Pomurska Obzorja

POMURSKA OBZORJA

Odgovorni urednik	Mitja Slavinec (Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Slovenija)
Glavni urednik:	Milan Svetec (Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Slovenija)
Tehnična urednika	Petra Cajnko (Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Slovenija)
	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, Slovenija)
Oblikovanje naslovnice	Tilen Žbona
Vrsta publikacije	E-publikacija (spletna izdaja)
Dostopno na	https://journals.um.si/index.php/pomurska-obzorja

UREDNIŠKI SVET

Anton Vratuša, Damir Josipovič, Albina Nećak Lük, Vesna Kondrič Horvat, Darja Senčur-Peček, Mitja Lainščak, Mirjam Sepesy Maučec, Rafael Mihalič, Igor Emri

NASLOV UREDNIŠTVA

Združenje Pomurska akademsko znanstvena unija, Uredništvo revije POMURSKA OBZORJA

Lendavska 15a, SI-9000 Murska Sobota, Slovenija

e-pošta: pazu@pazu.si, https://www.pazu.si/publikacije-pazu/pomurska-obzorja/

ZALOŽNIK / *PUBLISHED BY*

Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba

Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija

e-mail: zalozba@um.si, https://press.um.si/, https://journals.um.si/

ISSN 2350-6113 (tiskana izdaja)
ISSN 2820-3658 (spletna izdaja)

Članki se referirajo v: Cobiss, dLib.si (Digitalna knjižnica Slovenije)

Članki v reviji niso recenzirani. Revija POMURSKA OBZORJA je strokovna tiskana periodična publikacija Pomurske akademije – PAZU. Glavni namen izdajanja revije je objavljanje strokovnih prispevkov z naravoslovno, tehnično, biotehnično, medicinsko, humanistično in družboslovno vsebino ter tako seznanjati strokovno kakor tudi laično javnost z dogajanji in novostmi na teh področjih. Posebna pozornost je namenjena objavljanju strokovnih prispevkov, ki bodo obravnavali teme povezane s Pomurjem.

Za dodatne informacije obiščite spletno stran: https://journals.um.si/index.php/pomurska-obzorja

Revija POMURSKA OBZORJA **ima prosti spletni dostop (Open Access Journal).**

© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ *University of Maribor, University Press*
Besedilo / *Text* © Authors, 2022

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo. / *This license allows reusers to copy and distribute the material in any medium or format in unadapted form only, for noncommercial purposes only, and only so long as attribution is given to the creator.*

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic. / *Any third-party material in this book is published under the book's Creative Commons licence unless indicated otherwise in the credit line to the material. If you would like to reuse any third-party material not covered by the book's Creative Commons licence, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.*

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Prispevke pošljite na naslov uredništva ali po e-pošti na naslov: pazu@pazu.si

Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

POMURSKA OBZORJA

Letnik	Številka	
16	1	Marec 2022

Prispevki	Stran
Ali se zavedamo posledic dolgotrajnega razpad elektroenergetskega sistema Rafael Mihalič	1
Visokošolski sistem v Republiki Sloveniji Mitja Slavinec, Franc Janžekovič in Petra Cajnko	25
Kvalitetno delo v genetskem diagnostičnem laboratoriju Alenka Erjavec Škerget	35
IKT v podpori izobraževanja na daljavo Renato Lukač	45
Ekstremni medplanetarni izbruh koronalne snovi Primož Kajdič	57
Vloga večparametrične magnetnoresonančne tomografije pri raku prostate Marija Šantl Letonja	67
Ali lahko preprečimo možgansko kap? Dražen Popović	75

POMURSKA OBZORJA
Vol. 16, No. 1, pp. 1–24, marec 2022

Pomurska Obzorja

ALI SE ZAVEDAMO POSLEDIC DOLGOTRAJNEGA RAZPAD ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA?

RAFAEL MIHALIČ
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija.
E-pošta: rafael.mihalic@fe.uni-lj.si

DOPISNI AVTOR
rafael.mihalic@fe.uni-lj.si

Sprejeto
14. 12. 2021

Izdano
31. 3. 2022

Povzetek Urad za oceno tehnologije nemškega Bundestaga je pred leti izdal poročilo z naslovom Kaj se zgodi med »blackoutom« (razpadom EE) in podnaslovom Posledice daljšega razpada EES širših razsežnosti. V njem sistematično obdela različne vidike prekinitve oskrbe družbe z električno energijo. Sklep študije je, da pride do popolne degradacije vseh družbenih sistemov ali, z drugimi besedami, do popolnega kolapsa obstoječe družbe. Zanimivo je, da se nekaterih posledic in vidikov največkrat ne zavedamo niti tisti, ki se z elektrotehniko profesionalno ukvarjamo. V prispevku skušamo predstaviti nekatere vidike, vzroke, mehanizme in posledice takega dogodka.

Ključne besede:
elektroenergetski sistem,
elektroenergetsko omrežje,
»blackout«,
razpad elektroenergetskega sistema,
razpad omrežja

https://doi.org/10.18690/po.16.1.1-24.2022
Besedilo © Mihalič, 2022

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

1 Uvod

Verjetno večina prebivalcev modernega sveta ve (čeprav je vprašanje, ali se tega tudi zaveda), da je neprekinjena oskrba z električno energijo danes temelj sodobne civilizacije. Dojemamo jo kot nekaj samoumevnega in se pravzaprav sploh ne zavedamo, da je skoraj ni dejavnosti, kjer ne bi imela »prstov vmes« električna energija. Še posebno to velja za mlajšo generacijo, ki se ne spomni več električnih redukcij v nekih drugih časih. V bistvu od električne energije podobno odvisni, kakor od zraka. Rabimo ga vsak trenutek in se tega sploh ne zavedamo, vse dokler ga ne zmanjka. Takrat nam v trenutku postane jasno, da je prekinitev dostopa do njega hudo neugodna reč.

Podobno velja za električno energijo. Za razliko od drugih dobrin, ki jih ljudje uporabljamo za življenje, velja le za zrak, ki ga dihamo in za električno energijo, da: "Ko zmanjka, res takoj zmanjka in posledice so opazne v trenutku." Če privzamemo, da nam zraka ne more kar tako zmanjkati (če nas ravno nekdo pri kopanju v bazenu ne "potunka"), je torej družba najranljivejša prav na področju oskrbe z električno energijo. Hipotetično si predstavljamo, da bi na primer v trenutku povsod nehali črpati nafto. Kljub temu se vse ne bi takoj ustavilo, saj je nafto mogoče shranjevati (ne nazadnje jo ima vsak avto v rezervoarju), vsaka država pa ima strateške rezerve, s katerimi lahko vsaj vitalne družbene dejavnosti potekajo še najmanj nekaj tednov. Enako velja za plin in druge energente, razen elektrike. Tu je stvar povsem drugačna. Če bi v trenutku nehali delovati viri električne energije, bi prišlo do kolapsa sistema v družbi praktično takoj; skoraj vse bi se ustavilo, in to takoj, tisto sekundo. Električnih virov za napajanje v sili (večinoma t. i. UPS in električnih agregatov) je presneto malo.

Večina je že tudi doživela kratkotrajnejši ali nekoliko daljši izpad elektrike, ki razen nekaj nejevolje ni povzročila česa hujšega. V skrajni sili pač človek sede v avto in se odpelje v sosednjo ulico, mestno četrt ali kraj, tja pač, kjer luči svetijo, k znancem na obisk. V industriji lahko seveda tudi kratkotrajni izpadi elektrike povzročijo veliko gmotno škodo in uničijo cele »šarže« izdelkov, vendar mi ni znano, da bi kdo samo zaradi česar takega bankrotiral. Tudi državni BDP se lahko zaradi tega zniža za odstotek ali dva.

Če povzamemo; tak, geografsko omejen, torej delni, razpad EES, je sicer neugodnost, vendar bi ga težko označili za nacionalno katastrofo. Zato detajle posledic, ki jih ima tak dogodek pustimo ob strani. Zanima nas dogajanje v primeru dalj časa trajajočega popolnega razpada celotnega EES. Temu pa ni več mogoče reči neugodnost, ker so posledice za družbo neprimerljivo hujše. V sklepu okrog 250 strani dolgega poročila analize posledic dolgoročnega obsežnega razpada Elktroenergetskega sistema (EES) Nemčije Urad za oceno tehnologij nemškega Bundestaga (Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U., 2008) pravi (v prostem prevodu avtorja): »Že res, da je verjetnost dolgoročnega obsežnega razpada elektroenergetskega sistema (Nemčije - op. p.) majhna, če pa bi se to vendarle zgodilo, bi bile posledice tega enake nacionalni katastrofi.«

O teh mislih bi se veljalo zamisliti, ko se odločamo glede energetske prihodnosti družbe in ne na vrat na nos pograbiti idej, ki morda všečno zvenijo ali so politično in družbeno »in«.

V nadaljevanju analiziramo verjetnost nastopa omenjenih dogodkov, vzroke zakaj, kljub 100 – letnemu razvoju, do njih še vedno prihaja, kaj so vsebinski vzroki, da do njih prihaja in kaj sprožilni dogodki oz. scenariji, ko do njih pride. Na koncu orišemo posledice za družbo, ki so lahko katastrofične.

2 Kaj je "blackout" in kakšna je možnost, da do njega pride?

V splošnem izraz označuje prekinitev napajanja z električno energijo, vendar tako največkrat imenujemo razpad EES širših razsežnosti, npr. mesta, pokrajine, države. Pri tem ne gre za odklop porabnikov iz kakršnegakoli že razloga, marveč EES kot celota (ali njegov iz zaščitnih razlogov odcepljeni del), torej funkcionalno delujoč skupek elektrarn, prenosnega sistema (omrežja, transformatorji) in porabnikov, izgubi zmožnost obratovanja. Omrežne povezave (daljnovode) in/ali transformatorje zaščitne naprave ločijo (izklopijo) iz sistema, elektrarne se odklopijo, porabniki pa ostanejo brez napajanja. Najbolj vidna posledica je seveda zatemnitev predhodno osvetljenih področij. Od tod tudi izraz »***blackout***«.

Ker se omenjenemu scenariju želimo na vsak način izogniti so v EES vgrajeni mehanizmi, s katerimi želimo za ceno "žrtvovanja" delov sistema ohraniti vsaj del v obratovanju, saj je potem vzpostavljanje integritete sistema neprimerljivo hitrejše oz. enostavnejše. Tako stanje, kjer sistem sicer "preživi", a za ceno namernega odklopa nekaterih delov po navadi imenujejo "***brownout***".

Kakor je bilo že nakazano, je za veliko večino ljudi možnost neomejenega dostopa do električne energije nekaj povsem samoumevnega. Le redkokdo pomisli na to, da se za to »samoumevnostjo« skriva več kot 100 let intenzivnega tehnološkega razvoja in kapitalsko zelo intenzivnih investicij, kar je omogočilo doseganje današnje zanesljivosti delovanja EES. Tako stanje pa je ljudi v razvitih družbah zazibalo v lažni občutek da ne more priti do razmer, ko dostopa do električne energije preprosto ni več. Očitno si razmere izven lastnega izkustva težko predstavljamo in jih ne jemljemo kot nekaj, kar se lahko zgodi ravno nam. Pogled na zabeležene dogodke v preteklosti nas lahko hitro prepriča, da gre resnično za omenjeni lažni občutek. Dovolj je v Wikipedijo vtipkati besedo »Blackout« in pojavi se naslednja tabela, ki je sama po sebi dovolj zgovorna.

Iz podatkov v tabeli razberemo, da veliki razpadi EES niso omejeni samo na dežele tretjega sveta. Če mednje lahko štejemo recimo Bangladeš, Pakistan in Indijo, pa za Brazilijo Turčijo Argentino težko rečemo, da gre ravno za tretji svet. Italija ZDA in Kanada pa tako ali tako spadajo v najrazvitejše države. Poleg teh največjih razpadov se je v tem času zgodila še mnogo večja množica manjših, ki pa za tiste, ki so jih prizadeli, ni predstavljala nič manjšega problema.

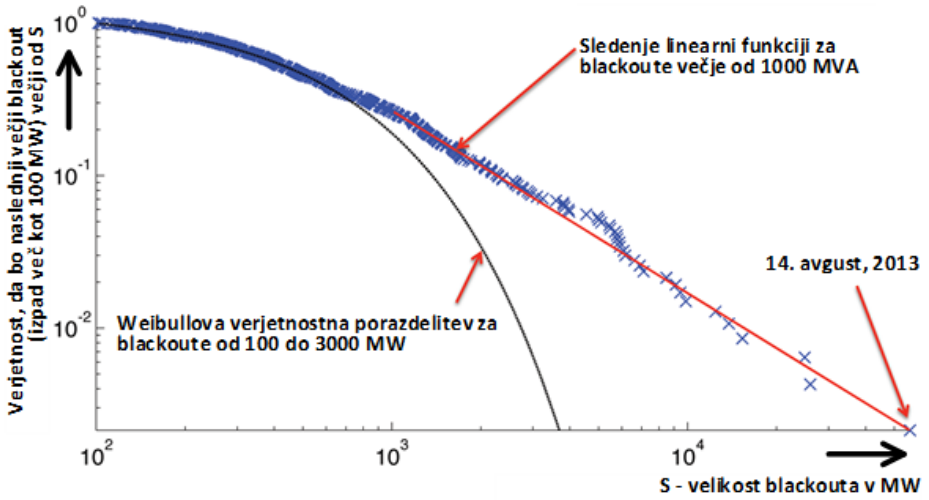
Izkazalo se je, da bolj, kot je država razvita, bolj je odvisna od elektrike in večji problem predstavlja njen izklop. V prihodnosti, ko bo »vse povezano z vsem« bo to dejstvo po vsej verjetnosti samo eskaliralo. Kot primer lahko navedemo izklop približno miliona odjemalcev 9. avgusta 2019 v Veliki Britaniji. Ta dogodek je predstavljal »nekaj nezamisljivega«. O njem so se razpisali vsi evropski mediji, v »elektroenergetski srenji« na Otoku se je sprožil pravi vihar z raznimi analizami, spremembami pravil in regulative, strategij, ... Pa to v resnici sploh ni bil klasičen blackout, pač pa pravilno delovanje sistemske zaščite, ki je zato, da bi EES obranila pred popolnim razpadom izklopila manjši del porabnikov.

Tabela 1: Največji blackouti v zadnjih letih.

Opis v literaturi	Prizadetega prebivalstva (millioni)	Lokacija	Datum
2012 India blackouts	620	Indjia	July 30–31, 2012
2001 India blackout	230	Indija	Januar 2, 2001
2021 Pakistan blackout	200 (90% prebivalstva)	Pakistan	Januar 9, 2021
2014 Bangladesh blackout	150	Bangladeš	November 1, 2014
2015 Pakistan blackout	140	Pakistan	Januar 26, 2015
2019 Java blackout	120	Indonezija	Avgust 4–5, 2019
2005 Java–Bali blackout	100	Indonezija	Avgust 18, 2005
1999 Southern Brazil blackout	97	Brazil	Marec 11–Junij 22, 1999
2015 Turkey blackout	70	Turkey	Marec 31, 2015
2009 Brazil and Paraguay blackout	60	Brazilij, Paraguay	November 10–20, 2009
2003 Italy blackout	56	Italija, Švica	September 28, 2003
Northeast blackout of 2003	55	Kanada, ZDA	Avgust 14–28, 2003
2019 Argentina, Paraguay and Uruguay blackout	48	Argentina, Paragvaj, Urugvaj	Junij 16, 2019
2002 Luzon blackout	40	Filipini	Maj 21, 2002
2001 Luzon blackout	35	Filipini	April 7, 2001
Northeast blackout of 1965	30	Kanada, ZDA	November 9, 1965
2019 Venezuelan blackouts	30	Venezuela	Marec 7, 2019–July 23, 2019
2020 Sri Lankan blackouts	21	Sri Lanka	Avgust 17th, 2020
2016 Sri Lanka blackout	21	Sri Lanka	Marec 13, 2016

Vir: Wikipedia, 2022

Razpadi EES v preteklosti so očitno pokazali, da dogodki sploh niso tako redki, kakor bi pričakovali na podlagi verjetnostne analize. Zlasti to velja za »večje« blackoute. Verjetnostne analize so izpostavile zanimivo dejstvo, in sicer, da majhni (lokalni) blackouti sledijo krivulji, ki jo dobimo s klasično statistično in verjetnostno analzo, »veliki« pa so mnogo pogostejši, kakor bi pričakovali glede na omenjene pristope. Kakor vidimo na naslednji sliki, modri križci, ki označujejo blackoute v preteklost, od približno 1000 MW sledijo rdeči premici. Manjši pa se skladajo s klasično verjetnostno porazdelitvijo.



Slika 1: Verjetnost razpadov v severni Ameriki.
Vir: Hines, O'Hara, Cotilla-Sanchez in Danforth, 2011

Vzrok za to leži v dejstvu, da lahko klasično verjetnostno analizo uporabimo samo za dogodke, ki so med seboj neodvisni. Če npr.v nekem kraju ali lokalnem sistemu izpade nek manjši vod, ki napaja to območje, bo sicer to izgubilo napajanje, vendar ta dogodek ne bo odločilno vplival na ostali del sistema. Pojav dogodka je statistično pogojen. Pri blackoutih večjih razsežnosti pa ne gre več za statistično neodvisne dogodke, pač pa so kasnejši dogodki odvisni od predhodnih. Govorimo o tako imenovanem domino efektu oz. o kaskadnih izklopih, ki lahko povzročijo postopno širitev začetnega blackouta ali pa sprožijo dogodke na povsem drugih lokacijah in »zasejejo« nove razpade čisto drugje.

Če si to ogledamo s teoretične plati, lahko tako obnašanje EES pripišemo dejstvu, da po eni strani EES lahko obravnavamo kot kaotičen sistem (lastnost nelinearnih sistemov, v katerih lahko že majhna sprememba v začetnih pogojih popolnoma spremeni obnašanje sistema po nekem obdobju) in po drugi strani tako imenovanim samo-organizirajočim se kritičnim sistemom. Gre za relativno nov pojem v statistični fiziki in je značilen za sisteme, kjer se neko splošno urejeno (stabilno) stanje ustvari iz začetnega neurejenega (nestabilnega stanja - npr. po motnji) na podlagi lokalnih soodvisnosti elementov sistema. Tako urejanje sistema je lahko spontano, torej ne rabi eksterne regulacije, če je le na razpolago dovolj energije (ki doteka v sistem). To, da je kritičen pomeni, da se iz širokega področja začetnih pogojev oz. stanj (iz zelo

različnih situacij) razvije v stanje, ki se nahaja v okolici iste, tako imenovane točke privlačnosti (atraktorja) (Wikipedia, 2022b). V takih sistemih neizogibno prihaja do motenj, vseh velikosti, konkretno za EES, od izklopa najmanjšega elementa do popolnega razpada sistema.

3 In kje so izvorni grehi?

Na dlani je, da ob kataklizmičnih dogodkih (izjemni, obsežno področje zajemajoči vremenski pojavi, tsunami, močan potres, meteor ...) EES ne more ohraniti svoje funkcije. Tega tudi nihče ne pričakuje, saj razen izjem, ni tako zasnovan. Če te primere izvzamemo, pa bi pravzaprav tako preizkušena, za družbo življenjsko pomembna in zrela tehnologija (ki odlično deluje), v vseh drugih primerih morala delovati »brez pardona«. Vendar temu še zdaleč ni tako. Kje so izvorni vzroki za to?

3.1 Velike časovne konstante

Eden od vzrokov je nedvomno logika hitrih dobičkov in logika po kateri je horizont dogodkov za večino voljenih funkcionarjev »naslednje volitve«. Oboje pa je v kontradikciji z velikimi časovnimi konstantami, ki se jim pri načrtovanju in izgradnji EES ni moč izogniti. Krilatica: »Ko se v elektroenergetskem sistemu pokažejo problemi je že vsaj 10 let prepozno.« je vsekakor na mestu.

Razlogov za to je kar nekaj.

- Le določene komponente EES je moč izdelovati serijsko in v relativno velikih serijah. Večina ključnih elementov EES še vedno izdelujejo po naročilu in so bolj ali manj unikatni izdelki. Njihovo načrtovanje, izdelava ali popravilo ni trivialno opravilo in praviloma tega ni moč izvesti hitro.
- Življenjska doba ključnih komponent EES je nekje med 30 in 40 leti, za nekatere je celo višja (npr. reaktorska posode v nuklearnih elektrarnah reda 60 ali celo 80 let, jezovi hidroelektrarn s pripadajočo opremo reda 100 let). Temu primerna je zahtevana kakovost (vzdržljivost) teh naprav, iz česar izhaja naslednja alineja.
- Izdelava najkompleksnejših in za obratovanje EES ključnih elementov, ki morajo izpolnjevati zelo ostre tehnične zahteve, je izjemno zahtevna in jo praviloma obvlada le nekaj proizvajalcev. Skoraj vedno imajo ti več let v naprej

načrtovano proizvodnjo in se na izjemne potrebe strank (npr. skok preko vrste za popravilo poškodbe agregata ali transformatorja, zaradi katere stoji cela elektrarna) zelo težko odzovejo oz. je to zaradi pogodbenih obveznosti (visoki penali) zelo drago.

- Razvoj novih rešitev je v primerjavi z drugimi vejami tehnike zelo kompleksen in dolgotrajen (beri: zelo drag).
- Elektroenergetskih objektov ni moč izvesti, tako da bi ti ne imeli večjega ali manjšega vpliva na okolje. Zato je pred njihovo umestitvijo v okolje potrebno proučiti njihove vplive, pridobiti soglasja vseh udeležencev v postopku in potrebno dokumentacijo. Časovni okvir za vse to je lahko od nekaj let do več desetletij. Pri velikih investicijah (beri: vonj po denarju se širi daleč naokoli) se razni »prizadeti« in razne stranke v postopku naenkrat namnožijo kot gobe po dežju, organizirajo se ljudske vstaje, sprožajo se sodni postopki zaradi »ni, da ni« razlogov.

3.2 EES niso vedno optimalno zasnovani

Tehnično gledano je strukturo EES vedno mogoče prilagoditi potrebam in povečati prenosne zmogljivosti sistema tam, kjer nastajajo ozka grla , vendar proces v praksi praviloma traja več desetletij. Ilustrirajmo na kratko, za kaj gre. Vzemimo za primer evropski EES. Ta v osnovi ni bil zasnovan za potrebe Evrope kot celote, niti ni bil zasnovan za koncept trgovanja z električno energijo. Pred njegovo uvedbo je vsaka država zasnovala svoj EES v skladu z lastno strategijo in v skladu z lastnimi potrebami in možnostmi. Tako imenovanega »čezmejnega trgovanja« z elektriko je bilo zelo malo, v primerjavi s sedanjimi razmerami zanemarljivo. Jedro današnjega povezanega EES Evrope je nastalo leta 1951, posamezne države pa so se postopoma pridruževale na podlagi političnih odločitev, vendar šele, ko so njihovi EES izpolnjevale tehnične zahteve, ki pogojujejo stabilno obratovanje interkonekcije, kakor imenujemo skupek sinhrono obratujočih EES.

