

Epidemia COVID-19: Analiza sytuacji bieżącej i prognozy krótkoterminowe

Raport grupy MOCOS dla Wrocławia i Dolnego Śląska, 04/06/2020

Marek Bawiec, Marcin Bodych, Tyll Krüger*, Agata Migalska,
Tomasz Ożański, Piotr Szymański, grupa MOCOS*

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

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

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 w Polsce prawdopodobnie jest obecnie na krzywej krytycznej, natomiast na Dolnym Śląsku – w stanie wygasania blisko krzywej krytycznej**. Analizę danych o liczbie zdiagnozowanych przedstawiliśmy w Rozdziale 1, natomiast szczegółową analizę sytuacji epidemiologicznej wraz z prognozami krótkoterminowymi dla Wrocławia i Dolnego Śląska zamieściliśmy w Rozdziale 2.

Epidemia, która znajduje się na krzywej krytycznej, charakteryzuje się stałą liczbą nowych zakażeń w ustalonej jednostce czasu (np. w ciągu tygodnia). Jednocześnie, trwa najdłużej - do momentu znalezienia szczepionki lub do momentu osiągnięcia odporności stadnej w populacji.

Fakt, że epidemia nie znajduje się już w fazie wzrostu wskazuje, że dotychczasowe działania w kierunku zwalczania epidemii były skuteczne. Umieszczenie epidemii na

krzywej krytycznej przypomina umiejscowienie na krawędzi, skąd łatwo przechylić się zarówno w stronę fazy wygasania, jak i fazy wzrostu. Nie jest zatem wskazane aby zachowania prewencyjne stosowane dotychczas zmieniać. Należałoby te działania wręcz zintensyfikować, aby maksymalnie skrócić czas trwania epidemii i zminimalizować jej negatywne konsekwencje społeczno-ekonomiczne.

Do skutecznego zwalczania epidemii konieczne jest połączenie wyťažonych działań w kierunku wykrywalności kontaktów, szybkości wykrywania kontaktów, oraz redukcji kontaktów społecznych – nazywamy tę strategię strategią “Testuj, Trop, Redukuj” (#TestTraceReduce).

Stąd, po pierwsze, z uwagą należy obserwować zmiany aktywności społecznej i badać ewentualny wpływ tych zmian na dynamikę rozwoju epidemii koronawirusa na Dolnym Śląsku i we Wrocławiu. Analizie zmian mobilności według danych udostępnionych przez Google i Apple poświęcony został rozdział trzeci dokumentu. Obserwowany jest istotny wzrost mobilności we wszystkich obszarach życia, szczególnie w ruchu pieszym i samochodowym, zarówno w celach rekreacyjnych, jak i zarobkowych.

Wzrost mobilności społeczeństwa przekłada się na zwiększenie liczby kontaktów społecznych i tym samym na większe ryzyko zakażenia. W rozdziale czwartym analizujemy liczbę zakażeń pod kątem źródła, w szczególności badamy czy poza ogniskami zakażeń (takimi jak DPS, ZOL, szpitale) liczba zakażonych spada w regionie. Jednocześnie, zwracamy uwagę na łatwość rozprzestrzeniania się wirusa w obiektach zamkniętych, w których przebywa wiele osób jednocześnie, powodując nie tylko dużą liczbę nowych zachorowań, lecz jeszcze większą liczbę osób, które trzeba poddać kwarantannie. Zakładom pracy, które mają możliwość utrzymywania systemu zmianowego lub pracy zdalnej, zalecamy pozostanie przy tych rozwiązaniach, natomiast wszystkim zalecamy korzystanie ze środków ochrony w okolicznościach wymagających kontaktów międzyludzkich.

Po drugie, istotne jest intensyfikowanie działań w kierunku zwiększenia skuteczności wykrywania łagodnych przypadków, a tym samym redukcję dalszego rozprzestrzeniania się wirusa. Rozdział 5 poświęciliśmy zatem na ocenę wykrywalności łagodnych przypadków wraz z jej wpływem na całkowitą liczbę zakażonych w populacji. Zgodnie z naszymi analizami, w ciągu ostatnich dwóch miesięcy nastąpił istotny wzrost skuteczności wykrywania łagodnych przypadków, co mogło zrekompensować konsekwencje poluzowania ograniczenia kontaktów.

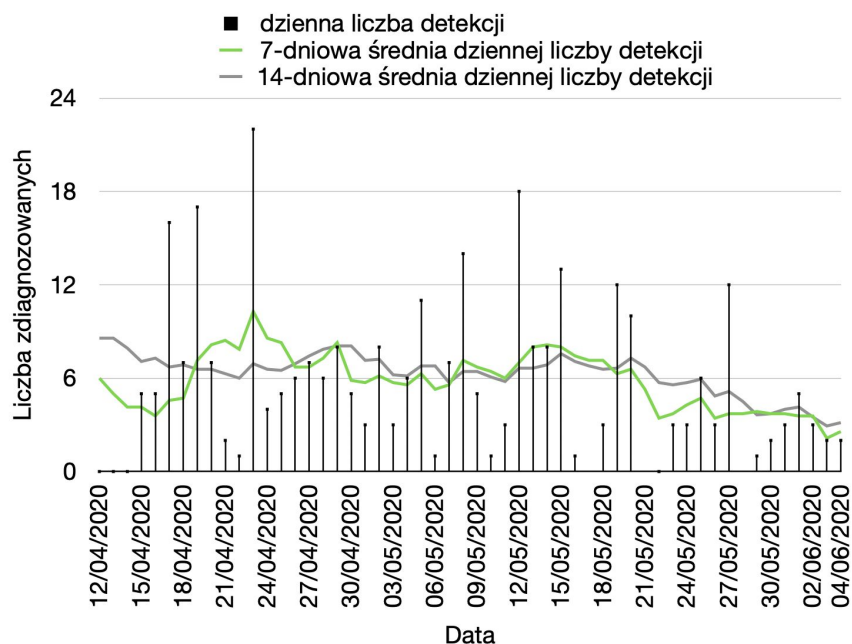
Rekomendujemy kontynuowanie działań w kierunku szerokiego testowania na obecność wirusa, szybkiego i skutecznego śledzenia kontaktów oraz ograniczania kontaktów społecznych. Szczególnie podkreślamy znaczenie ograniczania kontaktów społecznych, przestrzeganie minimalnej odległości pomiędzy ludźmi oraz stosowanie środków prewencyjnych (maseczki, dezynfekcja), ponieważ są to sposoby na zwalczanie epidemii, na które mamy bezpośredni wpływ.

Spis treści

Wstęp	1
1. Aktualna sytuacja epidemiologiczna	4
2. Wyniki modelowania stanu obecnego	9
3. Zmiany mobilności	15
4. Ogniska zakażeń	17
5. Ocena wykrywalności łagodnych przypadków	18
5.1 Wykrywalność przypadków o łagodnym przebiegu w czasie	18
5.2 Wpływ stopnia redukcji kontaktów i skuteczności wykrywania przypadków o łagodnym przebiegu dla zadanych realistycznych wartości skuteczności śledzenia kontaktów na rozwój epidemii	20
Dodatek A: Metodologia	21

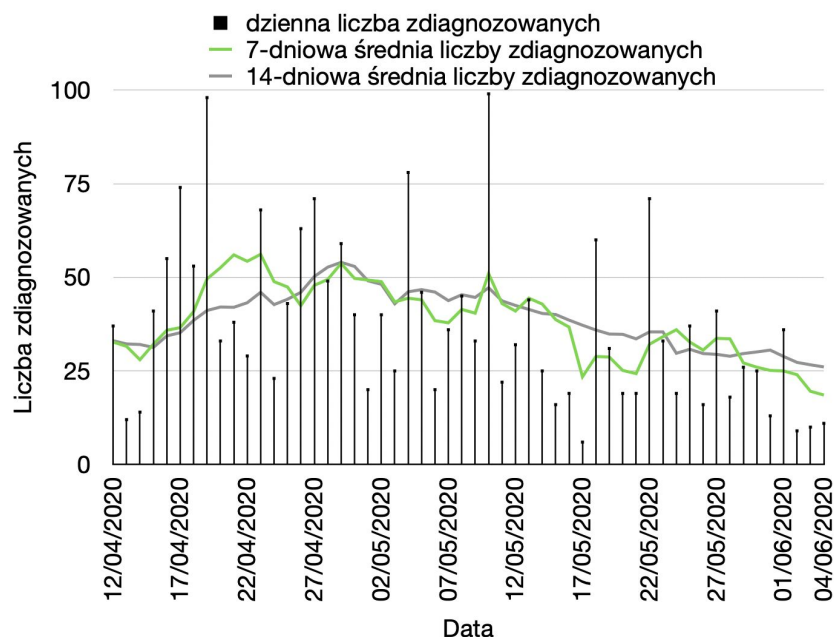
1. Aktualna sytuacja epidemiologiczna

Dane epidemiologiczne dotyczące liczby zdiagnozowanych przypadków na przestrzeni ostatnich dni wskazują, że trend liczby nowych zdiagnozowanych przypadków we Wrocławiu jest w ostatnich dwóch tygodniach powoli spada z poziomu średnio 6-7 przypadków dziennie do poziomu ok. 3 przypadków dziennie.



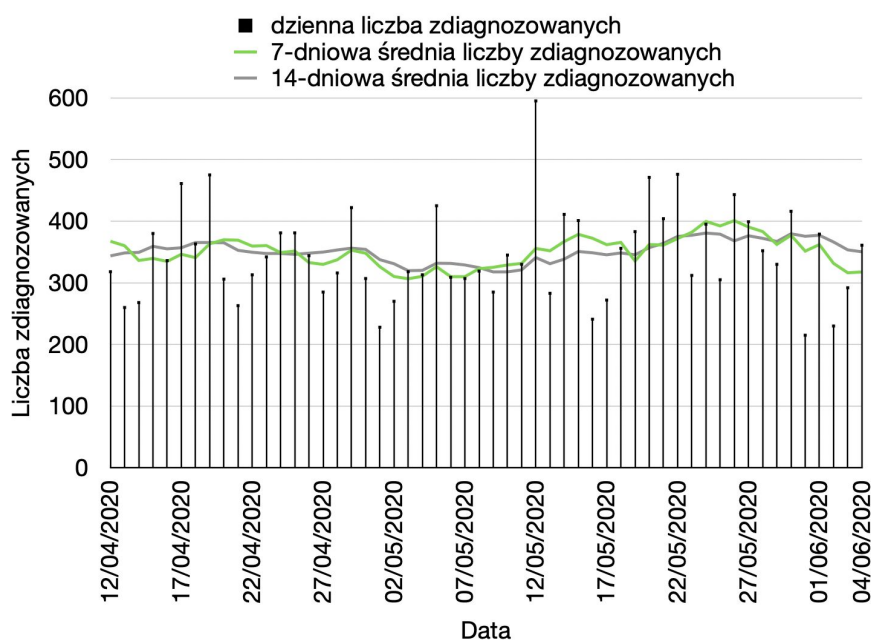
Rysunek 1: Liczba zdiagnozowanych od 12/04/2020 do 04/06/2020 we Wrocławiu w ujęciu dziennym oraz średnim na podstawie 7- i 14-dniowych średnich.

