

Vpliv elektromagnetnih motenj na delovanje informacijsko-komunikacijske tehnologije – študija primera

Gašper Bodlaj, Borut Werber

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kidričeva cesta 55a, 4000 Kranj

bodgasper@gmail.com; borut.werber@fov.uni-mb.si

Izveček

Prispevek obravnava področje zanesljivosti in varnosti informacijsko-komunikacijske tehnologije s stališča ogroženosti zaradi elektromagnetnih vplivov Sončevih izbruhov, izbruhov koronske mase, solarnih energetskih delcev ter solarnih vetrov, ki s svojim delovanjem vplivajo na delovanje elektronskih naprav na Zemlji. Zaradi enajstletnih ciklov dejavnosti na Soncu je danes to pogosto prezrta grožnja. V dobi interneta stvari (IoT) in samovodljivih vozil, ko veliko naprav deluje avtonomno s pomočjo satelitskih navigacij in povezav v omrežja (3G, 4G, Wi-Fi), lahko elektromagnetni vplivi Sončevih dejavnosti privedejo ob neustrezni zaščiti do katastrofe. Prispevek opisuje študijo telekomunikacijskega podjetja, v katerem so zaradi vpliva solarnega izbruha izvedli testiranje produktov. V ciklu izboljšav so vsi novi produkti prejeli ustrezno elektromagnetno zaščito. V sklepnem delu so podane ugotovitve, kako obravnavano tematično spremljajo v nekaterih razvitih državah in s kakšnimi ukrepi poskušajo zmanjšati verjetnost katastrofe ob naslednjem večjem Sončevem izbruhu.

Ključne besede: Sončev izbruh, informacijsko-komunikacijska tehnologija, izbruhi koronske mase, solarni vetrovi, internet stvari.

Abstract

Electromagnetic impact of solar flares on ICT operation – a case study

This article addresses the scope of the reliability and safety of ICT from the perspective of the electromagnetic threat of solar flares, Coronal Mass Ejections, solar energy particles and solar winds that affect the operation of electronic devices on Earth. Solar cycles will repeat every eleven years, which is why they represent a threat which is often ignored. In the era of the Internet of things (IoT) and autonomous vehicles, many devices operate autonomously with the assistance of satellite navigation and network communication (3G, 4G or Wi-Fi), solar activities coupled with inadequate protection could lead to disaster. The article describes a case study of an R&D company dealing in electronics where it was decided that possible solar outbreaks should not be dealt with complacently and that all new products will receive adequate protection. The conclusion summarizes how the problem is dealt with in certain developed countries and what measures are taken to minimize the likelihood of a disaster at the next major solar flare.

Key words: solar flares, ICT, Coronal Mass Ejections, solar wind, Internet of things.

1 UVOD

V današnjem konkurenčnem svetu je varnost proizvodov zelo pomembna. Konkurenčno prednost imajo proizvodi, ki imajo pri neodvisnih institucijah opravljen preizkus varnosti. Pri preizkušanju ne moremo mimo treh glavnih vidikov varnosti (SIQ-Ljubljana, 2015):

- električna varnost – tveganja, ki izhajajo iz električnih karakteristik proizvoda;
- mehanska varnost – tveganja, ki izhajajo iz fizičnih karakteristik proizvoda;
- varnost okolja – tveganja zaradi izpostavitve proizvoda različnim okoljskim razmeram.

V prispevku smo se osredinili na varnost okolja s poudarkom na elektromagnetne vplive Sončevih pojavov na informacijsko-komunikacijsko opremo, ki so med splošno populacijo in posamezniki iz strokovnih krogov manj znani. S tem prispevkom želimo spomniti na ta pojav, opozoriti na možne posledice in prikazati, kako v nekaterih državah spremljajo dejavnosti Sonca in kako se pripravljajo na morebitne posledice teh dejavnosti.