Takratni EES Jugoslavije se mu je priklopil leta 1974. To je bil takrat velik, ne le tehnični, pač pa tudi politični korak, saj smo se s tem de-facto pridružili zahodnemu svetu. Za kako zahteven projekt gre pri združevanju sistemov ilustrira primer Nemčije, kjer so kljub padcu Berlinskega zidu že leta 1989 in kljub prizadevanjem, da bi čim prej združili EES nekdanjih Zahodne in Vzhodne Nemčije, to lahko uresničili šele leta 1995. Romunija in Bolgarija sta potrebovali še 8 let več in sta se

priklopili leta 2003, torej 13 let po padcu »železne zavese«. Sinhrono obratovanje velikega EES oz. združevanje manjših EES je tehnično in organizacijsko izjemno zahtevna naloga, ki lahko traja desetletja in stabilno obratovanje velikega EES še zdaleč ni samo po sebi umevno, kakor se to zdi na prvi pogled.

3.3 Pomanjkanje investicij v infrastrukturo EES in sistemske elektrarne

V sodobnih EES z večjimi ali manjšimi prekinitvami rastejo sončnih elektrarne (SE) in vetrne elektrarne (VE), kakor gobe po dežju. Količina proizvodnih zmogljivosti se skokovito povečuje. V Nemčiji npr. obratuje ca. 85 GW klasičnih elektrarn (hidro, premog, jedrske, plin - kot rezultat razvoja zadnjih 100 let), od katerih jih bodo do leta 2023 15 GW zaprli v skladu z zakonskimi zavezami, med tem, ko je v zadnjih 15 letih zgrajena količina VE 63 GW in SE čez 51 GW. Na videz torej zveni besedna zveza »pomanjkanje investicij« smešno, vendar je bila zaradi specifike financiranja t. i. obnovljivih virov energije (OVE) cena električne energije, ki so jo dosegale »klasične elektrarne« na borzi v zadnjem desetletju ali dveh daleč podcenjena in mnoge med njimi (recimo TE Trbovlje) so bankrotirale, ker niso mogle s prodajo kriti niti tekočih stroškov. Od velikih sistemskih elektrarn pa je odvisno stabilno obratovanje EES. Ko smo že pri stroških, lahko mimogrede navržemo, da po desetletjih »zatiranja« klasičnih elektrarn in »rinjenja« nezanesljivih OVE v ospredje ni noben čudež, da se je električna energija letos (2021) na borzah podražila za faktor 5 do 10. Temu se res lahko čudijo samo tisti, ki živijo v nekih iluzijah. Seveda opozarjanje stroke, da tako, kot si je to politično zamislila Evropa »razogljičenja« ne moremo doseči, ni pomagalo niti najmanj. Težko je namreč razložiti ljudem, da bi razumeli nekaj, od nerazumevanja česar je odvisna njihova plača (pa to ni zraslo na mojem zeljniku).

3.4 Obratovanje EES bliže stabilnostnim mejam

Tehnologije povezane z obratovanjem sodobnih EES so v zadnjih desetletjih naredile kvantni skok naprej. Pri tem velja omeniti zlasti informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) in naprave, ki temeljijo na močnostni elektroniki (naprave FACTS, HVDC). Te omogočajo do pred kakim desetletjem nezamisljivo spoznavnost (observability) in vodljivost (controllability) EES. Vendar pa ne morejo delati čudežev in vedno nadomestiti klasičnih prenosnih zmogljivosti ali klasične proizvodnje v EES. Omogočajo sicer, da je mogoče iz obstoječe infrastrukture »iztisniti« več, vendar za ceno, da EES obratujejo z manjšim stabilnostnim

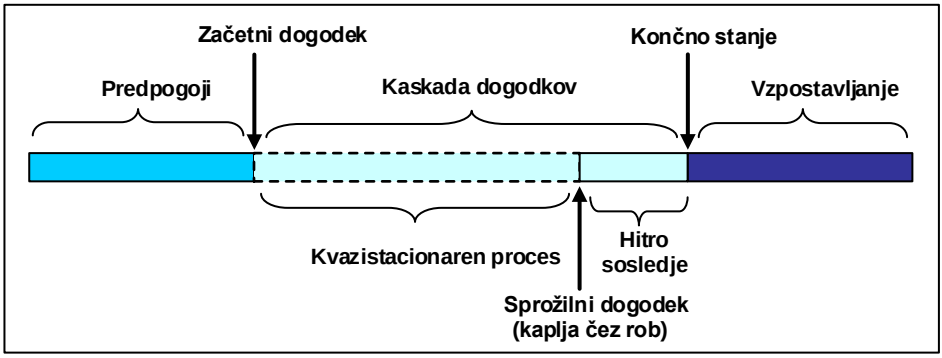
»varnostnim robom«. Izkušenj s tem, kako tak sofisticiran sistem odreagira v kritičnih razmerah ali kako tak sistem vzpostaviti znova »iz teme« po popolnem razpadu skoraj ni.

4 Kako stvar poteka

Do sedaj je bilo malo povedanega o tem, kaj se dejansko dogaja neposredno pred razpadom EES in kaj so sprožilni dogodki scenarija, ki do tega privede. Ukvarjali smo se s tem, kaj se dogaja »za sceno«. Vse skupaj si lahko ponazorimo z ledeno goro in tragedijo Titanika.

Dogajanje ob trku Titanika in posledice tega namreč ne moremo zadovoljivo osvetliti, če si predhodno ne pojasnimo, da ledene gore dejansko plavajo po morju, in da do bližnjih srečanj med njimi in ladjami prihaja (je prihajalo), ter da je izvorni vzrok za trk očem skrit. Sodobna merilna oprema sicer omogoča zelo natančno spremljanje dogajanja v EES, vendar kljub temu znaten del dogajanja ostaja naši zaznavi skrit in včasih zelo težko razpoznamo dogodke (simptome), za katere se kasneje, ko je že prepozno, izkaže, da so botrovali tragediji. Izvornih greh, zakaj je Titanik potonil je bila prevelika količina žvepla v železu iz katerega je bila izdelana oplata trupa. Že res, da je trčil v ledeno goro, vendar kljub temu ne bi smel potoniti, kot kamen. Pa je, ker je železo s preveliko količino žvepla krhko in se ob mehanskih obremenitvah prelomi, namesto da bi se zvilo in v trupu je zaradi tega zazevala prevelika luknja tudi za »nepotopljivi« Titanik.

Skušajmo potegniti analogijo s predhodno razlago, torej scenarij plovbe Titanika, izdelanega iz neustreznega materiala proti ledeni gori, njegov trk z ledeno goro, nekajurno potapljanje in na koncu hitro potopitev z dogajanjem v EES, ki privede do blackouta.



Slika 2: Tipičen potek dogodkov ob razpadu EES.
Vir: lasten

Kot je bilo omenjeno, »izvorni greh« pri Titaniku ni bil trk z ledeno goro, pač pa slab material iz katerega je bil izdelan. Šele to in dejstvo, da je plul proti ledeni gori, sta ustvarila predpogoje za tragedijo.

Podobna situacija je v EES. Ta bi moral biti zasnovan in izveden tako, da ga nek dogodek, do katerih v EES pač prihaja, ne bi smel tako »vreči iz tira«, da bi prišlo do blackouta. Za »enkratni dogodek« bi moral biti »nepotopljiv«. Zato pa obstaja »sveto« pravilo načrtovanja in obratovanja EES, to je t. i. tako imenovani »***n – 1 kriterij***«. To pomeni, da izpad kateregakoli elementa (ali elektrarne) EES v normalnem obratovanju (in to kljub oz. dodatno k remontom elektrarn, vodov, transformatorjev ...) ne sme povzročiti motnje za uporabnika. Resnici na ljubo to velja le za prenosni EES, na distribucijskem nivoju je napajanje radialno in izpad napajanja kratkotrajno lahko pomeni prekinitev oskrbe, dokler uporabnikov ne preklopijo na rezervni vod. Iz tega razmišljanja so kataklizmični dogodki seveda izvzeti. Če izbruhne vulkan in eksplodira pol otoka, ni mogoče zahtevati, da bo EES otoka to »preživel«. Konec koncev pri tem hkrati izpade množica elementov EES in ne le eden.

Torej morata biti za »Predpogoje« na Slika 2 izpolnjena dva pogoja, in sicer EES mora imeti neko hibo (analogija slabemu železu Titanika) in nahajati se mora v stanju, v katerem se ne bi smel (plovba Titanika proti ledeni gori). Seveda se načeloma niti za prvo, niti za drugo ne ve, dokler ni prepozno.

Nato pride do začetnega dogodka, ki sproži nadaljnji scenarij dogodkov, ki privedejo do tragedije. Pri Titaniku je bil to trk z ledeno goro, v EES pa je to lahko okvara in temu sledeč izklop elementa (npr. kratek stik na daljnovodu in takojnšnji izklop voda) ali samo izklop elementa iz kakršnegakoli razloga ali preprosto nastop obratovalnih razmer, ki jih EES ne prenese (npr. hitro povečanje porabe, hitro zmanjšanje moči virov – recimo velika proizvodnja sončnih elektrarn in sončni mrk ali npr. močan veter, ki se še ojača, kar pomeni, da vetrne elektrarne delujejo »na polno« ob prekoračitvi določene hitrosti vetra pa se vetrnice zaradi varnosti ustavijo in zablokirajo.) itd.

Temu sledi neko lažno zatišje, ko se razmere na prvi pogled niti ne zdijo posebno kritične, vendar se ladja kljub temu potaplja. S pravočasno ***in ustrezno*** reakcijo operaterjev ali zaščitnega sistema je v tej fazi velikokrat še mogoče rešiti potapljajočo se ladjo, vendar se velikokrat bodisi sploh ne zavedamo, da se ladja potaplja, bodisi z neustrezno reakcijo (operaterja) rešujemo lokalne probleme, ne da bi s tem reševali globalno situacijo ali pa to celo poslabšamo.

Tako stanje lahko traja kar nekaj časa, dokler s počasnim »drsenjem v pogubo« ne trčimo ob neko omejitev, ki sproži nek dodatni dogodek, ki predstavlja kapljo čez rob in temu sledi plaz nadaljnjih dogodkov in blackout.

Temu sledi restavracija sistema. Če gre za lokalni blackout večinoma integriteto EES po navadi vzpostavimo v nekaj desetih minutah ali nekaj urah. Pri večjem sistemu pa to lahko traja nekaj dni, v primeru popolnega razpada celo tednov, saj izkušenj s tem ni in naloga še zdaleč ni preprosta. Če bi letos EES v Texasu popolnoma (ne le delno) razpadel, bi po predvidevanju sestavljanje »iz teme« (t. i. black start, ko ni na razpolago nobene elektrike) lahko trajalo tedne (Maloney, 2021).

Tipičen primer nastanka blackouta predstavlja razpad EES Italije 28. IX. 2003. »Izvirnih grehov« tega, da je dogajanje po tem privedlo do blackouta, je kar nekaj (ekvivalent krhkega železa, iz katerega je bila oplata Titanika). Eden od njih je vsekakor (kronično) pomanjkanje prenosnih poti (daljnovodov) v Evropi in neoptimalna struktura EES, ki kot celota ni bil zasnovan za pogoje evropskega prostega trga z električno energijo. Zato tudi ni dovolj povezav med EES posameznih držav. Drug »izvorni greh« je bil napačno zasnovan koncept sistemske zaščite in koncept primarne regulacije frekvence italijanskega EES.

V trenutku, ko je ta prešel v otočno obratovanje, bi se moral »ujeti« na določeni stopnji (pomeni, da bi določen delež porabnikov pač odklopili in uravnotežili proizvodnjo in porabo preden bi električni parametri »zdrsnili« izven dovoljenega območja), se na tej stopnji umiriti, nato električne parametre (frekvenco, napetost in tako imenovani fazni kot) počasi uskladiti (dovolj približati) parametrom evropskega EES in se v primernem trenutku (ko se parametri »ujamejo« - mimogrede to ni trivialna naloga) priklopiti nazaj.

Če gremo po vertikali odgovornosti še malo više. je takemu stanju italijanskega EES v bistvu botrovala neustrezna zakonodaja in neustrezna porazdelitev kompetenc in odgovornosti. Elektrarne so imele namreč »preveč svobode« pri nekaterih odločitvah in nastavitev sistema zaščite je sledila logiki, da obratujejo tako, da ščitijo sebe in dobičke svojih lastnikov, za sistem pa jim je »figo mar«. Rezultat take logike je bilo kasnejše zaporedje prepoznih izklopov črpalnih elektrarn in preuranjenih izklopov sistemskih elektrarn. Prve so izkoriščale stanje poceni energije na vzhodu Evrope in so delovale, kot velike črpalke (veliki porabniki energije) ter polnile svoje akumulacijske bazene z namenom proizvodnje kasneje, ko bo elektrika na borzi bistveno dražja. Sistemske elektrarne pa so imele podfrekvenčno zaščito nastavljeno preveč konzervativno in so se zato, da so »varovale sebe«, izklopile, ko se sploh še ne bi smele.

Nadalje kot »izvirni greh« smatramo tudi neusposobljene operaterje v italijanskem in švicarskem centru vodenja prenosnega sistema (TSO – *Transmission System Operator*). Taki situaciji preprosto niso bili kos (nanjo jih očitno nihče ni pripravil v programu usposabljanja in treninga), saj so imeli dovolj časa, da bi z intervencijo lahko preprečili najhujše.

Kot zadnjega omenimo neustrezne protokole obveščanja med TSO-ji. Komunikacija med švicarskim in italijanskim TSO-jem je bila očitno neustrezna oz. pomanjkljiva.

Situacija, ki je v kombinaciji z »izvirnimi grehi« privedla do razpada (ekvivalent smeri plovbe Titanika proti ledeni gori) je bila zelo obremenjeno omrežje zaradi t. i. »bele noči« - ena noč v letu, ko so v Italiji celo noč brez vstopnine odprti muzeji in galerije. Zaradi tega je bila poraba zelo visoka. To samo po sebi še ne bi bilo tragično, a k tej že tako povečani porabi so se pridružile še črpalne elektrarne, ki so zelo poceni kupile nočno elektriko na vzhodu Evrope, kjer so imeli presežke in »na polno« črpale vodo

v svoje bazene. Imeli so sicer zakupljene prenosne poti (to se določi za dan v naprej, preračuna, preveri itd.), vendar so dogovorjene kvote precej presegli. Pač malo po Italijansko: »La dolce vitta, bo že kako.« Uvažali so 6700 MW, kar je bilo ca. ¼ porabe, to pa je očitno preveč, da bi bil sistem »n-1 siguren«. No in potem se je zgodil ta »1« iz kriterija »n-1«.

Sprožilni dogodek, je predstavljal izklop 380 kV daljnovoda med Švico in Italijo, kot posledica pravilnega delovanja zaščite. Na območju trase je namreč divjala nevihta in prišlo je do preboja med fazo daljnovoda in drevesom (trajni zemeljski stik).

Temu je sledilo navidezno zatišje (»kvazistacionaren proces«), ki je trajalo nekaj manj kot 25 minut. Breme, ki je predhodno teklo po izklopljenem daljnovodu se je prerazporedilo na že tako zelo obremenjene paralelne prenosne poti. Največ dodatnega bremena je prevzel električno najbližji paralelni vod Sils – Soazza. Ta je postal preobremenjen, vendar nihče ni ustrezno odreagiral. 25 minut je več, kot dovolj časa, da bi v Italiji operater ukazal zaustavitev velikih porabnikov (črpalnih elektrarn) in aktiviranje dodatnih elektrarn (bodisi plinskih, bodisi spremembo režima črpalnih elektrarn iz črpalnega v generatorskega, torej iz porabnika v proizvajalca) in porabniki sploh ne bi zaznali, da se je kaj zgodilo. Pa ni. Še naprej so »vlekli« preko Švice preveč energije. Zaradi preobremenjenosti se je omenjeni paralelni vod pričel pregrevati nad dovoljeno mejo in se je v skladu s tem tudi podaljševal. To pomeni, da se je razpetina nižala in na neki točki se je pač vodnik preveč približal rastlinju pod traso in prišlo je do preboja.

To je bila kaplja čez rob. Zaščita je pravilno zaznala okvaro in izklopila vod. Sedaj se je še pretok energije tega voda prerazporedil na sosednje daljnovode in prišlo je do tako imenovanega *kaskadnega izklapljanja vodov*, kar je pojav, ki skoraj vedno privede bodisi do ločitve dela EES, bodisi do delnega ali popolnega blackouta sistema.

Kaskada hitrih izklopov, ki se začne z izklopom voda Sils - Soazza se manifestira v majhni motnji frekvence, saj je bila Italija še povezana z močnim evropskim omrežjem. Nekaj sekund kasneje je prišlo do strmega padca frekvence, kar pomeni, da je italijanski EES prešel v otočno obratovanje. Strm padec frekvence je posledica močnega presežka porabe nad proizvodnjo.

Sistemska zaščita mora čim prej vzpostaviti med njima ravnovesje s povečanjem proizvodnje elektrarn (t. i. primarna regulacija frekvence, ki odreagira v nekaj sekundah) in izklopom bremen (t. i. podfrekvenčno razbremenjevanje, ki je odvisno od padanja frekvence), če naj se otok obrži. V skladu s tem je prišlo do izklopa črpalnih elektrarn (~ 3500 MW), kar je za nekaj časa padanje frekvence zaustavilo, vendar se je nekaj sekund za tem izklopilo za ca. 1700 MW elektrarn na distribuciji (male HE, vetrnice), ki so imele »za vsak slučaj« zelo konzervativno nastavljeno podfrekvenčno zaščito, saj niso bile obvezane sodelovati pri »potrebah sistema« - beri: »jih ne briga« (to je sedaj povsod po Evropi drugače urejeno). Seveda je bila to reakcija v napačno smer, ki je v veliki meri izničila ukrep izklopa črpalnih elektrarn.

Sledil je izklop bremen s strani sistemske zaščite podfrekvenčnega razbremenjevanja (za vsakih 100 mHz padca ca. 600 MW), ki bi padanje frekvence, kakor izgleda, celo zaustavil, če se ne bi v nasprotju z vso logiko hkrati izklapljale tudi velike elektrarne (ko jih sistem najbolj potrebuje). Frekvenca okrog 49 Hz je začela počasi »pobirati«, nakar so se vedno znova izklopile velike elektrarna, čemur je sledil nov upad frekvence. Zakaj so imele te zaščito tako nastavljeno zame ostaja misterij, saj bi morale vztrajati do v Evropi »magične meje« 47,5 Hz. Pri prekoračitvi te meje je pa res »game over«.

Restavracija sistema je kljub temu, da ga ni bilo treba vzpostavljati »iz teme«, torej breznapetostnega stanja, pač pa so lahko elemente, ki so mejili na preostanek evropskega EES, »lepili« nanj enega za drugim, trajal kar nekaj časa. V severnih regijah so vzpostavili sistem v dveh urah, v večini velikih mest tekom dopoldneva, 95 % porabnikov v dveh dneh, zadnje pa šele po približno tednu dni.

Posledice niso bile zelo hude, ker je bila ravno nedelja. 110 vlakov je bilo preklicanih, 30.000 ljudi je ostalo v vlakih, kjer so se ti pač ustavili. Policija je poročala o kaosu, a večjih izgredov ni bilo. Je pa pomenljivo, da je industrija tožila italijanskega dobavitelja električne energije Enel za ca. 100 milijard € škode.

5 Kaj se pa dogaja, ko pride do razpada EES

Situacijo najkrajše opišemo s frazo »ustavi se vse«. Verjamem, da ima vsaka sodobna država službe, proučene različne krizne scenarije, načrte za delovanje v krizi in kar je takega. Ugibam, da podobno velja tudi za mnoga podjetja. Nisem pa še slišal, da bi kdo pri nas naredil res celovito analizo družbenega dogajanja in funkcioniranja države, če ne bi bilo elektrike recimo 2 tedna ali mesec dni. Ne trdim, da ustrezni dokumenti ne obstajajo, vendar do sedaj še nisem nobenega videl. Sem pa zasledil tak dokument na internetu (pravzaprav ga je našel prijatelj) za Nemčijo, in sicer raziskavo za potrebe nemške vlade (Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U., 2008). Gre za poročilo na 256 zgoščenih straneh, kjer so proučili res skoraj vse vidike od posledic, obnašanja ljudi, delovanja pristojnih služb, strukture in organiziranost služb, dogajanja v različnih segmentih gospodarstva itd. Skratka »ni, da ni«. Verjetno to, kaj se dogaja med takim dogodkom v Nemčiji, poda boljši splošni uvid v situacijo, kakor bi bilo to v primeru Slovenije, ki je reda 50 krat manjša po prebivalstvu, površini in infrastrukturi in že zato nekoliko specifična. Tudi naš EES je nekoliko specifičen.

5.1 Sedaj pa lepo po vrsti – prvi dan

Seveda 250 strani zgoščenega teksta ni mogoče stlačiti v en članek, zato so v nadaljevanju posledice oz. dogajanje bolj ali manj našteti, nekatera najbolj zanimiva dejstva pa so na kratko opisana. Ob tem tega, da bi se velik del gospodarstva povsem sesul, sploh ne omenjamo. Če se npr. strdi talina stekla v peči v steklarni Hrastnik je peč samo še za razbiti in treba je postaviti novo. Podobno je npr. pri proizvodnji aluminija (če se talina v peči strdi je peč zanič) in še marsikje drugje. V nadaljevanju se osredotočamo samo na najosnovnejše družbene dejavnosti in dogajanje.
V prvih urah po nastopu blackouta so razmere kaotične.

Električni vlaki se ustavijo kjerkoli že tisti trenutek so (»sredi ničesar«, na mostu, v tunelu), sem lahko vključimo tudi metro, ki obstane nekje pod zemljo. Ustavijo se tudi dvigala in žičnice (obviseti v mrzlem vetru in s smučkami na nogah na sedežnici 30 metrov nad globeljo ni ravno nekaj, kar bi si želel doživeti). Ker se to zgodi povsod naenkrat lahko reševanje »ujetih« ljudi traja zelo dolgo. In seveda, ubogi tisti s klavstrofobijo v natrpanem dvigalu.

Cestni promet se v mestih praktično ustavi. Kdor se skozi Ljubljano prebija v petek popoldne mora imeti zvrhano mero potrpljenja. V primeru blackouta, ko postane očitno, da ne bo tako hitro »nazaj elektrike«, vsi želijo čim prej domov. Verjetno je proti temu, ljubljanska petkova gneča mačji kašelj. In v teh razmerah prometna signalizacija izpade. Razen tega se predori zaradi varnosti zaprejo (Nič domov skozi tunel pod ljubljanskim gradom ali po avtocesti čez Trojane!). Tudi parkirišča in garaže ostanejo zaprte. »Ticketavtomati« in »rampe« namreč delajo samo, če je elektrika.

Komur zmanjka goriva je oplel. Brez elektrike črpalke ne delajo. Tudi če jih zaženeš z agregatom, zadeva ne gre, ker ne dela plačilni promet, beri blagajna, kar pomeni, da ni mogoče odblokirati črpalke, da bi lahko točil naslednji. Avti brez goriva se začnejo kopičiti na cestah in bencinskih črpalkah. Njihovi potniki se naselijo na bencinskih servisih.

Nakupi potrebščin, hrane ali česarkoli že, na običajen način niso možni, ker plačilni promet ne dela. S kartico ni mogoče plačati, tudi blagajna ne dela. V malih privatnih trgovinah dobiš morda kaj za gotovino, na črno brez računa.

