

Ante Pavić
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o. Zagreb
ante.pavic@hep.hr

mr. sc. Kruno Trupinić
HEP-ODS d.o.o., Elektra Slavonski Brod
kruno.trupinic@hep.hr

USPOREDNA ANALIZA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ SA DRŽAVAMA U OKRUŽENJU

SAŽETAK

Podaci o ukupnim gubicima u elektroenergetskom sustavu Hrvatske kontinuirano se prate i redovno objavljuju u službenim godišnjim izvješćima, kako HEP-a, tako i nadležnog Ministarstva gospodarstva. Najbolja metoda koja pomaže u razumijevanju uzroka tolikih iznosa gubitaka je usporedna analiza sa državama u okruženju. Temeljem međusobnih sličnosti i razlika, kao što su iznosi i raspodjele potrošnje električne energije, gospodarska razvijenost, socijalne karakteristike i mentalitet stanovništva mogu se prepoznati čimbenici koji najviše utječu na gubitke.

U radu su obrađeni podaci većine europskih država, s posebnim osvrtom na države nastale raspadom Jugoslavije, koje su u bivšoj zajedničkoj državi imale slične uvjete za razvoj elektroenergetskog sustava.

Ključne riječi: gubici električne energije, elektroenergetski sustav

COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTRICAL ENERGY LOSSES IN CROATIA TO THE OTHER EUROPEAN COUNTRIES

SUMMARY

Data on the total losses in the electrical energy system of Croatia are continuously monitoring and publishing in the annual reports by HEP and Croatian government. The best analysis to help understand the causes of such losses is a comparative analysis to the neighbouring countries. Based on mutual similarities and differences, such as the amounts and allocations of electrical energy consumption, the degree of economic development, social characteristics, the mentality of the population, it is possible to identify the factors that have the greatest impact on losses.

If the countries that were established following the disintegration of Yugoslavia are compared, which in the former common state had similar conditions for the development of their electrical energy systems, an expected fact is evident.

Key words: electrical energy losses, power system

1. UVOD

Svaki operator mreže, pa tako i HEP - Operator distribucijskog sustava (ODS), pitanju gubitaka električne energije posvećuje posebnu pozornost, a naročito u slučaju kada gubici nisu na zadovoljavajućoj razini. Gubici su jedan od ključnih čimbenika koji ukazuju na stupanj ekonomičnosti poslovanja i kvalitetu obavljanja djelatnosti distribucije električne energije. Iz tog razloga, smanjenje gubitaka električne energije u distribucijskoj mreži postalo je jedan od prioritetnih poslovnih ciljeva ODS-a.

Gubici električne energije u distribucijskoj mreži odgovaraju razlici energije preuzete na sučelju prijenosne i distribucijske mreže i energije prodane kupcima priključenim na mrežu. Pitanje analize ukupnih gubitaka s obzirom na utjecajne čimbenike, vrlo je složeno pitanje. Od iznimne važnosti je sustavno planiranje i praćenje, te njihovo smanjivanje s obzirom da je briga o gubicima i zakonska obveza ODS-a.

Sustavnim poduzimanjem niza aktivnosti u cilju smanjenja gubitaka u mreži postignut je zadovoljavajući trend njihova smanjenja, ali ne i zadovoljavajuća razina. U narednim godinama, pored započetih aktivnosti, bitno veću pozornost bit će potrebno posvetiti utvrđivanju stanja i uređenju priključaka i mjernih mjesta kako bi se čim prije, pored ciljanih ulaganja u zahvate u mreži, postigla i zadovoljavajuća razina gubitaka.

