

# STATISTIKA POGONSKIH DOGAĐAJA U PRIJENOSNOJ MREŽI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE OD 1995. DO 2000. GODINE

Prof. dr. sc. Zdravko H e b e l, Zagreb – Marijan K a l e a, Osijek

UDK 621.316.1.004.2  
STRUČNI ČLANAK

Rad prikazuje analizu prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede kroz uspostavljeni sustav statistike pogonskih događaja (SPD). Definirani su pojmovi i analiziraju rezultati dobiveni tijekom proteklih šest godina (1995.–2000.).

**Ključne riječi:** prijenosna mreža, poremećaji, zastoji, neraspoloživost.

## 1. UVOD

Statistika pogonskih događaja (SPD) u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede utemeljena je radovima [1] i [2], te kratko opisana u [3]. Prihvaćena je 1996. godine u tadašnjoj Direkciji za upravljanje i prijenos Hrvatske elektroprivrede kao službena metodologija za prikupljanje, obradu i jednogodišnji prikaz podataka o pogonskim događajima u prijenosnoj mreži, svake godine.

Razrađena je vrlo obuhvatna programska podrška za prihvata, obradu i prikaz podataka SPD. Izabrani su, obučeni i opskrbljeni opremom, radnici koji u svakom prijenosnom području prihvaćaju, atribuiraju i unose podatke u računala radi SPD. Okončane su jednogodišnje obrade podataka za razdoblje od 1995.–2000. godine, ([5] do [10]), te je omogućen prikaz i analiza kretanja promatranih pojava u šestogodišnjem razdoblju korištenja prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede.

## 2. PREDMET I NAČIN PROMATRANJA SPD

Predmet promatranja SPD su pogonski događaji nastali u prijenosnoj mreži nazivnog napona 110, 220 i 400kV, koja je u nadležnosti Direkcije za prijenos Hrvatske elektroprivrede. Promatraju se pogonski događaji na onim jedinicama mreže, koje su bile u korištenju pod istim pogonskim nazivnim naponom cijele promatrane godine, ili koje su ušle u pogon najkasnije 31. siječnja, odnosno kojima je korištenje prestalo najranije 30. studenog promatrane godine. SPD ne obuhvaća, dakle, jedinice mreže koje su u nadležnosti elektrana i distribucije, u vlasništvu potrošača, jedinice inozemnih susjednih mreža, kao i vlastite jedinice kojima je trajanje korištenja bilo kraće od rečenog. Vo-

dovi koji povezuju promatranu mrežu s inozemstvom promatrani su ukupnom duljinom, a trojke dvostrukih vodova promatraju se pojedinačno, svaka za sebe.

Promatrane jedinice u SPD–u su:

- nadzemni vodovi,
- kabeli,
- nadzemno-kabelski vodovi,
- transformatori,
- polja,
- sabirnice,

razvrstani prema nazivnom pogonskom naponu, neovisno o eventualno drugačijem konstrukcijskom naponu. Sve jedinice iskazuju se brojem komada, a vodovi iskazuju se i duljinom, jer je za neke pojave svojstveno iskazivanje u odnosu prema duljini (primjerice izloženost atmosferskim djelovanjima), a za druge – u odnosu prema broju komada (primjerice izloženost pogrešnom sklapanju).

Pojave koje prati statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži su:

- poremećaji,
- prisilni zastoji,
- planirani zastoji,
- neraspoloživost,
- prekidi opskrbe električnom energijom,
- beznaponska stanja sabirnica,
- djelovanje zaštite,
- kvarovi.

*Poremećaj* je skup događaja i stanja promatranih jedinica, koji spontano počinje pojavom grješke, što vodi do ispada ili prisilnog isklopa barem jednog prekidača u promatranoj mreži (ili prekidača na drugoj strani spojnog voda prema inozemstvu), a završava uk-

lopom svih jedinica koje su se našle u poremećaju. Svaki poremećaj sadrži najmanje jedan prisilni zastoj i svaki prisilni zastoj pripada određenom poremećaju. *Prisilni zastoj* nastupa automatskim ispadom djelovanjem zaštite, ručnim prisilnim neodgodivim isklupom, prisilnim isklupom odgodivim do 24 sata ili pogrešnim isklupom. Neuspješni automatski ponovni uklop (APU) također dovodi do prisilnog zastoja vod na kojem se zbio. U prisilne zastoje *ne* ubrajaju se uspješni APU (to su tzv. prolazni *zastoji*), ali se prati njihov nastup i izdvojeno iskazuje u SPD.

*Planirani zastoj* nastupa smišljenim ručnim isklupom promatrane jedinice radi neke namjere u vezi s promatranom jedinicom ili zbog toga što se neka druga namjera može ostvariti samo uz beznaponsko, odnosno izvanpogonsko stanje promatrane jedinice.

*Neraspoloživost* tvore svi prisilni i svi planirani zastoji koji su se zbili jedinicama promatrane mreže u promatranom jednogodišnjem razdoblju. Izvan tih zastoja, jedinice mreže su bile raspoložive za pogon, za stavljanje u rezervu ili pogonski isklup zbog drugih pogonskih razloga. Neraspoloživost je sintetička mjera izgrađenosti, te kvalitete pogona i održavanja mreže.

U dijelu poremećaja, kao i prigodom odvijanja dijela planiranih zastoja dolazi do *prekida opskrbe električnom energijom*, koje SPD prati prema trajanju i vrijednosti neisporučene električne energije.

Također, poremećaji (dakle prinudni zastoji u tim poremećajima) i planirani zastoji mogu dovesti do *beznaponskih stanja sabirnica* u promatranoj mreži koja potencijalno rezultiraju prekidom opskrbe električnom energijom, te SPD prati broj i trajanja nastupa takvih stanja na svim sabirnicama u promatranoj mreži. Pri tome su dvostruke sabirnice pod naponom ako im je barem jedan sustav pod naponom, a bez napona kada su im oba sustava bez napona zbog neraspoloživosti sabirnica i/ili priključene mreže na te sabirnice.

