



Krunoslav Slivarić, dipl.ing.  
Milan Milunović, dipl.ing.  
Milan Akmačić, dipl.ing.  
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., DP Elektra Zagreb  
mr.sc. Vladimir Kavur, dipl.ing.  
Mario Starčević, dipl.ing.  
Mišo Glagolić  
Multisoft d.o.o., Zagreb

R5

## UVOĐENJE I PRIMJENA GIS-a U ELEKTRODISTRIBUCIJI

### SAŽETAK

Geografski informacijski sustav (GIS) predstavlja bazu podataka o svim elementima sustava, s informacijama o njihovom smještaju i međusobnim odnosima u prostoru. Usmjerenost distribucijske djelatnosti prema prostoru — distributivnom području, zahtijeva uvođenje GIS-a u cilju objedinjavanja prostornih i tehničkih podataka, topologije mreže i jednopolnih shema postrojenja u jedinstveni informatički sustav čija je baza podataka temelj za izradu aplikacija. Objedinjavanjem prostornih i atributnih informacija, automatiziranim održavanjem složenih topoloških odnosa te efikasnim i korisnički orijentiranim grafičkim sučeljem, GIS prerasta u jedan od temeljnih informatičkih sustava moderne elektrodistribucije. Moderan GIS svojom otvorenosti ostvaruje jednostavno povezivanje i razmjenu podataka prema drugim središnjim informatičkim sustavima, što omogućuje široku platformu za razvoj aplikacija i njihovu primjenu u području razvoja, vođenja i održavanja elektroenergetskog sustava, kao i određenih pratećih sustava kao što su telekomunikacijski i javna rasvjeta. Pristupom putem Web sučelja, aplikacije postaju dostupne najširem krugu korisnika.

**Ključne riječi:** GIS, TIS, DMS, SCADA, baza podataka, IAS

## GIS IMPLEMENTATION AND APPLICATION IN POWER DISTRIBUTION

### SUMMARY

Geographic information system (GIS) is a data base of all system elements comprising information about their location and spatial relations. Distribution being space oriented (distribution area) requires introduction of GIS in order to compile spatial and technical information, network topology and schemes into a unique information system with the data base for application design. By compiling spatial and attribute information, automated maintenance of complex topological relations and efficient and user-oriented graphic interface GIS develops into one of the basic information systems of modern power distribution. Modern GIS open system enables simple networking and data exchange with other central information systems. This provides a wide platform for development of applications and their implementation into development, management and maintenance function of power distribution as well as some of appropriate systems (telecommunication systems public lighting). Web interface approach makes the applications available to the widest population of users.

**Key words:** GIS, TIS, DMS, database, WEB, IAS

## 1. UVOD

Promatramo li distribuciju elektroenergije kroz njegovu infrastrukturu, tehnologiju rada, skup informacija koje opisuju tehnologiju te pripadajuća informatička rješenja, uviđamo da je većina informacija vezana uz prostor (adrese potrošača, organizacija poduzeća, elektroenergetska mreža i objekti VN i NN, unutarnji ustroj i povezanost s mrežom razdjelnih postrojenja itd.). Stoga, kad govorimo o tim informacijama, bez obzira na način i stupanj njihove organiziranosti, govorimo o Geografskom informacijskom sustavu (GIS). Moderna distribucija, operator distribucijskog sustava, kroz izgrađenu informacijsku infrastrukturu treba omogućiti brzu i operativnu integraciju aplikacija i podataka radi brzog donošenja kvalitetnih poslovnih odluka. Uvođenje GIS-a i formiranje jedinstvenog modela podataka važan je preduvjet za izgradnju takvog, cjelovitog informacijskog sustava koji će omogućiti ostvarenje tog cilja. Uspostavljanje GIS-a ima za cilj sljedeće:

- Informatizaciju prostornih informacija
- Objedinjavanje prostornih i tehničkih podataka, topologije mreže i jednopolnih shema postrojenja u jedinstveni tehnički sustav DP-a
- Formiranje jedinstvene baze podataka za izradu svih tehničkih aplikacija (topologija, elektroenergetski proračuni, prostorne analize, funkcije analize mreže,...)
- Jednostavan pristup podacima korisnika
- Razmjena podataka kroz povezivanje sa drugim informatičkim sustavima (SCADA/DMS, PIS, Zavod za katastar itd...)

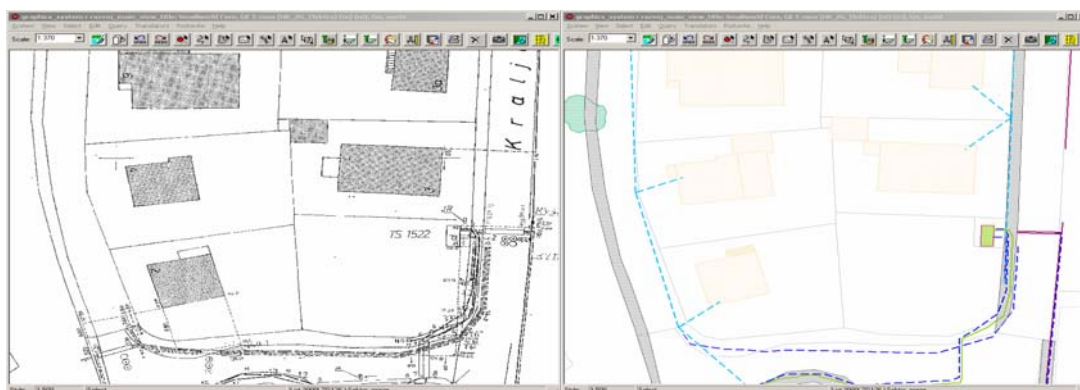
## 2. O GIS-u

Geografski Informacijski Sustav (Geographic Information System) je posebna forma Informacijskog Sustava koji koristi geografski (prostorno) referencirane i s njima povezane atributne podatke te podržava operacije za prostornu analizu.

U navedenom smislu GIS definiramo kao sustav strojne i programske podrške te procedura razvijenih za unos, upravljanje, manipulaciju, analizu, modeliranje i prikaz prostorno referenciranih podataka kojim rješavamo kompleksne probleme u planiranju i upravljanju.“ [David Cowen, University of South Carolina]

Pojedine strukture, tipovi i formati prostornih podataka, projekcije i prostorno referenciranje, topologija i mreže itd. specifične su za GIS tehnologiju karakteriziraju njene mogućnosti i područje primjene.

### 2.1. Tipovi prostornih podataka



Slika 1. Rasterski i vektorski format podataka

GIS podaci prikazuju objekte realnog svijeta (real world object – RWO) u digitalnom obliku. Za pohranjivanje prostornih informacija u digitalnom obliku koriste se dva tipa (formata) podataka: rasterski i vektorski.

Rasterski tip podataka je u stvari mreža (raster) ćelija koje predstavljaju jedinicu prostora određenih dimenzija. Širine i dužine jedne ćelije predstavljaju rezoluciju rasterskog fonda podataka. Najčešće su to slike u digitalnoj formi gdje svaka ćelija (pixel) nosi informaciju o boji kao što su scanirane karte ili aerofotogrametrijske snimke. Međutim informacije koje se pridružuju ćelijama rastera mogu biti i

druge naravi: visina, vrsta tla, vrsta pokrova ili pak tabelarni niz atributa gdje je svakoj ćeliji pridružen jedan redak tabele. Rasterski tip podataka je vrlo pogodan za overlay (preklapanje) analize a mana mu je da za svaku ćeliju (pixel) prostora koji obuhvaćamo moramo definirati vrijednost atributa.

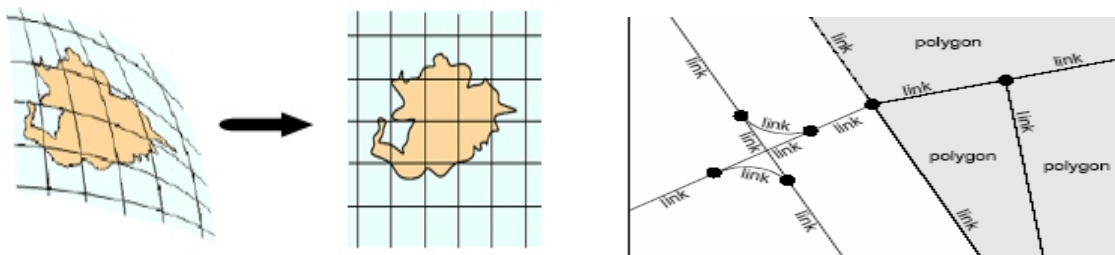
Vektorski način spremanja prostornih podataka koristi geometrije: točke, linije ili poligone – površine za prikazivanje objekata u prostoru. Ovaj način je ujedno osnova za spremanje informacija o topologiji – međusobnim odnosima objekata u prostoru. Vektorski tip podataka je daleko racionalniji u odnosu na broj objekata koje definiramo u prostoru, pogodniji je za vektorsku grafiku (klasičnu kartografiju) i jedini moguć kao osnova za definiranje topologije i mreža (čvorova i veza među njima) u prostoru.

