

Iztok Prezelj, Zvone Košnjek, Miroslav Bugeza, Damjan Kopše,
France Križanič in Vasja Kolšek

Elektroenergetska kritična infrastruktura v Sloveniji: scenariji izpadov električne energije in pomen kritične redundance

Ljubljana, 2017

Iztok Prezelj, Zvone Košnjek, Miroslav Bugeza, Damjan Kopše, France Križanič in
Vasja Kolšek

**Elektroenergetska kritična infrastruktura v Sloveniji:
scenariji izpadov električne energije in pomen kritične redundance**

Knjižna zbirka VARNOSTNE ŠTUDIJE
Urednik zbirke: Anton Grizold

Izdajatelj in založnik: Fakulteta za družbene vede, Založba FDV
Za založbo: Hermina Krajnc

Copyright © FDV, 2017
Fotokopiranje in razmnoževanje po delih in v celoti je prepovedano.
Vse pravice pridržane.

Recenzenta: **prof. dr. Rafael Mihalič** in **izr. prof. dr. Uroš Svete**
Jezikovni pregled: Barbara Korun

Naslovnica: Tanja Radež
Prelom: EMMA
Tisk: Cicero d. o. o.

Naklada: 200 izvodov

Ljubljana, 2017

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

621.311.1(082)

ELEKTROENERGETSKA kritična infrastruktura v Sloveniji : scenariji izpadov električne energije
in pomen kritične redundance / Iztok Prezelj ... [et al.]. - Ljubljana : Fakulteta za družbene vede,
2017. - (Knjižna zbirka Varnostne študije)

ISBN 978-961-235-822-8
1. Prezelj, Iztok
290840576

Kazalo

Povzetek	9
Abstract	9
Uvod	11
Kritična infrastruktura v Sloveniji in Evropski uniji	17
Opredelitev kritične infrastrukture in njenega pomena	20
Metode za določanje kritične infrastrukture	21
Evropska kritična infrastruktura – EKI	24
Slovenija in kritična infrastruktura	28
Infrastrukturni sektorji in njihove povezave	33
Številnost sektorjev kritične infrastrukture	35
Medsektorske povezave	37
Centralnost elektroenergetskega sektorja	37
Nemoteno delovanje kritične infrastrukture v luči sodobnih groženj 39	
Grožnje kritični infrastrukturi	41
Nujnost nemotenega zagotavljanja storitve	43
Kriteriji za ocenjevanje škode v primeru nedelovanja	43
Pomen sistemske odpornosti in redundance v primeru motenj delovanja	45
Elektroenergetski sistem v Sloveniji	47
Proizvodnja električne energije.....	50
Prenos električne energije in mednarodne povezave	57
Distribucija električne energije.....	60
Procesne povezave med elementi elektroenergetskega sistema	61
Delovanje v normalnih in nenormalnih obratovalnih stanjih.....	63
Sistemske storitve kot temelj zanesljive in kakovostne oskrbe z električno energijo	67
Vidik sistemskih storitev v elektroenergetskem sistemu.....	69
Termoelektrarna Brestanica kot steber zagotavljanja sistemskih storitev v Sloveniji.....	74

Zanesljivost proizvodnje in možni izpadi električne energije v Sloveniji	87
Vidik zagotavljanja električne energije in moči	89
Vidik nastanka škode ob prekinitvi verige dobave.....	106
Matrika za določanje kritičnosti in vloga TEB	129
Podrobnejša analiza treh scenarijev z aktivacijo TEB in brez nje	135
Razmislek o kritičnosti TEB v okviru elektroenergetskega sistema Republike Slovenije	139
Sklep	143
Literatura in viri.....	149
O avtorjih.....	157
Recenziji	161

