

GROŽNJA VEČJIH IZPADOV ELEKTRIČNE ENERGIJE IN PRIPOROČILA ZA POVEČANJE DRUŽBENE ODPORNOSTI

Iztok Prezelj¹

Povzetek

Družba se spoprijema z nevarnostjo manjših in tudi večjih izpadov električne energije, kar lahko vodi k številnim družbenim posledicam. Najbolj kritični so večji izpadi električne energije, ki vsako leto po svetu prizadenejo večja geografska območja (več uporabnikov elektrike) za dlje časa (npr. za 12 ali 24 ur oziroma celo več dni oziroma mesecev). Na Obramboslovnem raziskovalnem centru pri Univerzi v Ljubljani smo izvedli raziskovalni projekt z naslovom E-armagedon, ki je med drugim vodil do oblikovanja številnih priporočil glede povečanja družbene odpornosti za primer takega scenarija. V članku predstavljamo 27 priporočil za spodbujanje nacionalne pripravljenosti na različnih ravneh.

THE THREAT OF MAJOR POWER OUTAGES AND RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING SOCIETAL RESILIENCE

Abstract

Our society increasingly faces the threat of both minor and major power outages, leading to numerous social consequences. The most critical are major power outages, which affect larger geographical areas (more electricity users) around the world every year, for a longer period of time (e.g. for 12-24 hours or even several days or months). At the Defence Research Centre of the University of Ljubljana, we conducted a research project entitled E-Armagedon, which resulted, among other things, in the creation of numerous recommendations with regard to increasing social resilience in the event of such a scenario. In this article we provide 27 such recommendations, with the aim of promoting national preparedness at various levels.

¹ prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Obramboslovni raziskovalni center, Kardeljeva ploščad 5, Ljubljana, Iztok.Prezelj@fdv.uni-lj.si.

UVOD

Scenarij večjega izpada električne energije se marsikomu zdi nemogoč. V zavesti običajnega državljana so taki scenariji pomaknjeni ob rob v smislu, da se take zgodbe večinoma dogajajo le drugim, ki živijo na drugih kontinentih in celo v manj razvitih državah. Podobno smo mislili o nalezljivih boleznih in koronavirusu, ki se je kmalu razširil na ves svet. Čeprav je verjetnost za nastanek večjih izpadov električne energije majhna, to še ne pomeni, da do njih ne more priti. V resnici do njih prihaja vsako leto na različnih lokacijah po svetu. V Sloveniji smo največ izkušenj s takimi scenariji dobili v času žleda leta 2014.

Med izpadi električne energije prevladujejo manjši izpadi. Nekateri so načrtovani, na primer zaradi nujnih del, popravil, priklopov itn., drugi pa so nenapovedani in predstavljajo izredne oziroma krizne dogodke. Najbolj kritični so večji nenačrtovani izpadi električne

energije, ki vsako leto po svetu prizadenejo večja zemljepisna območja (več uporabnikov elektrike) za dlje časa, na primer za 12 ali 24 ur oziroma celo več dni. Take ekstremne scenarije lahko poimenujemo z besedo E-armagedon. Pri tem poimenovanju ne gre za populizem, temveč za poudarjanje opozorilnega pomena tega pojava v času, ko postajamo vse bolj odvisni od električne energije. Vedno več družbenih dejavnosti je popolnoma ali v veliki meri odvisnih od električne energije, kar po drugi strani pomeni, da izpadi električne energije vplivajo na vedno več družbenih dejavnosti.

Če torej vsi izpadi električne energije povzročijo družbene posledice, lahko pričakujemo, da večji in dolgotrajni izpadi lahko povzročijo celo nepredstavljive družbene posledice oziroma pravo katastrofo. Učinke takih izpadov lahko delimo na neposredne in posredne, pri čemer je razumevanje posredne škode precej zapleteno.

