

Poznámky k epidémii, resp. ako dosiahnuť  $R \leq 0.95$ .

21. marec 2020, stále bez akýchkoľvek záruk

---

Na poslednej prednáške (2.3.2020) sme si povedali, ako je pre porozumenie šírenia infekčnej choroby dôležité poznať tzv. *základné číslo reprodukcie*  $R_0$  – očakávaný počet nových ochorení priamo spôsobených jedným prípadom, ako aj vplyvy jednotlivých epidemiologických protipatrení na jeho zníženie na tzv. *číslo efektívnej reprodukcie*  $R$ .

Internety (napr. [https://en.wikipedia.org/wiki/Basic\\_reproduction\\_number](https://en.wikipedia.org/wiki/Basic_reproduction_number)) uvádzajú, že pre *COVID-19* je  $R_0$  niekde v intervale 2.2 až 3.9. Ak predpokladáme priemernú inkubačnú dobu (resp. dobu od infikovania po pozitívny test) 5–6 dní a následný nulový prenos po izolácii chorého (čo môže trvať až 5–6 týždňov !!!), dostávame sa k počtu (novo)infikovaných po  $n$  dňoch:

$$I(n) = 2.2^{\frac{n}{6}} \text{ až } 3.9^{\frac{n}{5}}.$$

Čo kumulatívne dáva:

$$C(n) = \frac{2.2^{\frac{n+1}{6}}}{\sqrt[6]{2.2} - 1} \text{ až } \frac{3.9^{\frac{n+1}{5}}}{\sqrt[5]{3.9} - 1}.$$

Pre porovnanie uvádzame tabuľku horného odhadu a nafitované počty dokumentovaných prípadov v Číne (samostatné údaje za provinciu Hubei (Wuhan) neviem nájsť), Taliansku, Južnej Kórei, Nemecku a Čechách.

Ako vidno na príklade Južnej Kórey (a tiež už skôr z Číny), rózne epidemiologické opatrenia dokázali znížiť  $R$  z hladiny 2–3, čomu zodpovedali denné prírastky na úrovni  $R \times I(n-5)$  medzi 25. februárom až 1. marcom niekde k  $R \approx 0.4$ .

V Taliansku vychádza z dostupných dát  $R$  počas týždňa 2.-8. marca medzi 2.4 až 3.2, v týždni 9.-15. marca niekde medzi 2.0 až 2.3, v týždni 16.-22. marca pokles k 1.5 až 1.8. (Situácia je však rôzna v rôznych regiónoch.)

n	$\sum 3.9^{n/5}$	Čína		Taliansko		Južná Kórea		Nemecko		Česko	
12	106	14. jan	–	21. feb	21	18. feb	31	29. feb	79	9. mar	38
13	140	15. jan	–	22. feb	79	19. feb	51	2. mar	130	10. mar	63
14	185	16. jan	–	23. feb	157	20. feb	104	3. mar	165	11. mar	94
15	244	17. jan	–	24. feb	229	21. feb	204	3. mar	203	12. mar	116
16	322	18. jan	–	25. feb	323	22. feb	433	4. mar	262	13. mar	141
17	424	19. jan	–	26. feb	470	23. feb	602	5. mar	545	14. mar	189
18	558	20. jan	–	27. feb	655	24. feb	763	6. mar	670	15. mar	298
19	734	21. jan	–	28. feb	889	25. feb	893	7. mar	800	16. mar	383
20	965	22. jan	571	29. feb	1128	26. feb	1261	8. mar	1040	17. mar	450
21	1269	23. jan	830	1. mar	1701	27. feb	1766	9. mar	1224	18. mar	560
22	1668	24. jan	1287	2. mar	2036	28. feb	2337	10. mar	1565	19. mar	765
23	2191	25. jan	1975	3. mar	2502	29. feb	3150	11. mar	1966	20. mar	889
24	2878	26. jan	2744	4. mar	3089	1. mar	3736	12. mar	2745	21. mar	1047
25	3780	27. jan	4515	5. mar	3858	2. mar	4335	13. mar	3675	22. mar	–
26	4965	28. jan	5974	6. mar	4636	3. mar	5186	14. mar	4599	23. mar	–
27	6520	29. jan	7711	7. mar	5883	4. mar	5621	15. mar	5813	24. mar	–
28	8562	30. jan	9692	8. mar	7537	5. mar	6284	16. mar	7272	25. mar	–
29	11242	31. jan	11791	9. mar	9172	6. mar	6593	17. mar	9367	26. mar	–
30	19381	1. feb	14380	10. mar	10149	7. mar	7041	18. mar	12327	21. mar	–
31	25446	2. feb	17205	11. mar	12462	8. mar	7313	19. mar	15320	–	–
32	33408	3. feb	20440	12. mar	15113	9. mar	7478	20. mar	19848	–	–
33	43861	4. feb	24324	13. mar	17660	10. mar	7513	21. mar	22364	–	–
34	43861	5. feb	28018	14. mar	21157	11. mar	7755	22. mar	–	–	–
35	57584	6. feb	31161	15. mar	24747	12. mar	7869	23. mar	–	–	–
36	75600	7. feb	34546	16. mar	27980	13. mar	7979	24. mar	–	–	–
37	99253	8. feb	37198	17. mar	31506	14. mar	8086	25. mar	–	–	–
38	130305	9. feb	40171	18. mar	35713	15. mar	8162	26. mar	–	–	–
39	–	10. feb	42638	19. mar	41035	16. mar	8236	27. mar	–	–	–
40	–	11. feb	44653	20. mar	47021	17. mar	8320	–	–	–	–
41	–	12. feb	58761	21. mar	53578	18. mar	8413	–	–	–	–
42	–	13. feb	63851	22. mar	–	19. mar	8565	–	–	–	–
43	–	14. feb	66491	23. mar	–	20. mar	8652	–	–	–	–
44	–	15. feb	68500	24. mar	–	21. mar	8799	–	–	–	–
45	–	16. feb	70548	25. mar	–	22. mar	–	–	–	–	–
46	–	17. feb	72436	26. mar	–	23. mar	–	–	–	–	–
47	–	18. feb	74185	27. mar	–	24. mar	–	–	–	–	–

