

# Czy statystyczny matematyk powinien się bać świńskiej grypy?

Piotr DWORNICZAK, Poznań

## Zaczyna się

Jesień 2009 roku. Na Ukrainie, do 4 listopada choruje na grypę już 200 000 osób. W kilkunastu przypadkach potwierdzono obecność wirusa A/H1N1 zwanego potocznie wirusem świńskiej grypy. W Polsce narasta niepokój. W początkach listopada potwierdzono obecność wirusa u kilku osób. Czy będziemy mieli epidemię? Rząd uspokaja: Liczba zachorowań na grypę nie rośnie. Ile z tych zachorowań dotyczy świńskiej grypy? – dane nie są pewne wykonuje się testy na obecność wirusa. **Z danych Państwowego Zakładu Higieny wynika, że do 28 października odnotowano w Polsce 171 przypadków grypy typu A/H1N1.**

Główny Inspektorat Sanitarny w specjalnym komunikacie nakazuje natychmiastowe zgłaszanie się do lekarza wszystkim powracającym z zagranicy, którzy mają gorączkę, katar, ból gardła. Niepokoić zaczynają się także ci, którzy mają jakieś z tych objawów mimo, że za granicą nie byli. Proszą lekarzy o zlecenia na badanie krwi pod kątem obecności wirusa. Po wywiadzie lekarskim najczęściej okazuje się, że nie ma podstaw do takiego badania. Ale niepokój zostaje. Niektórzy decydują się zrobić badanie na swój koszt. Test kosztuje około 360 zł plus transport próbki krwi.

## Test

Metodą, która może być stosowana w celu wykrycia obecności wirusa może być metoda Real-Time PCR (ang. Polymerase Chain Reaction). Obecność materiału genetycznego wirusów jest uznawana za oznakę zakażenia. Wielu ekspertów zgodnie uznaje, że PCR to najczulsza metoda umożliwiająca monitoring chorych i mająca ogromną wartość diagnostyczną dla lekarza prowadzącego.

Niezależnie od tego, jak czuła jest metoda, mogą wystąpić przypadki błędów. Błąd ten wynika z samej metody, z jakości materiału badawczego lub błędów operatora. Dla poprawnego działania testu PCR ważna jest koncentracja drobnoustrojów liczona najczęściej w CFU/ml (ang. Colony Forming Units /ml). Oczywiście im koncentracja jest większa tym większe jest prawdopodobieństwo, że przeprowadzony test da poprawny wynik. Ponieważ wielkości CFU/ml są rzędu  $10^2 - 10^8$  dlatego też prawdopodobieństwa poprawnego wyniku testu, tzn. zgodności wyniku testu ze stanem faktycznym, podaje się biorąc logarytm liczby CFU/ml.

## Prawdopodobieństwa

W książce *PCR primer: a laboratory manual* autorzy Carl W. Dieffenbach i Gabriela S. Dveksler podają, że badania nad pierwotniakiem *Cryptosporidium parvum* pozwoliły uzyskać prawdopodobieństwo poprawnego wyniku rzędu 95% dla logarytmu dziesiętnego CFU/ml wynoszącego około 4,5. Przy koncentracji dziesięciokrotnie mniejszej prawdopodobieństwo wynosi około 75% natomiast 100-krotnie mniejszej tylko ok. 30%. Trudno jest przy jednokrotnym stosowaniu metody uzyskać przy dowolnej koncentracji prawdopodobieństwo rzędu 99%. Oczywiście, przy wykonaniu większej liczby niezależnych testów prawdopodobieństwo wykrycia istniejącego w próbce pierwotniaka wzrasta. Ocena stężenia wirusów nie jest praktycznie przeprowadzana. Dla wirusów nie ma praktycznej możliwości stwierdzenia, jakie jest ich stężenie, gdyż mikroskopy nie zauważają tak małych organizmów, a ponadto wirusy nie tworzą kolonii.

Badania dotyczące komórek nowotworowych pokazują zgodność testu ze stanem faktycznym poniżej 95%. Gdyby przyjąć, że jest to 99,9% oznaczałoby to bardzo wysoką zgodność. Rozumieć przez to należy, że statystycznie test myli się raz na 1000 razy lub inaczej, że wyznaczone częstościowo prawdopodobieństwo, iż test da wynik zgodny z rzeczywistością, wynosi 0,999.

