

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 2828

**Analitička metoda hijerarhijskog odlučivanja
u planiranju distribucijskih mreža**

Marko Išlić

Zagreb, lipanj 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 2828

**Analitička metoda hijerarhijskog odlučivanja
u planiranju distribucijskih mreža**

Marko Išlić

Zagreb, lipanj 2012.

Sadržaj

1.	AHP - općenito	1
1.1	Višekriterijske metode odlučivanja	1
1.2	AHP metoda	1
1.3	AHP metoda u praksi	6
2.	Prijelaz na naponsku razinu 20 kV	7
2.1	Uvod	7
2.2	Osnovna načela razvoja distribucijske mreže srednjeg napona	8
2.3	Postupna zamjena naponske razine 10 kV sa 20 kV	8
2.4	Uvođenje transformacije 110/10(20) kV	9
3.	Primjer primjene AHP studije na stvarnom modelu	10
3.1	Lokacija područja primjene	10
3.2	Pogoni i njihove karakteristike	11
3.2.1	Pripremljenost mreže	13
3.2.2	Iskorištenost mreže	16
3.2.3	Trend potrošnje	19
3.2.4	Kvaliteta napona	21
3.2.5	Stalnost napajanja	22
3.2.6	Sekundarni pokazatelji	24
3.3	Konačna odluka	26
4.	Sažetak	28
5.	Zaključak	30
	Bibliografija	31
	Ključne riječi	33
	Keywords	33

Popis slika

Slika 1 AHP metoda – cilj, kriteriji i razine	2
Slika 2 Distribucijsko područje Elektrolika	10
Slika 3 Pogon Otočac, Slika 4 Pogon Udbina	11
Slika 5 Pogon Gospić, Slika 6 Pogon Senj	11
Slika 7 Provjera konzistentnosti matrice	12
Slika 8 Normirana vrijednost pripremljenost po pogonima.....	15
Slika 9 Normirane vrijednosti pokazatelja iskorištnosti mreže	18
Slika 10 Normirane vrijednosti pokazatelja Trend potrošnje	20
Slika 11 Normirane vrijednosti pokazatelja Trend potrošnje	21
Slika 12 Tablica ocjena važnosti pokazatelja stalnosti napajanja	22
Slika 13 Normirana vrijednost pokazatelja stabilnosti napajanja	23
Slika 14 Tablica ocjena važnosti sekundarnih pokazatelja	24
Slika 15 Normirane vrijednosti sekundarnih pokazatelja.....	25
Slika 16 Bodovi po razredima.....	26
Slika 17 Ocjene pogona	26
Slika 18 Analiza uloženog i dobivenog ostvarna u alatu Microsoft Excel	27

Popis tablica

Tablica 1 Saatyeva skala relativne važnosti [3]	3
Tablica 2 Tablica težinskih omjera za primjer kupnje televizora	3
Tablica 3 Tablica težinskih omjera alternativa za cijenu	5
Tablica 4 Tablica težinskih omjera alternativa za tehničke karakteristike.....	5
Tablica 5 Tablica težinskih omjera alternativa za izgled	5
Tablica 6 Tablica prioriteta alternativa	6
Tablica 7 Matrica glavnih kriterija u modelu mogućnosti i potreba prelaska na 20 kV	12
Tablica 8 Unos podataka pripremljenosti mreže	13
Tablica 9 Izračun vrijednosti pokazatelja i normirane vrijednosti pokazatelja	14
Tablica 10 Ocjena važnosti kriterija	14
Tablica 11 Unos podataka za kriterij iskorištenosti mreže	16
Tablica 12 Tablica ocjene važnosti pokazatelja iskorištenosti za 110 i 35 kV	17
Tablica 13 Tablicva ocjene važnosti za pokazatelj iskorištenosti	17

1. AHP - općenito

1.1 Višekriterijske metode odlučivanja

Budući da psihološka istraživanja pokazuju da ljudski mozak funkcionira jednodimenzionalno, tj. na razini usporedbe dva objekta, pojavio se problem kako dati definitivne (ali subjektivne) ocjene većem broju objekata.[1] Dodatni se problem javlja kada zakompliciramo donošenje odluke uvođenjem kriterija koji ovisno o svom prioritetu različito utječu na odluku.

Tom problematikom se bave višekriterijske metode odlučivanja. Pod višekriterijske metode spadaju svakako benchmarking i hijerarhijske metode kao što je metoda potencijala i Saatyjeva metoda svojstvenog vektora ili analitički hijerarhijski postupak (AHP), zatim metoda neizrazite (fuzzy) logike, metoda upravljanja portfeljom i druge. [5]

1.2 AHP metoda

Sličan problem je mučio i menadžere u donošenju poslovnih odluka, pa je Thomas L. Saaty¹ uspio je 70ih godina 20. stoljeća razviti metodu koja donosi odluke objektivno uspoređujući više objekata s mogućnošću uvažavanja različitih važnosti kriterija odabira – AHP² metodu.

Primjerice, zadatak je odlučiti koji televizor kupiti. U ponudi su 3 televizora (alternative) različitih proizvođača (različite cijene, dimenzije, tehničke karakteristike) te treba donijeti odluku koji kupiti. Taj zadatak nije toliko zahtjevan, ukoliko jedna od alternativa uočljivo odskače od drugih, no u praksi su sve jako slične i razlikuju se u nijansama.

Ideja AHP metode je prvo postaviti cilj (kupnja televizora), zatim uspostaviti kriterije koje televizor može zadovoljavati, a utječu na odluku donositelja odluke. Kriteriji mogu biti svrstani u jednu ili više razina (prva, druga,...) – te se postiže hijerarhija kriterija. Kriteriji prve razine hijerarhije

¹ Thomas L. Saaty – sveučilišni profesor (University of Pittsburgh)

² AHP (eng. *Analytic Hierarchy Process*) – analitički hijerarhijski proces

najviše utječu na odluku – najvažniji su, dok kriteriji druge, treće itd. razine imaju manji utjecaj.

Kod kupnje televizora uspostavljaju se samo kriterije prve razine: cijena, dimenzije, boja, proizvođač i 3 alternative koje se nazivaju A, B i C od kojih niti jedna ne odskāče svojim karakteristikama da bi ju odmah mogli proglasiti naj boljim izborom. Vizualno je problem prikazan na slici 1.



Slika 1 AHP metoda – cilj, kriteriji i razine

Sljedeći korak je procjenjivanje relativne važnosti svake razine kriterija. Prema tablici 1 dodjeljuju se ocjene pojedinom objektu u odnosu na drugi objekt unutar kriterija kao na tablici 2.

Tablica 1 Saatyeva skala relativne važnosti [3]

Vrijednost ³	1	3	5	7	9
Opis	Dva kriterija ili opcije jednako pridonose cilju	Postoji umjerena prednost jednom kriteriju ili opciji u odnosu na drugu (na temelju iskustva i procjena)	Nedvojbeno se favorizira jedan kriterij ili opcija u odnosu na drugi (na temelju iskustva i procjena)	Izrazito se favorizira jedan kriterij ili opcija u odnosu na drugi (dominacija je vidljiva u praksi)	Dokazi na temelju kojih se favorizira jedan kriterij ili opciju u odnosu na drugi uvjerljivo su potvrđeni
Relativna važnost	Jednaka važnost/kvaliteta	Umjereno važnije/bolje	Nedvojbeno važnije/bolje	Puno važnije/bolje	Ekstremno važnije/bolje

Težinske omjere određujemo formulom:

$$w_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (1.1)$$

$w_i, w_j = \text{relativna važnost kriterija}$

Težinski omjeri se zapisuju u obliku matrice težinskih omjera oblika: $w = [w_{ij}]_{q \times q}$, gdje je q broj kriterija:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1q} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{q1} & \cdots & w_{qq} \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

Tablica 2 Tablica težinskih omjera za primjer kupnje televizora

	Cijena	Tehničke karakteristike	Izgled	Geometrijska sredina	Prioritet
Cijena	1	5	7	3,271	0,731
Tehničke karakteristike	1/5	1	3	0,843	0,188
Izgled	1/7	1/3	1	0,362	0,081

Tablica 2 nam pokazuje međusobnu ovisnost važnosti ocjena kriterija. Npr. kriterij cijene je 7 puta važniji (*puno važniji* prema Tablici 1) od kriterija izgleda.

