

# Koncepti stacionarne zanesljivosti napajanja zasilne razsvetljave

Igor Vidali<sup>1</sup>, Jože Voršič<sup>2</sup>

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija  
E-pošta: igor.vidali@gmail.com, vorsi@uni-mb.si

**Povzetek.** V nalogi je predstavljena primerjava zanesljivosti oziroma razpoložljivosti med sistemoma zasilne razsvetljave, ki sta napajana s centralno ali lokalno baterijo. Kot že samo ime pove imamo sistem, kjer z enega mesta, z eno večjo baterijo napajamo zasilne svetilke in sistem, kjer ima vsaka zasilna svetilka svojo baterijo. Opisane so osnove in razdelitev zasilne razsvetljave ter razlike med obema sistemoma napajanja. V članku se obravnava zanesljivost glede na ustreznost sistema, kar se nanaša na statično obratovanje. Za primerjavo med obema sistemoma napajanja uporabljamo metodo prostora stanj, ki ga opišemo z markovskim modelom. Razpoložljivost primerjamo splošno, za vse sisteme lokalnega ali centralnega napajanja, sisteme pa razdelimo tudi na tri velikostne razrede.

**Ključne besede:** zasilna razsvetljava, zanesljivost, razpoložljivost

## The Stationary-reliability concepts in emergency lighting

**Extended abstract.** Power supply systems may fail at any time, either as a result of severe weather, fire, construction work or overloads. In serious cases, it must be possible for people to leave buildings safely and for rescue services to be deployed. This is the reason for using emergency lighting described in Chapter 1 [1]. In the paper, two power supply systems in emergency lighting; are compared i.e. the locally- and centrally- supplied emergency lamps. Their reliability described in Chapter 2 in compared [2] [3]. Their availability is described with Eqs. 10 to 17 used in our comparison, given in Chapter 3.

First a general comparison between the error frequency and emergency lamp failure is given in graphs 1, 2 and 3 where it can be seen that the lamp error frequency of a locally-supplied lamp is bigger than the one centrally supplied, but it can be repaired more quickly (graph 2). The emergency systems are divided in three groups depending on the size of the system presented in table 1. Here these are small (up to 70 emergency lamps installed), medium (from 70 to 500 emergency lamps) and large (greater than 500 lamps) plants. The comparison of the lamp error frequency is the same for all the three sizes because this parameter depends on the lifespan of components of the emergency lamp is made of. The lifespan of batteries and bulbs is the same in each plant. Table 1 shows the actual number of lamps and times needed to repair the components. This is why failures given in graphs 5 and 6 for the centrally supplied emergency lamps are different.

It can be seen that the availability, and thus the error frequency, is less problematic with the central-supplied lamps but the repair takes less time with locally supplied lamp with, the exception of the centrally-supplied lamps in small objects. In this work, the lamp reliability is studied under static states

to allow for an adequate availability. Further investigations will also include dynamic states, such as short circuits on the lamp, fire, demolition part of the object and other sudden events to capture safety aspects of lighting.

**Keywords:** emergency lighting, reliability, availability

## 1 Uvod

Potreba po zasilni razsvetljavi nastaja zaradi možnosti izpada napajalnega sistema, ki lahko nastane v vsakem trenutku kot posledica neprizanesljivih vremenskih pojavov, požara, gradbenih del ali preobremenitve električnega sistema. V izrednih in nevarnih razmerah je treba ljudem omogočiti varno evakuacijo iz stavbe in omogočiti posredovanje reševalnim ekipam [1].