Kazalo slik

Slika 1: Shema EES z označenimi letnimi pretoki energije za leto 2014 (TWh).....	49
Slika 2: Deleži proizvedene električne energije elektrarn v Sloveniji za (a) leto 2014 ter (b) povprečna letna proizvodnja desetletnega obdobja 2005–2014.....	51
Slika 3: Slovenske elektrarne z označenimi moči na pragu ter celotna letna proizvodnja električne energije iz teh elektrarn za leto 2014.....	52
Slika 4: Elektroenergetsko prenosno omrežje Slovenije.....	58
Slika 5: Čezmejni pretoki moči med elektroenergetskimi sistemi Slovenije in sosednjih držav (povprečje petletnega obdobja 2010–2014).....	59
Slika 6: Čezmejni pretoki moči (letno povprečje) med elektroenergetskimi sistemi Slovenije in sosednjih držav za posamezno leto (obdobje 2010–2014).....	60
Slika 7: Geografska razporeditev elektrodistribucijskih podjetij.....	61
Slika 8: Dnevni diagram porabe – december 2013.....	63
Slika 9: Dnevni diagram porabe – maj 2013.....	64
Slika 10: Normalna in motena obratovalna stanja EES.....	65
Slika 11: Regulacija frekvence.....	70
Slika 12: Letno število zagonov plinskih blokov TEB v obdobju 2010–2014.....	75
Slika 13: Letno število obratovalnih ur plinskih blokov TEB v obdobju 2010–2014.....	75
Slika 14: Vloga TEB v slovenskem EES.....	76
Slika 15: Število aktivacij TRR v preteklih letih.....	78
Slika 16: Intenzivnost odpovedi v življenjski dobi komponente.....	91
Slika 17: Možni obratovalni dogodki enot med letom.....	92
Slika 18: Inštalirane proizvodne zmogljivosti in odjem v EES.....	94
Slika 19: Letni diagram a) in urejeni letni diagram b) odjema na slovenskem prenosnem omrežju za leto 2014.....	95
Slika 20: Pokrivanje obremenitve.....	96
Slika 21: Nedobavljena električna energija.....	97
Slika 22: Opredelitev scenarijev glede na vsebino in tehnične z možnosti TEB ter njeno vlogo v sistemu.....	99
Slika 23: Diagram vzpostavitve delovanja omrežja v 20 urah.....	104
Slika 24: Diagram vzpostavitve delovanja omrežja v 72 urah.....	104
Slika 25: Kritičnost vseh scenarijev.....	134
Slika 26: Preskok kritičnosti izbranih scenarijev v primeru neaktivacije TEB.....	137

Kazalo tabel

Tabela 1: Spisek sektorjev in podsektorjev kritične infrastrukture	36
Tabela 2: Aktivacije TRR v preteklih letih	77
Tabela 3: Zahtevani parametri produktov TRR za leto 2015	78
Tabela 4: Verjetnosti izpadov posameznih elementov EES (EFOR faktor)	99
Tabela 5: Izpadi dobave električne energije po scenarijih	105
Tabela 6: Direktna škoda ob izpadu dobave električne energije	108
Tabela 7: Neposredni in posredni vpliv izpada dobave električne energije po scenariju 5 (3,36 mio EUR direktne škode), agregatno	112
Tabela 8: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije po scenariju 12b – 1562,22 mio EUR direktne škode, agregatno	113
Tabela 9: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije po scenariju 12b, rezultati po panogah	114
Tabela 10: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije po scenariju 12b, produkcijski faktorji in davki po panogah (milijoni evrov)	116
Tabela 11: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije po scenariju 8 – 112,9 mio EUR direktne škode, agregatno	119
Tabela 12: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije iz TEB po scenariju 5, agregatno	120
Tabela 13: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije iz TEB po scenariju 8, agregatno	121
Tabela 14: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije iz TEB po scenariju 12b – 140,31 mio EUR direktne škode, agregatno	122
Tabela 15: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije iz TEB po scenariju 12b – 140,31 mio EUR direktne škode; rezultati po panogah	124
Tabela 16: Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije iz TEB po scenariju 12b – 140,31 mio EUR direktne škode; produkcijski faktorji in davki po panogah	126
Tabela 17: Verjetnosti in škode izpadov v elektroenergetskem sistemu po scenarijih	132
Tabela 18: Splošna matrika kritičnosti	132
Tabela 19: Skupna matrika kritičnosti vseh scenarijev (z aktivacijo TEB)	133
Tabela 20: Verjetnosti in škode izpadov v elektroenergetskem sistemu za izbrane scenarije	135
Tabela 21: Matrika kritičnosti za scenarij 5, 8 in 12b: prikazana škoda izpada z aktivacijo TEB in škoda brez aktivacije TEB (S5, S8 in S12b z TEB in S5, S8 in S12b brez TEB)	136

Seznam uporabljenih kratic

AE	Agencija za energijo
BDP	bruto domači proizvod
ČHE	črpalna hidroelektrarna
DEM	Dravske elektrarne Maribor
DV	daljnovod
EES	elektroenergetski sistem
EFOR	ekvivalentna nenačrtovana nerazpoložljivost (angl. equivalent forced outage rate)
EKI	evropska kritična infrastruktura
EKS	Energetski koncept Slovenije
ENS	pričakovana nedobavljena energija (angl. energy not supplied)
ENTSO-E	evropsko združenje sistemskih operaterjev prenosnega električnega omrežja (angl. the european network of transmission system operators for electricity)
EPCIP	evropski program zaščite kritične infrastrukture
EU	Evropska unija
EZ	Energetski zakon
FACTS	naprave za krmiljenje pretokov moči (angl. flexible AC transmission systems)
FOR	nenačrtovana nerazpoložljivost (angl. forced outage rate)
HE	hidroelektrarna
HESS	Hidroelektrarne na spodnji Savi
HOPS	hrvaški sistemski operater
IKT	informacijska in komunikacijska tehnologija
JE	jedrsko elektrarna
KOEL	kurilno olje, ekstra lahko (po SIST 1011)
LCoE	levelized cost of energy
LOLE	pričakovani izpad pokrivanja porabe (angl. loss of load expectancy)
LOLP	verjetnosti izgube napajanja bremena (angl. loss of load probability)
MORS	Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije
NEK	Nuklearna elektrarna Krško
NN	nizka napetost
OVE	obnovljivi viri energije
PB	plinski blok