2 TEORETIČNE OSNOVE IN PREGLED LITERATURE

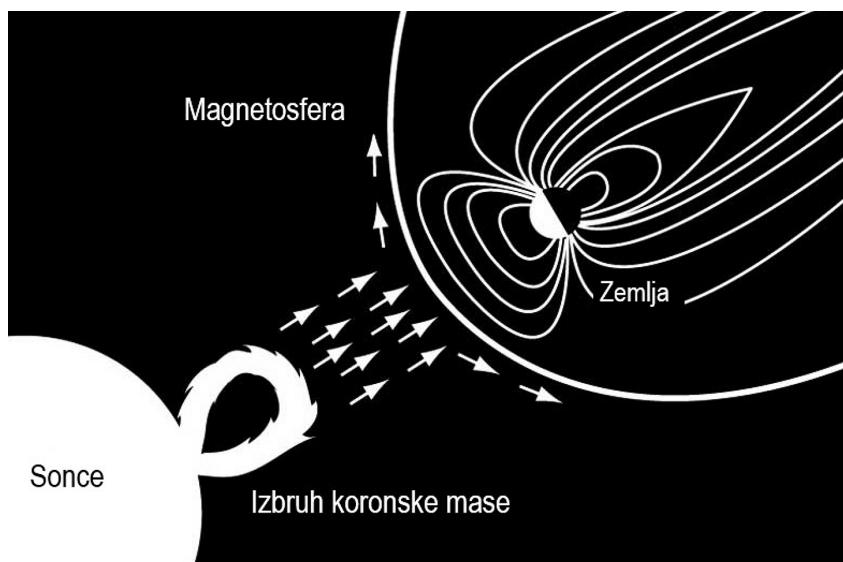
Sončeva nevihta je dogodek, pri katerem dejavnosti na Soncu vplivajo na magnetno polje Zemlje (Talib in Mogotlhwane, 2011). Sončeva nevihta je rezultat sončevih izbruhov (solar flares) in izbruhov koronske mase (Coronal Mass Ejections) (Le, Cai, Wang in Zhu, 2012). Ugotovili so, da se dogodki na Soncu odvijajo v ciklu enajstih let in da je v povprečju največ dogodkov v sredini cikla. Ti dogodki povzročijo tako imenovani solarni veter, plazmo nabitih elektronskih delcev (Akasofu, 2011), ki na nebu ustvari zaveso migljajoče svetlobe, ki se v polarnih območjih kaže kot polarni sij (avrora). V primeru ustreznih pogojev lahko sončeva nevihta traja več dni, vendar je ne moremo z gotovostjo napovedati. Najbolj je vidna na skrajnih severnih in južnih zemljepisnih širinah na področjih Škotske, Aljaske, severne Kanade in na Južnem otoku Nove Zelandije. Ljudem vsečni pojav pa ima lahko tudi negativne posledice. Po manjšem sončevem izbruhu lahko naelektreni delci s Sonca do Zemlje pripotujejo v dveh do štirih dneh in v nekaj sekundah sprostijo okoli sto milijonov kilovatov energije, kar na primer presega kapacitete za proizvodnjo električne energije v celotnih Združenih državah Amerike (Zupan, 2000). Posledice so vidne na vseh elektronskih napravah, ki so takrat pod napetostjo, saj presežek energije povzroči nihanje napetosti in sunke, ki lahko privedejo do preobremenitve vodnikov, stikal, baterij in drugih sestavnih delov za upravljanje pretoka

električne energije. Takšne naprave lahko delno ali v popolnosti odpovejo, se vnamejo ali celo eksplodirajo. Na srečo ima Zemlja z lastnim magnetnim poljem (slika 1) izredno učinkovit ščit, ki ob manjših izbruhih na Soncu prepusti le približno 0,1 odstotka energije Sončevega vetra in le okoli 10 odstotkov električnega polja v Sončevem vetru (Zupan, 2000).

Na dogodke na Soncu opozarja in jih spremlja National oceanic and atmospheric administration (NOAA), ki deluje v okviru ministrstva za trgovino ZDA. Na svoji spletni strani (NOAA, 2017) prikazuje jakost elektromagnetnih vplivov Sončevih aktivnosti in napovedi za dva dni vnaprej.

NOAA glede na količino energije izbruhov meri štiri glavne komponente Sončevih aktivnosti – Sončeve izbruhe, izbruhe mase iz Sončeve korone, hitri solarni veter in solarne energetske delce. Solarne aktivnosti klasificirajo kot A, B, C, M ali X glede na svetlost žarkov X v bližini Zemlje, merjeno na vesoljskih plovilih Geostationary Operational Enviromental Satelite (GOES) v vatih na kvadratni meter (W). Vsak razred je desetkrat večji od predhodnega. Geomagnetne nevihte vrednotijo v stopnjah od G1 do G5. Kot primer navedimo opis G5, pri čemer G5 pomeni ekstremen, najmočnejši vpliv z opisom:

- Energetski sistemi. Lahko pride do večjih težav pri obvladovanju napetosti v omrežjih in težav v zaščiti sistemov, v nekaterih sistemih omrežij lahko pride do popolne prekinitve ali kolapsa. Lahko pride do poškodb transformatorskih naprav.



Slika 1: Vpliv izbruha koronske mase na Zemljo (Vir: Ericson, 2017)

- Delovanje vesoljskih vozil. Lahko pride do obsežne površinske napetosti, težav z navigacijo, prekinitev povezav in nezmožnosti sledenja satelitov.
- Drugi sistemi. Tokovi v daljnovodih lahko dosežejo več sto amperov, od enega do dveh dni je onemogočeno radijsko komuniciranje na območju HF (visoke frekvence), več dni so možne motnje v satelitski navigaciji, nizkofrekvenčna radijska komunikacija je onemogočena več ur, polarni sij je viden celo na Floridi in v južnem Teksasu (običajno na 40° geografske širine).

Solarne nevihte se vrednotijo od S1 do S5. Podobno je z merjenjem radijskih mrkov. Ti imajo oznake od R1 do R5. Podrobne opise posledic posameznih vplivov si lahko preberete na straneh NOAA.

Obstaja več vrst vplivov Sončevih izbruhov (NOAA, 2017).