Zobacz: [www.money.pl/gospodarka/wiadomosci/artukul/cztery;osoby;z;podejrzeniem;a;h1n1;w;przemyslu,219,0,553179.html](http://www.money.pl/gospodarka/wiadomosci/artukul/cztery;osoby;z;podejrzeniem;a;h1n1;w;przemyslu,219,0,553179.html)

Źródło: Gazeta Wyborcza, Wrocław 2009-11-02

Zobacz: <http://bioinfo.mol.uj.edu.pl/articles/Krzemien07> lub [http://pl.wikipedia.org/wiki/Real\\_time\\_PCR](http://pl.wikipedia.org/wiki/Real_time_PCR)  
The power of real-time PCR  
M.A. Valasek and J.J. Repa  
<http://advan.physiology.org/cgi/content/full/29/3/151>

Zobacz: [www.zgapa.pl/zgapedia/Cfu.html](http://www.zgapa.pl/zgapedia/Cfu.html)

Carl W. Dieffenbach, Gabriela S. Dveksler: *PCR primer: a laboratory manual*. ISBN 0-87969-653-2 New York 2003, s. 154

*Diagnostic Accuracy of FISH and RT-PCR in 50 Routinely Processed Synovial Sarcomas*  
 Ten Heuvel, Suzan E. MD; Hoekstra, Harald J. MD, PhD; Suurmeijer, Albert J. H. MD, PhD  
 Abstrakt: Background: Molecular detection of SYT-SSX fusion genes is the most reliable tool for diagnosing synovial sarcoma (SS). The objective of this study was to investigate the accuracy of reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) and a commercially available fluorescence in situ hybridization (FISH) technique for formalin-fixed and paraffin-embedded tumor tissue. Patients and Methods: Fifty tumors with typical SS histology and 12 histologic mimics of SS were included. RT-PCR for SYT-SSX1/SSX2 gene fusions and FISH analysis for SYT gene breaks were performed on these 62 formalin-fixed and paraffin-embedded tumors. Results: All 50 SS were positive by either RT-PCR or FISH. Forty-seven SS (94%) were true positive by RT-PCR and 41 SS (82%) were true positive by FISH. FISH and RT-PCR results were interpretable and concordant in 38 cases (76%). Two cases were not interpretable by RT-PCR and 6 cases were not interpretable by FISH. One SS was false-negative with RT-PCR and 3 SS were false-negative with FISH. RT-PCR and FISH had a sensitivity of 94% and 82%, a specificity and positive predictive value of 100% and 100% and a negative predictive value of 80% and 75%, respectively. Conclusions: RT-PCR had a higher sensitivity than FISH. One of both methods was always positive, whereas both methods were concordant in 76% of cases. From an economic point of view, we advocate to use FISH as a method of first choice, because it allows microscopic control of a true positive result (unpaired fluorescent signals in a break apart assay). Using this approach, 80% of SS can be diagnosed by FISH only and 20% would need to be confirmed by RT-PCR.

## Wzór Bayesa

Thomas Bayes, XVIII wieczny matematyk angielski, zapewne nie przypuszczał, że wzór podany przez niego stosowany będzie w statystyce i zdecydowanie przyczyni się do rozwoju współczesnego rynku finansowego (wycena derywatów).

Wzór Bayesa związany jest ze wzorem na prawdopodobieństwo całkowite. Prawdopodobieństwo całkowite jest prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzenia, które może zajść po uprzednim zajściu pewnych warunków. Formalnie wzór ten podany jest w twierdzeniu:

*Jeżeli  $A$  jest dowolnym zdarzeniem a  $B_1, B_2, \dots, B_n$  są zdarzeniami*  
 a) *wykluczającymi się parami tzn.  $B_i \cap B_j = \emptyset$  dla  $i \neq j$ ,*  
 b) *o dodatnich prawdopodobieństwach zajścia, tzn.  $P(B_i) > 0$  dla  $i = 1, 2, \dots, n$ ,*  
 c) *takimi, że ich suma jest zdarzeniem pewnym, tzn.  $B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n = \Omega$ ,*  
*to prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia  $A$  określone jest równością*  
 (\*) 
$$P(A) = P(B_1)P(A/B_1) + P(B_2)P(A/B_2) + \dots + P(B_n)P(A/B_n).$$

Twierdzenie to w skrótovej formie można wypowiedzieć następująco: jeżeli skutek  $A$  może nastąpić po zaistnieniu jednej z jedynie możliwych, wykluczających się przyczyn  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , to prawdopodobieństwo zajścia skutku  $A$  wyraża się wzorem (\*).