RS	Republika Slovenija
RTP	razdelilna transformatorska postaja
RV	razpršeni viri
SEL	Savske elektrarne Ljubljana
SENG	Soške elektrarne Nova Gorica
SN	srednja napetost
SODO	sistemski operater distribucijskega omrežja električne energije
SONPO	Sistemska obratovalna navodila prenosnega omrežja električne energije
SOPO	sistemski operater prenosnega omrežja električne energije
SPTTE	soproizvodnja toplote in električne energije
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
TE	termoelektrarna
TEB	Termoelektrarna Brestanica
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
TET	Termoelektrarna Trbovlje
TE-TOL	Termoelektrarna-toplarna Ljubljana
TRR	terciarna regulacijska rezerva
VN	visoka napetost
VOLL	vrednost nezadostnega napajanja (angl. value of lost load)
ZP	zemeljski plin

Povzetek

Elektroenergetska infrastruktura je ena od najbolj pomembnih družbenih infrastruktur, katere nedelovanje ali omejeno delovanje bi povzročilo veliko družbeno škodo in v določenih pogojih celo krizne razmere širših razsežnosti. Z družbeno navezanostjo na elektriko naraščajo naša odvisnost od te vrste energije in s tem povezana tveganja. Namen te knjige je predstaviti elektroenergetske infrastrukturo kot kritično infrastrukturo in izpostaviti nekatere vidike te kritičnosti. Ta znanstvena monografija je rezultat interdisciplinarnega sodelovanja znanstvenikov in strokovnjakov različnih profilov, kot so elektroenergetika, ekonomija in obramboslovje oziroma varnostne študije, in predstavlja analizo regulacije zagotavljanja nemotene dobave električne energije v nepredvidljivih družbenih okoliščinah. Ob tem prinaša tudi rezultate zahtevnega eksperimenta, ki kažejo kritičnost raznovrstnih izpadov električne energije v RS in pomembne blažitvene vloge določenih proizvajalcev električne energije.

Besedilo najprej razloži pomen kritične infrastrukture, njeno multisekorsko strukturo, opozori na osrednji pomen elektroenergetskega sektorja med kritičnimi infrastrukturami in na pristop Slovenije pri določanju kritične infrastrukture ter predstavi uporabljene kriterije. Ključna ideja študije je koncept sistemske redundance, ki ga apliciramo na področje slovenske elektroenergetike. Za izhodišče smo vzeli večje število scenarijev izpadov dobavljanja električne energije in ekonometrično ocenili njihovo gospodarsko škodo. Izkaže se, da je ta škoda ogromna, vendar pa se lahko bistveno zmanjša z aktivacijo mehanizmov sistemske redundance, kot je TEB.

Knjiga v zaključku odgovarja na nekatera pomembna vprašanja v zvezi s kritično infrastrukturo, razjasni širok spekter škode in njeno velikost v primeru izpadov električne energije in opozori na vlogo redundance pri zaščiti kritične infrastrukture v elektroenergetskem sektorju.

Abstract

Critical Electric Infrastructure in Slovenia: Scenarios of Electric Power Outages and the Importance of Critical Redundancy

Electric power infrastructure has been one of the most important social infrastructures. Its complete or partial malfunction could create high social damage

and, in some circumstances, even large crisis situations. Social reliance on the electric energy is increasing, and so does our dependence on this source of energy as well as related risks. The purpose of this book is to present the electric power infrastructure as critical infrastructure and analyse some aspects of this criticality. The book is resulting from interdisciplinary cooperation among scientists and experts from different fields, such as electroscience, economics as well as defence & security studies. The book represents an assessment of the regulation of electricity supply in unpredictable social circumstances, while, simultaneously, it also displays an experiment that shows various critical scenarios of electric power outages in Slovenia and, additionally, reflects upon the importance of the mitigation role of some actors in this system.

