

**IZRADA STUDIJE RAZVOJA I POVEĆANJA KAPACITETA GRADSKE DISTRIBUTIVNE MREŽE
U SKLADU SA PREDVIĐENIM RAZVOJEM GRADSKIH SREDINA I REGULACIONIM
INFRASTRUKTURNIM PLANOM – PRIMER GRADA DOHA, KATAR**

**PREPARATION OF THE STUDY FOR DEVELOPING AREA (ZONES) AND MASTER PLANS &
DISTRIBUTION NETWORK DESIGN & CAPACITY IMPROVEMENT – EXAMPLE: CITY OF
DOHA, QATAR**

Jelena POPOVIĆ, Energoprojekt Entel a.d., Bulevar Mihajla Pupina 12, Beograd

KRATAK SADRŽAJ

Jedan od glavnih izazova koji se javljaju u urbanizovanim i gusto naseljenim gradskim sredinama je problem razvoja infrastrukturnih servisnih instalacija, među kojima i razvoj distributivne mreže.

Studija koja je rađena za distributera električne energije u Dohi, Katar, na osnovu koje će biti urađen i referat, prikazuje jedan od načina predviđanja potrošnje električne energije i analizu stanja postojećeg distributivnog sistema. Na osnovu prethodno urađene analize predloženi su i načini za njegovo unapređenje. Takođe, analizirana je i starost pojedinih elemenata distributivnog elektroenergetskog sistema i predložena je zamena onih elemenata za koje je utvrđeno da će u skorije vreme postati nepouzdana sa stanovišta operativnosti i bezbednosti zaposlenih u lokalnoj elektro distribuciji.

Kao osnova za estimaciju potrošnje, poslužili su plan prostornog razvoja grada Dohe, sa uključenim planom infrastrukture za održavanje Svetskog prvenstva u fudbalu 2022 i drugih važnijih infrastrukturnih projekata. Rast potrošnje je analiziran u srednjeročnom (do 2022. godine) i dugoročnom vremenskom periodu (do 2030. godine). Kao usvojeni metod za proračun opterećenja je izabrana kombinacija modelinga mreže sa aspekta krajnjih korisnika, prostornog i ekonometrijskog modelinga. Takođe, uzeta je u obzir i raznolikost u kategorijama potrošača i to domaćinstva, komercijalne i stambene zgrade i laka industrija.

Kao konačan zaključak studije, predložene su promene u distributivnom sistemu kroz dodavanje novih primarnih transformatorskih stanica naponskih nivoa 132/11kV i (ili) 66/11kV, novih kablovskih linija 132kV i 66kV, kao i preraspodela sredjenaponskih 11kV kablovskih izvoda. Takođe, predloženo je i povećanje kapaciteta nekih od postojećih transformatorskih stanica 132/11kV i (ili) 66/11kV kroz dodavanje novih, ili zamenu starih transformatora novima veće nominalne snage.

Ključne reči: kategorije potrošača, prostorno planiranje (spatial planning), srednjeročna i dugoročna prognoza, distributivna mreža.

ABSTRACT

One of the main challenges in urban and conjoined areas is the development of the service installation, and among all of them development of the distribution network.

The study, which is developed for the electricity operator in Doha, Qatar, which will be used as a base for this paper, is showing one of the load forecasting methods and existing distribution system analysis. Based on the performed analysis the system is proposed to be upgraded. Also, the elements of distribution system were analysed considering the equipment age and some of them, which are considered as unreliable and unsafe, are proposed for replacement.

Doha Master Plan, including infrastructure development plans for the purpose of the football world cup 2020 and other important infrastructure plans, was the main input for load forecasting study. Load growth has been analysed for the medium term (up to 2022) and long term (up to 2030) period. Adopted load forecast network modeling method is combination of end user category, spatial method and econometric method. Also, different categories of end users has been considered such as houses, commercial and residential and light industry consumers.

As a final conclusion, it has been proposed to modify distribution system by adding new primary substations of voltage levels 132/11 kV and (or) 66/11 kV, new cable lines 132 kV and 66 kV voltage levels, and rerouting of outgoing 11 kV feeders. Also, it has been proposed to upgrade some of the transformer substations by adding new, or replacement of existing old transformers with new of higher capacity.