2. UKUPNI GUBICI U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU HRVATSKE

2.1. Ukratko o gubicima

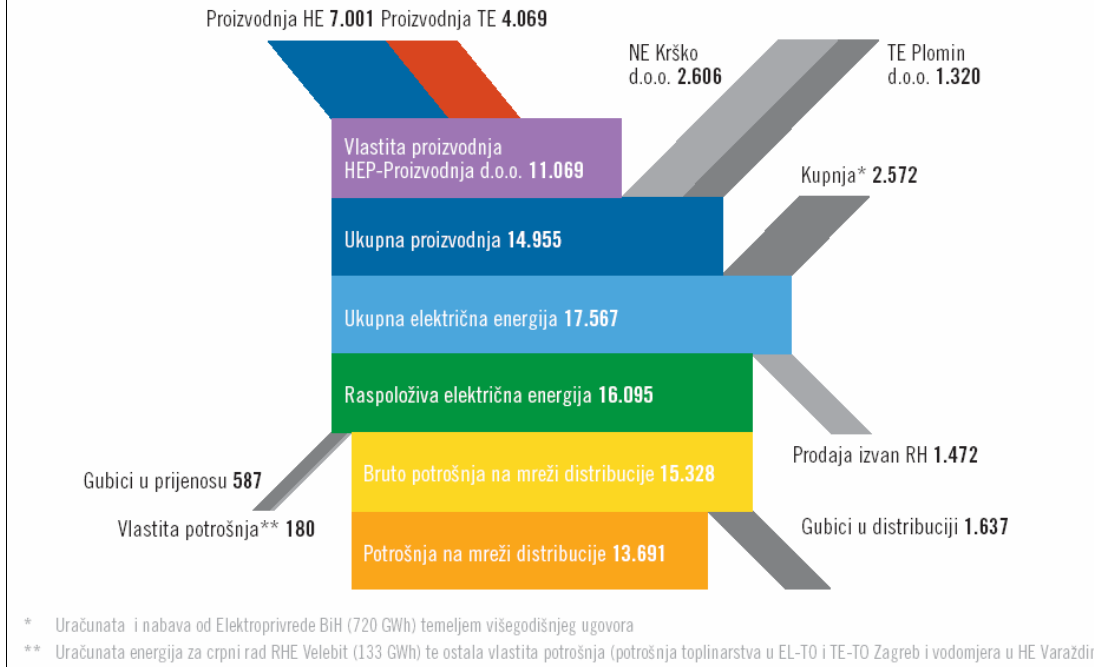
Gubici u prijenosnoj mreži u relativnom iznosu po definiciji su omjer tehničkih gubitaka u prijenosnoj mreži prema ukupnoj potrošnji na razini prijenosne mreže (suma proizvodnje domaćih elektrana priključenih na prijenosnu mrežu i uvoza umanjena za izvoz). Prema godišnjem izvješću HEP-a za 2004. godinu ti gubici su iznosili 3,74% (587 GWh gubitaka prema 15.731 GWh ukupne potrošnje na razini prijenosne mreže). Trend kretanja tih gubitaka je smanjenje sa 4,33% u 2003. godini na 3,44% u 2005. godini. Osnovni razlozi smanjenja su puštanje u pogon objekata TS Žerjavinec i TS Ernestinovo te rekonekcija 1. i 2. sinkrone zone UCTE-a tijekom 2004. godine [1, 14]. Nepovoljna je okolnost što su se nakon rekonekcije povećali neželjeni tokovi snaga u prijenosnoj mreži.

Gubici u distribucijskoj mreži u relativnom iznosu po definiciji su omjer ukupnih gubitaka (tehničkih i netehničkih) u distribucijskoj mreži prema ukupnoj ulaznoj energiji u distribucijsku mrežu (iz prijenosne mreže i iz manjih elektrana priključenih na distribucijsku mrežu). Prema godišnjem izvješću HEP-a za 2004. godinu ti gubici su iznosili 10,68% (1.637 GWh gubitaka prema 15.328 GWh ukupne ulazne energije). Trend kretanja tih gubitaka je u smanjenju od 1999. godine, pa su u 2005. godini iznosili 9,85%. Osnovni razlozi smanjenja su u kontinuiranoj provedbi aktivnosti na smanjenju netehničkih gubitaka te pojačanih ulaganja u razvoj mreže.

Ukupni gubici u elektroenergetskom sustavu u relativnom iznosu po definiciji su omjer sume gubitaka u prijenosnoj i distribucijskoj mreži prema bruto domaćoj potrošnji (suma proizvodnje domaćih elektrana i uvoza umanjena za izvoz). Neto domaća potrošnja razlika je bruto domaće potrošnje i gubitaka u elektroenergetskom sustavu. Prema godišnjem izvješću HEP-a za 2004. godinu ti gubici u hrvatskom elektroenergetskom sustavu iznosili su 13,82% (2.224 GWh gubitaka prema 16.095 GWh bruto domaće potrošnje). Trend kretanja tih gubitaka je u postupnom smanjenju, te je iznos ukupnih gubitaka u 2005. godini smanjen na 12,75%.

