

R. Pezer*

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet
Aleja narodnih heroja 3
44 000 Sisak

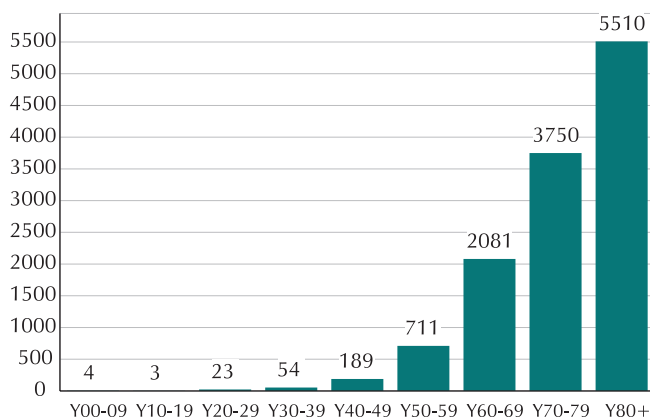
Dobno razlučene stope viška mortaliteta tijekom epidemije COVID-19

Posljedice epidemije Covid-19 pozorno se prate u gotovo svim zemalja. Jedan od fenomena praćenja je masovno objavljivanje različitih pokazatelja koji su korišteni i za usporedbu efikasnosti upravljanja krizom između država. Na žalost, nije uspostavljen odgovarajući standard koji bi zainteresiranu javnost osigurao razumljivo praćenje dinamike. Informiranje javnosti o složenom problemu poput razvoja epidemije zasigurno nije jednostavno te ga nije lako učiniti informativnim za različite razine kvantitativne pismenosti epidemiološki neupućene publike. S druge strane, ne čini se prihvatljivim uzrokovati konfuziju objavljivanjem nekonzistentnih i neodgovarajućih mjerila za pojedine aspekte problema. Ovaj osvrt nema pretenziju davanja “konačnih” odgovora na mnoštvo pitanja, već je pokušaj izlaganja jednog od mogućih uravnoteženih pogleda, usko vezanih uz analizu dostupnih podataka, koji bi pružio informaciju općoj publici. Zbog toga za analizu razmjera problema i moguću usporedbu analiziramo višak mortaliteta, uzevši u obzir sve uzroke smrti, opažen od početka epidemije do posljednjih dostupnih podataka. Podrobna analiza u kojoj se izlaže učinak epidemije na mortalitet u Hrvatskoj za 2020. god. dostupna je u radu autora Čipin, Mustač i Međimurec [CipMustMe]. Opisani su i različiti tehnički aspekti analize smrtnosti, no nije provedena usporedba s ostalim državama EU-a. Zadovoljavajuću analizu koja bi omogućila korektnu usporedbu nužno je obaviti promatrajući dobno razlučenu smrtnost u usporedbi s trendovima i varijabilnošću iz pretpandemijskog razdoblja za cijelo trajanje epidemije. Kalendarska godina nije odgovarajući sezonski okvir jer ga valovi epidemijskih izboja ne slijede. Iako se izraz “stopa smrtnosti od Covida19-a” često upotrebljava, prikazani podatci rijetko predstavljaju korektnu stopu smrtnosti na način koji se primjenjuje u epidemiologiji ili demografiji. Smrtnost od COVID-a19 dramatično je ovisna o dobi [Dri_Nat], a to je jasno vidljivo i na slici 1, koja prikazuje dobnu raspodjelu preminulih od COVID-a19 u Hrvatskoj od početka epidemije [HZJZ_D]. Prema tome, korektnu analizu nije moguće provesti bez promatranja utjecaja na dobno razlučenu populaciju. Gubitak informacije vidljiv je na primjeru ukupnog broja preminulih iz kojeg je nemoguće iščitati podatak da je 98 % preminulih za promatrano razdoblje prikazan na slici 1 u Hrvatskoj starije od 50 god. Ako se primjenjuju samo grubo, kumulativni podatci bez razlučivanja skupina različitog rizika, konačni rezultati izloženi su problemu koji se u primijenjenoj matematičkoj naziva Simpsonov paradoks (prema Edward Hugh Simpsonu, statističaru i kriptoanalitičaru u Bletchley Parku koji je fenomen opisao u stručnom radu 1951. god.). Suština paradoksa je u mogućem obrtanju zaključka analize ovisno o tome analizira li se podatke sumarno ili razdijeljene u odgovarajuće grupe. Ovdje ćemo pokazati na koji način se taj, za statistički netreneranu publiku moguće konfuzan, problem javlja pri usporedbi viška mortaliteta među državama.