Sytuacja epidemiologiczna na Dolnym Śląsku również w ostatnich tygodniach poprawia się zmniejszając się z poziomu ok 45-50 przypadków dziennie do 20-30 przypadków dziennie, biorąc pod uwagę uśrednioną liczbę zdiagnozowanych.



Rysunek 2: Liczba zdiagnozowanych od 12/04/2020 do 04/06/2020 na Dolnym Śląsku w ujęciu dziennym oraz średnim na podstawie 7- i 14-dniowych średnich.

Sytuacja epidemiologiczna w Polsce w ostatnich tygodniach nie uległa jeszcze widocznej poprawie pod kątem liczby zdiagnozowanych dziennie przypadków.



Rysunek 3: Liczba zdiagnozowanych od 12/04/2020 do 04/06/2020 w Polsce w ujęciu dziennym oraz średnim na podstawie 7- i 14-dniowych średnich.

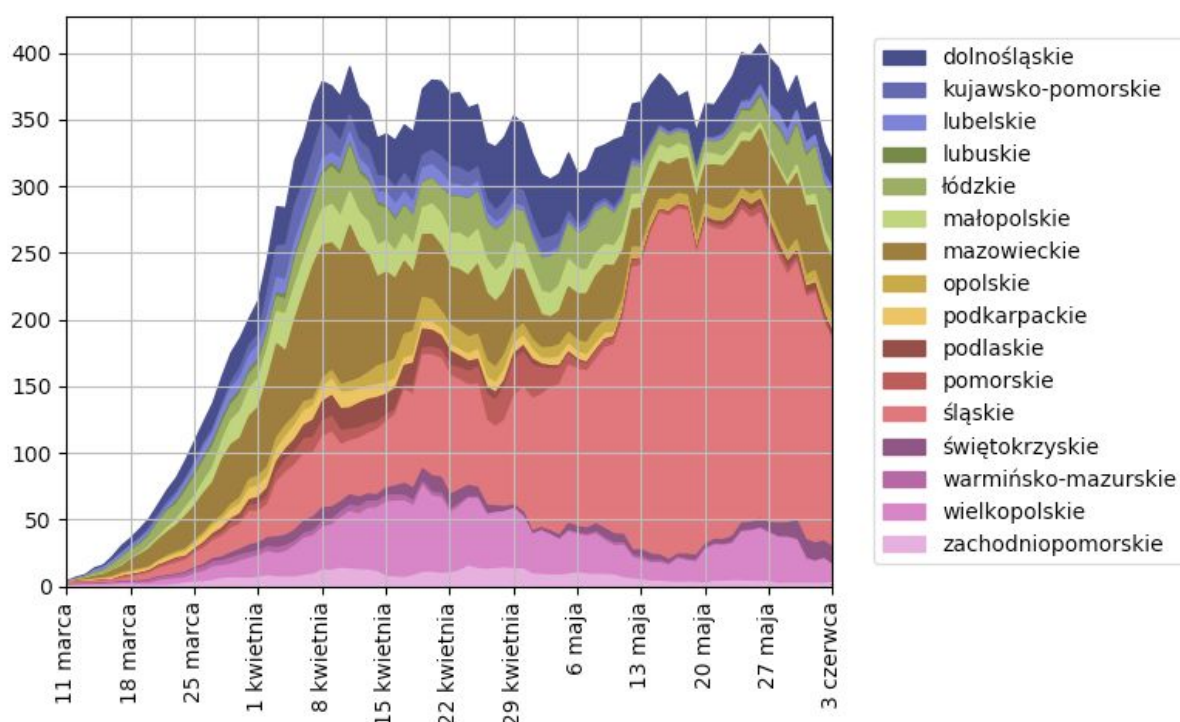
Wnioski z Rysunków 1-3:

- Dane epidemiologiczne dotyczące liczby zdiagnozowanych przypadków na przestrzeni ostatnich dni wskazują, że trend liczby nowych zdiagnozowanych

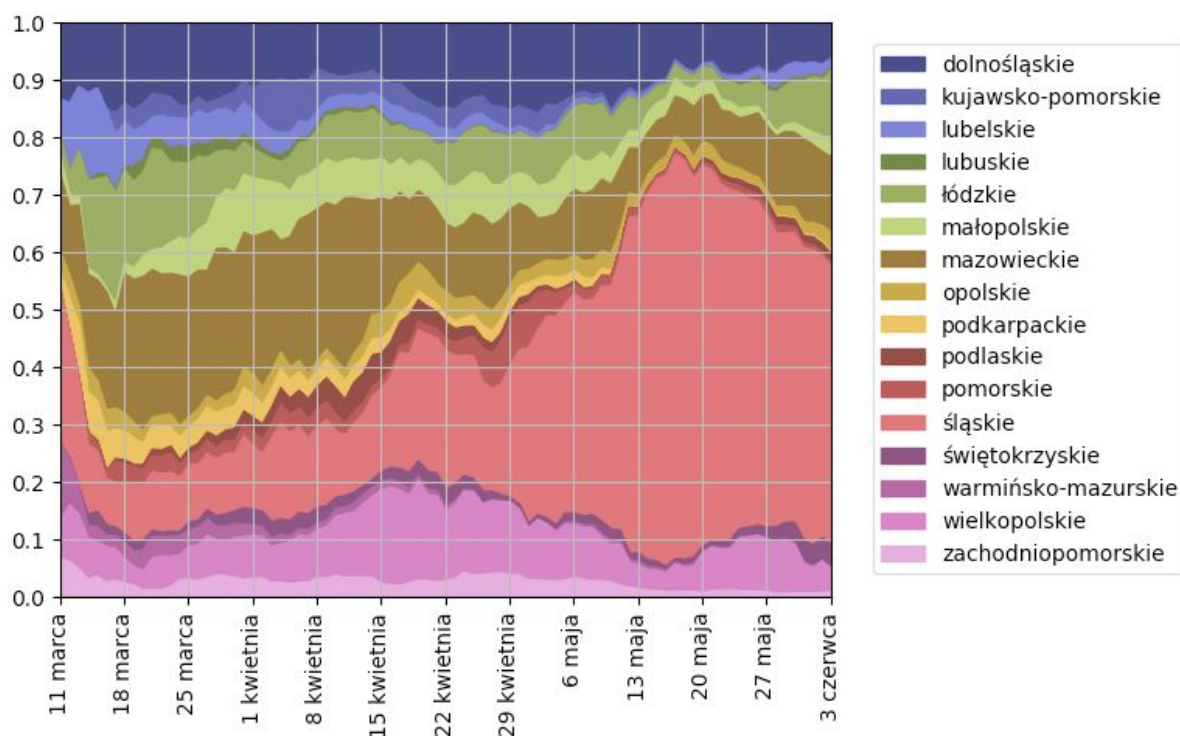
przypadków we Wrocławiu w ostatnich dwóch tygodniach powoli spada z poziomu średnio 6-7 przypadków dziennie do poziomu ok. 3 przypadków dziennie.

- Sytuacja epidemiologiczna na Dolnym Śląsku również w ostatnich tygodniach poprawia się zmniejszając się z poziomu ok 45-50 przypadków dziennie do 20-30 przypadków dziennie, biorąc pod uwagę uśrednioną liczbę zdiagnozowanych.
- Sytuacja epidemiologiczna w Polsce w ostatnich tygodniach nie uległa widocznej poprawie.

Stan krytyczny bądź bliski krytycznemu epidemii dobrze ilustrują dane o dziennych liczbach zdiagnozowanych przypadków w Polsce.



Rysunek 4: Zmiana liczby zdiagnozowanych w czasie z podziałem na poszczególne województwa – średnia siedmiodniowa. Szerokość każdego koloru jest proporcjonalna do liczby osób zdiagnozowanych danego dnia.

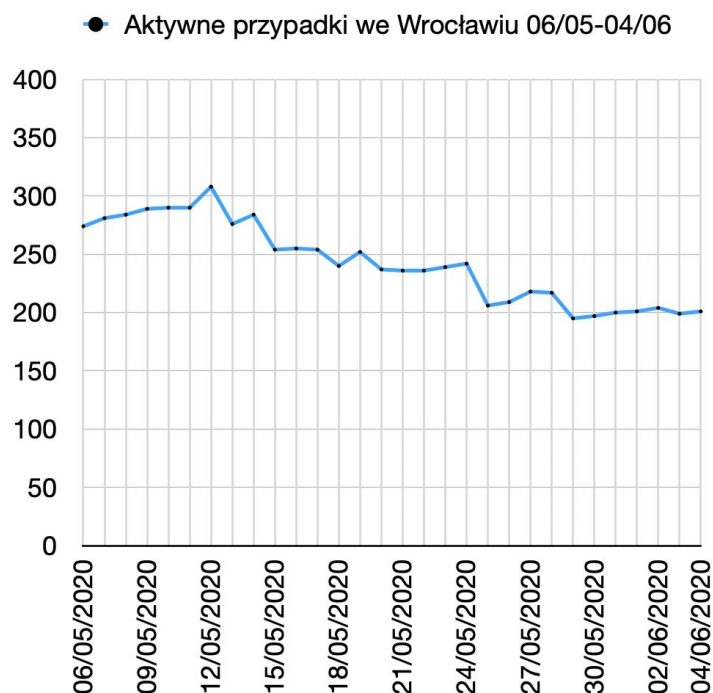


Rysunek 5: Udział liczby nowych zdiagnozowanych w województwach w stosunku do łącznej liczby zakażeń w kraju. Szerokość każdego koloru jest proporcjonalna do liczby osób zdiagnozowanych danego dnia.

