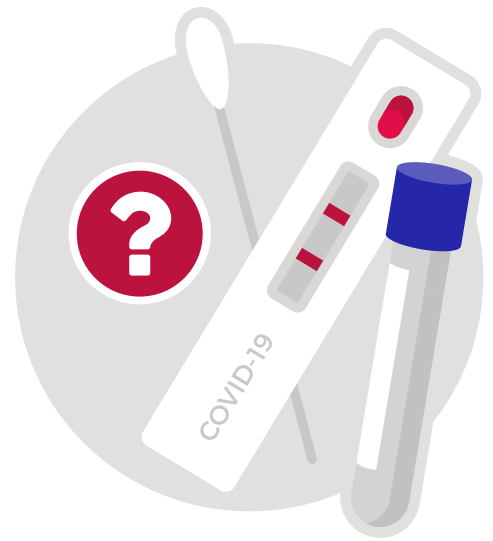


Příklad z testování nákazy covid-19 pro středoškoláky



STATISTIKA NUDA JE...?

S touto částí známé písničky bychom polemizovali, pod její pokračování „má však cenné údaje“ se však rádi podepíšeme. Znalost statistiky v době covidu-19 není nezbytná pouze pro epidemiology, ekonomy, lékaře a politiky, ale i pro každého z nás. Neznalost statistiky totiž může bez nadsázky ohrozit životy lidí kolem nás (včetně nás samých).

Představte si, že si uděláte rychlotest na covid-19. Ten ale nemá 100% spolehlivost, a pokud nebudete kvůli neznalosti statistiky schopni interpretovat výsledek tohoto rychlotestu, může to mít fatální důsledky. Může se totiž snadno stát, že vám rychlotest ukáže, že jste zdraví, ačkoliv ve skutečnosti nejste. V takovém případě se můžete nevědomky stát bezstarostným superpřenašečem nemoci a ohrozit tak (nejen) své blízké.

RYCHLOTESY NA COVID-19

Jak sám název napovídá, rychlotesty jsou oproti PCR¹ testům levné, snadno proveditelné a dávají výsledek na počkání. Pokud někdy budou uvolněny k prodeji, člověk se jimi bude moci otestovat sám z pohodlí domova. Proč se ale vlastně rychlotesty nesmí prodávat? Problém je, že testy nejsou 100% spolehlivé. A i zdánlivě malá chybovost může vést k velmi chybným závěrům. Panují proto velké obavy, že běžní lidé nebudou umět správně interpretovat výsledky testů. Budete to umět vy?

Co je chybovost testu? Když je výsledek testu s 90% spolehlivostí pozitivní, znamená to, že jsem na 90 % nakažený? Zdaleka ne! Je to podobné, jako když pozorujete na obloze něco jako UFO. Je totiž mnohem pravděpodobnější, že špatně vidíte, než že jde o přilet skutečných mimozemšťanů. Takže pozitivní výsledek nepřesného testu dostanete spíše kvůli chybě testu, než jako důsledek skutečné nákazy. Ale je to krapet složitější, protože ty spolehlivosti jsou dvě.

¹ Více o podstatě PCR testů https://cs.wikipedia.org/wiki/Testov%C3%A1n%C3%AD_covidu-19

