

# *A koronavírus járványról matematikus szemmel*

(ellentmondó döntési alternatívák)

Dénes Tamás matematikus  
[tdenest@freemail.hu](mailto:tdenest@freemail.hu)

Budapest, 2020. március 30.

A döntéelmélet alapvetése, hogy jó döntést csak *megfelelő információk birtokában* lehet hozni. Természetesen a „megfelelő” azt jelenti, hogy *mennyiségileg és szakmai szempontból* is elegendő.

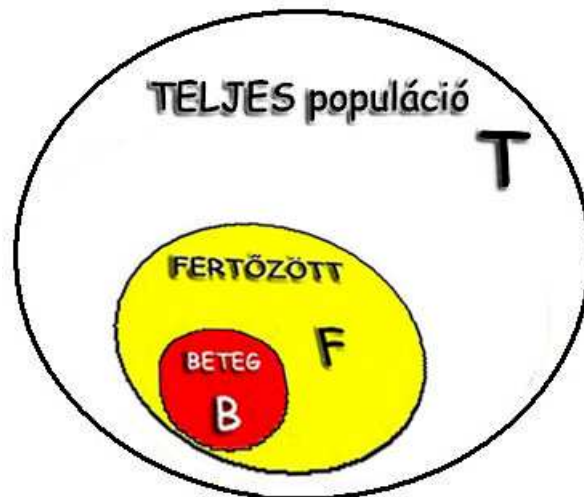
Bármilyen járvány esetén alapvető szakmai kérdés a megfertőzhető, illetve a ténylegesen megfertőződött populáció tisztázása, mivel csak ezek ismeretében lehet a járvány terjedését számszerűsíteni. A koronavírus (COVID-19) esetén annyit tudunk, hogy CSAK EMBEREKET érint a fertőzés, egy adott országban tehát a *teljes lakosságot* (néhány kivételes esetben állatokban is találtak ilyen vírust).

Tehát a járvány elterjedtségét egy időpontban azzal tudjuk számszerűen jellemezni, hogy a teljes populációnak hány százaléka fertőzött?

A *fertőzött*, azaz *vírushordozó* egyedekről kétféleképpen szerezhethünk információt:

- Megbetegedtek*, tehát a betegség tüneteit mutatják.
- Nem mutatnak tüneteket, de megfelelő *teszttel (szűréssel) megállapítható*, hogy hordozzák a kórokozó vírust.

A teljes populáció fertőzöttségi szintek szerinti felosztását az 1. ábrán látható körök (halmazok) szemléltetik, amelyekre a továbbiakban a **T**, **F**, **B** jelölésekkel fogok hivatkozni. A halmazokban lévő emberek száma a *fehér, sárga és piros körök* területeivel jellemezhető, amely területeket az egyszerűség kedvéért szintén a **T**, **F**, **B** betűkkel jelöljük.



1. ábra

Az orvosi rendelőknek, kórházaknak, azaz a „betegségügyi” rendszernek nyilván az a) esettel, azaz a **B** részhalmazzal kell foglalkozni, vagyis a betegek számára kell megfelelő kapacitással rendelkezni.

A *járvány terjedését és a terjedés sebességét* azonban az „egészségügyi” rendszer döntései határozzák meg. Ez azt jelenti, hogy a b) eset, azaz az **F** halmaz lappangó, vírushordozó egyedeit (az ábrán sárga!) milyen széleskörűen és mennyi idő alatt képes az „egészségügyi” rendszer felderíteni, még azelőtt, hogy ezek az egyedek a **B** halmazba kerüljenek!

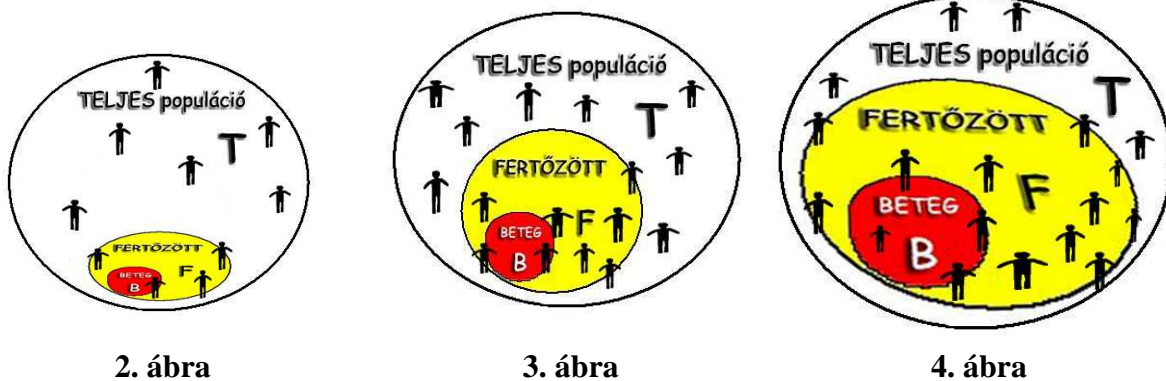
Vagyis az *egészségügy stratégiai célja*, a betegek **B** halmazának minimalizálása úgy, hogy a „betegségügy” kapacitásai elegendőek legyenek a megbetegedettek biztonságos kiszolgálására.