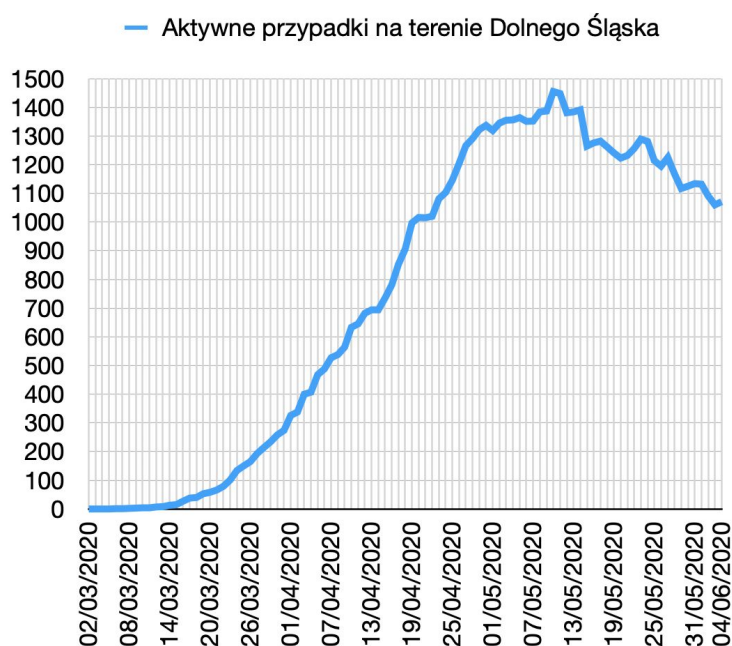
Wnioski z Rysunków 4 i 5:

- Do około 10 kwietnia widać było wyraźny trend wzrostowy dziennych liczb przypadków w województwach. Po tym dniu liczby te ustabilizowały się.
- W okresie od 10 maja do około 25 maja obserwowane było zwiększenie średniej liczby zdiagnozowanych z 7 dni, co może mieć związek z odkryciem ognisk epidemii wśród górników oraz zwiększoną mobilnością Polaków. Największy trend wzrostowy widoczny jest na Śląsku
- Od 25 maja liczba nowo-zdiagnozowanych przypadków w większości województw, w tym województwie dolnośląskim, nie wzrasta. Wyraźne zwiększenie dziennej liczby nowych przypadków jest widoczne tylko w woj. łódzkim i świętokrzyskim, natomiast zmniejszenie liczby nowych przypadków - w woj. śląskim.

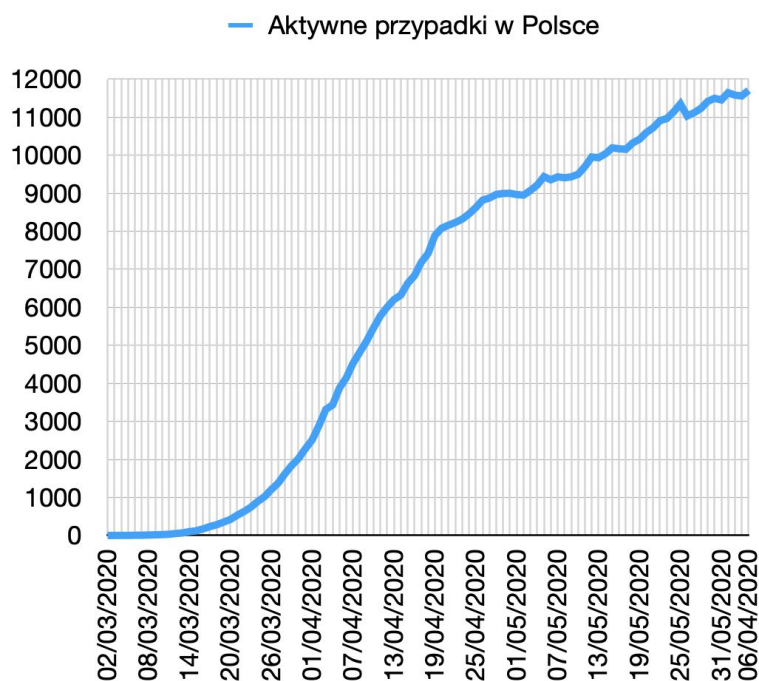
Aktywne przypadki liczone są poprzez odjęcie od liczby przypadków zdiagnozowanych liczby zmarłych oraz wyleczonych z COVID-19. Wskaźnik ten raportowany jest przez Ministerstwo Zdrowia [5] oraz publikowany dla Dolnego Śląska na [7]. Dla Wrocławia wskaźnik raportowany jest co kilka dni przez Wojewodę [6] począwszy od 6/05/2020.



Rysunek 6: Aktywne przypadki zachorowań na terenie Wrocławia od 06/05/2020 do 04/06/2020.



Rysunek 7: Aktywne przypadki zachorowań na terenie Dolnego Śląska od 02/03/2020 do 04/06/2020..

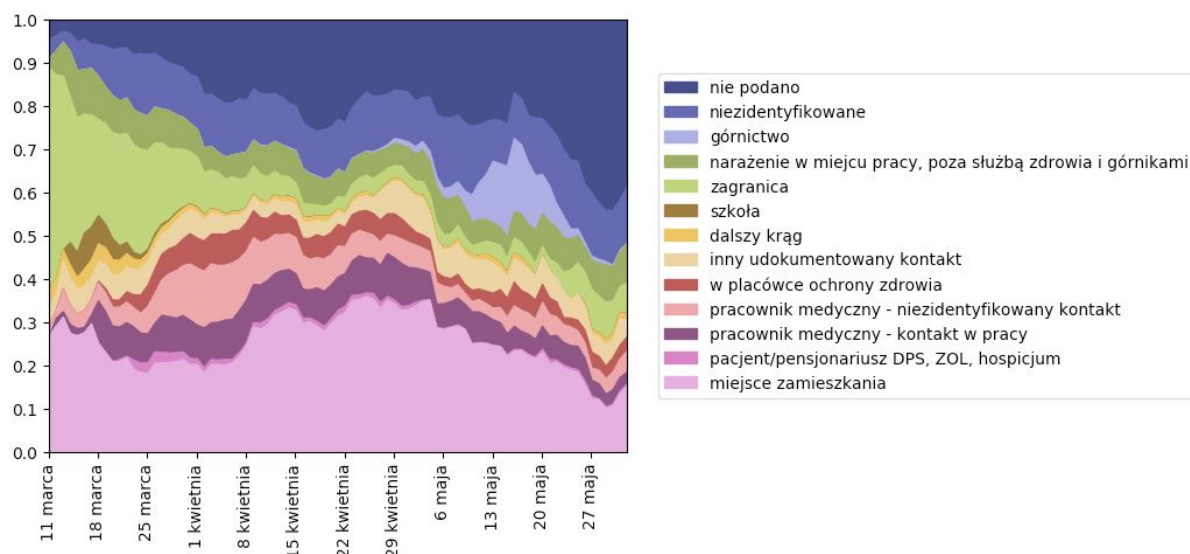


Rysunek 8: Aktywne przypadki zachorowań na terenie Polski od 02/03/2020 do 04/06/2020.

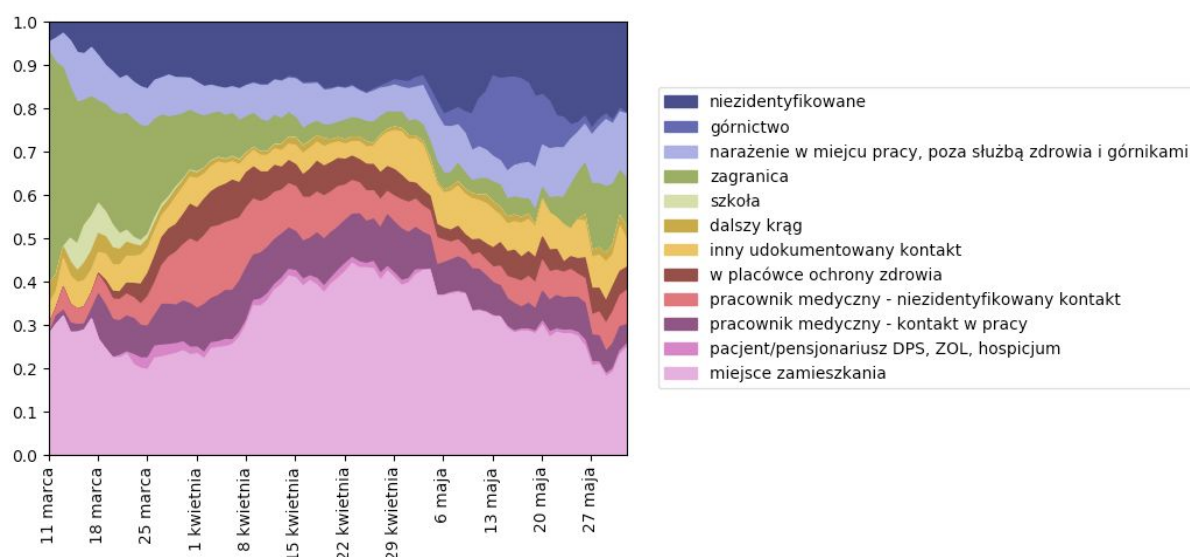
Wnioski z Rysunków 6-8:

- Liczba aktywnych przypadków we Wrocławiu w okresie 06/05/2020-04/06/2020 powoli spada do poziomu około 200 przypadków dziennie.
 - Na Dolnym Śląsku do około 10/04/2020 widać było wyraźny trend wzrostowy liczby aktywnych przypadków. Po tym dniu widoczny jest stopniowy spadek liczby aktywnych przypadków.
 - Do połowy kwietnia liczba aktywnych przypadków w Polsce rosła dość szybko, natomiast od połowy kwietnia tempo wzrostu spadło. Niestety, liczba aktywnych przypadków w Polsce wciąż wykazuje tendencję wzrostową.
-

A



B



Rysunek 9: Udział różnych źródeł zakażeń w Polsce wśród wszystkich analizowanych zakażeń w czasie od początku epidemii do 2 czerwca (średnia siedmiodniowa). Szerokość każdego koloru jest proporcjonalna do części wszystkich zakażeń w danym dniu. A) uwzględnia niepodane B) bez niepodanych

