

## INTEROPERABILNI GIS ZA ELEKTRODISTRIBUTIVNE KOMPANIJE INTEROPERABLE GIS FOR POWER SUPPLY COMPANIES

Leonid Stoimenov, Aleksandar Stanimirović, Miloš Bogdanović, *Elektronski fakultet u Nišu*  
Aleksandar Krstić, *ED Jugoistok d.o.o. Niš – Elektrodistribucija Niš*

**Sadržaj** - U ovom radu su predstavljena istraživanja i rezultati u oblasti razvoja specijalizovanih Geografskih Informacionih Sistema (GIS) i integracije informacija koja su u toku u Laboratoriji za računarsku grafiku i GIS. Kao rezultat ovih istraživanja razvijena je aplikacija GinisED za potrebe PD Jugoistok Niš. GinisED omogućava dokumentovanje, održavanje i analizu elektrodistributivne mreže. Korišćenjem GinisED sistema realizovana je aplikacija za proračun gubitaka u distributivnoj mreži. U ovom radu je prikazan prototip aplikacije i dat je opis predloženog rešenja za proračun gubitaka električne energije u distributivnom delu mreže.

**Abstract** - This paper presents research and results in the field of the development of specialized Geographic Information Systems (GIS) and information integration that are ongoing in Computer Graphics and GIS Laboratory. As a result of this research we have developed GinisED application for public electric power supply corporation PD Jugoistok Niš. GinisED provides documentation, maintenance and analysis of electric power supply networks. On the basis of GinisED system, an application for calculation of losses in distribution network. This paper presents a prototype application and gives a description of the proposed solutions for the calculation of electricity losses in the distribution network.

### 1. UVOD

Geo-informacioni sistemi (GIS) danas, posle više od 40 godina razvoja, i dalje imaju ogroman značaj u velikim preduzećima, organizacijama i institucijama kao što su preduzeća za distribuciju gasa, vode ili struje, telekomunikacione kompanije, transportna preduzeća, organizacije za praćenje stanja životne sredine, institucije koje se bave upravljanjem vanrednim situacijama, policija, vojska, itd. GIS predstavlja skup alata i aplikacija koje omogućavaju prikupljanje, skladištenje, analizu i vizuelizaciju podataka koji imaju geografsku (prostornu) referencu. U skladu sa tehnološkim trendovima, GIS treba da omogući korisnicima vizuelizaciju i korišćenje prostornih podataka, i to na takav način koji čini podatke lako razumljivim i jednostavno deljivim sa drugim korisnicima i sistemima.

U okruženju preduzeća koja se bave prenosom i distribucijom električne energije, GIS aplikacije su najprirodnije okruženje za brzu i preciznu reprezentaciju podataka o elektrodistributivnoj (ED) mreži [1]. Procenjuje se da više od 80% podataka koji se koriste u različite svrhe unutar elektrodistributivnih preduzeća, kao što su projektovanje ED mreže i njeno održavanje, imaju geografsku (prostornu) komponentu. Veliki broj poslovnih procesa u okviru ovih preduzeća, poput planiranja, popravki, održavanja i rekonfiguracije elektrodistributivne mreže, u velikoj meri se baziraju na postojanju mrežnog modela koji nudi GIS. Kao posledica toga, elektrodistributivna preduzeća imaju potrebu za specijalizovanim GIS-om koji treba da obezbedi alate za prikupljanje, čuvanje i manipulisanje prostornim podacima o ED mreži. GIS aplikacije obezbeđuju brži i jednostavniji rad sa podacima o ED mreži u odnosu na sve ostale sisteme koji funkcionišu unutar elektro-

distributivnog preduzeća i na taj način u velikoj meri povećavaju efikasnost svakodnevnog rada sa mrežom.

Velika prednost GIS aplikacija u odnosu na druge sisteme koji prikupljaju podatke o ED mreži (bez geo-reference), ogleda se u mogućnosti da različite tipove informacija, koje mogu biti i iz drugih sistema, povežu sa prostornim kontekstom, i da na osnovu tako formiranih veza omoguće generisanje novih informacija i zaključaka.