³ Moguće su i ocjene 2, 4, 6 i 8 koje su definirane kao međuvrijednosti

Matrica težinskih omjera u promatranom primjeru izgleda ovako:

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 7 \\ 1/5 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

Sljedeća bitna stvar je ustvrditi konzistentnost matrice, što bi značilo provjeriti vrijedi li sljedeća relacija:

$$w_{ij} = w_{ji}^{-1} \quad (1.3)$$

Dodatno, ponekad može vrijediti i sljedeća relacija:

$$w_{ij} = w_{ik} * w_{kj}, \forall i, j, k \quad (1.4)$$

no za utvrđivanje konzistentnosti matrice navedena relacija ne mora vrijediti jer se radi o ljudskom sudu. Da bi matematički utvrdili konzistentnost matrice koristi se sljedeći postupak:

- izračunaju se sume stupaca
- normira se matrica (svaki stupac se podijeli sa zbrojem elemenata tog stupca)
- u normiranoj matrici se izračunaju sume redova – težine
- težine se podijele s vektorom prioriteta prve matrice
- izračuna se $\lambda_{\max}$ kao prosječna vrijednost dobivenih veličina
- računa se indeks konzistencije, CI:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}, n = \text{stupanj matrice} \quad (1.5)$$

- računa se CR, omjer konzistencije:

$$CR = \frac{CI}{RI^4} \quad (1.6)$$

- ako je $CR \leq 0,1$ vrijedi da je matrica konzistentna

Prioritet nam pokazuje koliko pojedino svojstvo utječe na našu odluku. Prioritet (p) je omjer geometrijske sredine⁵ jednog retka matrice i zbroja geometrijskih sredina svih redaka.

$$p_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^q m_j}, q = \text{broj stupaca} \quad (1.7)$$

$$p_1 = \frac{m_1}{\sum_{j=1}^q m_j} = \frac{3,271}{3,271 + 0,843 + 0,362} = 0,731$$

Nakon toga uspoređujemo alternative i ponavljamo postupak za svaki od kriterija prve razine kao na sljedećim tablicama.

⁴ RI - slučajni indeks, $RI = -1,798 + 1,208 * n - 0,178 * n^2 + 1,21 * 10^{-2} * n^3 - 3,09 * 10^{-4} * n^4$

⁵ Geometrijska sredina prvog retka je definirana kao: $m_1 = \sqrt[q]{\prod_{i=1}^q w_{1,i}}$, $q = \text{broj stupaca}$

Tablica 3 Tablica težinskih omjera alternativa za cijenu

Cijena	A	B	C	Geometrijska sredina	Prioritet
A	1	3	$\frac{1}{5}$	0,843	0,188
B	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{7}$	0,362	0,081
C	5	7	1	3,271	0,731

Tablica 4 Tablica težinskih omjera alternativa za tehničke karakteristike

Tehničke karakteristike	A	B	C	Geometrijska sredina	Prioritet
A	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	0,368	0,096
B	4	1	3	2,289	0,596
C	5	$\frac{1}{3}$	1	1,186	0,309

Tablica 5 Tablica težinskih omjera alternativa za izgled

Izgled	A	B	C	Geometrijska sredina	Prioritet
A	1	3	$\frac{1}{3}$	1,000	0,258
B	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{5}$	0,405	0,105
C	3	5	1	2,466	0,637

Nakon što to sve izračunamo možemo konačno doći do vektora prioriteta alternativa iz kojeg jednostavno iščitamo najbolju alternativu. Vektor prioriteta alternativa dobijemo množenjem matrice prioriteta alternativa po kriterijima s vektorom prioriteta kriterija. Prioritete zapišemo u matrice na sljedeći način:

$$\begin{bmatrix} \text{prioritet 1. alternative za 1. kriterij} & \cdots & \text{prioritet 1. alternative za m. kriterij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{prioritet n. alternative za 1. kriterij} & \cdots & \text{prioritet n. alternative za m. kriterij} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{prioritet 1. kriterija} \\ \vdots \\ \text{prioritet m. kriterija} \end{bmatrix}$$

U našem primjeru uvrštavamo vrijednosti iz tablica i međusobno pomnožimo uvrštene matrice kako bi konačno dobili matricu prioriteta alternativa:

$$\begin{bmatrix} 0,188 & 0,096 & 0,258 \\ 0,081 & 0,596 & 0,105 \\ 0,731 & 0,309 & 0,637 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,731 \\ 0,188 \\ 0,081 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,176 \\ 0,180 \\ 0,644 \end{bmatrix}$$

Tablica 6 Tablica prioriteta alternativa

Alternative	Prioritet
A	0,176
B	0,180
C	0,644

Iz tablice 6 lako zaključujemo kako je najbolji odabir alternativa C.

1.3 AHP metoda u praksi

U praksi se preporuča korištenje AHP metode pri grupnom rješavanju vrlo važnih i vrlo kompleksnih problema koji imaju dugoročne posljedice. To su obično [2]:

- izbor jedne od alternativa u određenom skupu alternativa
- rangiranje alternativa u rasponu od najbolje do najlošije
- upravljanje kvalitetom
- raspodjela sredstava alternativama
- rješavanje sporova između stranaka s naizgled nespojivim ciljevima ili položajima
- *benchmarking*⁶

Konkretni primjeri korištenja AHP metode variraju od onih iz svakodnevnog života do ozbiljnih investicijskih odluka:

- odabir studija
- izbor zaposlenika
- izbor lokacije luke nautičkog turizma [8]
- odluke vezane uz upravljanje slivnim područjem [9]
- ocjena kvalitete softvera [10]
- odluke koje utječu na smanjenje utjecaja klimatskih promjena [11]
- odluke vezane uz odabir izvora energije [12]
- rangiranje investicija pri prijelazu na 20 kV mrežu na srednjenaponskoj razini [4][5][6][7]

⁶ Najčešće usporedba vlastitih proizvodnih procesa ili procesa određenog segmenta djelovanja i onih u konkurentskim kompanijama

2. Prijelaz na naponsku razinu 20 kV

2.1 Uvod

60ih godina prošlog stoljeća, u Republici Hrvatskoj je postavljen prijelaz mreže sa naponske razine 10 kV na 20 kV kao strateški cilj razvoja srednjenaponske mreže. Strategija uključuje i dugoročno ukidanje naponske razine 35(30) kV. [4]

Prednosti novog tronaponskog sustava (110-20-0,4 kV) se očituju kroz:

- smanjenje gubitaka električne energije i snage
- smanjenje zauzetosti prostora lokacijama postrojenja i trasama vodova
- smanjenje troškova u održavanju postrojenja i vodova

Sredinom 80ih godina Hrvatska elektroprivreda donosi odluku o ugradnji postrojenja i izgradnji vodova nazivnih napona 20 kV koji bi radili na nazivnom naponu 10 kV dok ne bude kompletan dio razdjelne mreže spreman za rad na naponskoj razini 20 kV.

Ratna događanja koja su nastupila 90ih godina značajno su usporila ostvarenje plana razvoja mreže srednjeg napona, prvenstveno kroz usporavanje strateških ciljeva Hrvatske elektroprivrede, ali i smanjene stope rasta i depopulacije nekih krajeva.

2.2 Osnovna načela razvoja distribucijske mreže srednjeg napona

Mreže srednjeg napona danas su četveronaponske (110-35-10-0,4 kV). Kako bi bila ostvarena zacrtana tronaponska mreža (110-20-0,4 kV), razvoj mreža srednjeg napona morati će se temeljiti na 2 načela:

- na postupnoj zamjeni naponske razine 10 kV na razinu 20 kV
- postupno uvođenje izravne transformacije 110/10(20) kV te ukidanje mreže 35(30) kV

Jedan od glavnih zadataka razvoja distribucijske mreže srednjeg napona je postići optimalni postupni prijelaz na novu koncepciju uz iskorištenje postojeće mreže.

2.3 Postupna zamjena naponske razine 10 kV sa 20 kV

Glavni razlog za prijelaz na naponsku razinu 20 kV sa razine 10 kV je nedostatak prijenosnog kapaciteta 10 kV mreže koji se očituje kroz kriterij dopuštenog odstupanja napona (u nadzemnim mrežama) i strujnog opterećenja (u kablskim mrežama). [6]

Temeljne zahtjevi 10(20) kV mreže:

- mreža ima uzemljenu neutralnu točku preko malog otpora
- sva oprema izvedena za 20 kV napon, osim sabirnica rastavljača i izolatora koji su zbog većih struja dimenzionirani za 10 kV napon
- razmaci između neizoliranih dijelova postrojenja izvedeni da mogu izdržati struje za rad na naponskoj razini 10 kV
- stupanj izolacije opreme mora biti 24 kV

2.4 Uvođenje transformacije 110/10(20) kV

Transformacija 110/10(20) kV se prvenstveno uvodi zbog nedostataka prijenosnog kapaciteta postojeće 35 kV mreže i transformacije 35/10 kV i izbjegavanje troškova vezanih uz potrebu buduće obnove postrojenja i vodova naponske razine 35 kV. [6]

No, ukoliko se nakon provedene analize ustanovi da uvođenje transformacije 110/20 kV nije ekonomski isplativo i dalje će se graditi i obnavljati vodovi i postrojenja naponske razine 35 kV. Navedena ekonomska neisplativost se najviše očekuje u područjima male gustoće opterećenja ili u mrežama u kojima nije provedena sustavna ugradnja opreme nazivnog napona 20 kV.

Pri rekonstrukciji opreme 35 kV obavezno je:

- ugrađivati opremu izolacije 24 kV
- kod izgradnje novih vodova treba koristiti betonske stupove bez zaštitnog vodiča i kabele 35 kV, čelično-rešetkaste stupove graditi iznimno u teškim uvjetima, također bez zaštitnog vodiča
- stanice projektirati za maksimalnu instaliranu snagu 2*8 MVA

Prilikom izgradnje transformatorskih stanica 110/10(20) kV i 35/10(20) kV treba omogućiti fleksibilan razvoj mreže u budućnosti. Na području malih gradova, ako se pokaže neopravdanost izgradnje 110/10(20) kV, dozvoljeno je graditi 35/10(20) kV transformatore, no potrebno je ostaviti dovoljno prostora kako bi se primarna razina navedene transformatorske stanice povećala na 110 kV, ukoliko to postane ekonomski isplativo.