Telekomunikacije se sesujejo. Kot prvo želijo takoj vsi telefonirati (kar tako, ali kdo bo šel po otroka v vrtec in kako), sistem pa za to ni dimenzioniran. Pride do preobremenitve. Razen tega imajo bazne postaje v Nemčiji energetsko avtonomijo samo 15 minut do 1 ure. Zato se najkasneje po eni uri telefonija preseli na klasično omrežje, ki pa je za ta take razmere povsem neprimerno in zelo hitro pride do preobremenitve. Tovrstna omrežja imajo v Nemčiji avtonomijo od 15 minut do 8 ur. Edini način množičnega enosmernega komuniciranja postane radio, ki se obdrži zelo dolgo. Seveda za to rabimo radijske sprejemnike na baterije (če ravno ne sedimo v avtu). Včasih je bilo tega, kolikor hočeš v vsaki hiši, danes pa so postali maltene muzejska redkost, pa še od teh so večini verjetno baterije stekle in jih nepopravljivo okvarile.

Zdravstvene ustanove kolabirajo, saj število poškodb v kaotičnih razmerah eksplodira. Zaloge krvi, inzulina, posebne prehrane je samo za nekaj dni. Zmožnost celotnega zdravstvenega sistema je že po enem dnevu bistveno okrnjena (tako pravijo za Nemčijo). V domovih za ostarele je situacija podobna.

Negotovinski plačilni promet ne dela. Karkoli lahko kupiš samo še z gotovino. Gotovino je možno dobiti samo še na bančnih okencih, pa še za to ne vem, kako bi šlo, če računalniški sistem banke ne bi deloval (Če še kdo ni opazil, na banki sploh več nimajo gotovine in je ne menjavajo. Če kaj plačuješ uslužbenka položi bankovce na nek preštevalnik denarja, ta jih preveri in pogoltne in izpljune preostanek). Tudi, če bi zadevo uredili, je gotovine, glede na celotno vrednost plačilnega prometa, katerega večina so samo izmenjava informacij med računalniki, zelo malo in bi je v Nemčiji v nekaj dneh zmanjkalo.

5.2 Par dni kasneje

Predvidoma se kaotične prometne razmere tekom prvih 24 ur bolj ali manj umirijo. Ljudje nekako pridejo domov z avti ali brez njih, otroke na nek način poberejo v vrtcih in nastopi navidezno zatišje. Gorivo je na razpolago samo še za intervencijska vozila in nujne prevoze. Nekaj ga ima vsak avto še v rezervoarju. Po železnici lahko vozijo samo dieselske lokomotive (kjer jih pač še imajo). Vse skupaj je podobno nekakšnemu taborjenju.

Tudi s hrano prvih par dni nekako še gre. Zamrznjeno hrano pač treba na nek način narediti »nepokvarljivo« ali pojesti, saj se počasi odtali in po nekaj dneh pokvari. Slednje ni enostavno saj električne pečice, plošče in mikrovalovke pač ne delajo. Samo še roštiljada pride v poštev. To gre na deželi, kaj pa sredi velemesta? Problem je, da se ne odtali samo hrana v domačih zmrzovalnikih, pač pa prej ali slej tudi v supermarketih, hladilnicah, mesnicah, skratka povsod. Za Nemčijo so podatki naslednji. Hladilnice imajo rezervno napajanje nekako za 2 dni, trgovine pa še manj. Doma rezervnega napajanja seveda ni. Rezerva s hrano povprečnega nemškega gospodinjstva znaša med 3 in 5 dni. Ko začne hrana gniti jo je treba že zaradi nevarnosti okužb odstraniti. Praktično vse na roke, noben električni stroj ne dela.

Ščasoma problem postane transport živil. Na deželi še nekako gre, v velikih mestih pa predstavlja transport živil za tako veliko število ljudi bolj zapleteno logistiko, kakor si sploh predstavljamo. »Na roke razdeliti tako količino blaga je skoraj nemogoče, goriva za transportna vozila v nekaj dnevih zmanjka. Čeravno bi to nekako uspelo, je v Evropi relativno malo držav prehransko samozadostnih, pa še tisto, kar imajo shranjeno v hladilnicah v nekaj dneh propade. Hrana postane zelo iskana dobrina. Na videzno rešitev predstavlja uvoz oz. transport z ladijskim prometom. Morda bi to kje po svetu še šlo, ne pa v modernih pristaniščih. Vse blago

pride na paletah, v kontejnerjih in tega v večjem obsegu ni mogoče raztovarjati »na roke«. Vsa pristaniška infrastruktura z dvigali vred dela na elektriko.

Pridelava mleka kolabira. Danes se velika večina mleka pridela v farmah z več sto govedi. To so zelo ozko specializirane farme. Krave ves čas jejo in »delajo« mleko, in sicer reda neverjetnih 70 l na dan. Te živali je nujno potrebno molzti, sicer v nekaj dneh v hudih mukah poginejo. Molzni stroji so pa na elektriko. Lahko bi jih sicer molzli »na roke«, vendar je 70 l na dan ogromna količina in vsaka krava bi morala imeti svojega »molznika«. Koliko ljudi pa še danes zna to početi na roke? Razen tega je v največjih farmah hranjenje, napajanje z vodo in čiščenje avtomatizirano (beri: na elektriko). Morebitnega napajanja z agregati je po nekaj dneh bolj ali manj konec. Pa čeravno vse te ovire nekako premagamo; kako bomo predelali mleko v mlekarnah?

Svinjereji se ravno tako ne piše dobro. Gojenje prašičev v velikih farmah je skoraj povsem avtomatizirano (beri: na elektriko). Če pustimo vodo, hrano in čiščenje ob strani je tu pomembna še ena specifika. Gostota živali je tako velika, da je prostore nujno treba prezračevati z ventilatorji in jih hladiti. Brez tega se pujsi bodisi zadušijo, bodisi pregrejejo in poginejo. Tudi prašičje farme lahko preživijo največ nekaj dni.

Podobno velja za perjad. Tudi tu je brez umetnega prezračevanja (ki seveda dela na elektriko) v velikih farmah z živadjo po nekaj urah konec.

Vsi smo že slišali, da je npr. na Nizozemskem pridelava v rastlinjakih postala prava vesoljska znanost. Posebna svetloba, posebna atmosfera, računalniška on-line analiza potreb rastlin in dovajanje hranil, tekoči trakovi za transport iz rastlinjaka do obdelave, avtomatska obdelava pridelkov (sortiranje, kontrola kakovosti, pranje, sušenje, pakiranje) vse robotizirano. In potem zmanjka elektrike!

Predstavljeni primeri so bolj za občutek. Seveda ni vedno in povsod tako hudo in je možno improvizirati. Vendar ne v razvitih družbah in ne v velemestih. Tam hrana postane v nekaj dneh hud problem. Razvitejša je družba, huje je. Banalen primer; kako si boš v stolpnici sredi velemesta v 15. nadstropju brez elektrike skuhal fižol ali krompir? V sili seveda lahko oboje pogoltaš tudi surovo. Ampak surova sta oba strupena.

Na samoumevnost vodovoda smo se tako navadili, kakor na samoumevnost elektrike. Vendar je energetska avtonomnost vodovodnega sistema v velikih mestih reda en dan in nič več. Pritisk hitro pade, v višjih nadstropjih iz pipe samo klokota, ko jo odpreš, v nižjih pa kaplja (in ob tem klokota). V vsakem primeru je oskrba motena, zaukazano je varčevanje z vodo. Če so v bližini naravni viri vode (reke, potoki) si ljudje pomagajo s tem. Ampak za pitje je tako vodo in prej ali slej tudi morebitno vodo iz vodovoda (saj se možnost onesnaženja le-te močno poveča) potrebno prekuhavati. Ampak, kako?

Ker ni vode se osebna higiena močno poslabša, to pa, če zanemarimo »eksotične« vonjave, pri ozko nagneteni populaciji v mestih, zelo poveča izbruh nalezljivih bolezni in razne golazni (uši in stenice še zdaleč niso iztrebljene).

Zanimiva je tudi zadeva s kanalizacijo. Sodobni kanalizacijski sistemi v mestih so narejeni tako, da morajo biti ves čas splakovani s presežkom vode. Če temu ni tako, se ponekod v sistemu »gosta materija« zaustavi in ščasoma strdi in postane prepreka, ki narašča, ker se vsak trd delec »spotakne« ob njo in prej ali slej zamaši sistem. Rezultat je, da uporaba stranišča v 10. nadstropju pomeni vodomet (pravzaprav »fekalijemet«) iz stranišča v 1. nadstropju. Vse skupaj postane magnet za bacile tifusa, kuge, kolere, pa še kaj bi se našlo. Izbruh epidemije je zelo verjeten. Tem bolj, ker tudi odvoza smeti prej ali slej ni več. Te se kopičijo in predstavljajo raj za potepuške domače ljubljence, podgane, miši, ščurke in kar je tega.

Nevarnost izbruha epidemij predstavlja tem večjo grožnjo, ker zaradi motnje v oskrbi in pomanjkanja osebja velika večina zdravstvene oskrbe in lekarniške dejavnosti preprosto ne funkcionira več. Oboleli so prepuščeni sami sebi, ponekod dobimo srednjeveške razmere iz obdobja kuge.

5.3 Teden dni in naprej

Družbena organizacija se sesuje in začne se boj za golo preživetje. Ljudje, ki so ostali brez bencina na avtocesti sredi ničesar pač pojejo in popijejo, kar je najti na bencinskem servisu in se odpravijo v okolico. O kakem plačevanju in normalnem funkcioniranju družbe ni več ne duha, ne sluha. Če ti majhen otrok joka, da je lačen in žejen, se kot starš ne boš ustavil pred ničemer. Verjetno so ponekod ljudje deležni pomoči, vendar ima tudi ta pri grožnji obstoja sebe in družine svoje meje. Lačni in

prezebli ljudje začnejo v skupinah kot kobilice pustošiti po osamljenih kmetijah. Seveda lastniki nad tem niso navdušeni in privlečejo na plano kake lovske puške, krepelca, stare »flinte« in kar je tega. Do apokaliptičnega scenarija sploh ni daleč.

Morda scenarij ne bi bil tako apokaliptičen, čeprav po tednu ali dveh država de-facto ne bi funkcionirala več. Tudi policija in vojska ne moreta vzdrževati reda, ko postanejo ljudje lačni, zmanjkuje vsega, tako rekoč ni zdravstvene oskrbe. Nenazadnje tudi vojaki in policisti morajo nekaj jesti. Kljub temu pa se dejansko vzpostavi nek drugačen družbeni red, obnašanje ljudi se v razmerah, ko se morajo zanesti le nase, lahko popolnoma spremeni. Družba se razsloji, nastanejo bolj ali manj zaprte skupnosti (neke vrste »plemena«), katerih funkcioniranje je zelo odvisno od tega, kake vrste karakterji prevladajo. Karakterji se zelo izrazijo tako v pozitivnem, kot v negativnem smislu. Kot smo tisti, ki na srečo vojne nismo doživeli, to videli v množici filmov na tematiko vojne. Od najodvratnejših zločinov pa do junaških dejanj in žrtvovanja za druge.

Tudi, če se po nekaj tednih EES vzpostavi, poti nazaj na prejšnje stanje ne bi bilo. Taka katastrofa bi družbo zaznamovala vsaj za kako generacijo. Ker država kot taka ne bi bila več sposobna zagotavljati javnega reda in miru in predvsem ne bi bila sposobna zagotoviti integritete človeškega življenja, bi se trajno porušilo zaupanje ljudi v državo, kot institucijo. Razen tega, da bi tak kolaps uničil gospodarstvo družbe, bi pustil mnoge težko zaceljive rane na mnogih ljudeh. Nenazadnje bi se verjetno tudi število prebivalcev znatno zmanjšalo.

6 Sklep

Na srečo smo v večini držav v preteklih 100 letih uspeli EES res dobro zasnovati, izgraditi in se ga naučili »šofirati«. Zlepa ga ni mogoče »vreži iz tira«, pa še takrat, ko se to zgodi, se zna EES zelo dobro braniti in tu in tam začasno »žrtvovati« določene dele, da se jedro ohrani. Izkušnje iz 2. svetovne vojne kažejo, da je tudi v takih razmerah, kjer je bila katastrofa največja in bombardiranja na dnevnem redu, bila oskrba prebivalstva z elektriko relativno dobra in ni prihajalo do kompletnih razpadov EES po, recimo, celi Nemčiji.

V današnjih razmerah se mi nehote vsiljuje naslednja misel: »Če v 2. svetovni vojni bombnikom ni uspelo povsem sesuti delovanja EES, ga bo pa morda z združenimi močmi delujočim novodobnim politikom, iskalcem profita za vsako ceno, sanjačem in okoljsko-religioznim verskim gorečnežem.« Ljudi, in še zlasti mladino, pa izrabljajo v vlogi »koristnih bedakov«, kakor so to počele vse totalitaristične ideologije v zgodovini. Po principu »Aprés nous le deluge" – za nami potop.

Upam, da se motim, da sem pretiran pesimist, in da nas bo na koncu vendarle bodisi »srečala pamet« ali, da bo prišlo do ključnega tehnološkega preboja. Ni pa nujno. Do sedaj so še vse civilizacije, teh pa ni bilo malo, razen trenutne, propadle. Večinoma zaradi neracionalnih dogem in vztrajanju pri za družbo uničujočem vzorcu obnašanja (Jared Diamond, Propad civilizacij - Kako družbe izberejo pot do uspeha ali propada). Naj zaključim z naslednjim (Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U., 2008): »Eno ali dvotedenski razpad EES v naši moderni industrijski družbi tako trajno poškoduje (uniči) vse veje gospodarstva, da lahko računamo z družbenogospodarsko škodo, ki nas premakne gospodarsko 10 – 15 let nazaj.... Govorimo lahko o obsegu reda svetovne vojne. Povsem brez uporabe konvencionalnega orožja pride do uničenja nacionalnega gospodarstva.

Slika 3: Za nami potop! Louis XV. je vedel za kaj gre, zavedeni demonstranti pa verjetno ne.
Vir: Wikipedia, 2022a

Literatura

Comcast. (2018). What our tech habits reveal about the future of smart homes. Pridobljeno s https://qz.com/1482503/what-our-tech-habits-reveal-about-the-future-of-smart-homes/

Hines, P. D. H., O'Hara, B., Cotilla-Sanchez, E. in Danforth, C. M. (2011). Cascading Failures: Extreme Properties of Large Blackouts in the Electric Grid. Pridobljeno s https://ww2.amstat.org/mam/2011/essays/complexsystemsHines.pdf

Johnston, E. (2020). Japan's smart cities. Pridobljeno s https://www.japantimes.co.jp/news/2020/06/04/national/smart-cities-questions/

Maloney, D. (2021). Black stars. Pridobljeno s https://hackaday.com/2021/07/15/black-starts-how-the-grid-gets-restarted/

NASA. (2016). La notte del grande blackout. Pridobljeno s http://air-radiorama.blogspot.com/2016/09/fm-27-28-settembre-2003-la-notte-del.html

Palka, M. (2018). The Character Iceberg. Pridobljeno s https://medium.com/@mattpalka/the-character-iceberg-c5ea1e210c5e

Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U. (2008). Hazards and vulnerability in modern societies – using the example of a large-scale outage in the electricity supply. Pridobljeno s https://www.tab-beim-bundestag.de/en/publications/books/petermann-etal-2011-141.html

Wikipedia. (2022). List of major power outages. Pridobljeno s https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_major_power_outages

Wikipedia. (2022a). Louis XV. Pridobljeno s Louis XV - Wikipedia

Wikipedia. (2022b). Self-organized criticality. Pridobljeno s https://en.wikipedia.org/wiki/Self-organized_criticality

POMURSKA OBZORJA
Vol. 16, No. 1, pp. 25–34, marec 2022

Pomurska Obzorja

VISOKOŠOLSKI SISTEM V REPUBLIKI SLOVENIJI

MITJA SLAVINEC, [1, 2] FRANC JANŽEKOVIČ [1, 2] IN PETRA CAJNKO [2]

[1, 2] Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana, Slovenija.
[1, 2] Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, Slovenija.
E-pošta: mitja.slavinec@um.si; franc.janzekovic@um.si; petra.cajnko@um.si
E-pošta: mitja.slavinec@gov.si; franc.janžekovic@um.si

DOPISNI AVTOR
mitja.slavinec@um.si

Sprejeto
7. 1. 2022

Izdano
31. 3. 2022

Povzetek Visokošolski sistem v Republiki Sloveniji se v večji meri izvaja na javnih visokošolskih inštitucijah, kjer je šolanje brezplačno, del pa na zasebnih visokošolskih zavodih. Nekaterim izmed teh je država za določene študijske programe podelila koncesijo in ti programi so prav tako za študente brezplačni, preostali pa so plačljivi. V novembru 2021 je bil v uradnem listu objavljen razpis za podelitev dodatnih koncesij za študijske programe prve in druge stopnje, s katerimi se bo med drugim krepil tudi skladni regionalni razvoj na področju visokega šolstva. Slovenija je visokemu šolstvu v letu 2021 namenila 320,8 mio €, kar bo v naslednjem letu povečala na 354 mio €. Na področju visokega šolstva je v sklepni fazi priprava Nacionalnega programa visokega šolstva, ki nastaja vzporedno z Raziskovalno in inovacijsko strategijo Slovenije, saj sta oba dokumenta vsebinsko tesno povezana in drug drugega smiselno dopolnjujeta. Gre za ključna strateška dokumenta desetletnega razvoja visokega šolstva in spremljajoče raziskovalne dejavnosti v Sloveniji, pri katerih je prispevek univerzitetnega prostora zelo pomemben.

Ključne besede:
visoko šolstvo, koncesije, Nacionalni program visokega šolstva, raziskovalna in inovacijska strategija

https://doi.org/10.18690/po.16.1.25-34.2022
Besedilo © Slavinec, Janžekovič in Cajnko, 2022

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

1 Uvod

Terciarno izobraževanje v Sloveniji obsega višje strokovno izobraževanje in visokošolsko izobraževanje. Za obe področji je od leta 2012 pristojno Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport. Oba podsistema terciarnega izobraževanja sta med seboj povezana. Višješolsko izobraževanje v Sloveniji ureja Zakon o višjem strokovnem izobraževanju (ZVSI, Uradni list RS, št. 86/04 in 100/13). Izvajajo ga javne in zasebne višje strokovne šole. V letu 2016 je pristojni strokovni svet v soglasju z ministrico za izobraževanje dopolnil Izhodišča za pripravo višješolskih študijskih programov, kar bo omogočilo razvoj programov za izpopolnjevanje oziroma specializacijo, ki ne bodo dali nove stopnje izobrazbe, ampak bodo omogočali poglabljanje in razširjanje poklicnih kompetenc. Visoko šolstvo v Sloveniji ureja Zakon o visokem šolstvu (ZVis, Uradni list RS, št. 32/12 – uradno prečiščeno besedilo, 40/12 – ZUJF, 57/12 – ZPCP-2D, 109/12, 85/14, 75/16, 61/17 – ZUPŠ, 65/17, 175/20 – ZIUOPDVE in 57/21 – odl. US). Študij je organiziran na javnih in zasebnih univerzah in drugih visokošolskih zavodih in poteka na fakultetah, umetniških akademijah in visokih strokovnih šolah (Eurydice, 2019). Zasebne fakultete in umetniške akademije ter javne in zasebne visoke strokovne šole se lahko ustanovijo tudi kot samostojni visokošolski zavodi. Ti se lahko združujejo v skupnost visokošolskih zavodov. Pod posebnimi pogoji je dovoljena tudi ustanovitev mednarodne zveze univerz (Eurydice, 2019).

Glavne naloge visokošolskih zavodov – znanstveno razvojno raziskovanje in izobraževanje – so določene z zakonom. Strateški cilji za posamezna pet- do desetletna obdobja pa se določijo z nacionalnim programom visokega šolstva. Sprejme ga Državni zbor. Pri njegovi pripravi sodelujejo visokošolski partnerji, Strokovni svet RS za visoko šolstvo in Svet za znanost in tehnologijo RS (Eurydice, 2019).

V Resoluciji o Nacionalnem programu visokega šolstva 2001–2020 (ReNPVŠ11-20, Uradni list RS, št. 41/11), ki jo je Državni zbor sprejel maja 2011, so glavni cilji: (i) kakovost in odličnost, (ii) raznovrstnost ter dostopnost, (iii) internacionalizacija, (iv) diverzifikacija študijske strukture, (v) izdatnejše financiranje visokega šolstva.

Kakovost visokošolskih zavodov in študijskih programov se zagotavlja z akreditacijskimi postopki ter notranjo in zunanjo evalvacijo. Za akreditacijo visokošolskih zavodov in študijskih programov je bila leta 2010 za te naloge ustanovljena Nacionalna agencija RS za kakovost visokega šolstva (NAKVIS). Notranja evalvacija je pa še naprej odgovornost visokošolskih zavodov (Eurydice, 2019).

2 Visokošolsko izobraževanje v Sloveniji

V študijskem letu 2020/21 je bilo v terciarno izobraževanje v Sloveniji vpisanih 82.694 študentov, kar je skoraj 8 % ali nekaj manj kot 6.000 študentov več kot v študijskem letu 2019/20. Rednih študentov je bilo 63.192, izrednih pa 19.502. Rednih študentov je bilo dobrih 7 % več, izrednih študentov pa dobrih 9 % več, kot v prejšnjem študijskem letu. V višje strokovno izobraževanje je bilo v študijskem letu 2020/21 vpisanih 10.564 študentov ali 13 % vseh študentov, v visokošolsko izobraževanje pa 87 % vseh študentov (SURS, 2021).

2.1 Število vpisanih študentov v visokošolsko izobraževanje po stopnjah in univerzah

Na dan 30.10.2021 je bilo na vseh treh stopnjah v Sloveniji vpisanih 70.019 študentov. Rednih študentov je bilo 55.439, izrednih pa 14.580. Največ študentov je bilo vpisanih v visokošolsko univerzitetno izobraževanje (nekaj več kot 23.100) in visokošolsko strokovno izobraževanje (nekaj več kot 21.500). Najmanj študentov je bilo vpisanih v enovito magistrsko izobraževanje (nekaj več kot 4.600) in doktorsko izobraževanje (nekaj več kot 3.400).

Na dan 30.10.2021 je bilo na vseh treh stopnjah v Sloveniji največ študentov vpisanih na Univerzo v Ljubljani (nekaj več kot 38.400) in na Univerzo v Mariboru (nekaj več kot 14.000). Sledijo vpisi na zasebne Visokošolske zavode (nekaj več kot 9.200). Najmanj študentov je bilo vpisanih na Novo Univerzo (nekaj več kot 1.000) in na Univerzo v Novi Gorici (nekaj več kot 300).

Tabela 1: Število študentov po univerzah na dan 30.10.2021

Visokošolski zavod	Število vpisanih študentov
Nova univerza	1.001
Univerza na Primorskem	5.804
Univerza v Ljubljani	38.449
Univerza v Mariboru	14.074
Univerza v Novem mestu	1.034
Univerza v Novi Gorici	371
zasebni VZ	9.286
Skupna vsota	**70.019**

Med vsemi študenti visokošolskega sistema izobraževanja na dan 30.10.2021 je bilo približno 7.700 ali malo več kot 11 % mobilnih študentov, tj. študentov s stalnim prebivališčem v tujini. Prihajali so iz 132 različnih držav. Podobno kot v prejšnjih študijskih letih jih je bilo večina iz držav bivše Jugoslavije, in sicer 60 %, 28 % iz držav EU, 12 % pa iz drugih držav. Največ jih je bilo iz Bosne in Hercegovine, Severne Makedonije in Srbije.

