

## **Dylemat korzyści oraz ryzyka szczepień raz jeszcze i co ma Wrocław do już prawie 300 letniej historii epidemiologii?**

**Andrzej Jarynowski**

**Instytut Badań Interdyscyplinarnych we Wrocławiu, Polska**

**Instytut Biometrii i Epidemiologii FU- Berlin, Niemcy**

**ajarynowski@gmail.com**

**ORCID: 0000-0003-0949-6674**

**Abstrakt:** Szczepienia sensu lato (czyli w rozumieniu szerokim, nie tylko farmakologicznym) to jedno z największych osiągnięć interdyscyplinarnej nauki (nie tylko medycyny, lecz także matematyki i w coraz większym stopniu również nauk społecznych). Opanowanie aktualnej pandemii COVID-19 zależy od wyciągnięcia wniosków z burzliwej historii szczepień w ujęciu interdyscyplinarnym. Co ciekawe, pierwszy matematyczny model epidemiologiczny jaki kiedykolwiek powstał wykorzystywał właśnie dane dotyczące epidemii czarnej ospy w XVII wiecznym Wrocławiu, to przede wszystkim głównym celem była analiza ryzyka i korzyści wariolizacji – czyli prekursora szczepień zastąpionych przez pierwszą szczepionkę w rozumieniu dzisiejszym na przełomie XVIII/XIX w. Tu historia zatoczyła koło, gdyż to właśnie we Wrocławiu w roku 1963 wybuchła ostatnia znacząca epidemia czarnej ospy w Europie, krótko przed eradykacją choroby. To głównie dzięki szczepieniom prewencyjnym osób z ryzykiem kontaktu oraz modelowaniu (przy wykorzystaniu danych właśnie z Wrocławia) udało się wtedy tę epidemię opanować. Moim zdaniem za mało wykorzystywaliśmy historyczne doświadczenia naszego regionu Europy w obecnej pandemii COVID-19 i za bardzo przyjęliśmy zewnętrzny dyktat naukowy (np. zdecydowana większość badań klinicznych interwencji zwalczających/zapobiegających COVID-19 była prowadzona poza Europą kontynentalną) czy narrację anglosaską (np. wywodzenie nowożytnej epidemiologii od Johna Snowa zamiast od Daniela Bernoulliego).

**Słowa kluczowe:** epidemiologia, szczepienia, historia Wrocławia, historia modelowania epidemiologicznego, społeczne aspekty epidemii, Ospa prawdziwa

**Title (eng):** The dilemma of the benefits and risks of vaccination once again, and what does Wrocław have to do with the almost 300 year old history of epidemiology?

**Abstract:** Vaccination sensu lato (i.e. in the broad sense, not only limited to pharmacology) is one of the greatest achievements of interdisciplinary science (not only medicine but also mathematics and, increasingly, the social sciences). Mastering the current COVID-19 pandemic depends on learning from the tumultuous history of

vaccination from an interdisciplinary perspective. Interestingly, the first mathematical epidemiological model ever used to describe data on the smallpox epidemic in 17th-century Breslau/Wrocław was primarily aimed at analysing the risks and benefits of variolation - that is, the precursor to vaccination. Here history has come full circle, for it was in Wrocław in 1963 that the last significant smallpox epidemic in Europe took place, shortly before the disease was eradicated. It was largely thanks to preventive vaccination of those at risk of exposure and modelling (using data just from Wrocław) that the outbreak was then brought under control. In my opinion, we have made too little use of the historical experience of our region of Europe in the current COVID-19 pandemic and have adopted too much of the external scientific dictates (e.g. the vast majority of clinical trials of interventions to treat/prevent COVID-19 were conducted outside continental Europe) or the Anglo-Saxon narrative (e.g. deriving modern epidemiology from John Snow instead of Daniel Bernoulli).

**Keywords:** epidemiology, vaccination, history of Wrocław, history of epidemiological modelling, social aspects of the epidemic, Smallpox

## **Wprowadzenie: Rys historyczny wariolizacji i wakcynacji**

Medycyna (zwłaszcza w obszarze chorób zakaźnych) stanowi idealny przykład ścisłego związku paradygmatu naukowego z wiedzą potoczną w danej epoce (Rudolf, 2019) i regionie (Jarynowski, 2020). Co do postaw społeczeństwa wobec szczepień, to historycznie w Polsce (wraz z tzw. Ziemią Odzyskanymi) istniała niechęć wobec niektórych szczepień (już od samego początku, czyli prekursora szczepień – wariolizacji), wśród różnych grup społecznych (choć motywy mogły być różne). Niektórzy ludzie mogli mieć obawy lub wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa szczepień lub ich skuteczności, podczas gdy inni mogli być przeciwni szczepieniom z innych powodów, takich jak przekonania religijne lub filozoficzne. Co ważne, większość tych wątpliwości sięga do samego początku szczepień i wcale nie wynika z braku wiedzy o istnieniu mikroorganizmów czy znajomości zasad transmisji (Wolff, 1996).