Wnioski z Rysunku 9:

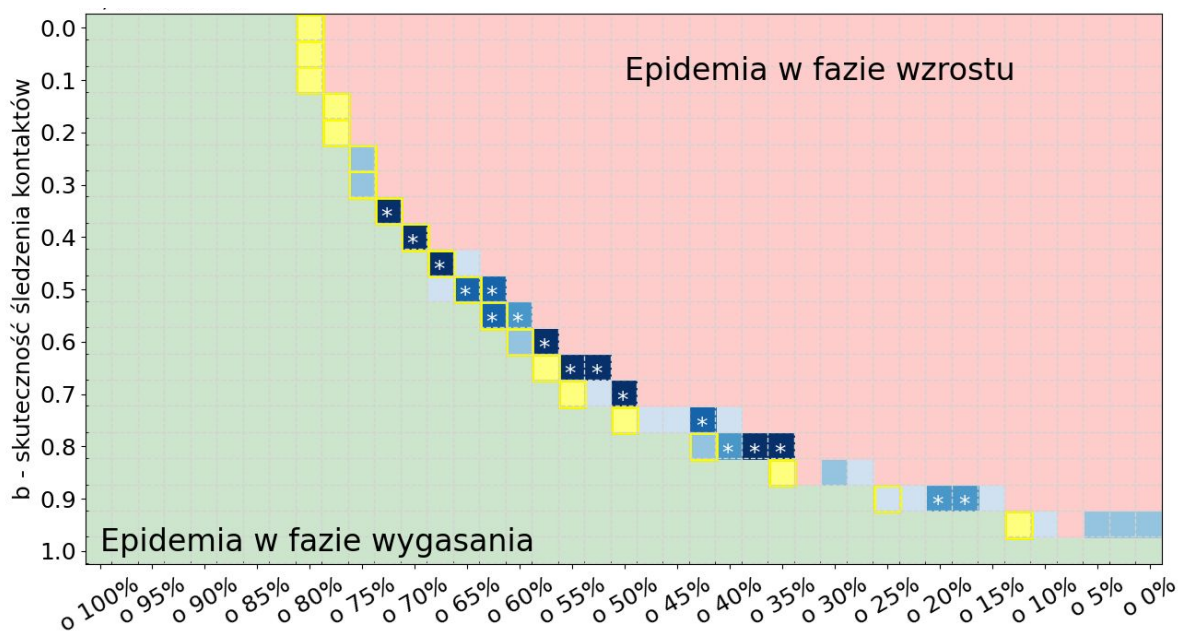
- Zakażenia wewnątrz domu są najczęstszą przyczyną spośród wszystkich zakażeń (ok. 30%), co potwierdza nasze przekonanie, że infekcje domowe odgrywają ważną rolę w epidemii (nawet jeśli wskaźnik zachorowań w gospodarstwie domowym jest niski) a nie są dotknięte środkami zaradczymi.

- Widzimy również, że liczba zakażeń w opiece zdrowotnej nieco się zmniejsza, prawdopodobnie ze względu na fakt, że odsetek hospitalizowanych pacjentów zmniejsza się, a ochrona pracowników służby zdrowia poprawia się.
- Kontakty w miejscu pracy mają największy udział wśród zakażeń poza gospodarstwem domowym (oprócz niepodanych). Ten udział będzie prawdopodobnie wzrastać w przyszłości.

2. Wyniki modelowania stanu obecnego

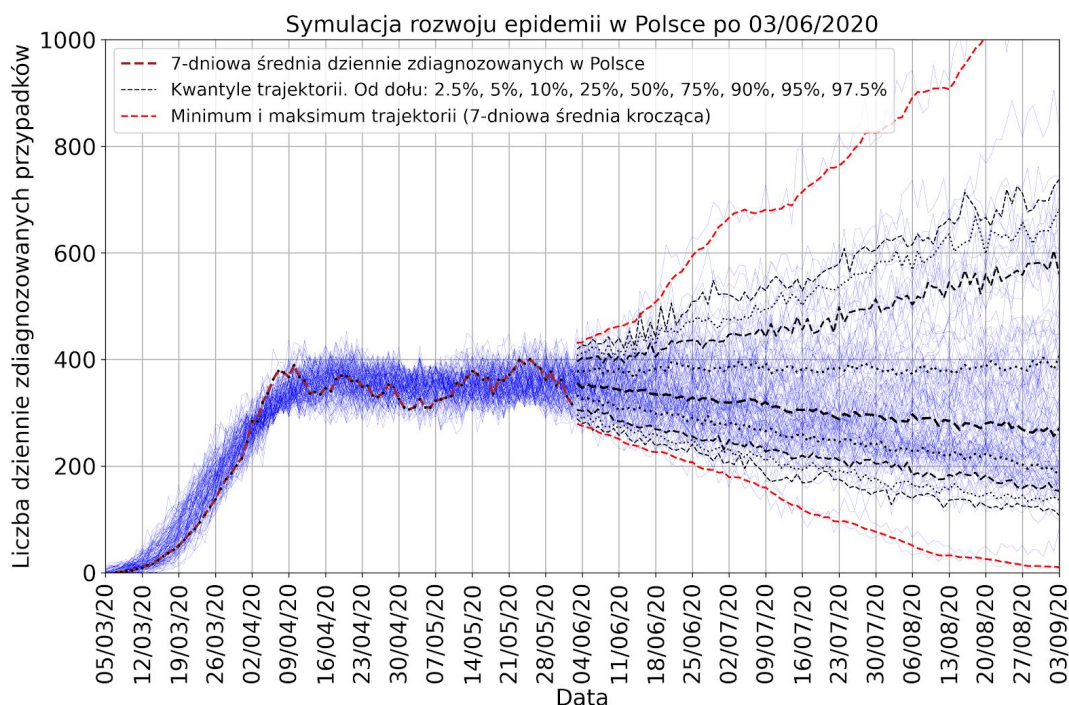
W naszym modelu mikrosymulacyjnym dynamika stanu epidemii COVID-19 w Polsce opisywana jest przez dwa parametry: skuteczność śledzenia kontaktów b oraz stopień redukcji kontaktów poza gospodarstwem domowym f . Redukcja kontaktów społecznych jest określana w stosunku do wartości bazowej sprzed wprowadzenia restrykcji w Polsce, czyli sprzed 15/03/2020.

Zastosowano schemat polegający na przeprowadzeniu serii symulacji modelu podstawowego dla pełnego zakresu wartości wykrywalności q , 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 10: Mapa prawdopodobnych konfiguracji parametrów dla stanu epidemii COVID-19 w Polsce w dniu 03/06/2020. Odcienie koloru niebieskiego oznaczają prawdopodobne położenie zestawu parametrów.

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.

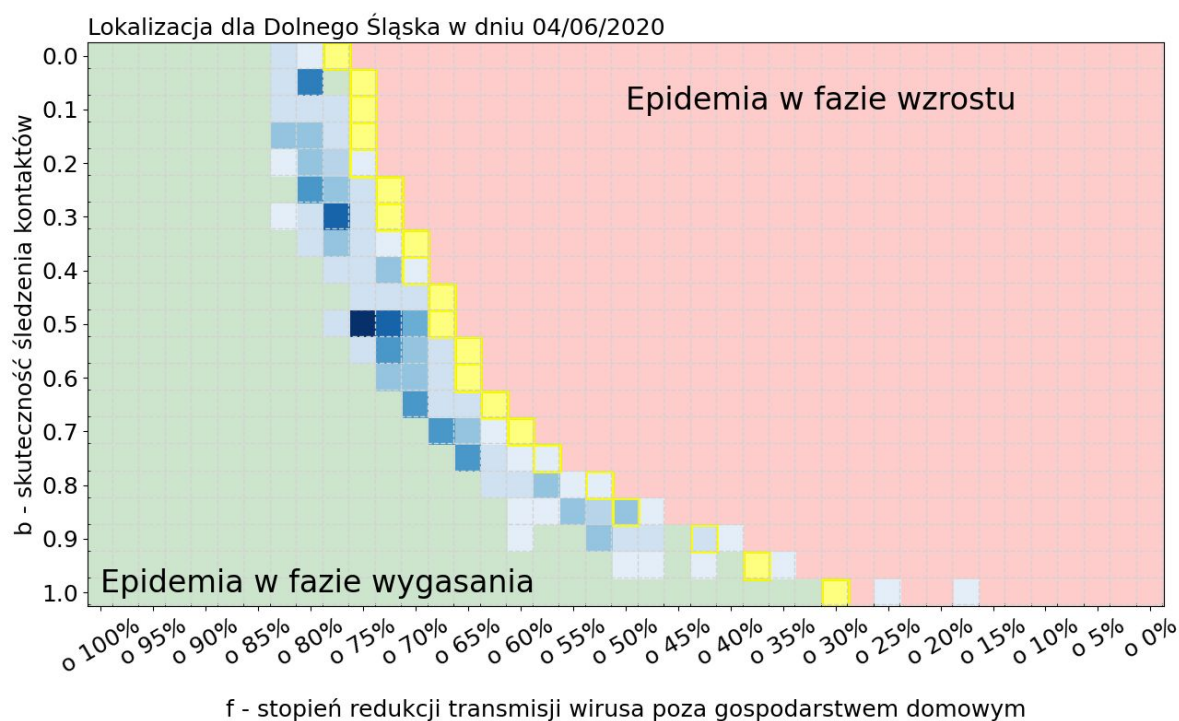


Rysunek 11: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych w Polsce do 03/09/2020. Brązową linią zaznaczono 7-dniową średnią liczbę zdiagnozowanych przypadków w Polsce od 04/03/2020. Każda z niebieskich linii odpowiada wynikowi jednej z symulacji modelu, które najlepiej opisywały sytuację w Polsce w ciągu ostatnich kilku tygodni od 1/04/2020. Wiązki krzywych wygenerowano na podstawie modelu mikrosymulacyjnego z modułem śledzenia kontaktów.

Wnioski z Rysunków 10-11:

- Epidemia w Polsce według modelu leży na linii krytycznej.
- Przeciętna prognoza wskazuje na powolny spadek epidemii w Polsce (poniżej 300 zdiagnozowanych dziennie od drugiej połowy lipca)
- Umieszczenie epidemii na krzywej krytycznej przypomina umiejscowienie na krawędzi, skąd łatwo przechylić się zarówno w stronę fazy wygasania, jak i fazy wzrostu. Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych w Polsce odzwierciedlają ten efekt bycia na krawędzi.