Na Univerzi v Mariboru je bilo v študijskem letu 2020/2021 na dodiplomskem študiju skupno vpisanih 876 tujcev, od tega je bilo 822 kandidatov vpisanih na redne študijske programe in 54 na izredne študijske programe. V primerjavi s študijskim letom 2019/2020 se je število vpisanih tujih študentov na dodiplomskem študiju povečalo za 40,2 %. Na rednih študijskih programih se je število vpisanih tujih študentov povečalo za 38,9 %, na izrednih študijskih programih pa se je število vpisanih tujih študentov povečalo za 63,6 % (VPIS UM, 2020).

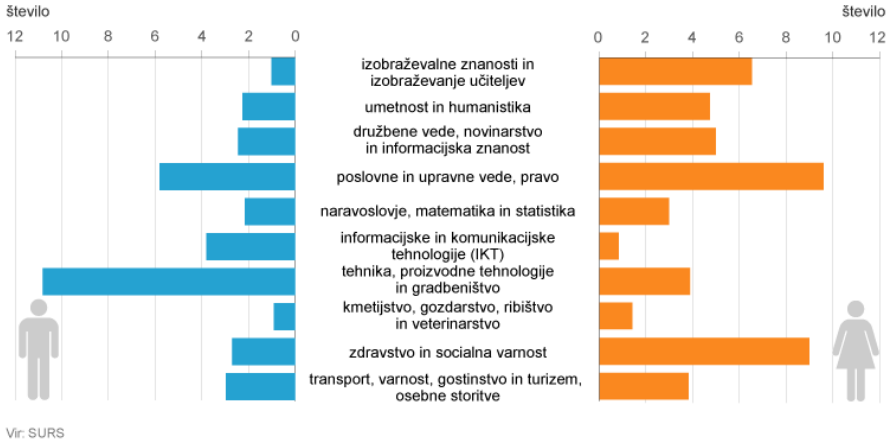
Tabela 2: Vpisani tujci in Slovenci brez slovenskega državljanstva na dodiplomskem študiju visokošolskih zavodov Univerze v Mariboru v študijskih letih 2018/2019, 2019/2020, 2020/2021 (vsi letniki)

Visokošolski	2018/2019			2019/2020			2020/2021		
zavod UM	redni	izredni	skupaj	redni	izredni	skupaj	redni	izredni	skupaj
EPF	57	1	58	**78**	**2**	80	**109**	**2**	**111**
FERI	106	0	106	**151**	**0**	151	**180**	**0**	**180**
FE	29	0	29	**62**	**0**	62	**63**	**0**	**63**
FGPA	19	0	19	**55**	**0**	55	**67**	**0**	**67**
FKBV	5	0	5	**3**	**0**	3	**6**	**0**	**6**
FKKT	11	0	11	**15**	**0**	15	**18**	**0**	**18**
FNM	9	0	9	**14**	**0**	14	**19**	**0**	**19**
FOV	14	1	15	**29**	**5**	34	**69**	**5**	**74**
FL	26	0	26	**50**	**1**	51	**69**	**2**	**71**
FT	14	11	25	**29**	**14**	43	**54**	**32**	**86**
FVV	11	2	13	**15**	**2**	17	**30**	**3**	**33**
FS	16	1	17	**6**	**2**	8	**14**	**1**	**15**
FF	13	0	13	**17**	**0**	17	**31**	**0**	**31**
GING	0	0	0	**6**	**0**	6	**22**	**0**	**22**
FERI in FS	3	0	3	**9**	**0**	9	**6**	**0**	**6**
MF	11	0	11	**10**	**0**	10	**9**	**0**	**9**
PEF	2	0	2	**1**	**0**	1	**2**	**1**	**3**
PF	11	1	12	**22**	**1**	23	**31**	**1**	**32**
FZV	17	6	23	**19**	**7**	26	**23**	**7**	**30**
Skupaj	***374***	***23***	***397***	***592***	***33***	***625***	***822***	***54***	***876***

2.2 Število vpisanih študentov v terciarno izobraževanje ločeno po študijskem področju (Klasius P16) in spolu

V študijskem letu 2020/21 je bilo v terciarnem izobraževanju največ študentov vpisanih v študijske programe s področja: (i) Poslovne in upravne vede, pravo (nekaj več kot 15.400 oziroma 19%), (ii) Tehnika, proizvodne tehnologije in gradbeništvo (nekaj več kot 14.700 oziroma 18%) ter področja (iii) Zdravstvo in socialna varnost (dobrih 11.700 oziroma 14%). Najmanj študentov je bilo vpisanih v programe s področja Kmetijstvo, gozdarstvo, ribištvo in veterinarstvo (približno 2.300 ali 3 %) (SURS, 2021).

Med študenti in študentkami, vpisanimi v terciarno izobraževanje v študijskem letu 2020/21, je bilo približno 42% moških in 58% žensk. S Slike 1 je moč razbrati, da se študentke raje odločajo za druga študijska področja kot študenti.



Slika 1: Študenti terciarnega izobraževanja (v 1.000) po področju izobraževanje (KLASIUS-P-16) in spolu, za študijsko leto 2020/2021

Vir: SURS

Kot vidimo, je delež študentk bil največji v študijskih programih s področja Izobraževalne znanosti in izobraževanje učiteljev (87 % žensk), drugi največji pa je bil v študijskih programih s področja Zdravstvo in socialna varnost (77 % žensk). Delež študentov je bil največji v študijskih programih s področja Informacijske in komunikacijske tehnologije (IKT) (82 % moških), drugi največji pa v študijskih programih s področja Tehnika, proizvodne tehnologije in gradbeništvo (74 % moških). Še najenakomerneje so bile študentke in študenti zastopani v študijskih programih s področja Naravoslovje, matematika in statistika (42 % moških in 58 % žensk) ter Transport, varnost, gostinstvo in turizem, osebne storitve (44 % moških in 56 % žensk) (SURS, 2021). Lahko povzamemo, da se največ študentk odloča za študijske programe izobraževalnih znanosti. Največ študentov pa za študijske programe s področja IKT.

2.3 Število visokošolskih zavodov, zaposlenih in študijskih programov v Sloveniji

V Sloveniji imamo 31 visokošolskih zavodov, od tega: (i) 5 Univerz (3 javne: Univerza v Ljubljani; Univerza v Mariboru in Univerza na Primorskem ter 2 zasebni: Univerza v Novi Gorici in Univerza v Novem mestu), (ii) 13 Javnih in koncesioniranih samostojnih visokošolskih zavodov in (iii) 13 Zasebnih nekoncesioniranih samostojnih visokošolskih zavodov. Med javne in koncesionirane samostojne visokošolske zavode spada 5 fakultet in 8 visokih šol. Med nekoncesionirane zasebne samostojne visokošolske zavode spada 5 fakultet, 7 visokih šol, 1 šola in 1 središče (Wikipedija, 2021 in MIZS, 2021). V študijskem letu 2020/21 je bilo v visokošolskih zavodih zaposlenih 5.092 vseh strokovnih delavcev, kar je za 1,4 % manj kot v prejšnjem študijskem letu. Moških je bilo nekoliko več (53,8 %) kot žensk (46,2 %) (SURS, 2021a in SiStat, 2021).

Tabela 3: Število zaposlenih na Visokošolskih zavodih

	akademsko leto 2019/2020			**akademsko leto 2020/2021**		
	skupaj	moški	ženske	skupaj	moški	ženske
visokošolski zavodi	**5.166**	**2.807**	**2.359**	**5.092**	**2.738**	**2.354**
visokošolski učitelji	2.828	1.623	1.205	2.969	1.678	1.291
visokošolski sodelavci	2.015	999	1.016	1.867	914	953
znanstveni delavci	323	185	138	256	146	110

Število študijskih programov po posameznih stopnjah in visokošolskih zavodih predstavljamo v naslednji tabeli.

Tabela 4: Število študijskih programov na Visokošolskih zavodih

visokošolski zavod	prva stopnja (I.)		druga stopnja (II.)		tretja stopnja (III.)	skupaj
	UNI	VS	eMAG	MAG	DR	
študijsko leto 2010/2011						
javni VŠZ	193	65	8	126	60	452
zasebni VŠZ (koncesija)	8	12	0	8	0	28
zasebni VŠZ	1	22	0	21	17	61
skupna vsota	**202**	**99**	**8**	**155**	**77**	**541**
študijsko leto 2020/2011						
javni VŠZ	205	69	**9**	**293**	**94**	**670**
zasebni VŠZ (koncesija)	8	12	0	8	0	28
zasebni VŠZ	**3**	**53**	0	61	**35**	**152**
skupna vsota	**216**	**134**	**9**	**362**	**129**	**850**

Iz tabele 4 lahko razberemo, da je v Sloveniji razpisanih 850 različnih študijskih programov. Določeni programi so zelo specifični. Razlog za to je, da je zakonodaja v preteklosti zahtevala, da ima vsaka diploma, svoj program. Sedaj, z novo zakonodajo je to urejeno in usklajeno. Kot primer navajamo, da so na Fakulteti za naravoslovje in matematiko UM zato razpisali študijski program Predmetni učitelj, so pa znotraj tega programa napravili različne usmeritve (za fiziko, matematiko, biologijo, kemijo, proizvodno tehnično vzgojo in računalništvo).

V novembru 2021 je bil v Uradnem listu objavljen razpis za podelitev dodatnih koncesij za študijske programe prve in druge stopnje, s katerimi se bo med drugim krepil tudi skladni regionalni razvoj na področju visokega šolstva. Na 1. stopnji gre za naslednje študijske programe: (i) Socialna gerontologija, (ii) Zdravstvena nega, (iii) Mediji in novinarstvo, (iv) Sodobno proizvodno inženirstvo, (v) Digitalna umetnost in praksa, (vi) Upravljanje z okoljem in (vii) Management transportne logistike. Na 2. stopnji gre za naslednje študijske programe: (i) Varstvo okolja in ekotehnologija,

(ii) Mediji in novinarstvo, (iii) Management pametnih mest in (iv) Tehnologijo polimerov.

3 Zaključki

Slovenija je leta 2017 namenila terciarnemu izobraževanju 2,1% celotnih vladnih izdatkov in se je s tem uvrščala pod povprečje EU-23 (2,6%). Terciarnemu izobraževanju je enakega leta namenjala nadpovprečni delež vladnih izdatkov Danska (4,8%), podpovprečni delež pa Italija (1,5%).

Država v zadnjih letih povečuje sredstva, namenjena študijski dejavnosti. V letu 2021 je bilo za to namenjenih 320,8 milijona evrov, v letu 2022 pa se bodo sredstva še povečala, tako da bo za študijsko dejavnost namenjenih 354 milijonov evrov. Namen financiranja visokošolskega študija je kakovostno in učinkovito izobraževanje ter čim boljše uresničevanje ciljev študijskih programov. Denarna sredstva za študijsko dejavnost zagotavlja Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport javnim visokošolskim zavodom in visokošolskim zavodom s koncesijo.

Javnim visokošolskim zavodom je bilo v letu 2021 namenjenih 308,3 milijona evrov oziroma 96,1% vseh sredstev. Od tega je največ sredstev prejela Univerza v Ljubljani (68,3%), sledila ji je Univerza v Mariboru (21,6%). Med tem ko je bilo visokošolskim zavodom s koncesijo namenjenih 12,5 milijonov evrov, kar predstavlja 3,9% sredstev.

Tem sredstvom je treba dodati tudi številne druge transferje, ki jih država namenja študentom, kot so npr. subvencije za študentsko prehrano, javne prevoze in podobno, kar Slovenjo dodatno krepi na lestvici študentom prijazne družbe.

Literatura

Eurydice. (2019). *Višje šolstvo in visoko šolstvo.* Pridobljeno s https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/higher-education-77_sl#Vi%C5%A1je%20in%20visoko%20%C5%A1olstvo

SURS. (2021). *Vpis študentov v višješolsko in visokošolsko izobraževanje*. Pridobljeno s https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/9537

VPIS UM. (2020). *Analiza prijave in vpisa v dodiplomske in enovite magistrske študijske programe na Univerzi v Mariboru v študijskem letu 2020/2021*. Pridobljeno s

https://www.um.si/vpis/Dokumenti%20novic/Analiza%20prijave%20in%20vpisa_2020_2021_finale_2.pdf

Wikipedija. (2021). *Visokošolsko izobraževanje v Sloveniji.* Pridobljeno s https://sl.wikipedia.org/wiki/Visoko%C5%A1olsko_izobra%C5%BEevanje_v_Sloveniji

MIZS. (2021). eVŠ evidenca visokošolskih zavodov in študijskih programov. Pridobljeno s https://www.gov.si/teme/evs-evidenca-visokosolskih-zavodov-in-studijskih-programov/

SURS. (2021a). *Zaposleni v formalnem izobraževanju, Slovenija, šolsko leto 2020/2021*. Pridobljeno s https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/9632

SiStat. (2021). *Pedagoško osebje na visokošolskih in višješolskih zavodih, zaposleno s pogodbo o zaposlitvi s polnim, ali z delovnim časom krajšim od polnega, po spolu, delovnem mestu in delovnem času, Slovenija, letno*. Pridobljeno s https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/Data/0953708S.px/

POMURSKA OBZORJA
Vol. 16, No. 1, pp. 35–44, marec 2022

Pomurska Obzorja

KVALITETNO DELO V GENETSKEM DIAGNOSTIČNEM LABORATORIJU

ALENKA ERJAVEC ŠKERGET

Univerzitetni klinični center Maribor, Klinika za ginekologijo in perinatologijo, Laboratorij za medicinsko genetiko, Maribor, Slovenija.
E-pošta: alenka.erjavec@guest.arnes.si

DOPISNI AVTOR
alenka.erjavec@guest.arnes.si

Sprejeto
10. 11. 2021

Izdano
31. 3. 2022

Povzetek V genetskem diagnostičnem laboratoriju UKC Maribor se zavedamo, da je kakovost preiskav, ki se v laboratoriju izvajajo, pomemben člen in pomoč zdravnikom pri postavljanju diagnoz, spremljanju in zdravljenju bolezni naših pacientov. Zato uporabnikom nudimo storitve, ki izpolnjujejo cilj našega sistema kakovosti v skladu s Pravilnikom o pogojih, ki jih morajo izpolnjevati laboratoriji za izvajanje preiskav na področju laboratorijske medicine izdanim v UL. Št. 64, 11. 6. 2004. Laboratorij za medicinsko genetiko UKC Maribor je pridobil dovoljenje za delo, za izvajanje preiskav na področju laboratorijske medicinske genetike. Kakovost preiskav zagotavljamo z vsakodnevnim in sprotnim izvajanjem notranje kontrole kakovosti posameznih postopkov in analizatorjev. Sodelujemo v obvezni mreži zunanjih evropskih kontrol kakovosti EMQN, EQA, CEQAS, GENQA. Z uvajanjem in preverjanjem novih metod med laboratorijsko kontrolo zagotavljamo primerljivost rezultatov analiz v procesih validacije in verifikacije. Udeleženi smo tudi pri izvajanju in obnavljanju ISO standarda ISO9001: 2015. Od leta 2019 UKC Maribor sodeluje v shemi Sistem International Accreditation Standards AACI Vers.5.0. Delo s pacientovim biološkim materialom, ravnanje z izvidi, spremljanje zdravstvenih stanj naših bolnikov, kot tudi raziskovalno delo na pacientovem materialu, zahteva specifično deontološko znanje, ki ga vršimo s spoštovanjem Kodeksa deontologije v laboratorijski medicini.

Ključne besede:
kontrola kvalitete, kontrola kakovosti, genetski laboratorij, humana genetika

https://doi.org/10.18690/po.16.1.35-44.2022
Besedilo © Škerget, 2022

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

1 Uvod

Cilj vsake medicinske kvalitetne obravnave je dosegati največjo možno mero KAKOVOSTNIH oz. kvalitetnih storitev za pacienta. Za zagotovitev najvišje kakovosti v genetskem smislu to pomeni zagotovitev preverjenosti (validacija in verifikacija), zagotovitev pravilnosti in tako omogočiti klinično uporabnost rezultata. Kvalitetna genetska laboratorijska obravnava tako zajema analitsko validacijo, ki omogoča zanesljivost rezultata, zajema tudi klinično validacijo (kar omogoča povezavo analize s specifično boleznijo) ter oceno oz. ovrednotenje klinične uporabnosti testa, kar omogoča povezavo analize z upravljanjem diagnosticirane bolezni. V ta namen obstajajo različne organizacije oz. združenja, ki zagotavljajo in spremljajo tovrstne obravnave. Na temo kvalitetne obravnave vzorcev v genetskem laboratoriju je bilo v letu 2020 opravljeno srečanje v okviru Združenja za medicinsko genetiko Slovenije, kjer smo vsi genetski laboratoriji pripravili prispevke in poročali o dosedanjem genetskem delu v laboratoriju. Srečanje je bilo namenjeno diskutiranju in pripravi novih smernic in priporočil za delo ter poenotenju pravil na področju izboljšave kvalitetnega dela genetskih laboratorijev v Sloveniji.

2 Laboratorij za medicinsko genetiko v UKC Maribor

Laboratorij za medicinsko genetiko v UKC Maribor je bil ustanovljen v sklopu diagnostičnih dejavnosti v takratni Splošni bolnišnici Maribor leta 1991. Svojo dejavnost od takrat opravlja v prostorih današnjega UKC Maribor, kjer je zasnovan kot diagnostično - raziskovalni laboratorij. Laboratorij nudi genetske preiskave na področju podedovanih in pridobljenih genetskih sprememb in prenatalne genetske diagnostike ter genetike raka. Strokovno usposobljen kader opravlja analize kromosomskih in genskih mutacij, variabilnosti ter presežkov in primanjkljajev genetskega materiala v humanem genomu. Genetske analize se opravljajo pri preiskovancih s sumom na genetsko obolenje ali sindrom ter pri preiskovancih s sumom na genetsko predispozicijo za določene kompleksne bolezni. Laboratorij za medicinsko gentiko v UKC Maribor je organizacijsko uvrščen pod Skupne službe Klinike za ginekologijo in perinatologijo.

3 Kakovost v UKC Maribor

Sistem vodenja kakovosti je na nivoju UKC Maribor pod nadzorom Centra za kakovost, ki posreduje navodila, napotke in vzdržuje celotno področje kakovosti. V Sloveniji je v veljavi sicer več mednarodnih akreditacijskih standardov za zdravstvene organizacije; od leta 2017 je UKC MB pridobil standard ISO9001: 2015 in v okviru tega smo kot Laboratorij za medicinsko genetiko bili preverjani tudi mi. Od leta 2019 UKC Maribor sodeluje v shemi Sistem International Accreditation Standards AACI Vers.5.0, v okviru tega standarda imamo vsakoletne presoje tudi v Laboratoriju za medicinsko genetiko.

Krovni dokument sistema kakovosti v UKC Maribor je Poslovnik kakovosti poslovanja UKC Maribor. Na njega imamo vezane dokumente sistema kakovosti, ki se nanašajo na delovanje laboratorija. LMG: Organizacijski predpis z naslovom Proces medicinske genetike ter pripadajoči obrazci OB Organizacijska struktura v LMG in Poslovnik kakovosti s splošnimi informacijami LMG. Preko teh dokumentov podajamo načela delovanja, urejamo in povezujemo sistem kakovosti Laboratorija za medicinsko genetiko, skladno z zahtevami statuta UKC MB, standardi ISO 9001:2015 in Pravilnika o pogojih, ki jih morajo izpolnjevati laboratoriji za izvajanje preiskav na področju laboratorijske medicine (UL RS, št. 64/2004 in 01/16).

Vsa dokumentacija sistema kakovosti je v UKC MB organizirana v obliki hierarhične strukture po nivojih: prvi, najvišji nivo predstavlja krovni dokument ustanove: Poslovnik kakovosti UKC MB; na 2. nivoju so predstavljeni posamezni organizacijski procesi, ki potekajo v UKC MB; tretji nivo predstavljajo organizacijska navodila oz. Pravilniki po posameznih področjih. Četrti nivo predstavlja dokumentacija v obliki NAV (navodil) in SOP (standardni operativni postopek), 5. nivo pa dokumentacija v obliki OBR (obrazci) in PRIL (priloge) znotraj posameznega procesa. Dokumentacija v Laboratoriju tako obsega osnovni krovni dokument, ki predstavlja 2. nivo, gre za organizacijski proces z imenom Proces medicinske genetike. V dokumentu je predstavljeno področje dela, ki je razdeljeno na dva dela: citogenetsko področje in molekularno genetsko področje. Nadaljnja dokumentacija laboratorija je organizirana na naslednjih nivojih (3. 4. in 5. nivo in trenutno predstavlja 63 izdanih SOP-ov, 27 izdanih navodil in 71 izdanih obrazcev. Obvladujemo 202 aparaturnih map, ki jih imajo vse aparature, od katerih predstavljajo avtomatske pipete približno tretjino.

4 Metodologija dela

4.1 Nadzor in zagotavljanje kakovosti dela v laboratoriju

V LMG zagotavljamo nadzor izvajanja nad postopki in procesi pred, med in po preiskavi posameznega vzorca preko sistema kakovosti s spremljanjem posameznih analiz, zabeležk in zapisov na delovne liste, v Laboratorijske dnevnike ali zabeležimo spremembe v SOP-ih. Vso delo temelji na najnovejših evropskih smernicah, ki jih spremljamo in jih upoštevamo.

4.2 Organizacija notranje kontrole kakovosti

Notranja kontrola kakovosti v LMG je organizirana v skladu z navodili v posameznem SOP-u za določeno preiskavo opisano v točki 5.7 (kontrolni postopek). Za področje citogenetike (CGL) izvajamo notranje preverjanje zaradi subjektivno pridobljenih rezultatov, ki so kvalitativne narave (gre za vizualno vrednotenje preko mikroskopiranja) preko naslednjih kontrolnih točk:

- vzpostavitev vzporednih celičnih kultur,
- neodvisna subjektivna analiza dveh analitikov,
- pregled supervizorja,
- pravilno vzdrževana organizacija in kalibracija merilne opreme,
- usposobljenost kadra,
- zagotovitev sledljivosti in identifikacije vzorca.

Za področje molekularne genetike (MGL) je notranja kontrola prisotna pri vsakokratnem izvajanju določene diagnostične analize, kar pomeni sprotno uporabo pozitivne, negativne in ničelne kontrole pri vsaki analizi.

Poleg tega izvajamo notranjo kontrolo še preko potrditve patoloških oz. kritičnih rezultatov z drugo vrsto analize, če je to možno. Vse rezultate pregleda in ovrednoti še supervizor, opravljamo pa še občasne nenamenske kontrole glede sledljivosti in identifikacije vzorca.

4.3 Sodelovanje v zunanji oceni kakovosti

LMG vsako leto sodeluje še v zunanji oceni kakovosti preko evropske genetske mreže (EMQN, GENQA).