Z powyższego twierdzenia wynika kolejne, nazywane twierdzeniem Bayesa:

*Jeżeli  $A$  jest zdarzeniem o dodatnim prawdopodobieństwie, a zdarzenia  $B_1, B_2, \dots, B_n$  spełniają warunki a), b) i c) poprzedniego twierdzenia to prawdopodobieństwo warunkowe  $P(B_i/A)$  zdarzenia  $B_i$  pod warunkiem  $A$  określone jest równością*

$$(**) \quad P(B_i/A) = \frac{P(B_i)P(A/B_i)}{P(B_1)P(A/B_1) + P(B_2)P(A/B_2) + \dots + P(B_n)P(A/B_n)}.$$

Twierdzenie to w skrótovej formie można wypowiedzieć następująco: jeżeli skutek  $A$  wystąpił po zaistnieniu jednej z jedynie możliwych, wykluczających się przyczyn  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , to prawdopodobieństwo tego, że przyczyną zajścia skutku  $A$  była przyczyna  $B_i$ , wyraża się wzorem (\*\*).

Twierdzenie Bayesa określa zatem prawdopodobieństwo przyczyny, gdy wiemy, że nastąpił pewien skutek możliwy do spowodowania przez nią.

## Myślenie racjonalne

W połowie XVI wieku w pracach Cardano pojawiło się prawdopodobieństwo zdefiniowane jako proporcja, czyli iloraz liczby zdarzeń sprzyjających zajściu badanego zdarzenia do liczby wszystkich możliwych zdarzeń elementarnych (możliwych do wystąpienia w danym doświadczeniu). Pojęcie to rozwinięte zostało w XVII w. w pracach Bernoulliego, Fermata i Pascala, a jeszcze później przez Laplace'a. Wtedy też dla oszacowania możliwości wygranych w grach losowych zaczęto wyznaczać prawdopodobieństwa i wielkości nazywane dziś

wartościami oczekiwanymi zmiennych losowych. Do czasu pojawienia się w połowie XIX teorii użyteczności Gossena szacowanie możliwości było traktowane jako najbardziej prawidłowy, pod względem naukowym, sposób racjonalnego rozwiązywania problemu wyboru w warunkach ryzyka. Racjonalne podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka powinno zatem uwzględniać wielkość straty/zysku i prawdopodobieństwo poniesienia straty lub uzyskania zysku. Tak przyjmowana racjonalność przyjmuje również, że rozpatrując możliwość wystąpienia przyczyny, gdy zaistniał pewien skutek, powinniśmy wykorzystywać wzór Bayesa.

### Badania przesiewowe, założenia i rachunki

Badanie przesiewowe (skriningowe, skrining) w medycynie to rodzaj strategicznego badania, które przeprowadza się wśród osób nie mających objawów choroby, którą dany test mógłby wykryć. Badania przesiewowe wykonuje się w całej populacji lub tylko w tzw. grupach wysokiego ryzyka (dotyczy to np. profilaktyki cukrzycy, nowotworów piersi). Zamierzeniem badań skriningowych jest wykrycie choroby we wczesnej fazie i dzięki temu umożliwienie wczesnej interwencji, która zredukowałaby zarówno śmiertelność, a także cierpienia pacjentów w danej chorobie. Chociaż badanie przesiewowe może doprowadzić do postawienia wstępnej diagnozy, to zawsze musi być ona potwierdzona innymi, bardziej dokładnymi badaniami, właściwymi dla danej choroby i zleconymi przez lekarza. Istnieją potencjalne negatywne skutki badań skriningowych, takie jak: postawienie fałszywej diagnozy lub nawet brak diagnozy, a także związane z tym błędne poczucie bezpieczeństwa. Z tych przyczyn testy używane w programach skriningowych muszą wykazywać się dobrą swoistością, przy akceptowalnej czułości, zwłaszcza w przypadku chorób o niskiej zapadalności.