- Sončevi izbruhi lahko proizvedejo močne žarke X, ki motijo ali onemogočijo visokofrekvenčne radijske valove, ki jih uporabljamo za radijsko komuniciranje. Tak vpliv imenujemo nevihte radijskega mrka.
- Solarni nabiti elektronski delci – energijski protoni, ki so rezultat solarnega vetra, lahko prodrejo v elektroniko satelitov in povzročijo napake in izpad napajanja. Na področjih visokih zemljepisnih širin v času solarnih neviht ti energetski delci prav tako blokirajo radijske komunikacije.
- Izbruhi koronske mase lahko povzročijo geomagnetne nevihte na Zemlji, ki proizvedejo zemeljske tokove, ti lahko poškodujejo ali uničijo električno omrežje. Geomagnetne nevihte lahko spremenijo signale s satelitskih navigacijskih sistemov, kot sta GPS in GNSS, in s tem zmanjšajo natančnost navigacije. V času solarnih neviht se zaradi spremembe gostote atmosfere spremeni zemeljska privlačnost, kar vpliva na satelite. Zaradi tega morajo satelite vsake 2 do 3 tedne poravnati v njihovo orbito (NOAA, 2017).

V primerih večjih sončevih neviht so v preteklosti na Zemlji zabeležili kar nekaj primerov škode in nepredvidenih vplivov. Od 28. avgusta do 2. septembra 1859 so prvič zaznali veliko sončnih peg in sončevih izbruhov. Sončev veter, ki običajno potuje do Zemlje dva dni ali več, je dosegel Zemljo v 18 urah. Največja geomagnetna nevihta se je zgodila med 1. in 2. septembrom. Telegrafske žice v ZDA in Evropi so bile obremenjene z indukcijsko napetostjo do take

mere, da je ponekod prišlo do poškodb telegrafistov in celo požarov. Polarni sij, ki ga običajno vidimo le na skrajnih zemeljskih polih, je bil viden s Havajev, iz Mehike, Kube in Italije. Leta 1921 in 1960 so bile v več državah zaznane motnje v delovanju radijskih prenosov (Talib in Mogotlhwane, 2011).

Zaradi tokov, ki tečejo po ionosferi, se lahko na električnih napeljavah inducirajo precejšnje napetosti. Daljnovodi postanejo preobremenjeni, kar lahko pripelje tudi do redukcij. 13. marca 1989 je na primer v velikem delu Quebeca ostalo devet ur brez elektrike kar šest milijonov ljudi, gmotne škode pa je bilo menda kar za 500 milijonov dolarjev (Talib in Mogotlhwane, 2011; Zupan, 2000). V primestnem naselju na zahodni obali ZDA se je v isti magnetni nevihti več avtomatičnih garažnih vrat odpiralo kar samih od sebe. Izvir motenj so pozneje odkrili pripadniki ameriške mornarice, ki so morali zaradi odpovedi manj invazivnih novejših komunikacijskih sistemov uporabiti rezervni radijski sistem (Zupan, 2000). Avgusta 1989 je Sončeva nevihta povzročila motnje v delovanjih mikročipov in posledično prekinitev poslovanja na delniških borzah Toronta v Kanadi (Talib in Mogotlhwane, 2011).

Da bi preprečili posledice elektromagnetnih vplivov Sončevih dejavnosti, so znanstveniki na Irskem septembra 2015 na električna omrežja namestili merilne naprave, s katerimi merijo spremembe napetosti kot posledice Sončevih dejavnosti. V raziskavi Blake idr. (2016) je predstavljen model napovedi povečane obremenjenosti električnega omrežja in transformacijskih postaj, ki je temeljil na predhodnih meritvah Sončevih dejavnosti in bil primerjan z izbruhi med 20. in 21. decembrom 2015 ter 6. in 7. marcem 2016. Model je pokazal veliko zanesljivost napovedi. S podobnimi modeli se je ukvarjalo veliko znanstvenikov (Balasis idr., 2010; Cander, 2016; Lundstedt, Persson in Andersson, 2015) with emphasis on 15 major geomagnetic storms in the current solar cycle as far as May 2015. It is an ionosphere storm response-case analysis based on the vertical total electron content (VTEC s ciljem napovedati čas ali mesta vplivov Sončevih dejavnosti in tako zmanjšati njihove posledice.

Očitno pa elektromagnetni vpliv Sončevih dejavnosti ni zaznan samo na področju informacijsko-komunikacijske tehnologije, temveč ga zaznamo tudi na počutju in zdravju ljudi in drugih živih organizmov. Veliko raziskav je na temo povezanosti bolezenskih