Za področje **citogenetike** smo v evropskih shemah preverjanja sodelovali od leta 2010 do 2019 v t.i. shemi CEQAS. Od leta 2019 z naborom citogenetskih preiskav vključeni v mrežo GENQA . Od nabora preiskav s citogenetskega področja, ki jih izvajamo, gre za kariotipizacije iz periferne krvi, amnijske tekočine, horionskih resic in kostnega mozga, sodelujemo v shemah izmenjaje, po letih (Tabela 1). V okviru molekularno-citogenetske diagnostike, ki pretežno zaobjema zaobjema analizo s FISH tehniko, imamo pridobljen certifikat na dveh vrstah tkiv: kostni mozeg in amnijske celice s hitro prenatalno analizo. Sicer opravljamo še druge vrste FISH analiz: subtelomerne kromosomske spremembe, mikrodelecijski sindromi, amplifikacija gena Her2, uroVysion test pri raku mehurja. Genomsko diagnostiko, kjer uporabljamo dve tehnologiji, primerjalno genomsko hibridizacijo in novo generacijo sekvenciranja, testiramo vsakoletno.

Tabela 1: Predstavitev shem zunanje kontrole v LMG za citogenetsko področje v letih 2009 do 2020

Leto	Shema	datum izdaje/evropska mreža	Certifikat
2010	CEQA 2010 - amnijske celice Online	31.08.2010/CEQA EQA	pridobljen
2011	CEQA 2011 - perif.venska kri	31.08.2011/CEQA EQA	pridobljen
2012	CEQA 2012 - horionske resice	29.08.2012/CEQA EQA	pridobljen
2013	CEQA 2013 - per.venska kri	31.08.2013/CEQA EQA	pridobljen
2014	CEQAS 2014 - konstitucijske mikromreže (postnatalno)	31.12.2014/CEQAS EQA	pridobljen
2015	CEQAS 2015 - horionske resice (Online)	31.12.2015/CEQAS EQA	pridobljen
2016	CEQAS 2016 - mieloidne preureditve	01.03.2017/CEQAS EQA	pridobljen
2017	CEQA 2017 - mikromreže postnatalno EQA 2017 - molekularna hitra aneuploidija	31.03.2018/CEQAS EQA 31.03.2018/CEQAS EQA	pridobljen pridobljen
2018	GENQA 2018 - prenatalne konstitucijske mikromreže za CNV	30.03.2019/GENQA	pridobljen
2019	GENQA 2019 - postnatalne konstitucijske mikromreže	31.03.2020/GENQA EQA	pridobljen
2020	GENQA 2020 - patogenost germinalne linije pri postnatalnih CNV z mikromrežami	31.03.2020/GENQA EQA	pridobljen
2021	GENQA 2021 - kronična limfocitna levkemija (CLL)	31.03.2021/GENQA EQA	pridobljen

Preiskave s **področja MGL** potekajo v skladu z evropskimi smernicami za laboratorijsko molekularno genetiko in so opisana/predstavljena na straneh EuroGenTest. V okviru evropske mreže so tako predstavljene smernice na treh področjih: (1) smernice, ki vključujejo genetske spremembe, specifične za bolezni; (2) smernice, ki vključujejo genetske spremembe, ki NISO specifične za določeno bolezensko področje (so pa lahko v povezavi z določeno boleznijo); (3) klinično pomembne smernice. Seznam preiskav, ki jih izvajamo s področja molekularne genetike je predstavljen v Tabeli 2.

Tabela 2: Seznam preiskav MGL z opravljenimi zunanjimi kontrolami v letih 2009 do 2021

1. Določanje HLA-DQB1 genotipa – genetska diagnostika celiakije
2. Določanje mutacije Leiden in polimorfizma v genu za protrombin
3. Določanje mutacij v genu HFE – genetska diagnostika hemokromatoze
4. Določanje mutacij v genu NOD2/CARD15
5. Določanje mikrodelecij na kromosomu Y
6. Določanje mutacij v genu MTHFR – genetska diagnostika hiperhomocisteinemije
7. Določanje mutacij v genu PMP22 – genetska diagnostika HMSN tip 1a/HNPP
8. Določanje HLAB27
9. Določanje mutacij v genu za alfa1-antitripsin
10. Določanje mutacij genov SMN1 in SMN2 – gen.diagnostika spinalne mišične atrofije
11. Določanje mutacij v genu za distrofin
12. Določanje spola – dokazovanje prisotnosti kromosoma Y
13. Določanje številčnih kromosomskih abnormalnosti - hitri test (QFPCR analiza)
14. Določanje mutacij v genu CFTR - genetska diagnostika cistične fibroze
15. Določanje mutacij v genu IT15 – genetska diagnostika Huntingtonove bolezni
16. Določanje ponovitev CAG v androgenske receptorju pri diagnostiki bolezni Kennedy
17. Določanje subtelomernih strukturnih genomskih variabilnosti – MLPA analiza
18. Določanje mikrodelecijskih sindromov – MLPA analiza
19. Določanje mutacij v genu FMR1 – genetska diagnostika sindroma fragilni X
20. Določanje mutacije v genu UGT1A1 – genetska diagnostika sindroma Gilbert
21. Določanje mutacij v genih MTND1, MTND4, MTND6 – Leberjeve optična atrofija
22. Določanje HLA B51 alela
23.Določanje mutacije V617F v genu JAK2
24. Inaktivacija kromosoma X
25. Določanje Uniparentalne disomije in PRT testiranje
27.Določanje mutacij v genu GJB2 pri naglušnosti
28. Določanje CalR/MPN pri mieloproliferativnih neotvorbah
29. Določanje hematoloških mutacij: Braf, Jak ex12; MYD88; C-KIT
30. Določanje fuzijskega gena bcr/abl z Xpert sistemom
31. Določanje mutacijskega statusa IgHV
32. Določanje mutacije CYP2C9*2*
33. Določanje FLT3 mutacije
34. Določanje PAI mutacije (inhibitor plazminogen aktivatorja 1)

Od leta 2009 sodelujemo pri zunanjih kontrolah v shemah EMQN z različnimi nabori, z letom 2019 pa poleg teh še v shemah GENQA. V tabeli 3 so predstavljene diagnostične preiskave, po letih in vrsti sodelovanja.

Tabela 3: Predstavitev shem zunanje kontrole za molekularno-genetsko področje v letih 2009 do 2020

Leto	Shema	datum izdaje/evropska mreža	Certifikat
2009	Hereditary Haemochromatosis	2009/ EMQN	pridobljen (1,97/2,00)
2010	Y -Chromosome Microdeletion	2010/ EMQN	pridobljen (1,98/2,00)
2011	Huntington Disease	2011/ EMQN	pridobljen (1,97/2,00)
2012	Spinal Muscular Atrophy	2012/ EMQN	pridobljen (1,96/2,00)
2013/14	Duchenne/Becker MD (MLPA)	2013/ EMQN	pridobljen
2015	Fra X (Pre-screen)	2014/ EMQN	pridobljen (1,50/2,00)
2016	Hereditary Haemochromatosis	2016/ EMQN	pridobljen
2017	Prader-Willi/Angelmann Sy. Molecular Rapid Aneuploidy (QFPCR / MLPA/ BoBs)	2017/ EMQN 2017/CEAQ+EQA	pridobljen (2,00/2,00) pridobljen
2018	Deafness (DFNB1)	2018/ EMQN	pridobljen (2,00/2,00)
2019	Cardiac (HCM)	2019/ EMQN	pridobljen
2020	Cystic Fibrosis	2020/ GENQA	pridobljen
2021	Chronic Lymphocytic Leukaemia (CLL) IGHV mutation status; TP53 status	2021/ GENQA	v delu

5 Razprava z zaključkom

V genetskem diagnostičnem laboratoriju UKC Maribor se zavedamo, da je kakovost preiskav, ki se v laboratoriju izvajamo, pomemben člen in pomoč zdravnikom pri postavljanju diagnoz, spremljanju in zdravljenju bolezni naših pacientov. Zato uporabnikom nudimo storitve, ki izpolnjujejo cilj našega sistema kakovosti.

Kakovost preiskav zagotavljamo z vsakodnevnim in sprotnim izvajanjem notranje kontrole kakovosti posameznih postopkov in analizatorjev. Sodelujemo v obvezni mreži zunanjih evropskih kontrol kakovosti EMQN, EQA, CEQAS. Z uvajanjem in preverjanjem novih metod med laboratorijsko kontrolo zagotavljamo primerljivost rezultatov analiz v procesih validacije in verifikacije. V skladu s finančnimi zmožnostmi UKC MB sodelujemo letno z največ možnimi shemami, tako da pokrijemo delo na vseh področjih, ki jih izvajamo v laboratoriju: citogenetika, molekularna-genetika, NGS ter klinična genetika. Načrt izvedbe in sodelovanja v zunanjih kontrolah dogovorimo na laboratorijskih sestankih. Glede na število preiskav ki jih opravljamo v LMG UKCMB s področja citogenetike s sodelovanjem v zunanji kontroli pokrivamo vse vrste preiskav pri kariotipizacijah (100%), pri vrednotenju tehnike FISH pa pri 28.6% preiskav. Glede na to, da tehnično FISH predstavlja enako metodologijo povsod, je po naših izkušnjah tovrstno sodelovanje zadostno. Na področju MGL, kjer izvajamo 25 različnih diagnostičnih preiskav, sodelujemo v zunanji kontroli z cca 40% preiskav (10/25).

Genomska diagnostika z metodologijo primerjalna genomska hibridizacija je pod zunanjo kontrolo vsako leto (100%). Enako genomska diagnostika z metodo nove generacije sekvenciranja (100%). Delo s pacientovim biološkim materialom, ravnanje z izvidi, spremljanje urgentnih stanj naših bolnikov, kot tudi raziskovalno delo na pacientovem materialu, zahteva specifično deontološko znanje, ki ga vršimo s spoštovanjem Kodeksa deontologije v laboratorijski medicini.

Zahvala

Avtorica prispevka se zahvaljujem kolektivu Laboratorija za medicinsko genetiko UKC Maribor, ki so kakorkoli pripomogli k uspešnemu delu, katerega rezultat je objava pričujočega prispevka.

Literatura

Dequeker, D. (2017). *Molecular Diagnostics* (Third Edition), Chapter 29: Quality Assurance in Genetic laboratories: p.493-500; Pridobljeno s https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802971-8.00029-8

EMQN. (2022). Pridobljeno s https://www.emqn.org/

EuroGenTest. (2011). Pridobljeno s http://www.eurogentest.org/index.php?id=139

Pravilnik o dopolnitvah Pravilnika o pogojih, ki jih morajo izpolnjevati laboratoriji za izvajanje preiskav na področju laboratorijske medicine (Uradni list RS, št. 131/20 z dne 28. 9. 2020)

Pravilnik o dopolnitvi Pravilnika o pogojih, ki jih morajo izpolnjevati laboratoriji za izvajanje preiskav na področju laboratorijske medicine (Uradni list RS, št. 56/19 z dne 17. 9. 2019)

Pravilnik o pogojih, ki jih morajo izpolnjevati laboratoriji za izvajanje preiskav na področju laboratorijske medicine (Uradni list RS, št. 64/04 z dne 11. 6. 2004)

Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o pogojih, ki jih morajo izpolnjevati laboratoriji za izvajanje preiskav na področju laboratorijske medicine (Uradni list RS, št. 1/16 z dne 8. 1. 2016)

Sistem International Accreditation Standards AACI Vers.5.0; TX 8-784-160. Pridobljeno s https://aacihealthcare.com/news/aaci-copyrighted-its-accreditation-standards-version-5-0/

POMURSKA OBZORJA
Vol. 16, No. 1, pp. 45–56, marec 2022

Pomurska Obzorja

IKT V PODPORI IZOBRAŽEVANJA NA DALJAVO

RENATO LUKAČ
Gimnazija Murska Sobota, Murska Sobota, Slovenija.
E-pošta: renato@s-gms.ms.edus.si

DOPISNI AVTOR
renato@s-gms.ms.edus.si

Sprejeto
03. 09. 2021

Izdano
31. 3. 2022

Povzetek Epidemija covid-19 je presenetila tudi šolstvo. Ob prvem zaprtju šol pomladi 2020 in ob zavedanju, da bo zaprtje šol trajalo več tednov ali mescev, je bila edina rešitev za nadaljevanja pouka izobraževanje na daljavo. Prispevek opisuje aktivnosti za izvedbo pouka na daljavo na Gimnaziji Murska Sobota ter izpostavlja pomen pravilne izbire in pravilne uporabe informacijske tehnologije. Orisan je IKT model temelječ na storitvah Arnesa. Poudarjen je vitalni pomen internega izobraževanja pedagoškega kadra, ki je imel do takrat z uporabo spletnih učilnic in videokonferenc v vlogi izvajalcev zelo malo izkušenj. V kratkem času je bilo vloženega ogromno truda v iskanju kvalitetnih rešitev učinkovitega izobraževanja na daljavo, kar se je že kmalu obrestovalo ob dolgotrajnem drugem zaprtju šol jeseni 2020.

Ključne besede:
izobraževanje na daljavo, spletne učilnice, videoconference, IKT, model

https://doi.org/10.18690/po.16.1.45-56.2022
Besedilo © Lukač, 2022

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

1 Uvod

Petek 13. marec 2020 je bil črni petek za slovensko šolstvo. Bil je začetek zelo negotovega prehoda na izobraževanje na daljavo. Nihče ni vedel kako dolgo bo trajalo zaprtje šol in kako se bo obneslo izobraževanje na daljavo na daljši rok. Od trenutka, ko nam je postalo jasno, da bodo šole zaprte zaradi epidemije, do dejanskega zaprtja je minilo le nekaj dni, kar ni zadoščalo za temeljito pripravo na tako veliko spremembo v sistemu izobraževanja. V tem času smo izvedli le najnujnejše priprave, predvsem vzpostavitev komunikacijskih kanalov in manjša interna izobraževanja za uporabo raznih IKT orodij.

Strokovnjaki so na začetku epidemije priporočali uporabo že ustaljenih učnih okolij. Presenečeni smo bili tako uporabniki kot tudi ponudniki storitev. Marsikdo v šolstvu ni uporabljal spletnih učilnic in videokonferenc ali pa je bil preslabo izurjen za učinkovito uporabo, ponudniki pa niso bili pripravljeni na tako nenaden porast uporabe njihovih storitev. Oboji smo reagirali bliskovito – odgovorni za podporo IKT na šolah smo definirali tehnologije in s tem podporni model ter poskrbeli za izobraževanje zaposlenih in učečih, ponudniki storitev pa se okrepili strojno opremo, uvedli niz novosti, okrepili podporo uporabnikom in zagotovili primerne zmogljivosti in odzivnosti sistemov (Lukač 2021 in Lukač 2021a).

V nadaljevanju je opisana dejavnost Arnesa (2020, 2021) in različna učna okolja za podporo izobraževanju na daljavo s poudarkom na modelu, ki temelji na storitvah Arnesa. Ta model se je izkazal kot primeren in zelo zanesljiv. Podobnega so uporabile mnoge slovenske šole in zelo verjetno bo še bolj množično uporabljen v prihodnje.

2 Arnes

Večina šol uporabljajo storitve Arnesa. Arnes je javni zavod, ki zagotavlja omrežne storitve organizacijam s področja raziskovanja, izobraževanja in kulture. Povezuje več kot 1.500 slovenskih organizacij, njegove storitve pa uporablja približno 250.000 ljudi. Najpomembnejše storitve Arnesa za potrebe izobraževanja so:

- Arnes Učilnice (LMS Moodle),
- Arnes ePošta (sodobna spletna elektronska pošta),
- Arnes Zoom (videokonferenčni sistem Zoom z licencami, ki omogočajo vse funkcionalnosi) in
- Arnes Video (portal slovenskih izobraževalnih video vsebin) (2020, 2021).

Arnes zagotavlja brezplačne učilnice (LMS Moodle) na klik z dostopom preko E-identitet v infrastrukturi za enotno overjanje AAI računov. AAI storitev temelji tehnološko na sistemu IdM (SIO MDM) in omogoča tudi sinhronizacijo z imenikom LDAP/AD, kar uporabnikom omogoča uporabo AAI prijave v različne storitve.

S prehodom na izobraževanje na daljavo je Arnes doživel pravi informacijski cunami. V primerjavi z običajnimi obremenitvami spletnih učilnic pred epidemijo so zabeležili stokratno povečanje obremenitev, kar pomeni več kot 300.000 obiskov in skoraj 3.500.000 ogledov strani dnevno do 15. ure. V videokonferencah beležijo celo več kot tisočkratno povečanje obremenitev, kar pomeni dnevno do 15. ure več kot četrt milijona udeležencev v približno 14.000 različnih videokonferenčnih sobah.
Za zagotavljanje kvalitetnih storitev v zelo povečanem obsegu je bilo potrebno okrepiti sistem strežnikov in povezav med njimi, hkrati pa se je zaradi potreb uporabnikov razširil tudi nabor storitev. Najbolj obremenjeni servisi so zahtevali radikalne spremembe arhitekture storitve.

Arnesu je bila zaupana tudi masovna dobava opreme za končne uporabnike. V letu 2020 je bilo v sklopu projekta SIO-2020 šolam dobavljenih več kot 9.500 kosov opreme IKT, ki so jo šole posojale učencem, dijakom in učiteljem za potrebe izobraževanja na daljavo, v projektu COVID-19 pa več kot 4.000 prenosnih računalnikov in še nekaj modemov LTE, kamer in slušalk.

Arnes je ogromno vlagal v strojno in programsko opremo, vendar ne smemo pozabiti na izobraževanja uporabnikov njihovih storitev. V letu 2020 je bilo izvedenih na šolah okoli 600 praktičnih delavnic s 7.000 udeleženci. Hkrati so na spletu večkrat izvajali štirinajst različnih množičnih odprtih spletnih tečajev (MOST) s skupno več kot 7.000 udeleženci in 21 webinarjev z okoli 2.000 udeleženci v živo in z več kot 60.000 poznejšimi ogledi. Z uporabo storitev Arnesa se učitelji lahko posvečamo le vsebinam, tehnično vzdrževanje, skrb za varnost in redne posodobitve pa prepustimo strokovnjakom.

3 Učna okolja

IKT model je definiran z učnim okoljem (Moodle, Microsoft Teams, Google Classroom), katerega omogočajo različne tehnologije s svojimi komunikacijskimi kanali. Jedro modela je spletna platforma, ki omogoča prenos dejavnosti iz učilnice, predavalnice ali laboratorija na splet. V grobem imamo dve skupini modelov. V prvi so rešitve, pri katerih gre za integracijo sklopa orodij, ki se dopolnjujejo in služijo tudi drugim aktivnostim (primer je MS Teams in ostala orodja Microsofta), v drugi skupini pa so sistemi za upravljanje učenja ali s kratico LMS (Learning Management System) (Wikipedia, 2021). Praviloma so LMS primernejši, saj so celovite rešitve, ki ponujajo vse potrebne funkcionalnosti izvajanja izobraževanja na daljavo in so namenjeni zgolj podpori izobraževalnim aktivnostim.

Dobro zasnovan LMS omogoča uporabo sistema od kjerkoli in kadarkoli preko enotne vstopne točke za vsa E-gradiva in aktivnosti. Posledično se s tem poveča tudi mobilnost. LMS ima tudi nekatere pomanjkljivosti. Vsega ni možno digitalizirati in prenesti v LMS. Zaradi prehoda na splet je manj interakcij v živo, oziroma jih sploh ni, zoži se širina znanja, ker imajo gradiva fokus na točno določene učne cilje. Nekateri učeči rabijo motivacijo in spodbude, kar je v živo dosti lažje narediti. Zaradi navedenega so pomembno dopolnilo videokonference.

Med najbolj pogosto uporabljenimi LMS v svetovnem merilu in predvsem v izobraževalnih ustanovah spada Moodle. Tudi v Sloveniji je Moodle prevladujoči LMS. Z licencami ni težav, ker je rešitev odprtokodna in prosto dostopna na spletu. Vsaka organizacija lahko ima svojo postavitev Moodla. Univerze oziroma fakultete imajo navadno svojo postavitev in podobno tudi praviloma večje srednje šole. Izkazalo se je, da večina osnovnih in srednjih šol nimajo primernih strežnikov in

dovolj usposobljenih strokovnjakov, da bi lahko zagotavljali kvalitetno postavitev LMS.

Glede strežniške infrastrukture obstajajo niz možnosti. Najbolj racionalne so storitve v oblaku (Lukač, 2015). Najem infrastrukture kot storitve (IaaS) reši probleme okoli strojne opreme, še vedno pa rabimo dobrega sistemskega administratorja, ki bo namestil in vzdrževal operacijski sistem ter vso ostalo programsko opremo. Pri najemu platforme kot storitve (PaaS) rabimo dobrega razvijalca, ki obvlada upravljanje svojih aplikacij, strojno in sistemsko programsko opremo pa mu zagotovi in z njo upravlja ponudnik. Obstaja še tretji model, to je programska oprema kot storitev (SaaS), pri katerem najamemo programsko opremo. Ne rabimo skrbeti niti za strojno niti za nobeno programsko opremo. Rabimo le dobrega končnega uporabnika, ki čim bolje izkoristi ponujene funkcionalnosti aplikacije.

Šole imajo praviloma tudi strokovno osebje, ki skrbi za IKT, vendar se zalomi že pri strojni opremi. V preteklosti so bili v razpisih nabave strojne opreme tudi strežniki, toda od tega je preteklo že precej let. Namesto, da bi se na šolah lokalno postavljali strežniki, se gradi zmogljiva infrastruktura na Arnes in potem se le-ta v obliki storitve v oblaku ponuja šolam. Tovrsten pristop je stroškovno efektivnejši, bolj elastičen in zagotavlja višjo raven varnosti ob manj ali celo nič dela na vzdrževanju. Na voljo je tako imenovani Strežnik po meri, ki omogoča postavitev zmogljivejših strežnikov za šole, katere imajo znanje in izkušnje pri upravljanju strežnikov. Gre za model IaaS, ki omogoča gostovanje virtualnega strežnika z večjimi strojnimi viri v Arnes oblaku, uporabnik pa ima popolni nadzor nad programsko opremo, vključno z operacijskim sistemom. Za šole je najugodnejša rešitev v oblaku SaaS, ker se pri tem modelu uporabniki (šole) lahko v celoti posvetijo vsebini, zagotavljanje in vzdrževanje strojne in celotne programske opreme pa prepustijo ponudniku. Za storitvijo Arnes Učilnice se skriva zelo zmogljiva postavitev LMS Moodle. Poglavitna prednost lastne postavitve v primerjavi storitvijo Arnesa je, da pri lastni postavitvi lahko sami odločamo o tem, kateri vtičniki in z njimi dodatne funkcionalnosti bodo omogočeni, medtem ko so pri Arnes Učilnicah naše učilnice le del velikega sistema in kot take predstavljajo podkategorijo, zato moramo sprejeti servis z globalno konfiguracijo kot ga pripravijo vzdrževalci. Možno je seveda predlagati nove vtičnike in funkcionalnosti, kar potem po testiranju ali uvedejo ali pa zavrnejo.