Na Obramboslovnem raziskovalnem centru smo izvedli raziskovalni projekt z naslovom E-armagedon – družbene posledice večjih izpadov električne energije, v katerem smo pregledali temeljne koncepte izpadov električne energije, prepoznali in analizirali številne večje izpade električne energije po svetu, sintetično proučili temeljne čezsektorske posledice (npr. na promet, delovanje informacijske tehnologije, zdravstvo, kmetijstvo, dobavo pitne vode itn.) ter empirično prepoznali ter proučili širok spekter družbenih posledic večjega izpada električne energije v Sloveniji. Posledice so bile določene za več kot 50 družbenih sektorjev (vključno s celotno kritično infrastrukturo), kar smo izvedli s pomočjo intervjujev z menedžerji in eksperti iz vseh proučevanih sektorjev. V zaključnem delu projekta smo na podlagi predvidenih posledic oblikovali priporočila za povečanje družbene odpornosti na splošni ravni in po vseh proučenih sektorjih. Naj poudarimo, da je projekt pokazal, da večji izpadi električne energije prizadenejo skoraj vse družbene dejavnosti v Sloveniji in da kljub številnim pripravljanim dejavnostim slovenska družba še ni dovolj dobro pripravljena na take scenarije.

SCENARIJ E-ARMAGEDON IN TIPIČNE DRUŽBENE POSLEDICE

Za vzpostavitev ustreznega razumevanja izpadov električne energije je najbolje, da najprej opredelimo izpade, iz katerih se lahko prepoznajo ključni elementi, na katere moramo biti pozorni pri zagotavljanju družbene pripravljenosti. Ker gre za izgube električne oskrbe v delu ali celotnem elektroenergetskem sistemu (Eleschova in Belan, 2008, 58), je treba pripravljenost načrtovati tudi na različnih geografskih ravneh. Načrtovani ali nenačrtovani daljši izpadi prizadenejo veliko porabnikov, zato je treba celotno družbo pripraviti na tovrstne scenarije. Številni relevantni viri izpostavljajo pomen dolgotrajnih izpadov in ustrezne stopnje pripravljenosti (glej Novosel in sod., 2004, 33; Černy, 2013, 5; European Commission, 2016; Hines in sod., 2009).

Ker je zelo težko napovedati pojavitev večjih katastrofalnih napak v večjih, med seboj povezanih elektroenergetskih sistemih (Pourbeik in sod., 2006, 29), se je treba usmeriti na razmišljanje o nepredvidljivem. Ker lahko pride do popolnega razpada oskrbe z elektriko, ki povzroči kaskado napak in problemov v okviru kritične infrastrukture za daljše časovno obdobje, pri čemer so ti dogodki kompleksni, nepredvidljivi in nepredstavljeni ter povzročeni prek kaskade dogodkov

(Mank, 2015, 1; glej Henneaux in sod., 2012, 41), se je treba osredotočiti na izboljšanje sistemskega, družbenega in intervencijskega (tu mislimo na sistem varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami) razumevanja kaskadnih izpadov elektrike, vključno z možnostjo manj predstavljenih ali nepredstavljenih kaskad. Ker je bistvo električnega izpada izguba oskrbe elektroenergetskega sistema do končnega porabnika (Bulovska, 2019, 4), se je treba osredotočiti tudi oziroma predvsem na pripravljenost končnih uporabnikov. Ker se prekinitev električne energije lahko nanašajo na dogodke, ki prizadenejo sto tisoče ali milijone ljudi (Gutierrez, 2005, 4), je to treba upoštevati. Ko izpadi povzročijo številne neprijetnosti in prekinejo običajno življenje doma, kot na primer izklop luči in drugih naprav (Abrar, 2016, 8), je treba zagotoviti kontinuiteto delovanja gospodinjstev. Posledično pride tudi do prekinitve procesov proizvodnje, prenosa, distribucije in porabe elektrike (CIPedia, 2020), zato se je treba osredotočiti tudi na odpornost proizvodnih objektov na določene tipe scenarijev. Nastane lahko celo stanje, ko so prizadeti subjekti tudi sami proizvajalci električne energije (Čepin, 2011, 15), zato je treba nameniti pozornost tudi kontinuiranemu delovanju proizvajalcev električne energije v situaciji, ko sami nimajo električne energije.

