

COVID-19, GEOLOKACIJA IN KARTOGRAFIJA

COVID-19, GEOLOCATION AND CARTOGRAPHY

Joc Triglav

1 UVOD

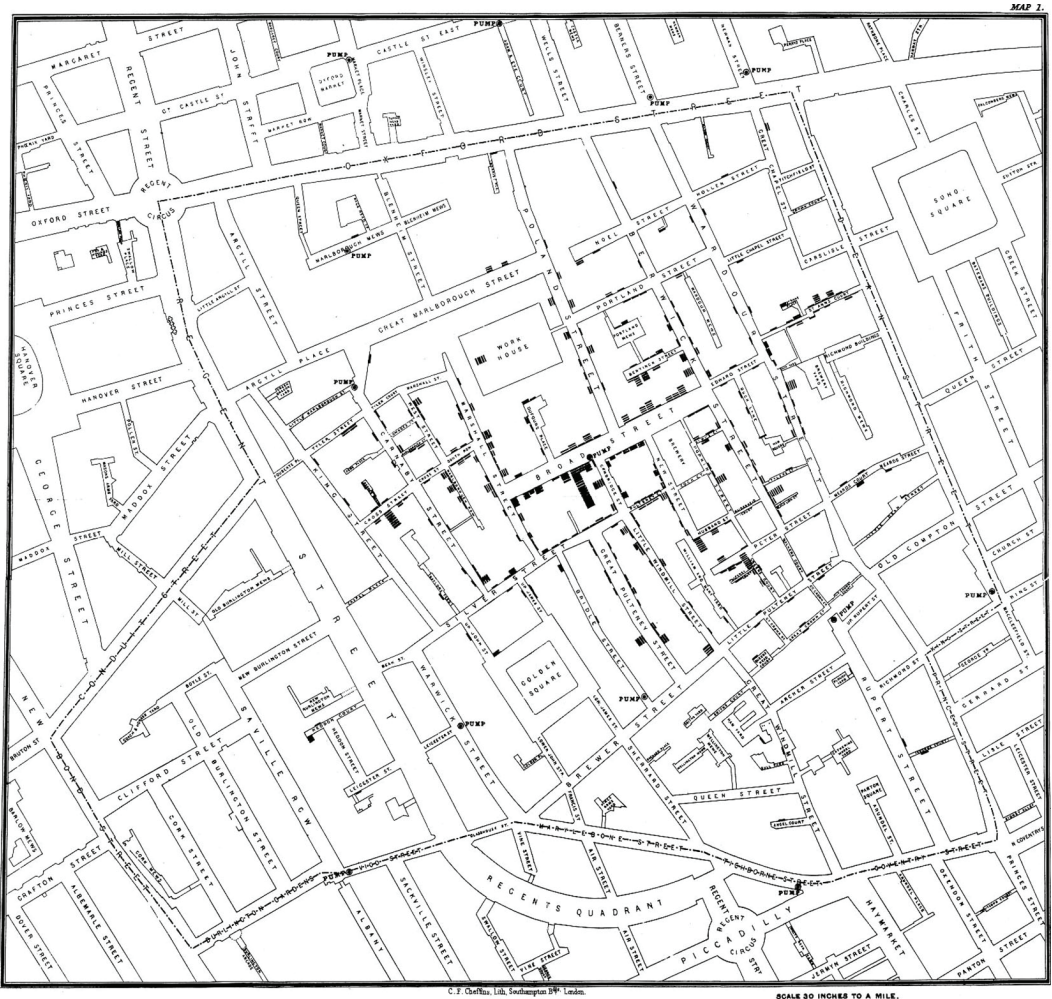
K pisanju so me spodbudili številni kartografski prikazi in različne infografike za prikazovanje in poznavanje stanja in razširjenosti pandemije COVID-19, s katero se na vsej zemeljski obli spopadamo v letošnjem letu, in kot kaže, bo tako vsaj še do pomladi, v valovih pa še dlje, vsaj dokler ne bomo virusa ukrotili s cepivi. Ob tem sem se spomnil, da sem pred desetletji bral zapis o uporabi kartografije za prikaz podatkov o geolokaciji okužb pri ugotavljanju izvora epidemije kolere v Londonu sredi 19. stoletja. Za začetek osvežimo spomin na ta kartografski pristop k reševanju epidemioloških ugank.