Key words: consumer categories, spatial planning, medium and long term forecast, distribution network.

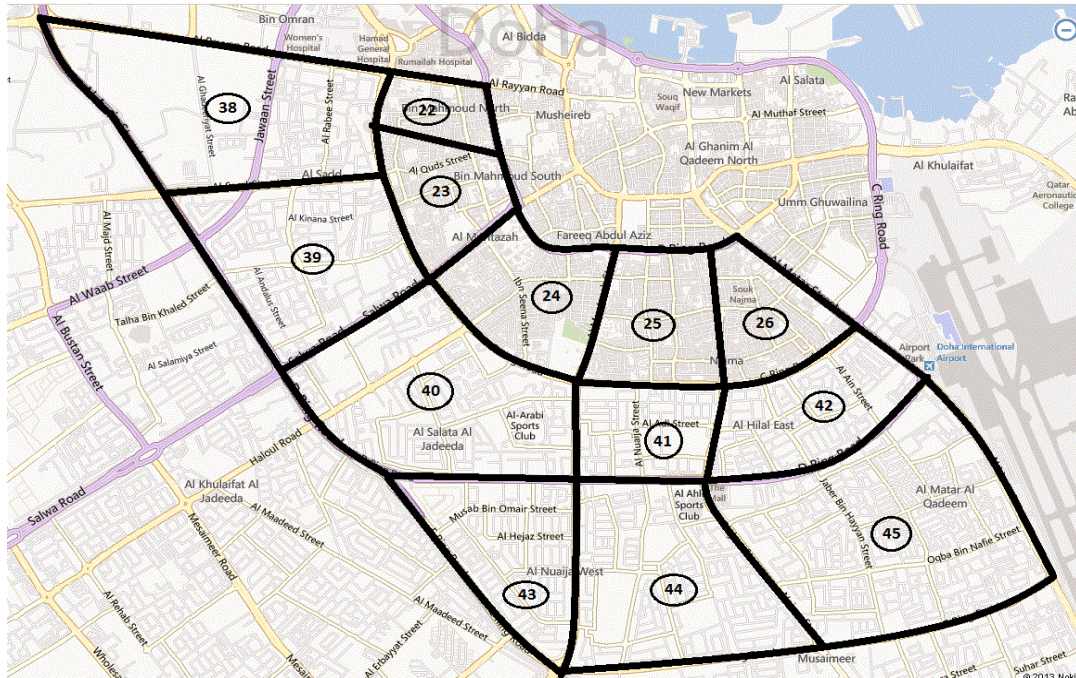
Jelena Popović, jelenapopovic986@gmail.com

UVOD

Razvojem naftne i gasne industrije sredinom prošlog veka zemlje Bliskog istoka doživele su eksponencijalni rast u porastu broja stanovnika. Taj porast stanovnika uticao je na porast potrošnje električne energije, vode, kao i drugih proizvodnih usluga koji prate moderna uređena društva.

Kao posledica ove ekspanzije, očekuje se da će planirani porast broja stanovnika u gradskom jezgru, zatim promene u tipovima objekata i izgradnja velikih objekata na slobodnim gradskim površinama prevazići postojeće kapacitete distributivne mreže i da distributivni sistem neće biti u mogućnosti da isprati ove promene.

Ovaj projekat, odnosno analiza distributivnog sistema, imala je za cilj da predvidi porast potrošnje električne energije za srednjoročni period (2022. godina) i dugoročni period (2030. godina) za posmatrano gradsko područje (slika 1), i da na osnovu predviđanja analizira distributivni elektroenergetski sistem i utvrdi potreban broj i kapacitet distributivnih transformatorskih stanica koje je potrebno sagraditi. Takođe, pored broja, bilo je potrebno predvideti i mesta za nove, kao i način da se postojeće stanice adaptiraju kako bi se pokrila potreba za povećanom potrošnjom električne energije.



SLIKA 1 – POSMATRANO GRADSKO JEZGRO SA 13 GRADSKIH ZONA

METODOLOGIJA ZA PREDVIĐANJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Neke od najčešće korišćenih metodologija primenjene su i u ovoj analizi, i to:

- Modelovanje mreže sa aspekta krajnjih potrošača (eng. “End-use modelling”). Metoda koja koristi podatke kao što su tip potrošača, tip domaćinstva, karakteristike kućnih aparata, životne navike stanovništva, rast populacije itd.
- Ekonometrijsko modelovanje, metoda koja uvažava dodatne ekonomske faktore kao što su prihod po glavi stanovnika, tarifna politika, itd.
- Metod prostorne distribucije opterećenja (eng. “Spatial approach”).