Integracijom GISa sa drugim sistemima iz okruženja, GIS postaje nezaobilazni alat u procesu planiranja, donošenja odluka, komunikacije i analize informacija. GIS alati mogu olakšati svakodnevno upravljanje i održavanje ED mreže obezbeđujući precizne i pouzdane informacije. Glavna prednost se ogleda u tome što osim prostornih podataka, GIS može da obezbedi i druge neophodne podatke koje prikuplja iz ostalih sistema koji funkcionišu unutar elektrodistributivnog preduzeća. Da bi takva interoperabilnost bila moguća, potrebno je koristiti GIS aplikacije sa otvorenom arhitekturom koja se lako može menjati i prilagođavati okruženju.

Prednosti korišćenja takvog, interoperabilnog GISa možemo da razmotrimo na jednostavnom scenariju nestanka električne energije. Ukoliko je nestanak električne energije detektovan od strane SCADA/DMS sistema ili bilo kog sistema koji vrši monitoring električne mreže u realnom vremenu, zahvaljujući integrisanoj GIS aplikaciji veoma je lako dobiti tačnu geografsku lokaciju na kojoj je došlo do problema kao i tačno područje koje je ostalo bez električne energije kao posledica detektovanog problema. Na osnovu dobijenih informacija iz sistema koji vrši monitoring električne mreže i podataka iz GIS sistema, ekipa za popravku može odmah da krene na teren na unapred poznatu lokaciju i sa pripremljenom opremom za popravku.

Istovremeno, služba za odnose sa kupcima, zahvaljujući podacima iz GIS aplikacije i podacima iz poslovno-informacionih sistema, može da obavesti kupce koji su ostali bez električne energije da je došlo do problema i da da procenu vremena neophodnog za otklanjanje nastalog problema. Na taj način, znatno se skraćuje vreme neophodno za uklanjanje detektovanih problema, uz istovremeno poboljšanje komunikacije sa kupcima električne energije.

## 2. GINISED – GIS ZA ELEKTRODISTRIBUTIVNE KOMPANIJE

Za potrebe ED Jugoistok Niš, Laboratorija za računarsku grafiku i GIS, Elektronskog fakulteta u Nišu, uz podršku Ministarstva nauke Republike Srbije, razvila je geoinformacioni sistem GINISED [1,2]. GINISED je specijalizovana GIS aplikacija, koja osim standardnih alfanumeričkih podataka, omogućava prikupljanje, obradu, analizu i grafičku reprezentaciju specijalizovanih podataka o elektrodistributivnoj mreži: prostornih podataka, vremenski zavisnih podataka kao i multimedijalnih podataka.

Glavni cilj GINISED projekta je primena savremenih GIS tehnologija i softverskih metodologija u cilju razvoja specijalizovanih alata za rad sa elektrodistributivnom mrežom. GINISED sistem se sastoji od tri grupe alata [2]:

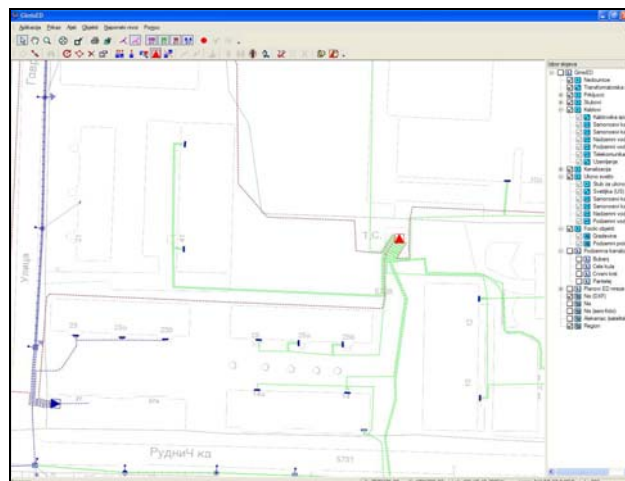
1. Alati za prikupljanje (digitalizacija, vektorizacija, korišćenje GPS i drugih specijalizovanih uređaja) i ažuriranje prostornih podataka o elektrodistributivnoj mreži,
2. Alati za vizuelizaciju prostornih podataka o elektrodistributivnoj mreži u izabranoj geografskoj oblasti i
3. Alati za prostornu analizu potencijalnih ili realnih događaja, kao i faktora rizika, unutar elektrodistributivne mreže u izabranom geografskom području.