2 JOHN SNOW

John Snow (1813–1858) je bil angleški zdravnik, znan po pomembni vlogi pri razvoju anestezije in higiene v zdravstvu, za današnjo zgodbo pa je posebej zanimiv zaradi svojega proučevanja izbruhov kolere v Londonu, s katerim se je uvrstil med pionirje javnega zdravstva in legende epidemiologije, čeprav se je ta status utrdil šele v desetletjih po njegovi smrti. V podrobnosti njegovih dosežkov se ne bomo spuščali, saj so opisi njegovega dela široko dostopni (na primer UCLA, 2020). Na kratko se ustavimo le pri njegovem proučevanju izvora tretjega izbruha kolere v Londonu med letoma 1853 in 1855, v njegovi domači četrti Soho, kjer je živel, raziskoval in opravljal zdravniško prakso.

Snow je bil med ustanovitelji Londonskega epidemiološkega društva. Na podlagi svojih ugotovitev je zagovarjal stališče, da kolero povzroča mikrobní prenašalec, ki se prenaša ob stiku s fekalijami ali pitno vodo, ki je bila onesnažena v stiku s fekalijami. Prevladujoče stališče takratne medicinske stroke pa je bilo, da se kolera prenaša s slabim zrakom, tako imenovano miazmo, ki izhaja iz razkrajajočih se organskih snovi. Obe hipotezi sta bili predmet živahnih strokovnih razprav, utemeljenih na rezultatih raziskav. Šele po letu 1883, ko je nemški zdravnik in mikrobiolog Robert Koch z mikroskopijo identificiral *Vibrio cholerae* kot povzročitelja kolere, se je razprava zaključila v prid stališču Johna Snowa.

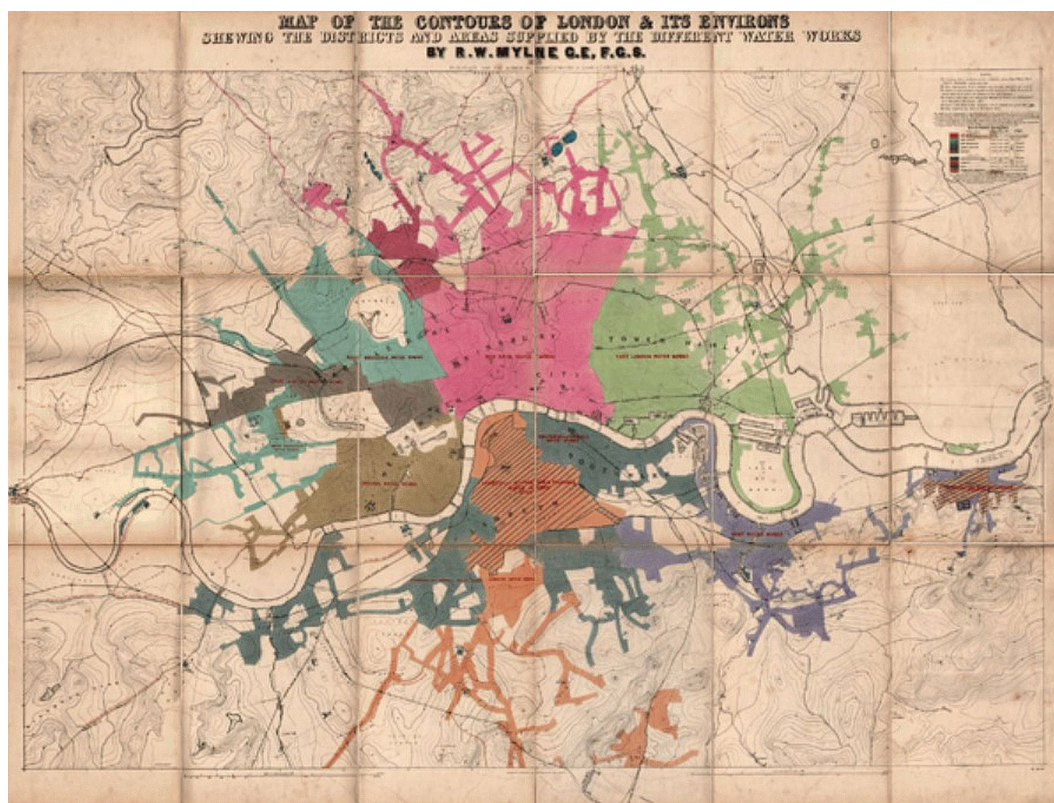
Z našo zgodbo se spet vrnimo v leto 1854, ko je kolera v četrti Soho pokosila veliko meščanov. John Snow je s proučevanjem lokacijskih značilnosti pojavljanja kolere iskal vzročno zvezo med obolelimi in izvorom izbruha. Pomagal si je z zbiranjem podatkov, statistiko in tako, da je lokacije hiš, iz katerih so bili oboleli, označeval na karti mesta, na kateri je označil tudi javne vodnjake. Hitro je ugotovil, da so vsi oboleli jemali vodo iz vodnjaka na ulici Broad Street (slika 1), ki je bil zaradi vdora fekalne vode vir okužbe. Z zaprtjem vodnjaka se je ustavilo tudi širjenje kolere.