Odabir gore navedenih metodologija izvršen je u skladu sa dostupnim podacima. Tako je za potrebe ovog projekta korišćena kombinacija prve dve gore navedene metode.

U slučaju modelovanja mreže sa aspekta krajnjih potrošača podrazumeva se da se nivo potrošnje energije posmatra u skladu sa klasom potrošača – korisnika. Ova metoda je podrazumevala tzv. “bottom-up” pristup koji je uzeo u obzir tipove potrošača na najnižem nivou. Tako su u slučaju ovog projekta, s obzirom da su posmatrana gradska jezgra potrošači podeljeni na stambene objekte, komercijalne objekte i objekte lake industrije.

Kako bi se izbegao rad sa beskonačno malim površinama, usvojena je najpovoljnija metodologija kojom su se velika gradska područja podelila na celine u kojima su se nalazili potrošači sličnih karakteristika. Sa druge strane, vodilo se računa o tome da te celine budu dovoljno velike kako bi prognoza bila tačna, ali i da bi se minimiziralo utrošeno vreme i resursi.

Uvažavanjem i definisanjem veze između potrošnje električne energije i ekonomskih parametara je najčešće korišćen metod za dugoročne prognoze, kada ne postoje detaljni planovi o izgradnji budućih infrastrukturnih objekata.

Odabir metode je nešto čemu je posvećena velika pažnja tokom realizacije ovog projekta. Usvajanje metode po kojoj će se raditi prognoza je od veoma velikog značaja za ishod celog projekta.

Usvajanjem ovih metoda ovaj projekat je izašao sa krajnjim preporukama i to:

- Procena nivoa potrošnje električne energije za gore navedene periode, presečne godine
- Očekivani porast potrošnje po jedinici površine, za određene lokacije/celine
- Vremensku krivu i tok porasta potrošnje