Tehát már ismert kórokozó esetén az egészségügy a megelőzésre koncentrál, ami nem más mint a védőoltás. Másrészt ekkor a **T** populáció jelentős része az előző járványok idején már megfertőződött, így az immunrendszere az átfertőződés miatt, önállóan is védekezik az ismert kórokozó ellen („nyájimmunitás”)<sup>1</sup>.

Mivel a koronavírus az immunrendszer és az oltások számára egyaránt ismeretlen kórokozó, ezért az első járvány idején e két védőrendszer egyike sem működik. Tehát ekkor az egészségügy csupán a fertőzöttség felderítésére, azaz a fenti b) esetre koncentrálhat!

Ennek érdekében a teljes populáció (**T**) létszámához képest jelentős mennyiségű, azaz *tömeges mennyiségű tesztet kell elvégezni!*

Ezt támasztja alá a matematikai statisztikai mintavétel azon törvénye, hogy ha egy populációban olyan jelenséget vizsgálunk, amelynek jellemző paramétereit NEM ISMERJÜK, akkor a reprezentativitást jól helyettesíti a *véletlen mintavétel*, amelynek segítségével elég pontos következtetéseket tudunk megállapítani a jelenségre nézve. A *véletlenszerűen választott minta elemszámának* azonban jóval nagyobbak kell lenni, mint a reprezentatív mintavétel esetén alkalmazott 1.000-1.500 fő, vagy a már igen nagy mintának számító néhány ezer egyed. Ez azt jelenti, hogy véletlen mintavétel esetén a minta elemszáma *legalább a T populáció létszámának 3-5%-a*, ami a közel *10 milliós magyar lakosság esetén 300-500 ezer emberen végzett mérés (teszt)*.



2. ábra

3. ábra

4. ábra

A 2.-4. ábrák szemléltetik, hogy minél nagyobb elemszámú a véletlen mintavétel (kis emberkék az ábrákon), annál pontosabban képezi le a minta a **T**, **F**, **B** halmazok valódi arányait, vagyis az  $F/T$  és  $B/F$  arányokat.

<sup>1</sup> A *nyájimmunitás*, vagy *közösségi immunitás* egy fertőző betegséggel szemben úgy jön létre, hogy a népesség (populáció) egy részének beoltása, vagy kigyógyulása védeltséget biztosít a beoltatlanok számára is. Tehát immunitás úgy is szereshető, ha valaki megfertőződik egy kórokozóval és kigyógyul a betegségből, ezért ha a népesség egy jelentős része megfertőződik és kigyógyul, a nyájimmunitás akár vakcina alkalmazása nélkül is kialakulhat.

*Azonban fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a T populációból választott minta nem azonos az elvégzett tesztek számával!*

Ez abból adódik, hogy az emberi populációban való terjedésen kívül, van még egy fontos jellemzője a COVID-19 koronavírusnak, amit elég pontosan tudunk. Mégpedig az, hogy a tünetek jelentkezésének lappangási ideje kb. 14 nap. Vagyis a fertőzöttség biztonságos felderítéséhez **a 14 nap alatt többször (4-5 naponta) kell a 3-5%-os véletlen mintán a teszteket elvégezni.** Tehát a „tömeges mennyiségű teszt” a magyarországi T populációban kb. 900 ezer-1.5 millió teszt elvégzését jelenti.

Különösen soknak tűnhet ez a minta és teszt nagyság, ha figyelembe vesszük, hogy a mintán végzett tesztekől nyert információt, akkor tudjuk hatékonyan felhasználni, ha rövid idő alatt sikerül megszerezni. **Mit jelent a rövid idő?**

Ennek a technikai lebonyolításához kell az egészségügy kapacitásait tervezni (erről még lesz szó a következőkben).

### **Milyen eredményre számíthatunk ekkora mennyiségű véletlen mintán, megfelelően rövid idő alatt elvégzett teszt esetén?**

**E1.** A teljes populációra (a magyar lakosságra) nézve, a fertőzöttség elég pontos eloszlását kapjuk, amely alapján **jól elkülöníthetők a még nem fertőzöttek a vírust hordozó fertőzöttektől.** Tehát a megelőzési stratégia (pl. kijárási korlátozások, izoláció) tervezhetőbbé válnak.