Zdaj se v objektih, kjer je treba vgraditi zasilno razsvetljavo, uporabljata dva sistema; s centralnim napajanjem in sistem z lokalnim napajanjem. Pri sistemu centralnega napajanja zasilnih svetilk imamo več sistemov nadzora nad svetilkami, enako tudi pri lokalnem napajanju. Pri centralnega napajanja imamo vedno nadzor nad sistemom s centralnega mesta, razlika je le v tem ali imamo nadzor nad posameznim tokokrogom ali nad vsako posamično zasilno svetilko. Pri lokalnem napajanju je mogoč nadzor nad posamično

svetilko z enega mesta, ali imamo svetilke s samodiagnostiko, ki niso povezane s centralnim mestom, in moramo napako prepoznati na sami svetilki, ki nam jo prikazuje signalna LED. Svetilke z lokalnim napajanjem obstajajo tudi v osnovni varianti, kjer moramo s preizkušanjem in vizualnim pregledom posamične svetilke odkriti napako. V nadaljevanju bomo primerjali ekvivalentna sistema zasilne razsvetljave, zato lahko vzamemo le oba sistema napajanja, kjer imamo nadzor s centralnega mesta nad vsako posamično svetilko.

Objekti, kjer se vgrajuje zasilna razsvetljava, so različni v številnih parametrih, zato ne moremo vedno neposredno primerjati kazalnikov ustreznosti posameznega sistema zasilne razsvetljave. Smiselno je objekte razdeliti na več kategorij in izvesti primerjavo. V našem primeru predvidevamo, da je najbolj smiselna razdelitev na kategorije glede na velikost objekta, kar bi se pri zasilni razsvetljavi odražalo v številu vgrajenih svetilk na objektu. Objekte bi razdelili v tri skupine:

- majhni objekti (sistem, ki ima vgrajenih do 70 zasilnih svetilk),
- srednji objekti (vgrajenih je od 70 do 500 zasilnih svetilk),
- veliki objekti (sistemi z več kot 500 zasilnimi svetilkami)

## 2 Zanesljivost

Zelo pomembna lastnost elektroenergetskih sistemov je zanesljivost, ki pravi, da mora biti porabniku vselej na voljo kakovostna energija, definirana s standardi. Zaradi velikega vpliva zanesljivosti na ekonomičnost sistemov je zelo veliko truda vloženega v opredelitev in testiranje zanesljivosti.

Oceno zanesljivosti energetskih sistemov razdelimo v dva vidika: **ustreznost** sistema in **varnost** sistema. Ustreznost sistema pomeni zadostno zmogljivost za zadovoljevanje potreb porabnika, kar se nanaša na statično obratovanje. Varnost sistema je povezana s sposobnostjo sistema, da se odziva na nenadne motnje v sistemu.

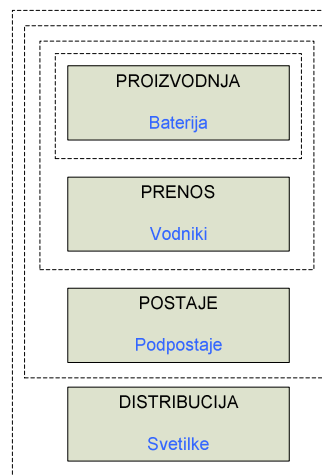
Ocena zanesljivosti energetskih sistemov vsebuje določitev določenih indeksov, ki odražajo verjetnostno naravo sistemskih parametrov in so merilo zanesljivosti. Razlikovati je treba indekse zanesljivosti, izračunane iz modelov ustreznosti energetskih sistemov, in indekse, dobljene iz poročil o okvarah v realnih sistemih, saj ti izražajo učinke nevarnosti in neustreznosti.

V teoriji zanesljivosti je prisotnih veliko indeksov, s katerimi napovemo zanesljivost. Te indekse lahko splošno razvrstimo v naslednje kategorije:

- verjetnosti, kot sta zanesljivost in razpoložljivost,
- pogostost, kot je povprečno število okvar v enoti časa,
- povprečno trajanje, kot so:
  - povprečni čas do prve okvare,
  - povprečni čas med dvema okvarama,

- povprečno trajanje okvare,
- pričakovanja, kot so:
  - povprečno zmanjšanje energije na enoto časa zaradi okvar v sistemu,
  - pričakovano število dni v letu, ko nastane okvara v sistemu.