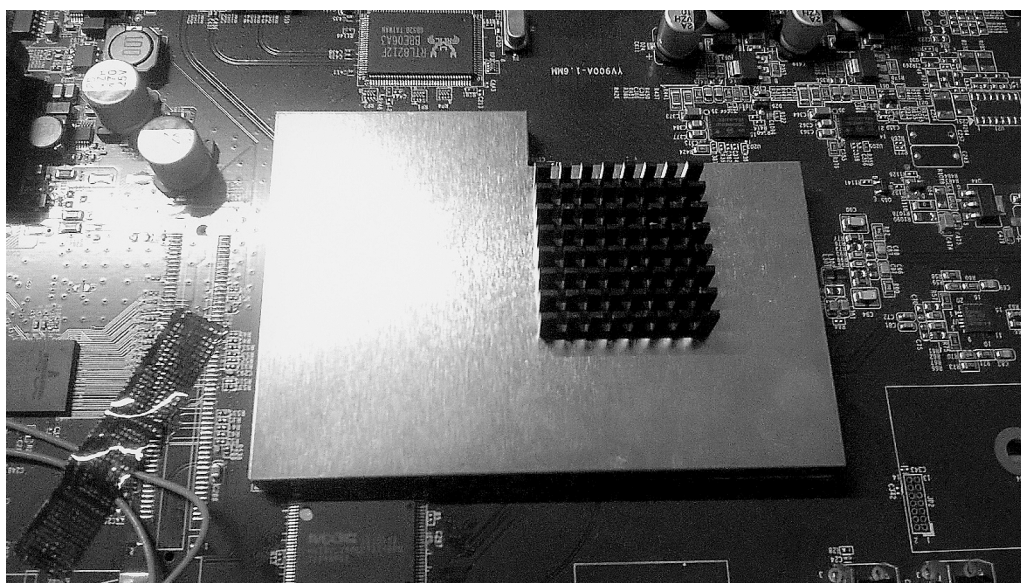
stanj (število smrti, število kardiovaskularnih primerov, število urgenc, multipla skleroza, shizofrenija itd.) z dejavnostmi na Soncu (Kay, 2004; Samsonov, Kleimenova, Kozyreva in Petrova, 2014; Vencloviene, Antanaitiene Babarskiene, 2016; Vencloviene, Babarskiene, Milvidaite, Kubilius in Stasionyte, 2013). V članku Mendoza in Duran (2016) opisujeta poskus ustvarjanja umetnega elektromagnetnega polja po vzoru vplivov Sončevih dejavnosti in njegov vpliv na podgane. Poskus je pokazal, da se je podganam povečal sistolični tlak v krvi. S tem sta izpostavila možnost, da elektromagnetni vpliv Sončevih dejavnosti neposredno vpliva na zdravje in počutje živali in torej tudi ljudi, kar sovpada z rezultati raziskav, omenjenih pred tem.

Metode dela

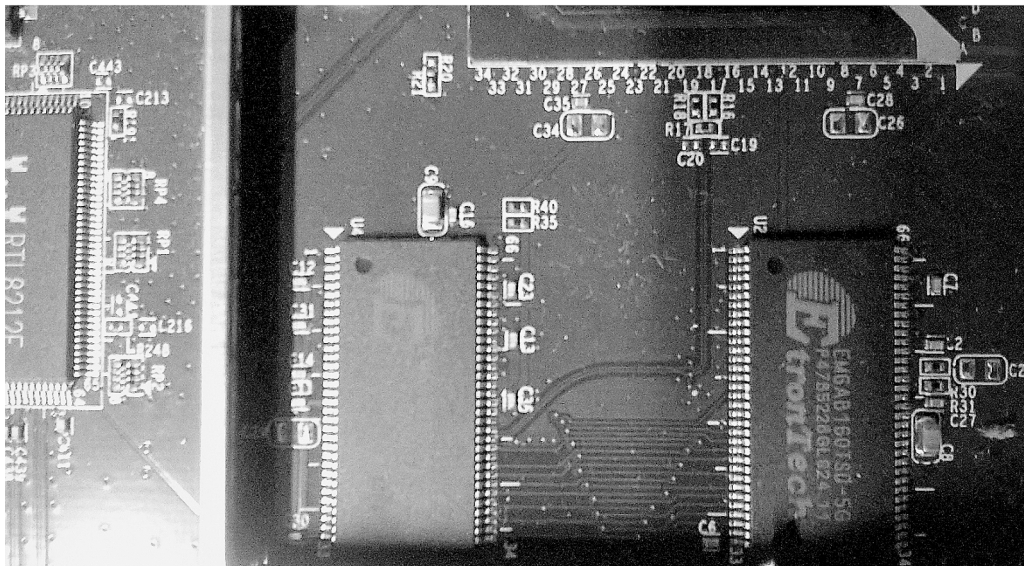
Za proučitev teoretičnih osnov in do sedaj objavljenih prispevkov smo uporabili metodo študije literature, analize in sinteze. Kot glavno metodo proučevanja smo uporabili študijo primera. Študijo primera uporabljamo takrat (Starman, 2013), ko želimo na podlagi enega primera potrditi ali zavrniti postavljena raziskovalna vprašanja ali opisati fenomen, ki se je v tem primeru zgodil. V našem primeru gre za mednarodno uveljavljeno slovensko podjetje, ki proizvaja elektronske sestave in naprave za podporo in delovanje informacijsko-komunikacijske tehnologije.

3 ŠTUDIJA PRIMERA

Primer obravnava evropsko izvozno usmerjeno podjetje, ki deluje na hitro spreminjajočem se področju informacijsko-komunikacijske tehnologije. Podjetje proizvaja elektronska vezja/naprave, kot so modemska oprema, usmerjevalniki, naročniške elektronske plošče, robni usmerjevalniki, vozlišča GPON (Gigabit Passive Optical Network) in klicne centrale, ter se ukvarja z integracijo telekomunikacijskih sistemov. Po prejetem obvestilu uporabnika o nenavadnem obnašanju opozorilnih diod ene od komunikacijskih naprav so po ustaljenem postopku uvedli testiranje istih produktov v nadzorovanih razmerah v vnaprej določenem testnem obdobju. Test ni pokazal nobenih odstopanj od predvidenega delovanja. Ker se zavedajo pomembnosti neprekinjenega delovanja svojih izdelkov, so za vse produkte uporabili ustrezno varovanje EMC (Electromagnetic compatibility) pred elektromagnetnimi motnjami. Obenem so s takšnim ravnanjem poskrbeli tudi za lažje in hitreje certificiranje CE (Conformite Europeene), del katerega je tudi preverjanje skladnosti EMC. Zato so pri uporabi starejših komponent (sliki 2 in 3), nekatere od teh so bile zaradi tehnologije bolj občutljive na elektromagnetne motnje, uporabili kovinsko kletko (Faradayeva kletka), s katero so zaščitili vse vitalne komponente naprav. Iz kletke so do drugih delov naprave vodile le podatkovne in napajalne linije.