Załóżmy, że Polska ma 38 000 000 mieszkańców, z których 200 jest chorych na świńską grypę. Gdybyśmy wybrali losowo jedną osobę, to prawdopodobieństwo, że jest ona chora, wynosi  $200/38000000$ , czyli w przybliżeniu  $0,0000053$ . Oczywiście prawdopodobieństwo, że nie jest chora wynosi  $1 - 0,0000053$ , czyli  $0,9999947$ . Przyjmijmy, że test PCR wykazał obecność wirusa. Zastanówmy się, jakie jest prawdopodobieństwo, że pacjent, u którego stwierdzono obecność wirusa, jest rzeczywiście chory?

Wstawmy liczby do wzoru Bayesa. Skutkiem w naszym doświadczeniu jest stwierdzenie, że pacjent jest chory. Pytamy o prawdopodobieństwo, że istotnie tak jest. Oznaczając przez  $A$  zdarzenie, że u pacjenta stwierdzono obecność wirusa A/H1N1, natomiast przez  $B_1$  i  $B_2$  odpowiednio zdarzenia, że pacjent jest chory, oraz że chory nie jest, zgodnie ze wzorem (\*\*), otrzymujemy

$$P(B_1/A) = \frac{0,999 \cdot 0,0000053}{0,999 \cdot 0,0000053 + 0,001 \cdot 0,9999947} \approx 0,005.$$

Powyższy wynik oznacza, że przy losowo wybranej osobie prawdopodobieństwo zdarzenia, że ma ona istotnie świńską grypę, mimo iż test na obecność wirusa dał rezultat pozytywny, jest małe. Dzieje się tak mimo wielkiej czułości testu!

Oznaczając przez  $A'$  zdarzenie przeciwne do  $A$  (tzn. zdarzenie, że wynik testu jest negatywny) można obliczyć prawdopodobieństwo zdarzenia, że osoba jest chora, mimo że wynik testu jest negatywny. Otrzymujemy wtedy

$$P(B_1/A') = \frac{0,001 \cdot 0,0000053}{0,001 \cdot 0,0000053 + 0,999 \cdot 0,9999947} \approx 0,000000005.$$

Oznacza to, że jeśli wynik testu jest negatywny, to osoba testowana prawie na pewno rzeczywiście nie ma świńskiej grypy.

### Myślenie normalne

W dniach 7–10 listopada 2009 przeprowadziłem w UE w Poznaniu badanie ankietowe studentów. Ogółem zapytałem 175 osób. Zadałem im jedno pytanie jak poniżej.

W Polsce coraz więcej mówi się o tzw. świńskiej grypie. Robione są testy potwierdzające obecność wirusa A/H1N1. Testy te są bardzo dokładne. Pomyłka zachodzi raz na 1000 razy. Załóżmy, że w Polsce, która ma 38 mln mieszkańców, jest 200 osób chorych na świńską grypę (dotychczas łączna liczba takich przypadków wynosiła 176).

Wybrano losowo jedną osobę.

Test wykrył obecność wirusa A/H1N1.

Jak oceniasz prawdopodobieństwo, że ta osoba jest rzeczywiście chora?

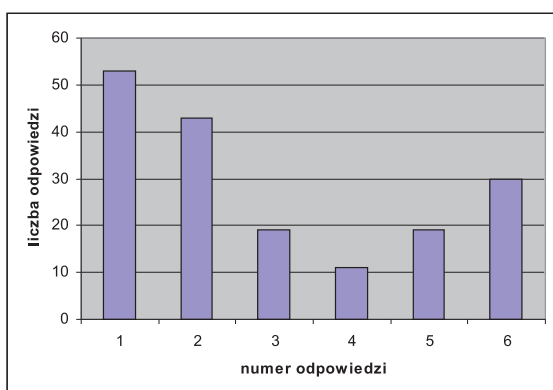
Czy jest to raczej mało prawdopodobne

- poniżej 0,01,
- między 0,01 a 0,1,
- między 0,1 a 0,5,

czy raczej bardzo prawdopodobne

- między 0,5 a 0,7,
- między 0,7 a 0,9,
- powyżej 0,9 ?

Proszę o zaznaczenie jednej odpowiedzi.



Liczba udzielonych odpowiedzi była następująca:  
raczej mało prawdopodobne

- poniżej 0,01 53 osoby
- między 0,01 a 0,1 43 osoby
- między 0,1 a 0,5 19 osób

raczej bardzo prawdopodobne

- między 0,5 a 0,7 11 osób
- między 0,7 a 0,9 19 osób
- powyżej 0,9 30 osób

Dla zobrazowania wygodnie przedstawić wykres liczby udzielonych na poszczególne podpunkty odpowiedzi twierdzących.