The book is focused on the meaning of critical infrastructure, i.e. its multi-sectoral structure, on the centrality of electric power sector, as well as on the approach to define critical infrastructure and the criteria used by Slovenia. The key idea of the book is the concept of system redundancy and its application to the field of electric power in Slovenia. In order to show this, several outage scenarios were created and the related socio-economic damage was econometrically assessed on the next stage. The results show huge economic damage, which can be significantly reduced by activating the mechanisms of system redundancy, such as the Thermoelectric Power Plant Brestanica.

In the conclusion of the book some delicate questions related to critical infrastructure are answered; the broad spectrum and high value of damage in case of electric power outages are explained; and, finally, the role of redundancy in the protection of critical infrastructure of the electric power sector is exposed.

Uvod

Varnostna pozornost se je v zadnjih petnajstih letih osredotočala predvsem na ogroženost oziroma varnost ljudi in ključnih družbenih infrastrukturnih sistemov. Kritična infrastruktura v tem smislu predstavlja vezni člen med ljudmi in tehnološkimi sistemi, saj odraža visoko stopnjo družbene (človeške) odvisnosti od sodobnih tehnoloških sistemov. Področje ali sektor elektroenergetike ni nobena izjema, saj njegovo potencialno nedelovanje lahko povzroči veliko družbeno škodo, ki bi pod določenimi pogoji lahko prerasla v krizo širših razsežnosti. Takšen pogled na družbeno infrastrukturo ima korenine v eksistenčnih in varnostnih razlogih za morebitno nedelovanje infrastrukture in za morebitne varnostne posledice.

Kritična infrastruktura v svojem bistvu zajema ključne procese in objekte, ki so med seboj bolj ali manj povezani. Pri tem gre tudi za specifično obliko socio-tehničnih sistemov, ki družbi omogočajo nemoteno in stabilno delovanje. To pomeni, da govorimo o specifični kombinaciji organizacijskih in tehničnih sistemov. Sem sodijo predvsem energetske, prometne, telekomunikacijske, informacijske, finančne, zdravstvene in drugi sistemi, katerih moteno delovanje bi lahko ogrozilo stabilnost in celo varnost sodobne družbe in države.

Poleg poudarjanja velike odvisnosti družbe od teh sistemov [1] je bilo ugotovljeno in poudarjeno, da družbena odvisnost od kritične infrastrukture vedno bolj narašča [2], kar z drugimi besedami pomeni, da narašča ranljivost zaradi potencialnih infrastrukturnih motenj. Koubatis in Schonberger [3] sta celo ocenila, da brez teh sistemov ni mogoče niti razmišljati o normalnem življenju.

Širši kontekst kritične infrastrukture, kot ga opredeljujeta evropska in slovenska zakonodaja, izpostavlja pomen zanesljivega delovanja elektroenergetskega sektorja za družbo. Izjemnega pomena je tudi velika prepletenost različnih sektorjev v sodobni družbi, s čimer se poveča njihova soodvisnost. Dolgotrajnejši izpad v določenem sektorju povzroča motnje pri delovanju ostalih sektorjev. Nastalo bi nepredvidljivo stanje in vprašanje je, v kolikšni meri je naša družba pripravljena na delovanje v takih razmerah. Škode, ki bi pri tem nastale, so lahko zelo velike. Vprašanje je, ali jih sploh znamo napovedati in oceniti. Če da, potem se zastavlja tudi vprašanje, s kolikšno natančnostjo lahko to naredimo.

Namen te knjige je predstaviti elektroenergetsko infrastrukturo kot kritično infrastrukturo in izpostaviti nekatere vidike te kritičnosti. Naj poudarimo, da gre le za izpostavitev nekaterih vidikov kritičnosti, saj je kritičnost električne

energije možno ocenjevati z veliko različnih zornih kotov. Ta knjiga je rezultat sodelovanja znanstvenikov in strokovnjakov različnih profilov, kot so elektroenergetika, ekonomija in obramboslovje oziroma varnostne vede. Avtorji bi se radi zahvalili Termoelektrarni Brestanica, ki je prepoznala kompleksnost zagotavljanja električne energije v sodobnem mednarodnem varnostnem okolju, ki je vedno bolj nepredvidljivo. Energetika je ključna za nemoten razvoj Slovenije in ni je mogoče gledati zgolj skozi vidike ene same stroke. Logika ekonomske učinkovitosti vitkih sistemov je odlična z ekonomskega vidika, z vidika preživetja in zagotavljanja stabilnosti in varnosti slovenske družbe pa je preozka. Oskrba z električno energijo je vitalno področje, katerega upravljanje brez upoštevanja določenih eksistenčnih, varnostnih in medsektorskih mrežnih povezav ne vodi k ohranjanju stabilne družbe v nepredvidljivi prihodnosti. To bi bilo celo neodgovorno, nekompetentno in družbeno škodljivo.