Vzroki za večje izpade električne energije so lahko številni. Behnert in Bruckner (2018) med zunanje vzroke za izpade uvrščata meteorološke razmere, kot so nevihte, strele, sneg in veter, naravne nesreče, med njimi predvsem poplave, potresi, plazovi in požari, in sabotaže, spletne vdore ter različne napade. Med notranje vzroke štejemo napake na elementih oziroma sklopih elektroenergetske opreme, preobremenitve elementov oziroma sklopov, obratovalne napake, napake na zaščitnih sistemih ter pomanjkanje izkušenj in znanja. Vsi zgoraj navedeni vzroki vodijo do izpadov posameznih elementov oziroma do kaskadnih – verižnih odpovedi razpada dela ali celotnega sistema. Tudi Hines in sodelavci (2009) so opredelili dve glavni skupini vzrokov. V prvo skupino so uvrstili zunanje dejavnike (nevihte, vandalizem ali napaka upravljavca), v drugo pa notranje napake (poškodbe omrežja). Besanger in drugi (2013) so izpostavili, da navadno en dogodek v omrežju ne more voditi v katastrofalno situacijo, ampak je to posledica številnih inicialnih (angl. *initiating factors*) in zaostrojujočih dejavnikov (angl. *worsening factors*), ki so lahko naslednje narave:

- naravni dejavniki (nevihte, elektromagnetne nevihte, strele, stik med električnimi vodi in drevesi, živali itn.),

- tehnični dejavniki (kratki stik, napaka dela opreme, prevelika obremenitev, slabo vzdrževanje, izrabljenost opreme itn.),
- človeški dejavniki (preklopne napake, napačno oziroma nepopolno komuniciranje, sabotaža, pomanjkanje usposabljanja itn.).

Če združimo vse zgornje klasifikacije, lahko sklenemo, da do večjih izpadov električne energije pride zaradi nenamernih ali namernih dejanj v proizvodnji elektrike (na elektrarnah) ali na distribucijskem oziroma prenosnem omrežju (kablovodi, transformatorske postaje ipd.). Elektroenergetski sistemi so sicer precej robustni in skonstruirani tako, da zagotavljajo nemoteno oskrbo tudi ob bolj ali manj resnih motnjah. Tako imenovani »varnostni kriterij $n - 1$ « pomeni, da izpad enega elementa v sistemu še ne povzroči prekinitve dobave električne energije (Prezelj in sod., 2022, 24–26). Poleg tega imajo elektroenergetska omrežja v svoji strukturi tudi različne oblike redundance, kar povečuje odpornost na različne dogodke (glej Prezelj in sod., 2017). Kljub vedno boljši pripravljenosti elektroenergetskih sistemov je treba poudariti, da je večjih izpadov električne energije po svetu vedno več. V Sloveniji smo se jim na srečo izognili (razen žledu leta 2014). Naj navedemo nekatere večje izpade električne energije iz obdobja zadnjih petdesetih let: New York 1977, Kanada 1989, Buenos Aires 1999, Srbija 1999, Italija 2003, Severna Amerika 2003, Stockholm 2001, Kentucky 2009, Indija 2012, Lancaster 2015, Ukrajina 2015, 2016 in pozneje, Portoriko 2017, Atlanta 2017, Hokaido 2018, Manhattan 2019, Južna Amerika 2019, Venezuela 2019, Združeno kraljestvo 2019, Teksas 2021, Španija in Portugalska 2024 itn. Gre za večje izpade, v katerih je bilo prizadetih več 100.000 do več milijonov ljudi za daljši čas, kar se je pokazalo v veliki neposredni in posredni škodi. Zgodovinsko prvi poznani dogodek je tako imenovani Carringtonov dogodek iz leta 1859. Šlo je za geomagnetno nevihto, ki je preobremenila telegrafske linije v svetovnem obsegu in povzročila številne kratke stike ter na koncu povzročila nedelovanje storitve telegrafa (glej Power Blackout Risks, 2011, 13). Dogodek je poimenovan po Richardu Carringtonu, britanskem astronomu, ki je prvi opazil dogajanje na površini Sonca. Velika geomagnetna nevihta 1. in 2. septembra 1859 je onemogočila delovanje globalnega telegrafskega sistema in električne opreme (Owens, 2019, 9). To je največji znani dogodek v zgodovini. Še posebej zaskrbljujoče pa so ocene, da bi ob ponovitvi tega dogodka nastala škoda v tolikšnem obsegu, da bi jo odpravljali od 4 do 10 let (glej Power Blackout Risks, 2011, 14).