Primjer elektroenergetske bilance HEP-a za 2004. godinu prikazan je na Slici 1. Termin raspoloživa električna energija je u stvari bruto domaća potrošnja (16.095 GWh) i predstavlja sumu ukupne potrošnje na razini prijenosne mreže (15.731 GWh) i proizvodnje elektrana priključenih na distribucijsku mrežu (364 GWh).

Elektroenergetska bilanca 2004. (GWh)



Slika 1. Elektroenergetska bilanca HEP-a za 2004. godinu.

2.2. Stanje distribucijske mreže kao najvažniji uzročnik povećanog iznosa ukupnih gubitaka

Sadašnje stanje distribucijske mreže u Hrvatskoj karakteriziraju slijedeće značajke.

- Obnova ratom uništenih dijelova distribucijske mreže, gdje procijenjena šteta iznosi 2,65 milijardi kuna. Do danas je u obnovu uloženo oko 2,2 milijardi kuna. Takva značajna ulaganja uzrokovala su usporavanje razvoja ostalog dijela distribucijske mreže.
- Dotrajalost distribucijske mreže. Tu značajku distribucijske mreže najjednostavnije je iskazati brojčanim iznosom stupnja otpisane vrijednosti imovine, koja je na kraju 2006. godine iznosila 64,43%.
- Nedovoljna ulaganja u održavanje. Ta značajka je izravna posljedica ratnih događanja. Naime tijekom ratnih i poratnih događanja ulaganje u održavanje je znatno reducirano, a tome je u mnogome pridonosilo i žurno rješavanje kritičnih točaka u mreži.
- Usporen razvoj, modernizacija i automatizacija. Distribucijsku mrežu karakterizira velik udio zastarjele opreme pri kraju životne dobi. Omjer 20 kV i 10 kV mreže je na razini 1:7,5. Mreža 10 kV je u lošem stanju, gdje je oko 70% vodova s presjekom vodiča ispod 50 mm² Al/Č. Velik postotak energetskih transformatora SN/NN je starije i neekonomične izvedbe s povećanim gubicima. U mreži niskog napona prevladava nadzemna mreža s golim Al/Č vodičima neodgovarajućeg presjeka, s nezanemarivim udjelom mreža izgrađenih još u doba elektrifikacije. Poseban problem čine kućni priključci starije izvedbe čiji unutrašnji dio nije u vlasništvu niti nadležnosti ODS-a. Velik postotak takvih priključaka ne zadovoljava današnje tehničke uvjete i znatno povećava mogućnost neovlaštene potrošnje električne energije.
- Različite koncepcije i neujednačenost razvoja. Organizacijski ustroj, karakterističan po usitnjenosti i izraženoj samostalnosti nižih organizacijskih dijelova, pored niza negativnosti i poteškoća u poslovnim procesima, doveo je do različitih koncepcija i neujednačenog razvoja distribucijske mreže. Posljedice takvog stanja izražene su najviše kroz različit pristup razvoju i održavanju mreže.
- Nepovoljan zemljopisni oblik. Ta značajka ogleda se najviše na području ruralnih, priobalnih zona i otoka, za koje je karakterističan nepovoljan oblik terena, niska gustoća potrošnje te izrazito duge i razgranate mreže za čije su održavanje i izgradnju nužni povećani troškovi.

- g) Nepovoljne promjene u strukturi potrošnje. Karakterizira ih problematika "seljenja" potrošnje sa mreže visokog i srednjeg napona na mrežu niskog napona kao i problematika izrazitih sezonskih promjena vršnih opterećenja, posebice u turističkim područjima.

Sve navedene značajke u većoj ili manjoj mjeri uzrokuju povećanje gubitaka u distribucijskoj mreži [14].

3. UKUPNI GUBICI U ELEKTOENERGETSKIM SUSTAVIMA EUROPSKIH DRŽAVA

Podaci o gubicima u elektroenergetskom sustavu Hrvatske govore puno sami za sebe. Najbolja analiza koja će pomoći u razumijevanju uzroka tolikih iznosa gubitaka je usporedna analiza sa državama u okruženju. Temeljem međusobnih sličnosti i razlika, kao što su iznosi i raspodjele potrošnje električne energije, gospodarska razvijenost, socijalne karakteristike i mentalitet stanovništva i sl. mogu se prepoznati čimbenici koji najviše utječu na gubitke.