Nekatere šole, ki prej niso uporabljale LMS sistemov, so v začetnem iskanju prave podpore iskale enostavnejše rešitve kot je LMS Moodle. Predvsem osnovne šole so začele uporabljati storitve Microsofta. Recimo jim, da uporabljajo Microsoft Teams, čeprav je Teams samo ena izmed mnogih aplikacij, ki služi kot središče za sodelovanje ter povezuje podatke uporabnikov in aplikacije Microsoft oblaka. Šole imajo po krovni pogodbi med Ministrstvom za izobraževanje, znanost in šport (MIZŠ) in Microsoftom A3 licence (Portal SIO, 2021) in s tem prosti dostop do storitev v oblaku Microsoft Office, Teams, shramba OneDrive, SharePoint, poslovna e-pošta, Minecraft, Intune in mnoge druge. Bistvena prednost tovrstnih rešitev je, da tako mnogi učeči in učitelji že poznajo od prej aplikacije Office (Word, Excel, Powerpoint, Access) in druge, na razpolago pa dobijo še dodatne aplikacije za upravljanje s podatki in komuniciranje. V sklopu Teams je tudi možnost video klepeta v povezavi s koledarjem, zato uporabniki v razgovoru pogosto pravijo, da uporabljajo za videokonference Teams. Bolj redki so tisti, ki so kot LMS uporabili Google Classroom. Velika prednost teh učilnic je podobno kot pri Microsoftu integracija podatkov v Googlu in njegovih aplikacij, kot so Gmail, Drive, YouTube, Meet, Docs, Sheets, Slides, Forms in še mnogo drugih.

Zelo vabljiva alternativa omenjenim sistemom je spletna učilnica Xooltime. Pojavila se je med prvim valom epidemije kot čisto nova komercialna rešitev v povezavi z eAsistentom, katerega zadnje desetletje uporablja vse več šol za vodenje dnevnikov in redovalnic ter za komunikacijo s starši in dijaki. Na začetku prvega vala epidemije je zaradi že razpoložljivih kontaktov v eAsistentu bil le-ta za mnoge šole vitalnega pomena za ohranitev komunikacije med učitelji in učečimi, v podjetju pa so kmalu reagirali in ponudili za krajši čas v brezplačno uporabo novo storitev, to je njihovo spletno učilnico Xooltime. Imeli so veliko prednost, da so učitelji lahko kar v svojem dnevniku v eAsistentu vnašali povezave na njihovo spletno učilnico in videokonference, učeče pa so imeli samodejno vpisane in z njimi vzpostavljen komunikacijski kanal. Navdušenje ob brezplačni uporabi pa je kmalu pojenjalo ob prehodu na plačljivi model, nekateri pa so že med testiranjem opazili marsikatero pomanjkljivost v primerjavi z LSM Moodle.

LMS omogoča komunikacijo med deležniki, vendar je zanesljiva elektronska pošta neizbežna tudi pri izobraževanju na daljavo. Tudi pri elektronski pošti lahko postavimo lasten strežnik, ki se poveže z ostalimi poštnimi strežniki in potem preko različnih protokolov streže odjemalce. Za dobro vzdrževan poštni strežnik je potreben dobro podkovan in izkušen administrator, zato je storitev elektronske pošte ena najbolj pogosto uporabljenih storitev v oblaku. Googlova storitev Gmail je v svetovnem merilu najbolj pogosto uporabljena poštna platforma. Za službo je smiselno, da uporabljamo službene poštne predale, na primer take, ki imajo v naslovu naše ime in priimek ter nato službeno domeno. Take poštne predale dodelimo tudi učečim, da imamo potem poenoteno naslavljanje. Odločiti se je treba še glede gostovanja servisa. Tudi za elektronsko pošto ima Arnes odlično in zanesljivo rešitev imenovano Arnes ePošta, za katero se skriva »front-end« odprtokodna rešitev Roundcube Webmail kot spletni vmesnik, dodatno pa je vključen cel niz strežniških servisov, ki skrbijo za izmenjavo, shranjevanje in upravljanje elektronske pošte. Za tiste, ki uporabljajo Google Classroom, je smiselno, da elektronsko pošto preselijo na Gmail, za uporabnike Microsofta pa da uporabijo servise Microsofta.

Pri delu na daljavo so med storitvami največjo rast v količini prometa dosegle videokonference. Po začetni zadregi se je vsaka šola znašla po svoje in poskušala čim bolje nuditi podporo učečim tudi preko tega zelo pomembnega komunikacijskega kanala. Arnes je na začetku ponujal šolam sistem Vox, za katerega je bilo na razpolago tako malo licenc, da niso zadoščale niti za potrebe univerz, po vrhu pa so še bili problemi z Adobe Flash tehnologijo, za katero se je ravno takrat iztekal rok za podporo. Na Arnes so nemudoma uvedli novost, to je storitev Arnes VID, ki temelji na odprtokodni Jitsi. Zelo hitro so izboljševali funkcionalnost in zmogljivost sistema, tako da je storitev kmalu dozorela iz testne faze v zrelo produkcijsko. Mnogi so začeli uporabljati video klepet Microsofta v Teams in potem ugotovili, da Teams ponuja še marsikaj koristnega, ne le videokonferenčni sistem. Nekateri so se znašli in uporabili kar Microsoftov Skype, spet tretji servise Googla, recimo Hangouts in Meet. Nekaj posebnega pa je Zoom, ki je zaradi odlične funkcionalnosti in enostavnosti hitro pridobil mnoge uporabnike. Kar nekaj prahu so dvignile novice o varnostnih problemih in o uhajanju podatkov, vendar je podjetje bliskovito reagiralo in izkoristilo enkratno priložnost, da utrdi svoj vodilni položaj na tem področju. Poleg plačljivega modela ponujajo 40 minutno brezplačno uporabo. Jeseni 2020 je Arnes kupil licence za Zoom in od takrat imajo šole na razpolago prosti dostop do plačljive verzije pod storitvijo Arnes Zoom.

V začetni zadregi z videokonferencami nam je bilo svetovano posneti video lekcije in jih naložiti na splet. Arnes ponuja že vrsto let storitev Arnes Video. Gre za spletni portal slovenskih izobraževalnih video vsebin, kjer lahko uporabniki objavljamo in delimo video posnetke ter jih nato vključujemo v spletne učilnice. Obstaja tudi možnost prenosa v živo, kar omogoča spremljanje velikega števila gledalcev. Po potrebi se dogodki lahko tudi snemajo za poznejšo objavo. Marsikdo je uporabil kar Googlovo storitev YouTube, ki je verjetno najbolj pogosto uporabljana storitev za delitev video vsebin.

4 Naš model

Odločili smo se uporabiti v čim večji meri storitve Arnesa. Argumenti za to odločitev so bili:

- zaposleni in dijaki smo imeli na Arnes AAI račune,
- zaposleni in dijaki smo imeli na Arnes ePošta urejene poštne predale pod domeno šole,
- verjeli smo, da bomo imeli dobro tehnično podporo za vse storitve in
- vedeli smo, da bodo vsi naši podatki na varnem in da se bo z njimi delalo v skladu z GDPR.

Na Gimnaziji Murska Sobota je bila pred epidemijo uporaba LMS praktično zanemarljiva. Izkušnje z Moodle v vlogi izvajalca sta imeli samo dve osebi, pet pa jih je uporabljalo LMS Engrade. Večina tudi ni imela izkušenj z videokonferencami, z dijaki pa smo komunicirali predvsem preko razrednih elektronskih poštnih predalov. Trojica, ki je že prej izvajala podporo pri uporabi IKT, je prevzela nalogo, da definira model za izobraževanje na daljavo, ga čim prej vpelje v uporabo in nudi podporo pri izvedbi. Model je temeljil na spletnih učilnicah Arnes Učilnice (LMS Moodle), elektronski pošti preko spletnega vmesnika Arnes ePošta ter videokonferenčnih sistemih Arnes VOX in Arnes VID. Za izmenjavo velikih datotek smo uporabili Arnes Filesender, za deljenje video posnetkov pa Arnes Video. Dostop do vseh storitev razen e-pošte je bil preko enotnega uporabniškega računa v sistemu AAI. Zaposlenim in učečim smo po poizvedbi glede potreb po IKT opremi potem le-to zagotovili v okviru realnih možnosti šole. Skupina za podporo je obsežno testirala

razna orodja in novosti ter se intenzivno vključevala v dodatna izobraževanja. Skrbela je za relevantno obveščanje vseh deležnikov izobraževanja.

Prvi vikend epidemije smo se po maratonskih posvetovanjih z izkušenimi strokovnjaki s področja E-izobraževanja odločili, da bomo spletne učilnice razporedili po kategorijah in čim bolj pregledno, to je s podkategorijami po letnikih in v njih potem predmete, tako da bo vsak oddelek imel svojo podkategorijo in v njej za vsak svoj predmet spletno učilnico. Tovrstna organizacija je zahtevala nekaj več začetnega dela, zagotavljala pa je enostavnost in s tem manj začetniških zapletov. Večino vpisa udeležencev smo realizirali preko samovpisa, ker sistem kohort takrat ni deloval pravilno. Podporna skupina je izvedla preko videokonferenc VOX niz 12 nujno potrebnih izobraževanj. Ob ponedeljkih popoldne smo imeli dve urne delavnice, ob sredah pa smo imeli odgovore na vprašanja, katera so se ob uporabi orodij pojavila. Srečanja ob sredah so bila praviloma precej daljša kot ob ponedeljkih, nobenih pa nismo snemali. Povprečna udeležba je bila približno polovica pedagoškega kolektiva.

Podporna skupina je nudila izdatno podporo po vseh možnih kanalih. Mnogokrat je bil telefonski klic najbolj priročen za hitro reševanje problemov, ko pa ni šlo več samo preko zvočne povezave, pa smo uporabili predvsem Teamviewer, da smo lahko prevzeli sejo na računalniku z druge strani in tako čim hitreje rešili problem. Priporočali smo razna spletna izobraževanja. Posebej dober odziv je bil na Arnes (2021), katere je odlikovala izredno velika stopnja uporabnosti in odlična strokovna podpora. Udeležilo se jih je približno polovica kolektiva. V veliko pomoč je bila izmenjava primerov dobre prakse med sodelavci znotraj kolektiva. Konec avgusta 2020 smo v sklopu svetovanj Arnesa ob pomoči zunanjih izvajalcev izvedli še pet delavnic v živo, katerih se je udeležilo več kot štiri petine kolektiva.

Novinci so bili septembra 2020 pri pouku informatike posebej izurjeni za uporabo storitev našega modela, dodatno pa je bil en šolski dan za vse dijake pri vseh urah izveden s poudarkom na uporabi programskih orodij, za katera smo želeli, da jih obvladajo. Od septembra 2020 smo za videokonference uporabljali Arnes Zoom, spletne učilnice pa smo organizirali nekoliko drugače. Še vedno so bile podkategorije letniki, vendar v njih več ni bilo oddelkov, ampak so bile kar spletne učilnice po predmetih in izvajalcih. V primeru, ko je imel en izvajalec več oddelkov istega letnika, smo smiselno združili udeležence v eno spletno učilnico in jih tam uvrstiti v ustrezne skupine. Vpis udeležencev v spletne učilnice smo olajšali z uporabo sinhroniziranih

kohort iz sistema MDM. To pomeni, da je izvajalec vpisal samo kohorto za določen razred ali več razredov, vsi člani kohorte pa so bili samodejno vpisani med udeležence. S tem smo se izognili ročnemu vpisu in samovpisu. Predvsem pri naravoslovnih predmetih smo si pomagali tudi z video portalom Arnesa, na katerega smo nalagali posnetke poskusov v izvedbi laborantov. Kot odlična ideja se je izkazal tudi posebej prirejen urnik ob prehodu na daljavo in pravilo, da se dodelitev obveznosti podaja za vsak predmet enkrat tedensko, same dodelitve, torej predmeti, pa so enakomerno porazdeljeni čez teden. Šolsko leto 2020/21 je bilo zaznamovano z zelo dolgim obdobjem dela na daljavo, zato so bile izkušnje iz prvega zaprtja zelo koristne, prav tako kot nova oprema dobavljena s strani Arnesa in financirana iz MIZŠ.

5 Zaključek

Ob izbruhu epidemije covid-19 je v trgovinah pošla praktično vsa IKT oprema. MIZŠ in Arnes je kljub temu uspelo preko javnih razpisov v doglednem času zagotoviti dovolj nujne strojne opreme tako za šole kot za podporno strežniško infrastrukturo na Arnes. Prav tako so zagotovili licence za vse zaposlene in učeče za uporabo izdelkov podjetja Microsoft in videokonferenčnega sistema Zoom.

Mnoge šole, med njimi tudi naša, so uporabile model podpore izobraževanju na daljavo, ki je temeljil na storitvah Arnesa. Izkazal se je za zelo zanesljivega in s tem upravičil podporo in zaupanje resornega ministrstva. Vsebine v LMS imajo trajno vrednost, zato je naš trud tudi investicija v prihodnost. Pomembno je, da nismo vsi uporabljali opisani model, saj bi s tem preobremenili strežnike na Arnes, oziroma bi bila potrebna velika vlaganja v dodatno IKT, da bi lahko suvereno kot zdaj servirali vse konice v obremenitvi. Z uporabo različnih modelov se je del obremenitev prenesel na velika podjetja, predvsem na Microsoft in Google. Tudi med valovi epidemije in verjetno tudi po koncu epidemije ostaja uporaba storitev podpornega modela zelo smiselna. Verjamemo, da naše šolstvo že zdaj odlično izkorišča ogromen preskok uporabe IKT, kar se odraža na dvigu kvalitete izobraževalnih procesov na vseh nivojih.

Literatura

Arnes, (2021). MOST. Pridobljeno s https://www.arnes.si/izobrazevanje/most-2/

Arnes. (2020). Pregled aktivnosti Arnesa v letu 2020. Pridobljeno s https://www.arnes.si/files/2021/07/Pregled_aktivnosti_v_letu_2020_Arnes.pdf

Lukač, R. (2015). Odšli smo v oblake; Pomurska obzorja 4/2015.

Lukač, R. (2021). IKT v podpori izobraževanja na daljavo, posnetek predavanja s konference PAZU na YouTube kanalu Idea TV. Pridobljeno s https://www.youtube.com/watch?v=etGBUQrxhow

Lukač, R. (2021a). Primeri dobre rabe – interno izobraževanje, posnetek s konference Mreža izobraževanja na daljavo, Arnes. Pridobljeno s https://www.arnes.si/primeri-dobre-rabe-interno-izobrazevanje-renato-lukac/

Portal SIO. (2021). Podpora SIO. Pridobljeno s https://podpora.sio.si/microsoft/

Wikipedia, (2021). Learning management system. Pridobljeno s https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_management_system

POMURSKA OBZORJA
Vol. 16, No. 1, pp. 57–66, marec 2022

Pomurska Obzorja

EKSTREMNI MEDPLANETARNI IZBRUH KORONALNE SNOVI

PRIMOŽ KAJDIČ
Universidad Nacional Autónoma de México, Geofizikalni inštitut, Oddelek za vesoljsko fiziko, Ciudad de México, Mehika.
E-pošta: kajdic@gmail.com

DOPISNI AVTOR
kajdic@gmail.com

Sprejeto
29. 06. 2021

Izdano
31. 3. 2022

Povzetek Medplanetarni izbruhi koronalne snovi so posledica močnih izbruhov na Soncu, ki v medplanetarni prostor poženejo ogromne količine magnetnega polja in vročega plina iz sončeve korone. Ti izbruhi po medplanetarnem prostoru potujejo s hitrostmi nekaj sto kilometrov na sekundo. Če dosežejo Zemljo, lahko povzročijo najmočnejše geomagnetne nevihte, ki lahko negativno vplivajo na življenja astronavtov in na naše tehnološke sisteme. Čeprav vemo, da so za najbolj intenzivne geomagnetne nevihte potrebni hitri izbruhi koronalni snovi ter dolgi časovni intervali z negativno Bz komponento magnetnega polja, pa vseeno še ne vemo dovolj po kakšnimi okoliščinami se to zgodi. V tem članku bom predstavil medplanetarni koronalni izbruh snovi, ki ga je zaznala sonda STEREO A 23. julija 2012 in ki je na razdalji skoraj 1 astronomske enote potoval s hitrostjo ~2250 km/s. Poleg tega je magnetometer na STEREO A zaznal magnetno polje z gostoto 109 nT. Ta medplanetarni izbruh koronalne snovi je tako najhitrejši in najintenzivnejši dogodek, ki smo ga zaznali od začetka vesoljske dobe. V članku opišem, da je do tega dogodka prišlo zaradi spleta okoliščin, zaradi česar ga nekateri imenujejo kar „popolna nevihta“.

Ključne besede:
medplanetarni izbruhi, koronalna snov, geomagnetne nevihte, vesoljsko vreme, magnetno polje

https://doi.org/10.18690/po.16.1.57-66.2022
Besedilo © Kajdič, 2022

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

1 Uvod

Izbruhi koronalne snovi (IKS), so prehodni pojavi, ki iz sončeve atmosfere v medplanetarni prostor ponesejo ogromne količine plina in magnetnega polja (Gosling in drugi, 1973; Gosling 1990; Hyndhausen 1988; Kahler 1988). Odkriti so bili v 70-tih letih prejšnjega stoletja s koronografom na sondi OSO-7 (Orbiting Solar Observatory, Tousey, 1972). Medplanetarni izbruhi koronalne snovi (MIKS) pa so manifestacije IKSov v medplanetarnem prostoru (Gosling 1990; Neugebauer and Goldstein, 1997; Rust, 1999). Povezavo med IKSi in MIKSi so odkrili Sheeley in drugi (1983). Če je hitrost MIKSov večja od sončevega vetra, ki ga dohitijo, pred njimi nastane medplanetarni udarni val. Posebna kategorija MIKSov so t.i. magnetni oblaki (Burlaga in drugi 1981), katerih tipični „podpisi" v podatkih inštrumentov vesoljskih sond so i) povečana jakost magnetnega polja, ii) postopna rotacija magnetnega polja, iii) nizke vrednosti parametra β (razmerje med termičnim ter magnetnim tlakom), iv) relativno nizka temperatura ionov, ter v) dve supertermični populaciji elektronov t.i. strahl-a, ki potujeta v nasprotnih si smeri vzdolž magnetnega polja. Pogosto MIKSe spremljajo tudi delci visokih energij.

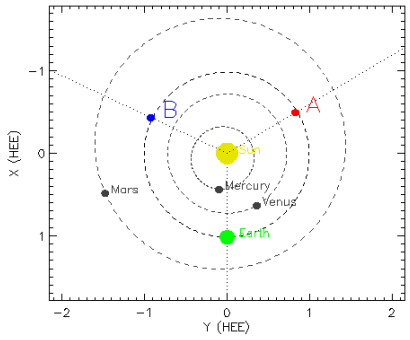
Že nekaj desetletij je znano da če MIKSi dosežejo Zemljo, povročijo t.i. geomagnetne nevihte, to je močne perturbacije zemeljskega magnetnega polja (Webb in drugi, 2000; Huttunen etal., 2005; Cid in drugi 2014). Najmočnejša geomagnetna nevihta moderne dobe je t.i. Carringtonov dogodek, ki se je zgodil leta 1859 (Carrington, 1859). Jakost geomagnetne nevihte merimo z indeksom Dst, ki se izračuna s podatki mreže geomagnetnih observatorijev, ki se nahajajo v bližini ekvatorja (NOAA Space Weather, 2022). Tekom geomagnetnih neviht ima Dst negativne vrednosti. Siscoe in drugi (2006) so izračunali, da je tekom Carringtonovega dogodka Dst dosegel vrednosti -850 nanotesel (nT). Najmočnejša geomagnetna nevihta v 20. stoletju se je zgodila 13. marca leta 1989, ko je Dst dosegel vrednost -548 nT, kar je povzročilo kolaps električnega omrežja v Kanadski provinci Quebec (Cliver in drugi 2004). Takrat je šest milijonov ljudi ostalo brez elektrike celih 9 ur.

Statistične študije IKSov so pokazale, da so največje hitrosti, ki jih te strukture dosežejo v neposredni bližini Sonca približno 3000 km/s (Yashiro in drugi 2004; Gopalswamy in drugi 2005). Na razdalji ene astronomske enote (a.e.) ima večina MIKSov hitrosti okrog 450 km/s, njihova magnetna polja pa dosežejo jakost do nekaj 10 nT, kar je le nekoliko več od tipičnih vrednosti v sončevem vetru (Richardson in Cane, 2010, Liu in drugi 2005). To pomeni, da hitrost MIKSov na poti od Sonca hitro pojema in da je za ekstremno vesoljsko vreme na Zemlji ključnega pomena kaj se s MIKSi dogaja v medplanetarnem prostoru.

V tem članku analiziram najhitrejši in najintenzivnejši medplanetarni izbruh koronalne snovi, ki je 23. julija 2012 dosegel sondo STEREO A. V sekciji 2 predstavim podatke treh različnih sond, v sekciji 3 jih analiziram, v sekciji 4 pa predstavim zaključke.

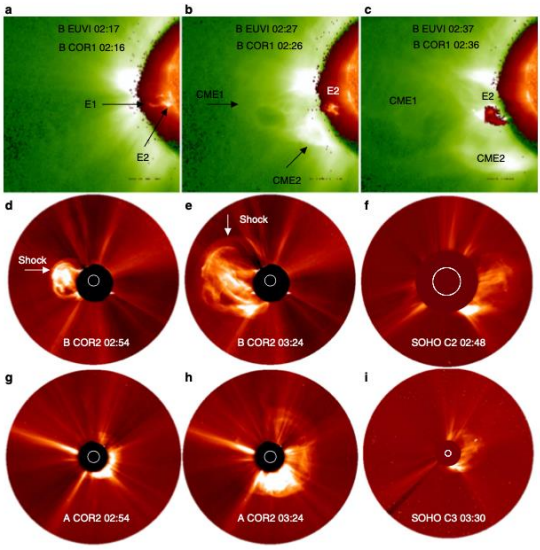
2 Opazovanja

Nov vpogled kako okoliščine v medplanetarnem prostoru privedejo do ekstremnih pojavov nam je podal dogodek (Liu, Kajdič in drugi, 2014a; Liu in drugi, 2014b, Hess in Zhang, 2014), ki ga je 23. julija 2012 zabeležila sonda STEREO A (Kaiser in drugi, 2008). Na sliki 1 lahko vidimo lokacije sond STEREO A in B ter Zemlje. MIKS je potoval v smeri proti sondi STEREO A. Za sondi STEREO B in SOHO (ki se nahaja v orbiti okoli Zemlje, glej Domingo in drugi, 1995) je IKS potoval v ravnini neba v smereh levo (STEREO B) in desno (SOHO) stran od Sonca.



Slika 1: Prikazane so lokacije sond STEREO A in B, Zemlje ter drugih planetov.
Vir: Liu, Kajdič in drugi, 2014a

Na sliki 2a)-c) lahko vidimo posnetke koronografa COR1 sonde STEREO B, ki so bili narejeni v ekstremno ultravioličnem (EUV) delu spektra z valovno dolžino 30.4 nm. Na posnetkih sta vidna 2 eksplozivna filamenta E1 in E2, ki sta eksplodirala v razponu 10-15 minut in sta potovala v približno isti smeri. E2 je bil hitrejši in bolj svetel od E1. Na posnetkih koronografa COR2 na slikah 2d) in e) je razvidno, da je E2 dosegel E1 in da sta se nato obe strukturi zlili v eno samo. Na posnetkih sonde SOHO (2f in i) to zlitje sicer ni zlahka razvidno. Sonda STEREO A (2g, h) je zaznala IKS tipa halo.