Družba se spoprijema z razpetostjo med vedno večjo porabo električne energije, ki jo povzročajo električni avtomobili, in vedno večjim številom električnih naprav na eni strani ter diverzifikacijo proizvodnje električne energije z dodajanjem vetrnih in sončnih virov, katerih proizvodnja niha glede na čas dneva in letni čas, na drugi strani. Rezultanta je tveganje, ki se ga trudijo obvladovati nacionalni sistemski operaterji. Še dodatno zaskrbljujoče je kopičenje tako imenovanih namernih groženj za prekinitev oskrbe z električno energijo. Na primeru Ukrajine in Gaze vidimo, da bodo elektroenergetski sistemi zelo hitro postali tarča v oboroženih spopadih, in to ne glede na določbe mednarodnega vojnega in humanitarnega prava. Hekerski napadi in razmišljanje terorističnih skupin se tudi vedno bolj osredotočajo v smer napadov na kritično infrastrukturo, pri čemer električna infrastruktura ni in ne bo izjema.

Na koncu spektra izpadov električne energije je scenarij, ki ga lahko poimenujemo E-armagedon. To je scenarij zemljepisno večjega in časovno daljšega izpada električne energije, ki bi prizadel številne družbene dejavnosti, jih onemogočil ali povzročil njihove zastoje. V tem kontekstu nekateri viri omenjajo tudi tako imenovani scenarij *Black Sky* oziroma scenarij črnega neba. Svet za varnost električne infrastrukture (Electric Infrastructure Security Council – EISC Council) je ameriška organizacija, ki se ukvarja z nevarnostmi izpadov električne energije. Na njihovi spletni strani (<https://www.eiscouncil.org/>) je film z naslovom *Temno nebo (Black Sky)*, v katerem nosilci politične oblasti, vodje elektroenergetskega sektorja in institucij za zaščito kritične infrastrukture iz ZDA in Evrope poudarjajo, da je izpad elektrike huda grožnja družbi, da ta grožnja ni le imaginarna, temveč realna. Če se ustavi oskrba z elektriko, moderni ljudje nimamo več osnovnih stvari za preživetje. Poudarjajo tudi, da so ključne nevarnosti velika neurja in grožnja elektromagnetnega sunka (*electromagnetic pulse* – EMP). Pogostost neurij bo naraščala. Kdaj se bo spet pojavilo tako veliko neurje, ki bo onemogočilo elektroenergetsko infrastrukturo za dlje časa, ne vemo. Jedrsko orožje EMP obstaja celo v obliki kovčka. Izpostavljajo, da ob izpadu električne energije ne bodo delovale kuhinje, tovarne (tudi farmacevtske, prehranske idr.), prekinjene bodo prehranjevalne verige in transport, bencinske črpalke ne bi delovale in prav tako ne bolnišnice. Poleg nedelovanja črpalk za vodo bi se zaradi nedelovanja kanalizacije čez nekaj dni fekalije tako nakopičile, da gospodinjstva ne bi bila več uporabna. Glede trajanja izpadov ugotavljajo, da lahko elektrike zmanjka za nekaj dni, tednov

ali celo let. Ponovna gradnja sistemov bi lahko trajala več mesecev ali celo leto. Če izgubimo elektriko za nekaj ur, je to lahko zabavno. Če jo izgubimo za nekaj tednov ali celo let, pa je to nepredstavljivo za moderno družbo. Če ne bi imeli elektrike nekaj dni ali tednov, bi sodobna družba skoraj povsem obstala. Helzel, direktor načrtovanja odpornosti pri Svetu za varnost električne infrastrukture, meni, da bi prekinitve električne oskrbe pomenila prehod nazaj v srednji vek (Gray, 2019). Svet opredeljuje štiri temeljne značilnosti scenarija črnega neba:

- Visoka intenzivnost izpada: dolgotrajen izpad, visok odstotek odjemalcev, ki so izgubili elektriko, in velik zemljepisni obseg prizadetega območja. V tem smislu svet opredeljuje katastrofalni izpad električne energije kot tisti izpad, ki prizadene 90 odstotkov odjemalcev elektrike v več ameriških zveznih državnih organizacijskih FEMA (Federal Emergency Management Agency) regijah za 30 dni ali več.
- Izjemno velika škoda na elektroenergetskem omrežju, ki vključuje tudi škodo na infrastrukturi, potrebni za obnovo elektroenergetskega omrežja (npr. v nesreči onesposobljeni komunikacijski sistemi, ceste, mostovi idr. bi lahko preprečevali in zaustavljali obnovo elektroenergetskega omrežja celo za več mesecev).
- Visoke zahteve po reševalnih dejavnostih in nadomestnih virih energije (npr. po električnih agregatih in gorivu). Problem je, da imajo električni agregati le za nekaj ur ali dni goriva, pozneje pa ga bo treba spet dostaviti. Dlje časa ko bo izpad trajal, večje bo število agregatov, ki bodo prenehali delovati. To bo prizadelo tudi službe, ki so ključnega pomena za reševanje življenj. Čeprav imajo bolnišnice električne agregate, se je v New Yorku ob izpadu leta 2003 zgodilo, da v 58 bolnišnicah kar polovica električnih agregatov ni delovala. Agregati tudi niso ustvarjeni za dolgo delovanje in tako bi prišlo do presežka povpraševanja po agregatih nad ponudbo.
- Visoka potreba po množičnem reševanju in oskrbi, ki bo odvisna od prizadete infrastrukture zaradi pomanjkanja elektrike: sistemi za oskrbo z vodo in procesiranje odpadnih voda so še posebej ranljivi. Prvi posredovalci bodo šli skozi svoje majhne krize v večji krizi. Imeli bodo težave z dostavo hrane, zdravil, goriva, pojavljali se bodo različni problemi v povezavi z množičnimi migracijami, komunikacijski sistemi ne bodo delovali, prekinitve delovanja kemičnih tovarn bo lahko ogrožala zdravje itn. (Electric Infrastructure Protection Handbook, 2014, 74–86).

Vse človekove dejavnosti so večinoma odvisne od električne energije. Elekrika je gonilo sodobne družbe. Brez nje bi se družba pogreznila nazaj v srednji vek, saj številnih dejavnosti ne bi mogli opravljati ali pa bi potekale bistveno počasneje. Ob večjem izpadu električne energije bi se dodatno škoda iz posameznih dejavnosti prenesla v druge dejavnosti in na koncu bi imeli kompleksno situacijo onemogočenih dejavnosti, ki si jo je težko zamisliti. Ekstremni scenariji izpadov električne energije so strašljivi in težko predstavljeni, vendar ne moremo reči, da niso predvidljivi.

PRIPOROČILA ZA POVEČANJE DRUŽBENE ODPORNOSTI V REPUBLIKI SLOVENIJI

V nadaljevanju predstavljamo nekatera konkretna priporočila glede povečanja robustnosti oziroma odpornosti družbe ob večjih in daljših izpadih električne energije. Priporočila temeljijo na študijah zgoraj navedenih primerov izpadov električne energije in celovite analize sektorske pripravljenosti na večje izpade elektrike v Sloveniji.

1. Družbeno pomembne institucije morajo okrepiti svojo pozornost na morebiten negativni scenarij dalj časa trajajočega izpada električne energije. Razlogi so številni, ključno pa je, da bodo z boljšo pripravljenostjo ublažili institucionalno in posledično tudi širšo družbeno škodo, ki bi se pojavila ob daljši prekinitvi električne energije.
2. Slovenski elektroenergetski sistem je sicer dobro umeščen v evropski elektroenergetski sistem, vendar je dosedanja praksa pokazala, da v kritičnih trenutkih ostajamo sami. Preživetje oziroma neprekinjenost napajanja je v nekaterih scenarijih odvisna od lastnih zmogljivosti. To pomeni, da je treba krepiti in zagotavljati samozadostnost domačega elektroenergetskega sistema. Verjetnost izpadov in delnih ali celotnih razpadov se iz dneva v dan povečuje. Tega se je treba zavedati in ukrepati tako, da se morebitna škoda v podjetjih in gospodinjstvih čim bolj zmanjša, na primer z vpeljavo rezervnih napajalnih sistemov ali hranilnikov.
3. Primere preteklih izpadov električne energije je treba dobro preučiti, ugotovitve pa razširiti med institucije, ki predstavljajo družbeno infrastrukturo. Pri tem mislimo na interne in eksterne študije. Primeri večjih izpadov električne energije morajo voditi k oblikovanju spoznanj, ki bi pozitivno vplivala na izboljšanje pripravljenosti.