Slika 1: Izvirni zemljevid izbruha kolere v Londonu v letu 1854, ki ga je po podatkih epidemiologa Johna Snowa izdelal kartograf Charles Cheffins. V sredini karte je s črno obarvanimi stavbami vidno območje okužbe v okolici javnega vodnjaka na ulici Broad Street, ki je bil vir okužbe. Vir karte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Snow-cholera-map-1.jpg>.

V še eni raziskavi istega leta, imenovani »Veliki eksperiment«, je primerjal kakovost vodne oskrbe londonskih sosesk, ki so se napajale z vodo iz gornjega toka Temze, in sosesk, ki so se napajale z vodo iz Temze v osrčju Londona, kjer je prihajalo do pogostega mešanja s kanalizacijo in fekalno vodo. Z rezultati eksperimenta je predstavil škodljive učinke kontaminirane vode na zdravje prebivalstva in predlagal interventne ukrepe za preprečevanje in nadzorovanje okužb. Svoja opažanja in ideje, podprte z inovativnimi statističnimi obdelavami in kartografskimi prikazi, je leta 1855 objavil v knjigi z naslovom *O načinu širjenja kolere* (angl. *On the Mode of Communication of Cholera*). Knjiga je bila ponatisnjena v 30. letih 20. stoletja že kot klasično delo epidemiologije in kot trajna potrditev dela Johna Snowa. Knjiga (Snow, 1855) je danes na spletni strani oddelka za epidemiologijo univerze UCLA dostopna v sodobni hipertekstni obliki.

kvadratni obliki z različnimi dodanimi kartografskimi viri območja Londona iz 19. stoletja (npr. slika 2), ki skupaj z opisi omogočajo detajlno prostorsko navezavo na vsebino dela. Kljub časovni oddaljenosti izida knjige je ogled vsebine in spremljajočih kart poučen tudi v sodobnem času.



Slika 2: Karta prikaza vodooskrbnih območij Londona iz leta 1856, iz obdobja, ko je John Snow objavil svoje delo o načinu širjenja kolere. Vir karte: http://www.ph.ucla.edu/epi/snow/watermap1856/watermap_1856.html.

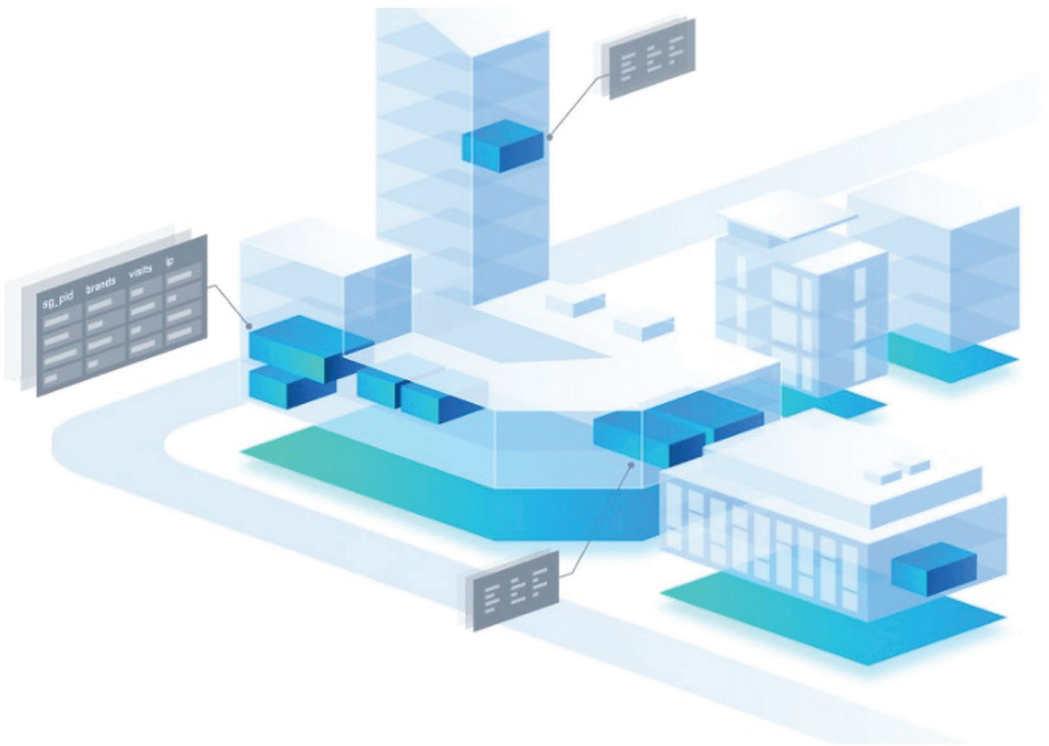
3 PRESKOK V 21. STOLETJE ...