## 2.2. Projekcije i prostorno referenciranje

Zemlja nije idealna kugla, stoga se definiranje geografske širine, dužine i visine neke točke služimo određenim modelima. Ti modeli su elipsoidi i u upotrebi ih ima nekoliko desetaka a razlikuju se u definiciji osi i nagiba elipsoida. Njihov međusobni odnos je definiran "datumom" koji predstavlja matematički odnos prema jednom zajedničkom modelu a to je World Geodetic System - WGS.

Projekcije su matematičke metode prikaza trodimenzionalnih informacija s modela zemlje u dvodimenzionalnom koordinatnom sustavu, na pr. na karti. Za različite svrhe (pomorska kartografija, karte koje prikazuju pojedine zemlje ili kontinente ili detaljni planovi i karte za katastar zemljišta) postoje različite kartografske projekcije.

Za bilo kakvu analizu prostornih podataka nužan uvjet je da budu u istoj projekciji. To se ostvaruje tako da se podaci transformiraju u jednu projekciju dok moderni GIS alati imaju mogućnost istovremenog rada s prostornim podacima koji su spremeni različitim projekcijama - koordinatnim sustavima.



Slika 2. Projekcija geokodiranih podataka i topologija

## 2.3. Topologija i mreže

Geometrijom prostornih podataka se definira oblik i mjesto u prostoru objekta koji prikazujemo. Topologijom se definiraju odnosi između prostornih objekata, u osnovi to su susjedstvo i kontinuitet. Prijašnji GIS alati su podržavali topologiju zasebnim procesima/ funkcijama dok je danas ona sve češće integralni dio informacija u bazi prostornih podataka. To je dovelo i do proširenja definicije relacija u bazi podataka pa tako danas uz klasične relacije (1:1, 1:n, n:m) GIS baze podataka poznaju prostorne relacije.

Definiranje topoloških odnosa između prostornih podataka je osnova za podršku linijskih mreža i efikasan rad analitičkih funkcija baziranih na njima: iznalaženje najkraćeg pute između dva čvora u mreži; definiranje domene određenog čvora itd.

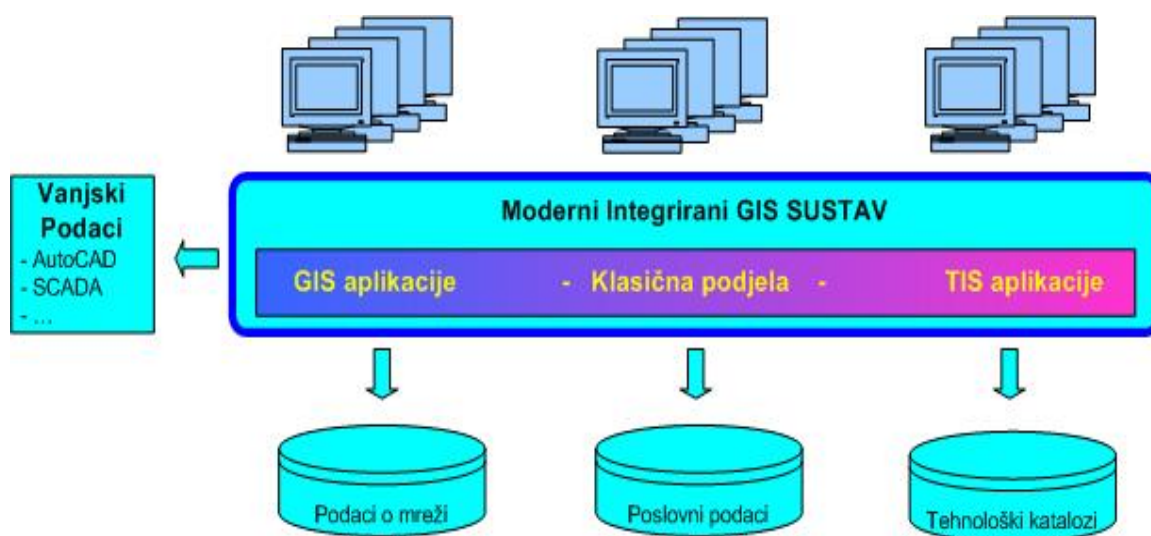
## 3. ULOGA GIS-a U DISTRIBUCIJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Uloga GIS-a u distribuciji je u početku bila podrška kartografski orijentiranom dijelu tehničke dokumentacije. Razvojem GIS tehnologije, uključivanjem prostornih podataka u standardne baze podataka i novim mogućnostima transparentnog povezivanja s drugim IT sustavima GIS postepeno preuzima ulogu središnje baze podataka i objedinjavajuću ulogu u integriranju različitih IT sustava u distribuciji.

### 3.1. GIS kao jedinstvena baza podataka

Distribucija električne energije do krajnjih kupaca se vrši mrežom koja je po broju elemenata i njihovoj prostornoj rasprostranjenosti jedan od najsloženijih tehničkih sustava. Podaci o elementima mreže, njihovim međusobnim odnosima, informacije o pogonskom stanju mreže, priključak kupaca na mrežu samo su dio velike količine informacija koje su potrebne distribucijskom poduzeću. Praćenje tih podataka je nezamislivo bez korištenja baza podataka u kojima se pohranjuje informacija o svakom elementu mreže ili kupcu.

Tradicionalno su osnova tehničkih informacijskih sustava bila TIS rješenja. Oslonjeni na standardne baze podataka pružali su potpunu informaciju o karakteristikama objekata, vodova i elemenata distribucijske mreže. Uz dodatna programska rješenja mogli su sadržavati i osnovnu informaciju o topologiji mreže, međutim nedostajale su informacije o obliku i mjestu u prostoru pojedinih objekata ili vodova. Tu funkcionalnost donijelo je uvođenje GIS tehnologije koja je oslonjena na standardne baze podataka ali proširene mogućnostima podrške geometrijskih i topoloških informacija. Ova činjenica je rezultirala logičnim "uklapanjem" TIS-a u GIS tehnologiju pa više ne govorimo o TIS-u, već o GIS-u kao osnovnom tehničkom informacijskom sustavu u distribuciji.



Slika 3. Integracija TIS-a u GIS sustav

Usmjerenost informacijskog sustava distribucije ka prostoru je još jedan razlog pozicioniranja GIS-a kao središnjeg informacijskog sustava u poduzeću, dok GIS baza podataka u modernim rješenjima preuzima ulogu temeljne i jedinstvene baze tehničkih podataka u distribucijskom poduzeću.

## 4. UVOĐENJE GIS-A U DP ELEKTRA ZAGREB

Navedene karakteristike GIS tehnologije bile su osnova i za koncept koji je postavljen kod uvođenja GIS-a u DP Elektra Zagreb čije su temeljne značajke slijedeće:

- Formiranje jedinstvenog sustava dostupnog svim korisnicima putem standardnih sučelja
- Dogradnja TIS-a sa svrhom uključenja u GIS sustav
- Unos i prezentacija svih elemenata mreže na način:
  - dokumentacijski, položajno, sa što većom točnošću
  - shematski
  - topološki
- Unos i održavanje podataka vrši se na jednom mjestu, na izvoru čime je osigurana ažurnost podataka
- Pristup širokom krugu korisnika osigurati putem standardnog WEB sučelja
- Uspostava jedinstvene baze podataka za izradu tehnički usmjerenih aplikacija (topologija, elektroenergetski proračuni, prostorne analize, funkcije analize mreže...