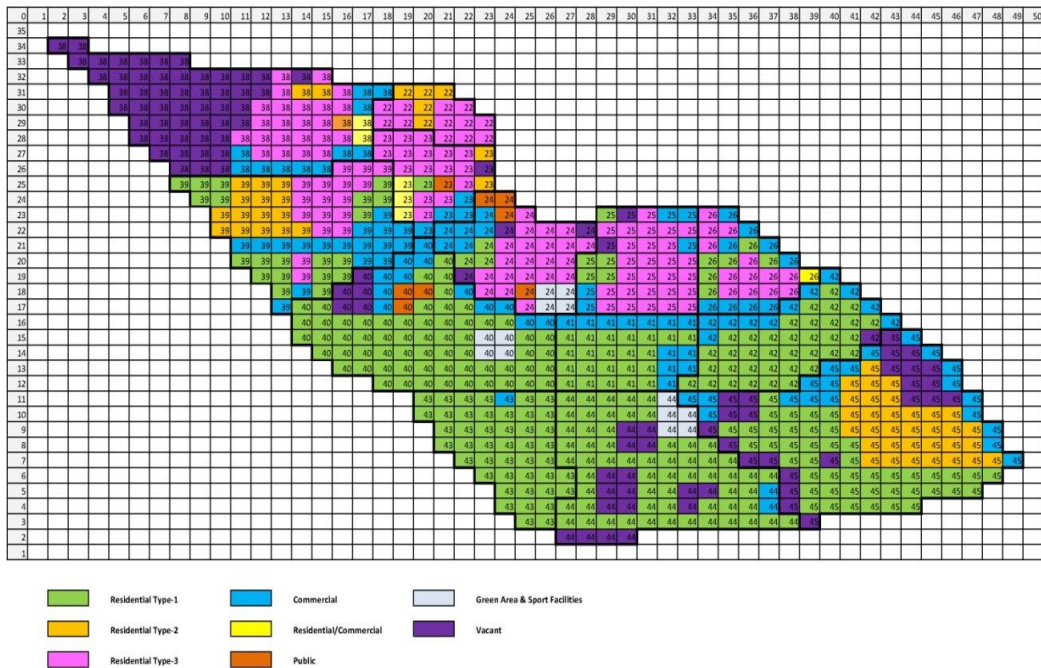
PROGNOZA POTROŠNJE

Prvi korak kome se pristupilo je utvrđivanje trenutnog nivoa potrošnje po tipovima potrošača tj. trenutno stanje ili tzv. “as it is” status. Tako je posmatrano gradsko jezgro, sa unapred definisanih 13 gradskih zona (slika 1), izdvojeno u manje podzone prema tipu potrošača (slika 2). Posmatrana gradska površina je veličine oko 30km².

Podzone su podeljene prema distributivnim transformatorskim stanicama koje se nalaze u određenim podzonama i ustanovljen je nivo potrošnje za pojedine tipove potrošača. U ovom koraku obrađeni su podaci dobijeni od distributivnog kontrolnog centra, odnosno zabeleženi električni parametri nekoliko godina unazad. Obrađeni su podaci za oko 3000 distributivnih transformatorskih stanica. (naponski nivo 11/0,4kV) i 31 primarna transformatorska stanica (naponskog nivoa 132(66)/11kV) koje napajaju potrošače u 13 posmatranih gradskih zona. Za potrebe ovog projekta formirana je jedinstvena baza podataka koja je objedinila i omogućila veoma lako filtriranje i sortiranje sledećih podataka:

- Broj izlaznih kablovskih ćelija primarne transformatorske stanice,
- Broj rezervnih izlaznih kablovskih ćelija,
- Ukupan broj distributivnih transformatorskih stanica na jednom strujnom krugu,
- Broj transformatora u distributivnoj transformatorskoj stanici i njihova instalisana snaga,
- Tip i presek prve sekcije kabla na izlazu iz primarne transformatorske stanice,
- Zabeležene aktivne i reaktivne snage na izlaznim ćelijama primarne transformatorske stanice,

- Identifikaciju i način povezivanja svake primarne transformatorske stanice sa susednom primarnom transformatorskom stanicom.



SLIKA 2 – GEOGRAFSKA RASPODELA POSMATRANIH TIPOVA POTROŠAČA

Za potrebe analiza celo gradsko jezgro izdvojeno je mrežom okca veličine 200x200m kao što je prikazano na slici 2. Takođe posmatran je i broj 11kV kablova koji napajaju distributivne trafostanice i prožimaju svaku od zona.

Analiziranjem ovog područja i svih parametara došlo se do gustine opterećenja izraženog u VA/m². Da bi se došlo do detaljnih podataka navedena tri tipa potrošača su dalje podeljena i dobijeno je osam standardnih tipova potrošača, i to:

- Domaćinstva tip 1 – porodične kuće sa najviše dva sprata,
- Domaćinstva tip 2 – stambene zgrade sa najviše 5 spratova,
- Domaćinstva tip 3 – stambene zgrade sa preko 5 spratova,
- Komercijalni objekti,
- Mešoviti tip komercijalno-stambeni objekti,
- Objekti javne namene,
- Prakovi i zelene površine, sportske površine,
- Neokupirane parcele (zone).

Gustina opterećenja, dobijena je za svaku grupu potrošača što je korišćeno kao osnov za dalju prognozu. Do gustine opterećenja došlo analizom jednopolnih šema, pozicije/lokacije distributivnih transformatorskih stanica i analizom merenih veličina na izlazu iz primarnih transformatorskih stanica (izlazne kablovske ćelije). U tu svrhu korišćena je sledeća aproksimacija:

$$S_{ss_mld} = \frac{S_{ss_rat_tot}}{\sum_{i=1}^n S_{ss_rat_tot i}} \times S_{fd_mld}$$

gde je:

- S_{ss_mld} - maksimalna prividna snaga distributivne transformatorske stanice (MVA)
- $S_{ss_rat_tot}$ - instalisana snaga distributivne transformatorske stanice (KVA)
- $S_{ss_rat_tot i}$ - instalisana snaga i-te distributivne transformatorske stanice
- S_{fd_mld} - maksimalna prividna snaga merena na izlazu iz primarne transformatorske stanice
- i - indeksi koji označava redni broj distributivne stanice na jednom izlaznom/kablovskom vodu
- n - ukupan broj distributivnih na jednom izlaznom kablovskom vodu

Na taj način je utvrđeno postojeće stanje.