Osnovne komponente koje čine GINISED sistem su:

1. Centralizovana geoprostorna baza podataka – koristi se za čuvanje tematskih i prostornih podataka o elektrodistributivnoj mreži,
2. GINISED Editor – desktop aplikacija za unos, ažuriranje i pretraživanje prostornih i tematskih podataka o elektrodistributivnoj mreži,
3. GINISED Web – WebGIS aplikacija koja omogućava jednostavno pozicioniranje na željeno geografsko područje, pretragu i izbor delova elektrodistributivne mreže. Ova aplikacija koristi podatke iz centralizovane geoprostorne baze podataka ali obezbeđuje i alate za integraciju informacija iz drugih izvora podataka i
4. (Open Geospatial Consortium) WMS i WFS servisi [3] i drugi Web servisi za rad sa prostornim podacima i integraciju informacija.

GINISED sistem koristi deljivu centralnu geoprostornu bazu podataka koja omogućava integraciju i dinamičko ažuriranje informacija iz više različitih izvora podataka. Ova baza podataka je projektovana u skladu sa široko prihvaćenim industrijskim IT standardima u okviru Elektroprivrede Srbije [4]. Baza podataka omogućava čuvanje podataka o distributivnoj mreži, kako tematskih, tako i prostornih. Elementi elektrodistributivne mreže se čuvaju kao kolekcija geoobjekata. Svaki geoobjekat je predstavljen

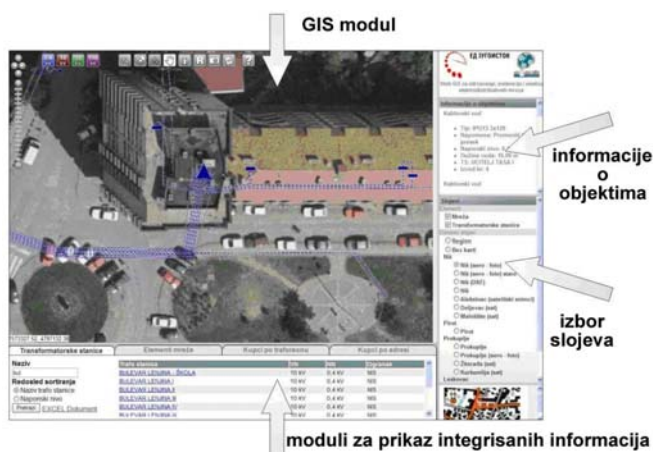
svojim koordinatama i najosnovnijim informacijama o odgovarajućem elementu elektrodistributivne mreže (tip, naziv, naponski nivo). Ovi podaci predstavljaju elementarne informacije neophodne za obezbeđivanje osnovnih GIS funkcionalnosti. Baza podataka se može proširiti, preurediti i izmeniti u skladu sa zahtevima konkretnog klijenta. DBMS rešenje se bira u skladu sa zahtevima korisnika i može biti bilo koji komercijalno dostupni relacioni DBMS (Oracle, SQL Server, ...). Ovako projektovana geoprostorna baza podataka treba da ispuni dva kontradiktorna zahteva: sa jedne strane, baza treba da bude potpuno fleksibilna, kako bi mogla da prihvati informacije o velikom broju različitih elemenata elektrodistributivne mreže, a sa druge strane, rad sa podacima mora da bude jako efikasan.



Sl. 1. GINISED Editor

GINISED sistem se sastoji od dve nezavisne aplikacije GIS aplikacije: GINISED Editor i GINISED Viewer. GINISED Editor je specijalizovani alat za kreiranje prostornih podataka o elektrodistributivnoj mreži (Sl. 1.). Radi se o Windows desktop aplikaciji koja je razvijena u skladu sa pažljivo proučenim zahtevima i potrebama korisnika. Aplikacija se koristi za kreiranje geografskih šema distributivne mreže, unošenje i ažuriranje parametara elemenata mreže i definisanje njihovih međusobnih veza. Alat obezbeđuje višekorisničko *user-friendly* grafičko okruženje za pretraživanje i ažuriranje prostornih podataka o distributivnoj mreži. Funkcionalnosti koje alat nudi u velikoj meri odgovaraju sličnim funkcionalnostima u popularnim alatima za vektorsku grafiku ali uz modifikacije koje su posledica specifičnosti namene (izrada geografskih šema distributivne mreže).