Widać z rozkładu zdecydowane preferowanie odpowiedzi skrajnych (1 + 6) – łącznie ponad 47%. Odpowiedź wynikającą z rachunku prawdopodobieństwa (tzn. ok. 0,005) wybrało 30% ankietowanych, a zbliżoną odpowiedź drugą prawie 25%. Łącznie odpowiedzi 1 i 2 wybrało prawie 55% ankietowanych. Oznacza to, że wśród badanych statystycznie mniej więcej co druga osoba podała wynik, który uznaje za zbliżony do obliczonego ze wzoru Bayesa. Stosunkowo duży procent odpowiedzi 6 może świadczyć o tym, że ankietowani w odpowiedzi kierowali się jedynie wysoką wiarygodnością testu, lekceważąc informację statystyczną, mówiącą o tym, że niezmiernie małe jest prawdopodobieństwo spotkania osoby chorej na świńską grypę.

Wyniki eksperymentu zgadzają się z badaniami Tversky'ego oraz Kahnemana, na podstawie których badacze doszli do wniosku, że ludzie zazwyczaj nie kierują się w wyborach regułami wynikającymi z probabilistycznej natury zjawiska.

O ile bez obliczeń jest w oczywisty sposób dość trudno podać w miarę dokładną liczbową ocenę prawdopodobieństwa, o tyle stwierdzenie, czy zdarzenie jest raczej mało prawdopodobne, czy raczej bardzo prawdopodobne, powinno być dokonane w przeważającej większości w sposób właściwy. W przeprowadzonym badaniu jest tak w stosunku 115 : 60. Oznacza to, że mniej więcej co trzecia osoba diametralnie myliła się w ocenie prawdopodobieństwa. Zauważmy, że osoby ankietowane są studentami kierunków ekonomicznych. Uważam, że gdyby poddać eksperymentowi losowo wybraną grupę osób z całej Polski, wyniki świadczyłyby o jeszcze gorszym przewidywaniu prawdopodobieństw.

### Badania przesiewowe dla grup podwyższonego ryzyka

Osobami chyba najbardziej narażonymi na kontakt z nosicielami wirusa A/H1N1 są lekarze i inni pracownicy służby zdrowia. Według rocznika statystycznego 2007 jest ich w Polsce około 330 000. Załóżmy, że z 200 osób chorych w Polsce 100 to właśnie pracownicy służby zdrowia. Stąd prawdopodobieństwo, że

Prace: Kahneman D., Tversky A.: Subjective probability: A judgment of representativeness. *Cognitive Psychology* 3, 1973, s.430 – 454. Tversky A. : Features of similarity. *Psychological Review*, 84, 1977, s. 327 – 352. cytowane w *Psychologia Ekonomiczna*. T. Tyszka (red.) Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2004 ISBN 83 – 89120 – 90 – 9

pracownik służby zdrowia ma wirusa A/H1N1 wynosi 100/330000 co w przybliżeniu jest równe 0,000303. Oceńmy prawdopodobieństwo, że w przypadku losowego wyboru osoby z powyższej grupy zawodowej, którą poddano testowi jest tak, że osoba jest rzeczywiście chora, gdy wiadomo, że test wykazał obecność wirusa. Przy oznaczeniach jak wcześniej otrzymujemy

$$P(B_1/A) = \frac{0,999 \cdot 0,000303}{0,999 \cdot 0,000303 + 0,001 \cdot 0,999697} \approx 0,2324$$

oraz

$$P(B_1/A') = \frac{0,001 \cdot 0,000303}{0,001 \cdot 0,000303 + 0,999 \cdot 0,999697} \approx 0,0000003.$$

Zauważmy wielokrotnie wyższą wartość  $P(B_1/A)$  dla grupy ryzyka w stosunku do  $P(B_1/A)$  w populacji.