V preteklosti so študije zanesljivosti elektroenergetskih sistemov opravljali le za posamezne podsisteme celotnega sistema. Takšen pristop je pogojevala velika obsežnost obdelave podatkov, ter težko oziroma nesmiselna razlaga tako obsežnih rezultatov. Ustrezne študije energetskih sistemov se opravljajo v treh funkcijskih območjih: proizvodnja, prenos in razdeljevanje energije. Hierarhične nivoje prikazuje naslednja slika (Slika 1) [2].



Slika 1: Hierarhični nivoji za ovrednotenje ustreznosti EES

Figure 1. Hierarchical levels used in evaluation of suitability of electric power systems

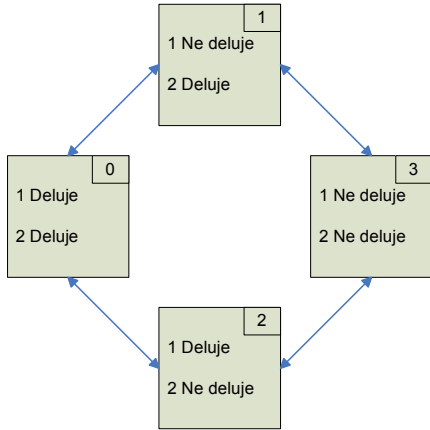
### 2.1 Metode za izračun zanesljivosti [3]

Zanesljivost sistema je odvisna od zanesljivosti njihovih komponent, od konfiguracije sistema in od kriterijev okvare sistema. Z zanesljivostjo želimo napovedati ustrezne indekse zanesljivosti, ki nosijo podatke o okvarah komponent in oblikovanju sistema. Iz informacij o zanesljivosti sistema se je razvilo več računalniških postopkov za določitev indeksov zanesljivosti. Zgodovinsko so bile razvite štiri skupine pristopov. Prvi pristop izhaja iz rešitve modela prostora stanj, drugi iz rešitve logičnih algoritmov, tretji uporablja metodo Monte Carlo, četrti je pa temelji na analizi drevesa okvar.

### 2.2 Metoda prostora stanj

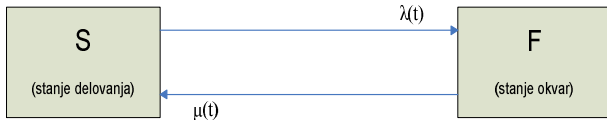
Pri tej metodi zanesljivost sistema opišemo s stanji in prehodi med njimi. Stanje sistema je poseben pogoj, pri katerem je vsaka komponenta v nekem ustreznem delovanju-deluje, je v okvari, je v vzdrževanju ali v nekem drugem ustreznem stanju. Kadar se stanje

katerekoli komponente spremeni, preide sistem v drugo stanje. Vsa stanja sistema so prostor stanj. Na naslednji sliki je prikazan diagram prostora stanj za dve identični neodvisni komponenti.



Slika 2: Diagram prehoda stanj za dve neodvisni komponenti  
Figure 2. Diagram of the crossing condition for two independent components

Prostor stanj lahko opišemo z Markovim modelom, seveda s pogojem, da prehod med dvema poljubnima stanjema ni prav nič odvisen od predhodnih stanj v procesu. Najprej si bomo pogledali sistem, kjer vsa stanja spadajo v eno od dveh skupin: DELUJE ali OKVARA. Takšno stanje prikazuje slika.



Slika 3: Diagram prostora stanj za predstavitev sistema z dvema stanjema  
Figure 3. Diagram of the crossing condition for presentation of a two-component

### 2.3 Razpoložljivost

Verjetnosti prehoda stanj določenega sistema so na splošno lahko odvisne od predhodnih realizacij procesa. Če je prihodnje stanje odvisno le od trenutnega stanja procesa, ta proces imenujemo *Markov proces*:

$$\begin{aligned} P(X_n = x_n | X_0 = x_0, X_1 = x_1, \dots, X_{n-1} = x_{n-1}) = \\ P(X_n = x_n | X_{n-1} = x_{n-1}). \end{aligned} \quad (1)$$