Tako besedilo v prvem poglavju razloži pojem in pomen kritične infrastrukture v sodobni družbi ter navede ključne metode za določanje kritičnosti družbene infrastrukture. Prav tako pojasni tudi razumevanje kritične infrastrukture z vidika EU in Republike Slovenije. V tem delu pojasnjujemo, kako se je Slovenija lotila določanja kritične infrastrukture, katere dokumente je sprejela in kakšne kriterije je postavila. V drugem poglavju izpostavimo razdeljenost družbene infrastrukture na številne sektorje in problem njihove eksplicitne ter implicitne povezanosti, kar nemalokdaj predstavlja težavo pri načrtovanju in izvajanju odzivanja v okviru zaščite kritične infrastrukture in v okviru kriznega menedžmenta. Dodatno je pojasnjen še osrednji pomen elektroenergetskega sektorja med številnimi sektorji kritične infrastrukture. V tretjem poglavju pojasnjujemo nujnost nemotenega delovanja kritične infrastrukture, kar na področju proučevanja pomeni nujnost zagotavljanja storitve, to je dobavljanja elektrike vsem naročnikom. V tem smislu pojasnjujemo spekter groženj delovanju kritične infrastrukture in kriterije za ocenjevanje škode v primeru motenja te infrastrukture oziroma njenega nedelovanja. Izjemno pomembno poglavje pojasnjuje pomen sistemske odpornosti v primeru motenj in šokov ter opredeljuje koncept *redundance*. Ta koncept ima dvojni učinek: koristen je v obdobju šokov in motenj, ker zagotavlja funkcionalnost sistema, odvečen pa je z ozkega finančno-investicijskega vidika. Kljub temu na tem konceptu utemeljujemo sporočilo te študije, saj se njegova logika in logika zaščite kritične infrastrukture popolnoma ujemata: obe izpostavljata nujnost nemotenega delovanja vitalne družbene infrastrukture.

V četrtem poglavju analiziramo elektroenergetski sistem skozi prizmo proizvodnje in prenosa oziroma distribucije električne energije do uporabnikov. Še posebej pomembna za razumevanje kritičnosti energetike je predstavitev

normalnega in nenormalnega obratovalnega stanja v sistemu. Pri slednjem gre za različne stopnje, ki lahko v končni fazi vodijo do razpada elektroenergetskega omrežja in nujnosti njegove ponovne vzpostavitve. V petem poglavju pojasnjujemo vlogo sistemskih storitev kot temelja zanesljive oskrbe z električno energijo. V tem smislu pojasnimo potek primarne, sekundarne in terciarne regulacije ter pomembno vlogo Termoelektrarne Brestanica pri tem. Termoelektrarna Brestanica predstavlja ključno terciarno regulacijsko rezervo v RS, saj zaradi možnosti zagona agregatov brez zunanjega napajanja omogoča novo vzpostavitev elektroenergetskega sistema po njegovem razpadu in omogoča napajanje NEK v primeru težav v tej elektrarni. S slednjim se bistveno zmanjša ranljivost NEK in poveča stopnja jedrske varnosti v RS. Poleg tega predstavljamo še tržne vidike zagotavljanja terciarne rezerve električne energije v Sloveniji ter različnih tujih državah.

Šesto poglavje orisuje zanesljivost proizvodnje električne energije v Sloveniji, možne izpade, ekonomsko oceno škode teh izpadov in načine kompenzacije s strani Termoelektrarne Brestanica in nekaterih drugih proizvajalcev električne energije. To poglavje je ključno v smislu opozarjanja na odvisnost slovenske družbe od električne energije, velike škode v primeru prekinitev dobave električne energije in na ključne načine preprečevanja razkoraka med proizvedeno in porabljeno energijo v primeru takšnih kriznih dogodkov. V prvem delu opredeljujemo zanesljivost delovanja elektroenergetskega sistema, kjer mora biti odjem v vsakem trenutku uravnotežen s proizvodnjo električne energije. Možna kompenzacija je tudi uvoz električne energije, vendar pa smo tu izpostavljeni tveganju preobremenitve mednarodnih povezav ali pa celo situaciji, ko v tujini ni možno nabaviti električne energije oziroma bi bila ta nerazumno draga (zaradi kriznih razmer mednarodne razsežnosti). Nato smo oblikovali 13 scenarijev izpadov električne energije različnega obsega: od prekinitev daljnovodnih povezav, okvar RTP, izpadov posameznih ali večih blokov elektrarn, izpadov uvoza, izpadov NEK, do razpadov omrežja. Za vsak scenarij je določena višina primanjkljaja električne energije v MW, čas izpada in način nadomeščanja manjkajoče energije s pomočjo TEB ali drugih virov. Pri tem velja poudariti, da ni mogoče zajeti vseh možnih scenarijev, ki se lahko uresničijo v praksi, ker jih je preveč za eno knjigo. Vendar pa smo zajeli spekter reprezentativnih ter bolj ali manj verjetnih scenarijev, ki imajo svojo uporabno vrednost glede posledic izpadov. Z nekaterimi smo se v praksi že pogosto srečali, drugi pa bi v primeru uresničitve predstavljali izjemno hud problem za upravljalce slovenskega elektroenergetskega sistema in celo za slovensko družbo. Za vsak scenarij so v nadaljevanju prikazani izračuni nastale škode. Aktivacija TEB se tu izkaže kot sredstvo redundance, ki zmanjšuje nastale škode in mnogokrat