### Badania przesiewowe chorych na grypę

Lekarz pierwszego kontaktu, do którego zgłasza się pacjent z objawami wskazującymi na grypę, nie ma możliwości oceny typu wirusa powodującego chorobę. Po przeprowadzeniu wywiadu medycznego może przyjąć, że istnieją wskazania do przeprowadzenia dalszych badań w kierunku obecności wirusa A/H1N1. Ile osób jest obecnie chorych na grypę? Mediana liczby zachorowań na grypę wyznaczona dla sezonów 1974/57 do 2008/2009 dla miesiąca listopada wynosi około 10 000 ( przy minimalnej wartości dla tych lat wynoszącej 500 osób a maksymalnej 200 000). Ponieważ ostre objawy chorobowe trwają zwykle 2–5 dni, ale osłabienie organizmu po grypie może trwać nawet przez kilka tygodni, przyjmijmy, że liczba chorych obecnie w Polsce równa jest liczbie zachorowań i podejrzeń zachorowania na grypę w okresie od 23 do 31 października 2009 r. wynoszącej 10 613. Przewidywać należy, że w listopadzie i grudniu liczba ta się zwiększy. Przyjmijmy jednak dla rachunków, że taki jest stan faktyczny, oraz że 200 z chorych ma grypę powodowaną przez A/H1N1. Oceńmy prawdopodobieństwo, że w przypadku losowego wyboru osoby chorej na grypę, którą poddano testowi jest tak, że osoba jest rzeczywiście chora na świńską grypę, gdy wiadomo, że test wykazał obecność wirusa A/H1N1. Przy oznaczeniach jak wcześniej otrzymujemy

$$P(B_1/A) = \frac{0,999 \cdot 0,018845}{0,999 \cdot 0,018845 + 0,001 \cdot 0,981155} \approx 0,95$$

oraz

$$P(B_1/A') = \frac{0,001 \cdot 0,018845}{0,001 \cdot 0,018845 + 0,999 \cdot 0,981155} \approx 0,00002.$$

Pierwszy z wyników oznacza, że bardzo prawdopodobne jest, iż pozytywny wynik testu potwierdza faktyczne występowanie A/H1N1, natomiast drugi mówi o tym, że jeśli test nie wykrył wirusa, to jest prawie pewne, że go w organizmie nie ma. W przypadku gdyby liczba chorych sięgnęła 200 000, z czego 1000 miałyby świńską grypę, powyższe prawdopodobieństwa wynosiłyby 0,83 i 0,000005.

### Wnioski

Co robić aby uniknąć groźnej choroby? Stosować się do takich samych zaleceń jak w przypadku innych chorób zakaźnych – unikać kontaktu z chorymi, stosować podstawowe zasady higieny i cieszyć się, że wirusy grypy dość szybko giną poza organizmem nosiciela/chorego.

Czy łatwo jest ulegać panice? Wygląda, że tak. Dlaczego tak jest? Być może dlatego, że zachowanie stadne przynosiło pożądany dla gatunku efekt i to nam zostało po praprzodkach? Być może dlatego, że lepiej spanikować i uciekać nawet przed nieprawdopodobnym nieszczęściem, niż skazać się na mało możliwą, ale bardzo niekorzystną sytuację. Co ma robić społeczeństwo? Opinia publiczna wymusza czasem pewne decyzje na politykach. Bywa, że decyzji tych nie można zaliczyć do racjonalnych w sensie probabilistycznym. Dotychczas nie notuje się w mediach propozycji badań przesiewowych populacji. I bardzo dobrze, gdyż z rachunków wynika, że obarczone są wielkim błędem. Mimo dużej dokładności testu, jego wynik, jakkolwiek by nie był, niesie ze sobą mało informacji o przyczynie.

A koszty są niemałe.

Dane Instytutu Zdrowia Publicznego PZH z 5.11.2009r. [www.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/grypa/index.htm](http://www.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/grypa/index.htm)

Dane udostępnione przez: Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Zakład Epidemiologii oraz Krajowy Ośrodek ds. Grypy Główny Inspektorat Sanitarny, Departament Przeciwepidemiczny z 5.11.2009r. [http://www.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/grypa/2009/G\\_09\\_10D.pdf](http://www.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/grypa/2009/G_09_10D.pdf)

Wirusy są w stanie najdłużej przetrwać na twardych, gładkich powierzchniach, Powierzchnie twarde, gładkie – 24–48 godzin, plastik i stal nierdzewna – do 24 godzin, tkaniny, papier i ręczniki – od 8 do 12 godzin (BMC Infectious Diseases Aug 2006; 6 : 130) Wilgotność i temperatura środowiska: dla wirusów grypy optymalna jest niska wilgotność (30 – 40% ) i temperatura ok. 28° C