Tablica I. Podaci o ukupnim gubicima u elektroenergetskim sustavima Europskih država (2000. - 2005.)

Iznos ukupnih gubitaka	Države
Manje od 6%	Finska, Luksemburg, Belgija, Nizozemska, Njemačka
6 - 8%	Italija, Danska, Švicarska, Francuska, Austrija, Slovenija
8 - 10%	Švedska, Velika Britanija, Španjolska, Portugal, Norveška, Irska, Grčka, Češka, Slovačka
10 - 12%	Estonija, Litva, Latvija
12 - 14%	Hrvatska, Poljska, Mađarska, Rumunjska
14 - 16%	Bugarska, Crna Gora
više od 16%	Turska, Srbija, Bosna i Hercegovina, Albanija

U svezi podataka iz Tablice I. važno je naglasiti da je zbog preuzimanja podataka iz više izvora, od izvješća europskih energetske regulatora do državnih energetske bilanci, moguć različit pristup određivanju gubitaka u navedenim državama. Osnovna dvojba je da li su u izračunu gubitaka obuhvaćene mreže svih distribucijskih operatora pojedine države [3-13].

Prema podacima iz Tablice I. vidljiv je trend povećanja ukupnih gubitaka prema jugoistoku Europe. U istom pravcu pruža se i smanjenje gospodarske razvijenosti i standarda, kao i ukupne potrošnje električne energije po stanovniku.

Usporede li se države nastale raspadom Jugoslavije, koje su u bivšoj zajedničkoj državi imale slične uvjete za razvoj elektroenergetskog sustava uočava se očekivana činjenica da Slovenija s izraženim gospodarskim razvojem prednjači u minimalnom ostvarenju ukupnih gubitaka, slijedi Hrvatska s velikim ratnim štetama te poslijeratnim gospodarskim i strukturnim poteškoćama dok zaostaju Crna Gora i Srbija. Na kraju je Bosna i Hercegovina s najvećim poslijeratnim, gospodarskim, demografskim i političkim problemima.

3.1. Usporedna analiza iznosa ukupnih gubitaka u Hrvatskoj i Sloveniji

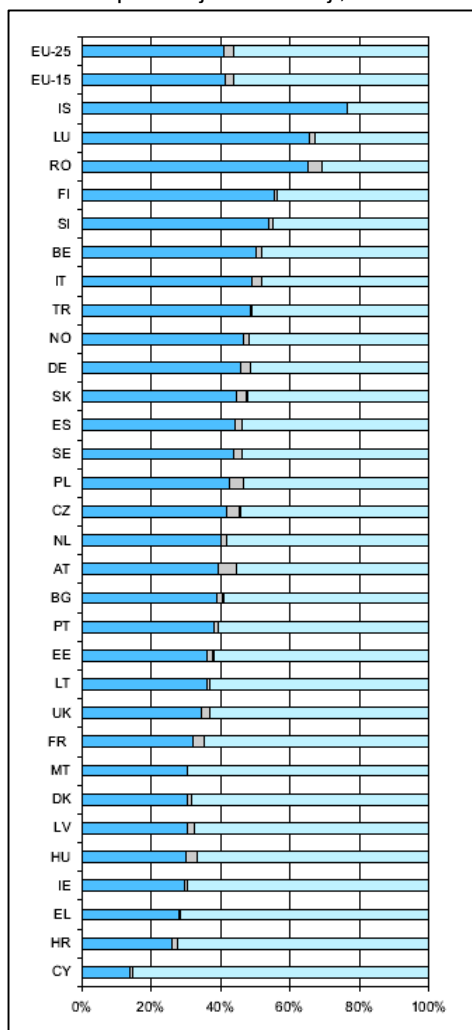
U Tablici II. prikazana je međusobna usporedba osnovnih podataka o potrošnji i gubicima električne energije u ove dvije države te su detaljnije analizirana dva čimbenika koji imaju najveći utjecaj na generiranje razlike u ukupnim gubicima između Hrvatske i Slovenije, a to su struktura potrošnje električne energije i tehničke značajke prijenosne i distribucijske mreže.