preprečuje razpad elektroenergetskega sistema. Z uporabo posebnih formul so na izbranih scenarijih prikazani gospodarski učinki izpadov po različnih panogah v celotni Sloveniji in tudi vplivi na produkcijo, dodano vrednost, poslovne presežke, davke, sredstva za R&D, uvoz ipd.

V zadnjem delu knjige apliciramo matriko za določanje kritičnosti infrastrukture na področje našega proučevanja. Vsak omenjeni scenarij smo uvrstili v matriko glede na njegovo verjetnost (preteklo pogostnost pojavljanja) in predvidljivo škodo v milijonih evrov. Scenariji se tako razvrstijo na različne stopnje kritičnosti za slovenski elektroenergetski sistem, bistveno pa je to, da se njihova kritičnost še poveča, če se ne vključuje TEB kot temeljni redundančni sistem proizvodnje in dobavljanja električne energije. V zadnjem poglavju razpravljamo konkretno o vlogi Termoelektrarne Brestanica v elektroenergetskem sistemu RS. Glede na vse rezultate našega proučevanja lahko ugotovimo, da TEB predstavlja ključen redundančni objekt elektroenergetske kritične infrastrukture. Ti rezultati postavljajo obstoječe kriterije za določanje kritične infrastrukture pred nove okoliščine, ki jih bo treba tako ali drugače upoštevati v prihodnosti.

Knjiga bolj ali manj neposredno odpira tudi vprašanja, kaj so sploh objekti kritične elektroenergetske infrastrukture, na osnovi kakšnih kriterijev določamo takšne objekte, ali so ti kriteriji popolnoma objektivni, ali so skozi čas spremenljivi, ali se sploh zavedamo družbene in ekonomske škode, ki bi jo povzročili večji izpadi električne energije v Sloveniji, ali se v primeru pomanjkanja električne energije zaradi izpadov želimo zanašati predvsem na mednarodni trg z električno energijo, ali res lahko verjamemo, da bo ta trg benevolentno in poceni prodajal električno energijo Sloveniji v primeru večjih in dolgotrajnejših mednarodnih izpadov električne energije, ali imamo varovalke eksistence in stabilnosti celotne slovenske družbe na področju elektroenergetike in kje te so itd. Najslabši scenarij v primeru dolgotrajnejšega izpada električne energije je varnostni scenarij. Ali mislimo, da se kaj takega v prihodnosti človeštva ne more zgoditi, še posebej pa ne na območju Slovenije?

Knjiga z navedeno vsebino je namenjena različnim znanstvenikom in strokovnjakom, ki se v Sloveniji neposredno ali posredno ukvarjajo z zagotavljanjem nemotene proizvodnje in dobave električne energije, s kritično infrastrukturo, ekonomijo in nacionalno varnostjo, kriznemu menedžmentu in z njim povezanim odzivanjem na nesreče. Predstavlja dokaj enostaven pregled regulacije zagotavljanja nemotene dobave električne energije v nepredvidljivih družbenih okoliščinah, hkrati pa odraža tudi rezultate zahtevnega eksperimenta s ciljem prikazati kritičnost raznovrstnih izpadov električne energije v RS in pomembne blažilne vloge TEB. Knjiga je namenjena tudi

širši javnosti in študentom omenjenih področij, da bi bolje razumeli pomen energetike za vitalnost naše družbe oziroma za njeno varnost. Torej ne gre za klasičen proizvod naravoslovne ali družboslovne znanosti, ampak je odraz izjemnega interdisciplinarnega sodelovanja med strokovnjaki vseh navedenih profilov.

Razprave ob predstavitvah ugotovitev avtorjev te knjige in obstoječa literatura o kritični infrastrukturi v Sloveniji so pokazale, da je pred nami še dolga pot vrednotenja kritičnosti elektroenergetskih sistemov v Sloveniji, pa tudi, da nas čaka še veliko izzivov pri zagotavljanju zaščite tovrstne infrastrukture v funkcionalnem, fizičnem, kibernetičnem in drugem pomenu. Ta knjiga predstavlja le drobno kapljico na poti povečevanja zavedanja vedno večjih tveganj, s katerimi se kot razvita družba soočamo. Odgovornost vodij te družbe pa je, da posrkajo vse kapljice znanja in ga pretvorijo v modrost svojih odločitev, s katerimi bodo branili stabilnost in prihodnost slovenske družbe.