Osią tego artykułu jest analiza modelu matematycznego ospy prawdziwej Bernoullego (na danych wrocławskich) oraz dyskusji wokół tego modelu wśród ówczesnych elit w kontekście porównawczym do aktualnej epidemii COVID-19 (załączek artykuły ukazał się w czerwcu 2021 na blog IBI (<http://interdisciplinary-research.eu/dylemat-korzysci-oraz-ryzyka-szczepien>)). Prezentujący swoje wyniki dotyczące modelu wrocławskiego analizy korzyści i ryzyka “szczepień” p/ospie prawdziwej w 1766 roku w Paryżu (Bernoulli, 1766), jeden z największych matematyków w dziejach ludzkości – Daniel Bernoulli, powiedział: „Po prostu wierzę, że w materii jakości życia ludzkiego, żadna decyzja nie zostanie podjęta, bez wszelkiej wiedzy, którą obliczenia i analizy mogą dostarczyć” (tłum. Jarynowski).

Czarna ospa ze względu na swoją cykliczną masowość oraz wysoką śmiertelność powodowała wysoki wskaźnik umieralności w społeczeństwach XVII i XVIII wieku i wywoływała podobne reperkusje społeczno-polityczno-kulturowe. Ospa prawdziwa była jednym z najgroźniejszych i najbardziej rozpowszechnionych zakażeń na świecie, a jej epidemie miały miejsce od starożytności aż do eradykacji w drugiej połowie XX wieku (Jarynowski, 2013). W omawianym czasie (w połowie XVIII wieku) rozwijana była procedura wprowadzania zakażenia przez skórę (np. z materiału zakaźnego pobranego z ropy innych chorych), aby wywołać łagodniejszą chorobę niż w przypadku zakażenia wirusem Variola Vera (czarna/prawdziwa ospa) drogą oddechową, ale taką, która pozwala nabyć odporność. Wariolizacja była dosyć ryzykownym zabiegiem, a Bernoulli użył swojego modelu, aby porównać prawdopodobieństwo śmierci po "szczepieniu" (ryzyko) w porównaniu z zyskiem w długości życia wynikającym z uniknięcia pełnoobjawowej choroby (korzyść). Wariolizacja, mimo swoich dobroczynnych skutków, niosła za sobą ogromne ryzyko zgonu (Balcerkiewicz & Jagodziński, 2020), gdyż umierało nawet do kilku procent poddanych procedurze (co ważne dyskusja nad estymacją śmiertelności będzie ważnym motywem spajającym logikę artykułu). Należy podkreślić, że nie było to metoda standaryzowana i w zależności od szkoły czy sposobu przeprowadzenia tej procedury współczynnik śmiertelności różnił się znacząco, stąd mogą dodatkowo wynikać bardzo duże różnice w skuteczności i profilu bezpieczeństwa między populacjami. Mimo iż choroba po inokulacji zazwyczaj przebiegała łagodnie, to jednak nie było mowy o gwarancji a nawet wysokiej dozy pewności, iż poddany zabiegowi pacjent przeżyje. Historia immunizacji na ziemiach etnicznie polskich sięga końca XVIII wieku, kiedy to już poddawano wariolizacji Polaków będących podwładnymi Imperium Rosyjskiego (choć pierwsze osoby były poddawane wariolizacji jeszcze za czasów panowania Stanisława Augusta Poniatowskiego). We Wrocławiu, w związku z dużą niechęcią do wariolizacji w niemieckich Prusach (w przeciwieństwie do obszaru pod władaniem Habsburgów czy niektórych zachodnich krajów), raczej nie stosowano tej metody (Henig, 1997) i jedyne zachowały się wzmianki historyczne dotyczą dyskusji korzyści względem ryzyka w historii medycyny Dolnego Śląska.