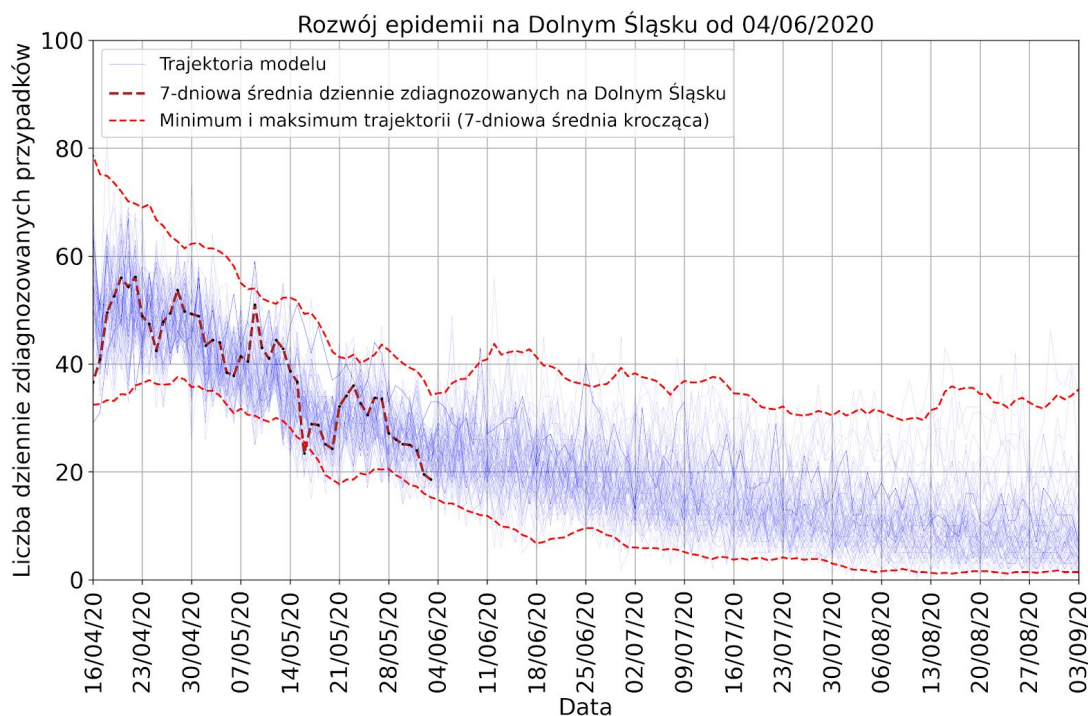
Analogiczne symulacje przeprowadziliśmy dla Dolnego Śląska.



Rysunek 12: Mapa prawdopodobnych konfiguracji parametrów dla stanu epidemii COVID-19 na Dolnym Śląsku w dniu 04/06/2020. Odcienie koloru niebieskiego oznaczają prawdopodobne położenie zestawu parametrów.

Wnioski z Rysunku 12:

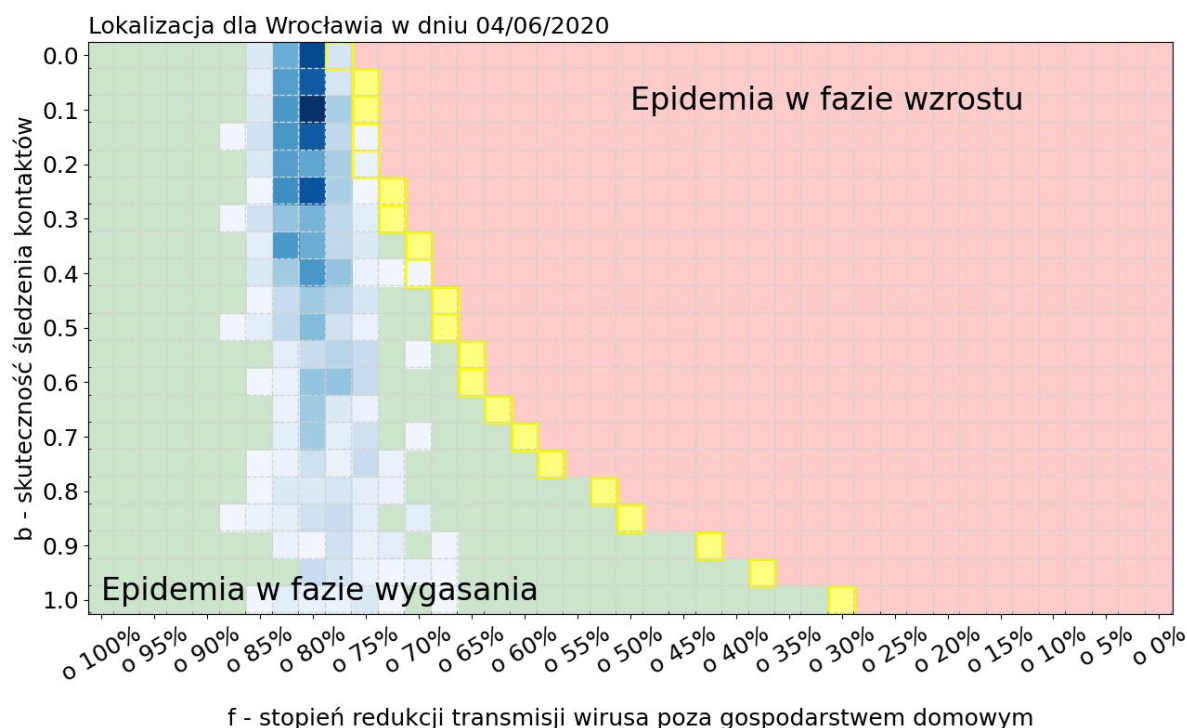
- Zakres sytuacji epidemiologicznej na Dolnym Śląsku jest bardzo bliski linii krytycznej po stronie wygasania epidemii.
- Bliskość linii krytycznej przekłada się na długi okres wygasania epidemii.



Rysunek 13: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych na Dolnym Śląsku do 03/09/2020. Brązową linią zaznaczono 7-dniową średnią liczbę zdiagnozowanych przypadków na Dolnym Śląsku od 16/04/2020. 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.

Wnioski z Rysunku 13:

- Epidemia na Dolnym Śląsku jest aktualnie w fazie wygasania.
- Zakładając, że niezmienione zostaną obecne restrykcje, oraz że nie zostanie zwiększona częstotliwość testowania ani efektywność śledzenia kontaktów:
 - 03/07/2020 przedział ufności dziennej liczby zdiagnozowanych na Dolnym Śląsku wynosić będzie od ok 8 do 38.
 - 03/08/2020 przedział ufności dziennej liczby zdiagnozowanych na Dolnym Śląsku wynosić będzie od ok 3 do 31.
 - 03/09/2020 przedział ufności dziennej liczby zdiagnozowanych na Dolnym Śląsku wynosić będzie od ok 2 do 35.

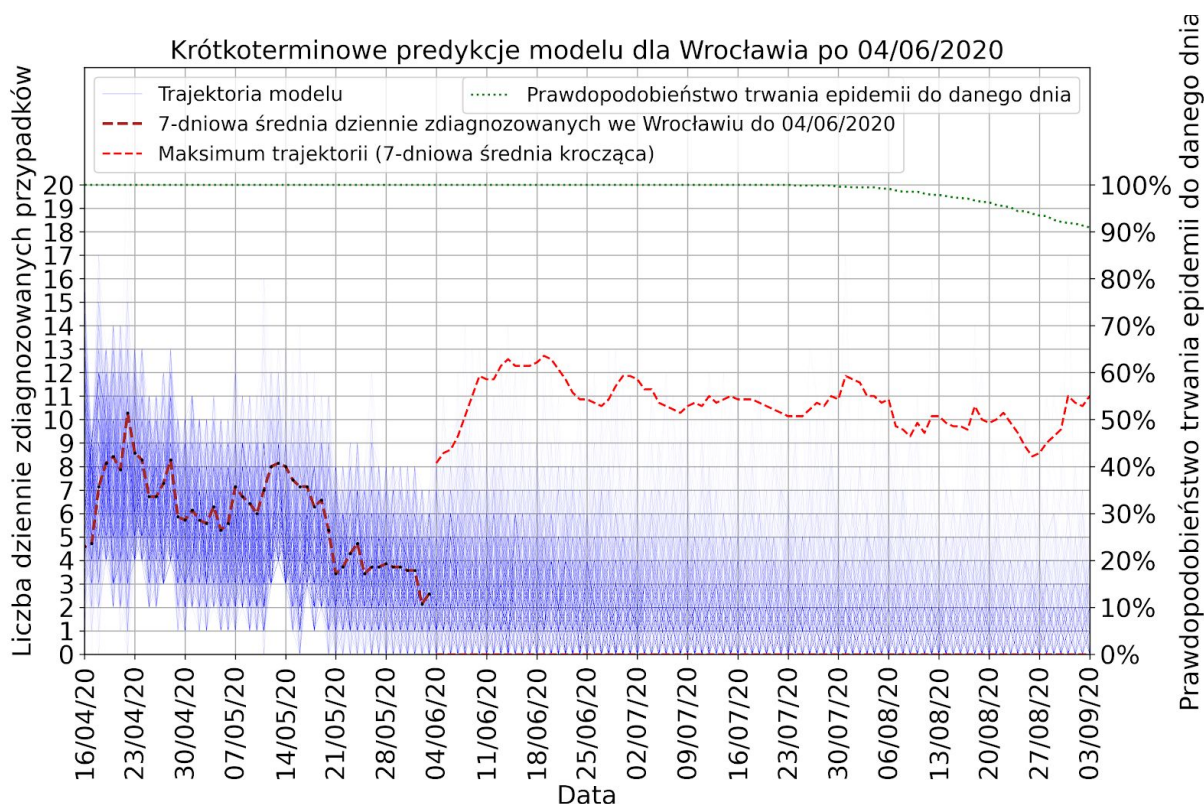


Rysunek 14: Mapa prawdopodobnych konfiguracji parametrów dla stanu epidemii COVID-19 we Wrocławiu w dniu 04/06/2020. Odcienie koloru niebieskiego oznaczają prawdopodobne zestawy parametrów opisujące obecną sytuację epidemiologiczną.