- **Spolehlivost pozitivního výsledku testu v případě nakaženého jedince.** Tato pravděpodobnost se nazývá **sensitivita** a značí se s_p . Udává, s jakou pravděpodobností test nakaženého člověka vyjde pozitivně, tedy pravdivě. Jinak řečeno, jaký podíl ze skutečně nakažených osob testy jako nemocné skutečně odhalí. Nízká sensitivita testu je velký problém. Neodhalení nemoci totiž může způsobit, že se nemocný jedinec začne léčit příliš pozdě. Například v případě rakoviny je včasná diagnóza nutným předpokladem úspěšné léčby. V případě covid-19 nejde ani tak o včasnou léčbu, jako o včasné zabránění dalšímu šíření nákazy. Testem neodhalený nakažený jedinec tak může nevědomky nakazit své rodiče, pra-rodiče, spolužáky apod.
- **Spolehlivost negativního výsledku testu v případě zdravého jedince.** Tato pravděpodobnost se nazývá **specifita** a značí se s_n . Udává, s jakou pravděpodobností vyjde test zdravého člověka negativně, tedy pravdivě. Jinak řečeno, jaký podíl zdravých test jako zdravé označí. Pokud je totiž zdravý jedinec chybně diagnostikován jako pozitivní, způsobí mu to více problémů než jen zbytečný stres. V případě covid-19 to může znamenat nařízení 3 týdnů karantény. Může to zkreslovat statistiky o počtu nakažených. Může to komplikovat odhalení jiných příčin zdravotních potíží.

A ještě musíme rozlišovat dva druhy pravděpodobnosti nákazy:

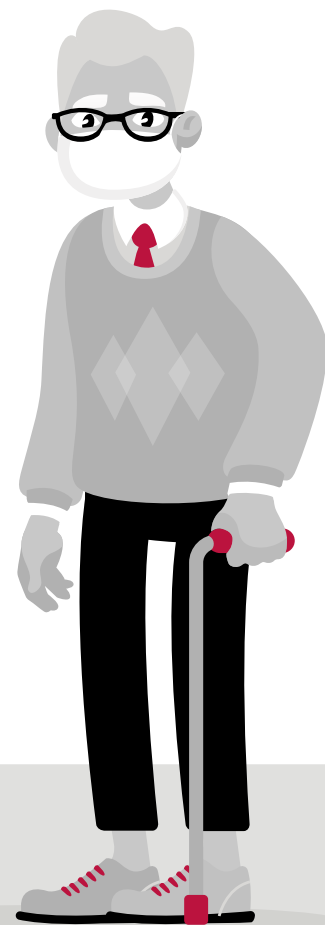
- **Pravděpodobnost nákazy člověka před testem, značená jako p .** Ta udává, s jakou pravděpodobností se nakažení u člověka očekává ještě před provedením testu. Tato pravděpodobnost bude u náhodně vybraného člověka mnohem nižší než u člověka, který už příznaky nemoci má, který bydlel s nakaženým nebo chodil do třídy, kde se nákaza zjistila.
- **Pravděpodobnost nákazy po testu, značená jako p' .** Ta závisí nejen na tom, kolik příležitostí se nakazit člověk měl, ale i na výsledku testu a spolehlivostech použitého testu. Tato pravděpodobnost je potom vodítkem pro lékaře, jak si výsledek testu vyložit.

A tohle vám stačí vědět, abyste si mohli vše spočítat pomocí on-line kalkulátoru². Jako vstupní si nastavíte parametry p , s_p , a s_n . První parametr se odhaduje podle intuice. Druhé dva člověk najde uvedeny v příbalovém letáčku k rychlotestu. Výsledkem je pak pravděpodobnost p' ; jedna pro případ negativního testu, druhá pro případ pozitivního testu. Kalkulačka nabízí nespočet situací. Začněte ale příklady pro test se sensitivitou i specifitou 90 %. Tedy $s_p = s_n = 90 \% = 0.9$:

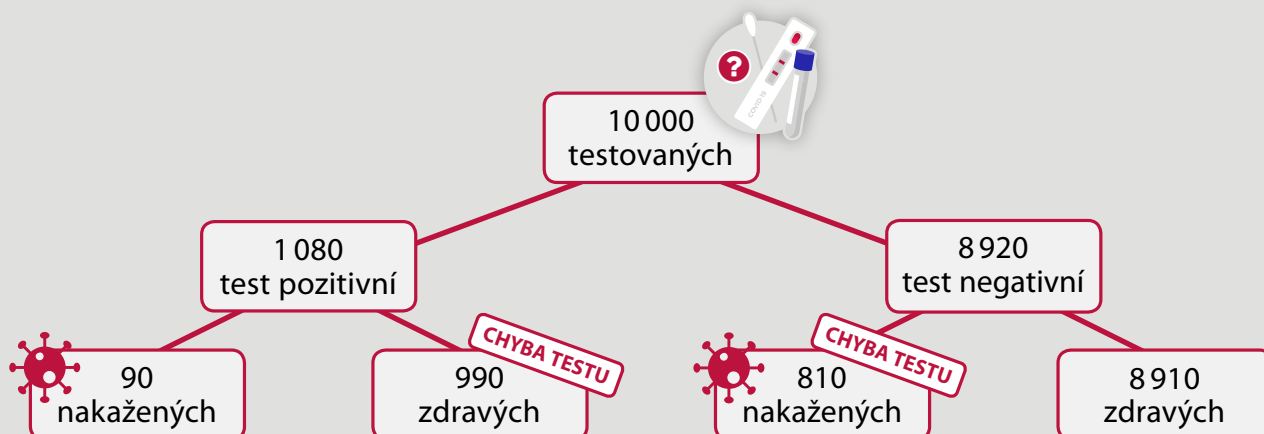
² Bayesova kalkulačka testů na covid-19 https://ideaapps.cerge-ei.cz/anti_covid/

PŘÍPAD SENIORA V OBAVÁCH O SVÉ ZDRAVÍ

Sotva vychází z domu, pořídí si rychlotest a ten mu vyjde pozitivní. V jeho případě je pravděpodobnost nákazy před testem minimální, řekněme $p = 1\%$. Uvažujme 10 000 takových seniorů. Z nich bude (v průměru) $10\,000p = 100$ nakažených a $10\,000(1 - p) = 9900$ zdravých. Z těch nemocných $100s_p = 100 \cdot 0,9 = 90$ dostane pozitivní výsledek testu. Pozitivní výsledek testu zároveň dostane $9900(1 - s_n) = 9900 \cdot 0,1 = 990$ z těch co jsou zdraví. Pozitivní výsledek testu celkem dostane 1080 seniorů, z nichž pouze 90 je opravdu nakažených. Konkrétní senior, který dostal pozitivní výsledek rychlotestu, je tím pádem nakažený pouze s pravděpodobností $p' = \frac{90}{1080} \cdot 100\% = 8,3\%$.