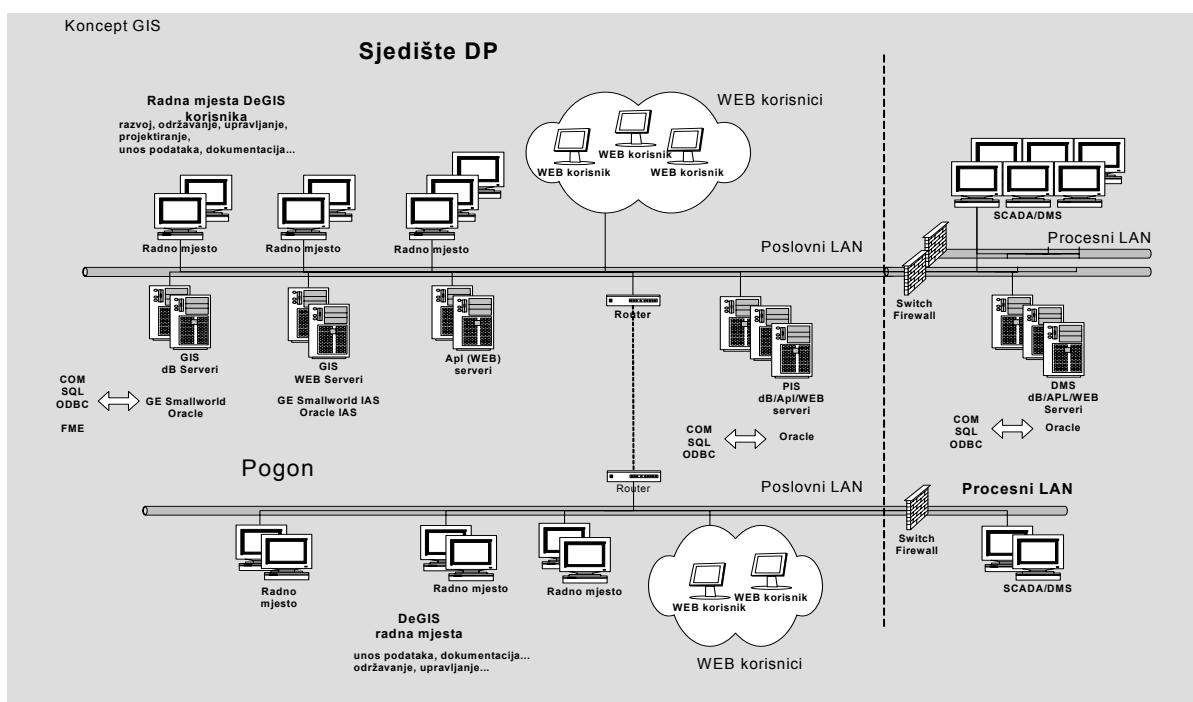
#### 4.1. Konfiguracija sustava

Shematska konfiguracija sustava prikazana je slikom i predstavlja jedinstveni tehnički informacijski sustav (bazu podataka) DP Elektra Zagreb usklađen sa standardima HEP-a i IEC preporukama koji čine :

- Poslužitelji (serveri) baza podataka ORACLE i Smallworld
- WEB serveri ORACLE i Smallworld
- Aplikativni serveri temeljeni na standardnim korisničkim i programskim sučeljima

Kao i osnovne grupe aplikacija koje koriste različita korisnička okruženja:

- Aplikacije za unos i održavanje baza podataka (Smallworld i Oracle okruženje).
- Aplikacije za specijalizirane korisnike (Puno korisničko aplikacijsko okruženje)
- Aplikacije za pristup putem Smallworld ili Oracle IAS servera (Tanki korisnik - WEB okruženje)



Slika 4. Konfiguracija sustava u DP Elektra Zagreb

#### 4.2. Programska platforma

U nastavku su prikazane bitne karakteristike GE Smallworld 4 Core Spatial Technology (CST) koji je korišten kao GIS baza podataka i razvojno okruženje u formiranju i realizaciji GIS-a.

##### 4.2.1. Osnovne karakteristike Smallworld CST

Smallworld GIS ima jedinstveno kontinuiranu strukturu baze podataka za pohranu i prezentaciju svih prostornih i alfanumeričkih podataka u jedinstvenom okruženju i koristi metode prostornog indeksiranja koje osiguravaju brzi pristup podacima neovisno o veličini baze podataka. Baza je dizajnirana za rad sa iznimno velikom količinom podataka i neograničenim brojem korisnika. Posebno treba istaknuti karakteristike koje su ga pozicionirale na vodeće mjesto u implementaciji GIS tehnologije u mrežno orijentiranim sustavima:

- Virtual database
- Version management
- Višestruke geometrije
- Višestruki prostorni svjetovi
- On line topologija

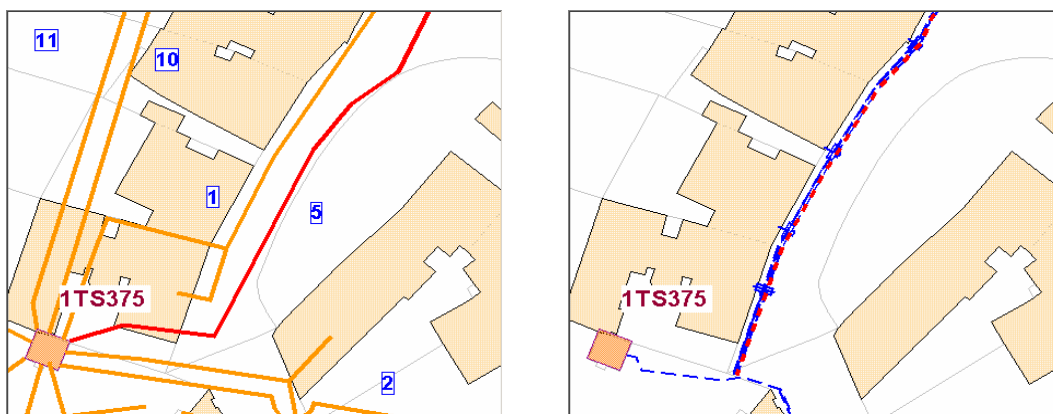
**"Virtual Database"** je mogućnost povezivanja s višestrukim vanjskim bazama podataka i može prikazati podatke iz više različitih baza podataka u istom okruženju bez dupliciranja a ujedno omogućuje dijeljenje podataka sa svim standardnim bazama podataka kao što su: Oracle, Sybase, Ingres, DB2, RDB, SQL.

**"Version management"** je napredna tehnika za upravljanje dugim transakcijama, pruža pristup svim korisnicima bez međusobnog uplitanja ne zaključavajući pojedini podatak nego bilježi sve promjene nekog korisnika te ih u danom trenutku distribuira ostalim korisnicima. Moguće je kreirati bezbroj verzija, vršiti razne radnje te prihvatiti ili odbaciti samo neke alternative verzija.

Smallworld ima vlastiti DBMS (Version Managed Datastore, VMDS) zbog nedostatka tradicionalnih DBMS-a, nudeći tako jedinstvene prednosti GIS bazi podataka. VMDS sadrži sve prostorne i ne-prostorne podatke bez podjela i layera. Baza podataka moguće je realizirati i direktno u Oracle okruženju koristeći Oracle Spatial i Workspace Management komponente žrtvujući pri tome neke mogućnosti on-line topologije i version management-a. U projektu GIS-a DP Elektra Zagreb odabran je kombinirani pristup: VMDS u funkciji formiranja i održavanja baze podataka a Oracle za distribuciju drugim korisnicima.

**Višestruke geometrije i topološka organizacija podataka** jedna su od specifičnosti GIS projekta u elektrodistribuciji radi potrebe za različitim prezentacijom pojedinih objekata/elemenata ovisno o namjeni. Tako npr kabelski vod treba vidjeti u realnom geografskom prikazu na katastarskoj osnovi ( M 1:500 ili 1:1000), dok ga u drugu svrhu moramo prikazati u sitnijim mjerilima (1:500 – 1:25000), a u trećem slučaju ga promatramo u okviru jednodolne sheme koja nije prikazana u kartografskoj projekciji itd.

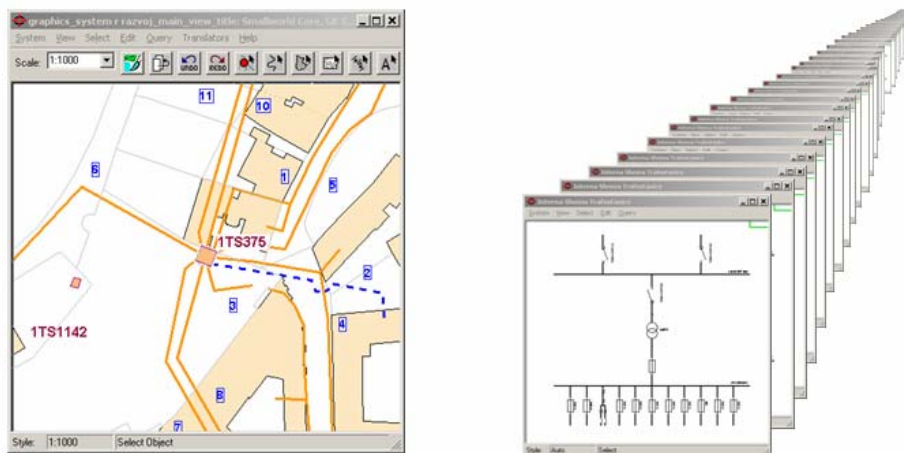
GE Smallworld CST koji je korišten kao baza za razvoj GIS sustava DP Elektra Zagreb je objektno orijentirani sustav koji podržava objektno orijentiranu bazu podataka. To znači da, za razliku od mnogih drugih GIS alata, geometrijski podaci nisu osnova na koju se dodaju atributni podaci, već su geometrije samo jedan od tipova atributa. Ovo nam omogućuje da, kao što je prikazano na slici, istu dionicu nekog voda imamo registriranu s dvije različite geometrije, shematskom i stvarnom geografskom, a da su im atributi potpuno zajednički jer se radi o jednom objektu u bazi podataka.



Slika 5. Višestruki geometrijski atributi - NN vod u shematiziranom i geografskom prikazu

Mogućnost postojanja više geometrija uz jedan objekt u bazi podataka, osim za prikazivanje pojedinih objekata u različitoj formi, koristi se i za realizaciju pojedinih objekata u različitim topološkim mrežama.