U poremećajima osobitu ulogu ima *zaštita* primarnih jedinica mreže, koja svojim ispravnim ili neispravnim radom pridonosi vremenskom i prostornom dosegu poremećaja, a može i sama biti primarnim mjestom pogreške. U SPD analizira se djelovanje zaštite i automatskog ponovnog uklopa i kategorizira ispravnost tog djelovanja u svim prisilnim zastojima.

Prisilni zastoji razvrstavaju se po is trajnosti u *privremene* i *trajne*. Privremeni su oni zastoji u kojima je bio omogućen uspješan uklop promatrane jedinice, bez

popravaka ili zamjene komponenata te jedinice – ma koliko privremeni zastoj trajao. Trajni zastoji su oni u kojima je uspješan uklop ostvaren nakon popravka ili zamjene komponente promatrane jedinice. Takvo stanje u SPD naziva se *kvar*, te se posebno prate kvarovi po definiranim komponentama pojedinih jedinica. To nisu iskazi o svim kvarovima u mreži nego samo o onima koji su izazvali ili sudjelovali u poremećajima (ne i onim koji su otklanjani u planiranim zastojima ili bez zastoja).

### 3. PROMATRANA MREŽA

Količine promatranih jedinica koje su bile predmetom obuhvata SPD u pojedinim promatranim godinama prikazane su tablicom 1. Promjene koje su nastupile u pojedinim godinama posljedice su sanacije ratnih razaranja i dogradnje mreže.

Tablica 1. Promatrana mreža

Go-dina	Promatrana jedinica	Jed.	400kV	220kV	110kV	Ukup-no
1995.	Nadzemni vodovi	km	291	1025	3304	4620
	Kabeli	km	–	–	14	14
	Nadzemno–kabelski vodovi	km	–	–	438	438
	Transformatori	kom	5	16	137	158
	Polja	kom	13	50	484	547
	Sabirnice	kom	2	15	146	163
1996.	Nadzemni vodovi	km	570	1055	3586	5212
	Kabeli	km	–	–	14	14
	Nadzemno–kabelski vodovi	km	–	–	417	417
	Transformatori	kom	7	16	140	163
	Polja	kom	18	54	510	582
	Sabirnice	kom	4	14	155	173
1997.	Nadzemni vodovi	km	570	1399	3557	5526
	Kabeli	km	–	–	17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km	–	–	432	432
	Transformatori	kom	7	16	143	166
	Polja	kom	18	59	516	593
	Sabirnice	kom	4	15	158	177
1998.	Nadzemni vodovi	km	570	1397	3856	5823
	Kabeli	km			17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km			471	471
	Transformatori	kom	7	16	152	175
	Polja	kom	18	60	550	628
	Sabirnice	kom	3	11	152	166
1999.	Nadzemni vodovi	km	570	1426	3651	5647
	Kabeli	km			17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km			471	471
	Transformatori	kom	7	15	158	180
	Polja	kom	18	56	551	625
	Sabirnice	kom	3	11	155	169
2000.	Nadzemni vodovi	km	800	1540	3841	6181
	Kabeli	km			17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km			452	452
	Transformatori	kom	7	15	162	184
	Polja	kom	19	57	564	640
	Sabirnice	kom	3	11	158	172

#### 4. POREMEĆAJI

Pregled ukupnog broja poremećaja i prisilnih zastoja koji su se zbili u tim poremećajima u promatranoj mreži iznosi se u tablici 2. Praktički, zbivaju se prosječno nešto manje od dva poremećaja dnevno, a u svakome od njih je prosječno nešto više od 1,5 jedinice mreže u prisilnom zastoju. Godine 1995. u još nedovoljno konsolidiranoj mreži nakon ratnih razaranja 1991./92.godine, veći je broj jedinica u mreži bio u radikalnom pogonu, te je prosječni poremećaj izazivao prisilni zastoj gotovo tri jedinice (točno: 2,7). U sljedećim godinama, pogonska topologija mreže vidljivo je poboljšana: srednji broj prisilnih zastoja u jednom poremećaju bitno je smanjen.

Tablica 2. Broj poremećaja i prisilnih zastoja (1/god.)

Godina	Broj poremećaja	Broj prisilnih zastoja	Prisilni zastoji /poremećaji
1	2	3	3/2
1995.	623	1679	2,70
1996.	617	935	1,52
1997.	533	905	1,70
1998.	763	1329	1,74
1999.	697	1108	1,59
2000.	588	896	1,52

Preko polovina svih poremećaja imala je povod u greški iz okoline (1995: 54%, 1996: 62%, 1997: 51%, 1998: 56%, 1999: 51%, 2000: 57%). Među atmosferskim djelovanjima, grmljavina i/ili vjetar predstavljaju pretežan povod greškama iz okoline. Slijedi vlažnost s orošavanjem i vatra (požar), ali s mnogostruko manjim udjelom od grmljavine i vjetra. Tehnički povod greški predstavlja početak približno 1/10 do 1/5 svih poremećaja, a ljudski povod (pogrešna sklapanja ili aktivnosti u blizini objekata mreže) u nekoliko postotaka svih poremećaja. Približno 1/10 do 1/5 svih poremećaja, u prijenosnoj mreži nastupa zbog grješke u nepromatranoj mreži.