Slika 2: Zaščita centralne procesne enote in RAM-čipa s Faradayevo kletko

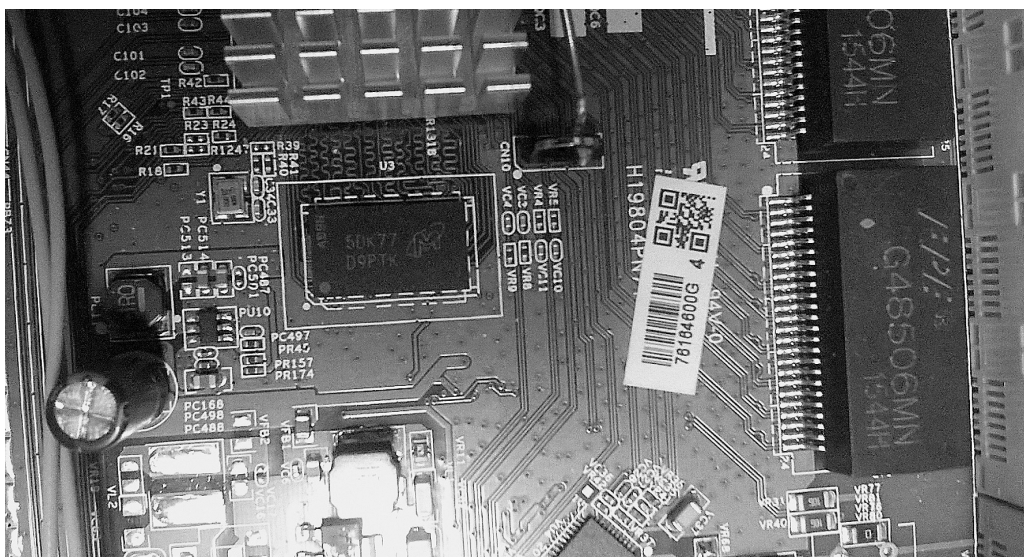


Slika 3: Pogled na centralno procesno enoto in RAM-čip v Faradayevi kletki

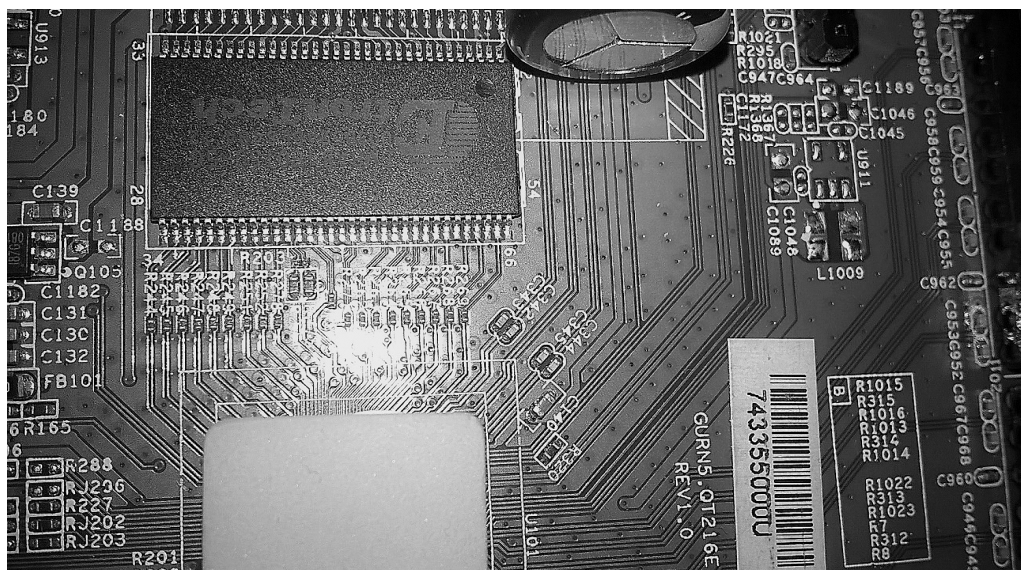
Pri napravah zadnje generacije, pri katerih so v uporabi najnovejše komponente, je bila zaščita v ustrezni meri izvedena z ustreznimi impedančnimi prilagoditvami in zaključitvami podatkovnih linij, kot je prikazano na slikah 4 in 5.

Po testnem obdobju in posodobitvi komponent je eden od sodelavcev po naključju dobil informacijo, da se je ravno v času prijavljene napake zgodil večji Sončev izbruh, ki so ga zaznali tudi drugod po svetu.