Predpostavimo, da delovanje sistema zvezno nadzorujemo. Če ugotovimo, da je sistem v okvaro, okvari takoj popravimo in sistem vrnemo v stanje delovanja. Čas do okvare sistema je  $X$ , porazdeljen z gostoto verjetnosti  $f_X(x)$ ; potem je hitrost, s katero v trenutku  $t$  stanje delovanja preide v stanje okvare, podana kot mera tveganja (hazard rate), da bo sistem imel okvaro v trenutku  $t$ , če je do tedaj v delovnem stanju:

$$\lambda(t) = \frac{f_X(t)}{P(X \geq t)} = \frac{f_X(t)}{\int_t^\infty f_X(x) \cdot dx}. \quad (2)$$

Podobno dobimo ustrezno hitrost, s katero bo okvarjen sistem v popravilu spet prešel v delovno stanje,  $z$ :

$$\mu(t) = \frac{f_Y(t)}{\int_t^\infty f_Y(y) \cdot dy}. \quad (3)$$

Trenutna razpoložljivost je v danem trenutku dana z verjetnostjo, da je sistem v trenutku  $t$  v delovnem stanju; torej (razpoložljivost- availability)

$$A(t) = p_S(t) = 1 - p_F(t). \quad (4)$$

Povprečna razpoložljivost v časovnem obdobju  $t$  je podana z

$$A(t) = \frac{1}{t} \int_0^t A(t) dt \quad (5)$$

### Eksponentni časi okvar in popravila

Tukaj bomo predpostavili, da sta  $X$  in  $Y$  (čas do okvare in čas popravila) eksponentno porazdeljena s srednjo vrednostjo  $1/\lambda$  oziroma  $1/\mu$ . Za ta primer velja:

$$\lambda(t) = \lambda, \quad (6)$$

$$\mu(t) = \mu. \quad (7)$$

Trenutna razpoložljivost je:

$$A(t) = 1 - \frac{\lambda}{\lambda + \mu} (1 - e^{-(\lambda + \mu)t}), \quad (8)$$

povprečna razpoložljivost pa

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{(\lambda + \mu)^2} \frac{1 - e^{-(\lambda + \mu)t}}{t} \quad (9)$$

Za  $t \rightarrow \infty$  zavzame razpoložljivost stacionarno vrednost

$$A(\infty) = \frac{\mu}{\lambda + \mu}. \quad (10)$$

V časovno odvisnih izpeljavah mora biti izpolnjen pogoj, da sistem izhaja iz delovnega stanja  $S$ . Če sta  $X$  in  $Y$  oba eksponentno porazdeljena, je hitrost prehoda konstantna in proces Markov.

### Koncept pogostosti

Predpostavimo, da so hitrosti prehoda stanja na sliki 3 konstantne. Pogostost (frekvenca), da bomo naleteli na stanje okvare  $F$ , je definirana kot pričakovano število bivanj (prihodov in odhodov) v stanju  $F$  na časovno enoto. V stanje okvare sistema pridemo iz stanja  $S$  s hitrostjo  $\lambda$ , če je ta v stanju  $S$ , če je v stanju  $F$ , je hitrost nič.

Pričakovano število prehodov iz stanja  $S$  v stanje  $F$  je podana z

$$f(t) = \lambda \cdot p_S(t) + 0 \cdot p_F(t) = \lambda \cdot p_S(t). \quad (11)$$

V naslednjih izpeljavah bomo obravnavali stacionarno obnašanje sistema. V tem primeru računamo pogostost okvare sistema  $f=f(\infty)$  za dolgo časovno obdobje:

$$f = \lambda \cdot p_S. \quad (12)$$

Zanesljivost energetskih komponent je ponavadi velika, zato v izračunih običajno predpostavimo  $f \approx \lambda$ . Pogostost pojava napake oziroma stanja F je enaka pogostosti zapustitve tega stanja; zapišemo lahko ekvivalent enačbe 12:

$$f = \mu \cdot p_F. \quad (13)$$

Povprečna časa delovanja in okvare označimo s  $T_S$  oziroma  $T_F$ , potem je povprečni čas enega cikla