Wnioski z Rysunku 14:

- Sytuacja epidemiologiczna we Wrocławiu jest obecnie dobra - epidemia znajduje się w fazie wygasania.
- Tylko dla małej założonej skuteczności śledzenia kontaktów epidemia może znajdować się na linii krytycznej, w której epidemia utrzymuje się na podobnym poziomie. Dla Polski na bazie dostępnych danych estymujemy b w zakresie 0.4-0.6, więc jest to najbardziej prawdopodobny obszar również dla Wrocławia.

Poniżej przedstawiamy prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych dla Wrocławia.

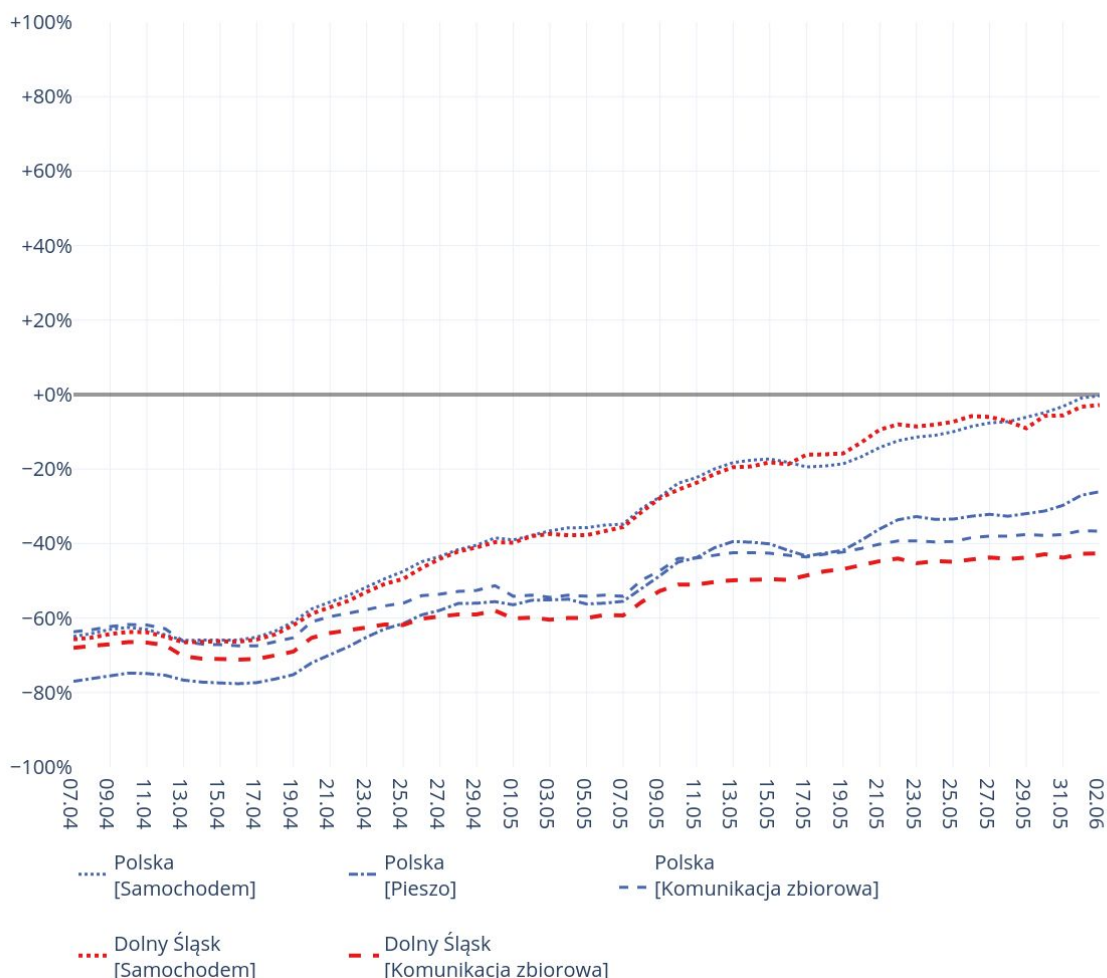


Rysunek 15: Prawdopodobne trajektorie dziennej liczby zdiagnozowanych we Wrocławiu do 03/09/2020. Brązową linią zaznaczono 7-dniową średnią liczbę zdiagnozowanych przypadków we Wrocławiu od 16/04/2020. Każda z linii odpowiada wynikowi jednej z symulacji modelu które najlepiej przybliżały sytuację w mieście w ciągu ostatnich kilku tygodni. Wiązki krzywych wygenerowano na podstawie modelu mikrosymulacyjnego z modułem śledzenia kontaktów. Czerwona linią oznaczono maksymalną trajektorię. Przerywaną czarną linią oznaczono część trajektorii, która trwa przynajmniej do danego dnia.

Wnioski z Rysunku 15:

- Zakładając, że niezmienione zostaną obecne restrykcje, oraz że nie zostanie zwiększona częstotliwość testowania ani efektywność śledzenia kontaktów, wg modelu zakres prawdopodobnej dziennej liczby zdiagnozowanych od początku lipca wyniesie od ok. 0 do 11 osób.
- Prognozowane dzienne liczby osób zdiagnozowanych we Wrocławiu są niewielkie.
- Według modelu do 3/09/2020 ok. 90% symulowanych trajektorii nie dobiega końca (to oznacza, że dla 10% trajektorii do początku września następuje koniec epidemii).

3. Zmiany mobilności

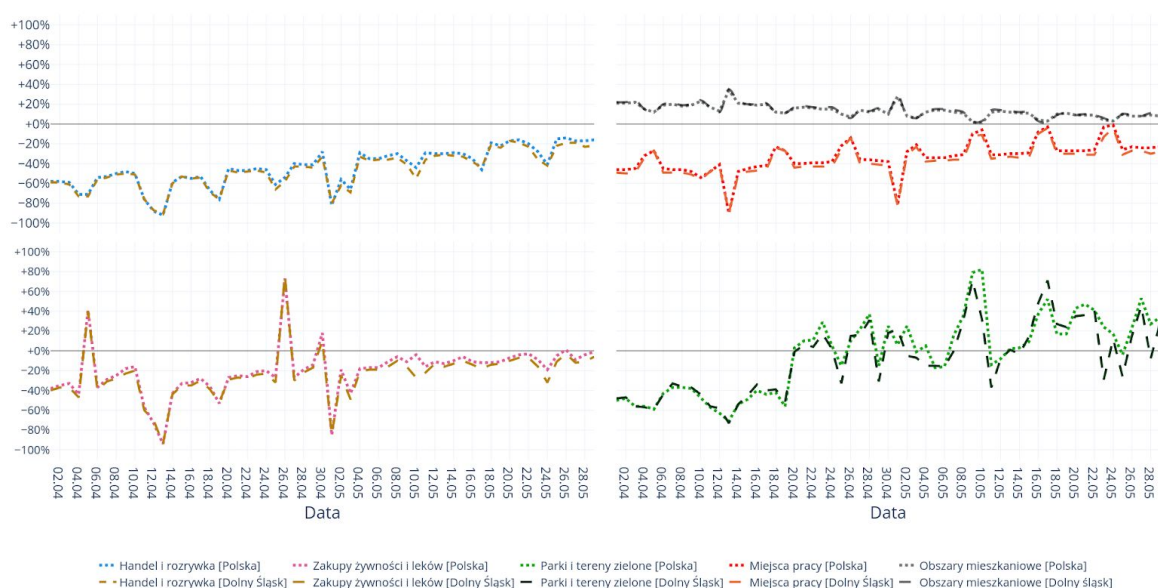


Rysunek 16: Zmiana mobilności według w podziale na środek podróży i obszar pomiaru (Polska vs. Dolny Śląsk, dane użytkowników iOS i Android).

Wnioski z Rysunku 16:

- Obserwujemy dysproporcje w tempie powrotu liczby podróży do stanu sprzed epidemii między różnymi środkami transportu:
 - **ruch samochodowy w Polsce i na Dolnym Śląsku utrzymuje silny trend wzrostowy – wzrósł o 60% w stosunku do poziomu mobilności z początku kwietnia – wracając tym samym do poziomu sprzed pandemii,**
 - **w tym samym okresie ruch na przystankach komunikacji zbiorowej wzrósł jedynie o 20 punktów procentowych, co oznacza, że notujemy spadek liczby podróży KZ o ok. 40-45%,**
 - **ruch pieszy wzrósł o 40 punktów procentowych w stosunku do początku kwietnia, ale liczba podróży nadal jest ograniczona o 20% w stosunku do okresu referencyjnego**

- Sam Wrocław w stosunku do Dolnego Śląska plasuje się nieznacznie lepiej, różnica między spadkami na skrzyżowaniach ITS, a danymi z Apple/Google to 5 punktów procentowych dla aut, co przy wzroście liczby podróży autem o ok. 1 punkt procentowy dziennie oznacza, że we Wrocławiu trend regionalny zobaczymy z opóźnieniem o ok. 5 dni.
- **Najbliższe 2 tygodnie będą kluczowe, w zakresie zmian nawyków mobilnościowych we Wrocławiu i tego, w jakiej skali komunikacja zbiorowa tracić będzie pasażerów na rzecz aut, a w jakiej na rzecz ruchu pieszo-rowerowego.**



Rysunek 17: Zmiana mobilności wśród użytkowników systemu Android w podziale na cele podróży i obszar pomiaru (Polska vs. Dolny Śląsk). Pogrupowane wg. celu podróży: linia kropkowana dotyczy Polski, linia przerywana dotyczy Dolnego Śląska.