GINISED Viewer je WebGIS aplikacija sa troslojnom softverskom arhitekturom. Ova komponenta GINISED sistema je razvijena korišćenjem najsavremenijih Web 2.0 standarda [5]. Aplikaciju karakteriše bogat korisnički interfejs na klijentskoj strani, asinhrona komunikacija za serverskim komponentama i serverske komponente zasnovane na XML Web servisima. GINISED Viewer obezbeđuje efikasne mehanizme za pregled i pretraživanje prostornih podataka o selektovanom delu distributivne mreže. Pored toga GINISED Viewer poseduje i veoma fleksibilan generator izveštaja koji omogućava generisanje izveštaja o svim elementima distributivne mreže koji su od interesa za korisnike.



Sl. 2. GINISED Viewer

### 3. POZICIJA GINISED SISTEMA I INTEGRACIJA INFORMACIJA

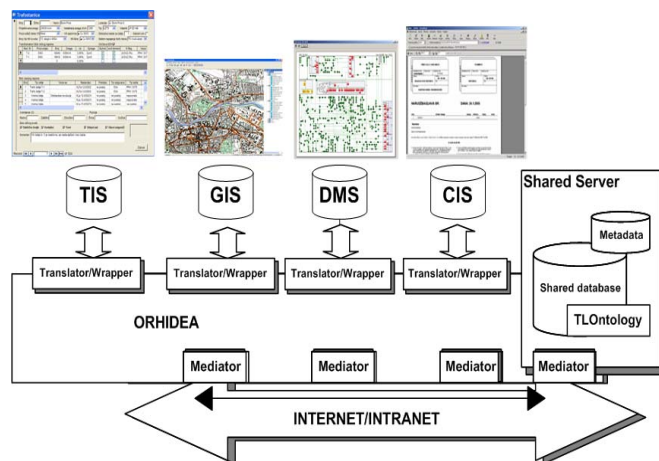
Platforma za razvoj GINISED rešenja bazirana je na korišćenju objektno-orientisanog pristupa razvoju softvera i savremenih tehnologija za razvoj aplikacija. GINISED sistem razvijen je na bazi GeoNis platforme [6] za interoperabilnost GIS aplikacija. GeoNis platforma za interoperabilnost obezbeđuje mehanizme i infrastrukturu za razmenu informacija u okruženju lokalnih samouprava [7], ali je primenjiva za potrebe integracije informacija na nivou pojedinačnih kompanija. Ova platforma razvijena je za potrebe inteligentne integracije informacija pribavljenih iz proizvoljnog broja heterogenih GIS (geografskih i prostornih) i ne-geografskih izvora informacija [8]. Izvori informacija mogu biti kompanije, institucije ili njihovi delovi koji poseduju informacije od interesa odnosno odgovarajuće informacione sisteme.

Jedna od karakteristika korišćenog okvira za razvoj aplikacija je odvajanje vizuelizacije prostornih podataka od izvora prostornih podataka. Ova osobina je jako bitna jer implicira postojanje komponenti koje omogućavaju GIS aplikacijama promenu korišćenog izvora informacija i dinamičko kreiranje korisničkog interfejsa u skladu sa nivoom privilegija korisnika.

Zahvaljujuću svojoj otvorenosti, GINISED sistem se vrlo jednostavno integriše sa ostalim IT sistemima koji postoje u okviru jednog preduzeća koja se bavi distribucijom električne energije [8]. Na taj način GIS rešenje omogućuje jednostavan pristup integrisanim informacijama koje postaju dostupne svim zaposlenima. Međutim, zbog toga se često u komunalnim preduzećima GIS sistem posmatra kao sveobuhvatni izvor informacija. Od GIS rešenja se očekuje da se, između ostalog, može koristiti kao zajednički deljivi repozitorijum svih aplikacija koje postoje u okviru jednog preduzeća. Ovakav pristup je svakako moguć i ostvariv integracijom GIS tehnologija u poslovne procese koji se odnose na funkcionisanje preduzeća, ali narušava koncept otvorenosti i jednakosti sistema koji učestvuju u razmeni informacija. GIS treba da bude jedan od izvora informacija i jedan od sistema koji koristi integrisane informacije, iako će veliki deo integrisanih informacija da se prikazuje preko GIS modula. Integracija informacija je od ključnog značaja, ali je

ona ipak jedan deo procesa interoperabilnosti sistema koji te informacije razmenjuju.