Struja jednopolnog kratkog spoja je najbrojnija manifestacija je greške na primarno pogodojenoj jedinici (1995: 37%, 1996: 40%, 1997: 33%, 1998: 33%, 1999: 28%, 2000: 25%). Slijede svi ostali kratki spojevi (2K, 2K+Z, 3K, 3K+Z), s približno istim zajedničkim udjelom kao i jednopolni kratki spoj. Ostale manifestacije greške imaju male udjele a prednjači greška s ispadom ili prisilnim isklopom bez kratkog spoja (2000.godine: 25%). Preopterećenju raste udjel u manifestaciji greške na primarno pogodojenoj jedinici (1995: 0,8%, 1996: 1,8%, 1997: 2,4%, 1998: 3,7%, 1999: 4%, 2000: 2%), očigledno: poslijeratna konsolidacija prijenosne mreže sporija je od poslijeratnog porasta opterećenja. Vršno opterećenje u 1995.godini na razini prijenosne mreže bilo je 2023MW, a 2000.godine 2661MW. U istom razdoblju je godišnja potrošnja porasla s 11,0TWh (1995) na 13,8TWh (2000).

#### 5. PRISILNI ZASTOJI

Broj prisilnih zastoja koji su tvorili poremećaje u promatranim godinama prikazan je u tablici 5. po promatranim jedinicama. Kao zanimljiviji specifični pokazatelji, u tablicama 3. i 4. prikazane su godišnje frekvencije prisilnih zastoja po 100km nadzemnih vodova i jednom transformatoru. To je broj prisilnih zastoja podijeljen s ukupnom količinom tih jedinica u mreži. Prigodom eventualne komparacije s inozemnim izvorima podataka, nužno je egzaktno poznavanje obuhvata podacima u tim izvorima (ovdje se radi o prisilnim zastojima, privremenim i trajnim, s unutar-njim i vanjskim razlogom).

Tablica 3. Frekvencija prisilnih zastoja nadzemnih vodova (1/100 km. god.)

Godina	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	4,81	10,63	24,03	19,85
1996.	5,26	5,88	11,62	9,73
1997.	3,16	5,29	11,64	9,16
1998.	5,09	8,73	14,76	12,36
1999.	4,91	10,17	11,78	10,68
2000.	2,88	7,53	10,60	8,83

Tablica 4. Frekvencija prisilnih zastoja transformatora (1/kom. god.)

Godina	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	1,40	4,06	3,73	3,69
1996.	0,29	1,38	1,86	1,74
1997.	0,57	1,56	1,76	1,67
1998.	0,14	1,94	2,28	2,17
1999.	0,71	1,33	1,98	1,88
2000.	0,57	1,33	1,49	1,45

Prisilni zastoji u još nedovoljno konsolidiranoj mreži 1995. godine, praktički su dvostruko brojniji nego u godinama koje slijede, gledajući sumarno i apsolutno, a jednako tako gledajući i frekvenciju prisilnih zastoja najzanimljivijih jedinica mreže: nadzemnih vodova i transformatora. U razdoblju homogenijih podataka, donekle prema gore odstupa godina 1998., što valja pripisati težim vremenskim prilikama u zimskom (siječanj, studeni/prosinac – nevremena s vjetrom, snijegom i zaleđivanjem) i ljetnom razdoblju (olujna nevremena) u toj godini spram prosječnih prilika. Izvan 1995. i 1998.godine može se govoriti o prosječno nešto manje od 10 prisilnih zastoja po 100 km nadzemnih vodova svih nazivnih napona i nešto više od 1,5 prisilnih zastoja prosječnog transformatora svih nazivnih napona u prijenosnoj mreži..

Tablica 5. Broj prisilnih zastoja (1/god.)

Godina	Promatrana jedinica	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	Nadzemni vod	14	109	794	917
	Kabel	–	–	3	3
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	120	120
	Transformator	7	65	511	583
	Polje <sup>1</sup>	4	6	43	53
	Sabirnice	2	1	0	3
	Sveukupno	27	181	1471	1679
1996.	Nadzemni vod	30	62	417	507
	Kabel	–	–	3	3
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	105	105
	Transformator	2	22	260	284
	Polje <sup>1</sup>	1	4	28	33
	Sabirnice	0	0	1	1
	Sveukupno	33	88	814	935
1997.	Nadzemni vod	18	74	414	506
	Kabel	–	–	3	3
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	41	41
	Transformator	4	25	251	280
	Polje <sup>1</sup>	7	8	59	74
	Sabirnice	0	0	1	1
	Sveukupno	29	107	769	905
1998.	Nadzemni vod	29	122	569	720
	Kabel			6	6
	Nadzemno–kabelski vod			148	148
	Transformator	1	31	347	379
	Polje <sup>1</sup>	1	20	52	73
	Sabirnice	0	0	3	3
	Sveukupno	31	173	1125	1329
1999.	Nadzemni vod	28	145	430	603
	Kabel			1	1
	Nadzemno–kabelski vod			101	101
	Transformator	5	20	313	338
	Polje <sup>1</sup>	14	13	32	59
	Sabirnice	1	1	4	6
	Sveukupno	48	179	881	1108
2000.	Nadzemni vod	23	116	407	546
	Kabel			1	1
	Nadzemno–kabelski vod			39	39
	Transformator	4	20	242	266
	Polje <sup>1</sup>	4	8	32	44
	Sabirnice	0	0	0	0
	Sveukupno	31	144	721	896

<sup>1</sup> Zastoji polja u SPD ubrajaju se samo ako su uslijedili unutarnjim razlogom.

Preko polovina prisilnih zastoja svih jedinica u mreži godine nastupa unutarnjim razlogom, a preostatak vanjskim razlogom (razlog izvan jedinice koja se našla u zastoju), no to se mijenja ako se gleda na pojedine vrste promatranih jedinica. Uz nazivni napon 400 i 220kV još naglašenije se radi o unutarnjim razlozima. Jedino kod transformatora 110kV/s.n. pretežu vanjski razlozi (primjerice, najbrojniji slučaj: neodgovorni ručni isklon – inače ispravnog – transformatora, ako zbog zastoja drugih jedinica u mreži ostane bez napona).