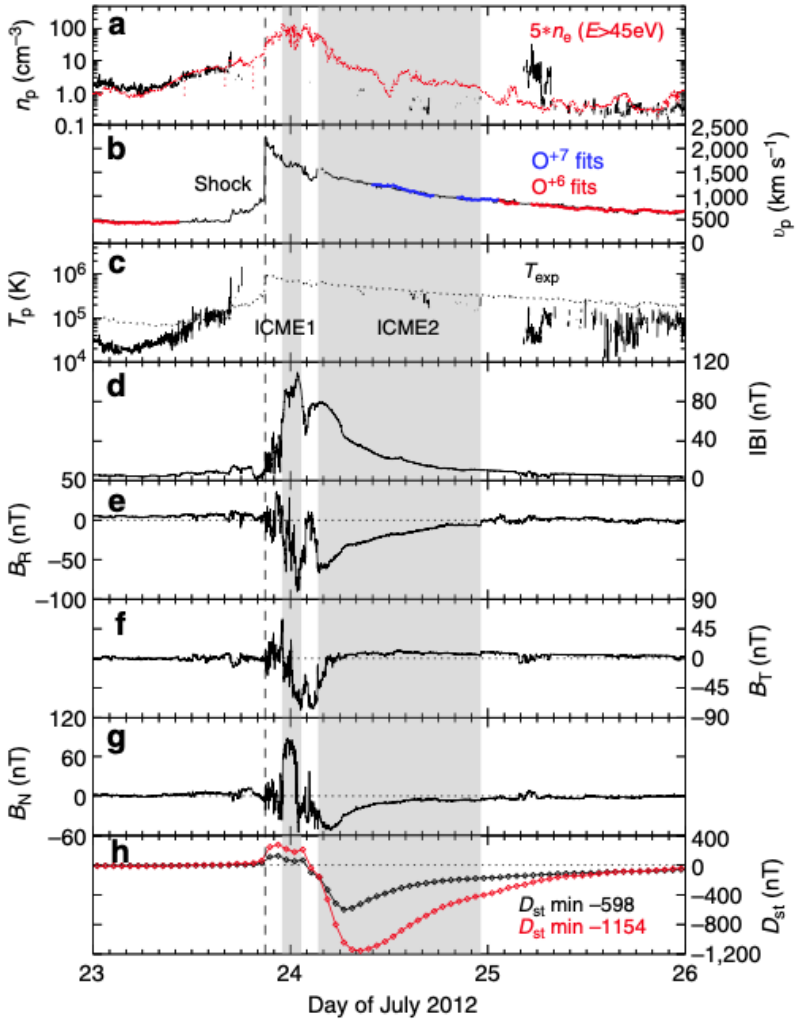


Slika 2: a)-c) Posnetki koronografa COR 1 sonde STEREO B. d), e) Posnetki koronografa COR 2 sonde STEREO B. f), i) Posnetki koronografa C2 sonde SOHO ter g), h) posnetki koronografa COR 2 sonde STEREO A.

Vir: Liu, Kajdič in drugi, 2014a

Slika 3 prikazuje in-situ meritve sonde STEREO A. Navpična črtkana črta označuje prihod udarnega vala, osenčeni intervali pa MIKS. Vidimo lahko, da je tekom MIKSa delčna gostota (panel a) dosegla približno 100 delcev na cm^3, hitrost (b) ~2300 km/s in gostota magnetnega polja ~109 nT. Na panelu g) je razvidno, da je komponenta magnetnega polja B_N (v smeri sever-jug glede na ravnino Zemljinega ekvatorja) imela negativne vrednosti (smer jug) tekom časovnega intervala z dolžino ~22 ur. Velika hitrost ter negativne vrednosti B_N bi na Zemlji povzročile močno geomagnetno nevihto. Vrednosti izračunanega indeksa Dst so pridobljene z modelom Burton in

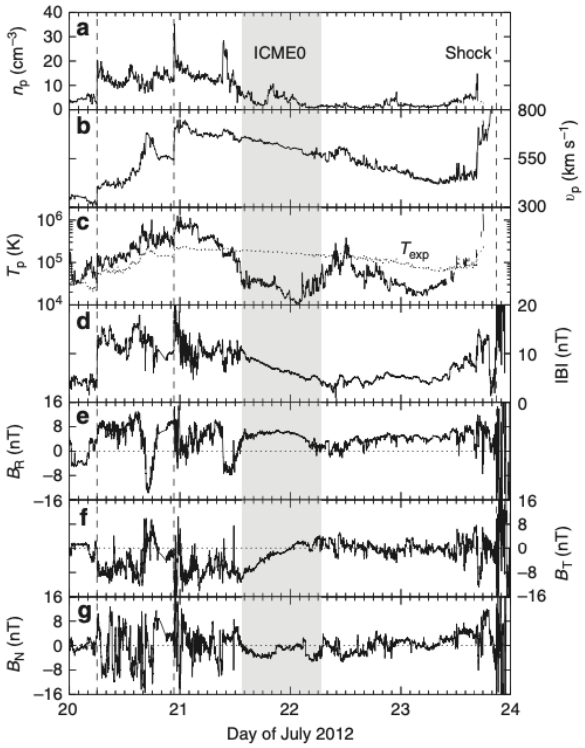
drugi (1975) (rdeča krivulja) in O'Brian in McPherron (2000). Vidimo lahko, da se najbolj ekstremne vrednosti indeksa Dst gibljejo med -598 nT in -1154 nT. Slednja vrednost je dosti bolj negativna kot je ocena za Carringtonov dogodek.



Slika 3: Meritve sonde STEREO A: a) delčna gostota, b) hitrost, c) temperatura, d) magnituda magnetnega polja, e)-f) komponente magnetnega polja v koordinatah RTN ter g) indeks Dst izračunan z modeli.

Vir: Liu, Kajdič in drugi, 2014a

Glede na to, da je MIKS imel rekordno hitrost pri lokaciji sonde STEREO A, medtem ko pa njegova hitrost pri Soncu ni bila rekordna, si je vredno pogledati dogajanje v medplanetarnem prostoru v dneh preden se je dogodek zgodil. Slika 4 prikazuje meritve sonde STEREO A med 21. 6. - 24. 6. 2012. Format slike je enak Sliki 3, z izjemo panela, ki na sliki 3 prikazuje izračunan Dst. Navpične črtkane črte označujejo prihode treh udarnih valov. Osenčen interval, ki je označen tudi z ICME0 označuje obdobje, ko je STEREO A prešel MIKS. V obdobju po ICME0 lahko opazimo dve dejstvi: i) ICME0 je za sabo pustil sončev veter z izjemno nizko gostoto (okrog 1 delec/cm^3) ter zelo radialno poravnano magnetno polje (vrednosti B_T in B_N so približno 0 nT, medtem ko se vrednosti radialne komponente B_R gibljejo okoli 7 nT).



Slika 4: Podatki sonde STEREO A v obdobju med 21. 7. - 24. 7. 2012. Od zgoraj dol: a) delčna gostota, b) hitrost protonov, c) temperatura protonov, d) gostota magnetnega polja, e)-f) komponente magnetnega polja v koordinatah RTN.

Vir: Liu in drugi, 2014a

3 Razprava

V prejšnji sekciji sem pokazal, da je dotični MIKS bil posledica zlitja dveh IKSov kmalu po njunem izbruhu. Zlitje hitrejšega IKSa s počasnejšim je moralo imeti kot posledico močno kompresijo obseh IKSov, s čimer lahko razložimo visoke vredosti delčne gostote ter gostote magnetnega polja, ki ju je izmerila sonda STEREO A. Profil gostote magnetnega polja na sliki 3d) prav tako nakazuje da sta bili v MIKSu prisotni dve strukturi. Zelo visoko hitrost MIKSa lahko pojasnimo s podatki STEREO A predstavljenimi na sliki 4: predhodni MIKS, imenovan ICME0, je za sabo pustil sončev veter z zelo nizko gostoto, ter radialno magnetno polje. Oba faktorja sta prispevala k temu, da je dotični MIKS lahko potoval po medplanetarnem prostoru ne da bi občutil večji upor, kar pomeni, da je svojo začetno hitrost skoraj v celosti ohranil. Ekstremni dogodek na razdalji 1 a.e. od Sonca torej ni bil ekstremni dogodek na Soncu. K temu je prispeval splet okoliščin, predvsem MIKS, ki ga je sonda STERO A zaznala v dneh od 21. 6. - 22.6. 2012.

4 Zaključek

Za pojav ekstremnih MIKSov ni potreben ekstremen IKS. Splet okoliščin, kot je predhodni MIKS, ki je za sabo pustil sončev veter z nizko gostoto ter radialno poravnano magnetno polje, je bil ključen za to, da je dotični MIKS ohranil večino svoje hitrosti na razdalji 1 a.e. od Sonca. Trk ter zlitje dveh IKSov na Soncu pa je prispeval k ekstremnim vrednostim gostote delcev ter magnetnega polja.

Literatura

Burlaga, L., Sittler, E., Mariani, F. in Schwenn, R. (1981). Magnetic loopbehind an interplanetary shock: Voyager, Helios and IMP 8 ob-servations, J. Geophys. Res., 86, 6673–6684.

Burton, R. K., McPherron, R. L. in Russell, C. T. (1975). An empirical relationship between interplanetary conditions and Dst. J. Geophys. Res. 80, 4204–4214.

Carrington, R. C. (1859). Description of a singular appearance seen in the Sun on September 1, 1859. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 20, 13–15.

Cid C, Palacios J, Saiz E, Guerrero A in Cerrato Y. (2014). *On extreme geomagnetic storms.* J. Space Weather Space Clim, A28.

Cliver, E. W. in Svalgaard, L. (2004). The 1859 solar-terrestrial disturbance and the current limits of extreme space weather activity. Solar Phys. 224, 407–422.

Domingo, V., Fleck, B. in Poland, A. I. (1995). The SOHO mission: An overview. Solar Phys. 162, 1–37.

Gopalswamy, N. in drugi. (2005). Coronal mass ejections and other extreme characteristics of the 2003 October-November solar eruptions. J. Geophys. Res. 110, A09S15.

Gosling, J. T., Pizzo, V. in Bame, S. J. (1973). Anomalously low proton temperatures in the solar wind following interplanetary shock waves—evidence for magnetic bottles?, *J. Geophys. Res.*, 78(13), 2001– 2009. Pridobljeno s https://10.1029/JA078i013p02001.

Gosling, J.T. (1990). Coronal Mass Ejections and Magnetic Flux Ropes in Interplanetary Space. In Physics of Magnetic Flux Ropes (eds C.T. Russell, E.R. Priest and L.C. Lee). Pridobljeno s https://doi.org/10.1029/GM058p0343

Hess in Zhang (2014). Stereoscopic Study of the Kinematic Evolution of a Coronal Mass Ejection and Its Driven Shock from the Sun to the Earth and the Prediction of Their Arrival Times, *ApJ,* 792, 49.

Hundhausen, A.J. (1988) v V.J. Pizzo, T.E. Holzer, and D.G. Sime (eds.), *Proceedings of the Sixth International Solar Wind Conference*, *Tech. Note NCAR/TN-306+Proc*, 181, Natl. Cent. Atmos. Res., Boulder, CO.

Huttunen, K. E. J., Schwenn, R., Bothmer, V. in Koskinen, H.E. J. (2005). Properties and geoeffectiveness of magnetic clouds in therising, maximum and early declining phases of solar cycle 23,Ann. Geophys., 23, 625–641. Pridobljeno s https://doi:10.5194/angeo-23-625-2005

Kahler, S. (1988) v V.J. Pizzo, T.E. Holzer, and D.G. Sime (eds.), *Proceedings of the Sixth International Solar Wind Conference*, *Tech. Note NCAR/TN-306+Proc*, 181, Natl. Cent. Atmos. Res., Boulder, CO, p. 215.

Kaiser, M. L. in drugi (2008). The STEREO mission: an introduction. Space Sci. Rev. 136, 5–16.

Liu, Y. in drugi (2014b). *Sun-to-Earth Characteristics of Two Coronal Mass Ejections Interacting Near 1 AU: Formation of a Complex Ejecta and Generation of a Two-step Geomagnetic Storm, ApJL* 793 L41.

Liu, Y., Kajdič, P., Luhmann, J. in drugi. (2014a). Observations of an extreme storm in interplanetary space caused by successive coronal mass ejections. *Nat Commun* 5, 3481. Pridobljeno s https://doi.org/10.1038/ncomms4481

Liu, Y., Richardson, J. D. in Belcher, J. W. (2005). A statistical study of the properties of interplanetary coronal mass ejections from 0.3 to 5.4AU. Plan. Space Sci. 53, 3–17.

Neugebauer, M. in Goldstein, R. (1997) v N. Crooker, J.A. Joselyn, and J. Feynman (eds.), *Coronal Mass Ejections*, *Geophys. Monogr. Ser.*, AGU, Washington, DC, 99, p. 245.

NOAA Space Weather. (2022). Pridobljeno s https://www.ngdc.noaa.gov/stp/geomag/dst.html

O'Brien, T. P. in McPherron, R. L. (2000). An empirical phase space analysis of ring current dynamics: solar wind control of injection and decay. J. Geophys. Res. 105, 7707–7720.

Richardson, I. G. in Cane, H. V. (2010). Near-Earth interplanetary coronal mass ejections during solar cycle 23 (1996–2009): Catalog and summary of properties. Solar Phys. 264, 189–237.

Rust, D.M. (1999) *Geophys. Monogr.* 109, 213.

Sheeley Jr., N. R., Howard, R. A., Koomen, M. J., Michels, D. J.,Schween, R., Muhlauser, K. H. in Rosenbauer, H. (1983). Coronalmass ejections and interplanetary disturbances, B. Am. Astron.Soc., 15, 699.

Siscoe, G., Crooker, N. U. in Clauer, C. R. (2006). Dst of the Carrington storm of 1859. Adv. Space Res. 38, 173–179.

Stereo Science Center. (2022). Pridobljeno s https://stereo-ssc.nascom.nasa.gov/cgi-bin/make_where_gif

Tousey, R. (1972). The solar corona, in: Space Research XIII, Proceed-ings of open meetings of working groups on physical sciencesof the 15th plenary meeting of COSPAR, Madrid, Spain, 10–24 May, edited by: Rycroft, M. J. and Runcorn, S. K., 713–730,Akademie-Verlag, Berlin.

Webb, D. F., Cliver, E. W., Crooker, N. U., St. Cry, O. C. in Thom-son, B. J. (2000). Relationship of halo coronal mass ejections, magneticclouds, and magnetic storms, J. Geophys. Res., 105, 7491–7508.

Yashiro, S. in drugi. (2004). A catalog of white light coronal mass ejections observed by the SOHO spacecraft. J. Geophys. Res. 109, A07105.

POMURSKA OBZORJA
Vol. 16, No. 1, pp. 67–74, marec 2022

Pomurska Obzorja

VLOGA VEČPARAMETRIČNE MAGNETNORESONANČNE TOMOGRAFIJE PRI RAKU PROSTATE

MARIJA ŠANTL LETONJA
Splošna bolnišnica Murska Sobota, Murska Sobota, Slovenija.
E-pošta: marija.santl@gmail.com

DOPISNA AVTORICA
marija.santl@gmail.com

Sprejeto
12. 07. 2021

Izdano
31. 3. 2022

Povzetek Rak prostate je najpogostejši moški rak. Slikovna preiskava z magnetnoresonančnim tomografom (mpMRI) je metoda s katero diagnosticiramo in karakteriziramo rak prostate. Z večparametrično magnetnoresonančno tomografijo (mpMRI) prikažemo raka, njegovo agresivnost in zamejimo bolezen. S pravilno oceno razširjenosti bolezni se izognemo nepotrebnim stranskim učinkom. Spremembe v prostati umestimo v PI-RADS klasifikacijo. V primeru kliničnega suma raka in negativno biopsijo, s pomočjo analize mpMRI lahko ciljano odvzamemo sumljivo tkivo. Z mpMRI sledimo bolnike z znanim rakom in ugotavljamo učinke zdravljenja. MpMRI dobiva pomembno vlogo v smernicah za zdravljenje raka prostate. Preiskave ne moremo izvesti pri nemirnih in klavstrofobičnih bolnikih, pri bolnikih z alergijo na gadolinijevo kontrastno sredstvo ter pri bolnikih z vstavljenimi kovinskimi materiali za katere ni certifikata, da so kompatibilni z magnetnim poljem.

Ključne besede:
rak prostate,
večparametrična magnetnoresonančna tomografija,
PI-RADS,
diagnoza,
slikanje

https://doi.org/10.18690/po.16.1.67-74.2022
Besedilo © Šantl Letonja, 2022

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

1 Uvod

Rak prostate (CaP) je eden izmed najpogostejših rakov moških (Miyahira, Sharp, Ellis in drugi, 2020). V publikacijah Registra raka Republike Slovenije poročajo, da je v obdobju 2013-2017 v Sloveniji povprečno zbolelo za rakom prostate 1.613 moških, umrlo pa 403 moških (Zadnik, Primic Zakelj, Lokar in drugi, 2017; Zadnik, Žagar, Lokar in drugi, 2020). V zadnjih letih je opazen porast pojavnosti raka prostate, kar je posledica oportunističnega presejanja s testom za prostato specifičnega antigena (PSA) pri zdravih moških. Poročajo, da je pomembna zgodnja diagnoza in pravilna izbira zdravljenja, kar vpliva na stopnjo preživetja in kakovost življenja moških z rakom prostate (Humphrey, 2004 in Schymura, Sun and Percy-Laurry, 2014).

Večparametrična magnetnoresonančna tomografija (mpMR) je nadgradnja tradicionalnega prikaza prostate in struktur male medenice s T1 in T2 obteženimi slikami (Barentsz, Richenberg, Clements in drugi, 2012). S T1 in T2 obteženimi slikami ocenjujemo morfološke značilnosti prostate in lokoregionalno razširjenost bolezni pri bolnikih z biopsijo dokazanim rakom. Razvoj tehnologije je omogočil nadgradnjo morfoloških sekvenc s fiziološkimi in funkcionalnimi sekvencami. Večparametrični pristop z vključitvijo fizioloških in funkcionalnih sekvenc detektira, lokalizira in karakterizira raka prostate.

Rak prostate je biološko heterogen, nekateri so agresivni z visoko stopnjo morbiditete in mortalitete, kar zahteva zdravljenje, pri neagresivnih oblikah zadostuje aktivno spremljanje. MpMRI pomaga pri odločitvi o načinu zdravljenja ali aktivnem spremljanju bolezni (Epsstein, Feng, Trock in drugi, 2012).

2 Večparametrično magnetnoresonančno slikanje prostate in male medenice

Večparametrično slikanje prostate z magnetnoresonančnim tomografom (mpMRI) združuje anatomske informacije T1 in T2 poudarjene slike s funkcionalnimi informacijami difuzijskega slikanja in dinamičnim izločanjem gadolinijevega kontrastnega sredstva.

MpMRI je pomembno diagnostično orodje v zgodnji diagnostiki CaP, s katerim prikažemo bolezenske spremembe, določimo razširjenost bolezni in sklepamo o agresivnosti bolezenske spremembe (Mottet, Bellmunt, Bolla in drugi, 2017).

Preiskava mora biti opravljena na magnetnoresonančem tomografu z močjo najmanj 1,5 T. V klinično prakso prihaja slikanje na aparaturah z močjo 3 T, ki omogočajo boljšo časovno in prostorsko ločljivost. Karakteriziramo lahko manjše lezije, kot na aparaturah z močjo 1,5 T (Scialpi, Martorana, Aisa, in drugi, 2017).
Najbolje je, da opravimo mpMRI pred biopsijo prostate, če pa je biopsija opravljena, je smiselno, da mpMRI opravimo najmanj 6 tednov po biopsiji. Po biopsiji prostate je lahko v žlezi krvavitev, ki se na T1 obteženi sliki kaže kot hiperintenziven signal. Medenico prikažemo do razcepišča aorte. Analiziramo morebitne patološko povečane bezgavke, ocenimo njihovo število in velikost.

S T1 poudarjeno sliko definiramo lokalno povečane bezgavke in morebitne postbiopsijske krvavitve. T2 obtežena slika je osnovni slikovni prikaz prostate, s katerim analiziramo anatomske podrobnosti. Uporabimo jo v treh ravninah z visoko ločljivostjo.

Ocenimo prehodno cono, ki je v večini primerov pri starejših moških adenomatozno spremenjena. Analiziramo noduse, njihovo morfologijo in omejenost.

Velik delež CaP vznikne v periferni coni. Periferna cona je lahko fibrotično spremenjena po vnetju. Nemalokrat je periferna cona komprimirana zaradi benigne hiperplazije prehodne cone. Pregledamo fibromuskularno kapsulo in njene konture. Ocena nevrovaskularnih snopov in rektoprostatičnega kota je ključna za načrtovanje zdravljenja.

Na kvalitetnih T2 obteženih slikah so seminalne vezikule lepo prikazane. Z veliko zanesljivostjo lahko izključimo preraščanje karcinoma v seminalne vezikule.

Pri funkcionalnih pulznih zaporedjih je osnova za prikaz bolezenskih sprememb difuzija vodnih atomov in naključno gibanje molekul vode. Na ADC mapi prikažemo koeficient difuzije. CaP je temnejši in omejen od zdravega tkiva. Rak prostate je na ADC mapi hipontenziven (temen) zaradi ovirane difuzije. Karcinomsko tkivo ima restrikcijo difuzije (Slika 1).

Slika 1: ADC mapa-koeficient difuzije
Vir: lastni

Na slikah z visoko b vrednostjo je rakavo tkivo vidno kot visoka intenziteta signala. Na teh slikah je ločljivost slaba. Z novimi tehnologijami izračunamo visoke b vrednosti iz vsaj dveh nizkih b-vrednosti (Hassanzadeh, Glazer, Dunne in drugi, 2017).

Pod okriljem Evropskega združenja za urogenitalno radiologijo (ESUR) so definirane smernice za mpMR prostate: Prostate imaging-Reporting and Data System različica 1 (PI-RADS 1) (Hamoen, de Rooji, Witjes in drugi, 2015). Od leta 2019 uporabljamo posodobljeno različico PI-RADS v 2.1. S PI-RADS klasifikacijo označimo lezijo, jo lokaliziramo, izmerimo in karakteriziramo. Uporabljamo lestvico od 1 do 5.

V PI-RADS klasifikaciji bolezenskih sprememb v prostati analiziramo T2 obtežene slike, difuzijske sekvence in pokontrastne T2 obtežene slike (Scalpi, Rondoni, Aisa in drugi, 2017). Analiziramo vsako sekvenco posebej in nato umestimo lezijo v kategorijo od 1-5 po PI-RADS skali (Tabela 1).