$$T_C = T_S \cdot T_F. \quad (14)$$

Iz definicije pogostosti okvare  $f$  lahko sklepamo, da je ta enaka recipročni vrednosti povprečnega časa cikla

$$f = \frac{1}{T_C}. \quad (15)$$

### 3 Primerjava razpoložljivosti zasilne razsvetljave

#### 3.1 Splošna primerjava sistemov napajanja zasilne razsvetljave

Najprej bomo med seboj primerjali sistema zasilne razsvetljave z lokalnim in centralnim napajanjem ne glede na velikost objekta. Predpostavimo, da oba sistema lahko izpadeta zaradi okvare baterije in zaradi napake sijalke. Oba sistema imata pri sijalkah enaka oziroma skupna indeksa  $\lambda$  (hitrost oziroma mera prihoda v stanje okvare) in indeksa  $\mu$  (hitrost oziroma mera odhoda iz stanja okvare). Danes se v sistemih zasilne razsvetljave uporabljajo večinoma fluorescentni svetlobni viri. Zaradi energijske učinkovitosti se žarnice na žarilno nitko ne uporabljajo več, na drugi strani pa zaradi dolge življenjske dobe prihajajo v ospredje svetleče diode (LED). Življenjska doba klasične fluorescenčne cevi je okoli 8000 ur, pri uporabi elektronskih predstikalnih naprav pa okoli 16000 ur. Iz tega podatka lahko določimo indeks  $\lambda$  (za 16.000 ur) fluorescentne sijalke.

$$\lambda_{\text{fluo}}=0,5475$$

Za zamenjavo te sijalke predpostavimo, da potrebujemo 15 minut oziroma 0,25 ure.

Pri uporabi svetlobnih virov LED je življenjska doba vsaj 50.000 ur, nekateri izdelovalci navajajo tudi 100.000 ur. V tem primeru je indeks  $\lambda$  (za 50.000 ur):

$$\lambda_{\text{LED}}=0,1752.$$

V naslednjih primerih bomo obravnavali zasilne svetilke v t.i. trajni vezavi, to pomeni, da svetijo 24 ur na dan. Ponavadi so to svetilke za označevanje smeri evakuacijske poti.

#### 3.1.1 Centralno napajanje razsvetljave

V nadaljevanju določimo indeks  $\lambda$  za baterije. Življenjska doba baterije (po deklaraciji oziroma garanciji izdelovalca) pri sistemu centralnega napajanja je deset let. Iz tega sledi:

$$\lambda_{\text{bat}}=0,1.$$

Kombiniran nastop obeh izpadov sledi Poissonovemu procesu s srednjo vrednostjo:

$$\lambda = \lambda_{\text{fluo}} + \lambda_{\text{bat}} = 0,6475.$$

Za določitev razpoložljivosti potrebujemo tudi indeks  $\mu$ . Tukaj potrebujemo še podatek časa izpada napajalne baterije, ki je za različne velikosti objektov oziroma baterijskih omar različna. Povprečen čas popravila baterije je 5,3 ure. Časi popravil so eksponentno porazdeljeni, zato lahko določimo  $\mu$ :

$$\mu = 8760 \cdot \left( \frac{1}{0,25} + \frac{1}{5,3} \right) = 36693.$$

Zdaj lahko določimo razpoložljivost oziroma verjetnost, da bo sistem centralnega baterijskega napajanja dolgoročno v stanju S.

$$A(\infty) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = 0,99998.$$

Pogostost okvare lahko določimo po enačbi 12:

$$f = \lambda \cdot p_S = 0,64749 \text{ na leto.}$$

Povprečno trajanje izpada dobimo:

$$T_F = \frac{p_F}{f} = 0,23874 \text{ h oz. } 14,32 \text{ min,}$$

$$T_{\text{leto}} = T_F \cdot f = 0,15458 \text{ h oz. } 9,27 \text{ min.}$$

Pri uporabi svetlobnih virov LED bi bil čas izpada v enem letu **0,0657 h** oziroma **3,94 min**.