Przełom w profilaktyce przeciwko ospie prawdziwej zawdzięczamy wielu medykom eksperymentującym z ospą krowianką w drugiej połowie XVIII, a zwłaszcza Edwardowi Jennerowi. Metoda Jennera, nazwana wakcynacją (od variola vaccina- ospa krowia) szybko zrewolucjonizowała medycynę, gdyż śmiertelność tej metody była statystycznie zanedbywalna. Szczepienia przeciwospowemu metodą Jennera, zostały wprowadzone w pod zaborem rosyjskim jak i w pruskim Wrocławiu dosyć szybko, bo już na początku XIX wieku. We Wrocławiu od 1820 wprowadzony został obowiązek szczepień przeciw ospie prawdziwej dla żołnierzy a obowiązek na całą populację rozszerzono w 1876 (Hüntelmann, 2020), kiedy pod zaborem austriackim czy rosyjskim szczepienia p/ospie były dobrowolne (dopiero w latach 20. XX wieku szczepienia stały się obowiązkowe w II RP w Polsce). W XIX wieku szczepienia na obszarze współczesnej Polski stały się coraz bardziej powszechne, a ich celem było zapobieganie nie tylko ospie prawdziwej, ale też chorobom takim jak wścieklizna, wąglik, gruźlica (duży wkład Odon Bujwida w Tuberkulinę), błonnica, czy tężec. Dodatkowo etymologia polskiego słowa szczepienie (Łaziński, 2021) i niemieckiego Impfung wywodzi się od procedury roz(-w)szczepiania roślin co w stosunku do ludzi i zwierząt miałoby polegać na wzbogacaniu organizmu podstawowego o nowe cechy (co różni język niemiecki od innych języków germańskich a język polski od innych języków słowiańskich).

**Początek epidemiologii chorób zakaźnych a problemy w XXI wieku**

Należy podkreślić, że to właśnie wtedy ów epizod wrocławski zapoczątkował rozwój nowej nauki, czyli epidemiologii, która dzięki matematyce (do której później dołączyła socjologia), mogła stać się wiodącą dziedziną medycyny w czasach nawracających epidemii (Jarynowski i in., 2014).

Bernoulli oparł się w swojej pracy na tabelach umieralności miasta Wrocław, gdzie wiek i płeć każdego zmarłego w danym miesiącu zostały zapisane i porównane z wielkością danej kohorty z pięciu lat (od 1687 do 1691), które to zostały przygotowane z zachowaniem wszystkich wymagań dokładności i szczerości (Jarynowski, 2014). Po zastosowaniu wielu uproszczeń otrzymał średnią długość życia w stanie naturalnym jako EN 26 lat i 7 miesięcy, a dla sytuacji w której nie występowałaby ospa prawdziwa EV 29 lat i 9 miesięcy. Po czym wyznaczył krytyczne prawdopodobieństwo zgonu z powodu wariolizacji ( $p=1-EN/EV\sim 11\%$ ), poniżej którego korzyść ze “szczepienia” przewyższa ryzyko z tym związane dla populacji Wrocławia. Oczywiście, korzystając z bazowego modelu wrocławskiego przeliczył ów próg dla innych miast, np. Londynu czy Paryża, dla których tak dokładne dane nie były dostępne (Bernoulli, 1766).

Warto podkreślić, że parametry wprowadzone i wyestymowane przez Bernoulliego (Jarynowski & Grabowski, 2015) dzięki tabelom wrocławskim są stosowane (czasami w identycznej formie, czasami z niewielkimi zmianami w postaci innych estymatorów) w epidemiologii do dziś: presja zakażenia/wirusa (prawdopodobieństwo zachorowania w danym roku), śmiertelność (IFR-infection fatality rate), odporność zbiorowiskowa (procent populacji udopornionej powyżej którego epidemia się nie szerzy), itp.

Analizy Bernoulliego wywołały ogromną falę zainteresowania (Seth, 2014) w europejskim środowisku naukowym (z czym również mieliśmy do czynienia w związku pandemią COVID-19). Z powodu braku danych wysokiej jakości, Bernoulli założył ryzyko zgonu z powodu wariolizacji na poziomie 1%, d’Alembert 2%, a Diderot 0.5%. Tak więc, temat szczepień i rozbieżności w szacowaniu i percepcji ryzyka zajmują elity intelektualne już od prawie 300 lat. Argument, że można by zachęcać ludność do oszacowania – na podstawie dostępnych danych – z jednej strony prawdopodobieństwa wystąpienia zakażenia oraz możliwych skutków zdrowotnych choroby, a z drugiej – ryzyka wystąpienia i ciężkości NOP-ów po szczepieniu jak i również oczekiwanych skutków ochronnych (Jarynowski, Semenov, & Belik, 2021) nie będzie powszechnie działał ze względu na braki w rozumieniu matematycznych i statystycznych własności (Gigerenzer & Edwards, 2003), czy różnych wyjściowych założeń prowadzących do przeciwnych wniosków (Witczak, 2022).