Mjesec s najviše prisilnih zastoja vodova, unutarnjim razlogom, je kolovoz u 1995.godini, prosinac u 1996.godini i kolovoz u 1997.godini, srpanj u 1999.godini, te kolovoz i rujan u 1998. i 2000.godini.

Trajni zastoji (dakle oni u kojima se dogodio kvar barem jedne komponente promatrane jedinice) sudjeluju relativno malo u ukupnom broju prisilnih zastoja (1995: 4,6%, 1996: 6,8%, 1997: 8,7%, 1998: 6,7%, 1999: 6,3%, 2000: 5,7%). Preostaju privremeni zastoji, oni pri kojima se uspješni uklop jedinice mogao obaviti bez popravka ili zamjene komponenata te jedinice.

## 6. PLANIRANI ZASTOJI

Broj planiranih zastoja u promatranim godinama prikazan je u tablici 6. po promatranim jedinicama. Uočava se porast broja tih zastoja u sredini promatranog šestgodišnjeg razdoblja. Vjerojatno se radi o utjecaju konsolidiranja poslijeratnih prilika, te se sve dosljednije provode zahtjevi pravilnika o održavanju, što traži više planiranih isklopa jedinica u mreži.

Čak oko 40% planiranih zastoja promatrane jedinice nastupa radi povoda izvan promatrane jedinice, dakle kada je za neke zahvate u mreži ili blizini mreže uvjet bio izvanpogonsko, odnosno beznaponsko stanje promatrane jedinice. U oko 1/4 svih planiranih zastoja obavila se revizija ili remont, a u oko 1/10 svih zastoja obavljani su popravci neispravnosti čije se otklanjanje moglo odgađati dulje od 24 sata nakon uočavanja (ako je taj rok bio kraći, u SPD su takvi zastoji svrstani u prisilne zastoje – ta granica je konvencija).

Tablica 6. Broj planiranih zastoja (1/god.)

Godina	Promatrana jedinica	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	Nadzemni vod	18	108	810	936
	Kabel	–	–	0	0
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	113	113
	Transformator	35	70	512	617
	Polje <sup>1</sup>	31	93	603	727
	Sabirnice	1	2	11	14
	Sveukupno	85	273	2049	2407
1996.	Nadzemni vod	32	108	848	988
	Kabel	–	–	4	4
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	87	87
	Transformator	47	94	566	707
	Polje <sup>1</sup>	19	90	558	667
	Sabirnice	0	0	23	23
	Sveukupno	98	292	2086	2476
1997.	Nadzemni vod	27	166	817	1010
	Kabel	–	–	9	9
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	95	95
	Transformator	37	74	667	778
	Polje <sup>1</sup>	26	107	674	807
	Sabirnice	1	1	23	25
	Sveukupno	91	348	2285	2724
1998.	Nadzemni vod	45	230	790	1065
	Kabel			8	8
	Nadzemno–kabelski vod			117	117
	Transformator	70	86	904	1060
	Polje <sup>1</sup>	48	178	1054	1280
	Sabirnice	2	1	32	35
	Sveukupno	165	495	2905	3565
1999.	Nadzemni vod	41	184	859	1084
	Kabel			3	3
	Nadzemno–kabelski vod			141	141
	Transformator	59	86	1013	1158
	Polje <sup>1</sup>	36	140	1096	1272
	Sabirnice	0	4	37	41
	Sveukupno	136	414	3149	3699
2000.	Nadzemni vod	52	198	1048	1298
	Kabel			6	6
	Nadzemno–kabelski vod			111	111
	Transformator	96	95	810	1001
	Polje <sup>1</sup>	79	144	954	1177
	Sabirnice	8	3	67	78
	Sveukupno	235	440	2996	3671

<sup>1</sup> Zastoji polja u SPD ubrajaju se samo ako su uslijedili unutarnjim razlogom.

## 7. NERASPOLOŽIVOST MREŽE

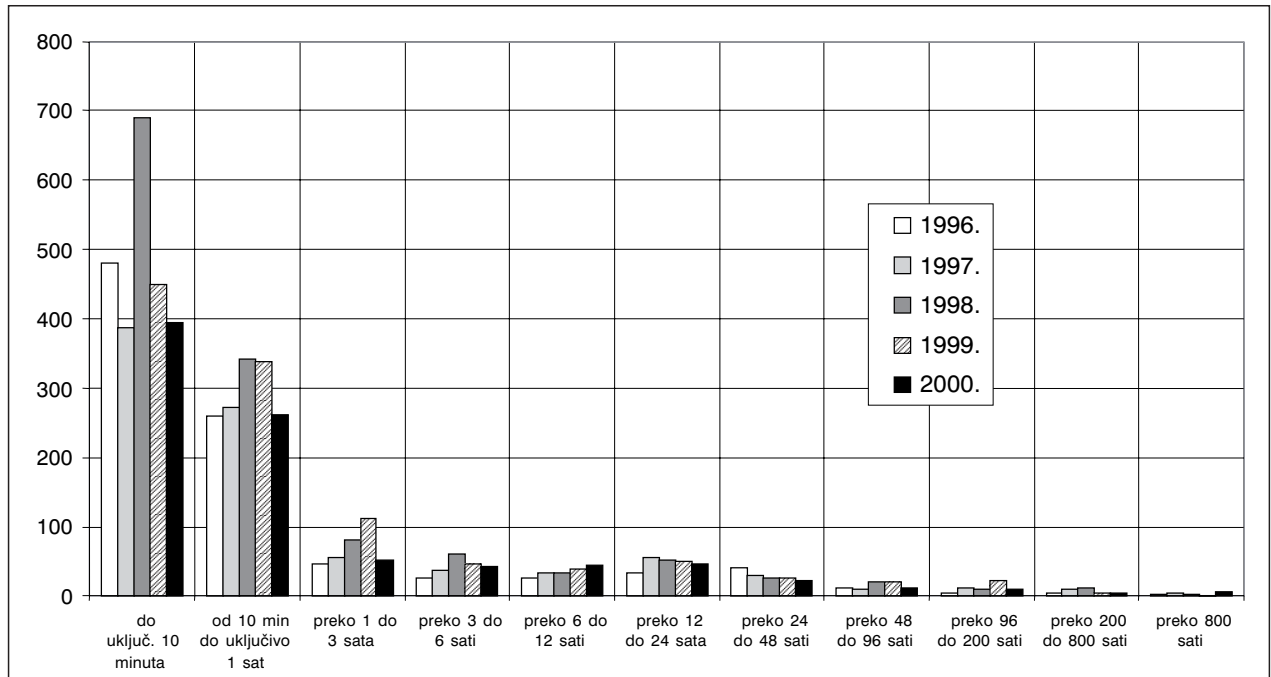
Neraspoloživost mreže, kao zbroj svih prisilnih i planiranih zastoja koji su se zbili u pojedinoj promatranoj godini, prikazana je tablicom 7. Izlazi da je – zaokruženo iskazavši prilike u posljednje tri promatrane godine – u promatranoj prijenosnoj mreži svakog dana prosječno 13 promatranih jedinica u zastojima, u tome – prosječno – petina u prisilnim, a četiri petine u planiranim zastojima.