Kritična infrastruktura v Sloveniji in Evropski uniji

Namen tega poglavja je opredeliti kritično infrastrukturo in prikazati njen pomen. V drugem delu poglavja predstavljamo metode za določanje kritične infrastrukture, v nadaljevanju pa tudi prikažemo procese določanja evropske kritične infrastrukture in nekatere vidike stanja na področju kritične infrastrukture v Republiki Sloveniji.

Opredelitev termina *kritična infrastruktura* je ključnega pomena z vidika teorije in prakse zagotavljanja zaščite kritične infrastrukture. Od same opredelitve so odvisne metode določanja kritične infrastrukture v vsaki državi. Problem je v tem, da obstaja več opredelitev kritične infrastrukture, poleg tega pa še več metod njenega določanja. Nekatere metode obstajajo le kot teoretične ideje, druge pa so bile že uporabljene v praksi. Njihova uporaba vedno vodi v določitev, kateri konkretni objekti ali procesi so kritični, vendar je treba razumeti, da se na tej točki zgodba zaščite šele začne. Hkrati se je treba tudi vprašati, ali uporabljena metoda določanja kritičnosti morda ni izpustila katerega od objektov, ali smo upoštevali vse možne scenarije, čez koliko časa naj se ponovno izvede določitev kritičnih objektov, kaj storiti z interesi nosilcev kritične infrastrukture, ki to ne želijo postati, ali pa kaj storiti z interesi tistih, ki želijo postati kritična infrastruktura.

Kritičnost infrastruktur pa ni samo tema na ravni posameznih držav. Celotna Evropa je skupek med seboj povezanih infrastruktur. Te povezave se večinoma uresničujejo pozitivno, občasno pa žal lahko služijo za prenos motenj v čezdržavnem kontekstu. Tak prenos motenj takoj postane mednarodni problem, iz preteklosti poznamo kar nekaj takšnih primerov. Iz tega razloga se je Evropska komisija odločila sprožiti proces določanja kritične infrastrukture v kontekstu EU. Identificirani objekti so objekti evropske kritične infrastrukture (EKI).

Slovenija ne sodi med države, ki so avtorice koncepta kritične infrastrukture, zato tudi ne sodi med prve evropske države, ki so aplicirale koncept kritične infrastrukture in njene zaščite v praksi. Določitev kritične infrastrukture v Sloveniji je bila tako posledica trendov v evropskih državah in pobude s strani EU, da vsaka država na svojem območju identificira evropsko kritično infrastrukturo. Slovenija se je odzvala preudarno in v zvezi s tem financirala obsežno primerjalno študijo, ki je prikazala trende v tujih državah, procese v EU in postavila izhodišča za določanje kritične infrastrukture. Projekt je izvedel Obramboslovni raziskovalni center pri FDV (glej [20]), njegovo bistvo pa je v tem, da je z vsemi relevantnimi akterji infrastrukturnih sektorjev podal prvo identifikacijo kritičnih objektov in procesov v celotni državi. Projekt ni opravil samo raziskovalne vloge, temveč celo »policy-making« vlogo za to področje v Sloveniji. V tem poglavju pojasnujemo kasnejši proces politik določanja kritične infrastrukture v RS.

Opredelitev kritične infrastrukture in njenega pomena

Pojmovanje kritične infrastrukture se je skozi čas spremenilo zaradi razvoja tehnologije in vzpona terorizma kot globalno pomembne grožnje varnosti. Nekoč se je med kritično infrastrukturo uvrščalo vse tiste infrastrukture, katerih daljše motenje bi lahko povzročilo večje vojaške in ekonomske posledice ([4], Moteff v [17]), danes pa govorimo o vseh infrastrukturah, na katerih temelji sodobni način življenja. Sem sodijo predvsem transportni sistemi (cestni, zračni, pomorski in železniški), telekomunikacijski in informacijski sistemi, elektroenergetski sistemi (elektrika, nafta, plin), finančni in bančni sistemi, sistemi preskrbe z vodo, sistemi preskrbe s hrano itd. Nekatere države pod kritično infrastrukturo uvrščajo tudi državne institucije, reševalne službe (vključno z javnim zdravstvom), kemično industrijo in celo nacionalne sponenike ipd. Dandanes je kritična infrastruktura torej izjemno široka kategorija, kar je pogojeno s spreminjanjem zaznavanja ogrožanja varnosti. Lewis [6] celo meni, da je težko identificirati sektorje, ki niso v nekem smislu kritični. Dunnova [4] je tozadevno ugotovila, da je delni razlog spreminjanja v tem, da je opredeljevanje kritične infrastrukture subjektivna kategorija (»lies in the eyes of the beholder«), Moteff in Parfomak [7] pa sta izpostavljala pomen konteksta, ki vpliva na razumevanje kritične infrastrukture.