#### 3.1.2 Lokalno napajanje razsvetljave

Tudi v tem primeru določimo indeks  $\lambda$  za baterije. Življenjska doba baterije (po deklaraciji oziroma garanciji izdelovalca) pri sistemu lokalnega napajanja za svetilke v trajni vezavi je tri leta. Iz tega sledi:

$$\lambda_{\text{bat}}=0,3333,$$

$$\lambda = \lambda_{\text{fluo}} + \lambda_{\text{bat}} = 0,8808.$$

Za določitev razpoložljivosti potrebujemo tudi indeks  $\mu$ . Tukaj potrebujemo še podatek časa izpada napajalne baterije, ki je za vse objekte enak, saj ima vsaka svetilka svojo baterijo. Čas popravila oziroma zamenjave

baterije na eni svetilki je 0,5 ure. Časi popravil so eksponentno porazdeljeni, zato lahko določimo  $\mu$ .

$$\mu = 8760 \cdot \left( \frac{1}{0,25} + \frac{1}{0,5} \right) = 52560$$

$$A(\infty) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = 0,99998$$

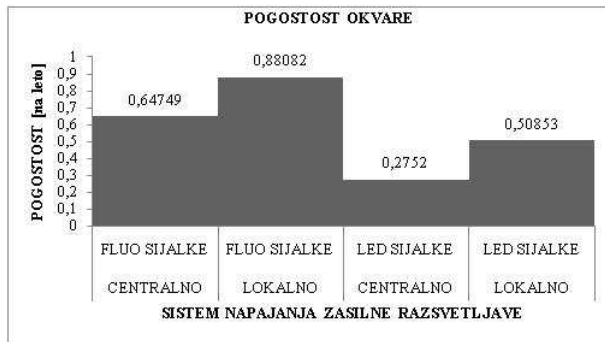
$$f = \lambda \cdot p_S = 0,8808 \text{ na leto}$$

$$T_F = \frac{p_F}{f} = 0,16667 \text{ h oz. } 10 \text{ min}$$

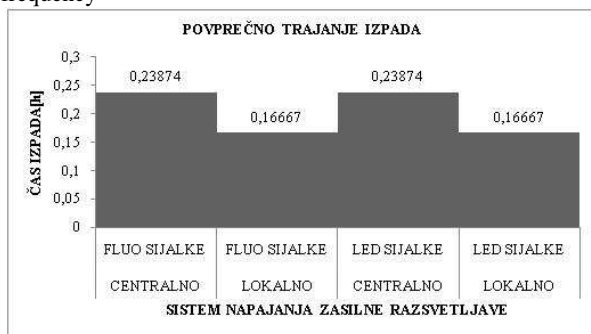
$$T_{\text{leto}} = T_F \cdot f = 0,1468 \text{ h oz. } 8,8 \text{ min}$$

Pri uporabi svetlobnih virov LED bi bil čas izpada v enem letu **0,08475 h** oziroma **5,1 min**.

V naslednjih grafih je predstavljena primerjava za zgornji izračun med sistemom lokalnega in centralnega napajanja in uporabi fluorescentnih sijalk ter LED svetlobnih virov.

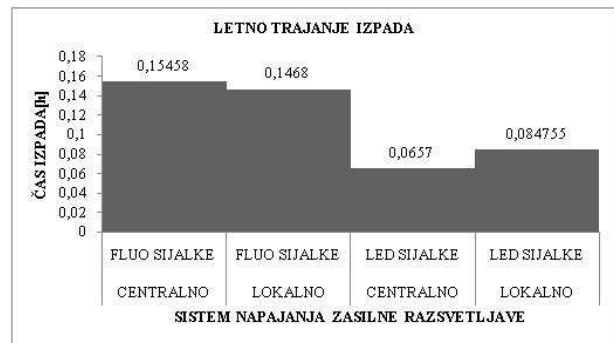


Graf 1: Splošna primerjava pogostosti okvare zasilne svetilke  
Graph 1: General comparison of emergency-lamp failure frequency