John Snow je epidemiološko stanje znal statistično obdelati in ga na podlagi geolokacijskih podatkov predstaviti tudi na kartografski način. Ta povezava je na področju epidemiologije bistvena tudi v sodobnem času. Od časov Johna Snowa se je proučevanje epidemiologije s pomočjo digitalnih kartografskih metod in silovitega razvoja digitalnih tehnologij seveda izjemno razvilo. Virov podatkov in informacij za ponazoritev povezave epidemiologije s kartografijo oziroma s prostorskimi podatki je ogromno. Za začetek iskanja teh virov zadošča vnos ključnih besed v izbrani spletni brskalnik, na primer 'spatial epidemiology', 'health geography' in podobno. Geodetsko 'deformiranemu' raziskovalcu teh virov takoj pade v oko dejstvo, da je poleg virusa ali bakterije, ki je vzrok ene od številnih vrst okužb, ključni podatek, še vedno in vedno znova, geolokacija. Geolokacije virov okužbe, geolokacije okuženih in obolelih, geolokacije 'transportnih' poti okužb itd. Sicer pa je to, da je geolokacija temeljni podatek, očitno že iz samih ključnih besed. Kjer imamo opravka z geolokacijo, je seveda takoj za vokalom tudi kartografija. In ker smo v 21. stoletju, je to digitalna spletna kartografija.

Ker se ne more in ne zna vsak ukvarjati z zbiranjem, obdelavo in prikazovanjem geolociranih podatkov in informacij na kartografski način, so se razvila številna podjetja, specializirana prav za ta namen. Razvila se je prava 'industrija', ki množično zbira in trži podatke geolokacij uporabniško zanimivih točk množice različnih dejavnosti in storitev (angl. *point of interest* – *POI*, tudi *point-of-interest*), od lokalne in državne ravni do globalnega obsega. Če je Snow obdelovane podatke štel v stotinah in za ozko geografsko območje, se danes pogovarjamo o stotinah milijonov podatkov z vsega sveta. Najmočnejša podjetja te vrste so v ZDA. Nekatera so samostojna, nekatera pa se razvijajo pod okriljem in s pomočjo spletnih velikanov, kot so Google, Facebook idr. Naštejmo jih le nekaj:

- Google Places – <https://developers.google.com/places/web-service/overview/>;
- Factual Places – <https://www.factual.com/data-set/global-places/>;
- Foursquare – <https://developer.foursquare.com/places/>;
- SafeGraph – <https://www.safegraph.com/>;
- POI Factory – <http://www.poi-factory.com/>;
- POIPlaza – <https://poiplaza.com/>.

Število točk POI s pripadajočimi opisnimi podatki, ki jih ponujajo, sega od nekaj milijonov do nekaj deset milijonov ali tudi preko sto milijonov. Podatki se razlikujejo tudi po geografskem obsegu, ceni in/ali licenčnih pogojih, položajni in opisni kakovosti, ažurnosti, zanesljivosti ipd. Ker to ni reklama za ponudnike, si pogledjmo le splošne značilnosti priprave POI-podatkov.



Slika 3: Shematski prikaz POI-modela uporabniško zanimivih točk. Zanimive točke imajo določeno geolokacijo, in sicer do ravni lege in dimenzij delov stavb v njihovi notranjosti. Na vsako POI je vezana množica opisnih podatkov, ki analitikom omogočajo različne statistične in prostorsko-časovne analize. Vir slike: <https://www.safegraph.com/>.

V bazo podatkov se vključujejo podatki iz velike množice različnih virov. Slabe istovrstne podatke medsebojno primerjajo, odstranjujejo, kopirajo in jih v primeru nezanesljivosti brišejo. Obrisi stavb so izdelani iz posnetkov daljinskega zaznavanja in so dopolnjeni z avtomatizirano ali ročno risanimi poligoni. Za povezovanje informacij o vrstah in imenih POI z obrisi stavb uporabljajo tehnike strojnega učenja in človeške povratne informacije. Istovrstne blagovne znamke algoritmično razvrščajo in združujejo v prostorsko hierarhijo. Tako lahko na primer posamezni POI restavracij ali trgovin obstajajo znotraj drugih POI širše kategorije, kot so trgovski centri. Za kakovostno bazo POI je potrebna sistematična geolokacijska, vsebinska in časovna kontrola, ki se vrsti v ozadju sistema kot stalen proces.