Tablica 7. Neraspoloživost mreže (1/god.)

Godina	Prisilni zastoji	Planirani zastoji	Neraspoloživost
1995.	1679	2407	4086
1996.	935	2476	3411
1997.	905	2724	3629
1998.	1329	3565	4894
1999.	1108	3699	4807
2000.	896	3671	4567

Praktički, najzanimljivije obilježje – iza godišnjeg broja neraspoloživih stanja, je trajanje tih stanja. Tijekom neraspoloživog vremena neke jedinice, vjerojatan je prekid opskrbe električnom energijom, a svakako je smanjena operativna sigurnost mreže, te je vjerojatnije daljnje pogoršanje prilika. S te strane gledano, nije pretjerano bitno da li je neraspoloživost uslijedila iz prisilnog ili planiranog povoda. Ipak, razvrstavajući neraspoloživost u razrede prema trajanju, uočavaju se podskupovi prisilnih i planiranih zastoja – svaki s istaknutim osobitostima. Najčešći broj prisilnih zastoja (slika 1)<sup>2</sup> pripada razredu kratkotrajnih, do uključivo 10 minuta, a oko 3/4 svih prisilnih zastoja riješi se unutar 1 sata. Najčešći broj planiranih zastoja (slika 2) pripada intervalu 1–12 sati, dakle koji se riješe unutar jedne obdanice. U razredu 12–24 sata ima manje planiranih zastoja, jer ako se protegnu na više od jedan dan, najčešće se ne radi noću i stoga je nešto povećan udjel razreda s trajanjem 2 ili više dana.

<sup>2</sup> Sve slike u ovom radu prikazane su za petgodišnje razdoblje homogenijih podataka, izostavljanjem slikovnog prikaza za 1995. godinu.



Slika 1. Broj prisilnih zastoja prema trajanju (1/god.)

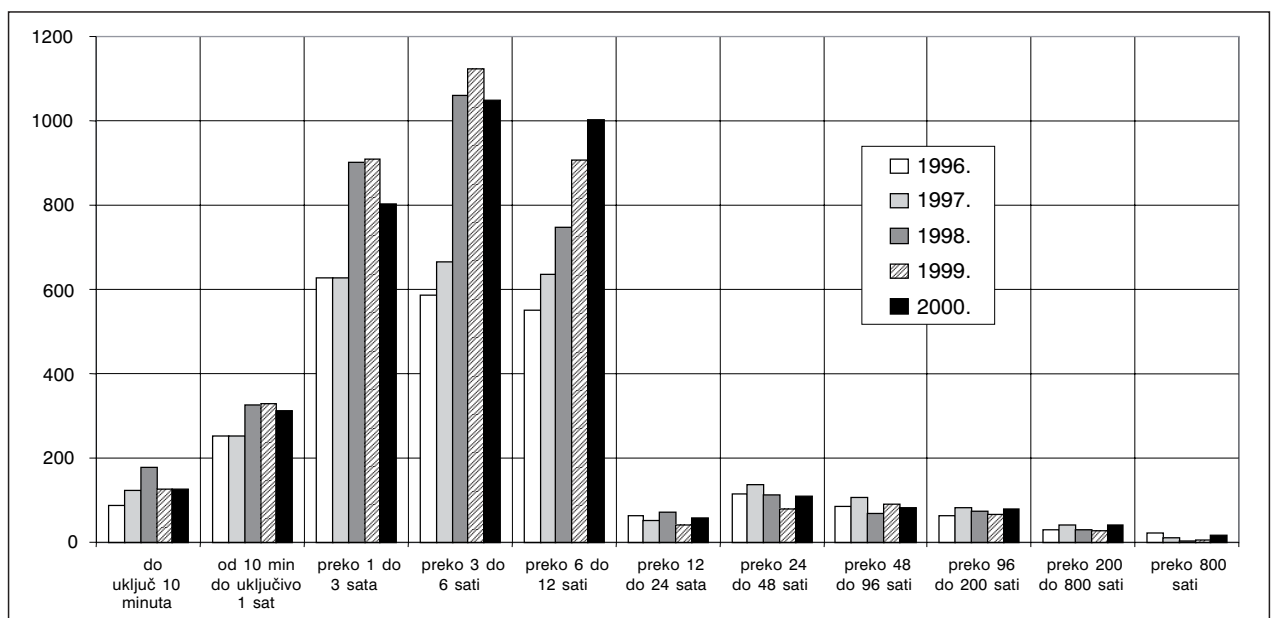
Neznatno je prisilnih zastoja koji traju više od 200 sati (dakle više od tjedan dana), a desetak do dvadesetak planiranih zastoja traje više od 800 sati (dakle više od mjesec dana). Takva trajanja te dvije kategorije zastoja karakteriziraju ih dugotrajnim, a granice su u SPD uzete iz recentnih međunarodnih gledanja. Za posljednju promatrano godinu (2000.) karakterističan je nešto veći udjel dugotrajnih prisilnih i dugotrajnih planiranih zastoja od prosječnih prilika.