zdroj: <https://www.worldometers.info/coronavirus/country/italy/> a pod.

\*) V Číne 12. februára zmenili metodiku hlásenia počtov nakazených.

## Prečo nás poslali domov?

Prvoradým cieľom doterajších tzv. *nefarmaceutických intervencií* je zníženie priemeného počtu prenosov nákazy. Ako poukazuje prípad “pacienta A0” z okresu Malacky, cesta do Benátok (karneval) v dňoch 14. – 15. februára viedla doteraz k dvom ďalším potvrdeným prípadom (rodičia – osoby bývajúce v jednej domácnosti) a neznámemu počtu doteraz neodhalených a nepotvrdených prípadov. Od dňa nákazy (asi 15. február) po pozitívny test (7. marec) tak uplynulo až 21 dní (!!!), počas ktorých bola jeho infekcia bezpríznaková.

Podobne, v prípade “pacientky B0” došlo k infekcii na konferencii v Bostone, nakazení boli traja ďalší členovia rodiny (momentálne v izolácii v Kitsee) a došlo k aspoň jednému prenosu počas krátkodobého kontaktu v uzavretom priestore – účasť na oslave (učiteľka MŠ v Ružinove).

Ponaučenia:

- prenos na osoby bývajúce v tej istej domácnosti je takmer 100%-ný, ak sa však z domácnosti nerozšíri nikam inam,  $R$  lokálne klesne na nulu – izolácia funguje.

- treba obmedziť počet náhodných aj nenáhodných kontaktov počas relatívne dlhého obdobia, zväziť aj ich priebežné zaznamenávanie pre neskoršiu potrebu – viesť si denníček.
- ak ste už infikovaní, ale o tom ešte neviete, ďalšie šírenie sa dá obmedziť tak, že budete mať prehľad o (všetkých) svojich blízkych kontaktoch za posledných 5-21 dní. Po potvrdení infekcie sa potom dajú izolovať a otestovať (všetci) ľudia, ktorí s Vami prišli do kontaktu (toto úspešne robili a robia v Číne a Južnej Kórei).
- umývať si ruky, kýchať do rukáva, nechodiť do nákupných centier, vyhýbať sa postávaniu v radoch, nechodiť na úrady, nevysedávať v čakárňach u lekára, nechodiť do kina, na plaváreň, do fitness centier, na koncerty, na diskotéky, zbytočne necestovať na dlhé vzdialenosti, byť obozretný pri používaní hromadnej dopravy, základných nákupoch či návšteve pošty, nesediť v krčmách, nestravovať sa hromadne, obmedziť návštevy starších príbuzných, preventívne si dať pri takej návšteve rúšku (zabránenie prenosu vy → staršia osoba), odložiť rodinné návštevy, oslavy, zväziť cestovanie a účasť na pohreboch a pod.
- v prípade teploty ( $> 38^{\circ}\text{C}$ ), suchého kašľa a iných zjavných príznakov nevychádzať von, telefonicky upovedomiť autority a všetky svoje blízke kontakty z predošlého obdobia. Snažiť sa identifikovať miesto, čas a osobu, od ktorej ste sa infikovali, poskytnúť tieto údaje pri pohovore.
- nájsť si v tomto čase nejakú zábav(k)u: študovať, chodiť na prechádzky do prírody (sám, vo dvojici), záhradka, zanedbané domáce práce, ponoriť sa do nejakej aktivity, čítať, naučiť sa variť, oddýchnuť si, nešíriť paniku, byť “hlasom rozumu” vo svojej komunite, ľudský kontakt si saturovať pomocou elektronickej komunikácie – Skype, WhatsApp, ...