3. Primjer primjene AHP studije na stvarnom modelu

3.1 Lokacija područja primjene

Za lokaciju područja primjene su uzeta 4 pogona s distribucijskog područja Elektrolika sa sjedištem u Gospiću. DP Elektrolika obuhvaća cijelu Ličko-senjsku županiju, te općine Rakovica u Karlovačkoj i Gračac u Zadarskoj županiji, što je prikazano na slici 2. Radi stvarne usporedbe isplativosti ulaganja sa ostalim pogonima diljem Hrvatske u obzir je uzeto još 19 nasumično izabranih pogona diljem Hrvatske, koji su inicijalno obrađeni pri razvoju AHP metode za potrebe HEP ODS-a.



Slika 2 Distribucijsko područje Elektrolika

DP Elektrolika je specifično po tome što unatoč relativno velikoj površini (11% površine Republike Hrvatske) godišnje troši samo 1,4% od ukupne godišnje potrošnje električne energije u Republici Hrvatskoj.

3.2 Pogoni i njihove karakteristike

U razmatranju su obuhvaćeni sljedeći pogoni:



Slika 3 Pogon Otočac



Slika 4 Pogon Udbina



Slika 5 Pogon Gospić



Slika 6 Pogon Senj

U studiji Energetskog instituta Hrvoje Požar se došlo do zaključka da je pri donošenjima odluka o investicijama u srednjenaponsku mrežu najbolje koristiti AHP metodu. Tada je i korištenjem programskog alata Microsoft Excel izrađen program koji uz pomoć AHP metode donosi odluku o prioritetnosti ulaganja u pogone.

Kako bi imali bolje rezultate uzeto je još 19 nasumično izabranih pogona diljem Hrvatske prvenstveno zbog reprezentativnosti rezultata.

Naravno, u navedeni program potrebno je i unijeti varijable koje su bitne za proračun. Varijable su podjeljene u 5 vrsta kriterija, matrice glavnih kriterija prikazane na tablici 7.

Tablica 7 Matrica glavnih kriterija u modelu mogućnosti i potreba prelaska na 20 kV⁷

Tehničke karakteristike	Pripremljenost	Iskorištenost + trend	Kvaliteta napona	Stalnost napajanja	Sekundarni pokazatelji	Geometrijska sredina	Prioritet
Pripremljenost	1	1	2	2	4	1,741	0,311
Iskorištenost + trend	1	1	2	2	3	1,644	0,293
Kvaliteta napona	1/2	1/2	1	1/2	2	0,758	0,135
Stalnost napajanja	1/2	1/2	2	1	2	1,000	0,178
Sekundarni pokazatelji	1/4	1/3	1/2	1/2	1	0,461	0,082

Nakon unosa matrice glavnih kriterija program provjerava konzistentnost matrice i zaključuje da je matrica konzistentna, što se može i vidjeti na slici 7.

PROVJERA KONZISTENCIJE MATRICE							
Množenje matrice s težinama					Suma retka	Dijeljenje sume redova s težinama	
0,311	0,293	0,270	0,357	0,329	1,561	5,023	
0,311	0,293	0,270	0,357	0,247	1,478	5,040	
0,155	0,147	0,135	0,089	0,165	0,691	5,110	
0,155	0,147	0,270	0,178	0,165	0,916	5,130	
0,078	0,098	0,068	0,089	0,082	0,415	5,039	
Imax =						5,068	
Stupanj matrice (SM) =						5	
Sluč. Indeks, RI =						1,11	
Indeks konzistencije					CI = (Imax - SM)/(SM-1)=		0,017
CR = CI/RI=							0,0153
PROCJENA JE KONZISTENTNA							

Slika 7 Provjera konzistentnosti matrice

⁷ U Microsoft Excel studiju se unose samo polja iznad glavne dijagonale budući da vrijedi : $w_{ij} = w_{ji}^{-1}$

3.2.1 Pripremljenost mreže

Da bi proračun u Microsoft Excelu bio moguć potrebno je prvo unijeti, varijable koje govore o konfiguraciji mreže (Tablica 8). To su nadzemni i kabelski vodovi te trafostanice s područja srednjeg napona. U tablicu se unose podaci koji odgovaraju varijablama određenih pogona.

Tablica 8 Unos podataka pripremljenosti mreže⁸

PODRUČJE	Bjelovar	Križevci	N. Gradiska	S. Brod	Cres-Lošinj	Rijeka	Senj
PRIPREMLJENOST MREŽE							
TS 10/0,4 kV, kom	98	83	276	481	40	476	6
TS 20/0,4 kV, kom	0	0	2	2	0	64	0
TS 10(20)/0,4 kV, kom	365	226	24	35	85	244	89
NV 10 kV, km	10	337,46	225	307	0	88	20,65
NV 10(20) kV, km	422	69,232	122,6	82,9	142,7	24	95,45
NV 20 kV, km	0	0	0	0	0	0	48,4
NV 20(10) kV, km	0	0	0	0	0	0	0
KV 10 kV, km	47,6	22,389	59,2	93,1	5,6	110	0,79
KV 10(20) kV, km	50	25,611	54	40,5	86,9	274,5	14,74
KV 20 kV, km	0	0	0	5	0	0	1,49
KV 20(10) kV, km	0	0	0	0	0	0	0
TS 35/10, kom	7	2	2	9	2	7	2
TS 35/10(20), kom	1	3	4	3	3	4	0
TS 35/20, kom	0	0	0	0	0	0	1
TS 110/10, kom	0	1	0	0	0	0	0
TS 110/10(20), kom	1	0	0	0	0	1	0
TS 110/20, kom	0	0	0	1	0	0	0

Sada se računaju vrijednosti pokazatelja, što su zapravo udjeli elemenata (vodovi i trafostanice) sustava koji su spremni za preklap na 20 kV i onih koji već rade na 20 kV u ukupnom broju elemenata te grupe. Primjerice jedna grupa su:

- TS 10/0,4 kV
- TS 20/0,4 kV
- TS 10(20)/0,4 kV.

Vrijednost pokazatelja se računa na sljedeći način⁹:

$$VP(grupa) = \frac{n(TS\ 10(20)/0,4\ kV) + n(TS\ 20/0,4\ kV)}{n(TS\ 10(20)/0,4\ kV) + n(TS\ 20/0,4\ kV) + n(TS\ 10/0,4\ kV)} \quad (3.1)$$

⁸ Crveno područje : varijable pogona Senj, plavo područje : varijable o kojima ovisi pripremljenost mreže

⁹ Ako se radi o vodovima računa se udio duljine vodova 20kV ili 10(20)kV u ukupnoj duljini vodova grupe

U konkretnom slučaju pogona Senj (crveni pravokutnik na Tablici 9) grupe TS 10(20)/0.4 kV izračun je sljedeći:

$$VP(\text{grupe TS } 10(20)/0.4 \text{ kV}) = \frac{89 + 0}{89 + 0 + 6} = 0,94$$

Tablica 9 Izračun vrijednosti pokazatelja i normirane vrijednosti pokazatelja

VRIJEDNOSTI POKAZATELJA							
PODRUČJE	Bjelovar	Križevci	N.Građiska	S. Brod	Cres-Lošinj	Rijeka	Senj
Pripremljenost TS 10(20)/0,4 kV	0,79	0,73	0,09	0,07	0,68	0,39	0,94
Pripremljenost NV 10(20) kV	0,98	0,17	0,35	0,21	1,00	0,21	0,87
Pripremljenost KV 10(20) kV	0,51	0,53	0,48	0,33	0,94	0,71	0,95
Pripremljenost TS 35/10(20) kV	0,13	0,60	0,67	0,25	0,60	0,36	0,33
Pripremljenost TS 110/10(20) kV	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
PRIPREMLJENOST	0,69	0,45	0,27	0,38	0,60	0,58	0,63
PRIPREMLJENOST NORMIRANO	0,69	0,45	0,27	0,38	0,60	0,58	0,63

Sljedeći korak je odrediti koliko pojedina vrijednost pokazatelja utječe na vrijednost pokazatelja grupe. To se napravi na način da svaka grupa dobije svoju ocjenu važnosti (u intervalu od 1 do 10, dozvoljene iste vrijednosti), nakon čega se izračuna relativna ocjena važnosti.

$$RVO \text{ neke grupe} = \frac{\text{ocjena važnosti neke grupe}}{\sum \text{ocjena važnosti}} \quad (3.1)$$

Tablica 10 Ocjena važnosti kriterija

OCJENE VAŽNOSTI KRITERIJA		
	Ocjena važnosti	Relativna vrijednost ocjene
PRIPREMLJENOST MREŽE		
Pripremljenost TS 10(20)/0,4 kV	9	0,29
Pripremljenost NV 10(20) kV	3	0,10
Pripremljenost KV 10(20) kV	7	0,23
Pripremljenost TS 35/10(20) kV	5	0,16
Pripremljenost TS 110/10(20) kV	7	0,23
	31	1,00