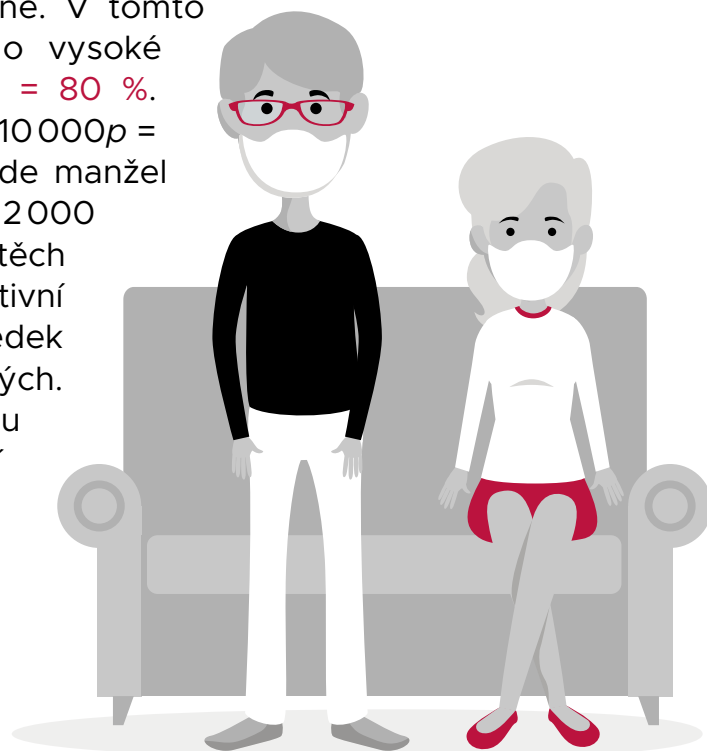


ILUSTRATIVNÍ VÝSTUP Z APLIKACE K DANÉMU PŘÍKLADU



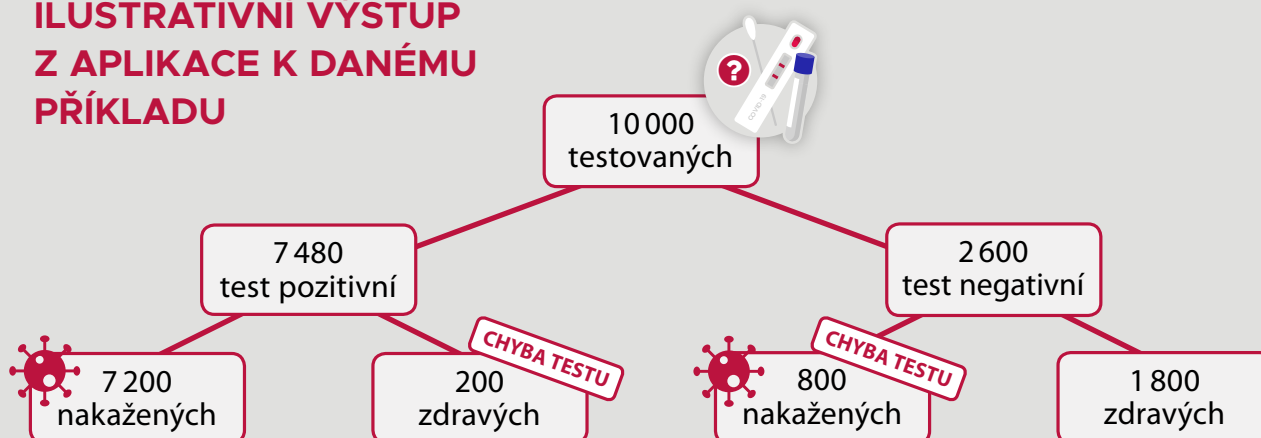
PŘÍPAD MANŽELA BYDLÍCIHO V DOMÁCNOSTI S PROKAZATELNĚ NAKAŽENOU MANŽELKOU

Představme si, že jemu test vyjde negativně. V tomto případě lze ještě před testem uvažovat o vysoké pravděpodobnosti nakaženosti, řekněme $p = 80\%$. Uvažujme 10 000 podobných domácností. V $10\,000p = 8\,000$ z těchto domácností (v průměru) bude manžel nakažený a ve zbývajících $10\,000(1 - p) = 2\,000$ domácnostech bude manžel zdravý. Z těch zdravých $2\,000 \cdot s_n = 1\,800$ dostane negativní výsledek testu, ale zároveň negativní výsledek testu dostane i $8\,000(1 - s_p) = 800$ nakažených. Znamená to, že navzdory negativnímu testu je manžel nakažený s pravděpodobností $p' = \frac{80}{1\,800 + 800} \cdot 100\% = 30,8\%$. To je poměrně hodně a manžel by neměl opouštět karanténu.



Výše uvedené výpočty jsou založené na takzvané **Bayesově větě**³. Samotný výpočet není složitý. A kalkulačka to navíc vše spočítá za vás. Pomůže vám prozkoumat, jak správně chápat výsledek testu v závislosti na okolnostech. Pokud to pochopíte, nemusí se nikdo bát zrovna vám test prodát.

ILUSTRATIVNÍ VÝSTUP Z APLIKACE K DANÉMU PŘÍKLADU



³ O Bayesově větě zde https://www.wikiskripta.eu/w/Bayesova_v%C4%9Bta