## Z čoho mať obavy?

Zatiaľ nie je jasné ako hlboko sa v tabuľke z predošlej stránky nachádzame. Tiež nie je jasné, ako sme ako krajina pripravení na dni 12 až 30, ktoré môžu prísť ...

- Dochádza ku škálovaniu testovacej kapacity? Asi hej ... Alebo aj nie ..

(10. marec, 12:23) „Systém kontroly podľa hlavného hygienika Jána Mikasa funguje a snažia sa robiť maximum. Tvrdí však, že ľudia (robiaci testy) sú už unavení a maximálne vyťažení, a to najmä na infekčnej klinike na bratislavských Kramároch, kde sú denne desiatky ľudí (testované).”

(11. marec, 11:09) „Premiér Peter Pellegrini hovorí, že aj Slovensko už nakúpi rýchlotesty na koronavírus. V Bratislavskom kraji odo dnešného dňa začínajú testy aj u ľudí doma. Dnes začínajú testy aj v univerzitnej nemocnici v Košiciach, časom aj v Banskej Bystrici.”

(13. marec, 10:18) „Vedci zo Slovenskej akadémie vied sa pripravujú na začatie testovania na koronavírus, chcú dosiahnuť 500 testov denne.”

(19. marec, 13:15) „Testy pre samoplatcov na Slovensku nakoniec nebudú. Štát ich zakázal robiť súkromným laboratóriám. Alpha medical ich chcel začať robiť vo štvrtok v Bratislave spôsobom drive-through, pri ktorom človek nemusí ani vystúpiť z auta.”

(21. marec, 19:16) „Na Slovensku máme 3000 testovacích súprav, teda len na zhruba desať dní, oznámil nový minister zdravotníctva Marek Krajčír. Dnes sa testovalo viac ako 400 vzoriek. Podľa ministra by bolo výborné, ak by sme mohli testovať viac, no nie je jasné, kedy a koľko testov sa nám podarí zohnať.”

Tabuľka s počtom testov, celkovým kumulatívnym počtom negatívnych a pozitívnych výsledkov, percento pozitívnych výsledkov v daný deň + porovnanie s ČR:

Dátum	SR testy	SR Neg	SR Poz	SR %	ČR Testy	ČR Neg	ČR Poz	ČR %
25. feb	–	63	0	0,00%	14	112	0	0,00%
26. feb	27	90	0	0,00%	23	135	0	0,00%
27. feb	23	113	0	0,00%	35	170	0	0,00%
28. feb	14	127	0	0,00%	23	193	0	0,00%
29. feb	28	155	0	0,00%	7	200	0	0,00%
1. mar	14	169	0	0,00%	11	208	3	27,27%
2. mar	26	195	0	0,00%	51	259	3	0,00%
3. mar	16	211	0	0,00%	78	335	5	2,56%
4. mar	36	247	0	0,00%	67	402	5	0,00%
5. mar	59	306	0	0,00%	76	475	8	3,95%
6. mar	34	339	1	2,94%	111	575	19	9,91%
7. mar	52	389	3	3,85%	193	761	26	3,63%
8. mar	104	491	5	1,92%	141	896	32	4,26%
9. mar	52	541	7	3,85%	265	1155	38	2,26%
10. mar	42	583	7	0,00%	165	1295	63	15,15%
11. mar	44	624	10	6,82%	458	1722	94	6,77%
12. mar	219	832	21	5,02%	537	2237	116	4,10%
13. mar	153	974	32	7,19%	741	2953	141	3,37%
14. mar	185	1147	44	6,49%	971	3876	189	4,94%
15. mar	245	1375	61	6,94%	1003	4770	298	10,87%
16. mar	159	1523	72	6,92%	1234	5919	383	6,89%
17. mar	318	1816	97	7,86%	1362	7214	450	4,92%
18. mar	225	2033	105	3,56%	1738	8842	560	6,33%
19. mar	302	2316	124	6,29%	2217	10854	765	9,25%
20. mar	368	2670	138	3,80%	2085	12815	889	5,95%
21. mar	439	3069	178	9,11%	1880	14537	1047	8,40%
22. mar	–	–	–	–	–	–	–	–
23. mar	–	–	–	–	–	–	–	–
24. mar	–	–	–	–	–	–	–	–
25. mar	–	–	–	–	–	–	–	–
26. mar	–	–	–	–	–	–	–	–
27. mar	–	–	–	–	–	–	–	–
28. mar	–	–	–	–	–	–	–	–
29. mar	–	–	–	–	–	–	–	–

V čase “peaku” bude potrebných cca. 1200 – 1500 testov denne (Južná Kórea má pri 51 mil. obyvateľoch kapacitu 15 000 testov denne).