Niti ukupni broj umrlih od Covid-a19, niti udio umrlih među potvrđenim slučajevima, niti broj preminulih na milijun stanovnika nisu primjerena mjera usporedbe između skupina stanovništva različitog rizika unutar neke države, a posebno ne između različitih država. Razlog je u znatnom utjecaju dobne strukture

Tablica 1 – Dobna raspodjela standardne Europske populacije ESP2013 (normirana na 100 tisuća osoba)

Dob	Populacija
Y00-09	10 500
Y10-19	11 000
Y20-29	12 000
Y30-39	13 500
Y40-49	14 000
Y50-59	13 500
Y60-69	11 500
Y70-79	9000
Y80+	5000
Ukupno	100 000



Slika 1 – COVID19 preminuli u HR po dobnim skupinama od početka epidemije 25. 2. 2020. do 26. prosinca 2021. (izvor podataka Hrvatski zavod za javno zdravstvo [HZJZ_D])

stanovništva na broj smrtnih ishoda. Pored toga, zemlje se razlikuju u metodologiji brojanja i definiranja smrtnih ishoda kao i u strategijama, posebno masovnosti, testiranja. Tjedni broj umrlih razlučen po dobi metodološki je standardiziran i dostupan u strojno čitljivom obliku putem EUROSTAT-a [EUstatD]. Ti podatci nude mogućnost detaljne analize i usporedbe među državama uvažavajući razlike u dobnim strukturama. Dodatna pogodnost viška mortaliteta kao pokazatelja je uključivanje mogućih posrednih (kolateralnih) učinaka epidemije na stope smrtnosti koji nisu obuhvaćeni preminulima od Covida-a19. Stručnom analizom dodatnih podataka (javnozdravstvenih ishoda) moguće je na temelju viška umrlih “unazad” procijeniti i štete koje nisu rezultirale smrtnim ishodom, ako se poznaju vjerojatnosti smrti iz prethodnih stanja (npr. slijed prema težini kliničke slike). Sve navedeno upućuje na dobno prilagođen višak umrlih kao odgovarajuće polazište za procjene različitih pristupa rješavanja mnogostrukih negativnih učinaka epidemije. Stopa smrtnosti jednostavan je kvantitativni pokazatelj, a za grupu (određenu dobno, prema

* Izv. prof. dr. sc. Robert Pezer
e-pošta: rpezer@simet.unizg.hr

	AEM/100k	Y00-09	Y10-19	Y20-29	Y30-39	Y40-49	Y50-59	Y60-69	Y70-79	Y80+
Norveška	4	-0.0099	0.0027	-0.0093	-0.0049	-0.0128	-0.0311	-0.0855	0.336	-0.166
Švedska	67	-0.004	0.0016	-0.0134	-0.0032	-0.017	-0.0053	-0.0808	0.427	0.875
Danska	70	-0.005	-0.0019	0.0029	-0.0013	-0.0291	-0.0631	-0.104	0.426	1.13
Finska	77	-0.0055	0.0025	-0.0025	-0.0018	-0.0091	-0.0379	-0.126	0.472	1.13
Njemačka	101	-0.0039	-0.0028	-0.0052	0.0046	-0.0264	-0.0055	0.174	-0.261	2.2
Švicarska	130	-0.0041	-0.0002	0	0.0002	-0.0198	-0.0083	0.0232	0.395	1.93
Francuska	147	-0.0092	-0.0011	-0.0041	-0.0005	-0.015	-0.0134	0.0573	0.697	1.67
Belgija	159	-0.021	-0.0011	-0.0059	-0.0001	-0.0076	-0.0137	0.0915	0.579	2.04
Austrija	163	-0.0076	-0.0019	0.0002	0.011	-0.0206	0.0182	0.139	0.312	2.37
Grčka	169	-0.0122	-0.0047	-0.0042	-0.0098	0.0104	0.0556	0.237	0.334	2.12
Italija	189	-0.0152	-0.0026	-0.0057	-0.0065	-0.0097	0.0487	0.14	0.46	2.58
Nizozemska	190	0.0016	-0.0014	0.0009	0.0083	-0.01	0.0044	0.0594	0.752	2.3
Portugal	204	-0.0142	0.0008	0.0011	-0.0002	-0.0069	0.0272	0.186	0.453	2.8
Estonija	211	-0.0097	-0.0022	-0.0301	-0.0047	0.0357	0.0274	0.279	0.276	3.01
Španjolska	211	-0.0081	0.0009	0.0023	-0	0.0022	0.0448	0.261	0.699	2.24
Latvija	230	-0.0225	-0.019	-0.056	-0.0322	0.0278	-0.051	0.351	0.208	3.78
Hrvatska	241	-0.0083	-0.0022	-0.0069	-0.0061	0.0107	-0.0406	0.268	0.692	3.1
Slovenija	253	-0.0009	-0.0062	-0.0162	-0.0154	0.0352	-0.0441	0.121	0.698	3.65
Mađarska	297	-0.0133	-0.0037	0.0089	0.0061	0.0468	0.0372	0.439	1.38	2.22
Litva	302	-0.026	-0.015	-0.0426	-0.0297	0.0005	0.0894	0.56	0.847	3.25
Srbija	366	-0.0185	-0.0073	-0.0057	0.0034	0.0558	0.086	0.521	1.64	2.84
Češka	398	-0.0097	-0.0023	-0.014	0.0052	0.0552	0.118	0.172	1.92	3.67
Slovačka	462	-0.0053	-0.0033	-0.0114	0.0117	0.0637	0.0765	0.556	2.2	3.63
Poljska	464	-0.0114	-0.0039	-0.008	0.0215	0.0819	-0.0414	0.543	2.05	4.22
Rumunjska	487	-0.0328	-0.0076	-0.018	0.0073	0.0168	0.231	0.817	1.71	4.22
Bugarska	608	-0.0252	-0.0055	-0.0033	0.0264	0.123	0.342	0.832	2.79	3.95