Też już XVIII-to wieczni filozofowie społeczni zidentyfikowali paradoksy percepcji ryzyka, gdyż wariolizacja wiązała się z niebezpieczeństwem zgonu “tu i teraz”, a uniknięcie śmierci czy powikłań z powodu czarnej ospy odnosi się do abstrakcyjnej przyszłości. Już wtedy wyodrębniono dylemat ryzyka i korzyści pojedynczej jednostki (Jarynowski & Skawina, 2021; Seth, 2014) oraz całego społeczeństwa (szczepiąc siebie jednostka podejmuje ryzyko indywidualne, ale korzyść może być również zbiorowa chroniąc inne osoby poprzez zmniejszenie presji wirusa w populacji czy przekroczenia wydolności systemu ochrony zdrowia w szczycie). W związku z powyższym społeczne uwarunkowanie epidemii oraz szczepień nie są absolutnie niczym nowym a znaczna część tematyki poruszanej przez elity XVIII-to wieczne pokrywa się kowidowymi narracjami (Stochmal i in., 2021). Oprócz

niebezpieczeństw związanych ze zdrowiem osób szczepionych, podnoszono kwestię religii – podważano zgodność wariolizacji z wiarą np. w rycie protestanckim (Wolff, 1996).

Zastosowanie metod matematycznych i modelowania szczepień w epidemiologii jest już bardzo starym podejściem opisanym i przewidywania zjawisk wpływających na populację (Jarynowski & Grabowski, 2015). Patrząc z perspektywy historycznej, epidemiologia przeszła dużą przemianę od analiz Johna Snowa i Daniela Bernoulliego po dzisiejsze możliwości opracowywania ognisk i modelowania (nowcasing - czyli oszacowanie rzeczywistej skali zjawiska i forecasting - czyli przewidywania przyszłości), a co za tym idzie skuteczniejszego zapobiegania i zwalczania epidemii (Jarynowski, Semenov, & Belik, 2021). Tym bardziej, że mniej więcej od wybuchu epidemii HIV (>40 lat) dysponujemy danymi z randomizowanych badań klinicznych oraz po-autoryzacyjnymi rejestrami (Jarynowski & Belik, 2018), dzięki czemu modele korzystają z bardziej dokładnych danych i mogą znacznie więcej zmiennych uwzględniać (Epstein, 1996). Z tym, że to teraz dane pozyskane z badań klinicznych i obserwacyjnych z innych ośrodków są wykorzystywane do budowy modeli dla Wrocławia (Bracher i in., 2022), a my w Polsce praktycznie nie prowadzimy wysokiej jakości rejestrów ani niekomercyjnych badań klinicznych w zakresie chorób zakaźnych. A te które uruchomiliśmy (w tym kilka realizowanych we Wrocławiu) zakończyły się co do jednego porażką (np. amantadyny, ale też innych substancji czynnych jak również interwencji telemedycznych) hojnie finansowane przez NCBiR i ABM, gdzie koszt pozyskania pacjenta oscylował między tysiącem a kilkudziesięcioma tysiącami zł (Jarynowski, 2022b). I to nie dlatego, że nie wykazano skuteczności interwencji (istotnej statystycznie różnicy między interwencją a kontrolą), ale żadne z nich się nie zakończyło (zgodnie z planowanymi punktami końcowymi), co świadczy o ogromnym opóźnieniu polskich instytucji medycznych w zarządzaniu badaniami klinicznymi (choć jako wykonawcy na zlecenie zachodnich koncernów farmaceutycznych jesteśmy bardzo cenieni co widać np. przy udziale Szpitala Zakaźnego im. Gromkowskiego w badaniach nad remdesivirem (Flisiak i in., 2021)). Dodatkowo w dobie rozwoju technologii informatycznych wspomaganie procesów np. symulacje przez inteligentne systemy komputerowe wyposażone w bazy wiedzy dziedzinowej (o kontaktach społecznych, skuteczności szczepień, NOP-ach, itp.) stajemy przed możliwościami przekraczającymi naszych poprzedników, którzy kartką i piórem co najwyżej mogli korzystać z liczydeł czy wiedzy książkowej. Daje to możliwość stosowania i projektowania działań prewencyjnych (np. ustalanie optymalnej kolejności szczepień jak i precyzyjnej kalkulacji kosztów). Jednak już XVIII-to wieczni „modelarze” epidemii zauważyli, że największym problemem jest tak zwany „czynnik ludzki”, czyli szereg trudnych do przewidzenia reakcji społeczeństwa na zmieniające się bodźce (Niedzielewski i in., 2022).