TABELA 1 – GUSTINA OPTEREĆENJA ZA POJEDINE TIPOVE POTROŠAČA

	Tip potrošača	Udeo u ukupnoj površini %	Prosečna gustina opterećenja (VA/m ²)
1.	domaćinstva tipa 1	41,5	20,5
2.	domaćinstva tipa 2	8	30,8
3.	domaćinstva tipa 3	17,5	50
4.	komercijalni objekti	15	35,1
5.	mešovito komercijalno-stambeni objekti	<1	101,5
6.	objekti javne namene	1	38,4
7.	parkovi/zelene površine/sportske površine	2	2
8.	neokupirane gradske zone	14	8,9

Analizom podataka na dalje došlo se i do početne gustine vršnog opterećenja za svih 13 gradskih zona i ono iznosi 810 MVA.

TABELA 2 – TRENUTNI NIVO POTROŠNJE („AS IT IS”) PO GRADSKIM ZONAMA

	Zona br.	Naziv zone	Vršno opterećenje (kVA)	%
1.	22	Bin Mahmoud North	25040	3.09
2.	23	Bin Mahmoud South	57130	7.05
3.	24	Montaza	56010	6.91
4.	25	Mansoor	96360	11.89
5.	26	Najma	55160	6.81
6.	38	Al Sadd	84670	10.45
7.	39	Al Nasr / Al Mergab	86410	10.66
8.	40	Al Assiri	68800	8.49
9.	41	Al Hilal West	36220	4.47
10.	42	Al Hilal East	52390	6.47
11.	43	Farij Al Ali	28570	3.53
12.	44	Nuaija	40070	4.94
13.	45	Old Airport	123520	15.24
		Ukupno	810350	100.00

SREDNJEROČNA PROGNOZA

Srednjeročni period podrazumeva vremenski opseg do 2022. godine i podeljen je na dva perioda po 3 godine od 2016. do 2019. godine i od 2019. do 2022. godine.

Za prvi posmatrani period usvojeno je da će se svi trenutno započeti objekti biti izgrađeni, a za drugi trogodišnji period predpostavljeno je da će svi objekti koji su dobili dozvolu za gradnju biti završeni. Takođe predpostavljeno je da će svi veliki infrastrukturni objekti za potrebe organizacije velikog sportskog događaja biti završeni do kraja srednjeročnog perioda.

Prognoza potrošnje električne energije za srednjeročni period dobijena je na osnovu sledećih podataka.:

- Povećanje potrošnje zbog porasta izgradnje novih individualnih stambenih objekata (na osnovu već izdatih dozvola za gradnju).

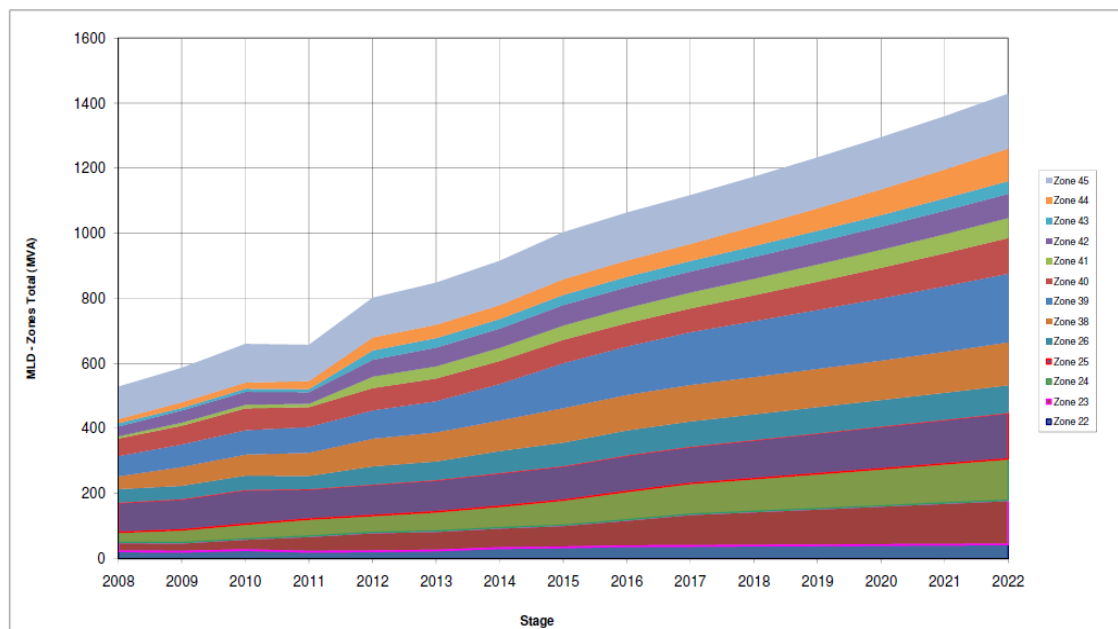
- Porast potrošnje postojećih potrošača na osnovu stope porasta prema analizi rasta potrošnje za prethodne godine.
- Porast potrošnje usled izgradnje velikih infrastrukturnih projekata (gradski metro, sportski objekti za potrebe Svetskog prvenstva u fudbalu 2022.).
- Promene nastale usvajanjem novog urbanističkog plana i izgradnja objekata na slobodnim površinama.