Slika 2 – U stupcima označenim dobnim skupinama su stope (izražene kao postotci s 3 pouzdane znamenke) viška mortaliteta tijekom epidemije COVID19 od 12 tjedna 2020. god. do 43. tjedna 2021. Stupac označen s AEM/100k je ukupni dobnog prilagođen višak mortaliteta izračunat na temelju standardne Europske populacije ESP2013 (podatci Eurostat) za svaku državu prema njezinim realnim stopama.

spolu ili nekim drugim pokazateljima) definiramo ju kao omjer broja umrlih i ukupnog broja osoba u grupi. Procjena dobnih stopa smrtnosti od svih uzroka prvi je korak prema sveobuhvatnijem razumijevanju utjecaja pandemije na smrtnost stanovništva.

Iz tih razloga ovdje analiziramo podatke o dobnog razlučenoj smrtnosti uspoređujući prosjek smrtnosti u pretpandemijskom razdoblju 2015. – 2019. god. po tjednima za niz europskih država tijekom epidemije od 12 tjedna 2020. god. do 43. tjedna 2021. god. koje prikuplja i javno objavljuje EUROSTAT [EUstatD]. Time želimo povezati učinak dobnog razlučenog viška mortaliteta na ukupnu smrtnost te prikazati kvantitativnu mjeru za procjenu ukupnog tereta zdravstva.

Da bismo izračunali stope, potrebno je odabrati i podatke o dobnog strukturi populacije. Te podatke također je moguće preuzeti za promatrane države u strojno čitljivom obliku s EUROSTAT-a [EUstatP]. Primijenit ćemo dobnog razlučenu procjenu stanovništva za 2019. god. S obzirom na to da taj podatak dolazi u nazivnik prilikom računanja stopa, posljedica je visoka osjetljivost konačnih rezultata na preciznost tih podataka, što se obično opisuje kao “problem nazivnika”. U preciznijem pristupu problemu struktura stanovništva također je funkcija vremena.

Iz preuzetih, strojno čitljivih podataka u promatranom razdoblju izračunava se zbroj razlika opažene smrtnosti prema osnovici u promatranom dobnog skupini (odgovara prosjeku za svaki tjedan u razdoblju 2015. – 2019. god.). Dobiveni zbroj dijeli se s brojem osoba u dobnog skupini, što nam daje stopu viška mortaliteta. Rezultati izračuna (izraženi kao postotci) za niz odabranih država prikazani su u stupcima označenim dobnim skupinama u tablici na slici 2. Ako se izuzmu Rumunjska i Bugarska, vidljivo je da u ostalim državama nema značajnijeg viška mortaliteta za populaciju mlađu od 60 godina. Sljedeće zanimljivo zapažanje je grupiranje na države koje su tek nekoliko desetljeća demokrat-