Wnioski z Rysunku 17:

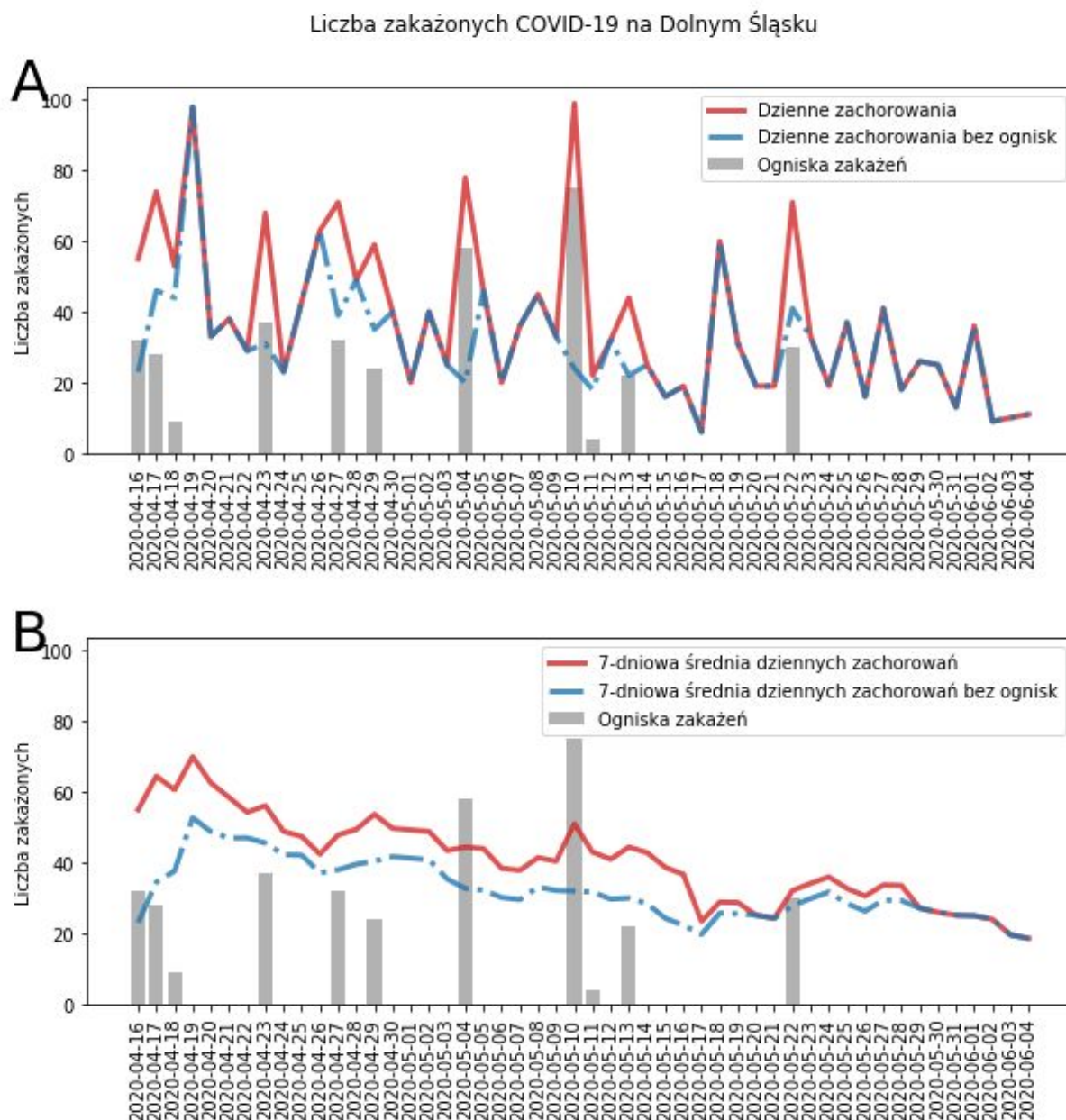
- Obserwujemy dysproporcje w tempie powrotu liczby podróży do stanu sprzed epidemii między różnymi środkami transportu:
 - **ruch samochodowy w Polsce i na Dolnym Śląsku utrzymuje silny trend wzrostowy – wzrósł o 60% w stosunku do poziomu mobilności z początku kwietnia – wracając tym samym do poziomu sprzed pandemii,**
 - w tym samym okresie **ruch na przystankach komunikacji zbiorowej wzrósł jedynie o 20 punktów procentowych, co oznacza, że notujemy spadek liczby podróży KZ o ok. 40-45%,**
 - **ruch pieszy wzrósł o 40 punktów procentowych w stosunku do początku kwietnia, ale liczba podróży nadal jest ograniczona o 20% w stosunku do okresu referencyjnego**
 - Sam Wrocław w stosunku do Dolnego Śląska plasuje się nieznacznie lepiej, różnica między spadkami na skrzyżowaniach ITS, a danymi z Apple/Google

to 5 punktów procentowych dla aut, co przy wzroście liczby podróży autem o ok. 1 punkt procentowy dziennie oznacza, że we Wrocławiu trend regionalny zobaczymy z opóźnieniem o ok. 5 dni.

- **Najbliższe 2 tygodnie będą kluczowe, w zakresie zmian nawyków mobilnościowych we Wrocławiu i tego, w jakiej skali komunikacja zbiorowa tracić będzie pasażerów na rzecz aut, a w jakiej na rzecz ruchu pieszo-rowerowego.**
 - **Utrzymuje się trend wzrostu podróży do miejsc pracy w dni robocze, w stosunku do początku kwietnia odbywamy o 20 punktów procentowych więcej podróży do pracy w Polsce i na Dolnym Śląsku (wzrost o ok. $\frac{1}{3}$). Jeśli trend się utrzyma, w ciągu 2-3 tygodni powinniśmy być na poziomie podróży z sytuacji braku pandemii. Jednocześnie proporcjonalnie liczba podróży wewnątrz obszarów zamieszkania wykonywanych zamiast pracy wraca do poziomu z okresu referencyjnego.**
 - **Od dwóch miesięcy obserwujemy weekendowe wzrosty podróży do miejsc pracy w stosunku do okresu referencyjnego, co mogłoby sugerować, że część pracowników rozkłada ciężar pracy z tygodnia tak, żeby wykonać podróż do biura w weekend (np. z powodu opieki nad dzieckiem)**
 - **W Polsce jesteśmy już w zasadzie na poziomie podróży w celach zakupowych z okresu sprzed pandemii, na Dolnym Śląsku ciągle jeszcze wykonujemy o 10% mniej takich podróży. Na Dolnym Śląsku osiągnięcie stanu mobilności sprzed pandemii w ciągu 7-10 dni jeśli trend się utrzyma.**
 - **Obserwujemy istotny wzrost odwiedzających parki i tereny zielone, szczególnie w weekendy. Określenie, czy jest to wyższa mobilność niż obserwowana w poprzednich latach w tym samym okresie, jest niemożliwe ze względu na brak danych.**
 - **Różnica w mobilności w celach handlowo-rozrywkowych w stosunku do okresu referencyjnego zmieniła się z poziomu spadku o 60% na początku kwietnia do spadku o tylko 16%. Możemy się spodziewać wzrostu liczby podróży w tym celu do poziomu z okresu referencyjnego w ciągu 7-10 dni.**
-

4. Ogniska zakażeń

W tym rozdziale analizujemy prawdziwość hipotezy, że sytuacja epidemiologiczna w Polsce ulega poprawie poza pojedynczymi ogniskami zakażeń. W tym celu zebraliśmy dane o publicznie raportowanych ogniskach zakażeń na Dolnym Śląsku, tzn. wieloosobowych zakażeniach w instytucjach publicznych i zakładach pracy na podstawie doniesień portalu gazetawroclawska.pl [4] oraz częściowo zweryfikowane na stronach internetowych oraz portalach społecznościowych tych instytucji.



Rysunek 18: Liczba osób zakażonych COVID-19 na Dolnym Śląsku od 16/04/2020 do 04/06/2020. Szarymi słupkami oznaczono licznosc ognisk zakażeń raportowaną w danym dniu [4], czerwoną linią zaznaczono wszystkie nowe zakażenia, natomiast niebieską przerywaną linią zaznaczono zakażenia poza ogniskami w ujęciu A) dziennym oraz B) średnim 7-dniowym.

Wnioski z Rysunku 18:

- 19/04/2020 oraz 20/05/2020 zaobserwowano istotne wzrosty zachorowań, których nie da się wytłumaczyć publicznie dostępnymi informacjami o ogniskach zakażeń.
 - Po początkowym powolnym spadku średniej 7-dniowej liczby nowych zachorowań bez uwzględnienia ognisk zakażeń (zaznaczona na Rys. 18B niebieską przerywaną linią) w badanym przedziale czasowym na Dolnym Śląsku, w ciągu ostatnich dwóch tygodni obserwujemy ustabilizowanie się liczby nowych zakażeń na poziomie ok. 20-30 zakażeń dziennie lub wręcz lekki trend wzrostowy.
-

Raporty o ogniskach zakażeń w Domach Opieki Społecznej, służbie zdrowia czy zakładach pracy wskazują na łatwość rozprzestrzeniania się wirusa w obiektach zamkniętych, w których przebywa wiele osób jednocześnie. Powoduje to nie tylko dużą liczbę nowych zachorowań, ale również istotnie zwiększa liczbę osób poddanych kwarantannie oraz czasową reorganizację, co powodowało jak dotąd wstrzymywanie przyjęć na oddziały szpitalne, konieczność zastąpienia policjantów funkcjonariuszami z innej jednostki lub organizowanie lokalnych zbiórek pomocowych na rzecz odciętych od świata Domów Opieki Społecznej.

W związku z postępującymi czynnościami w kierunku otwierania kolejnych miejsc użyteczności publicznej oraz zakładów pracy, zalecamy utrzymywanie dystansu społecznego oraz korzystanie ze środków ochrony w okolicznościach wymagających kontaktów międzyludzkich. Zakładom pracy, które mają możliwość utrzymywania systemu zmianowego lub pracy zdalnej, zalecamy pozostanie przy tych rozwiązaniach.