4. Infrastrukturne institucije naj preučijo scenarij izpada električne energije v celotnem obsegu, vključno s podscenariji, vzroki oziroma načini mogočega izpada in kratkoročnimi, srednjeročnimi ter morebitnimi dolgoročnimi posledicami. Poleg tega naj institucije ta scenarij uvrstijo med svoje načrte kriznega odzivanja, tiste, ki to že imajo uvrščeno med načrte, pa naj scenariju večjega izpada električne energije dajo prednost v primerjavi z drugimi nevarnimi dogodki.
5. V družbi je treba okrepiti poznavanje pomena nemotene dobave elektrike in pripravljenosti na večje izpade elektrike. Ciljno občinstvo so splošno prebivalstvo in vsi upravljavci vseh infrastruktur, vključno z zasebnimi infrastrukturami. To je mogoče le z boljšim poznavanjem aktualnih in preteklih primerov izpadov električne energije in njihovih posledic, z izobraževanjem, organiziranjem okroglih miz in konferenc ter z objavljanjem o tej tematiki.
6. Družbene institucije, odgovorne za načrtovanje ob nesrečah, morajo vključiti tudi scenarij daljšega izpada električne energije, če tega še niso storile. Organizirati je treba več vaj, ki preverjajo pripravljenost na daljše izpade električne energije.
7. Dodatno je treba proučiti negativno povezovalno med zagotavljanjem električne energije in delovanjem vseh IKT-sistemov. Pomembno je poznati mrežne učinke izpadanja elektrike na vse podsisteme in tudi časovne okvire njihovega nadaljnjega izpadanja.
8. Družbeno pomembne institucije naj vzpostavijo stik z naftnim podjetjem in sistemom varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami ter naj se pogovorijo o scenariju izpada električne energije, pripravljenosti in mogočem povečanju odpornosti ob tem dogodku.
9. Institucije morajo več pozornosti nameniti razvrščanju in prioritiziranju energetskega uporabnikov ter na splošno prilagajanju operativne dejavnosti ob izpadu električne energije. S smiselnim reorganiziranjem operativnih in podpornih dejavnosti je mogoče zmanjšati porabo reducirane električne energije in podaljšati čas odpornega delovanja institucije.
10. Delovanje električnih generatorjev je treba redno testirati, stare generatorje pa zamenjati. Na podlagi praktičnih preizkušenj (npr. žled) je treba oceniti zanesljive agregate in jih ločiti od manj zanesljivih sistemov. Manj zanesljive je treba zamenjati.
11. Institucije morajo poskrbeti za nakup kakovostnih električnih agregatov, pri starejših agregatih pa morajo še pozorneje preverjati zanesljivost njihovega vklopjanja.
12. Odgovorne osebe in vodje institucij morajo poznati čas avtonomije delovanja celotne organizacije na podlagi električnih agregatov. Priporočljivo bi bilo tako avtonomijo tudi občasno preveriti (ne le prehod na UPS² in generatorsko podprto delovanje, temveč tudi mogoči čas takega delovanja).
13. Na ravni občin in regij bi morali biti štabi civilne zaščite in druge ustrezne institucije seznanjeni z vsemi členi kritične infrastrukture na njihovem območju ter z njihovimi zmogljivostmi za odzivanje na izpad električne energije ter z zalogami (UPS/generatorji/gorivo). Zagotoviti je treba boljši pregled nad odpornostjo institucij in območij v povezavi z izpadi električne energije.
14. Na širši lokalni, regionalni in nacionalni ravni je treba ponovno in celoviteje določiti prioritizacijo uporabnikov goriva iz rezerv dobaviteljev in blagovnih rezerv glede na scenarij večjega izpada električne energije.
15. Na širši lokalni, regionalni in nacionalni ravni je treba oceniti, kdo ima kakšne zaloge električnih agregatov in kakšne kakovosti so ti agregati.
16. Priporočamo dobro prakso rednega izvajanja testiranja delovanja agregatov, pri čemer se izvede tudi obremenitveni test (prekinitev električne energije in preverba samodejnega vklopa UPS-sistemov in agregatnih sistemov).
17. Nujno je treba menjati UPS-naprave po preteku uporabnega roka.
18. Institucije morajo natančno vedeti, kateri sistemi oziroma delovni procesi se napajajo z rezervno energijo iz UPS-sistemov in električnih generatorjev. Lahko se zgodi, da nekateri ključni osnovni ali ključni podporni sistemi ne bodo delovali in posledično celotna institucija ne bo dobro delovala.
19. Institucije naj razmislijo o možnosti nakupa prenosnega agregata, ki je bolj mobilni in se da namestiti na različne lokacije.
20. Institucije naj zagotovijo zunanjo vtičnico za namestitev agregata. To je zelo priročna rešitev, ki zmanjša čas prehoda na nemoteno ali manj moteno delovanje.
21. Vzpostavitev lastnih sončnih elektrarn omili posledice izpadov električne energije, nikakor pa jih