ske, u donjoj polovini, i “stare” europske demokracije, u gornjoj polovini tablice. Za njih je višak mortaliteta nizak i za populaciju 60 – 70 godina. Prema toj mjeri optimalno upravljanje epidemijom ostvareno je u skandinavskim državama. Odmjereni pristup Švedske, prema “udžbeniku”, se za tu državu pokazao optimalan, što bi uz preciznu identifikaciju razloga trebala biti važna poruka o uspješnom “trčanju ovog maratona” i za ostale države. Pri tome, posve je jasno da optimalna rješenja ovise o materijalnom i intelektualnom kapacitetu te specifičnostima i tradiciji pojedine države. Uzevši u obzir i druge pokazatelje, podatci upućuju na to da u smrtnosti stanovništva tijekom epidemije veliku ulogu ima i opće zdravstveno stanje populacije (struktura faktora rizika kao pretilost, pušenje, mjere prevencije bolesti, opće zadovoljstvo i sl.) u pojedinoj državi. Svi ti pokazatelji znatno su lošiji u državama u donjoj polovini tablice na slici 2.

Jedna od mogućih primjena dobivenih dobnog razlučenih stopa je izračunavanje ukupnog viška smrtnosti na standardnoj populaciji (rutinski postupak u praćenju trendova i uspoređivanja u javnom zdravstvu). Ovdje ćemo za tu svrhu primijeniti posljednju inačicu standardne europske populacije [ESP2013] prikazane u tablici 1. Množenjem prethodno dobivenih stopa s brojem ESP2013 osoba u odgovarajućoj dobnog skupini te zbrajanjem umnoška dobiva se ukupni višak mortaliteta na 100 tisuća stanovnika za svaku državu posebno. S obzirom na to da je taj podatak određen na fiktivnoj populaciji, apsolutnu vrijednost treba pažljivo interpretirati za sebe, ali pomoću te mjere moguće je dobnog nepristrano rangiranje država jer se uvažava struktura stanovništva. Time se rješava prije spomenuti problem usporedbe grube stope viška mortaliteta koji u slučaju epidemije Covid19 “kažnjava” države s dobrim javnim zdravstvom jer obično imaju i znatno starije stanovništvo te, iz istog razloga, povećanu smrtnost. Rezultat rangiranja prikazan je u stupcu AEM/100k u tablici na slici 2. Ako se to rangiranje usporedi s grubim dobnog “slijepim” rangiranjem poput analize

Karlinsky & Kobak [KarKob] (redovito se osvježava i dostupna je online) mogu se uočiti razlike (ovdje promatramo rangiranje stopa viška umrlih). Usporedimo li dobno prilagođenu i grubu stopu viška mortaliteta u europskim državama za koje su podatci dostupni, vidljiva je sličnost u smislu iznosa stope viška mortaliteta koja je najviša u skupini postsocijalističkih, a najmanja u skandinavskim državama. Precizniji pogled u poredak otkriva zanimljive ishode. Ovdje bih istaknuo Švedsku, koja ima najmanji dobno prilagođen višak mortaliteta u EU-u (ne uzimam u obzir države s manje od 300 tisuća stanovnika), a prema gruboj stopi je iza Danske i Finske. Sljedeći primjer je Hrvatska, čija je gruba stopa viška smrtnosti veća od npr. Slovenije i Mađarske, dok je dobno prilagođena manja. Dodatni razlog odstupanja je i metodologija određivanja osnovice. Karlinsky & Kobak [KarKob] primjenjuju linearnu ekstrapolaciju trenda smrtnosti iz prethodnih godina. Pri pokušaju da to obavim i za dobno razlučene skupine, dobiva se premala statistička određenost za ovdje najvažnije dobne skupine (npr. u slučaju Švedske koeficijent određenosti je gotovo nula za starije od 60 god.).