Glavni podatki POI so poleg same geolokacije in imena še na primer namembnost oziroma dejanska raba, spremljanje števila obiskovalcev, območje dosega, dostopnost ipd. Ti podatki (slika 3) so zanimivi ne samo za obiskovalce, temveč tudi za različne tržne in reklamne analize, pri čemer imajo ključno vlogo podatki časovnega spremljanja geolokacij uporabnikov z GNSS-sprejemniki v njihovih telefonih v gravitacijskem območju posameznih POI-točk ali znotraj fizično omejenega prostorskega območja POI-točk, določenega s tako imenovanim geo ograjevanjem (angl. *geofencing*).

4 ... IN V LETO 2020 S COVID-19

Preden zaidemo predaleč od epidemiološko-geolokacijske teme tega zapisa, povejmo nekaj besed o študiji širjenja okužbe s koronavirusom-2 hudega akutnega respiratornega sindroma SARS-CoV-2, ki jo je s proučevanjem relacij med POI in anonimiziranim gibanjem 98 milijonov prebivalcev v desetih velikih ameriških mestih letošnjo pomlad izvedla raziskovalna ekipa z univerz Stanford in Northwestern. Ekipo so sestavljali znanstveniki s področij epidemiologije, informatike in družbenih znanosti, med njimi slovenski profesor Jure Leskovec z Univerze Stanford. Študija je v celoti in z obsežno slikovno infografiko predstavljena na spletnem naslovu <https://covid-mobility.stanford.edu/>, njeni rezultati pa so bili novembra letos objavljeni v reviji Nature (Chang in sod., 2020) in so dosegli široko medijsko odmevnost po vsem svetu, tudi v Sloveniji.

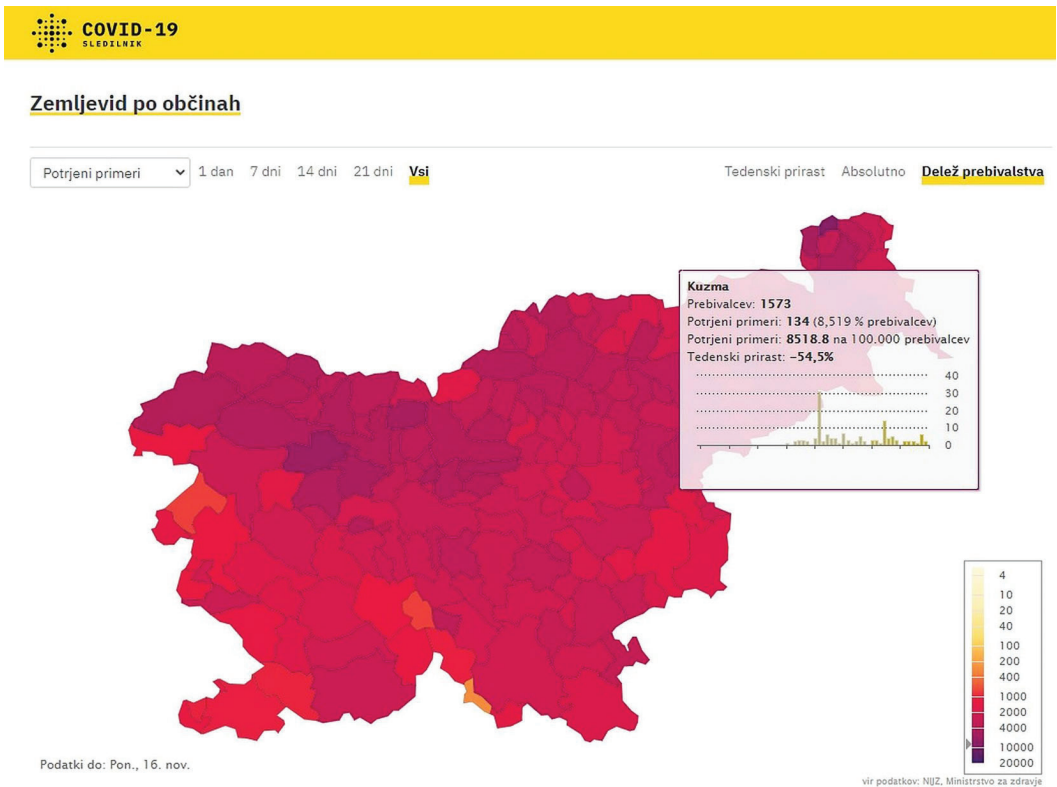
V navedeni študiji so numerično ovrednotili nevarnost posameznih vrst javnih prostorov za širjenje okužbe in ocenili možnost odprtja teh vrst prostorov v omejenem obsegu v primerjavi s popolnim zaprtjem. Raziskovalci so uporabili anonimizirane podatke o geolokacijah gibanja uporabnikov mobilnih telefonov in časih njihovega zadrževanja v posameznih vrstah javnih prostorov. Uporabili so anonimizirane, združene podatke podjetja SafeGraph, ki s podatki o mobilnih telefonih sledi vzorcem človeškega gibanja. Ti podatki beležijo, koliko ljudi vsako uro obiše posamezne geolokacije POI, kot so restavracije, trgovine, cerkve, fitnessi in tudi soseke, iz katerih ti ljudje prihajajo. Podatke so uporabili za deset največjih mest v ZDA in za obdobje obdobja od 1. marca do 1. maja 2020.