Tablica II. Usporedni iznosi gubitaka u Hrvatskoj i Sloveniji u 2004. godini.

	Gubici u prijenosnoj mreži	Gubici u distribucijskoj mreži	Ukupni gubici u EE sustavu	Bruto domaća potrošnja	Neto domaća potrošnja
Hrvatska	3,74%	11,16%	13,82%	16.096 GWh	13.691 GWh
Slovenija	2,14%	5,83%	6,28%	13.530 GWh	12.680 GWh

3.1.1. Razlike u strukturi potrošnje

Prema podacima iz Tablice II. vidljivo je da je neto domaća potrošnja u obje države približno jednaka, praktično neovisna o razlici u broju stanovnika. Rezultat je to prvenstveno znatno veće slovenske potrošnje u industriji, kao i nešto veće potrošnje u prosječnom kućanstvu.



Prema godišnjim energetske izvještajima nadležnih ministarstava udjel industrijske potrošnje u neto domaćoj potrošnji u Hrvatskoj je 27%, dok je u Sloveniji 54%, dakle dvostruko veći.

Drugi izvor koji potkrepljuje ovu činjenicu je izvješće Eurostat-a iz 2006. godine koje među ostalim obrađuje i strukturu potrošnje električne energije po osnovnim granama potrošnje (industrija, promet, kućanstva/usluge) u zemljama EU-25, EFTA i zemljama kandidatima za EU [6]. Na Slici 2. prikazan je dijagram raspodjele potrošnje iz navedenog izvješća (tamnije plava boja predstavlja industrijsku potrošnju, siva promet, a svjetlije plava potrošnju kućanstava i usluga). Hrvatska je po udjelu industrijske potrošnje na pretposljednem mjestu ispred Cipra, dok je Slovenija na petom mjestu. Vrlo zanimljiva činjenica vidljiva iz Slike 2. i Tablice I. je da su u državama koje imaju najmanje gubitke udjeli industrijske potrošnje među najvećima. Primjeri su to Luksemburga sa 66%, Finske sa 56%, već navedene Slovenije te Belgije sa 50% industrijske potrošnje.

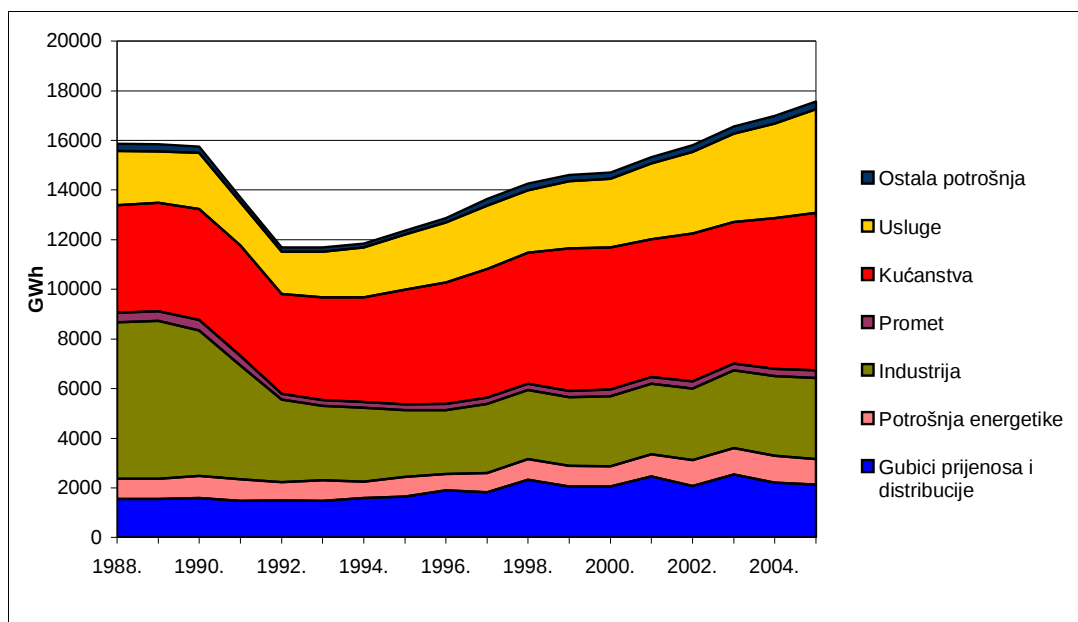
Poznavanjem karakterističnih iznosa tehničkih gubitaka po naponskim razinama može se zaključiti sljedeće: ako bi se na današnju neto potrošnju u elektroenergetskom sustavu Hrvatske primijenila raspodjela potrošnje kao u Sloveniji, ukupni gubici u elektroenergetskom sustavu Hrvatske bili bi manji za oko 3%.