### **Historia lekcją życia - czyli implikacje na przyszłość**

Dzięki modelom epidemiologicznym, wiedzieliśmy iż, sezon infekcji układu oddechowego 2022/2023 będzie się cechował prawdopodobnie powrotem do średniej z lat poprzednich (głównym czynnikiem jest obniżona odporność między innymi spowodowana zmniejszoną zapadalnością w związku restrykcjami przeciw COVID-19, które zadziałały również na inne choroby przenoszone tym samymi drogami w poprzednich 2 latach) i poza umiarkowanym przebiegiem pandemii COVID-19, z dużą dozą prawdopodobieństwa mieliśmy obserwować powrót epidemii grypy i innych chorób układu oddechowego (Jarynowski, 2022b). Ba, nawet modele wskazywały konkretne najbardziej prawdopodobne okresy wzrostu zapadalności (jak jesień 2022) i kierunki propagacji (od zachodniej i południowej Polski oraz od dużych miast

do peryferium), tylko czy ktokolwiek poza specjalistami ds. epidemiologii się nimi zainteresował (zwłaszcza wśród zarządzających ochroną zdrowia)? Idealną rolą władz samorządowych oraz terenowej administracji rządowej byłoby zoptymalizowanie działań zapobiegawczych i kontrolujących szerzenie się chorób zakaźnych (np. szczepień, obostrzeń, zapewnienia funkcjonalności), z uwzględnieniem działalności terytorialno-branżowych w instytucjach gospodarczych (Bernaciński & Kwaśniewski, 2022).

Warto podkreślić, że Bernoulli zaproponował swoje statystyczne podejście porównujące korzyści i ryzyka płynące ze szczepień, z uwzględnieniem wieku i płci dzięki danym pochodzącym właśnie z Wrocławia. Tym bardziej musimy zrozumieć, że dyskurs jaki w chwili obecnej ma miejsce w związku ze szczepieniem p/COVID-19 coraz to młodszej populacji, nie jest niczym nowym (Jarynowski & Wójta-Kempa, 2021). Zwłaszcza iż wiemy, że z malejącym wiekiem wzrasta ryzyko potencjalnych niepożądanych odczynów poszczepiennych/NOP-ów (Jarynowski, Semenov, Kamiński, i in., 2021), a jednocześnie zmniejsza się korzyść indywidualna związana z uniknięciem zakażenia (czy jego ciężkiego przebiegu). Rolą lekarzy (i innych profesjonalistów medycznych) kwalifikujących do szczepień będzie rozwikłanie znanego już od wieków problemu dokonania indywidualnej oceny korzyści i ryzyka w warunkach niepewnej informacji, ale również w wielu przypadkach jeszcze trudniejsze zadanie jakim jest przekonanie osoby lub opiekuna do wykonania szczepienia, gdy korzyści przewyższają ryzyka (Jarynowski, 2022b). Szacując efektywność kosztową (Infodemia\_Polsce, 2020) interwencji farmakologicznych na społeczeństwie należy uwzględnić wpływ niepożądanych odczynów stosowania szczepionek lub leków, zwłaszcza nowych (których długofalowe skutki uboczne ich stosowania nie mogą być znane). Szczepienie p/COVID-19 dostępne w UE były zdecydowanie najlepszym sposobem zapobiegania skutków pandemii COVID-19 w 2021, jednak już w 2022 przewaga korzyści nad ryzykiem się mimo iż się wciąż utrzymała co do kierunku, to ilościowo istotnie zmalała (Jarynowski, 2022b). Również ze zmianą stosunku korzyści do ryzyka mieliśmy do czynienia na przełomie XVIII (wariolizacja) i XIX (wakcynacja metodą Jennera) wieku. Co ciekawe dyskusje nad obowiązkowymi szczepieniami (kiedy stosowano już bezpieczniejszą metodę), czy np. wykorzystywanym powszechnie już w XIX wieku w Prusach certyfikatem szczepionkowym (brzmi znajomo?), w narracji antyszczepionkowej (Jaśkowski, 2016) bardzo często wykorzystywano dane z czasów, kiedy stosowano wariolizację (choć Bernoulli i tak wykazał przewagę korzyści nad ryzykiem). To samo dzieje się również teraz kiedy dowody na brak skuteczności szczepień p/COVID-19 co do redukcji prawdopodobieństwa zgonu czy choćby redukcji transmisji względem wariantu Omikron ekstrapoluje się na poprzednie warianty (Witczak, 2022).