Največja problematika elektromagnetnih vplivov Sončevih dejavnosti je njihova nestalnost oziroma odvisnost od velikega števila dejavnikov (Zemljino magnetno polje, oddaljenost Zemlje od Sonca, zemljepisna širina idr.). Pri izredno kratkotrajnih, vendar močnih izbruhih elektromagnetnega sevanja se lahko v posameznih hitrih podatkovnih linijah pojavijo dodatni nezaželeni signali, ki v kombinaciji s preostalimi pravilnimi signali povzročajo neželene učinke. Najhujši učinek je lahko popolna odpoved



Slika 4: Impedančne prilagoditve (vijugasti BCP povezave med RAM in CPU) (Vir: lastni)



Slika 4: RAM-čip z ustreznimi zaključitvami linij (upori pred CPU)

ali uničenje naprave, v blažjih primerih pa je to le trenutno počasnejše delovanje ali nenavadno obnašanje. Učinki elektromagnetnih motenj, povzročenih z delovanjem Sonca, se pojavljajo le za čas povečanega delovanja dejavnosti na Soncu, usmerjenih v smeri Zemlje, in lahko ob nepoznavanju dejstev, povezanih s tem naravnim pojavom, vodijo v slepo ulico iskanja in odkrivanja vzroka nepravilnega delovanja naprav. Ob tem velja vedeti, da je težko natančno predvideti, kdaj bo udarila naslednja Sončeva nevihta in kateri deli Zemlje bodo v tistem trenutku najbolj prizadeti. Tudi to dejstvo nam lahko dodatno oteži proces identifikacije elektromagnetnih vplivov Sončevih dejavnosti kot virov motenj v naših napravah. Vsekakor se je treba pri današnji uporabi vedno manjših ter zmogljivejših komponent zavedati, da se elektromagnetni vpliv Sončevih dejavnosti lahko zgodi kadar koli in nam ob tem nepopravljivo okvari naprave.

4 ČRNI SCENARIJ

Iz proučevane literature in študije primera lahko sklepamo, da tudi v Sloveniji nismo v varnem območju in so elektromagnetni vplivi Sončevih dejavnosti možni tako na okolje in informacijsko-komunikacijsko tehnologijo kot na ljudi. V dobi interneta stvari, avtonomnih naprav, sistemov za podporo letenja in avtonomne vožnje vozil je zelo verjetno, da bi ob močnem elektromagnetnem vplivu Sončevih dejavnosti zaznali napake v delovanju ali celo odpoved

naprav, ki lahko ogrozijo naše življenje. Samodejno odpiranje vrat z daljinskim upravljanjem je še najmanjša težava (Zupan, 2000). Medtem ko v Dubaju napovedujejo uporabo avtonomnih brezpilotnih letalnikov za prevoz potnikov do teže 100 kg (Vincent, 2017), se postavlja vprašanje, kaj se bo zgodilo v primeru, da je brezpilotnik v zraku, ko ga doseže Sončev veter in mu prekine komunikacijo s sateliti ter bazno enoto in morda poškoduje čipe v primarnem sistemu. Kaj bi se zgodilo, če bi zaradi indukcije odpovedalo elektro omrežje in scvrlo transformacijske postaje? Nekateri razmišljajo o teh scenarijih, saj so dobili več opozoril v smislu neviht, poplav, žledolomov, orkanov in potresov, in zato pripravljajo načrte za delovanje v kriznih razmerah. Če ti načrti ne upoštevajo možnosti elektromagnetnih vplivov Sončevih dejavnosti, ki med drugim lahko onemogočijo komuniciranje s telekomunikacijskimi napravami, to privede do nezmožnosti obvladovanja kriznih razmer. Namen našega prispevka je ozaveščati bralce o možnih elektromagnetnih vplivih Sončevih dejavnosti in opozoriti na področje, ki ga v Sloveniji ne obravnavamo dovolj. Eden od razlogov je enajstletni Sončev cikel (NOAA, 2017), ki se sedaj nahaja v negativni fazi in s tem daje lažno upanje, da v tem obdobju ne bo večjih izbruhov na Soncu. Kako lahko ukrepamo sami? Če smo odvisni od elektronskih sistemov, si zagotovimo njihov dostop tudi v primeru odpovedi:

- ključavnica na prstni odtis ali drug sistem elektronskega identificiranja – dostop s klasičnim ključem, ki nam je dosegljiv tudi v primeru izpada električne napetosti;
- uporaba naprav za neprekinjeno napajanje (UPS) in/ali generatorja električne energije na goriva ali solarni sistem;
- uporaba prenapetostnih zaščit;
- uporaba elektronskih naprav z vgrajenimi zaščitami komponent pred elektromagnetnimi vplivi Sončevih izbruhov (Ali imajo poceni izdelki z Vzhoda vgrajene te zaščite?);
- izdelava kopij pomembnih podatkov na medijih, ki niso pod električno napetostjo;
- izdelava kopij pomembnih elektronskih dokumentov v tiskani verziji;
- izdelava kopij pomembnih podatkov na drugi lokaciji na svetu (oblačne storitve) itd.