Sezonski raspored neraspoloživosti vodova: u ljetnim mjesecima su neraspoloživa stanja brojnija (istodobno

djeluju nepovoljne atmosferske prilike i brojniji planirani zahvati u mreži) a u zimskim mjesecima nešto manje brojna, kada su zahtjevi pred mrežom općenito veći, te je zapravo povoljno što je tako.

## 8. PREKIDI OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZBOG NERASPOLOŽIVOSTI

Krajnji nepovoljni rezultat neraspoloživosti mreže je prekid opskrbe električnom energijom. Ako do njega dolazi rijetko i kratkotrajno – takvo je stanje poželjno,



Slika 2. Broj planiranih zastoja prema trajanju (1/god.)

a ako dolazi češće i dugotrajnije – znak je nedovoljne izgrađenosti mreže, nepažljivog vođenja pogona i neodgovarajućeg održavanja. Pri tome, sa stajališta potrošača električne energije, nije presudno da li je tome povod prisilni ili planirani zastoje. Detaljnom analitičaru mrežnih prilika to je bitno, jer finije usmjerava zaključivanje.

Na slici 3. su sva neraspoloživa stanja (nastala poremećajima i planiranim zastojima) pri kojima se zbio i prekid opskrbe razvrstana u razrede prema trajanju prekida opskrbe. Vidi se, da je najčešće trajanje prekida u razredima do 1 sat (a u tome barem polovina do 10 minuta). Nema neraspoloživih stanja prijenosne mreže pri kojima bi trajanje prekida opskrbe bilo dulje od 12 sati, osim nekoliko samo u 1999. godini.

Promatra li se broj neraspoloživih stanja prema neisporučenoj električnoj energiji, najčešća je vrijednost u razredu 1 do 10 MWh (dakle u razredu u kojem gornja granica predstavlja godišnju potrošnju 4 srednje elektrificirana domaćinstva).

Konsolidacijom mreže opada udjel poremećaja s prekidom opskrbe u ukupnom broju poremećaja (1995.: 40%, 1996.: 28%, 1997.: 21%, 1998.: 22%, 1999.: 16%, 2000.: 11%), a i planiranih zastoja u kojima je moralo doći do prekida opskrbe (1995.: 1.6%, 1996. i 1997.: 0.5%, 1998.: 0,6%, 1999.: 0,7%, 2000.: 0,3%). Na svakih 100 MWh godišnje potrošnje na razini prijenosne mreže, zbog neraspoloživosti se nije isporučilo 34–9–10–8–11–6 kWh (1995.–1996.–1997.–1998.–1999.–2000.). Ako se sva neisporučena energija iskaže trajanjem vršnog opterećenja za toliku energiju, tada je to 111–29–28–25–33–18 minuta godišnje (1995.–1996.–1997.–1998.–1999.–2000.).