Karakteristike formiranja **"višestrukih prostornih svjetova"** iskorištene su u realizaciji jednodolnih shema postrojenja (trafostanica, rasklopišta ...) odnosno za topološko povezivanje jednodolnih shema objekata i mreže čime je ostvarena topološka povezanost od najviše naponske razine mreže (izvora) do najniže (potrošača) i sve mogućnosti koje ovakva realizacija osigurava.



Slika 6: Jednopolne sheme postrojenja omogućuju topološko povezivanje NN i SN/VN dijela mreže

#### 4.2.2. Korisnički alati u Smallworld CST

Korisnički programski alati omogućuju uređenje i upravljanje aplikacijom bez iskustva programiranja.

Smallworld GIS Style system omogućuje potpunu kontrolu nad prezentacijom bilo kojeg prostornog objekta. Style system omogućava različite prezentacije podataka zavisno o mjerilu ili nekom atributu. Grafička prezentacija podataka nije pohranjena u bazi podataka već se u danom momentu na prostorne podatke primjenjuje određeni stil prikaza.

Application Configuration Environment (ACE) alat se koristi za konfiguriranje aplikacije i njenog korisničkog sučelja. ACE-om je moguće odrediti pristup korisnika prostornim podacima na razini grafičkog sučelja kroz mogućnosti: vidljiv, dohvatljiv i promjenjiv i sve to ovisno o mjerilu prikazivanja. ACE omogućuje uređenje sustava korisničkih izbornika, vidljivosti objekata, uređenju editora pojedinih objekata, kreiranju crtačkih aplikacija za različite stilove i slično bez programiranja.

Različiti upiti (uključujući prostorno-atributne upite, asocijativna i tematska pretraživanja ili pretraživanja pod skupova podataka) mogu biti jednostavno kreirani i izvršeni iz Smallworld okruženja koristeći standardne funkcionalnosti. Smallworld nudi korisnički jednostavan Object Browser alat za kreiranje upita prema bazi podataka GIS-a. Upiti mogu biti SQL ili Smallworld tipa a moguće je kreiranje predefiniranih složenih upita koji se često koriste u nekom poslu. Sa rezultatima upita moguće su različite radnje poput prikazivanja na grafičkom sučelju, kreiranje standardnih izvještaja ili daljnje analize.

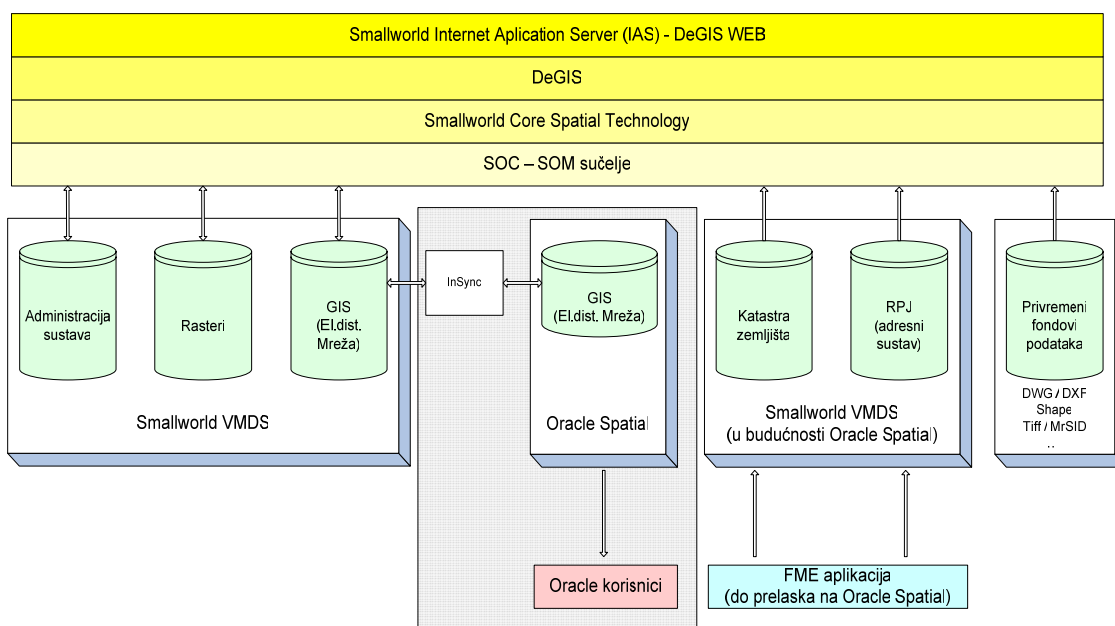
Smallworld posjeduje bogat skup mrežnih analitičkih funkcija, kao što su: najkraći put (Shortes Path), praćenje povezanosti (Trace out) i praćenje udaljenosti (Proximity trace). Razna pravila mrežnog traganja mogu biti definirana od strane korisnika. Rezultati mrežnih traganja mogu biti istaknuti u grafičkom prozoru, uvršteni u različite izvještaje ili biti zajednički upravljani.

#### 4.2.3. Heterogenost baze podataka: VMDS, Oracle, SOM's

Baza podataka GIS sustava DP Elektra Zagreb, obuhvaća niz setova objekata u funkciji realizacije GIS projekta. Ti objekti su podijeljeni u zasebne baze podataka koje samostalno mogu biti prenošene između pojedinih sustava a zajedno čine cjelovitu GIS bazu podataka. Podijeljene su prema namjeni i vlasništvu podataka pa tako postoje:

- Administrativni podaci sustava – baza podataka koja sadrži autorizacijske podatke, konfiguracije pojedinih aplikacija i različite sustave simbolizacije prostornih objekata;
- GIS – podaci elektrodistribucijske mreže
- Raster – podsustav baze podataka u kojem se nalaze scanirane karte različitih mjerila;
- Katastar zemljišta - obuhvaća fond podataka koji služi kao podloga a dolazi katastra
- Privremeni fondovi podataka – prostorni fondovi podataka u različitim formatima koji se pridružuju pomoću spatial object managera (SOM).

Slika 7 prikazuje strukturu realizirane baze podataka kojom je osigurano da se, kroz data base sučelje, podaci iz različitih izvora, praktički u različitim bazama podataka (Smallworld VMDS, Oracle, različiti formati), za aplikaciju i korisnika pojavljuju kao jedinstvena baza podataka.



Slika 7. Struktura baze podataka GIS projekta u DP Elektra Zagreb

### 4.3. Korisnička sučelja

Korisnička sučelja prema GIS-u definirana su aplikativnim rješenjem DeGIS i omogućuju različite razine uključenja korisnika odnosno njegov pristup GIS bazi podataka i aplikacijama ovisno o nadležnostima i kategoriji. Za odgovarajući pristup sustavu nužno je osigurati i potrebnu informatičku infrastrukturu na lokaciji korisnika, odnosno radno mjesto (standardno osobno računalo) i LAN korisnički priključak.

#### 4.3.1. Tehnički zahtjevi

Tehnički zahtjevi u korisničkom dijelu prvenstveno su orijentirani na brzinu i propusnost informatičke mreže u kojoj sustav radi. Za ugodan odziv GIS aplikacije na mjestu "teškog" korisnika potrebno je osigurati pojasu širinu od najmanje 2 Mb/s. U slučaju neodgovarajuće infrastrukture moguće je realizirati repliku baze podataka na udaljenom serveru čime bi se omogućio normalni rad lokalnih korisnika na tom drugom serveru a sinkronizacija sa glavnom bazom se odvija, ovisno o potrebi, na dnevnoj ili tjednoj bazi.

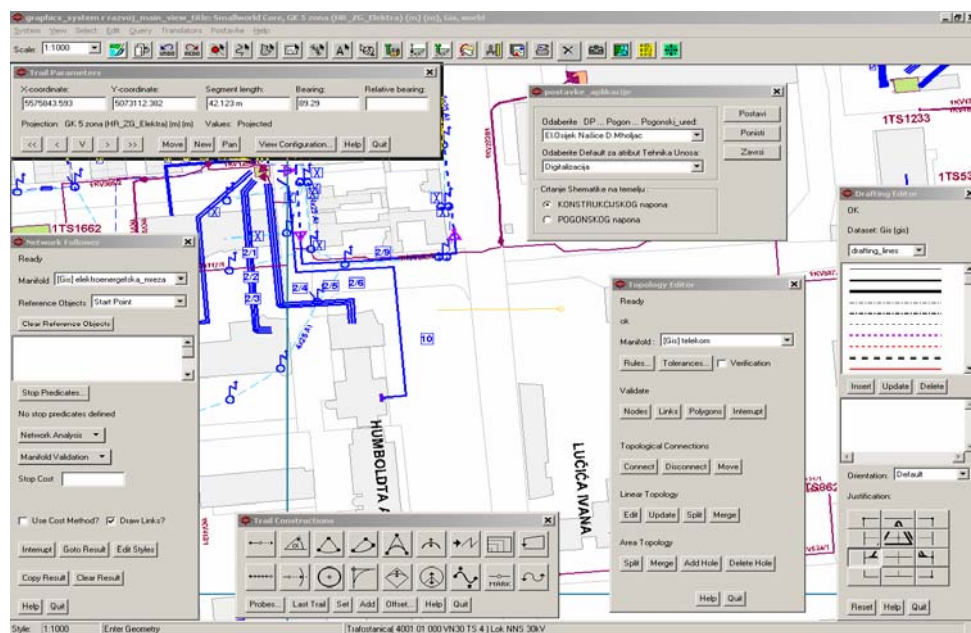
Ponuđene su tri osnovne mogućnosti za rad udaljenih korisnika, to su:

- Persistent Cache – pogodan za rad kod vrlo spore veze, čak od 56kb gdje je u online radu s bazom Persistent Cache privremeno sprema podatke u pričuvu (cache) na lokalnom računalu čime je omogućeno vrlo dobar rad korisnika u dohvat podataka ali nije ubrzan rad kod unosa podataka te se ne preporuča kao opcija kod masovnog unosa u udaljenom uredu. U slučaju pucanja veze sustav pamti zadnje stanje i pri prvom uspostavi ponovne veze evidentira promjene.
- Database Extractor – dozvoljava izdvajanje samo određenog prostornog dijela baze pa samim time je manja količina podataka za transfer. Udaljenom uredu daje se samo geografski prostor koji njemu pripada. Omogućen je normalni rad masovnog unosa u udaljenom uredu.
- Replication Manager – jedna alternativa se replicira na udaljenom mjestu kao top alternativa kada se inicijalno prepisuje cijela baza ali se u kasnijem radu izmjenjuju samo promijenjeni podaci a ne cijela baza.

#### 4.3.2. Programska sučelja

Dva su osnovna sučelja za rad sa GIS aplikacijom:

- Teški korisnik
- WEB korisnik



Slika 8. Gis "teški" korisnik ima mogućnost korištenja editorskih i analitičkih alata

"Teški korisnik" ima mogućnosti unosa i uređivanja podataka te rad sa raznim aplikacijama vezanih u uz GIS aplikaciju u potpunom GIS aplikacijskom okruženju. Intuitivno korisničko sučelje sastoji se od izbornika na vrhu prozora odakle je moguće pristupiti svim radnjama sa aplikacijom. Korisnik može otvarati nove aktivne grafičke prozore unutar jedne sesije, koristiti napredne grafičke funkcije, uređivati si pogled na kartu odabirom vidljivosti pojedinih elemenata, vršiti iscrtavanja velikih formata i pokretati dostupne aplikacije.

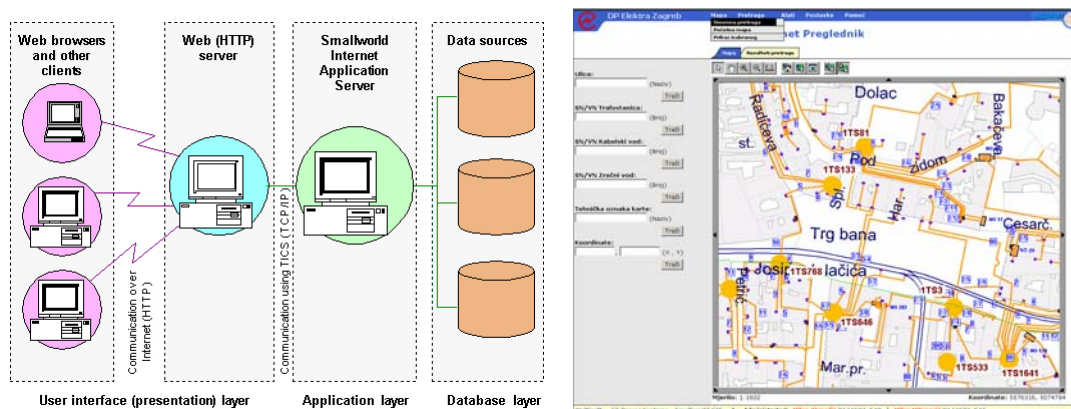
Drugi, češći i ekonomičniji tip korisnika je "Tanki" ili WEB korisnik koji uz minimalne tehničke zahtjeve putem nekog od standardnih Internet preglednika pristupa aplikacijama i bazi podataka.

#### 4.3.3. WEB okruženje

Tehnologija Internet preglednika svakom korisniku uključenom u informatičku mrežu (LAN/WAN) omogućava dohvat i pregled podataka (tzv. View korisnik) iz GIS aplikacije putem nekog od Internet preglednika (Internet Explorer, Netscape). Pristup većeg broja korisnika sustavu informacija omogućen je na jednostavan, funkcionalan način bez posebnih programskih zahtjeva za krajnjeg korisnika. WEB se temelji na Smallworld Internet Application Server-u (SIAS) i čine ga četiri cjeline:

- baza podataka
- Smallword aplikacijski server
- Apache Web server
- HTML sučelje za web korisnike

Korištenje HTML klijenta, smanjuju se zahtjevi za drugim aplikacijama na računalu korisnika i umanjuje se potreba specijalističkog znanja. Aplikacije bazirane na Internet tehnologiji omogućuju brzu i jednostavnu nadogradnju te dodavanje novih funkcija prema zahtjevima korisnika.



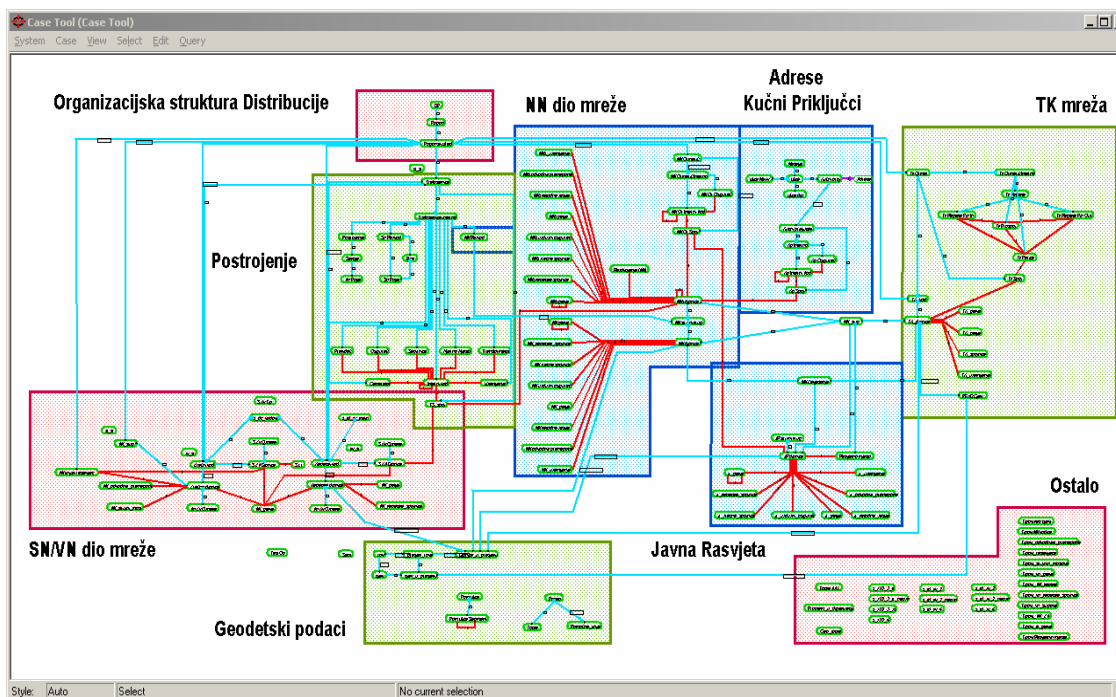
Slika 9. Struktura WEB aplikacija i prikaz standardnog WEB preglednika

#### 4.4. Model podataka

Objekti baze podataka prvenstveno su podijeljeni na organizacijskoj razini u tri osnovna "datastora", to su:

- GIS – objekti elektroenergetske mreže
- katastar – objekti vektorskog katastra zemljišta definirani u skladu sa nomenklaturom katastra
- raster podloge – skenirane postojeće karte elektroenergetske mreže u mjerilima 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000

Objekti elektroenergetske mreže unutar datastora "GIS" podijeljeni su u sljedeće funkcionalne grupe:



Slika 10. Model baze podataka elektrodistribucijske mreže i pratećih objekata

- Organizacijska struktura – objekti koji su preslika HEP-ove organizacijske strukture i koriste se za određivanje pripadnosti elemenata prostornim organizacijskim jedinicama HEP-a
- VN/SN objekti – obuhvaća energetske vodove visokonaponskog/srednjonaponskog nivoa, točnije 10 kV, 20 kV, 30 kV i 35 kV, 110 kV, 220 kV i 400 kV i pripadne elemente na vodovima. Vod je definiran kao skup dionica između dva rasklopna mjesta.
- Postrojenje – objekt koji obuhvaća bilo koje rasklopno postrojenje. To su prvenstveno trafostanice. Ovaj tip objekata koristi mogućnost GE Smallworlda za postojanje svijeta u svijetu čime je definiran interni svijet trafostanice koji sadrži funkcionalnu jednopolnu shemu trafostanice.