U elektrodistributivnim preduzećima analiza ED mreže zahteva korišćenje tehničkih informacija o elementima ED mreže. Kako bi ovakva analiza bila izvodljiva, GINISED sistem koristi informacije iz većeg broja heterogenih i distribuiranih izvora informacija koji posotoje unutar preduzeća. Pozicija GINISED sistema u okruženju drugih informacionih sistema prikazana je na Sl. 3. GeoNis platforma locirana je između GINISED sistema, koji predstavlja C3 (Command Control and Communication) modul, i izvora informacija koje GINISED koristi. U GeoNis platformi, čvorove mogu predstavljati i postojeće aplikacije. Za svaku od postojećih aplikacija neophodno je razviti translator i domensku (lokalnu) ontologiju. Takođe, čvorove mogu predstavljati nove aplikacije razvijene u skladu sa OpenGeoSpatial standardima i i primenom metodologije za komponentni razvoj softvera [9].



Sl. 3. GeoNis platforma za interoperabilnost GIS aplikacija

Nakon implementacije korporacijskog GIS-a, ovaj sistem postaje osnovni za sve organizacione aspekte, i moguće ga je prilagoditi potrebama svih organizacionih jedinica. Ova karakteristika je jako bitna za razvoj modela električne mreže koju GIS koristi. Korporacijski GIS koristi deljivu centralizovanu geografsku bazu podataka koja omogućava integraciju i dinamičko ažuriranje informacija u više GIS izvora informacija. Ovakav pristup značajno umanjuje vreme neophodno za ažuriranje i skladištenje podataka, uvećava kompatibilnost podataka sa ostalim sistemima i pojednostavljuje probleme translacije podataka. Imajući u vidu da je sistem zasnovan na IT standardima i Web servisima, aplikacije i sistemi koji ne pripadaju grupi GIS sistema će biti u stanju da na jednostavan način koriste funkcionalnosti GIS sistema i GIS aplikacija. Svaki od sistema, izvora informacija (SCADA, TIS, AMR itd.), u okviru preduzeća ima specijalnu namenu. GIS sistem ni u jednom trenutku ne može predstavljati zamenu za neki od ovih sistema, ali nakon implementacije na nivou cele kompanije, GIS sistem uvećava funkcionalne mogućnosti ovih sistema i na taj način doprinosi ukupnom napretku kompanije. Na taj način je obezbeđeno očuvanje osnovnih principa interoperabilnosti, kod kojih se podrazumeva jednakost svih učesnika/sistema u razmeni informacija.

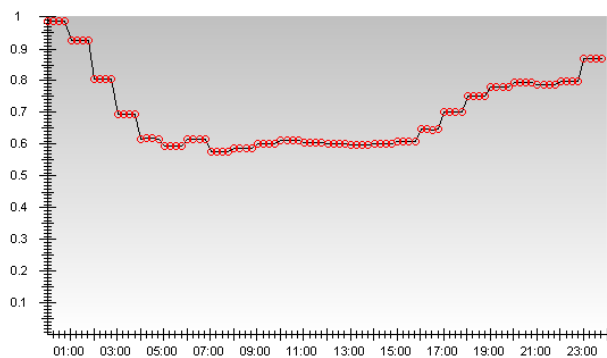


#### 4. APLIKACIJA ZA PRORAČUN GUBITAKA NA NISKONAPONSKOJ MREŽI

Dobar primer primene realizovanog interoperabilnog GISa je aplikacija za proračun gubitaka na niskonaponskoj mreži [10]. Na osnovu postojećeg GINISED sistema, koji omogućava integraciju informacija iz različitih IT sistema u okviru PD Jugoistok Niš, razvijen je prototip ove aplikacije. GIS modul predstavlja središnji deo u aplikaciji za proračun gubitaka električne energije. Ovaj prototip predstavlja redukovanu GIS aplikaciju koja je zadržala minimum GIS funkcionalnosti. Aplikacija vrši vizuelizaciju prostornih podataka vezanih za ED mrežu i omogućava korisnicima pristup GINISED sistemu za integraciju informacija korišćenjem jednostavnog interfejsa.

Za potrebe proračuna gubitaka električne energije, trenutno se koriste tri različita izvora informacija. Dodatni izvori informacija biće u upotrebi prilikom daljeg razvoja i unapređenja aplikacije.