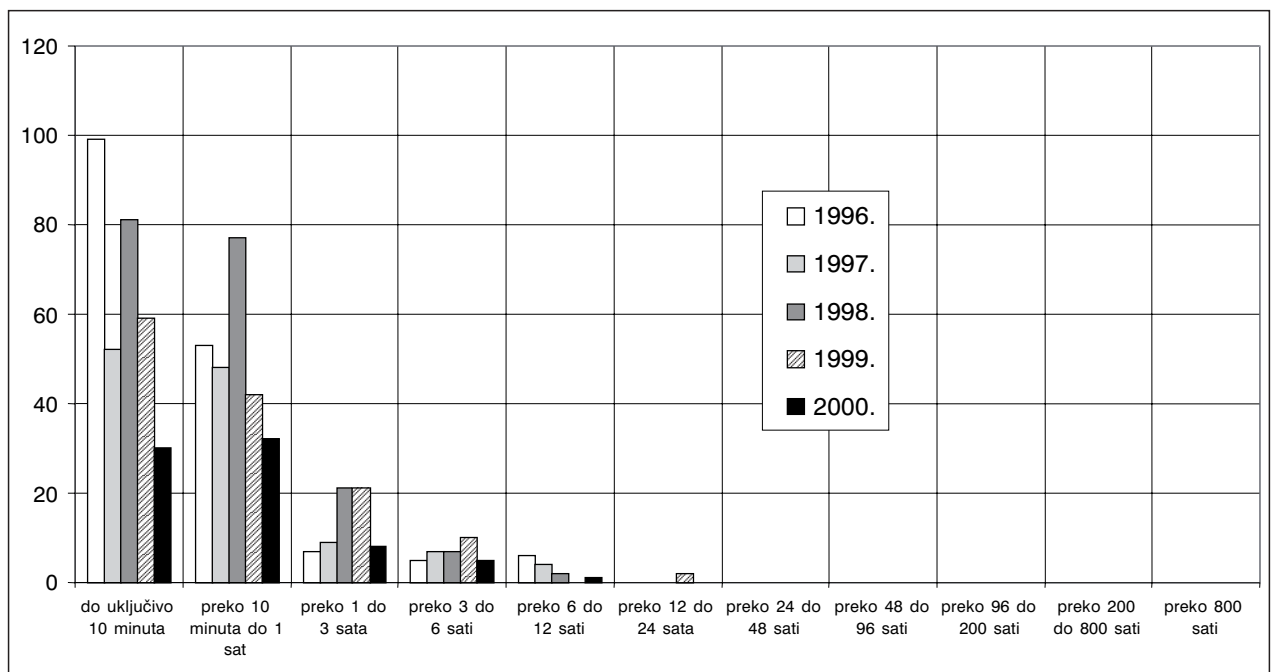
## 9. BEZNAPONSKA STANJA SABIRNICA

U nekonsolidiranoj mreži 1995. godine, broj beznaponskih stanja promatranih sabirnica bio je veći od broja takvih stanja u sljedećim promatranim godinama (1995.: 703 beznaponska stanja sabirnica, 1996.: 292, 1997.: 285, 1998.: 486, 1999.: 319, 2000.: 224). U mreži s poboljšanim prilikama, svake sabirnice nađu se u beznaponskom stanju prosječno nešto više od jedanput godišnje (u tome približno u 4/5 slučajeva zbog poremećaja i u 1/5 slučajeva zbog planiranih zastoja). Ako je uzrok beznaponskom stanju poremećaj, prosječno trajanje takvog stanja sabirnica je oko 17 minuta (2000.godine).

## 10. DJELOVANJE ZAŠTITE

SPD prati i ocjenjuje djelovanje zaštite vodova (kod nadzemnih i nadzemno–kabelskih vodova i djelovanje APU), te zaštite transformatora i sabirnica. Zabilježeno je malo nepotrebnih djelovanja i zatajenja, dakle neispravnih djelovanja zaštite vodova (1995. i 1996.: 1.1%, 1997.: 2.9%, 1998.: 7,2%, 1999.: 1,1%, 2000.: 1,1%), a udjel neispravnih djelovanja zaštite transformatora je neujednačeniji (1995.: 7%, 1996.: 7.4%, 1997.: 2.2%, 1998.: 6,1%, 1999.: 2,2%, 2000.: 6%).

U ukupnom broju učinjenih pokušaja APU, oko 4/5 je bilo uspješno (1995.:81%, 1996.: 73%, 1997.: 74%, 1998.: 78%, 1999.: 85%, 2000.: 84%), a preostala 1/5 neuspješno. Razlozi neuspješnim i izostalim pokušajima APU u velikom broju slučajeva razvrstani su u nepoznate. To je – praktički – jedino obilježje u SPD



Slika 3. Broj poremećaja i planiranih zastoja prema trajanju prekida opskrbe (1/god.)

kojem je u naglašenijem broju slučajeva pridijeljen atribut “nepoznato” (preciznije: “nepoznato da li je pokušao potreban APU”). Zaštita sabirnica djelovala je u dva slučaja 1995.godine i u po jednom slučaju 1996., 1997 i 1998. godine, i to ispravno.

## 11. KVAROVI

Kako je u toč.5 izneseno, 4,6–8,7% prisilnih zastoja (u razdoblju 1995.–2000. godine) ostvareno je s barem jednom komponentom u kvaru te se takav zastoj time svrstao po istrajnosti u trajni, a uspješan uklop jedinice ostvaren je tek nakon popravka ili zamjene neispravne komponente.

Prosječno je bilo 1,3–1,6 komponentata u kvaru, po jednom trajnom zastoju (u 2000.godini 1,10). U tri promatrane godine najčešći povod greški pri kojoj je nastupio kvar bio je iz okoline (1995.: 67%, 1996.: 57%, 1998.: 60%), a u tri godine bio je to tehnički povod (1997.: 55%, 1999.: 62%, 2000.: 50%). Ljudski povod greške koja rezultira kvarom je malen (1995.: 1,6%, 1996.: 4,1%, 1997.: 3%, 1998.: 4,3%, 1999.: 0,9%, 2000.: 0%).

Preko polovina svih trajnih zastoja zbilja se na vodovima (1995.: 44 zastoja u ukupno 78 takvih zastoja u mreži, 1996.: 38/64, 1997.: 34/79, 1998.: 37/89, 1999.: 31/70, 2000.: 19/51), slijede polja (1995.: 28, 1996.: 18, 1997.: 35, 1998.: 37, 1999.: 36, 2000.: 26) i transformatori (1995.: 4, 1996.: 8, 1997.: 10, 1998.: 13, 1999.: 2, 2000.: 6). Kvar sabirnica dogodi se do 2 puta godišnje. Udjel kvarova progresivno opada s nazivnim pogonskim naponom.