- NN objekti – niskonaponski skup objekata obuhvaća objekte koji se nalaze na putu do niskonaponskog razvoda do kućnog priključka. Sve dionice iz nekog izvoda obuhvaćene su pod pojmom NN strujnog kruga.
- Javna rasvjeta – sličan skup objekata kao kod NN skupa uz dodatak rasvjetnog mjesta
- Rovovi i presjeci – skup objekata prvenstveno tehničke dokumentacije o položaju i zauzeću cijevi kod podzemnih instalacija.
- Ostali objekti – skup objekata koji čine katalozi i objekti privremene naravi

Model sadrži i tri načina grafičke prezentacije mreže koristeći mogućnosti višestrukih geometrija, to su:

- "VN shematika" – generalizirani prikaz VN/SN dijela mreže radi lakšeg ažuriranja i vođenja te bolje vidljivosti vodova u krupnijim mjerilima.
- "NN shematika" – koriti se za brze preglede karte i lakše ažuriranje.
- "Geografska geometrija" – stvarne veličine i položaji pojedinih objekata u prostoru

#### 4.5. Izvori podataka

Uz odabir određenog pristupa, izbor alata i razvojnog okruženja, razvoj odgovarajućeg modela baze podataka, posebna pažnja posvećena je formiranju potpune i točne baze podataka. Sagledavanjem mogućih izvora navedenih podataka ustanovljeno je da se oni nalaze:

- u različitim tekama, mapama, kartotekama i dr.
- kao skice, planovi i karte različitih su mjerila i sadržaja
- kao podaci koji i postoje u digitalnoj formi proizvod su različitih aplikacija i programa.

Opće karakteristike ovakvog stanja podataka su:

- usitnjenost, mnogobrojnost mjesta čuvanja, česta redundancija podataka,
- najčešće vrlo uska, specijalizirana, namjena pojedinog fonda podataka,
- mogućnost postojanja više kopija istog fonda podataka a istovremeno različitog stanja ažurnosti,
- sigurnost podataka ovisna je o odnosu posjednika prema njima,
- svakoj analizi podataka prethodi proces objedinjavanja podataka iz različiti izvora – stoga su analize dugotrajan posao

Uobičajeno je da je okviru postojeće "tehničke dokumentacije" o elektroenergetskoj mreži i pratećim objektima, o kojem pretežno vodi brigu "Odjel za Tehničku dokumentaciju", sadržan najažurniji opseg informacija kao izvora podataka za unos u GIS. Sadržaj tih informacija možemo podijeliti u tri osnovne skupine:

- Tekstualni dokumenti vezani uz elektroenergetske objekte (TS, vodovi ...)
- Grafičke informacije o elektroenergetskoj mreži i pratećim objektima (shematski prikazi, karte, planovi, matrice)
- Numeričke i grafičke informacije o pojedinačnim elektroenergetskim i TK vodovima i pratećim objektima.

#### 4.6. Primarni unos podataka

Baza podataka je najskuplji dio svakog GIS projekta pa tako i GIS-a DP Elektra Zagreb. Svjetska, a i naša iskustva na primjeru GIS projekta katastra grada Zagreba, pokazuju da je cijena formiranja baze podataka 70-80% ukupne vrijednosti investicije u GIS projekt ovakvog tipa. Primarni unos podataka – prijenos ukupnih postojećih analognih i digitalnih, parcijalno organiziranih fondova podataka u jedinstvenu bazu podataka radi velikog obima postojećih fondova podataka je dugotrajan proces, koji zahtjeva zasebnu organizaciju masovnog unosa podataka.

##### 4.6.1. Priprema unosa

Kvalitetu i produktivnost masovnog unosa podataka moguće je postići organiziranim procesom pripreme podataka za unos koji treba biti strogo definiran nizom jednostavnih i strogo propisanih operacija koje se provode paralelno na većem broju radnih mjesta.

**Jednoznačnost procedura** za unos osnova je i za provođenje uspješne obuke djelatnika (operatera) za izvršenje ovog (bez obzira na njegovo trajanje) jednokratnog posla.

**Izbor područja i objekata** za unos u GIS značajan je kako ne bi došlo do njihovog nepotrebnog preklapanja. Svaki operater mora imati vlastito područje unosa, a podjela se može odrediti omrežjima TS, područjima karata, logičkim cjelinama i sl.

**Redosljed unosa** pojedinih fondova podataka također se vrši po logičkim cjelinama pa je tako prednost kod unosa bolje dati shematskom fondu podataka radi relativno kraćeg vremena potrebnog za unos a time i bržim stavljanjem u funkciju pojedinih cjelina GIS-a.

**Ujednačavanje podataka** (prostornih, atributnih, kataloških, različitih po vremenu nastajanja) prikupljenih iz različitih izvora i njihovo svođenje na aktualno stanje, najvažnija je funkcija u pripremi unosa.

Scaniranje, uređivanje i kontrola rasterskih datoteka predstavlja proces kroz koji se karte i planovi pretvaraju u kompjuterski obradive slike – raster datoteke. Uz proces scaniranja usko je povezano i uređivanje te kontrola stvorenih raster datoteka.

Nakon pripreme karata i planova kroz postupak skeniranja potrebno je voditi evidenciju o promjenama na zadanom području u prijelaznom periodu kako ne bi došlo do gubljenja podataka od datuma skeniranja karata do uvođenja područje u GIS..

Registracija (unošenje) uređenih rastera u GIS bazu podataka je proces kojim se područje prikazano na planu povezuje s točno određenim područjem u realnom koordinatnom svijetu GIS baze podataka (na primjer, rastersku sliku plana u mjerilu 1:1000 povezujemo s točno određenim prostorom veličine 750x500 metara).

#### 4.6.2. Metodologija primarnog unosa

Primarni unos podataka je organiziran kroz podjelu postojećih fondova podataka na temelju zajedničkih karakteristika koji uvjetuju istovrsne postupke pri unosu podataka. Tako su podaci podijeljeni u slijedeće grupe:

- prostorni podaci – karakterizira ih točnost pozicije smještaja i oblika u prostoru, a prezentirani su skupom koordinata koje čine točke, linije ili površine,
- atributni podaci –alfanumerički podaci kojima su definirane pojedine karakteristike objekata koji su predmet unosa kao što su nazivi, tipovi, namjene itd.,
- katalozi – to su zasebni skupovi zajedničkih podataka kojima su definirane točno određene, standardnima ili nomenklaturama propisane karakteristike objekata.

Primarni unos podataka organiziran je po pojedinim cjelinama mreže (VN/SN i trafostanice, NN dio elektroenergetske mreže, telekomunikacijska mreža, interni svjetovi trafostanica itd.).

Proces unosa prostornih podataka ovisi o njihovim izvorima. Ti izvori mogu biti postojeći planovi i karte - analogni izvori i digitalni izvori kao što su datoteke koordinata mjerenih točaka za pojedine objekte (dionice vodova i druge elemente elektroenergetske mreže) ili podaci formirani kao AutoCAD crteži za pojedine prostorne dijelove cjelokupne elektroenergetske mreže.

Metode unosa podataka su slijedeće:

- Backdrop digitalizacija (digitalizacija na temelju sceniranih i u prostoru registriranih karata, planova i/ili matrica)
- Direktno prihvaćanje podataka iz drugih okruženja
- Shematika SN/VN iz AutoCad
- Katastarski podaci iz GIS-a katastra grada Zagreba
- Direktno prihvaćanje podataka iz geodetskih mjerenja
- Konstruiranje(COGO) na temelju skica, karata (apscisa, ordinata..)
- Manualno unošenje koordinata (X,Y,Z) geodetskih točaka

#### 4.7. Održavanje sustava

Održavanje sustava podrazumijeva brigu o sustavu na razinama:

- sistemske administracije
- administracije baze podataka,
- uređenja aplikacijskih okruženja,
- veze i prijenosa podataka iz drugih baza podataka (katastar, adresni sustav ,SCADA, poslovni sustav,...).
- održavanje podataka GIS sustava

Sistemsom administracijom usklađuju se nužne pretpostavke za funkcioniranje sustava preko izbora odgovarajućih verzija operacijskog sustava, aktiviranja odgovarajućih nadopuna operacijskih

sustava i novih verzija GIS aplikacija, podešavanja parametara komunikacijskih protokola, dodjele korisnika odgovarajućim korisničkim grupama, provođenjem backup procedura itd. Ove poslove obavljaju specijalisti u okviru GIS tima.