Takođe u trenutku izrade ove studije grad Doha je počeo da primenjuje, i nastavio dalje da razvija softver koji je imao za cilj da prikaže sve postojeće infrastrukturne objekte uključujući i podzemne kablovske koridore i nadzemne vodove, kao i buduće planirane objekte. Za vreme trajanja projekta omogućen je pristup ovom softveru i razmenjena su iskustva sa inženjerima i planerima koji rade na njegovom razvoju.

Analizom svih gore navedenih podataka definisan je porast potrošnje električne energije za prvi trogodišnji period srednjeročne potrošnje od 38% odnosno da će nivo potrošnje iznositi 1117,4MVA.

Predviđena potrošnja na kraju srednjeročnog perioda tj. do kraja 2022. godine iznosiće 1429MVA, što čini porast od 28%.

Ukupni porast potrošnje za posmatrani period jer oko 619MVA, odnosno 76,4%.



SLIKA 3 – GRAFIČKI PRIKAZ PORASTA POTROŠNJE (STATISTIČKI PODACI I PROGNOZIRANO) ZA POSMATRANE GRADSKJE ZONE ZA SREDNJEROČNI PERIOD

DUGOROČNA PROGNOZA

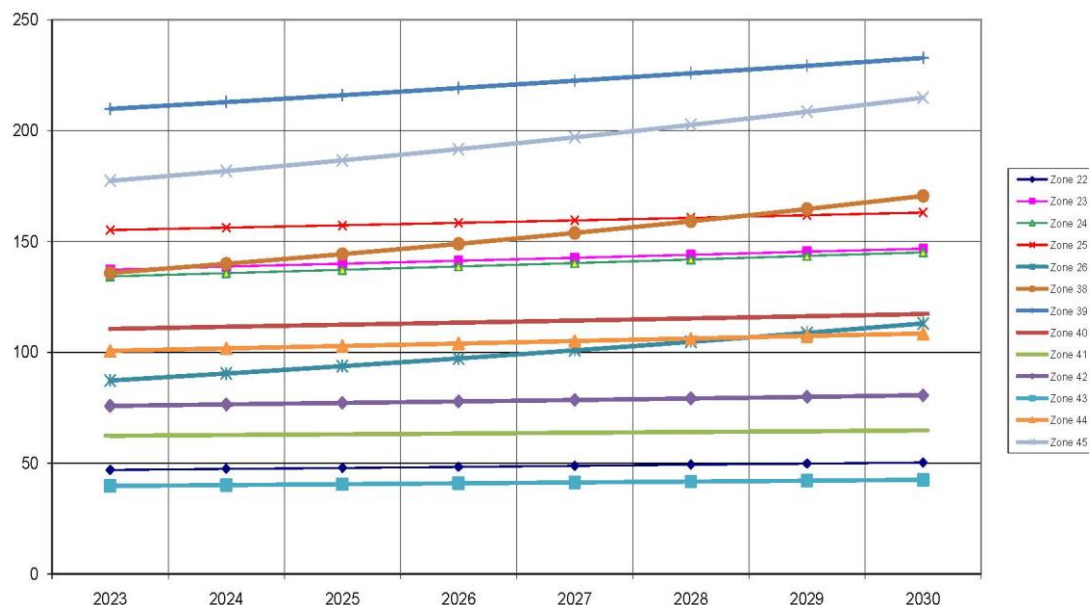
Dugoročna prognoza obuhvata period od 2022. godine do 2030. Smatra se da će do isteka perioda do 2022. godine biti izgrađeni svi objekti za koje su izdate građevinske dozvole, kao i da će doći do potpune urbanizacije svih 13 gradskih zona, odnosno da će sve neokupirane zone biti pokrivenne objektima.