- “false negative” výsledky testovania – vo svete sú známe prípady, keď po prvom negatívnom teste nasledoval druhý pozitívny a prepuknutie choroby.
- Schopnosť vyhľadať a testovať kontakty.

Prípád č. 5 – prvý dokumentovaný prenos na Slovensku mimo rodiny – bol podľa dostupných informácií potvrdený na základe iniciatívy pacientky, nie po systematickom vyhľadaní kontaktov. Postup pri následných 4 prípadoch tiež vedie k otáznikom ...

(12. marec, 16:49) Učiteľky zo škôlky sa o svojej nákaze koronavírusom dozvedeli z premiérovej tlačovky. Deti zo škôlky testované neboli. Ich rodičia dostávali protichodné inštrukcie.

- Kapacita pátrania po kontaktoch, zberu vzoriek?
- Efektívna a zrozumiteľná komunikácia zo strany štátnych orgánov.
- Kapacita infoliniiek?

(11. marec, 13:40) Na infolinke v Národnom centre zdravotníckych informácií pracuje 9 ľudí, celkovo je tam 25 zamestnancov, ktorí sa striedajú pri nonstop prevádzke. Pellegrini povedal, že na infolinku je 17-tisíc telefonátov.

(12. marec, 12:08) Na regionálnych úradoch verejného zdravotníctva v SR posilňujeme činnosť call centier. Aktuálne je verejnosti k dispozícii 36 telefonických liniek. Doteraz fungovalo 9 (ÚVZ SR a 8 krajských RÚVZ v SR). Pribudlo tak ďalších 27 kontaktných bodov.

- Schopnosť populácie pochopiť a dodržiavať inštrukcie orgánov štátu.
- Predčasné uspokojenie sa so zvládnutím situácie, druhá vlna.
- Po Číne, Iráne, Taliansku a Južnej Kórei budú rizikové oblasti takmer všade, izolovať by sa mal časom každý, kto cestoval hocikde.

(13. marec, 7:00) Povinná 14-dňová karanténa pre prichádzajúcich zo zahraničia. Zatvorenie hraničných prechodov pre osoby bez pobytu v SR. Rušenie autobusových, vlakových, leteckých spojov.

- Civilná Ochrana?
- Nákupy na Správe štátnych hmotných rezerv?

## Ako rozumieť modelom?

Jednoduchý model počtu nakazených počíta s homogénnym a voľným šírením, čo znamená zhruba zoštvornásobenie každých 6 dní v počiatočnej fáze epidémie. Takéto správanie bolo vidno vo viacerých krajinách/regiónoch, kde prepuklo voľné šírenie nákazy.

Komplikovanejšie modely predpokladajú nehomogénne šírenie. Inkubačná doba, perióda infekčnosti, počet kontaktov, intenzita a vzdialenosť presunov, zmena správania pri vyhlásených protiepidemiologických opatreniach totiž závisí od mnohých parametrov (vek, zdravotný stav, typ práce, rizikovosť správania, atď.).

V časti populácie tak  $R$  môže klesnúť výraznejšie pod 1, ale v časti stále môže dosahovať hodnotu 4. A potom sú tu mysteriózni bezpríznakoví super-spreaderi ...

Realistickejší model by mal počítať aj s dynamickými protiopatreniami. Pri malom počte identifikovaných nakazených sa ťažko cielia radikálnejšie opatrenia (uzavretie pohybu v rámci obce/okresu, zákaz vychádzania, zavedenie/zhustenie náhodného plošného testovania v menšom regióne a pod.). Ak sa však takéto "ohnisko" identifikuje, môžu sa naň sústrediť odberné a testovacie kapacity a roztriedením nakazených od zdravých zastaviť šírenie. Z tohto pohľadu je lepšie, ak sa objaví 20 nových prípadov v jednej obci, ako keď je týchto 20 prípadov roztrúsených po celej krajine. V prvom prípade máme potvrdené jedno ohnisko, v druhom máme neistotu skrytej existencie dvadsiatich ohnísk, ktoré sa môžu naplno ukázať v priebehu 12-tich dní.

(to be continued ... and updated ...)