Glede na raziskave vplivov na človeško telo lahko s spremljanjem večjih dejavnosti na Soncu in preventivnim spremljanjem počutja preprečimo zdravstvene zaplete. Najpomembnejše je razumevanje pojavov in razumno ravnanje v primeru katastrofe, ki lahko v ekstremnih razmerah traja tudi več dni ali mesecev (Talib in Mogotlhwane, 2011). Očitno se nevarnosti zavedajo na globalni ravni. V okviru OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) so pripravili predlog načrta upravljanja s tveganji, ki vključuje tudi morebitne posledice elektromagnetnega vpliva Sončevih dejavnosti (Radisch, 2011). Še bolj neposredno so se zadeve lotili v Veliki Britaniji (Cabinet Office: Department for Business Innovation & Skills, 2015). Leta 2015 so dopolnili strategijo pripravljenosti na vremenske vplive iz vesolja v okviru državnega kabineta v oddelku za poslovne inovacije in znanja. Prvič je bil dokument izdelan leta 2011. Dokument vsebuje diagram Sončevih dejavnosti in njihovih vplivov na informacijsko-komunikacijsko tehnologijo na Zemlji. Opisan je realen scenarij najboljšežnejših posledic, predvideni so sistemski postopki ukrepanja, vloge in zadolžitve, opozorila in priporočila, raziskovalne skupine itd. Da zadevo jemljejo resno tudi na drugi strani oceana, potrjuje informacija, da je 13. oktobra 2016 takratni predsednik ZDA Barack Obama podpisal odredbo, namenjeno pripravi načrta nacionalne infrastrukture za primer ekstremnih vremenskih razmer, ki bi lahko uničile električno omrežje (Cuthbertson, 2016). Odredba govori o možnih elektromagnetnih posledicah Sončevih dejavnosti na ozemlju ZDA.

5 SKLEP

Prispevek obravnava elektromagnetne vplive Sončevih pojavov na delovanje informacijsko-komunikacijskih naprav na Zemlji. Predstavljene so teoretične osnove, kako pride do teh pojavov in kakšne so možne posledice. Predstavljeni so nekateri primeri posledic Sončevih neviht oziroma solarnih vetrov ob stiku z zemeljskim magnetnim ščitom in njegovim prebojem. V študiji primera je predstavljen dejanski dogodek v času povečanja Sončevih aktivnosti konec septembra 2012. Opisali in prikazali smo, kako je podjetje na podlagi poziva strank pristopilo k iskanju in odpravljanju napak in kako je povečalo zaščito pred elektromagnetnimi motnjami na opisanih komponentah. Čisto naključje je pripeljalo do sklepa, da so bile Sončeve aktivnosti vzrok za nenavadno delovanje modemskega usmerjevalnika. Ta primer nam lahko služi kot opozorilo, da tudi v Sloveniji nismo imuni na te pojave in da je treba pripraviti varnostne načrte po zgledih ZDA in Velike Britanije. Tako bomo v primeru močnejšega elektromagnetnega delovanja Sončevih aktivnosti pripravljene na omejeno delovanje informacijsko-komunikacijske tehnologije, komunikacijskih sredstev in električne infrastrukture.

Da bi se izognili negativnim posledicam morebitnih elektromagnetnih vplivov Sonca v Sloveniji, je treba proučiti dosedanja spoznanja v bolj izpostavljenih državah in raziskati, katera od njih je mogoče implicirati v Sloveniji in katerih ne. Tisti, ki izvajajo testiranja elektronskih naprav, bi morali biti bolj seznanjeni tudi s tem vidikom in ta spoznanja vključiti v postopke testiranja in zaščite. Podobno kot v drugih državah je treba proučiti, ali so električna omrežja v Sloveniji izpostavljena indukcijskim udarom kot posledica elektromagnetnih vplivov Sončevih dejavnosti in kako omrežja zaščititi v takih primerih. Slovenska vojska, civilna zaščita, gasilci in policija bi morali proučiti rezervne možnosti komunikacij v primerih motenj visokofrekvenčnih komunikacij zaradi elektromagnetnih vplivov Sončevih dejavnosti. Ta spoznanja bi morali vključiti v nacionalne načrte delovanja v kriznih razmerah. Načrtovalci navigacijskih programov in samovodljivih vozil bi morali proučiti in upoštevati možnosti odpovedi komunikacij s satelitskimi sistemi za navigacijo in zagotoviti varno delovanje naprav v takih razmerah.