5. Ocena wykrywalności łagodnych przypadków

5.1 Wykrywalność przypadków o łagodnym przebiegu w czasie

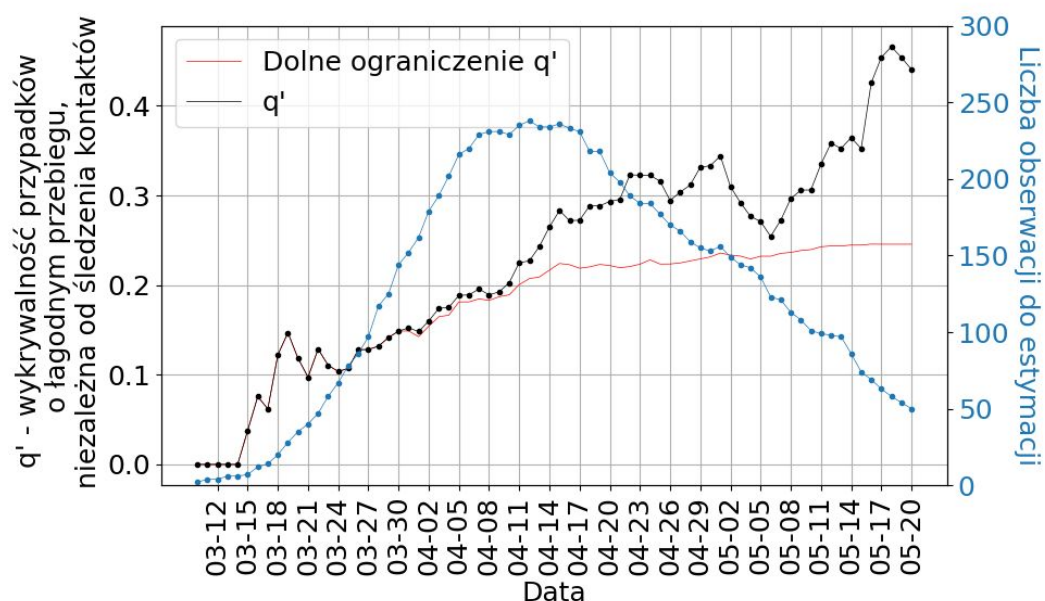
W celu estymacji wykrywalności łagodnych przypadków niezależnej od śledzenia kontaktów - q' , oraz parametru b - opisującego skuteczność śledzenia kontaktów, na podstawie wywiadów epidemiologicznych zdefiniowano klastry zachorowań. Jako klaster uznano grupę osób, dla których istnieją zdefiniowane powiązania epidemiologiczne (kontakt w okresie zakaźności). Osoby o najwcześniejszej dacie rozpoznania w klastrze zostały uznane za źródła procesu śledzenia kontaktów.

Wykrywalność przypadków o łagodnym przebiegu q' jest szacowana z danych z wywiadów epidemiologicznych [3]. W bazie zidentyfikowano osoby, które stanowiły źródła procesu śledzenia kontaktów oraz nie były hospitalizowane. Można podejrzewać, że są to zatem chorzy na COVID-19 o łagodnym przebiegu. Wartość współczynnika q' jest liczona przy użyciu wzoru:

$$q' = \min\left(1, \frac{1-h}{h} \frac{p_h}{1-p_h}\right),$$

gdzie p_h jest prawdopodobieństwem hospitalizacji, którego wartość zakładamy na poziomie 18.5%, zaś h jest frakcją źródeł procesu śledzenia kontaktów, które są lub były

hospitalizowane do wszystkich źródeł. Na przykład, współczynnik $q'=0.1$ odpowiada teoretycznej proporcji 30:70 nie-hospitalizowanych do hospitalizowanych źródeł śledzenia kontaktów.

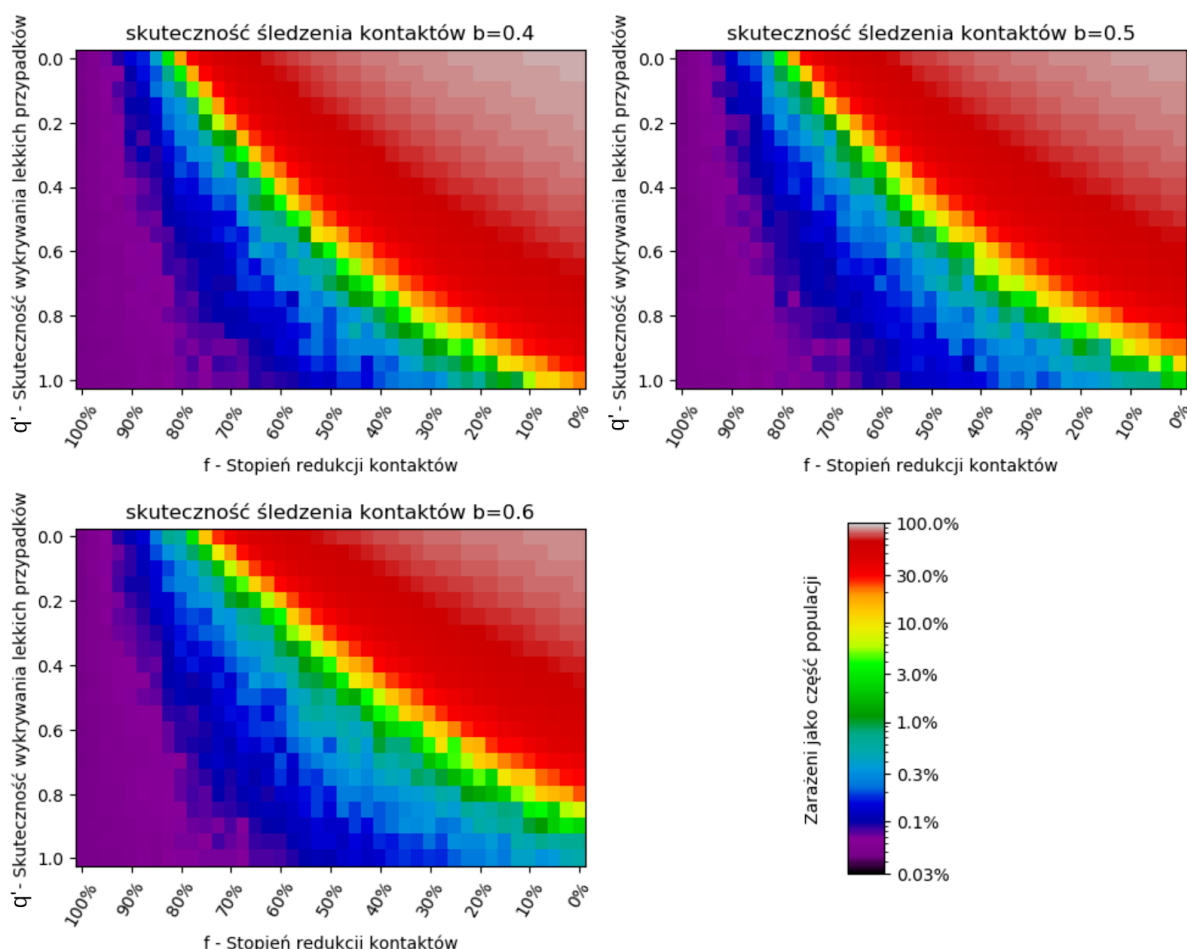


Rysunek 19: Zmiana wartości wykrywalności przypadków o łagodnym przebiegu q' w czasie. Niebieską linią zaznaczono liczbę obserwacji wziętych do estymacji parametru dla danego dnia. Jest to liczba źródeł kontaktów, które zostały zdiagnozowane w przeciągu ostatnich 21 dni licząc od dnia, dla którego obliczono wartość parametru q' . Czerwoną linią zaznaczono dolne ograniczenie q' , obliczone ze wszystkich źródeł kontaktów rozpoznanych od początku epidemii do danego dnia.

Wnioski z Rysunku 19:

- Wykrywalność przypadków o łagodnym przebiegu q' w Polsce wykazuje tendencję wzrostową. Wzrost w ciągu ostatnich dwóch miesięcy wyniósł od $q'=0.1$ do $q'=0.4$, przy czym w ostatnim miesiącu od $q'=0.2$ do $q'=0.4$.
- Dane umożliwiające poprawne oszacowanie q' są w okresie od 17/04/2020 coraz mniej liczne: liczba obserwacji spada od ok. 230 w dn. 17/04/2020 do ok. 50 w dn. 20/05/2020), co oznacza, że oszacowanie q' w okresie od 17/04/2020 jest obarczone coraz większym błędem.

5.2 Wpływ stopnia redukcji kontaktów i skuteczności wykrywania przypadków o łagodnym przebiegu dla zadanych realistycznych wartości skuteczności śledzenia kontaktów na rozwój epidemii



Rysunek 20: Całkowita liczba zakażonych w zależności od skuteczności wykrywania lekkich przypadków q' i stopnia redukcji kontaktów f dla różnych wartości skuteczności śledzenia kontaktów b , odpowiednio 0.4, 0.5 oraz 0.6. Obliczenia zostały wykonane dla populacji Wrocławia oraz założeniu, że opóźnienie w śledzeniu kontaktów wynosi 2 dni.

Wnioski z Rysunku 20:

- Bardzo prawdopodobne jest, iż wzrost skuteczności wykrywania lekkich przypadków q' z 0.2 do 0.4 (Rys. 19) skompensował wzrost kontaktów społecznych w ostatnim miesiącu.
- Dalsze zdejmowanie restrykcji powinno być równoważone zwiększaniem wartości b oraz q' , aby uniknąć wejścia w stan wzrostu epidemii.

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 osiągany 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.

Literatura

- [1] Dane na podstawie próśb o wskazówki w Apple Maps udostępnione dla wybranych regionów aktualizowane codziennie na stronie <https://www.apple.com/covid19/mobility>
- [2] Dane na podstawie historii lokalizacji udostępnianej firmie Google dla wybranych regionów, aktualizowane na stronie <https://www.google.com/covid19/mobility/>
- [3] Dane NIZP-PZH i Inspekcji Sanitarnej zbierane w Systemie Rejestracji Wywiadów Epidemiologicznych.
- [4] Gazeta Wrocławska: "Koronawirus we Wrocławiu".
- <https://gazetawroclawska.pl/ar/c1-14847713> - informacje od 09/05/2020 do dnia dzisiejszego
 - <https://gazetawroclawska.pl/ar/c1-14975802> - informacje od 26/04/2020 do 08/05/2020
 - <https://gazetawroclawska.pl/ar/c1-14939034> - informacje od 15/04/2020 do 25/04/2020
- [5] Oficjalny profil Ministerstwa Zdrowia w serwisie twitter https://twitter.com/MZ_GOV_PL
- [6] Oficjalny profil Jarosław Obremski - Wojewoda Dolnośląski w serwisie facebook
- <https://www.facebook.com/photo?fbid=3027597670656843&set=a.427296557353647> - wyleczeni z COVID-19 na Dolnym Śląsku z podziałem na powiaty (stan na dzień 03.06.2020 r. godz. 21:00)
- [7] Koronawirus we Wrocławiu, na Dolnym Śląsku, w Polsce [RAPORT 4.06]
<https://wroclife.pl/nasze-miasto/koronawirus-wroclaw-2020/koronawirus-dolny-slask-4-czerwca/>

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.