Epidemie ospy we Wrocławiu to też świetny interdyscyplinarny materiał edukacyjny. Dzięki zainteresowaniu pandemią można promować nauki biologiczne (Jarynowski, 2022c) czy wykorzystując przykład Osipy pokazywać, jak działa kohezja społeczna (Jarynowski, Semenov, Wójta-Kempa, i in., 2021). Nauka matematyki, wiedzy o społeczeństwie czy zdrowia publicznego może łączyć się również z rozwojem świadomości o swojej „małej ojczyźnie” (Jarynowski, 2012). Tematykę korespondencji między Bernoullim a d’Alembertem wykorzystali francuskojęzyczni nauczyciele matematyki w celu promowania myślenia analitycznego w czasie pandemii COVID-19 (Gosztanyi, 2021). Przygotowane zostały gotowe scenariusze zajęć dla uczniów szkół średnich Dolnego Śląska na temat infodemii (Jarynowski, 2020, 2022a). Przypominanie, że nie tylko John Snow jest jednym ojcem epidemiologii, ale wskazując na Bernoulliego i na kwantyfikację ryzyka można również promować Wrocław wśród epidemiologów na świecie (oraz wśród pokrewnych

zawodów medycznych i matematycznych). Warto przypomnieć też katastrofę ekologiczną na Odrze latem 2022, gdyż interdyscyplinarność tego zdarzenie i konieczność współpracy interesariuszy ekosystemu w ramach koncepcji jednego zdrowia również uwidocznilo błędy systemowe (Jarynowski, 2022d). Niezwykły jest też chichot historii, że kompromitacja służb miała miejsce w Województwie Dolnośląskim tak mocno przecież doświadczonym powodzią tysiąclecia i tym bardziej we Wrocławiu będącym po doświadczeniach powodziowym polską stolicą (a przynajmniej ośrodkiem wiodącym) badań nad wodą (warto podkreślić działalność śp. Dra Zbigniewa Hałata, ojca polskiej epidemiologii wodno-środowiskowej, ale też współorganizatora akcji szczepień na terenach objętych powodzią m.in. we Wrocławiu w roku 1997 – co m.in. uwidoczniła produkcja filmowa „Wielka Woda”).

Na szczęście dzieją się też pozytywne przemiany w myśli i praktyce medycznej Wrocławia. W przeciwieństwie do medycyny naprawczej, gdzie mieliśmy do czynienia z epicką wręcz porażką polskiej (w zwłaszcza wrocławskiej) nauki w czasie pandemii, wsparta informatycznie medycyna prewencyjna, mimo iż była ona wciąż w powijakach to nie dość, że wykonano ogromny postęp to jeszcze nasze polskie/wrocławskie rozwiązania znajdowały się w awangardzie europejskiej (Jarynowski, Semenov, & Belik, 2021). Szczególna pochwała należy się również poszczególnym inspektorom dolnośląskiej inspekcji sanitarnej, zwłaszcza z powiatu świdnickiego i średzkiego za informatyzację procesów i przejęcie zadań powiatów zapóźnionych. Wrocław stał się więc wiodącym w regionie ośrodkiem rozwoju metod komputerowego wspomaganie kontroli chorób zakaźnych (Jarynowski, Semenov, & Belik, 2021). Spuścizną dorobku Daniela Bernoulliego czy Hugona Steinhausa (ściśłego współpracownika Rudolfa Weigla rzucającego most między matematykami i medykami (Weron, 2012)) jest postulat utworzenia wydziału medycznego na Politechnice Wrocławskiej i wizja kształcenia medyka-inżyniera. Warto jednak zaczerpnąć trochę doświadczeń z historii regionu i wtedy popularyzacja myślenia analitycznego w obszarze medycznym będzie łatwiejsza. Historia wciąż zatacza koło, zaś my powinniśmy wyciągnąć z tego odpowiednie wnioski.

Niniejszy materiał nie powstałby bez inspiracji zastosowaniami matematyki przez ś.p. Wojciecha Okraśińskiego czy konsultacji z Moniką Wójtą-Kempą, Danielem Płatkiem, Witalim Belikiem, Michałem B Paradowskim, Mikołajem Kamińskim ani też bez częściowego wsparcia DFG (458528774).

#### **Literatura:**

- Balcerkiewicz, M., & Jagodziński, J. (2020). Szczepionki czy antyszczepionkowcy? 300 lat historii. *Histmag*. <https://histmag.org/szczepionki-czy-antyszczepionkowcy-300-lat-historii-21816>
- Bernaciński, Ł., & Kwaśniewski, J. (2022). *Ograniczenia praw i wolności wprowadzone w Polsce w związku z epidemią COVID-19: Aspekty prawne, medyczne oraz ekonomiczne*. Wydawnictwo Naukowe Instytutu na rzecz Kultury Prawnej Ordo Iuris.
- Bernoulli, D. (1766). Essai d'une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite vérole et des avantages de l'inoculation pour le prévenir. *Mem Math Phy Acad Roy Sci Paris*.
- Bracher, J., Wolfram, D., Deuschel, J., Gorgen, K., Ketterer, J. L., Ullrich, A., Abbott, S., Barbarossa, M. V., Bertsimas, D., Bhatia, S., Bodych, M., Bosse, N. I., Burgard, J. P., Castro, L., Fairchild, G., Fiedler, J., Fuhrmann, J., Funk, S., Gambin, A., ... Schienle, M. (2022). National and subnational short-term forecasting of COVID-19 in Germany and Poland during early 2021. *Communications Medicine*, 2(1), 136. <https://doi.org/10.1038/s43856-022-00191-8>