6 VIRI IN LITERATURA

- [1] Akasofu, S. I. (2011). A historical review of the geomagnetic storm-producing plasma flows from the sun. *Space Science Reviews* (Let. 164). <https://doi.org/10.1007/s11214-011-9856-y>.
- [2] Balasis, G., Daglis, I. A., Anastasiadis, A., Papadimitriou, C., Manda, M., Eftaxias, K. (2010). Universality in solar flare, magnetic storm and earthquake dynamics using Tsallis statistical mechanics. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(2), 341–346. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2010.09.029>.
- [3] Blake, S. P., Gallagher, P. T., McCauley, J., Jones, A. G., Hogg, C., Campaña, J., Bell, D. (2016). Geomagnetically induced currents in the Irish power network during geomagnetic storms. *Space Weather*, julij 2012. <https://doi.org/10.1002/2016SW001534>.
- [4] Cabinet Office: Department for Business Innovation & Skills. (2015). *Space Weather Preparedness Strategy (julij)*.
- [5] Cander, L. R. (2016). Re-visit of ionosphere storm morphology with TEC data in the current solar cycle. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 138–139, 187–205. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2016.01.008>.
- [6] Cuthbertson, A. (2016). Obama orders government plan for 'extreme space weather'. *Newsweek*, 14. oktober 2016, str. 1. Pridobljeno s <http://europe.newsweek.com/obama-orders-government-plan-extreme-space-weather-509891?rm=eu>.
- [7] Ericson, K. (2017). NASA Space Place. Pridobljeno 5. novembra 2017 s <https://spaceplace.nasa.gov/spaceweather/en/>.
- [8] Kay, R. W. (2004). Schizophrenia and season of birth: Relationship to geomagnetic storms. *Schizophrenia Research*, 66(1), 7–20. [https://doi.org/10.1016/S0920-9964\(02\)00495-4](https://doi.org/10.1016/S0920-9964(02)00495-4).
- [9] Le, G., Cai, Z., Wang, H., Zhu, Y. (2012). Solar cycle distribution of great geomagnetic storms. *Astrophysics and Space Science*, 339(1), 151–156. <https://doi.org/10.1007/s10509-011-0960-y>.
- [10] Lundstedt, H., Persson, T., Andersson, V. (2015). The extreme solar storm of May 1921: Observations and a complex topological model. *Annales Geophysicae*, 33(1), 109–116. <https://doi.org/10.5194/angeo-33-109-2015>.
- [11] Mendoza, B., Durán, P. (2016). Artificial reproduction of magnetic fields produced by a natural geomagnetic storm increases systolic blood pressure in rats. *International Journal of Biometeorology*, 1753–1760. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1164-5>.
- [12] NOAA. (2017). *Space weather prediction center*. Pridobljeno 28. februarja 2017 s <http://www.swpc.noaa.gov/products/alerts-watches-and-warnings>.
- [13] Radisch, J. (2011). Future Global Shocks, 1–139. Pridobljeno s <http://public.eblib.com/EBLPublic/PublicView.do?ptilID=767847%5Cnhttp://www.oecd-ilibrary.org.ezproxy.ub.unimaas.nl/docserver/download/fulltext/4211091e.pdf?expires=1351087982&id=id&accname=ocid177396&checksum=6DFDDDE0B397F8814410CAF3C057C19B>.
- [14] Samsonov, S. N., Kleimenova, N. G., Kozyreva, O. V., Petrova, P. G. (2014). The effect of space weather on human heart diseases in subauroral latitudes. *Izvestiya - Atmospheric and Ocean Physics*, 50(7), 719–727. <https://doi.org/10.1134/S0001433814040057>.
- [15] SIQ-Ljubljana. (2015). SIQ – Preizkušanje varnosti. Pridobljeno 5. novembra 2017 s <http://www.siq.si/varnost/index.html>.
- [16] Starman, A. B. (2013). Študija primera kot vrsta kvalitativne raziskave. *Sodobna pedagogika*, (1), 66–81. Pridobljeno s <http://www.sodobna-pedagogika.net/wp-content/uploads/2013/03/Starman.pdf>.
- [17] Talib, M., Mogothlwane, T. M. (2011). Global failure of ICT due to solar storm: A worst case scenario ahead. *Procedia Environmental Sciences*, 8 (November), 371–374. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.10.058>.
- [18] Vencloviene, J., Antanaitiene, J., Babarskiene, R. (2016). The association between space weather conditions and emergency hospital admissions for myocardial infarction during different stages of solar activity. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 149 (September), 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2016.09.012>.
- [19] Vencloviene, J., Babarskiene, R., Milvidaitė, I., Kubilius, R., Stacionyte, J. (2013). The effect of solar-geomagnetic activity during hospital admission on coronary events within 1 year in patients with acute coronary syndromes. *Advances in Space Research*, 52(12), 2192–2198. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2013.09.025>.
- [20] Vincent, J. (2017). Dubai's latest techno-boondoggle is a passenger-carrying autonomous quadcopter. Pridobljeno 5. novembra 2017 s <https://www.theverge.com/tech/2017/2/14/14608440/dubai-ehang-passenger-drone-tests>.
- [21] Zupan, J. (2000). Aurora borealis – severni sij. Pridobljeno 23. januarja 2017 s <http://www.kvarkadabra.net/2000/01/severni-sij/>.

Gašper Bodlaj je po končanem višješolskem strokovnem programu Mehatronika na TŠC Kranj nadaljeval študij na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru na smeri Organizacija in management informacijskih sistemov. Že med študijem je opravljal študentska dela in prakse na različnih področjih od sestavljanja in priprave računalnikov in testiranja programske opreme do razvijanja testnih načrtov. V več podjetjih je kot razvojni inženir razvijal programske rešitve s PHP in C#, bil podpora uporabnikov, v zadnjem času pa dela na področju razvoja mrežne terminalne opreme, avtomatskih testov (programski paket iTest), modifikaciji in predelavi omrežne strojne opreme in izvajanju regresijskih testov ter sodeluje z razvijalci in kot podpora strankam.

Borut Werber je docent za področje razvoja informacijskih sistemov in predstojnik Katedre za informatiko na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Raziskovalno, strokovno in pedagoško se ukvarja predvsem s področjem razvoja programskih rešitev, uporabe informacijsko-komunikacijske tehnologije v mikropodjetjih, možnosti uporabe podkožnih mikročipov ter kakovostjo v visokem šolstvu. Je ocenjevalec po modelu odličnosti EFGM in strokovnjak za akreditacije visokošolskih zavodov pri NAKVIS.