Kao osnov dugoročne prognoze korišćeni su podaci iz Urbanističkog plana kao i promene koje se očekuju u strukturi stanovništva koja naseljava predmetnih 13 zona. Planom je predviđeno da veliki broj gradskih kvartova promeni svoju namenu sa stambenog prostora na komercijalne objekte, kao i da veliki broj objekata niske spratnosti zamene objektima koji imaju spratnost veću od 7. Sve te i slične promene definisane su Urbanističkim planom.

Pored promena koje su predviđene Urbanističkim planom takođe je korišćen i ekonometrijski pristup, odnosno procena potrošnje električne energije je uzimala u obzir ekonomske parametre. Na osnovu analiza koje je sproveo gradski zavod za urbanizam predviđen je porast broja stanovnika sa 797000 u 2010. godini na 1800000

2017 godine. Zatim je zbog smanjena slobodnog prostora i smanjenja broja stambenih jedinica predviđeno da će taj broj u 2030. godini pasti na 900000.

Analizom parametara kao što su porast opterećenja postojećih potrošača, zatim promena nastalih uvođenjem novog Urbanističkog plana, promena u broju stanovnika kao i promena u strukturi stanovništva predviđeno je da se potrošnja u 13 posmatranih gradskih zona poveća sa 1429MVA na 1650MVA do kraja 2030 godine. To predstavlja porast od 15,5%.



SLIKA 4 – GRAFIČKI PRIKAZ PROCENA PORASTA OPTEREĆENJA PO GRADSKIM ZONAMA TOKOM DUGOROČNOG PERIODA

ANALIZA DISTRIBUTIVNE MREŽE

Posmatranih 13 gradskih zona je u trenutku izrade studije napajano iz 20 primarnih transformatorskih stanica koje se nalaze unutar zona, kao i 11 primarnih transformatorskih stanica koje su locirane izvan granica posmatranih zona. Udeo opterećenja primarnih transformatorskih stanica koji se odnosio na posmatrane zone procenjen je u odnosu na broj 11kV kablova koji se pružaju unutar zona, kao i u odnosu na broj distributivnih transformatorskih stanica unutar zona i merenih električnih parametara na 11kV strani primarnih trafostanica mereno za svaki 11kV izvod.

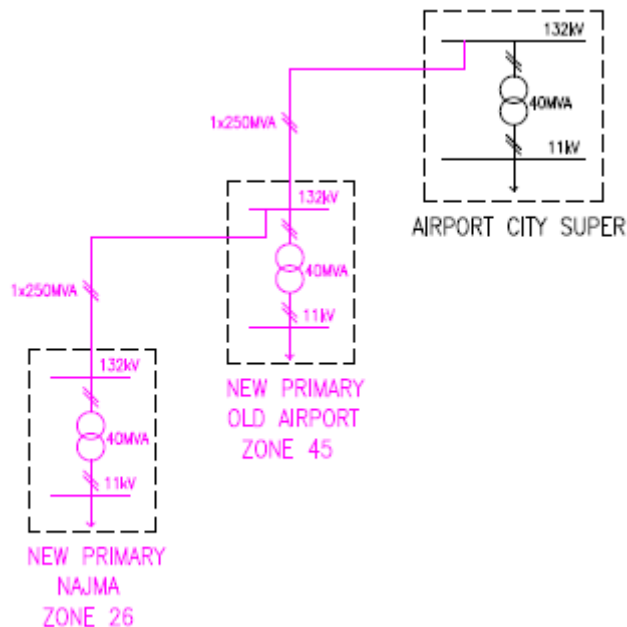
Postojeće primarne stanice uglavnom su sa transformatorima nominalne snage 2x40MVA, dok su stare stanice sa transformatorima snage 2x25MVA, 1x25MVA i 2x16MVA. Najnovija pravila lokalnog operatora distributivnog sistema su takva da je dozvoljena gradnja transformatorskih stanica isključivo sa standardnom snagom transformatora od 40MVA i to 2x40MVA, 3x40MVA i 3x40MVA.