GIS sistem koristi se kao izvor informacija o topologiji niskonaponske ED mreže i tehničkim karakteristikama deonica niskonaponske mreže (dužina vodova, poduzna otpornost vodova, tip voda, tip provodnika, poprečni presek provodnika itd.). Prostorni podaci o niskonaponskoj ED mreži snimljeni su na terenu i redovno se ažuriraju. GIS podaci o niskonaponskoj mreži vezani su za podatke o potrošačima električne energije. Podaci o potrošačima predstavljaju osnovu CIS sistema. Integracija GIS i CIS sistema omogućava određivanje tačne pozicije svakog potrošača na izvodima niskonaponske mreže. Takođe, ovakav vid integracije omogućava određivanje geografske pozicije priključka za koji je svaki od korisnika vezan. Na taj način, moguće je jednostavno identifikovati sve potrošače koji su vezani za određeni vod niskonaponske mreže.



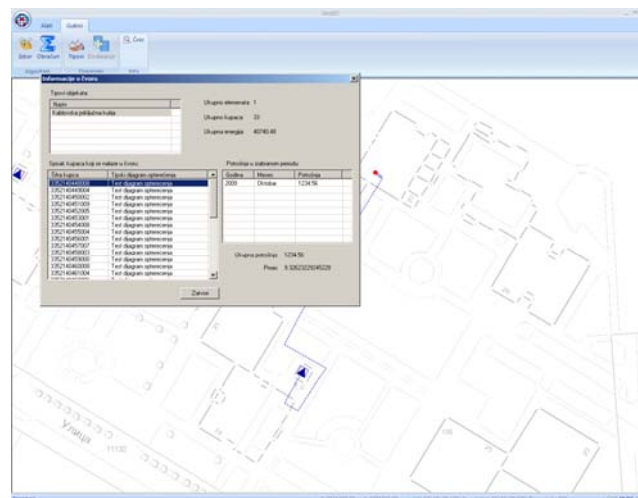
Sl. 4. Primer tipskog dijagrama opterećenja potrošača električne energije

Kada se identifikuju svi potrošači koji se nalaze na nekom niskonaponskom izvodu, njihove jedinstvene potrošačke šifre se koriste kao ulazni podatak za pribavljanje dnevnog dijagrama opterećenja potrošača iz AMR sistema za daljinsko očitavanje utroška električne energije. AMR u svom radu koristi savremena elektronska brojila. Ova brojila omogućavaju višednevno memorisanje grafika opterećenja. Samim tim, dijagram opterećenja se nameće kao jedan od osnovnih analitičkih podataka za proračun energetskog bilansa i gubitaka na niskonaponskom vodu. Na Sl. 4. prikazan je jedan tipski dijagram opterećenja.

Na osnovu tehničkih podataka o niskonaponskom izvodu (dužina deonica, tip i presek provodnika) i dijagrama opterećenja potrošača na tom izvodu, modul za proračun gubitaka određuje gubitke električne energije na posmatranom niskonaponskom vodu.

Modul za proračun gubitaka električne energije nije zasnovan na uobičajenim aproksimativnim metodama, već na korišćenju rekurzivne metode za izračunavanje struja koje protiču kroz svaku deonicu niskonaponskog voda [10,11]. Ulazne podatke za proračun predstavljaju podaci o topologiji niskonaponskog izvoda koje ovaj modul prihvata u obliku grafa (od trafo stanice do krajnjih potrošača). Sastavne delove grafa predstavljaju noseći čvorovi, podčvorovi i brojila kod krajnjih potrošača. Na osnovu jedinstvenih šifara potrošača, iz AMR sistema se pribavljaju dnevni dijagrami opterećenja. Ukoliko ovakvi dijagrami ne postoje, potrošačima se pridružuje neki od tipskih dijagrama opterećenja.

Na Sl. 5. su prikazani podaci vezani za određeni izvod niskonaponske mreže koji su korišćeni za proračun gubitaka električne energije. Aplikacija omogućava izmenu parametara deonica niskonaponskih izvoda (dužinu voda, vrstu voda, tip provodnika, broj žila i presek provodnika) i analizu uticaja tih promena na procenat tehničkih gubitaka. Omogućeno je definisanje tipskih dijagrama opterećenja za sva četiri godišnja doba.



Sl. 5. Aplikacija za proračun gubitaka električne energije

Deo aplikacije koji vrši proračun gubitaka ima modularnu arhitekturu pa se lako može proširiti modulima koji koriste drugačiju metodologiju za proračun gubitaka. To omogućava ponovno izračunavanje gubitaka na određenom niskonaponskom vodu korišćenjem različitih metodologija i upoređivanje i analizu dobijenih rezultata.