- Epstein, S. (1996). Impure science: AIDS, activism, and the politics of knowledge. *Medicine and Society*, 1–466.
- Flisiak, R., Horban, A., Jaroszewicz, J., Koziulewicz, D., Mastalerz-Migas, A., Owczuk, R., Parczewski, M., Pawłowska, M., Piekarska, A., Simon, K., Tomaszewicz, K., & Zarębska-Michaluk, D. (2021). Management of SARS-CoV-2 infection: Recommendations of the Polish Association of Epidemiologists and Infectiologists as of April 26, 2021. *Polish Archives of Internal Medicine*.  
<https://doi.org/10.20452/pamw.15979>
- Gigerenzer, G., & Edwards, A. (2003). Simple tools for understanding risks: From innumeracy to insight. *Bmj*, 327(7417), 741–744.
- Gosztanyi, K. (2021). How history of mathematics can help to face a crisis situation: The case of the polemic between Bernoulli and d'Alembert about the smallpox epidemic. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1–2), 105–122.  
<https://doi.org/10.1007/s10649-021-10077-6>
- Henig, E. M. (1997). 200 Jahre Pockenimpfstoff in Deutschland. *Quellen Und Studien Zur Geschichte Der Pharmazie*, 73, 1–284.
- Hüntelmann, A. C. (2020). La vacuna contra la viruela en el imperio alemán. La vacunación entre biopolítica y economía moral. *Asclepio*, 72(1), 292.  
<https://doi.org/10.3989/asclepio.2020.01>
- Infodemia\_Polsce. (2020). *Badanie kosztowej-efektywności interwencji mitygujących ryzyko zakazen COVID-19 przed fala jesienna*.  
<http://www.infodemia-koronawirusa.pl/badanie-kosztowej-efektywnosci-interwencji-mitygujacych-ryzyko-zakazen-covid-19-przed-fala-jesienna/>
- Jarynowski, A. (2012). Zadania matematyczne dotyczące Solca Kujawskiego. W *Rocznik Solecki*. Wydawnictwo Muzeum Solca Kujawskiego.
- Jarynowski, A. (2013). *Human-Human interaction: Epidemiology*.  
<https://doi.org/10.48550/ARXIV.1303.7208>
- Jarynowski, A. (2014). *Agent-based models of great epidemics. Case studies: Wrocław (smallpox, 1687-1691) and Warsaw (plague, 1624-1625)*. ENIC, Wrocław.
- Jarynowski, A. (2020). *Monitorowanie percepcji ryzyka COVID-19 na Dolnym Śląsku za pomocą analizy śladu cyfrowego w internecie 15.01-05.08.2020*. Instytut Badań Interdyscyplinarnych.
- Jarynowski, A. (2022a). Infodemiologia oraz infonadzór-doświadczenia doby pandemii. W *Epidemiologia i bezpieczeństwo CBRN : nauka, innowacje, implikacje praktyczne*. Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia.
- Jarynowski, A. (2022b). Nadchodzi szósta fala pandemii COVID-19. Jak sobie z nią radzić? *Nowa Konfederacja*. <https://nowakonfederacja.pl/nadchodzi-szosta-fala-pandemii-covid-19-jak-sobie-z-nia-radzic/>
- Jarynowski, A. (2022c). *(Re-)Emergence of agroterrorism during the food crisis*.  
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.6969341>
- Jarynowski, A. (2022b). Katastrofa na Odrze ukazała dysfunkcjonalność działania instytucji państwa. *Nowa Konfederacja*. <https://nowakonfederacja.pl/katastrofa-na-odrze-ukazala-dysfunkcjonalnosc-dzialania-instytucji-panstwa/>
- Jarynowski, A., & Belik, V. (2018). *Choroby przenoszone drogą płciową w dobie internetu i e-zdrowia: Kalkulatory ryzyka* (T. 5, s. 101–111). Biblioteka Jagiellońska.
- Jarynowski, A., Buda, A., & Nyczka, P. (2014). *Obliczeniowe nauki społeczne w praktyce*. WN.
- Jarynowski, A., & Grabowski, A. (2015). Modelowanie epidemiologiczne dedykowane Polsce. *Portal CZM*, 9(6).
- Jarynowski, A., Semenov, A., & Belik, V. (2021). Risk calculators during COVID-19