Primjerice, relativnu vrijednost ocjene pokazatelja pripremljenosti TS 35/10(20) kV se dobiva na sljedeći način:

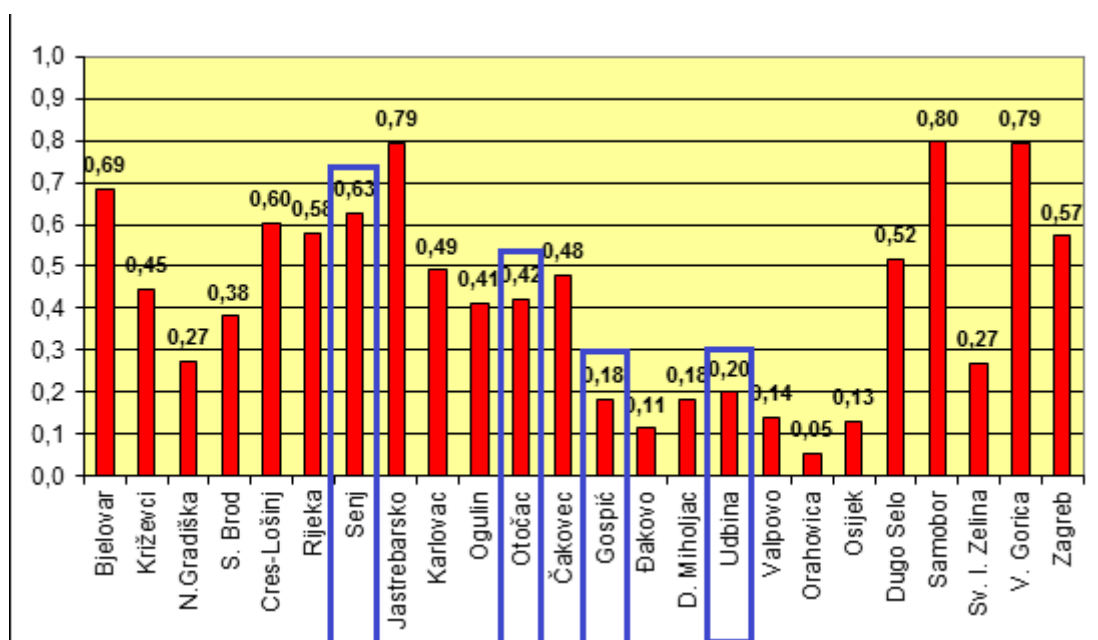
$$RVO(\text{Pripremljenost TS } 35/10(20) \text{ kV}) = \frac{5}{31} = 0,16$$

Sada se pristupa normiranju vrijednosti pokazatelja, u ovom slučaju pokazatelja pripremljenosti, sljedećom formulom:

$$NVP^{10}(\text{pripremljenost}) = \sum_{i=1}^5 RVO^{11}(i) * VP^{12}(i), \quad (3.3)$$

Primjerice, vrijednost pokazatelja pripremljenosti za pogon Senj se dobiva na sljedeći način (vrijednost u žutom pravokutniku u tablici 9):

$$\begin{aligned} NVP(\text{pripremljenost}) \\ = 0,29 * 0,94 + 0,10 * 0,87 + 0,23 * 0,95 + 0,16 * 0,33 + 0,23 * 0,00 \\ = 0,63 \end{aligned}$$



Slika 8 Normirana vrijednost pripremljenost po pogonima¹³

Iz ovog proračuna je jasno vidljivo da na rezultat najviše utječu kriteriji najveće ocjene važnosti. Veća važnost kriterija uz veću vrijednost pokazatelja uzrokuju i veću normiranu vrijednost pokazatelja. Može se i dogoditi da neki pogon ima pripremljeniji kriterij, no zbog njegove slabe važnosti na kraju ima manju normiranu pripremljenost pokazatelja.

¹⁰ NVP – normirana vrijednost pokazatelja

¹¹ RVO – relativna vrijednost ocjene

¹² VP – vrijednost pokazatelja

¹³ U dijagramskom prikazu normirane pripremljenosti plavim pravokutnicima su označeni pogoni Elektrolike koje promatramo

3.2.2 Iskorištenost mreže

S obzirom da pri znatnoj iskorištenosti distribucijske mreže treba misliti na njeno proširenje ili pojačanje, to su situacije koje treba iskoristiti za ugradnju opreme za 20 kV naponsku razinu. S većom iskorištenošću postrojenja raste i potreba za rekonstrukcijom ili izgradnjom novog postrojenja [13].

U Microsoft Excel program se unose podaci sa slike 9. po pogonima, analogno već opisanom postupku.

Tablica 11 Unos podataka za kriterij iskorištenosti mreže

ISKORIŠTENOST MREŽE
Svrš TS35/SN, MW (zbroy vršnih opterećenja TS 35/SN)
Smax-inst TS35/SN, MW (zbroy projektiranih=maksimalnih mogućih instaliranih snaga TS 35/SN)
Svrš TS110/SN, MW (zbroy vršnih opterećenja TS 110/SN)
Smax-inst TS110/SN, MW (zbroy projektiranih=maksimalnih mogućih instaliranih snaga TS 110/SN)
Svrš NV35, MW (zbroy vršnih opterećenja NV 35 kV u redovnom pogonu)
Sdop NV35, MW (zbroy dopuštenih opterećenja (struja+napon) NV 35 kV u redovnom pogonu)
Svrš KV35, MW (zbroy vršnih opterećenja KV 35 kV u redovnom pogonu)
Sdop KV35, MW (zbroy dopuštenih opterećenja (struja+napon) KV 35 kV u redovnom pogonu)
Zbroy neistodobnih vršnih opterećenje izvoda 10(20) kV, MW
Vodna polja 10 kV, kom
Vodna polja 10(20) kV, kom
Vodna polja 20 kV, kom

Ocjene važnosti kriterija su podijeljene u 2 kategorije i kao što je prije opisano, računaju se vrijednosti pokazatelja iskorištenosti 110 i 35 kV i iskorištenosti 10 kV, za relativne ocjene važnosti.

Vrijednost pokazatelja Iskorištenost mreže je:

$$VP (\text{iskorištenost za TS}) = \frac{\text{zbroy vršnih opterećenja TS}}{\text{zbroy instaliranih snaga TS}} \quad (3.4)$$

$$VP (\text{iskorištenost za vodove}) = \frac{l \cdot \text{zbroy opterećenosti izvoda}}{n^2}, \quad (3.5)$$

$$l = \text{duljina} (KV^{14} 10 \text{ kV}) + \text{duljina} (NV^{15} 10 \text{ kV}) + \text{duljina} (KV 10(20) \text{ kV}) + \text{duljina} (NV 10(20) \text{ kV})$$

$$n = \text{broj} (KV 10 \text{ kV}) + \text{broj} (NV 10 \text{ kV}) + \text{broj} (KV 10(20) \text{ kV}) + \text{broj} (NV 10(20) \text{ kV})$$

¹⁴ KV – kabelski vod

¹⁵ NV – nadezemni vod

Slijedi izračunavanje vrijednosti pokazatelja iskorištenosti mreže formulama i podacima iz tablice:

	Ocjena važnosti	Relativna vrijednost ocjene
ISKORIŠTENOST MREŽE		
Iskorištenost TS 35/10(20) kV	7	0,27
Iskorištenost TS 110/10(20) kV	9	0,35
Iskorištenost NV 35 kV	5	0,19
Iskorištenost KV 35 kV	5	0,19
	26	1,00

Tablica 12 Tablica ocjene važnosti pokazatelja iskorištenosti za 110 i 35 kV

$$VP(\text{iskorištenost } 110 \text{ i } 35 \text{ kV}) = \sum_{i=1}^4 VP(i) * ROV(i) \quad (3.6)$$

$$VP(\text{iskorištenost } 10 \text{ kV}) = \sum_{i=1}^2 VP(i) * ROV(i) \quad (3.7)$$

Normirana vrijednost pokazatelja iskorištenosti se dobiva dijeljenjem s vrijednosti za normiranje koje za 110 i 35 kV dio nema (100 %), dok je za 10 kV dio 30%:

$$NVP(\text{iskorištenost}) = \frac{VP(\text{iskorištenost})}{\text{vrijednost za normiranje}} \quad (3.8)$$

Tablicom ocjene važnosti je određena međusoban utjecaj na rezultat 110 i 35 kV djela i 10 kV djela:

	Ocjena važnosti	Relativna vrijednost ocjene
ISKORIŠTENOST 110 i 35 kV	6	0,40
ISKORIŠTENOST VODOVA 10 kV	9	0,60
	15	1,00