#### 5. ZAKLJUČAK

Trenutni trendovi u poslovanju preduzeća koja se bave distribucijom električne energije karakterišu se čestim promenama na tržištu i regulatornom poslovnim politikom koja zahteva od preduzeća postizanje veće konkurentnosti i efikasnosti. Komunalna preduzeća počinju da uviđaju potrebu za korišćenjem poslovnih IT sistema koji omogućavaju prikupljanje, skladištenje i prikaz različitih tipova podataka,

deljenje podataka između različitih sistema i održavanje konzistentnosti prikupljenih podataka. U okviru preduzeća, za izvršenje specifičnih poslovnih zadataka koristi se veći broj različitih sistema. Većina komunalnih preduzeća koristi neke IT sisteme, poput SAP, SCADA, DMS, AMR i GIS, za izvršenje poslovnih zadataka. U većini slučajeva, svaki od korišćenih sistema funkcioniše potpuno nezavisno pa su podaci koje koristi pojedinačni sistem na raspolaganju jedino korisnicima tog sistema. Stoga bi primarni cilj trebala biti efikasna integracija IT sistema unutar preduzeća. GINISED GIS predstavlja prvi značajan korak ka integraciji IT sistema unutar ED „Jugoistok” Niš.

## ZAHVALNICA

Istraživanja prezentovana u ovom radu delimično su finansirana od strane Ministarstva nauke Republike Srbije i PD Jugoistok Niš, u okviru projekta iz oblasti tehnološkog razvoja “Inteligentna integracija geo-, poslovnih i tehničkih informacija na nivou preduzeća”, ev.broj TR-13003A.

## LITERATURA

- [1] L., Stoimenov, S. Đorđević-Kajan, D. Stojanović, M. Kostić, A. Vukašinović, A. Janjić, "Geographic Information System for evidencing, maintenance and analysis of electric power network", YU INFO 2006, Kopaonik, 2006 (in Serbian).
- [2] A. Stanimirović, D. Stojanović, L. Stoimenov, S. Đorđević-Kajan, M. Kostić, A. Krstić, "Geographic Information System for Support of Control and Management of Electric Power Supply Network", IX Triennial International Conference on Systems, Automatic Control and Measurements SAUM, ISBN 86-85195-49-7, Niš, 2007.
- [3] Open Geospatial Consortium, WMS and WFS Specifications, 2002, [www.ogc.org](http://www.ogc.org)

[4] Faculty of Technical Science Novi Sad – Department of energetics, "Database Model for technical data for management of distribution network", Novi Sad, Mach 2004

[5] Bogdanović M., Stojanović D., Stoimenov L., Davidović N., Antolović I., Stanimirović A., "GinisED Web: WebGIS aplikacija za prikaz i pretraživanje geopodatka o elektrodistributivnoj mreži", YUINFO 2008, Kopaonik, Serbia, CD Edition, ISBN 978-86-85525-03-2, 2008

[6] Stoimenov L., Đorđević-Kajan S., "An Architecture for Interoperable GIS Use in a Local Community Environment", Computers & Geoscience, Elsevier, 2005, Vol. 31, No. 2, March 2005, pp.211-220

[7] L. Stoimenov, A. Stanimirović, S. Đorđević-Kajan, "Development of GIS Interoperability Infrastructure in Local Community Environment", From Pharaohs to Geoinformatics, FIG Working Week 2005 and GSDI-8 Cairo, Egypt April 16-21, 2005, TS41.2.

[8] A. Stanimirović, L. Stoimenov, S. Đorđević-Kajan, M. Kostić, A. Krstić, "Company level geodata integration within GinisED application", YUINFO 2007, Kopaonik, Serbia, CD Edition, ISBN 978-86-85525-02-5, 2007

[9] Stoimenov L., Stanimirović A., Djordjević-Kajan S., "Realization of Component-Based GIS Application Framework", 7th AGILE Conference on Geographic Information Science, Heraklion, Greece, 2004

[10] S. Tošić, A. Krstić, B. Nikolić, "Application for calculation of low voltage losses", CIRED 2008, Vrnjačka Banja, Serbia, 2008 (in Serbian)

[11] A. Jardini, C. M. V. Tahan, M. R. Gouvea, S. U. Ahn, F. M. Figueiredo, "Daily Load Profiles for Residential, Commercial and Industrial Low Voltage Consumers", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.15, No. 1, Jan. 2000