|                                    | SPS | Tehnička dokumentacija | Kabelski | Zračna mreža | OISV | GIS tim |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------|-----|------------------------|----------|--------------|------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Postrojenje</b>                 | X   | X                      |          |              |      | X       | Za nove trafostanice unos se izvršava na temelju raspoložive dokumentacije nadzornih inženjera Odjela za razvoj i investicije. U slučaju da ne postoje podaci u Odsjeku za investicije, makro lokaciju trafostanice dužna je definirati Tehnička dokumentacija te na taj način omogućiti Stalnoj pogonskoj službi inicijalni unos. U izuzetnim situacijama, inicijalni unos trafostanice može izvršiti i član GIS tima Odsjeka za održavanje informatičkog sustava. Izuzetni slučaj podrazumijeva nepostojanje odgovarajuće dokumentacije, na temelju koje bi bio moguć unos trafostanice, te je potrebno utvrditi makro lokaciju približnim metodama. Nove trafostanice bez dodijeljenog broja sve moraju imati privremeni broj 9000. |
| <b>Postrojenja (shematski)</b>     |     | X                      |          |              |      |         | Trafostanicu u shematskom prikazu SN/VN mreže unosi Tehnička dokumentacija                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Kabelski vodovi (SN/VN)</b>     |     | X                      | X        |              |      |         | Inicijalni unos vrši Tehnička dokumentacija. U slučaju novo položenih kabela, oznaku kabela mora se dodijeliti uz konsultacije sa Odjelom za održavanje kabelskih mreža.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Kabelski vodovi (shematski)</b> |     | X                      |          |              |      |         | Kabelski vod srednjeg/visokog napona u shematskom prikazu unosi Tehnička dokumentacija                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Zračni vodovi (SN/VN)</b>       |     | X                      |          | X            |      |         | Inicijalni unos obavlja Tehnička dokumentacija. U slučaju novosagrađenih visokonaponskih zračnih vodova, oznaku visokonaponskog zračnog voda mora se dodijeliti uz konsultacije sa Odjelom za održavanje zračnih mreža.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Zračni vodovi (shematski)</b>   |     | X                      |          |              |      |         | Zračni vod u shematskom prikazu SN/VN mreže unosi Tehnička dokumentacija                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Održavanje podataka, registriranje promjena na elementima elektrodistribucijske mreže, unos novih objekata, vodova i drugih elemenata organizirani su tako da se izvode "na izvoru podataka", dakle u organizacijskim jedinicama čija su odgovornost. Time je osigurana jednoznačnost odgovornosti za održavanje podataka i njihova ažurnost. Tablica prikazuje izvod iz uputa o unosu i održavanju podataka u GIS DP Elektra Zagreb.

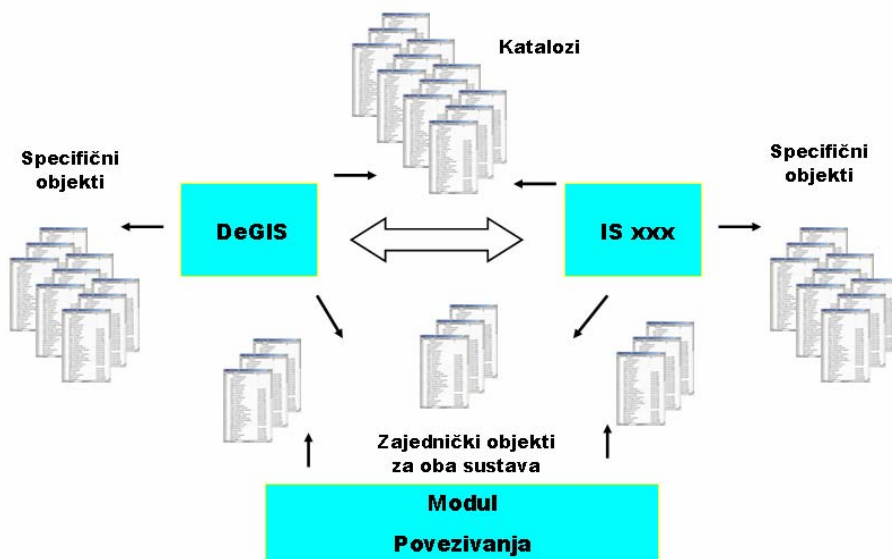
## 5. POVEZIVANJE S DRUGIM INFORMATIČKIM SUSTAVIMA

Primjena standarda koji omogućuju razmjenu podataka između različitih informatičkih sustava radi uspostavljanja jedinstvenog modela podataka nužan je preduvjet za učinkovitost informacijskog sustava tvrtke u cilju efikasne izrade pojedinih aplikacija.

Povezivanje GIS-a s drugim sustavima ostvaruje se na više načina:

- korištenjem zajedničkih objekata u bazama podataka (na pr. katalozi opreme),
- komunikacijom na nivo baza podataka kao što je SQLNet funkcionalnost,
- formiranjem privremenih tabela od strane jednog sustava za korištenje u drugom – ovaj način je posebno pogodan za povezivanje s sustavima visokog stupnja zaštićenosti kao što je DMS
- direktnim komuniciranjem na razini aplikacija,
- korištenjem zajedničkih WEB sučelja.

Ovisno o mogućnostima pojedinih informacijskih sustava i karakteru povezivanja s GIS sustavom (jednokratni ili povremeni prijenos i korištenje podataka, stalno "on-line" povezanost itd.) u realizaciji GIS projekta DP Elektre Zagreb korišteni su i različiti načini njihovog povezivanja.

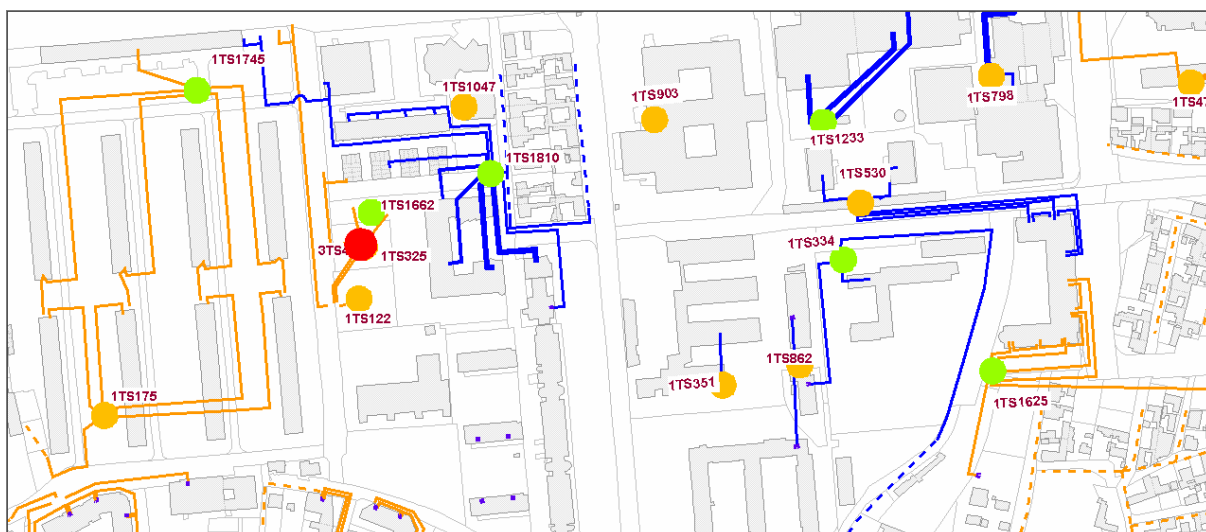


Slika 11. Različiti načini povezivanja GIS-a i drugih IT sustava

### 5.1. Procesni sustav (DMS)

Realizacija jedinstvene platforme za razvoj DMS-a (Distribution Management System) koja će omogućiti SCADA/GIS integraciju i pristup sustavu "putem jednog ekrana" izazov je kojim se u posljednje vrijeme suočavaju svi korisnici pa tako i isporučitelji SCADA i GIS rješenja. Moderni DMS predstavlja skup funkcija i aplikacija koje objedinjuju "of-line" GIS podatke i "real-time" procesne informacije i to u okviru jedinstvenog modela mreže pa je logičan zahtjev za unosom i ažuriranjem svih ulaznih podataka i modela mreže na jednom mjestu.

Iskustva u uspostavljanju "integralnog sustava" najčešće su temeljena na izgradnji potpuno novog sustava "od nule" kao cjelovitog rješenja od strane jednog proizvođača. U praksi, obzirom na različitost generacija i razine implementacije SCADA, GIS i DMS rješenja najčešće se u prvoj etapi formiranja jedinstvenog sustava primjenjuje (polu)automatizirani prijenos podataka među sustavima koji unatoč određenom stupnju redundancije omogućava stvaranje cjelovite baze podataka.



Slika 12. Prikaz u GIS-u dijela NN mreže bez napona nakon ispada jednog 10 kV polja u 30 kV trafostanici (informacija iz DMS-a)

Tipičan slučaj koji karakterizira i primijenjeno rješenje u DP Elektra Zagreb je da model Network Manager SCADA/DMS-a obuhvaća sve elemente i dio atributnog (SCADA) fonda podataka VN i SN mreže dok su ostali podaci uključujući kompletan model NN mreže, preostali atributni podaci kao i geografski kartografski prikaz pohranjeni u GIS-u. Povezivanje je u prvoj etapi realizirano automatskim prijenosom atributnih podataka (preko privremenih tablica) i geografskih podloga iz GIS-a za potrebe SCADA/DMS-a te povratno dohvatom informacija o trenutnom uklopnom stanju svih aparata, mjerenja i događaja u mreži za potrebe svih aplikacija temeljenih na GIS-u.