Epidemija je osim patnje u zdravstvenom smislu ukazala na ozbiljan problem komunikacije prema općoj publici opažanja koju je moguće korektno interpretirati samo preciznim kvantitativnim alatima. U osmišljavanju i provedbi strategije upravljanja epidemijom podatci i korektna kvantitativna analiza trebale bi biti polazište, ali znatno teži problem je kako situaciju i projekcije na koje upućuju podatci uskladiti s vrlo različitim vrijednosnim pogledima i prioritetima koje pojedine skupine građana imaju u zapadnim demokracijama. Ovdje bih čitatelje uputio na odličan pregled uspješnog primjera Danske prof. Michael Bang Petersena, profesora političkih znanosti na Sveučilištu u Aarhusu i savjetnika vlade, [MBP_Pol,MBP_Nat], u kojem opisuje što je u toj zemlji oblikovalo strategiju upravljanja epidemijom. Ukratko, osnovna odrednica je očuvanje povjerenja građana, a za tu svrhu svi se podatci i saznanja čine javno dostupnim bez obzira na "neugodnost" istine. Nadajmo se povećanju povjerenja građana u vlade i

eksperte njihovim ustrajnim dokazivanjem praktične sposobnosti da uspješno upravljaju krizom prema korektnim analizama podataka i u, do sad, manje uspješnim zemljama.

Literatura

- [CipMustMe] I. Čipin, D. Mustač, P. Međimurec, Učinak pandemije bolesti COVID-19 na mortalitet u Hrvatskoj, Stanovništvo **59** (2021), doi: <https://doi.org/10.2298/STNV2101001C>.
- [Dri_Nat] M. O'Driscoll et al., Age-specific mortality and immunity patterns of SARS-CoV-2, Nature **590** (2021), doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2918-0>.
- [EUstatD] Eurostat, Deaths by week, sex and 10-year age group (online DEMO_R_MWK_10), URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/DEMO_R_MWK_10?lang=en.
- [EUstatP] Eurostat, Population on 1 January by age group and sex (online DEMO_PJANGROUP), URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/DEMO_R_MWK_10?lang=en.
- [ESP2013] Eurostat Methodologies and working papers, Revision of the European Standard Population, 2013.
- [KarKob] Karlinsky, Kobak, Tracking excess mortality across countries during the COVID-19 pandemic with the World Mortality Dataset, eLife **10** (2021) e69336, URL: <https://elifesciences.org/articles/69336>.
- [MBP_Pol] M. B. Petersen, The unpleasant truth is the best protection against coronavirus, URL: https://pure.au.dk/portal/files/181464339/The_unpleasant_truth_is_the_best_protection_against_coronavirus_Michael_Bang_Petersen.pdf (prijevod na engleski članka objavljenog u danskom časopisu Politiken).
- [MBP_Nat] Michael Bang Petersen, COVID lesson: trust the public with hard truths, Nature **598** (2021) 237, doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02758-2>.
- [HZJZ_D] Tjedno izvješće za 26. prosinac 2021., URL: <https://www.koronavirus.hr/najnovije/tjedna-izvjesca-hrvatskog-zavoda-za-javno-zdravstvo/854>.

J. Baleta,^{a*} A. Petračić^b
i M. Vujanović^c

^a Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet

^b Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu

^c Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu

Razvoj sustava za ispitivanje višefaznih strujanja i izgaranja s ciljem povećanja istraživačkih aktivnosti znanstvenog i poslovnog sektora

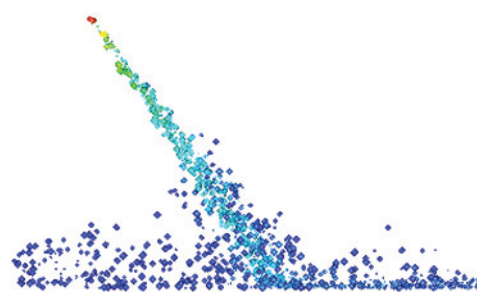
Šifra: [KK.01.1.1.04.0070]

Prijavitelj: Fakultet strojarstva i brodogradnje, UniZG

Partneri: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Metalurški fakultet u Sisku, Sveučilište u Slavanskom Brodu

Izvor financiranja: Europski strukturni i investicijski fondovi

Sa zahtjevnošću današnjih globalnih izazova kao što su klimatske promjene, energetska neovisnost i sl., raste i kompleksnost metoda kojima se s njima nastojimo nositi. Pri tome, interdisciplinarni pristup jednostavno postaje imperativ i jezgra



Slika 1 – Primjer numeričke simulacije interakcije spreja i stijenke

svih uspješnih suvremenih projekata. Na tom tragu nalazi se i projekt "Razvoj sustava za ispitivanje višefaznih strujanja i izgaranja s ciljem povećanja istraživačkih aktivnosti znanstvenog i poslovnog sektora" – RESIN, odobren za financiranje u sklopu poziva "Ula-

* Doc. dr. sc. Jakov Baleta
e-pošta: baleta@simet.unizg.hr