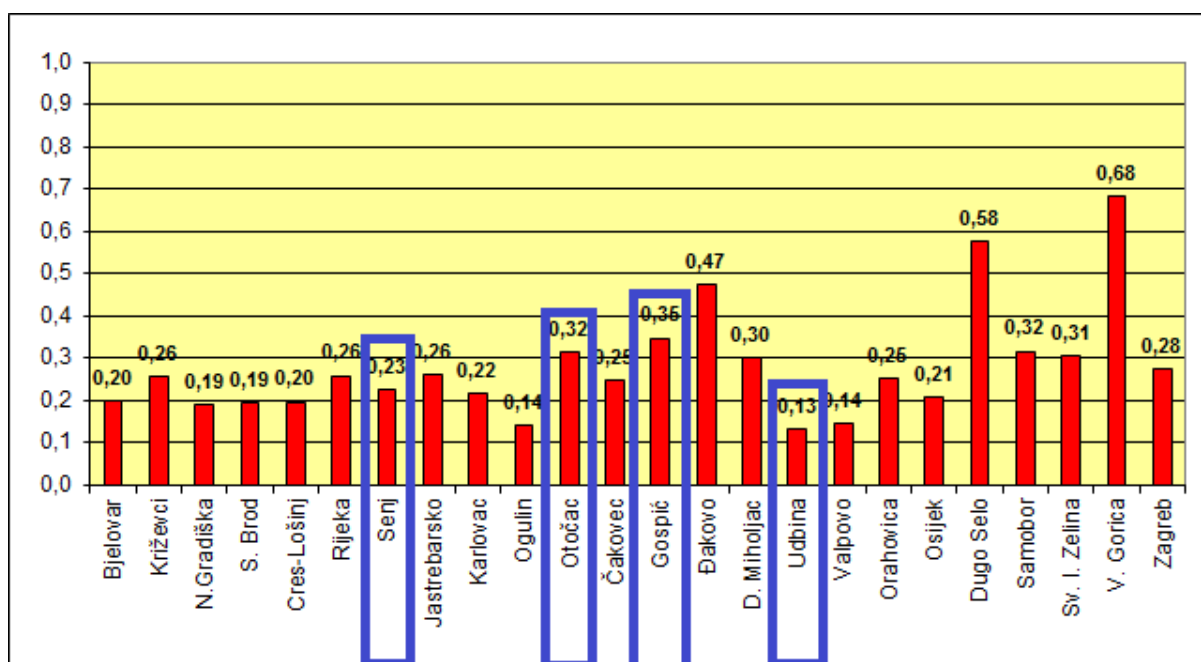
Tablica 13 Tablica ocjene važnosti za pokazatelj iskorištenosti

Finalno normiranu vrijednost pokazatelja iskorištenosti dobivamo:

$$NVP(\text{iskorištenost}) = \quad (3.9)$$

$$VP(\text{iskorištenost za } 110 \text{ i } 35 \text{ kV}) * ROP(\text{iskorištenost za } 110 \text{ i } 35 \text{ kV})$$

$$+ VP(\text{iskorištenost za } 10 \text{ kV}) * ROP(\text{iskorištenost za } 10 \text{ kV})$$



Slika 9 Normirane vrijednosti pokazatelja iskorištenosti mreže

3.2.3 Trend potrošnje

Pokazatelj trenda potrošnje je zapravo projekcija rasta potrošnje električne energije. To će najviše ovisiti o rastu standarda građana na nekom području kao i o njihovim poslovnim aktivnostima. Za pretpostaviti je da su ove dvije stvari usko povezane, tj. u uskoj su korelaciji. Projekcija je temeljena na podacima o potrošnji unazad 5 godina.

Trend potrošnje se izračunava na sljedeći način[požar]:

$$p_w = 100 * \left(\sqrt[n-1]{\frac{W_n}{W_1}} - 1 \right) \quad (3.10)$$

n – broj godina promatranja¹⁶,
 W_N – potrošnja zadnje godine promatranja
 W_1 – potrošnja prve godine promatranja

W_1 i W_n se odrede pomoću regresijskog pravca koji se dobije rješavanjem sustava jednadžbi.

$$a * n + b * \sum g = \sum w \quad (3.11)$$

$$a * \sum g + b * \sum g^2 = \sum g * w, \quad (3.12)$$

g – godina u kojoj je potrošnja ostvarena
 w – potrošnja el. energije u danoj godini, MWh/god.
 a – koeficijent smjera regresijskog pravca
 b – odsječak na ordinati regresijskog pravca

Iz čega slijedi da je jednadžba regresijskog pravca iz kojeg se može očitati potrošnju određenu regresijskim pravcem, W_x :

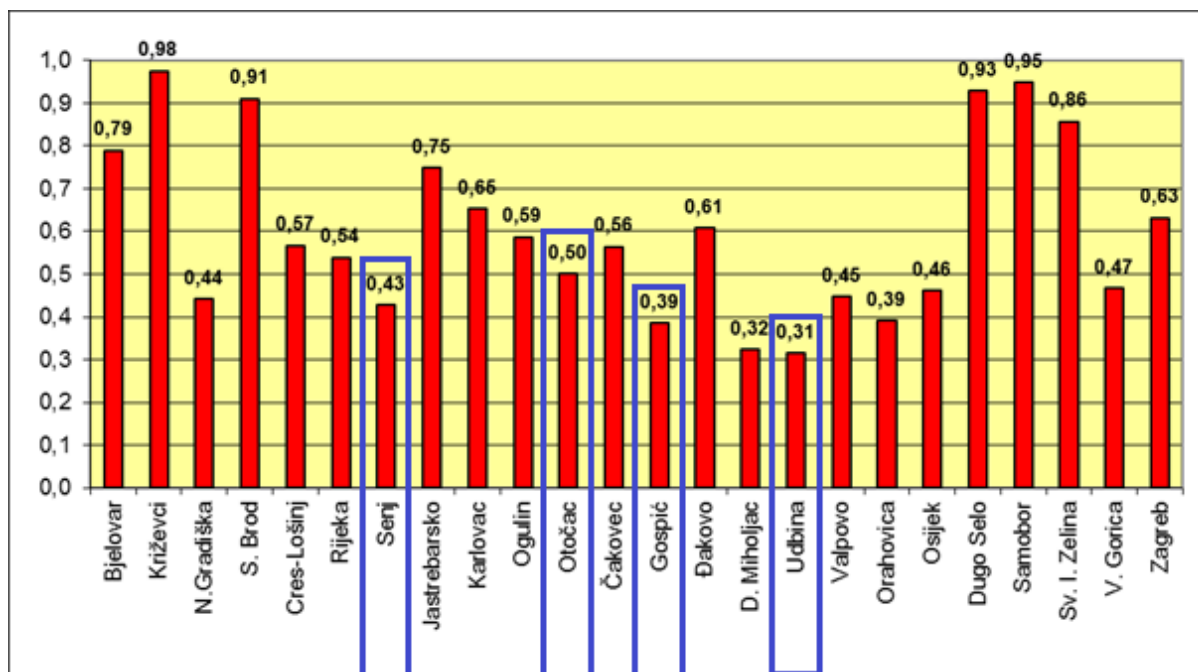
$$W_x = a * G + b, \quad G - \text{godina interpolacije (ekstrapolacije)} \quad (3.13)$$

Normirana vrijednost pokazatelja Trend potrošnje dobiva se skaliranjem (djeljenjem) varijable trenda potrošnje vrijednošću za normiranje:

$$NVP(\text{trend potrošnje}) = \frac{p_w}{\text{vrijednost za normiranje}^{17}} \quad (3.14)$$

¹⁶ Broj godina promatranja – u Microsoft Excel alatu je predviđena analiza na uzorku 5 godina, (n=5)

¹⁷ Vrijednost za normiranje – zadana, u ovom slučaju 7%



Slika 10 Normirane vrijednosti pokazatelja Trend potrošnje

3.2.4 Kvaliteta napona

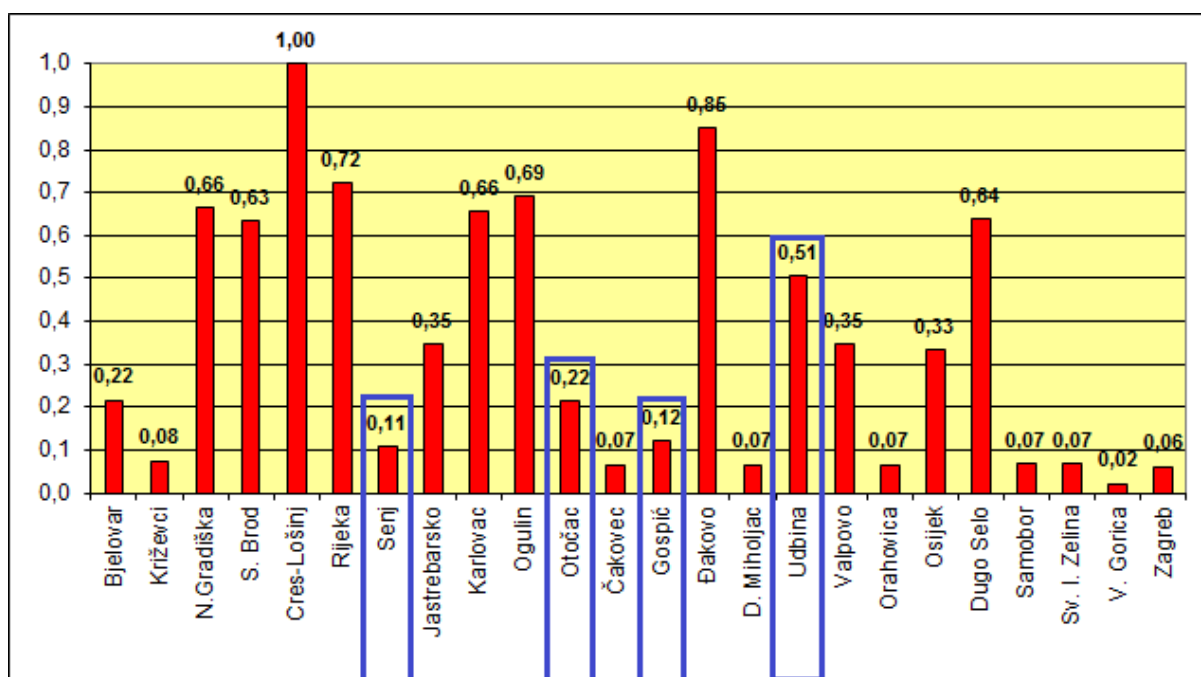
Pokazatelj kvalitete napona bi bilo poželjno mjeriti najmanje jednom godišnje, Kvaliteta napajanja također utječe na opravdanost ulaganja u srednjenaponsku mrežu nekog pogona i naravno pokazuje da su pogoni s većim vrijednostima pokazatelja kvalitete napona kritični. U Microsoft Excel alatu se u polja podataka unose varijable ukupnog broja kupaca i broja kupaca s neurednim naponom.

