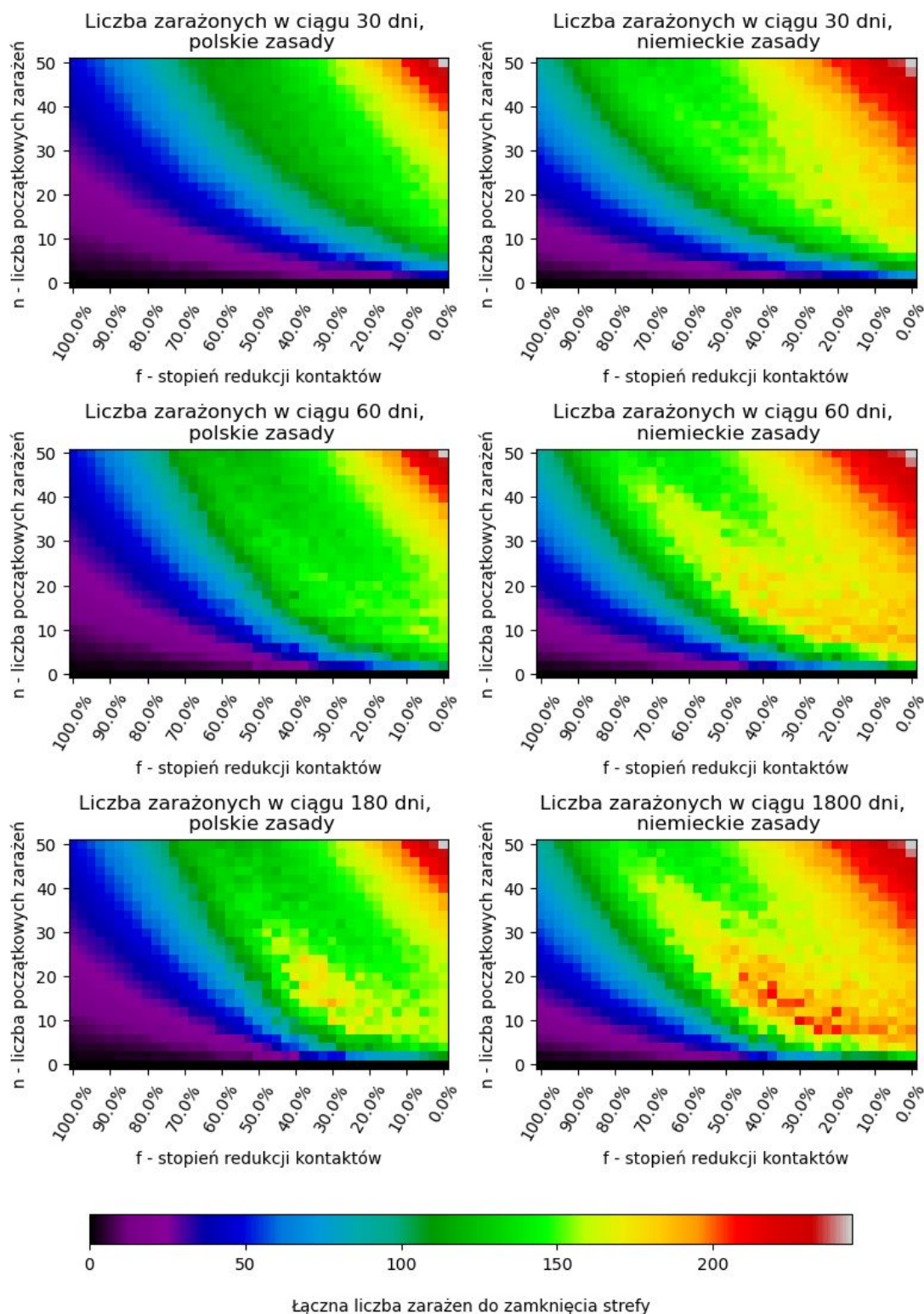
We wrześniu czas przejazdu przez Wrocław samochodem wydłużył się średnio o 12% w stosunku do września 2019, a w ostatnich dwóch tygodniach wartość ta ustabilizowała się na poziomie 120% względem średniego czasu przejazdu przez miasto we wrześniu zeszłego roku. Wykres ten, zestawiony z danymi z Google Mobility Reports o spadku (w stosunku do stycznia 2020) podróży komunikacją zbiorową o 26% w pierwszych dwóch tygodniach września (brak możliwości udostępnienia wyżej wspomnianych danych z Google Mobility Reports) eksperymentalnie obrazuje fakt, że czas przejazdu samochodem przez miasto jest proporcjonalny do tego jak wielu mieszkańców nie podróżuje samochodem.