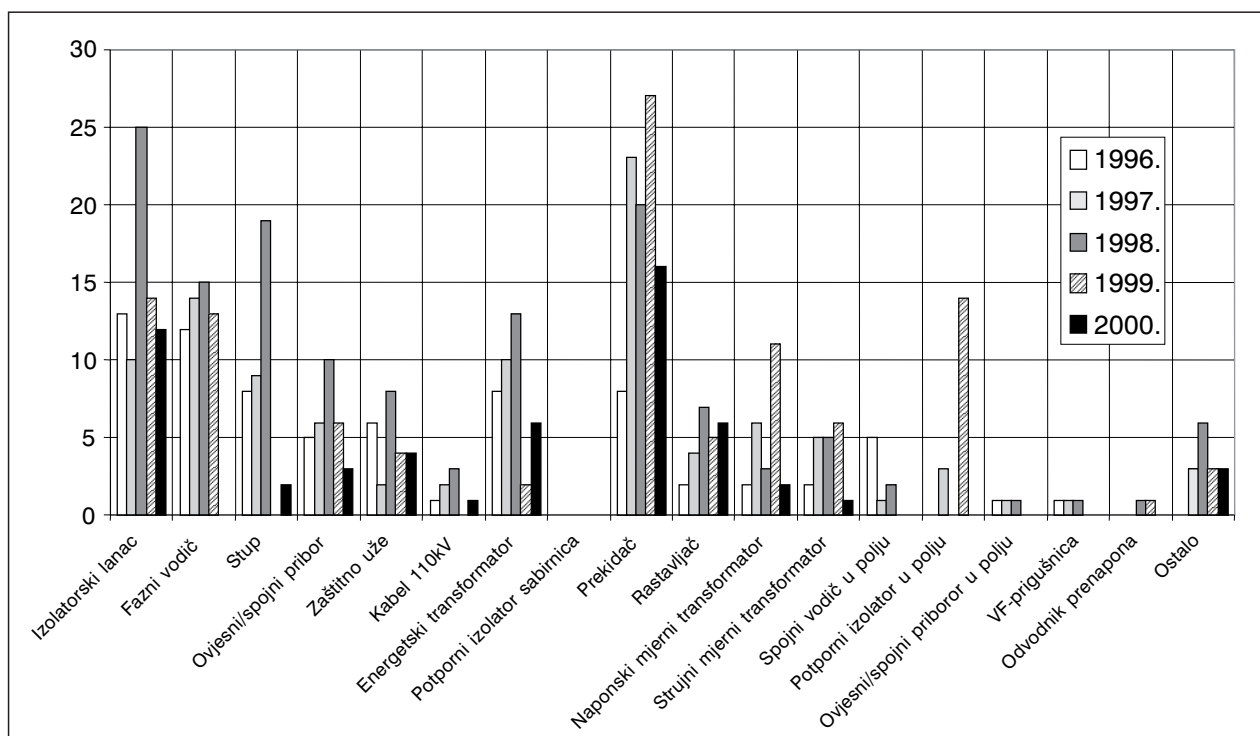
Prema vrsti oštećenja koje se dogodilo komponentama u kvaru, najviše su zastupljeni mehanički prekidi primarne izolacije i oštećenje/proboj primarne izolacije. Najčešći uzrok kvara bilo je mehaničko opterećenje veće od projektiranog. Dodajmo da su najčešće oštećivane komponente: izolatorski lanci i fazni vodiči, podjednako – na nadzemnim vodovima, a prekidači u poljima (slika 4.).

Konačno, naglasimo još jednom: to nisu iskazi o svim kvarovima komponentata u mreži, nego samo o onima koji su izazvali ili sudjelovali u poremećajima (dakle ne o onima otklanjanim u planiranim zastojima ili na koji drugi način, primjerice radom pod naponom). Svekoliki obuhvat kvarova, smetnji i nedostataka na komponentama mreže može pružiti informacijski sustav održavanja prijenosne mreže (ISOHEP).

## 12. ZAKLJUČAK

Nakon iskustva u primjeni na šest godina, može se ocijeniti da je statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede (SPD) dobro utemeljena, te da je u bližem razdoblju – u pogledu obuhvata pojava i njihova atribuiranja – ne treba mijenjati ili dopunjavati.

Zamislivo je postupno dopunjavanje i/ili izostavljanje nekih izlaznih izvješća SPD, temeljenih na istoj ulaznoj bazi podataka, sukladno argumentiranim zahtjevima korisnika. Potrebno će biti neprekidno nastojanje oko homogeniziranja pristupa pri atribuiranju vrijednosti pojedinih pojava u svim prijenosnim područjima, sve



Slika 4. Broj kvarova komponentata (1/god.)



do obnavljanja seminara i dopunskih tumačenja eventualno nerazjašnjenih pojmova ili dopunskih jednoznačnih konvencija. U takvom smjeru nastala je i knjiga [4].

SPD sadrži mnogo brojnije serije vrijednosti relevantnih obilježja nego što su ovdje mogle biti i dotaknute, a kamoli pomnije analizirane. Zainteresirani specijalisti upućuju se na pobrojano literaturu u kojoj su opisane osnove SPD ([1] do [4]), te na knjige statističkih podataka za do sada obrađena a i ubuduće obrađivana godišta.

## LITERATURA

- [1] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede, I.dio HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos i FER, Zavod za visoki napon i energetiku Zagreb, ožujak 1996
- [2] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede, II.dio HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos i FER, Zavod za visoki napon i energetiku Zagreb, ožujak 1996.
- [3] Dr. sc. Z. HEBEL, mr. sc. M. HUML–DIMITRIJEVIĆ, E. MILEUSNIĆ, dipl. inž., M. KALEA, dipl. inž., dr. sc. S. NIKOLOVSKI: "Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede", Energija 4/1996., str.173–186
- [4] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede, III.dio HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos i FER, Zavod za visoki napon i energetiku Zagreb, ožujak 1999.
- [5] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1995. godini
- [6] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1996. godini
- [7] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1997. godini
- [8] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1998. godini
- [9] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1999. godini
- [10] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 2000. Godini

### OPERATIONAL EVENT STATISTICS IN THE TRANSMISSION NETWORK OF HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA FROM 1995 TO 2000

This work presents an analysis of the Croatian Electricity Utility's (HEP) transmission network operation through the realised system of operational event statistics. Elements have been defined and results obtained during past six years.

### STATISTIK DER BETRIEBSEREIGNISSE IM ÜBERTRAGUNGSNETZ DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT IN DER JAHRESZEITSPANNE 1995-2000

Mittels des eingeführten Systems der Statistik von Betriebsereignissen wird die Untersuchung des Übertragungsnetzebetriebes Kroatischer Elektrizitätswirtschaft. dargestellt. Es werden Begriffe bestimmt und die im Laufe der Jahre 1995-2000 angesammelten Ergebnisse untersucht.

Naslov pisaca:

**Prof. dr. sc. Zdravko Hebel**  
**Fakultet elektrotehnike i računarstva**  
**Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska**

**Marijan Kalea, dipl. ing.**  
**Hrvatska elektroprivreda d.d.**  
**Direkcija za prijenos, PrP Osijek**  
**Šeperova 1a, 31000 Osijek, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2002-02-13.