$$VP(\text{udio kupaca s neurednim naponom}) \quad (3.15)$$

$$= \frac{\text{broj kupaca s neurednim naponom}^{18}}{\text{ukupan broj kupaca}}$$

Normirana vrijednost pokazatelja kvalitete napona dobiva se na isti način kao i kod prijašnja dva pokazatelja, samo što je u ovom slučaju zadana vrijednost za normiranje od 15%:

$$NVP(\text{kvaliteta napona}) = \frac{VP(\text{udio kupaca s neurednim naponom})}{\text{vrijednost za normiranje}} \quad (3.16)$$



Slika 11 Normirane vrijednosti pokazatelja Trend potrošnje

¹⁸ Neuredan napon – napon izvan norme HR IEC 38

3.2.5 Stalnost napajanja

Pokazatelj stalnosti napajanja će biti mjeran kroz 2 indeksa:

- SAIDI¹⁹
- SAIFI²⁰.

SAIDI je indeks prosječnog trajanja prekida napajanja sustava, odnosno prosječno trajanje prekida napajanja korisnika mreže na promatranom području odnosno dijelu distribucijske mreže u godini dana i iskazuje se mjernom jedinicom [sat/god]. [požar]

SAIFI je indeks prosječnog broja trajnih prekida napajanja sustava, odnosno prosječnog broja prekida napajanja korisnika mreže duljih od 3 minute na promatranom području odnosno dijelu distribucijske mreže u godini dana i iskazuje se mjernom jedinicom [br/god].

Postupak normiranja radi se vrijednostima:

- 15 [sat/god] - za SAIDI
- 10 [br/god]- za SAIFI

$$NVP(SAIDI) = \frac{\text{vrijednost pokazatelja (SAIDI)}}{\text{vrijednost za normiranje (15)}} \quad (3.17)$$

$$NVP(SAIFI) = \frac{\text{vrijednost pokazatelja (SAIFI)}}{\text{vrijednost za normiranje (10)}} \quad (3.18)$$

Nakon normiranja SAIDI i SAIFI indeksa računa se vrijednost pokazatelja stalnosti napajanja. Budući da je tablica ocjena važnosti prikazana na slici 11, normirana vrijednost računa se formulom:

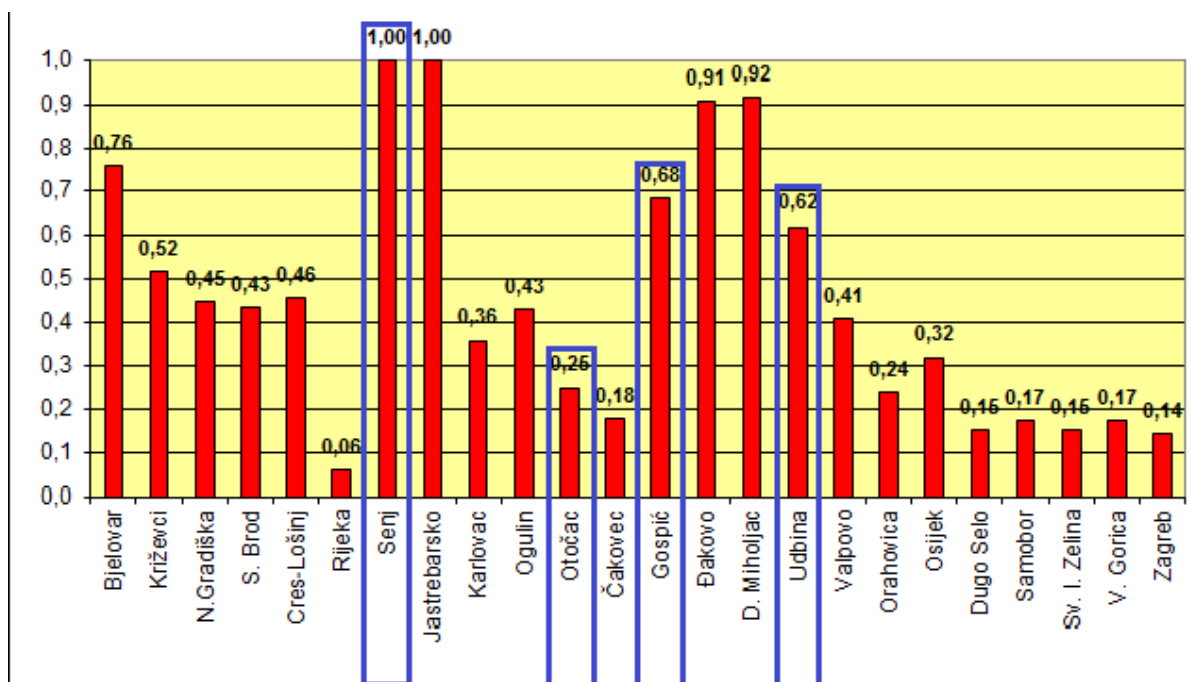
	Ocjena važnosti	Relativna vrijednost ocjene
STALNOST NPAJANJA		
SAIDI	9	0,60
SAIFI	6	0,40
	15	1,00

Slika 12 Tablica ocjena važnosti pokazatelja stalnosti napajanja

¹⁹ SAIDI (eng. System Average Interruption Duration Index)

²⁰ SAIFI (eng. System Average Interruption Frequency Index)

$$NVP(\text{stabilnost napajanja}) = \text{relativna ocjena važnosti}(SAIDI) * SAIDI + \text{relativna ocjena važnosti}(SAIFI) * SAIFI$$



Slika 13 Normirana vrijednost pokazatelja stabilnosti napajanja

3.2.6 Sekundarni pokazatelji

Sekundarne pokazatelje čine 3 varijable:

- iskustvo s prijelazom na 20 kV – udio 20 kV mreža u pogonu

$VP(\text{iskustvo s prijelazom na 20 kV}) =$

$$\frac{\text{broj 20 kV mreža}}{\text{broj 20 kV mreža} + \text{broj 10 kV mreža}} \quad (3.19)$$

- postojanje 20 kV mreže u okruženju – udio okolnih 20kV mreža u ukupnom broju mreža u određenom pogonu i okolnim pogonima

$$VP(\text{postojanje 20 kV u okruženju}) = \frac{\text{broj okolnih 20 kV mreža}}{\text{broj okolnih 20 kV mreža} + \text{broj vl. 20 kV mreža}} \quad (3.20)$$

- mogućnost sufinanciranja – udio ulaganja privatnog investitora u cijeni investicije

$$P(\text{mogućnost sufinanciranja}) = \frac{\text{ulaganje privatnika}}{\text{ulaganje privatnika} + \text{ulaganje HEP}} \quad (3.21)$$

Za izračun vrijednosti sekundarnih pokazatelja tablica ocjena važnosti je prikazana na slici 13.