U godinama prije rata udio industrijske potrošnje u Hrvatskoj iznosio je oko 45%, kako je prikazano u Tablici III. i na Slici 3. [2]. Stoga je preraspodjela potrošnje koja je nastupila u ratnim i poslijeratnim godinama rezultirala sa najvećom potrošnjom na najnižoj naponskoj razini u kategorijama kućanstava i usluga te uzrokovala porast ukupnih gubitaka u elektroenergetskom sustavu od oko 2%.

Slika 2. Raspodjela potrošnje

Tablica III. Struktura potrošnje (GWh) u Hrvatskoj od 1989. do 2005. godine

Godina:	1989.	1991.	1993.	1995.	1997.	1999.	2001.	2003.	2005.
Ukupna potrošnja	15842,2	13714,7	11685,2	12358,0	13631,1	14601,9	15330,4	16561,8	17571,8
Gubici	1547,9	1481,1	1480,4	1659,6	1822,0	2061,7	2461,3	2543,0	2130,9
Neto potrošnja	14294,3	12233,6	10204,8	10698,4	11809,1	12540,2	12869,1	14018,8	15440,9
Potrošnja energetike	820,1	865,4	836,1	771,8	770,4	840,9	878,4	1059,5	1036,1
Industrija	6361,2	4591,2	2996,5	2694,7	2795,6	2759,2	2861,9	3133,3	3270,5
Promet	391,4	368,5	229,4	240,1	248,3	242,8	264,1	287,2	304,1
Kućanstva	4352,6	4461,7	4145,9	4620,6	5189,6	5741,6	5559,6	5693,9	6333,2
Usluge	2091,8	1747,8	1831,5	2225,5	2549,3	2702,8	3056,3	3553,2	4182,5
Ostala potrošnja	277,2	199,1	165,4	145,7	255,9	252,9	248,8	291,7	314,5



Slika 3. Struktura potrošnje u Hrvatskoj od 1988. do 2005. godine

3.1.2. Razlike u tehničkim karakteristikama prijenosne i distribucijske mreže

Ove se razlike očituju prvenstveno u sljedeća dva čimbenika, jedan karakterističan za prijenosne a drugi za distribucijske mreže Hrvatske i Slovenije.

Veći tehnički gubici u hrvatskoj prijenosnoj mreži zbog većih duljina prijenosnih vodova i većeg broja transformatorskih stanica, kako je prikazano u Tablici IV. Podaci su preuzeti iz godišnjih poslovnih izvješća HEP-OPS-a (Hrvatska) i ELES-a (Slovenija). Razlika ovih gubitaka prema podacima iz Tablice II. iznosi 1,6 %.

Tablica IV. Usporedba duljine prijenosnih vodova i broja TS-a

	VN dalekovodi (km)				Transformatorske stanice (kom)			
	400 kV	220 kV	110 kV	Ukupno	400/X kV	220/X kV	110/x kV	Ukupno
HEP-OPS	1.159	1.234	4.782	7.175	5	6	102	113
ELES	510	328	1.756	2.594	5	2	12	19

Veći tehnički gubici u hrvatskoj distribucijskoj mreži zbog usporenog razvoja mreže uzrokovanog značajnim ulaganjima u obnovu ratom uništenih dijelova mreže, gdje se kao očiti primjer može navesti povoljnija struktura slovenske SN mreže sa znatno većim udjelom 110 kV i 20 kV prema 35 kV i 10 kV vodovima. Tako je u Tablici V. prikazana usporedba postotnih udjela VN i SN distribucijske mreže i TS-a u odnosu na ukupne količine, i to za cijeli HEP-ODS (Hrvatska) prema najvećem distribucijskom poduzeću u Sloveniji (Elektro Ljubljana), a prema godišnjim poslovnim izvješćima ovih tvrtki. Ovako nepovoljan odnos u SN mreži Hrvatske uzrokuje 1,5 do 2 % veće gubitke. Važno je napomenuti i da su neke od ukupno pet distribucijskih tvrtki u Sloveniji potpuno prešle na 110/20 kV razine distribucijske mreže.