## 4 Prawdopodobieństwo ogłoszenia strefy czerwonej





**Rysunek 20:** Prawdopodobieństwo ogłoszenia strefy czerwonej we Wrocławiu w zależności od początkowej liczby zarażonych w ciągu 30, 60 lub 180 przy zastosowaniu polskich lub niemieckich (odpowiednio 120 w ciągu dwóch tygodni lub 50 w ciągu tygodnia nowych wykryć na 100 tys. mieszkańców). Obliczenia wykonane dla skuteczności śledzenie kontaktów  $b$  na poziomie 60% oraz wykrywalności lekkich przypadków  $q'$  na poziomie 60%.



**Rysunek 21:** Łączna liczba zarażonych we Wrocławiu aż do ogłoszenia strefy czerwonej, w zależności od początkowej liczby zarażonych w ciągu 30, 60 lub 180 przy zastosowaniu polskich lub niemieckich (odpowiednio 120 w ciągu dwóch tygodni lub 50 w ciągu tygodnia nowych wykryć na 100 tys. mieszkańców). Obliczenia wykonane dla skuteczności śledzenie kontaktów  $b$  na poziomie 60% oraz wykrywalności lekkich przypadków  $q'$  na poziomie 60%.

---

### Wnioski z Rysunków 20-21:

- Z powodu zależności od liczby mieszkańców, duże powiaty, takie jak Wrocław są późno zamykane mimo wystąpienia epidemii w stanie nadkrytycznym.
  - aby temu zapobiec można wprowadzić reguły podobne do niemieckich
- 

## Dodatek A: Metodologia

### Założenia modelu

Wyniki prognozy zależą od założeń co do następujących parametrów:

- **$R^*$  - wskaźnik średniej liczby zakażeń poza gospodarstwem domowym przez jedną osobę zakażoną, zakładając że ta osoba nie została znaleziona w procesie śledzenia kontaktów lub nie została objęta kwarantanną.** Wartość parametru  $R^*$  zanim wprowadzono restrykcje została przez nas estymowana dla Polski na 3.16. Różne środki zapobiegawcze takie jak stosowanie masek w przestrzeni publicznej lub ograniczenie kontaktów redukują ten wskaźnik.
- **$q$  - wykrywalność przypadków o łagodnym przebiegu.** Odzwierciedla efektywność śledzenia kontaktów osób zakażonych poza kontaktami domowymi oraz efekt testowania osób bez znanego powiązania epidemiologicznego. Wykrywalność  $q$  nie obejmuje przypadków ciężkich oraz domowników osób z potwierdzonym zakażeniem (w wyniku procedury związanej z kwarantanną, w tych przypadkach zakładamy 100% wykrywalności). Przykładowo, dla 1000 przypadków o łagodnym przebiegu,  $q=0.2$  oznacza, że 200 z nich byłoby wykrytych.
- **$f$  - stopień redukcji transmisji wirusa poza gospodarstwem domowym.** Ilustruje skuteczność wdrożonych form restrykcji kontaktów społecznych w odniesieniu do wartości bazowej parametru  $R^*$ . Może przyjmować wartość od "o 0%" (brak redukcji kontaktów) do "o 100%" (całkowita redukcja - brak kontaktów skutkujących transmisją wirusa poza gospodarstwem domowym). W symulacjach efekt ten jest osiąganym stopniowo: dojście do zakładanego stopnia redukcji bazowej wartości  $R^*$  zajmuje około tygodnia od momentu ogłoszenia restrykcji.
- **$b$  - prawdopodobieństwo wykrycia kontaktów.** Jest to prawdopodobieństwo zidentyfikowania i dotarcia do każdej osoby, z którą zakażony miał kontakt. Procedura śledzenia kontaktów jest przeprowadzana zarówno w celu zidentyfikowania źródła zakażenia (wstecz), jak i dalszych osób, które potencjalnie mogły się zakażyć (w przód). Procedura powtarzana jest kaskadowo dla kontaktów wykrytych w każdym poprzednim kroku. Opóźnienie pomiędzy kolejnymi krokami śledzenia jest nazywane **opóźnieniem śledzenia**. Przyjmujemy, że śledzenie kontaktów składa się z dwóch etapów: 1) znalezienia kontaktów i poddania ich domostw kwarantannie oraz 2) przeprowadzenie testów, a na każdy z tych etapów