Uzimajući u obzir vrednosti dobijene srednjoročnom procenom potrošnje električne energije i upoređujući ih sa trenutno instalisanim kapacitetima, došlo se do zaključka da će samo tri od postojeće 31 stanice na kraju ovog perioda imati rezerve u svojim kapacitetima. Zbog potrebe povećanja kapaciteta pribeglo se i zameni transformatora u postojećim starim transformatorskim stanicama sa 16 i 25MVA na 40MVA nominalne snage, kao i dodavanjem trećeg transformatora gde za to ima mesta. S obzirom da svim ovim izmenama i dalje nije zadovoljena prognozirana potrošnja predložena je i izgradnja 9 novih transformatorskih stanica. Prilikom predlaganja lokacija za nove transformatorske stanice posmatrano je nekoliko faktora kao što su udaljenost lokacije od mesta sa povećanom potrošnjom, veličina parcele, širina koridora koji će omogućiti polaganje velikog broja 11kV kablova i slično.

Nakon predloženih promena i dodavanja novih stanica, ukupna instalisana snaga u primarnim transformatorskim stanicama na kraju srednjoročnog perioda bila je za 330MVA veća od planirane potrošnje (1430MVA), što predstavlja rezervu od oko 23%.

Na dalje dugoročnom prognozom predloženo je dodavanje ukupno još 7 novih transformatorskih stanica instalisane snage 2x40MVA, gde će ukupna instalisana snaga u primarnim transformatorskim stanicama biti veća za 390MVA od planirane potrošnje (1650MVA), što predstavlja oko 23,5% rezerve u instalisanoj snazi.

Na dalje je analiziran i uticaj povećanja instalisanih kapaciteta na naponskom nivou 66kV i 132kV i sama napojna kablovska mreža. Tako je na mestima gde su delovi kablovske mreže analizirani kao osetljivi predloženo njeno pojačavanje.



SLIKA 5 – ŠEMATSKI PRIKAZ MODIFIKACIJE DELA MREŽE – DODAVANJE NOVIH PRIMARNIH TRNASFORMATORSKIH STANICA I NAPOJNIH KABLOVA

ZAKLJUČAK

Ovim radom prezentirani su osnovni principi i korišćene metode za prognozu potrošnje električne enrgije za 13 gradskih zona na primeru grada koji je bio, i trenutno je i dalje u ekspanziji. Na osnovu predviđenog porasta potrošnje tokom srednjeročnog i dugoročnog perioda, predložene su mere za povećanje kapaciteta primarne distributivne mreže.

S obzirom da je studija radjena pre nekoliko godina sada smo svedoci da se prognoza obistinjuje i da je jačanje distributivnog sistema bilo opravdano.

Rezultat ove studije iskorišćen je dalje kao osnova za drugu studiju koja ima za cilj da proceni pojačavanje kapaciteta prenosne mreže 400kV i izgradnju novih proizvodnih blokova.

LITERATURA

1. KAHRAMAA ENA - P1 Grid Code
2. KAHRAMAA EP - DD - M1 Distribution Planning Manual
3. KAHRAMAA EP - DP - C1 Electricity Planning Regulation for Supply
4. KAHRAMAA EP - DP - P1 Electricity Supply Approval
5. KAHRAMAA Regulation for the Installation of Electrical Wiring, Electrical Equipment and Air Conditioning Equipment
6. H. Lee Willis - Power Distribution Planning Reference Book
7. H. Lee Willis - Spatial Electric Load Forecast
8. Abdelhay A. Sallam, Om. P. Malik - Electric Distribution Systems
9. A. S. Pabla - Electric Power Distribution Systems
10. Orla Burke, Stephan Hunt, William Phang - ESB International / Ireland - A Planning Approach for Urban Distribution Networks in Bahrain
11. QNMP Team - Qatar National Master Plan