Tablica V. Usporedba strukture distribucijskih vodova i TS-a

	VN i SN dalekovodi (%)					Transformatorske stanice (%)		
	110 kV	35 kV	20 kV	10 kV	Ukupno	110/X kV	35/x kV	Ukupno
HEP-ODS	0,3 %	11,5 %	11,4 %	76,8 %	100 %	0,9 %	99,1 %	100 %
Elektro Ljubljana	5,0 %	3,2 %	71,2 %	20,6 %	100 %	82,8 %	17,2 %	100 %

4. ZAKLJUČAK

Ukupni gubici u elektroenergetskom sustavu Hrvatske su na razini od 13%. Njihov povećan iznos u odnosu na zapadnoeuropske države rezultat je sljedećih čimbenika.

- a) Nepovoljna struktura potrošnje sa smanjenim udjelom industrijske potrošnje i 70 postotnom potrošnjom na najnižoj naponskoj razini. Rezultat je povećanje gubitaka za dva postotna boda u odnosu na strukturu potrošnje zapadnoeuropskih država. Ovdje ipak treba voditi računa o povoljnom financijskom aspektu ovakve strukture potrošnje jer je po važećem tarifnom sustavu prosječna cijena električne energije kupcima na niskom naponu veća za 74% od prosječne cijene električne energije kupcima na srednjem naponu, odnosno veća za 135% od prosječne cijene električne energije kupcima na visokom naponu.
- b) Nedovoljno ulaganje u razvoj distribucijske mreže zbog značajnih ulaganja u obnovu ratom uništenih dijelova mreže. Da su se ta sredstva mogla uložiti u provedbu mjera za učinkovito smanjenje tehničkih gubitaka, njihova razina u distribucijskoj mreži smanjila bi se sa današnjeg iznosa od 6 do 7 % na razinu od 4 do 5%.
- c) Povećan iznos netehničkih gubitaka u distribucijskoj mreži na razini 3 do 4% generiran je kako ratnim i poslijeratnim demografskim i socijalnim problemima, tako i nedovoljnim ulaganjem u modernizaciju obračunskih mjernih mjesta prodaje električne energije i uređenje priključaka.

Uvažavajući utjecaje tih čimbenika koji su najvećim dijelom posljedica nepovoljnih vanjskih okolnosti na razvoj hrvatskog elektroenergetskog sustava, gubici bi bili gotovo na razini prosjeka u zapadnoeuropskim državama.

LITERATURA

- [1] HEP d.d., Godišnja izvješća 2006, 2005, 2004, 2003.
- [2] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Vlade Republike Hrvatske, Energija u Hrvatskoj 2005 - Godišnji energetske pregled, EIHP, Zagreb, 2006.
- [3] EUROPEAN COPPER INSTITUTE, The potential for global energy savings from high efficiency distribution transformers, Leonardo energy, 2005.
- [4] OFFICE OF GAS AND ELECTRICITY MARKETS, Electricity distribution losses - a consultation document, 2003.
- [5] EURELECTRIC, The operating environment for distribution companies, Working group distribution issues, 2005.
- [6] EUROSTAT, Gas and electricity market statistics - Data 1990 - 2006, European communities, 2006.
- [7] Ministrstvo za gospodarstvo, Republika Slovenija, Energetska bilanca Republike Slovenije za leto 2006.
- [8] ELES d.o.o., Načrt razvoja prenosnega omrežja v Republiki Sloveniji od leta 2005 do 2014, Ljubljana, 2004.
- [9] CENTREL, Annual report 2005.
- [10] Federalno ministarstvo energije, rudarstva i industrije Bosne i Hercegovine, Energetski bilans 2005.
- [11] Regulatorna agencija za energetiku Crne gore, Godišnji izvještaj za 2005. godinu.
- [12] Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Elektroenergetski bilans u Srbiji (bez KiM), 2006.
- [13] KAMBERI, Z., Energy sector reform - the case of Albania, ACIT/ICS, 2004.
- [14] PAVIĆ, A., TRUPINIĆ, K. Gubici el. energije u distribucijskoj mreži, Energija 2/2007