Graf 2: Splošna primerjava povprečnega trajanja izpada zasilne svetilke

Graph 2: Generally comparison of average emergency lamp fall out



Graf 3: Splošna primerjava letnega trajanja izpada zasilne svetilke

Graph 3: General comparison of the annual emergency-lamp failure duration

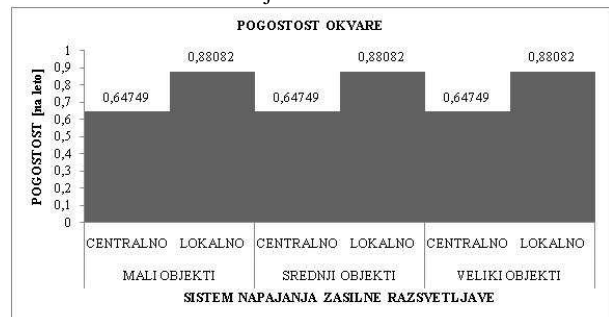
### 3.2 Primerjava sistemov napajanja zasilne razsvetljave glede na velikost objektov

V nadaljevanju bodo predstavljene enake primerjave, kot smo jih videli v prejšnjem poglavju, le da bo tukaj vključena tudi velikost objekta. V prvem poglavju smo razdelili objekte glede števila vgrajenih svetilk. Število svetilk na teh objektih je predstavljeno v spodnji tabeli. V tabeli najdemo tudi število svetilk v trajnem spoju, ki označujejo smer evakuacije in svetijo 24 ur na dan. Navedeni so podatki, ki jih potrebujemo za izračun razpoložljivosti posameznega objekta.

	MALI OBJEKTI		SREDNJI OBJEKTI		VELIKI OBJEKTI	
	Centralno napajanje	Lokalno napajanje	Centralno napajanje	Lokalno napajanje	Centralno napajanje	Lokalno napajanje
ŠTEVILO SVETILK	43	43	252	252	1103	1103
ŠTEVILO SVETILK V TRAJNEM SPOJU	12,9	12,9	75,6	75,6	330,9	330,9
POPRAVILO 1 SIALKE [URE]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
SKUPNO POPRAVILO SIALK [URE]	3,225	3,225	18,9	18,9	82,725	82,725
POPRAVILO 1 BATERIJE [URE]		0,5		0,5		0,5
SKUPNO POPRAVILO BATERIJ [URE]	2	21,5	6	126	8	551,5

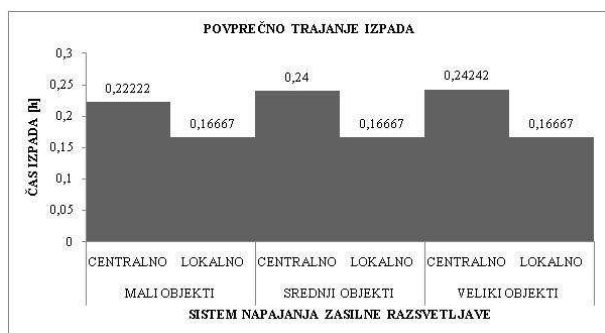
Tabela 1: Predstavitev velikosti objektov

Table 1: Presentation of object sizes



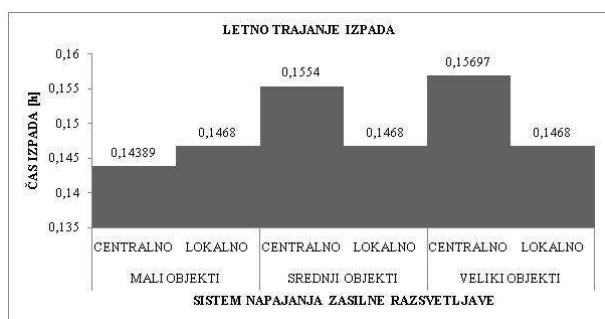
Graf 4: Primerjava pogostosti okvare zasilne svetilke

Graph 4: Comparison of emergency-lamp failure frequency



Graf 5: Primerjava povprečnega trajanja izpada zasilne svetilke

Graph 5: Comparison of average emergency lamp failure duration



Graf 6: Primerjava letnega trajanja izpada zasilne svetilke

Graph 6: Comparison of annual emergency lamp failure duration

## 4 Sklep

Pri projektiranju električnih instalacij objektov je vedno prisotno vprašanje, kateri sistem zasilne razsvetljave izbrati; z lokalnim ali centralnim sistemom napajanja. Na to vprašanje je težko odgovoriti z eno besedo, saj je treba pred izbiro ustreznega sistema napajanja poznati in preučiti veliko dejavnikov. V tej nalogi smo primerjali razpoložljivost posameznega sistema.