przypada połowa **czasu opóźnienia**. Po udanym wykryciu proces jest powtarzany w celu znalezienia kontaktów dalszego rzędu.

- **q'** - **wykrywalność przypadków o łagodnym przebiegu, niezależna od śledzenia kontaktów**. Parametr ten odpowiada prawdopodobieństwu, że przypadki o łagodnym przebiegu zostaną wykryte dodatkowo, niezależnie od tych przypadków, które zostały wykryte w procedurze śledzenia kontaktów. Dla tych dodatkowo wykrytych łagodnych przypadków procedura śledzenia kontaktów jest przeprowadzana tak samo jak dla wykrytych przypadków poważnych.

## Ograniczenia metodyki

Użyty model nie uwzględnia jeszcze struktury przestrzennej Wrocławia. Każdy proces modelowania dostarcza oszacowania obarczone błędem. Predykcje należy interpretować z rozwagą, pamiętając że obarczone są dużą niepewnością. Predykcje zakładają, że w przyszłości będą utrzymane te same nie zmieni się nic, co mogłoby wpłynąć na zmiany

## Literatura

- [1] Dane NIZP-PZH i Inspekcji Sanitarnej zbierane w Systemie Rejestracji Wywiadów Epidemiologicznych.
- [2] Oficjalny profil Ministerstwa Zdrowia w serwisie twitter [https://twitter.com/MZ\\_GOV\\_PL](https://twitter.com/MZ_GOV_PL)
- [3] Dane znajdujące się w arkuszach tworzonych przez Michała Rogalskiego: "COVID-19 w powiatach" [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Tv6jKMUYdK6ws6SxxAsHVxZbglZfisC8x\\_HZ1jacmBM/edit#gid=295642711](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Tv6jKMUYdK6ws6SxxAsHVxZbglZfisC8x_HZ1jacmBM/edit#gid=295642711) oraz "COVID-19 w Polsce" [https://docs.google.com/spreadsheets/u/0/d/1ierEhD6gcq51HAm433knjnVwey4ZE5DCnu1bW7PRG3E/htmlview?pru=AAABcgzx8yc\\*Hol4lOwVhsq7jnb5RrD7rw#](https://docs.google.com/spreadsheets/u/0/d/1ierEhD6gcq51HAm433knjnVwey4ZE5DCnu1bW7PRG3E/htmlview?pru=AAABcgzx8yc*Hol4lOwVhsq7jnb5RrD7rw#)
- [4] Statystyki dotyczące covid-19 zbierane przez European Centre for Disease Prevention and Control <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/situation-updates> (dostęp 4.10.2020)
- [5] Statystyki dotyczące zgonów w różnych krajach udostępnione na stronie <https://www.mortality.org/>
- [6] Raport dotyczący mobilności z serwisu TomTom [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/wroclaw-traffic/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/wroclaw-traffic/) (dostęp 4.10.2020)

*Autorzy pracy pragną podziękować za możliwość korzystania z infrastruktury obliczeniowej Wrocławskiego Centrum Sieciowo-Superkomputerowego, na potrzeby realizowanych przez nich działań badawczych, których wynikiem jest m.in. powyższa publikacja.*