V tem zapisu ni mogoče predstaviti vseh vhodnih podatkov, postopkov obdelave podatkov in rezultatov študije. Pomembna pa je na primer ugotovitev na podlagi rezultatov modeliranja, da je majhen delež POI predstavljal velik delež virov okužb izmed vseh POI v dveh pomladnih mesecih. Na primer v Chicagu je model pokazal, da je 10 % POI predstavljal kar 85 % vseh okužb v POI. Ti bolj tvegani kraji javnega zbiranja so iz več kategorij (na primer niso samo restavracije ali telovadnice in fitnessi), značilno pa je, da imajo te geolokacije večjo gostoto obiskovalcev in obiskovalci v njih ostanejo dlje.

Pomembna je tudi ugotovitev na podlagi simulacije različnih scenarijev z uporabo modela, kot je ponovno odprtje celotne zmogljivosti posamezne POI ali na primer zgornje meje 50 %. Raziskovalci so ugotovili, da bi se z uvedbo zgornje meje zasedenosti na 20 % zmogljivosti zmanjšala stopnja okužbe za 80 %, hkrati pa bi zmanjšali gospodarsko škodo. To kaže, da bi lahko z zgornjimi mejami zasedenosti precej znižali hitrost prenosa okužb, hkrati pa podjetjem omogočali, da ostanejo odprta z nižanim številom strank. Ker bi te zgornje meje večinoma vplivale samo na obiske v konicah, bi na primer restavracije v povprečju izgubile približno 42 % strank. Avtorji so poudarili, da bi morali biti ukrepi, kot sta nošenje mask in vzdrževanje socialne razdalje, tudi del kombinacije, da se lahko take POI varno ponovno odprejo.

5 TEMELJNI PODATKI GEODETSKE SLUŽBE

Letos, ko je po vsem svetu glavna tema razširjenost okužbe z virusom SARS-CoV-2 in širjenje bolezni COVID-19, lahko rezultate prostorskih prikazov značilnih podatkov in statistik okužb in bolezni dnevno vidimo v vseh medijih, od analognih do elektronskih. Zelo nazorne za spremljanje stanja okužb in obolevnosti po Sloveniji so na primer dnevno posodabljanje statistične infografike in kartografske informacije (slika 4) na spletni strani COVID-19 sledilnika (COVID-19, 2020).



Slika 4: Primer prikaza stanja potrjenih primerov okužb po slovenskih občinah v spletni aplikaciji COVID-19 Sledilnik (COVID-19, 2020).