² UPS (Uninterruptible Power Supply) sistemi prek baterijskih zalog zagotavljajo neprekinjeno napajanje z električno energijo.

ne odpravlja. Večinoma te elektrarne pokrijejo le del institucionalnih potreb po električni energiji. Institucije naj bodo pri njihovi gradnji usmerjene k čim večjemu pokrivanju lastne porabe, vendar je treba upoštevati, da je to mogoče predvsem na ravni letnega povprečja, ne pa med večjimi obremenitvami.

22. Pri nameščanju zunanjih ali stacionarnih agregatov v naseljenih ali poslovnih območjih je treba upoštevati zaznave javnosti in zagotoviti sprejemljivost take namestitve ali pa poiskati tehnično manj slišno rešitev. Prav tako je treba poudarjati, da gre za izjemne situacije, ki se pojavijo z majhno verjetnostjo, če pa se že pojavijo, koristi prevladajo nad pomanjkljivostmi.
23. Institucije naj prepoznajo ali še dodatno analizirajo dobro prakso preusmerjanja uporabnikov na druge organizacijske enote v okviru lastne organizacije med onemogočenim delovanjem zaradi izpada električne energije.
24. Država mora lokalno bolj deliti informacije z elektrodistributerji glede vključenosti v kritično infrastrukturo, vendar pa naj to izvede zakonito.
25. Ustrezne institucije naj vzpostavijo sporazume o medsebojni pomoči v kriznih razmerah (na lokalni, regionalni in nacionalni ravni), kar med drugim vključuje pomoč ob izpadu električne energije.
26. Institucije naj razmislijo glede možnosti uvedbe sistema internega opozarjanja glede izpada električne energije. V nekaterih primerih je to nujno za preprečitev večje škode.
27. Okrepiti je treba odpornost povprečnega gospodinjstva na izpade električne energije v Sloveniji. To je mogoče s spodbujanjem nameščanja sončnih celic, nakupom električnih generatorjev, ponovnim uvajanjem obveznih dimnikov pri

novogradnjah, z ohranjanjem klasičnih kurilnih naprav na drva, izobraževanjem, usposabljanjem, informiranjem itn.

SKLEPNE MISLI

Večji izpadi električne energije spadajo med dogodke z nizko verjetnostjo, a s precejšnjimi posledicami (angl. *low probability – high effect event*), kar pa ne zmanjšuje odgovornosti državnih organov, da zagotovijo ustrezno pripravljenost na tem področju. Vzroki za take izpade so številni, nastala škoda pa obsega vsa družbena področja in lahko sega celo do nepredstavljenih oblik postopnega razpadanja družbenega sistema.

V Sloveniji smo se do zdaj izognili večjim izpadom električne energije, razen žledu leta 2014. Ta nesreča je povzročila obsežne prekinitev v delovanju elektroenergetskega sistema. Veliko institucij se je prilagodilo tako, da je nabavilo električne generatorje in pripravilo načrte za primer izpada elektrike. Ugotovimo lahko, da je bil ta dogodek ključni sprožilec prilagoditev in izboljšav pripravljenosti na tem področju. Ker pa je žled prizadel le del Slovenije, se spoznanja in spremembe niso enakomerno razširili po vsej državi. Čaka nas torej uvajanje pomembnih ugotovitev ob večjih izpadih električne energije v delovanje slovenske kritične infrastrukture in drugih družbenih subjektov, vključno s povečanjem pripravljenosti gospodinjstev in posameznikov na tak scenarij. Tak scenarij se namreč lahko zgodi zaradi naravne nesreče, namernega kibernetkega ali terorističnega delovanja in ne nazadnje tudi zaradi vojaškega delovanja.