Tabela 1: PI-RADS stadiji

PI-RADS stadij	1	2	3	4	5
Benigno	100%	100%	50%	0%	0%
Maligno	0%	0%	50%	100%	100%

T2 obtežene slike in difuzijske slike so osnova za oceno lezij v prehodni in v periferni coni. Lezije, ki imajo slikovne značilnosti nerakavih sprememb, označimo kot PI-RADS 1 in PI-RADS 2. Pri lezijah, ki jih definiramo kot PI-RADS 3, PI-RADS 4 in PI-RADS 5 je verjetnost CaP velika. Končno diagnozo CaP postavimo z biopsijo prostate. Lezije PI-RADS 3, predstavljajo manj zanesljivo območje v oceni, o nadaljnjih diagnostičnih postopkih se odločamo, ko ocenimo slikovne, klinične ter laboratorijske parametre (Scalpi, Rondoni, Aisa in drugi, 2017). Lezije periferne cone, ki jih predkontrastno ocenimo kot PI-RADS 3, v primeru zgodnjega fokalnega pokontrastnega obarvanja definiramo kot PI-RADS 4 lezije. Taghipour s sodelavci so v študiji potrdili, da imajo lezije periferne cone, ki se pokontrastno obarvajo, višjo stopnjo malignosti v primerjavi z lezijami, ki se ne obarvajo (Taghipour, Ziaei, Alessandrino in drugi, 2019; Zeng, Cheng, Zhang in drugi, 2021). Pokontrastno obarvana prostata je prikazana na Sliki 2.

Slika 2: T2 obtežena slika s pokontrastnim obarvanjem
Vir: lastni

Patološke spremembe, ki jih definiramo na mpMRI označimo na 39-sektorski mapi. Sektorska mapa je shema, ki je uniformna in jo uporabljajo specialisti, ki se ukvarjajo z bolezenskimi spremembami prostate. Radiolog označi patološko spremembo na sektorski mapi, kar omogoči lažje ciljano biopsijo lezijo, v pomoč je tudi pri biopsiji lezij pod MR kontrolo.

Pri CaP z zelo nizko stopnjo malignosti je možna izbira aktivnega spremljanja. Bolniku kontrolirajo raven za prostato specifičnega antigena (PSA) in primerjajo spremembe na kontrolnih mpMRI.

Pri visoko malignih CaP na mpMRI ocenjujejo širitev tumorja preko kapsule, vraščanje v nevrovaskularni snop ali rektum ter infiltracijo bezgavk male medenice in prikazanih kostnih struktur.

MpMRI je slikovna metoda, ki jo izberemo za bolnike, ki so zdravljeni za CaP, ocenjujemo lokalno ponovitev bolezni.

3 Priprava bolnika za mpMRI

Splošno sprejetih smernic za pripravo bolnika za mpMRI strokovna združenja še niso sprejela. Absolutne kontaindikacije za mpMRI so tujki v telesu preiskovanca, ki niso kompatibilni z magnetnim poljem. Med relativne kontraindikacije spada strah preiskovanca pred zaprtim prostorom. Pred aplikacijo gadolinijevega kontrastnega sredstva preverimo funkcijo ledvic. Z aplikacijo spazmolitičnih sredstev zmanjšamo artefakte zaradi gibanja črevesja. Ampula rektuma, ki je izpolnjena z blatom lahko predstavlja vzrok za manjšo ločljivost in posledično slabšo kvaliteto slike. Po nekaterih priporočilih naj bi se moški tri dni pred preiskavo vzdržal ejakulacije, da so seminalne vezikule razpete.

4 Zaključek

MpMRI je standardna slikovna metoda s katero prikažemo prostato in bolezenske spremembe v njej ter ima pomembno vlogo pri zaznavanju CaP, ciljani biopsiji, lokalni zamejitvi in oceni agresivnosti bolezni.

PI-RADS v2 je osnova za klasifikacijo bolezenskih sprememb v prostati, ki jih prikažemo z mpMRI.

Literatura

American College of Radiology. (2021). MR Prostate Imaging Reporting and Data System version 2.1. Pridobljeno s https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/Pi-RADS/PIRADS-V2-1.pdf

Barentsz, J.O., Richenberg, J., Clements, R. in drugi. (2012). ESUR prostate MR guidelines 2012. Eur Radiol.2012; 22(4): 746-757.

Epsstein, J.I., Feng, Z., Trock, B.J. in drugi. (2012). Upgrading and downgrading of prostate cancer from biopsy to radical prostatektomy: incidence and predictive factors using the modified Gleason grading system and factoring in tertiary grades. Eur Urol. 2012; 61 (5):1019-1024.

Hamoen, E.H., de Rooji, M., Witjes, J.A. in drugi. (2015). Use of the Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) for Prostate Detection with Multiparametric Magnetic Resonance Imaging: A Diagnostic Meta-analysis. Eur Urol. 2015; 67(6):1112-1121.

Hassanzadeh, E., Glazer, D., Dunne, R. in drugi. (2017). Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2(PI-RADS v2): A pictoral review. Abdom Radiol 2017; 42(1): 278-289.

Humphrey, P.A. (2004). Gleason grading and prognostic factors in carcnoma of prostae. Mod Pathol 2004; 17: 292-306.

Miyahira, A.K., Sharp, A., Ellis, L. in drugi. (2020). Prostate cancer research: the next generation; report from the 2019 coffey-holden prostate cancer academy meeting. Prostate 2020; 80: 113-132.

Mottet, N., Bellmunt, J., Bolla, M. in drugi. (2017). EAU-EANM-SIOG guidelines on prostate cancer. Part 1: screening, diagnosis, and local treatment with curative intent. Eur Urol. 2017; 71(4):618-29.

Scalpi, M., Rondoni, V., Aisa, M.C. in drugi. (2017). Is contrast enhancement needed for diagnostic prostate MRI?Transl Androl Urol 2017;6(3):499-509.

Schymura MJ, Sun, L. and Percy-Laurry, A. (2014). Prostate cancer collaborative stage data items-their definitions, quality, usage, and clinical implications; a review of SEER datafor 2004-2010. Cancer 2014; 120 Suppl 23: 3758-3770.

Scialpi, M., Martorana, E., Aisa, M.C. in drugi. (2017). Score 3 prostate lesion: a gray zone for PI-RADS v2. Turk J Urol 2017; 43: 237-40.

Taghipour, M., Ziaei, A., Alessandrino, F. in drugi. (2019). Investigating the role of DCE-MRI, over T2 and DWI, in accurate PI-RADS v2 assessment of clinically significant peripheral zone prostate lesions as defined at radical prostatecctomy. Abdom Radiol (NY). 2019 April; 44(4):1520-1527.

Zadnik, V., Primic Zakelj, M,. Lokar, K. in drugi. (2017). Cancer burden in Slovenia with the time trends analysis. Radiol Oncol. 2017; 51: 47–55.

Zadnik, V., Žagar, T., Lokar, K. in drugi. (2020). Preživetje bolnikov z rakom, zbolelih v letih 1997–2016 v Sloveniji. Ljubljana: Register raka.

Zeng, J., Cheng, Q., Zhang, D. in drugi. (2021). Diagnostic ability of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging for prostate cancer and clinically significant prostate cancer in equivocal lesions: A systematic review and meta-analysis. Front Oncol. 11: 620628. Pridobljeno s doi: 10.3389/fonc.2021.620628.

POMURSKA OBZORJA
Vol. 16, No. 1, pp. 75–82, marec 2022

Pomurska Obzorja

ALI LAHKO PREPREČIMO MOŽGANSKO KAP?

DRAŽEN POPOVIĆ
Splošna bolnišnica Murska Sobota, Murska Sobota, Slovenija.
E-pošta: drazen.popovic@guest.arnes.si

DOPISNI AVTOR
drazen.popovic@guest.arnes.si

Sprejeto
14. 07. 2021

Izdano
31. 3. 2022

Povzetek Možganska kap je nenadni dogodek pri katerem pride do odmrtja možganskega tkiva zaradi nezadostne preskrbe možganovine s kisikom in z glukozo. Možganska kap je zelo pogosto obolenje, je tretji najbolj pogosti vzrok smrti v Evropi, takoj za srčno-žilnimi obolenji in malignimi obolenji. Možganska kap je najbolj pogosti vzrok za telesno invalidnost pri odraslih ljudi. Pogostnost možganske kapi je 200- 400 na 100 000 prebivalcev. V naši regiji imamo približno 300 možganskih kapi letno. Boljše prepoznavanje dejavnikov tveganja za možgansko kap in učinkovito zdravljenje omogočajo, da se pojavnost in smrtnost zadnjih letih nekoliko zmanjšala, a je le ta še vedno visoka. Društvo za preprečevanje možganskih in žilnih bolezni je izdalo preprosti test na podlagi katerega lahko pomislimo, da je posameznika prizadela možganska kap. V kolikor so prisotni znaki za GROM, kar pomeni: G- prizadet govor; R- prizadeta roka; O- spremembe na obrazu, povešeni ustni kot; M- mudi se, nujno pokliči 112. Prisotna je zelo slaba obveščenost prebivalstva o možganski kapi in zmotno prepričanje, da se možganske kapi ne da preprečiti ali zdraviti. Pomemba je edukacija prebivalstva o simptomih bolezni, načinih zdravljenja in preprečevanja možganske kapi s katerimi bi se dodatno zmanjšalo število možganskih kapi.

Ključne besede:
možganska kap, simptomi možganske kapi, prevencija, obolenja, poškodbe možganov

https://doi.org/10.18690/po.16.1.75-82.2022
Besedilo © Popović, 2022

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

1 Uvod

Možganska kap je opredeljena kot skupek znakov in simptomov, ki so posledica žariščne poškodbe možganov, ki jo povzroči zapora prekrvavitve določenega dela možganov ali znotraj možganska krvavitev (Sacco in drugi, 2013). Zapora ali krvavitev zelo hitro povzročita poškodbo možganov, obstaja pa okolni del možganov (penumbra), ki se lahko s pravočasnim zdravljenjem popravi oziroma se zmanjša velikost poškodovanih možganov. Zaradi tega se pri obravnavi bolnikov z možgansko kapjo uveljavil izraz »čas so možgani« (Saver, 2006). Tako da je v primeru zapore možganskih arterij , v kolikor obstajajo določeni kriteriji, zelo koristno odstraniti strdek in omogočiti čimprejšnjo ponovno prekrvavitev možganov, v primerih krvavitve, ustaviti krvavitev in odstraniti strdek.

Zaradi slabe informiranosti o možnosti zdravljenja bolniki se pogosto ne odločajo za takojšnji obisk zdravniku, kar vodi v težje posledice in večjo invalidnost po preboleli možganski kapi.

2 Epidemiologija možganske kapi

Letno v svetu z možgansko kapjo zboli 17 milijonov ljudi, od tega ena tretjina umre, ena tretjina ostanejo invalidi in ena tretjina se rehabilitira brez večjih posledic (Mikulik in Wahlgren, 2015). Možganska kap je vodeči vzrok telesne invalidnosti in drugi vzrok za smrtnost pri odrasli populaciji. V zahodnih državah se je v zadnjih dvajsetih letih smrtnost in invalidnost zaradi možganske kapi zmanjšala za približno 30% zaradi uspešnega delovanja na dejavnike tveganja za srčno žilne bolezni, učinkovitega zdravljenja in rehabilitacije po možganski kapi (Feigin in drugi, 2014).

V Sloveniji, po podatkih NIJZ se je v letu 2018 zdravilo v bolnišnicah zaradi možgansko žilnih bolezni 470 pacientov na 100 000 prebivalcev (NIJZ, 2018). V Splošni bolnišnici Murska Sobota se je v letu 2018 zdravilo 328 pacientov in v letu 2019 pa 350 pacientov z možgansko žilno boleznijo. Po številu pacientov s prebolelo možgansko kapjo je Pomurska regija v Sloveniji v samem vrhu .

3 Vrste možganske kapi

Možganska kap lahko nastane kot posledica zapore ene od možganskih arterij, tovrstno kap imenujemo ishemična možganska kap. Predstavlja približno 85% možganskih kapi. Nastane kot posledica potovanja strdka iz vratnih arterij, srca, manjših znotrajlobanjskih arterij, redkeje kot posledica disekcije vratnih arterij, vaskulitisa ali hiperkoagulabilnosti krvi. Pri približno eni četrtini primerov vzrok za možgansko kap ostane nepojasnjen. Med spremenljivimi dejavniki tveganja za ishemično možgansko kap, na katere lahko vplivamo, so zvišani krvni pritisk, sladkorna bolezen, zvišane vrednosti krvnih maščob, kajenje in motnje srčnega ritma (Allen in Bayraktutan, 2008).

Znotraj možganska krvavitev nastane kot posledica razpoke malih ali srednje velikih penetrirajočih arterij. Pogosto se ugotovi arteriovenska malformacija, kavernom, duralna arteriovenska fistula ali arterijska anevrizma. S povečanjem uporabe zdravil proti strjevanju krvi narašča število znotraj možganskih krvavitev. Subarahnoidalna krvavitev pa je povezana v 85% s krvavitvijo iz anevrizme arterij Willisovega kroga. Te anevrizme so najpogosteje pridobljene, a rizični faktorji so zvišani krvni pritisk, kajenje in prekomerno pitje alkohola (van Gijn, Kerr in Rinkel, 2007).

4 COVID 19 in možganska kap

Pri obolelih s COVID 19 se možganska kap pojavi sedemkrat pogosteje v primerjavi z obolelimi s sezonsko gripo. Pojavlja se pri 1% do 3% obolelih s COVID 19, ki so hospitalizirani in pri 6% kritično bolnih zaradi COVID 19 (Merkler, Parikh, Mir in drugi, 2020). Razen pri starejših bolnikih obolelih s COVID 19 možganska kap je opažena tudi pri mlajših bolnikih brez rizičnih faktorjev za možgansko kap (Oxley in drugi, 2020). Opažena je tudi bolj pogosta znotraj možganska krvavitev pri umrlih povezanih s COVID 19, ugotovljena je bila pri 10% umrlih pri katerih je bila narejena MR preiskava možganov (Coolen in drugi, 2020).

Mehanizem povečane nagnjenosti k strjevanju krvi ni povsem razjasnjen. Povezuje se s sistemskim vnetnim odgovorom, neposrednim delovanjem virusa na endotel žile in stazi ob akutnem obolenju (Tang, Li, Wang in Sun, 2020).

5 Simptomi možganske kapi

Simptomi možganske kapi se pri večini bolnikov razvijejo zelo hitro, v nekaj sekundah ali minuti. Kateri simptomi se razvijejo, oziroma kako se možganska kap kaže, je odvisno kateri del možganov je prizadet.
V primeru prizadetosti desne možganske hemisfere je lahko prisotna ohromelost leve strani telesa. Prizadete so analitične funkcije kot so določanje razdalje, hitrosti, velikosti ali položaja telesa. Lahko so prisotne vedenjske spremembe kot so motnje impulzivnosti, ne zavedajo se svojih slabosti, ali motnje kratkotrajnega spomina.

V primeru prizadetosti leve hemisfere je lahko ohromela desna stran telesa, prisotna je afazija (nezmožnost govora), nezmožnost pisanja, branja ali razumevanja govora, lahko so prisotne težave s spominom in učenje novih snovi.

V primeru prizadetosti malih možganov so lahko prisotne motnje ravnotežja in koordinacije gibov, prav tako je lahko prisotna slabost in bruhanje.

V kolikor je prizadeto možgansko deblo gre za najhujše kapi, s pogostim smrtnim izidom. Prizadete so osnovne življenjske funkcije kot so dihanje, srčni utrip in krvni pritisk.

Od zgoraj omenjenih najbolj pogosti znaki so:

- nezmožnost premikanja ali ohromelost ene strani telesa,
- nerazločen govor ali nezmožnost govora in razumevanja govora,
- enostranske motnje vida ali dvojni vid,
- motnje ravnotežja,
- vrtoglavica s slabostjo in bruhanjem,
- izguba zavesti (težje oblike).

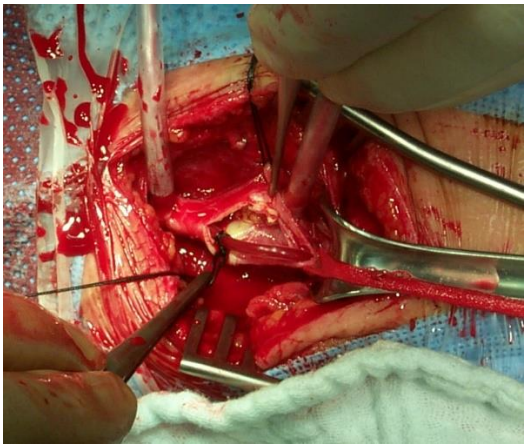
6 Preprečevanje možganske kapi

Preprečevanje možganske kapi lahko razdelimo na delovanje na dejavnike tveganja za možgansko kap, ki jih lahko izvaja vsak posameznik in postopki, ki jih izvaja medicinsko osebje.

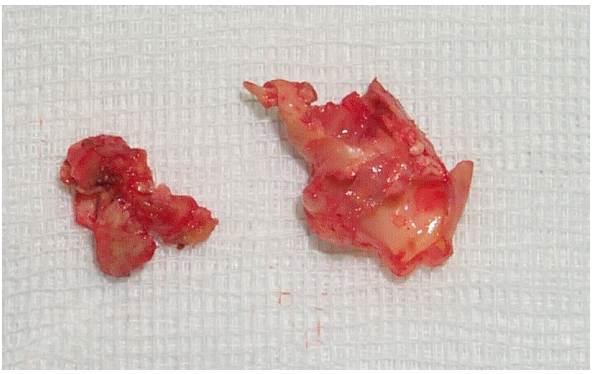
Dejavniki tveganja za možgansko kap na katere lahko vpliva vsak posameznik, so enaki kot za vsa srčno žilna obolenja. Tako se priporoča telesna aktivnost vsaj trikrat tedensko po eno uro, uživanje hrane z manj soli in maščob, opustitev kajenja in opustitev pitja alkoholnih pijač.

Obstajajo dejavniki tveganja na katere nimamo vpliva, kot so starost, spol, rasa, družinska anamneza možganske kapi. Z druge strani obstajajo dejavniki na katere lahko vplivamo z zdravili, kot so zvišani krvni tlak, holesterol, sladkorna bolezen, srčna obolenja.

Pomembno vlogo v preprečevanju možganske kapi ima kirurgija in interventna radiologija. V primerih, ko je notranja karotidna arterija zožena več kot 70%, posebej v primerih, ko je bolnik prebolel možgansko kap, je priporočljivo invazivno zdravljenje in sicer kirurška odstranitev plaka (Slika 1 in Slika 2), v posameznih primerih pa se priporoča interventni radiološki poseg (razširitev in postavitev znotraj žilne opornice) (Zhu in Yu, 2020).



Slika 1: Kirurška odstranitev aterosklerotičnega plaka iz karotidne arterije
Vir: lasten



Slika 2: Odstranjeni plak iz karotidne arterije
Vir: lasten

V kolikor pride do možganske kapi, kot smo že v začetku omenili, zelo je pomemben takojšnji obisk zdravnika in čimprejšnji začetek zdravljenja. V posameznik primerih je možno izvajanje raztapanja strdkov z zdravili. Tovrstno zdravljenje je možno v kratkem časovnem oknu, približno 4,5 ure od začetka simptomov možganske kapi. Po tem časovnem intervalu tovrstno zdravljenje ni možno zaradi zapletov v smislu možganske krvavitve (Lyden, 2019).

7 Zaključek

Poznavanje dejavnikov tveganja za nastanek možganske kapi in stalna edukacija prebivalstva sta zelo pomembi v preventivi možganske kapi. Prav tako dosledno zdravljenje bolezni, ki predstavljajo dejavnike tveganja, bistveno pripomore zmanjšanju pojavnosti možganske kapi.

Žal poročila kažejo, da še vedno veliko število ljudi ne upošteva priporočila o zdravem načinu življenja tako, da imamo še vedno veliko število kadilcev, prekomerno prehranjenih, prav tako telesna aktivnost prebivalstva ne odgovarja priporočilu.

Na koncu bi podal deset priporočil za preprečevanje možganske kapi:

1. kontrolirajte krvni pritisk,
2. kontrolirajte srčni utrip,
3. opustite kajenje,
4. opustite pitje alkohola,
5. kontrolirajte krvne maščobe,
6. kontrolirajte krvni sladkor,
7. telesno bodite aktivni 30-60 min vsaj trikrat tedensko,
8. uživajte hrano z manj soli in maščob,
9. v kolikor imate težave s prekrvavitvijo nog, povejte svojemu zdravniku
10. v kolikor imate katerega od znakov možganske kapi, takoj pokličite nujno medicinsko pomoč.

Literatura

Allen, C. L. in Bayraktutan, U. (2008). Risk Factors for Ischaemic Stroke, International Journal of Stroke, let. 3, št. 2, str. 105–116, maj 2008, doi: 10.1111/j.1747-4949.2008.00187.x.

Coolen, T. in drugi. (2020). „Early postmortem brain MRI findings in COVID-19 non-survivors“, Neurology, let. 95, št. 14, str. e2016–e2027, okt. 2020, doi: 10.1212/WNL.0000000000010116.

Feigin, V. L. in drugi (2014). Global and regional burden of stroke during 1990-2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010, Lancet, let. 383, št. 9913, str. 245–254, jan. 2014, doi: 10.1016/s0140-6736(13)61953-4.

JMD. (2021). Figure 3. Pridobljeno s https://www.e-jmd.org/journal/Figure.php?xn=jmd-6-1-17-4.xml&id=f3-jmd-6-1-17-4&number=5&p_name=0552_5.

Lyden, P. D. (2019). „Thrombolytic Therapy for Acute Ischemic Stroke“, Stroke, let. 50, št. 9, str. 2597–2603, sep. 2019, doi: 10.1161/STROKEAHA.119.025699.

Merkler, A. E., Parikh, N. S., Mir, S. in drugi (2020). „Risk of Ischemic Stroke in Patients With Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) vs Patients With Influenza | Cerebrovascular Disease | JAMA Neurology | JAMA Network“. Pridobljeno s https://jamanetwork.com/journals/jamaneurology/fullarticle/2768098.

Mikulik, R. in Wahlgren, N. (2015). Treatment of acute stroke: an update, J Intern Med, let. 278, št. 2, str. 145–165, avg. 2015, doi: 10.1111/joim.12387.

NIJZ. (2018). Zdravstveno stanje prebivalstva. Pridobljeno s https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/publikacije/letopisi/2018/2.4.1_szb_2018_koncna_skontrolirano_5.pdf

Oxley, T. J. in drugi. (2020). „Large-Vessel Stroke as a Presenting Feature of Covid-19 in the Young“, N Engl J Med, let. 382, št. 20, str. e60, maj 2020, doi: 10.1056/NEJMc2009787.

Sacco, R. L. in drugi (2013). An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association,

Stroke, let. 44, št. 7, str. 2064–2089, jul. 2013, doi: 10.1161/STR.0b013e318296aeca. Pridobljeno s https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23652265/

Saver, J. L. (2006). Time is brain--quantifie, Stroke, let. 37, št. 1, str. 263–266, jan. 2006, doi: 10.1161/01.STR.0000196957.55928.ab. Pridobljeno s https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.str.0000196957.55928.ab

Tang, N., D. Li, X. Wang, in Z. Sun. (2020). „Abnormal coagulation parameters are associated with poor prognosis in patients with novel coronavirus pneumonia“, J Thromb Haemost, let. 18, št. 4, str. 844–847, apr. 2020, doi: 10.1111/jth.14768.

van Gijn, J., Kerr, R. S. in Rinkel, G. J. E. (2007). „Subarachnoid haemorrhage“, Lancet, let. 369, št. 9558, str. 306–318, jan. 2007, doi: 10.1016/S0140-6736(07)60153-6.

Zhu, Z. in Yu, W. (2020). Update in the treatment of extracranial atherosclerotic disease for stroke prevention“, Stroke Vasc Neurol, let. 5, št. 1, mar. 2020, doi: 10.1136/svn-2019-000261.