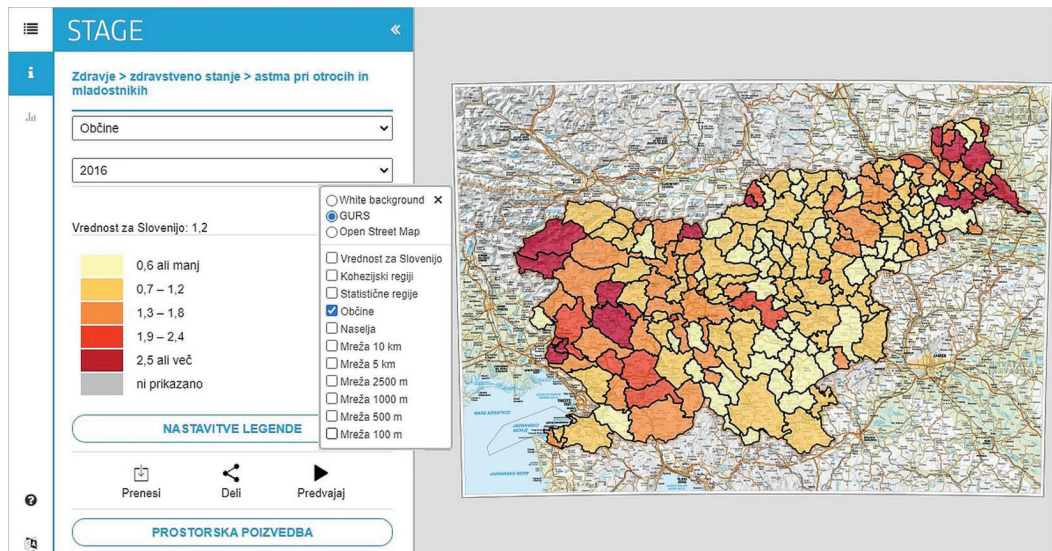
Prikazani podatki spremljajo stanje in iz njih lahko razberemo trende obnašanja okužbe v posameznih območjih države. Kot naslednji korak verjetno tudi pri nas lahko upravičeno pričakujemo, da se bo

epidemiološko proučevanje dodatno osredotočilo na podobne teme in vprašanja, kot jih je obravnavala zgoraj opisana študija.

Ključna služba za zagotavljanje kakovostnih prostorskih podatkov za območje celotne Slovenije, ki bodo podlaga za takšne raziskave, je prav slovenska geodetska služba. Ob gornji sliki 3 na primer takoj dobimo asociacijo na naš kataster stavb in register nepremičnin, ki vsebujeta ogromno maso podatkov kot začetno geološkajsko, tehnično in vsebinsko podlago za nacionalno bazo POI-točk.

Več kot dovolj natančno za te namene poznamo njihovo geološkajsko, naslov, obliko, površino, namembnost oziroma dejansko rabo, v kombinaciji z javno bazo Poslovnega registra Slovenije ePRS (<https://www.ajpes.si/prs/>) pa poznamo tudi podatke, kateri poslovni subjekti imajo sedež na posameznem naslovu. Za vse naslove v Sloveniji imamo geodeti geološkajsko že zbrane v evidenci hišnih števil (EHIŠ), vse vrste in ravni prostorskih okolitev v Sloveniji pa imamo v registru prostorskih enot (RPE). Podatki geodetske službe skupaj s podatki poslovnega registra torej kličejo po vzpostavitvi centralne baze POI-točk za Slovenijo. Zаметke tega lahko že vidimo na primer na rumenih straneh spletnega telefonskega imenika ali drugih ponudnikov poslovnih informacij, ki poleg opisne že vsebujejo geološkajsko sestavino, za katero so podatke pridobili od geodetske službe.

Skratka, geodetska služba ima ogromno množico kakovostnih prostorskih podatkov, sistematično urejenih za območje celotne države. Ti podatki so poleg izpolnjevanja osnovnih funkcij na področju evidentiranja nepremičnin neposredno uporabni tudi za epidemiološke (in različne druge!) raziskave, ki bi bile ljudem, gospodarstvu in drugim družbenim podsistemom, skratka, vsej državi, v veliko korist.



Slika 5: Primer prikaza geoprostorske obdelave statističnih podatkov v kartografski aplikaciji STAGE. Prikazano je zdravstveno stanje astme pri otrocih in mladostnikih po slovenskih občinah za leto 2016. STAGE omogoča prikaze geoprostorsko obdelane prikaze po velikem številu vrstni podatkov in kriterijev za njihov prikaz. Vir slike: <https://gis.stat.si/>.

Statistični urad RS je na področju geoprostorske obdelave statističnih podatkov na primer že naredil velike korake v pravo smer (slika 5). S kartografsko aplikacijo STAGE (okr. STATistika in GEografija) – <https://>