Viri in literatura

1. Behnert, M., Bruckner, T., 2018. Causes and effects of historical transmission grid collapses and implications for the German power system. Beiträge des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement, 3.
2. Besanger, Y., Eremia, M., Voropai, N., 2013. Major Grid Blackouts. Analysis, Classification, and Prevention. V: Eremia, M., Shahidehpour, M. (Urednik), Handbook of Electrical Power System Dynamics. Modelling, Stability, and Control, Wiley-IEEE Press, Hoboken, New Jersey, 789–863.
3. Bulovska, A., 2019. Undertaking measures following a complete world-wide power black-out. V: Toruń Model United Nations 2019; 27th to 29th September.
4. CIPedia, 2020. Blackout. <https://websites.fraunhofer.de/CIPedia/index.php/Blackout>, 22. 4. 2025.
5. Čepin, M., 2011. Assessment of Power System Reliability. London, Springer-Verlag.
6. Černý, M., 2013. Economic and Social Costs of Power Outages: The Case of Pakistan. Diplomsko delo. Prague, Charles University.
7. Mank, I., 2025. Energy Blackouts and Water Outages: A Risk Management Approach towards Raising Awareness and Assuming Responsibility. Magistrsko delo, Vienna, TU Wien.
8. Moyeed, A., 2016. Power cut off and Power Blackout in India a Major threat - An Overview. International Journal of Advancements in Research & Technology, 5 (7), 8-15.
9. Novosel, D., in drugi, 2004. Shedding light on blackouts. Studying the causes of system blackouts in an effort to better protect against and lessen the impact of future disturbances and speed up restoration. IEEE Power & Energy Magazine, januar-februar, 32–43.
10. Electric Infrastructure Protection Handbook, 2014. Volume 1, EIS Council. https://www.eiscouncil.org/App_Data/Upload/3dadf58f-7457-46bf-92a4-551c6608d925.pdf, 10. 10. 2020.
11. Electric Infrastructure Security Council (EIS Council). <https://www.eiscouncil.org/>.
12. European Commission, 2016. Review of current national rules and practices relating to risk preparedness in the area of security of

- electricity supply (Contract ENER/B4/ADM/2015-623/SI2.717165). Final report. Brussels, European Commission,
13. Eleschova, Ž., Belan, A., 2008. Blackout in the power system. *AT & P journal Plus*², 58–60.
14. Gray, R., 2019. What would happen in an apocalyptic blackout?. <https://www.bbc.com/future/article/20191023-what-would-happen-in-an-apocalyptic-blackout>, 28. 10. 2019.
15. Gutierrez, E., 2005. Time series analysis of European Grid Blackouts. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
16. Henneaux, P., in drugi, 2012. A level-1 probabilistic risk assessment to blackout hazard in transmission power systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 102, 41–52.
17. Hines, P., Apt, J., Talukdar, S., 2009. Large Blackouts in North America. Historical trends and policy implications. *Energy policy*, 37, 5249–5259.
18. Owens, C., 2019. The Blackout report. Wrex, Riello UPS, Ltd.
19. Pourbeik, P., in sod., 2006. Modern countermeasures to blackouts. *IEEE Power & Energy Magazine*, september–oktober, 36–45.
20. Power blackout risks – risk management options, 2011. Emerging Risk Initiative – Position Paper. Amsterdam, CRO Forum, november.
21. Prezelj, I., Kocjančič, K., Košnjek, Z., Kolak, A., 2022. E-armagedon: družbene posledice večjih izpadov električne energije. Ljubljana, Fakulteta za družbene vede, Založba FDV, 431 str.
22. Prezelj, I., Košnjek, Z., Bugeza, M., Kopše, D., Križanič, F., Kolšek, V., 2017. Elektroenergetska kritična infrastruktura v Sloveniji: scenariji izpadov električne energije in pomen kritične redundance. Ljubljana, Fakulteta za družbene vede, 163 str.