- pandemic Four innovative examples from Wrocław. *E-methodology*, 8(8).  
<https://doi.org/10.15503/emet.2021.112.124>
- Jarynowski, A., Semenov, A., Kamiński, M., & Belik, V. (2021). Mild Adverse Events of Sputnik V Vaccine in Russia: Social Media Content Analysis of Telegram via Deep Learning. *Journal of Medical Internet Research*, 23(11), e30529.  
<https://doi.org/10.2196/30529>
- Jarynowski, A., Semenov, A., Wójta-Kempa, M., & Belik, V. (2021). Social Cohesion During the Stay-at-Home Phase of the First Wave of the COVID-19 Pandemic on Polish-Speaking Twitter. W D. Mohaisen & R. Jin (Red.), *Computational Data and Social Networks* (T. 13116, s. 361–370). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-91434-9\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91434-9_31)
- Jarynowski, A., & Skawina, I. (2021). Attempt at profiling and regionalisation of COVID-19 vaccine campaigns in Poland—Preliminary results. *European Journal of Translational and Clinical Medicine*, 4(1), 13–21.  
<https://doi.org/10.31373/ejtcmm/134674>
- Jarynowski, A., & Wójta-Kempa, M. (2021). *Zróźnicowanie geograficzne szczepień p/COVID-19 w Polsce—Nierówności społeczne i peryferyjność, a możliwe środki zaradcze*.  
[https://www.academia.edu/50340205/Zróźnicowanie\\_geograficzne\\_szczepień\\_p\\_COVID\\_19\\_w\\_Polsce\\_nierówności\\_społeczne\\_i\\_peryferyjność\\_a\\_możliwe\\_środki\\_zaradcze](https://www.academia.edu/50340205/Zróźnicowanie_geograficzne_szczepień_p_COVID_19_w_Polsce_nierówności_społeczne_i_peryferyjność_a_możliwe_środki_zaradcze)
- Jaśkowski, J. (2016). *Szczepienia 300 lat oszustw – OSPA*. Franciszkański Ruch Ekologiczny.
- Łaziński, M. (2021). Klimat i jego pole leksykalne jako słowa klucze współczesnego dyskursu publicznego. *Poradnik Językowy*, 3/2021(782), 7–16.  
<https://doi.org/10.33896/PorJ.2021.3.1>
- Niedziewski, K., Nowosielski, J., Bartczuk, R., Dreger, F., Górski, Ł., Gruzziel-Słomka, M., Kaczorek, A., Kisielewski, J., Krupa, B., Moszyński, A., Radwan, M., Semeniuk, M., Zieliński, J., & Rakowski, F. (2022). The Overview, Design Concepts and Details Protocol of ICM Epidemiological Model (PDYN 1.5). SSRN Electronic Journal.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4039054>
- Rudolf, E. (2019). *Od dżumy do eboli: Sposób przedstawienia wybranych chorób zaraźliwych w przykładowych tekstach literatury popularnej*. Pracownia Literatury i Kultury Popularnej oraz Nowych Mediów.
- Seth, C. (2014). Calculated Risks, Condorcet, Bernoulli, d’Alembert and Inoculation. *MLN*, 129(4), 740–755. <https://doi.org/10.1353/mln.2014.0094>
- Stochmal, M., Jarynowski, A., & Maciejewski, J. (2021). Review of social research in Poland on the Sars-Cov-2 pandemic in the light of the fuzzy reasoning paradigm. *Polityka Społeczna*, 2, 10. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.0281>
- Weron, A. (2012). Hugo Steinhaus (1887-1972). *Pauza Akademicka*.  
[http://prac.im.pwr.wroc.pl/~hugo/HSC/Wycinki/Pauza\\_HS](http://prac.im.pwr.wroc.pl/~hugo/HSC/Wycinki/Pauza_HS)
- Witczak, P. (2022). SZCZEPIENIA PRZECIW COVID-19. W *Biała księga pandemii koronawirusa*. Fundacja Ordo Medicus.
- Wolff, E. (1996). Medizinkritik der Impfgegner im Spannungsfeld zwischen Lebenswelt- und Wissenschaftsorientierung. *Medizin, Gesellschaft, Und Geschichte. Beiheft: Jahrbuch Des Instituts Fur Geschichte Der Medizin Der Robert Bosch Stiftung*, 9, 79–108.