gis.stat.si/, ki je enotna vstopna točka do statističnih podatkov, prikazanih po različnih administrativnih enotah (po občinah, regijah, naseljih) in na hierarhični mreži (gridu) enako velikih celic. Na njihovi spletni strani lahko preberemo (cit): »Aplikacija uporabnikom omogoča označevati in povezovati poljubne prostorske enote in pregledovati statistike za na novo opredeljena območja. S povezovanjem celic na mreži uporabnik lahko tako oblikuje nova funkcionalna območja ne glede na obstoječe administrativne enote. Uporabniki, ki so večji ravnarji z orodji GIS, pa lahko z aplikacijo STAGE prevzamejo podatke neposredno, jih povežejo s svojimi prostorskimi podatki in potem izvajajo prostorske analize za različne namene, na primer za spremljanje stanja v prostoru ali sprejemanje strateških razvojnih odločitev, za načrtovanje in projektiranje novih dejavnosti v prostoru, za pripravo intervencijskih ukrepov ipd. Vabimo vas, da s pomočjo STAGE odkrivате značilnosti sveta, ki vas obdaja, in uporabljate informacije, ki vam jih nudi ta aplikacija. Povežite jih v novo znanje o okolju, v katerem živite.

Za pomoč pri poizvedovanju po podatkih z aplikacijo STAGE so vam na voljo še druga kratka videonavodila (<https://vimeo.com/channels/926253>). Ta vam bodo pomagala pri upravljanju aplikacije in vas vodila pri uporabi njenih funkcionalnosti ter vam kdaj tudi namignila, kako in za kaj je mogoče pridobljene podatke uporabiti.« (konec cit.)

6 SKLEP

Geodetska služba in statistična služba sta v Sloveniji pred dobrimi štirimi desetletji z medsebojnim sodelovanjem vizionarsko in kakovostno poskrbeli za enotno in celovito vzpostavitev RPE (medklic: prostorske enote upravnih občin na gornjih slikah 4 in 5 so avtomatsko določene iz podatkov baze RPE) in EHIŠ. Pred tremi desetletji sta službi združili moči z zasebnim sektorjem za poenotenje baze podatkov zemljiškega katastra v državi, kar nam je odprlo pot do urejenega enotnega sistema evidentiranja nepremičnin. Takšno združitev moči in znanja državnih organov ter organizacij javnega in zasebnega sektorja za skupno delovanje v javno korist potrebujemo tudi danes. Ker govorimo o epidemiji, je v takšni navezi seveda nujno sodelovanje Nacionalnega inštituta za javno zdravje, ponudnikov anonimiziranih in agregatnih prostorsko-časovnih podatkov uporabnikov mobilnih telefonov, naravoslovnih fakultet in še koga.

Za izvedbo epidemioloških študij je potreben sistematično urejen osnovni nabor geoprostorskih podatkov, ki pa jih v naši državi imamo, in to kakovostne. Od tu naprej ni potrebna posebej razvita domišljija, da bi si znali predstavljati, na kakšne vse koristne načine za ljudi in družbo kot celoto so lahko uporabni kakovostni podatki geodetske službe. Študija iz ZDA, ki je opisana zgoraj, je le ena od številnih, ki so jih in jih še izvajajo v državah v razvitem svetu. Ni nam torej treba odkrivati tople vode. Proučimo njihove rezultate, uporabimo znanje strokovnjakov in na podobne načine analizirajmo razmere in geoprostorsko ter časovno modelirajmo epidemiološko stanje na območju Slovenije, da bomo lahko na podlagi tako analiziranih podatkov spet 'odprli' družbo in gospodarstvo na kontroliran in epidemiološko vzdržen način. V nedogled namreč ne bomo mogli ostati zaprti med štiri stene in socialno izolirani, ker bo škoda na zdravstvenem, socialnem, gospodarskem, izobraževalnem in številnih drugih področjih dela in življenja vseh generacij našega prebivalstva neizmerna in zelo težko popravljiva.

Če kdaj, je zdaj čas resnično dozorel za odločen korak geodetske službe v smer uporabe in analize geoprostorskih podatkov, kot je nakazana v gornjem zapisu!

Literatura in viri:

- Chang, S., Pierson, E., Pang, W. K., Geradin, J., Redbird, B., Grusky, D., Leskovec, J. (2020). Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2923-3>, <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2923-3.epdf>, pridobljeno 22. 11. 2020.
- COVID-19, 2020. COVID-19 sledilnik. <https://covid-19.sledilnik.org/sl/stats>, pridobljeno 22. 11. 2020.
- Snow, J. (1855). *On the Mode of Communication of Cholera* / by John Snow, M. D. London: John Churchill. <http://www.ph.ucla.edu/epi/snow/snowbook.html>, pridobljeno 22. 11. 2020.
- UCLA (2020). John Snow. Department of Epidemiology, UCLA Fielding School of Public Health <http://www.ph.ucla.edu/epi/snow.html>, pridobljeno 22. 11. 2020.

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.

*Območna geodetska uprava Murska Sobota
Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: joc.triglav@gov.si*