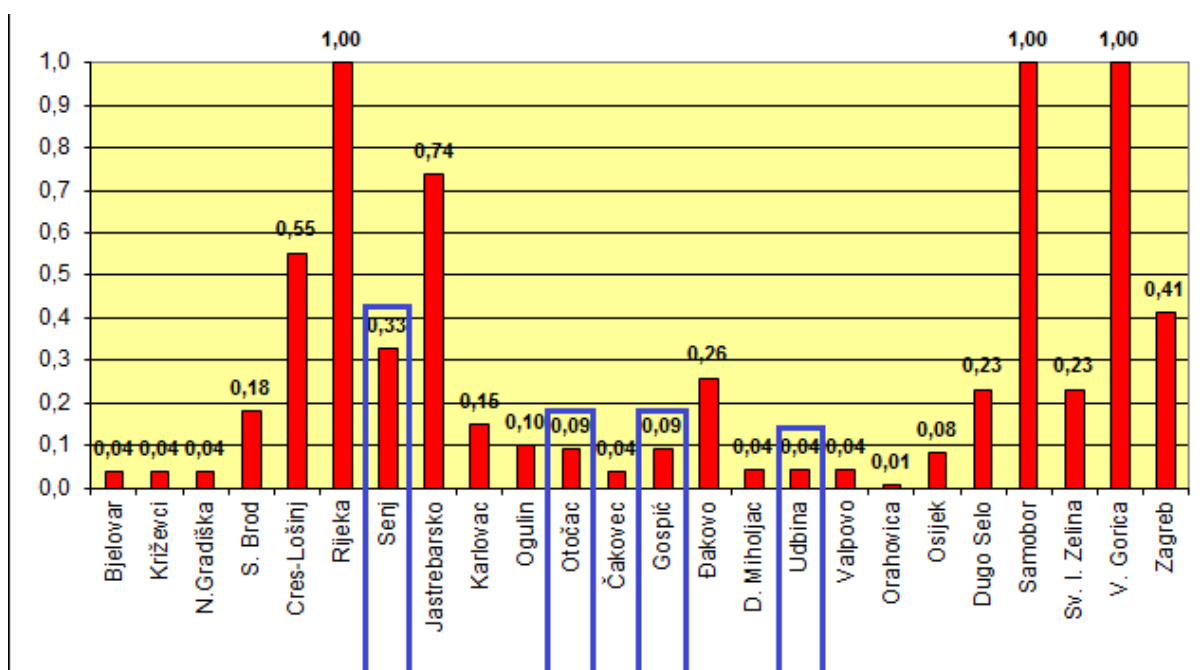
	Ocjena važnosti	Relativna vrijednost ocjene
SEKUNDARNI POKAZATELJI		
Iskustvo s prijelazom na 20 kV	8	0,36
Postojanje mreže 20 kV u okruženju	5	0,23
Mogućnost sufinanciranja	9	0,41
	22	1,00

Slika 14 Tablica ocjena važnosti sekundarnih pokazatelja

$$VP(\text{sekundarni pokazatelji}) = \sum_{i=1}^3 VP(i) * ROV(i) \quad (3.22)$$

Za normiranu vrijednost se koristi vrijednost za normiranje, 50%:

$$NVP(\text{sekundarni pokazatelji}) = \frac{VP(\text{sekundarni pokazatelji})}{\text{vrijednost za normiranje}} \quad (3.23)$$



Slika 15 Normirane vrijednosti sekundarnih pokazatelja

3.3 Konačna odluka

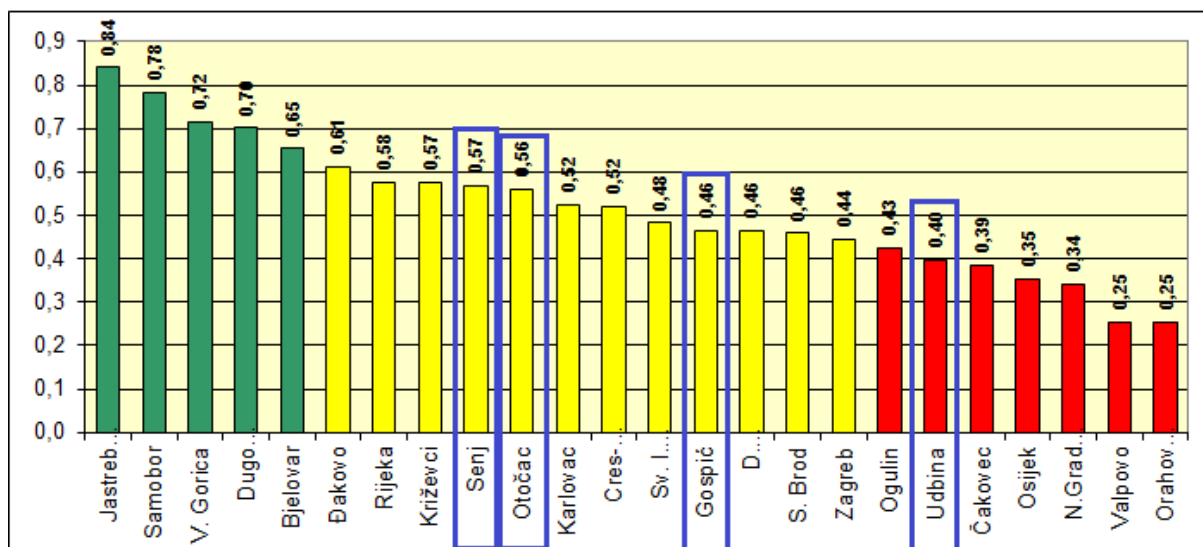
Na temelju intervala (razreda) u kojemu se nalazi iznos normirane vrijednosti nekog pokazatelja, pogonu se dodjeljuje ocjena.

Kriterij	Opis razreda i opseg točnih ocjena područja	Referentna vrijednost bodova	Analiza osjetljivosti: promjena (+/- %)	Ulazna vrijednost bodova
PRIPREMLJENOST	R5=(0,65 - 1]	1,00		1,00
	R4=(0,5 - 0,65]	0,56		0,56
	R3=(0,35 - 0,5]	0,43		0,43
	R2=(0,2 - 0,35]	0,16		0,16
	R1=[0 - 0,2]	0,08		0,08
ISKORIŠTENOST + TREND	R9=ISK (0,3 - 1) + TRE (0,7 - 1]	1,00		1,00
	R8=ISK (0,3 - 1) + TRE (0,4 - 0,7]	0,78		0,78
	R7=ISK (0,2 - 0,3] + TRE (0,7 - 1]	0,67		0,67
	R6=ISK (0,3 - 1) + TRE [0 - 0,4]	0,67		0,67
	R5=ISK (0,2 - 0,3] + TRE (0,4 - 0,7]	0,44		0,44
	R4=ISK [0 - 0,2] + TRE (0,7 - 1]	0,22		0,22
	R3=ISK (0,2 - 0,3] + TRE [0 - 0,4]	0,22		0,22
	R2=ISK [0 - 0,2] + TRE (0,4 - 0,7]	0,11		0,11
	R1=ISK [0 - 0,2] + TRE [0 - 0,4]	0,11		0,11
KVALITETA NAPONA	R3=(0,5 - 1]	1,00		1,00
	R2=(0,2 - 0,5]	0,55		0,55
	R1=[0 - 0,2]	0,30		0,30
STALNOST NAPAJANJA	R3=(0,5 - 1]	1,00		1,00
	R2=(0,2 - 0,5]	0,55		0,55
	R1=[0 - 0,2]	0,30		0,30
SEKUNDARNI POKAZATELJI	R3=(0,5 - 1]	1,00		1,00
	R2=(0,2 - 0,5]	0,55		0,55
	R1=[0 - 0,2]	0,30		0,30

Slika 16 Bodovi po razredima

Dodijeljeni bodovi utječu na odluku o nužnosti ulaganja ovisno o vektoru prioriteta pojedinog pokazatelja, što se vidi na Tablici 7.

$$ocjena\ pogona = \sum_{i=1}^5 ocjena\ pokazatelja(i) * vektor\ prioriteta(i) \quad (3.24)$$



Slika 17 Ocjene pogona

Sljedeća važna stvar koja utječe na konačnu odluku o ulaganju je studija isplativosti (omjer dobiveno/uloženo). Prednost pri ulaganju imaju oni pogoni koji imaju najbolji omjer koristi i troškova.

$$\text{omjer koristi i troškova} = \frac{1000 \cdot \text{ocjena pogona}}{\text{troškovi ulaganja}} \quad (3.24)$$

Microsoft Excel alat ima zgodnu mogućnost gdje se u polje označeno crvenom bojom na slici upiše iznos novca koji je elektroprivreda spremna uložiti u projekt prebacivanja mreža 10 kV na 20 kV, a alat pokaže u koliko se prioriternih pogona može ostvariti s obzirom na dostupnu količinu novca.

PODRUČJE	KORIST	TROŠKOVI [1.000.000 kn]	OMJER KORISTI TROŠKOVA	PORTFELJ
V. Gorica	716	5	151	1
Jastrebarsko	841	8	103	1
Samobor	781	8	94	1
Senj	568	11	53	1
Cres-Lošinj	522	16	33	1
Otočac	561	23	24	1
Dugo Selo	701	32	22	1
D. Miholjac	465	25	18	0
Križevci	575	35	16	1
Udbina	396	27	15	0
Đakovo	612	43	14	0
Gospić	465	42	11	0
Bjelovar	654	61	11	0
Ogulin	426	47	9	0
Sv. I. Zelina	483	59	8	0
Valpovo	255	35	7	0
Orahovica	254	35	7	0
Karlovac	524	82	6	0
N.Gradiška	340	56	6	0
Čakovec	385	68	6	0
Rijeka	575	130	4	0
S. Brod	458	118	4	0
Osijek	363	174	2	0
Zagreb	444	316	1	0
GRANICE ZA AUTOMATSKO FORMATIRANJE				
Zeleni raspon (%)	20	10	40	
Crveni raspon (%)	30	50	20	
Zeleni min	724	36	91	
Crveni max	430	160	31	
UPRAVLJANJE PORTFELJEM		Menu > Tools > Solver... > Solve		
RASPOLOŽIVA SREDSTVA [1.000.000 kn]				150
TROŠAK PORTFELJA [1.000.000 kn]				138
KORIST PORTFELJA				5.265

Slika 18 Analiza uloženog i dobivenog ostvarna u alatu Microsoft Excel

4. Sažetak

U postupku odlučivanja o prioritetnosti ulaganja u promjenu pogonske naponske razine sa 10 kV na 20 kV razinu, najbolje je koristiti AHP metodu. Ta napredna metoda omogućuje da svi pogoni dobiju svoju realnu ocjenu, koja je temelj za daljnje odlučivanje o prioritetu ulaganja. Na ovom primjeru je najbolje vidljivo zašto je AHP metoda dobra.