**E2.** Azon országok tapasztalatai alapján, amelyekben a járvány előttünk jár, a fertőzöttségi számok alapján **meg tudjuk becsülni a várható megbetegedések számát és területi eloszlását.**

**E3.** Így **tervezhetővé válik** a fenti a) eset, vagyis **a várható megbetegedettek gyógyítási kapacitása.**

Természetesen az E1.-E3. eredményekhez az egészségügy megfelelő anyagi, eszköz és emberi erőforrás kapacitásokkal kell, hogy rendelkezzen. **A magyarországi lakosságra nézve, a következő kapacitás becslések adhatók:**

**K1.** Ha feltételezzük, hogy egy teszthez szükséges eszköz kb. 5.000 Ft (ismert ilyen becslés), akkor ez a 900 ezer- 1.5 millió tesztre számítva: **4.5-7.5 milliárd forint.**

Ez az összeg nem jelentős tétel a magyar költségvetésben, főleg ha figyelembe vesszük a kb. 1.000 milliárd forintnyi koronavírus járványra adott EU-s támogatást.

**K2.** A fenti számú véletlen mintához Magyarország 19 megyéjét számítva, megyénként átlagosan 47-79 ezer mérés szükséges. Ha személyenként 4 méréssel számolunk (a teszt időszak alatt 4 naponta), akkor ez megyénként átlagosan 11-19 ezer ember kerül a véletlen mintába.

Ha megyénként csak a tíz legforgalmasabb közlekedési, kereskedelmi centrumban állítunk fel teszt mintavételi helyeket, úgynevezett mozgó mintavételi pontokat, akkor napi 1.100-1.900 teszt mintavételét kell elvégezni, amihez megyénként 20-40, országosan kb. 400 egészségügyi dolgozóra van szükség.

**K3.** Gondoskodni kell a teszteltek azonosításáról, ami egyetlen (önként megadott) mobil számmal megtehető. Így a teszt eredményéről az egyén és háziórvosa könnyen tájékoztatható és pozitív teszt esetén, a „betegségügyi” intézkedések azonnal megtehetőek.

**K4.** Gondoskodni kell a fenti **K2.** pontban leírt mennyiségű teszt kiértékelését elvégző laboratóriumokról.

### **JÓ HÍR!**

Egy szakértői csoport (Török Ákos informatikus, Glattfelder Tamás közgazdász, Vilmos Péter a Szegei Biológiai Kutatóközpont csoportvezetője) arra az eredményre jutottak, hogy *"nem kell minden egyes emberre lefuttatni a több órát igénylő és több ezer forintba kerülő tesztet, lehet több tucatnyi embert egyszerre is tesztelni. Ez a sokszorosára emeli a rendelkezésre álló kapacitást, egyúttal csökkenti az egy személyre eső árat, és ami a legfontosabb, drasztikusan csökkenti a tömegek leszűréséhez szükséges időt."* (Index.hu 2020.04.02.)

### **Az E1.-E3. járványügyi eredményekre kétféle (ellentmondó) biológiai-társadalmi-gazdasági megoldási stratégia építhető.**

**S1.** Eddig ismeretlen vírus lévén, a természetes megoldás az, ha a biológiai evolúciót, azaz az immunrendszert, mint védekező rendszert hagyjuk működni. Vagyis a tömeges megfertőződést nem akadályozzuk, csupán kontrolláljuk, hiszen minden fertőzött szervezetben, a *rendben működő immunrendszer ellenanyagot termel*, ami a megbetegedés elleni *természetes védekezés*.

Az egészségügyi rendszert így, csak a legyengült immunrendszerek megsegítésére (elkülönítésére) kell felhasználni. Mivel azonban ez a megoldás a járvány gyors lefutásával jár, az egészségügyi kapacitások korlátossága miatt, a biológiai áldozatok száma rövid távon megnövekszik.

Hosszabb távon azonban, a populáció biológiai immunitásának megszerzése és a társadalmi és gazdasági (természetellenes) izoláció által okozott válságjelenségek elmaradása érhető el.

**S2.** Felhasználhatjuk az E1.-E3. eredményeket arra, hogy a járvány terjedését, azaz a fertőzések sebességét a teljes populációban lelassítsuk. Az időben elnyújtott járvány lefolyása lecsökkenti a biológiai áldozatok számát, mert így a rendelkezésre álló „betegségügyi” rendszer kapacitásai elegendőek lehetnek.

Mivel azonban eddig ismeretlen víusról van szó, ezt a megoldást természetes (immunrendszer) és mesterséges (vakcina) ellenanyag híján, csak az egyedek **KÜLÖNLEGES IZOLÁCIÓJÁVAL** érhetjük el. Ezzel az izolációval sikerül kompenzálni a korlátozott „betegségügyi” (kórház, eszköz és szakember) kapacitásokat.

De mivel e stratégia lényege az időben elnyújtott (hosszú) lefolyás, így a túlzott (természetellenes) izoláció társadalmi és gazdasági válságjelenségekhez vezet.

----- . -----

Az S1. és S2. tehát egymással gyökeresen ellentétes egészségügyi és társadalmi stratégiák, így a döntéshozók csak az egyik megoldást választhatják. A fentiekből látható, hogy a koronavírus járvány esetében jó döntés nem hozható, de a szakmai kompetenciákra figyelő felelős döntés igen. Mindenképpen meg kell határozni a döntés rövid, illetve hosszútávú célját, azaz a járvány alatti és utáni társadalmi-gazdasági működést és el kell fogadtatni azt a társadalommal.