Razpoložljivost smo podrobneje primerjali v poglavju 3. Najprej smo primerjali sistema centralnega in lokalnega napajanja ne glede na velikost objekta oziroma vgrajenih zasilnih svetilk. Na splošno lahko rečemo, da so pri sistemih lokalnega napajanja napake pogostejše, vendar te svetilke hitreje popravimo. Pri uporabi fluorescentnih sijalk je izpad v enem letu pri centralnem napajanju za malenkost daljši, medtem ko je pri uporabi LED sijalk obratno.

Poglavje 3.2 prikazuje primerjavo sistemov napajanja zasilne razsvetljave glede na velikost objektov. V tem izračunu so uporabljene le fluorescentne sijalk. Grafična predstavitev je izvedena za posamezno svetilko sistema, kar je pri razpoložljivosti najbolj smiselno. Tukaj lahko povzamemo, da so pri lokalnem napajanju okvare pogostejše kot pri centralnem, vendar jih hitreje odpravimo, saj je pri vseh velikostih objekta izpad

povprečno krajši. Glede letnega trajanja izpada je svetilka lokalnega napajanja manj časa v okvari, razen pri majhnih objektih, kjer je razlika minimalna.

V tej raziskavi je opravljena analiza zanesljivosti oziroma razpoložljivosti za stacionarna stanja, torej z vidika ustreznosti. Za prikaz celotne razpoložljivosti bi bilo treba vključiti tudi vidik varnosti, kjer se proučuje odziv sistema na nenadne motnje v sistemu. Upoštevati bi bilo treba nastop kratkih stikov, potek požara, porušitev objekta in druge izredne scenarije, pri katerih je treba uporabiti zasilno razsvetljavo.

## 5 Literatura

- [1] Coaton J.R.: Lamps and Lighting, London, Sydney, Auckland, Arnold and Contributors, 1997
- [2] Voršič J., Zorič T., Horvat M.: Izračun obratovalnih stanj v elektroenergetskih omrežjih, Maribor, Fakulteta za elektrotehniko računalništvo in informatiko, 2003.
- [3] Anders J. G., Zorič T.: Koncepti verjetnosti v elektroenergetskih sistemih, Maribor, Fakulteta za elektrotehniko računalništvo in informatiko, 2008.

**Igor Vidali** je leta 2007 diplomiral na fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru. Trenutno opravlja magistrski študij na isti fakulteti. Njegovo glavno področje raziskave je zasilna razsvetljava.

**Jože Voršič** je iz elektrotehnike diplomiral na Univerzi v Ljubljani leta 1972, magistriral na Sveučilištu u Zagrebu 1982 in doktoriral na Univerzi v Mariboru leta 1983. Leta 1972 se je zaposlil kot raziskovalni asistent na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Področje njegovega dela je bilo osredinjeno na kakovost električne energije. Leta 1974 se je zaposlil kot asistent za električne meritve na Univerzi v Mariboru. Zdaj je zaposlen kot redni profesor za elektroenergetiko na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Od leta 1976 je aktivno sodeloval v samoupravnih organih fakultete, pozneje tudi PISERU (posebna izobraževalna skupnost elektrotehniške in računalniške usmeritve R Slovenije) in MZT (Ministrstvo za znanost in tehnologijo). Trenutno je predstojnik Instituta za močnostno elektrotehniko na UM FERI. Je član IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers), CIGRE (Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques), WEC (World Energy Council), ED Maribor (elektrotehniško društvo) in SDVD (Slovensko društvo za visokošolsko didaktiko).