Naime, u ovoj odluci postoji mogućnost da će neki pogoni imati neke parametre bolje, dok će u drugima biti slabiji. Ova metoda nam omogućuje da odredimo koji su kriteriji bitniji i na temelju toga se računa konačni rezultat.

Energetski Institut Hrvoje Požar je za potrebe AHP analize razvio alat u programu Microsoft Excel. Radi na način da se u MS Excel tablicu unesu potrebni podaci, na temelju kojih alat izračunava sve nužne parametre i ocjenjuje pogone te na kraju sve to grafički prikaže.

Svaki pogon ima svoje karakteristične podatke koji se unose, nakon čega se računa njihova relativna vrijednost.

Ti podaci su podijeljeni u skupine:

- *Iskorištenost mreže*
- *Trend potrošnje*
- *Kvaliteta napona*
- *Stalnost napajanja*
- *Sekundarni pokazatelji*
- *Pripremljenost mreže*

U skladu s ocjenama važnosti pojedinog pokazatelja unutar skupine, dobiva se relativna vrijednost ocjene. Ta relativna vrijednost ocjene je zapravo skalirana ocjena u interval od 0 do 1 koja se uvodi radi lakšeg računanja.

Konačna normirana vrijednost pokazatelja se dobiva množenjem svih relativnih vrijednosti ocjena sa svim vrijednostima istog pokazatelja unutar grupe. Oni zbrojeni daju vrijednost pokazatelja grupe, koji se još može i dodatno skalirati čime nastaje normirana vrijednost pokazatelja.

Te se vrijednosti u razvijenom alatu i grafički prikazuju, a daljnjom obradom, se dobiva i konačni rezultat. Konačni rezultat ovisi o ocjenama koje svaki pogon dobije u ovisnosti o normiranim vrijednostima pokazatelja grupa. Kriterij dodjeljivanja ocjena je u skladu s normama Hrvatske elektroprivrede, kako bi se ocjene pogona mogle uspoređivati u više različitih istraživanja.

Za finalnu ocjenu koristi prelaska pogona na 20 kV razinu se uzima zbroj njegovih ocjena grupa pokazatelja pomnoženih sa sebi svojstvenim važnostima ocjena. Naravno, bitna stavka u ovoj analizi je i trošak postupka prelaska na 20 kV, koji dobiva na važnosti kada se izračuna omjer koristi ulaganja i troška ulaganja.

Pogon sa najboljim (najvećim) omjerom koristi i troškova je najisplativiji za ulaganje jer osigurava najbrži povrat investicije i time postaje prioritet. Dodatna mogućnost razvijenog alata je i ta što za uneseni godišnji proračun kojim raspolaže elektroprivreda, ispisuje popis pogona u koje se treba ulagati u toj godini.

5. Zaključak

Jedna od zadaća ovog rada je bila ustvrditi kako određeni pokazatelji nekog pogona utječu na njegovu ocjenu korisnosti ulaganja. Za to istraživanje je korištena studija Energetskog instituta Hrvoje Požar i njihov razvijeni alat koji AHP metodam utvrđuje prioritetnost ulaganja u pogone.

Pri razvoju tog alata su obrađeni odabrani pogoni diljem područja opskrbe Hrvatske Elektroprivrede kako bi postojale referentne vrijednosti za sve daljnje analize.

Kako bi se lakše istražila svojstva ove metode i bolje razumjelo kako alat radi, u razmatranje su uzeta 4 pogona diljem distribucije Elektrolike. Ti podaci su unešeni u alat i na temelju proračuna su dobiveni rezultati, koji su pokazali korisnost ulaganja u te pogone u omjeru sa cijenom ulaganja.

Ovaj rad pokazuje kako na normirane vrijednosti pokazatelja najviše utječu vrijednosti koje imaju najveću relativnu vrijednosti pokazatelja. Primjerice, u normiranoj vrijednosti pokazatelja pripremljenosti najveći utjecaj ima pokazatelj pripremljenosti TS 10(20)/0,4 kV jer ima najveću ocjenu važnosti, a time i direktno relativnu ocjenu važnosti.

Najmanji utjecaj na normiranu vrijednost pokazatelja pripremljenosti ima pokazatelj pripremljenosti NV 10(20) kV s najmanjom ocjenom važnosti pa samim time i najmanju relativnu ocjenu važnosti pokazatelja.

Na ocjenu vrijednosti pokazatelja utječe interval u kojem se nalazi normirana vrijednost pokazatelja. U slučajevima gdje je veći iznos normirane vrijednosti pokazatelja bolji, takva je i ocjena, kao i u slučaju gdje se traži što manja normirana vrijednost pokazatelja, ocjena je bolja čim je normirana vrijednost pokazatelja manja.

Na korisnost ulaganja u prijelaz na 20 kV pojedinog pogona, ne utječu sve ocjene jednako. Tu su neke ocjene važnije od drugih pa u ovisnosti o važnosti ocjene utječu na konačnu varijablu korisnosti ulaganja.

Pogoni sa najboljim omjerom varijable korisnosti i cijene su prioritetniji od onih s lošijim omjerom jer osiguravaju brži povrat investicije kroz smanjenje gubitaka i troškova održavanja mreže.

Bibliografija

[1] *Hijerarhijsko odlučivanje*

<http://decision.math.hr/nastava/vjezbe/09%20-%20Hijerarhijsko%20odlucivanje%20%284%20sata%29.pdf>. 15.3. 2012.

[2] *Analitic Hierarchy Process*.

http://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_Hierarchy_Process. 15.3.2012.

[3] *AHP metoda*.

<http://web.efzg.hr/dok/OIM/mdarabos/AHP%20i%20PCA%20Bjelovar.pdf>. 16.3.2012.

[4] *Goić R., Krstulović Opara J., Penović I., Paić G., Jakus D., Vasilj J. Razvoj SN mreže za razdoblje narednih 20 godina za distribucijsko područje Elektra Šibenik. FESB Split, 2010.*

[5] *Mihalek E.; Baričević T. "Perspektiva prijelaza SN mreže na 20 kV". EIHP Zagreb. 2009.*

[6] *Baričević T.; Skok M., Mileta D. Razvoj SN mreže za razdoblje narednih 20 godina za Distribucijsko područje Elektra Čakovec. EIHP Zagreb. 2009.*

[7] *Cerovečki T, Milković A., Petranović D., Škrlec D., Zidar M. Razvoj SN mreže za razdoblje narednih 20 godina za distribucijsko područje Elektra Karlovac. EIHP Zagreb. 2009.*

[8] *Kovačić M. Primjena AHP metode za izbor lokacije luke nautičkog turizma na primjeru sjevernog Jadrana*

[9] *de Steiguer, J.E.; Jennifer Duberstein, Vicente Lopes (October 2003). "The Analytic Hierarchy Process as a Means for Integrated Watershed Management". In Renard, Kenneth G.. First Interagency Conference on Research on the Watersheds. Benson, Arizona: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. pp. 736–740.*

[10] *McCaffrey, James (June 2005). "Test Run: The Analytic Hierarchy Process". MSDN Magazine. Retrieved 2007-08-21.*

[11] *Berrittella, M.; A. Certa, M. Enea, P. Zito (January, 2007). "An Analytic Hierarchy Process for the Evaluation of Transport Policies to Reduce Climate Change Impacts". Fondazione Eni Enrico Mattei (Milano).*

[12] *Meixner O. "Fuzzy AHP group decision analysis and its application for the evaluation for energy sources.*

[13] Kuzle I.; Bošnjak D.; Capuder T.; Cerovečki T.; Milković A.; Pandžić H.;
Petranović D.; Škrlec D.; Švarc N.; Zidar M.;
"Studija razvoja distribucijske mreže DP Elektrolika"

Ključne riječi

AHP, analitički, hijerarhijski, proces, 10(20), kV, prijelaz, Gospić, Udbina, Senj, Otočac, HEP, Elektrolika, prioritet, vektor, matrica, ocjene, iskorištenost, trend, potrošnje, mreže, kvaliteta, stalnost, napajanja, sekundarni, pokazatelji, pripremljenost

Keywords

AHP, analytic, hierarchically, process, 10(20), kV, transition, Gospic, Udbina, Senj, Otocac, HEP, Elektrolika, priority, vector, matrix, marks, utilization, trend, consumption, grid, quality, constancy, voltage, secondary, indicators, preparedness