Kaj vse torej danes zajema sodobno pojmovanje nacionalne kritične infrastrukture? Schulman in Roe [8] opredeljujeta kritično infrastrukturo kot temeljne zmogljivosti, tehnične sisteme in organizacije, ki zagotavljajo delovne družbe. Vse navedeno omogoča zagotavljanje velikega spektra družbenih aktivnosti, dobrin in storitev. Infrastrukture so po svoji naravi večnamenske. Pommerening [9] ugotavlja, da so infrastrukture kritične zato, ker so nujne za delovanje sodobnih družb in ker gre za velike tehnične sisteme, ki so še posebej ranljivi za raznovrstne motnje. Po Auerswaldu, Branscombu, La Portu in Michel-Kerjanu [10] pa je infrastruktura kritična vedno, ko so storitve, ki jih zagotavlja, kritične za nacionalno varnost. Reinermann in Weber [11] menita, da je kritični infrastrukturni sektor tisti, katerega motenje bi lahko imelo resne posledice za družbo. Schulman in Roe [8] pa v tovrstno pojmovanje kritičnosti prinašata razumevanje, ki izpostavlja kritičnost posameznega sektorja ravno zaradi posledic njegovega nedelovanja na druge družbene dejavnosti in zmogljivosti. Varnostni pomen kritične infrastrukture je torej mogoče videti še posebej v varnostnih razsežnostih posledic njenega nedelovanja oziroma omejenega delovanja. Če ljudje ne bi imeli na voljo učinkovite preskrbe s

hrano, z vodo, s temeljnimi energenti, kot so elektrika, nafta in plin, poleg tega pa ne bi delovali sistemi za izvajanje plačilnih prenosov ali sistemi zdravstvene oskrbe, bi skoraj zagotovo prišlo do specifične družbene krize. V primeru neuspešnega obvladovanja takšne krize bi zagotovo prišlo do varnostnih situacij, v katerih bi bil ogrožen fizični obstoj posameznikov.

Mnogi avtorji [2], [12], [6], [13], [8] opredeljujejo kritično infrastrukturo kot mreže, ki zagotavljajo prometne, finančne, komunikacijske, preskrbne, elektroenergetske in podobne transakcije. Dokaj podobno pojmuje kritično infrastrukturo tudi Michel-Kerjan [14], ki jo opredeljuje kot kompleksni sistem med seboj vedno bolj povezanih elementov. V kritično infrastrukturo uvršča industrije, institucije in distribucijske mreže ter sisteme, ki zagotavljajo neprekinjen tok dobrin in storitev, nujnih za varnost in blagostanje prebivalstva. Obstaja še mnogo drugih avtorjev, ki pa predvsem ponavljajo katero od državnih opredelitev kritične infrastrukture (še posebej pogosto ameriško opredelitev).

Zagotavljanje zaščite kritične infrastrukture naj bi temeljilo na dobro utemeljenem razumevanju le-te. Ena od prvih predpostavk zaščite kritične infrastrukture je namreč v razumevanju, kaj je kritično pri vsaki od relevantnih infrastruktur (torej znotraj vsakega infrastrukturnega sektorja).

Metode za določanje kritične infrastrukture

V literaturi in praksi lahko opazimo veliko množico različnih pristopov za določanje kritične infrastrukture. Na osnovi opredelitve kritične infrastrukture bi lahko sklepali, da je določitev kritične infrastrukture enostaven metodološki proces, vendar ni tako.¹ Izpostavimo lahko tri bistvene težave, ki otežujejo rabo enostavnih metod za določanje kritičnosti:

1. Prva težava izhaja iz dejstva, da razumevanje kritičnosti vendarle ni absolutna kategorija, ki bi bila povsod enaka. Težava je v tem, da se opredelitev kritičnosti spreminja skozi čas, saj gre za subjektivni proces označevanja

¹ Denimo Radvanovsky [15] navaja, da je ameriško ministrstvo za domovinsko varnost v nacionalni bazi 33.000 relevantnih objektov označilo le 5 odstotkov (ali 1.700) objektov za kritične. Zaradi nesoglasij med zvezno, državno in lokalno oblastjo ter zasebnim sektorjem glede kritičnosti je sestavljanje konsenzualnega spiska kritične infrastrukture stalen izziv ameriškega novega ministrstva.