Jednoznačnost povezivanja procesnog i prostornog informacijskog sustava osigurana je kroz jedinstveno ime (šifru) elektroenergetskog elementa, odnosno objekta ili voda.

## 5.2. Poslovni sustav

Za pojedine GIS aplikacije potrebno je dohvatiti i informacije o potrošačima priključenim na određeni strujni krug odnosno trafostanicu. GIS baza podataka DP Elektra Zagreb ostvarena je do razine kućnog priključka. Daljnji dohvat informacija ostvaruje se povezivanjem sa podacima o potrošaču u okviru poslovnog informatičkog sustava. Za uspostavu efikasne veze između ova dva sustava od posebnog je značaja uspostavljanje zajedničkog adresnog modela podataka. Informacija o adresi kućnog priključka odnosno potrošača treba biti jedinstvena jer se koristi kao element za povezivanje a postoji kao zajednički podatak u oba sustava.



Slika 13. Adresni model i njegova realizacija u GIS-u

Nakon jednom uspostavljene veze, povezivanja kućnog priključka u GIS bazi podataka i potrošača u poslovnom sustavu te se veze jednostavno održavaju SQL komunikacijom između dva sustava.

## 5.3. Katastar

Fond katastarskih podataka o parcelama, zgradama, ulicama i drugih od bitnog je značaja za uspostavu odnosa između stvarno izgrađene elektrodistribucijske mreže i realnog prostora u kojem egzistira. Najjednostavniji način povezivanja podataka iz katastra zemljišta s prostornim podacima elektrodistribucijske mreže je skeniranje katastarskih karata i njihovo registriranje te korištenje kao podloge u GIS sustavu. Takvo rješenje omogućuje samo "vizualno" povezivanje ovih fondova podataka, dakle nije ih moguće upotrijebiti za analize tipa "preko kojih parcela prolazi kabelski vod".

U okviru GIS projekta DP Elektre Zagreb katastarski fond podataka sadržan je u vektorskom obliku i integralni je dio GIS baze podataka. To je ostvareno uspostavom veze s GIS bazom podataka Katastra grada Zagreba. Na ovaj način je DP oslobođen održavanja ovog fonda podataka a istovremeno se mogu koristiti sve prednosti koje donosi vektorski organizirana podloga. Povezivanje je realizirano putem razmjenskih formata i ažuriranje se provodi nekoliko puta godišnje.



Slika 14. Katastarski fond podataka

### 5.3.1. Adresni sustav

Službeni adresni sustav je dio registra prostornih jedinica (RPJ) koji vode katastarski uredi. U GIS projektu elektrodistribucijskog područja adresni sustav je važan za sve funkcije koje zahtijevaju lociranje objekta u mreži, potrošača, mjesta kvara i sl. Stoga je, isto kao i u slučaju katastra zemljišta, uspostavljena veza prema RPJ bazi podataka u Katastru grada Zagreba.

### 5.3.2. Katastar vodova

Mjesne samouprave imaju zakonsku obvezu voditi katastar vodova. To je zajednički registar prostornih podataka o nadzemnim i podzemnim instalacijama vodovoda i odvodnje, elektrodistribucije, telekomunikacija, plina i drugih. Pojedini upravitelji kao što su DP Elektra Zagreb, Gradska Plinara, HT i drugi imaju obavezu dostavljati podatke o promjenama u okviru mreže vodova i objekata kojom upravljaju. Fond informacija koji se mora dostavljati odnosi se prvenstveno na geografske informacije o vodovima i objektima.

GIS u DP Elektra Zagreb omogućuje formiranje reduciranog fonda podataka (bez tehnoloških atributa) iz baze podataka i putem razmjenskih formata direktnu komunikaciju sa sustavom za vođenje katastra vodova.

## 6. PRIMJENA GIS-a U DISTRIBUCIJI

Cjelovita baza podataka o sustavu na svim naponskim razinama koja je sadržana u modernom GIS-u, pored atributnih obuhvaća prostorne i topološke informacije o svim elementima elektroenergetske mreže te predstavlja osnovu za izradu velikog broja tehnički usmjerenih aplikacija u različitim djelatnostima distribucije.

### 6.1. Razvoj i planiranje

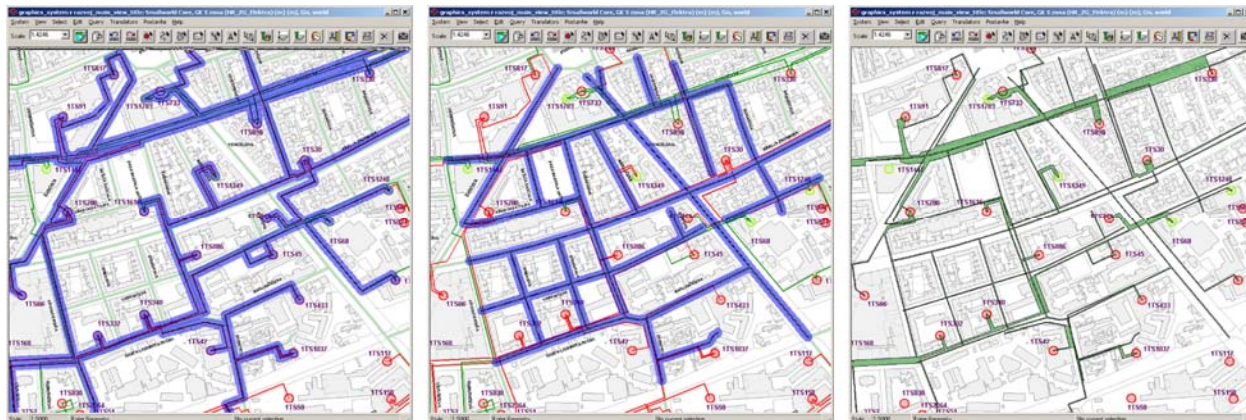
Kompleksnost elektroenergetske mreže i složenost topoloških odnosa nalaze u GIS alatima idealno rješenje za složene prostorne analize. Bez obzira kojim alatom se služili za potrebe razvoja ili planiranja, nužno je raspolagati adekvatnim ulaznim informacijama o svim elementima elektroenergetske mreže. Ove informacije su sadržane u GIS bazi podataka, neovisno o tome da li se radi o geometriji (lokacijama elektroenergetskih objekata, katastarskih objekata,...) ili o atributnim podacima.

Za potrebe razvoja elektroenergetskih mreža može se uočiti potreba za primjenom GIS-a u SN/VN i NN mrežama. Važan segment razvoja SN mreža je vezan uz izradu raspleta iz postrojenja i trafostanica VN/SN. Primjenom GIS-a i vezom s bazom podataka o potrošačima električne energije, lako se dolazi do podataka o :

- postojećim SN vodovima,
- koncentracijama opterećenja,
- rezerviranim koridorima,
- detaljima urbanističkih planova

Primjenom postojećih rješenja (npr. CADIN-a) moguće je značajno ubrzati proces izrade raspleta SN kabela i primijeniti metode optimiranja u razvoju elektroenergetskih mreža.

Rezultati proračuna padova napona i struja kratkog spoja u SN mreži bitno utječu na planiranje i opseg aktivnosti vezanih uz intervencije na postojećoj mreži ili uz izgradnju novih mreža. Na sličan način GIS nalazi svoju primjenu u planiranju niskonaponskih mreža.



Slika 15. Analiza postojećih koridora za CADDiN

Naime, ažurnim održavanjem podataka o svime elementima strujnih krugova stvaraju se pretpostavke formiranja fonda podataka dostatnog za potrebe analize niskonaponskih mreža. U okviru postojećih rješenja mogući su ekstrakti podataka iz GIS okruženja te pokretanje vanjskih programa za analizu niskonaponskih mreža. Generiranjem kumulativnih izvješća, odnosno rezultata ovih proračuna, dobiva se realnija slika o prilikama u niskonaponskoj mreži. Na temelju rezultata mjerenja po strujnim krugovima te usporedbom s rezultatima proračuna, moguće je interpolirati rezultate koji nam mogu biti vrlo pouzdan pokazatelj potrebe za rekonstrukcijom ili izgradnjom novih segmenata niskonaponske mreže.

Priprema ulaznih podataka za optimiranje u aplikaciji CADDiN prikazana je slikom 15. Cjelokupna priprema ulaznih podataka odvija se u okruženju geografskog informacijskog sustava. Kreiranje koridora za polaganje novih vodova pomoću automatiziranih postupaka iz fonda podataka katastra zemljišta.

## 6.2. Vođenje

Možda jedna od najznačajnijih primjena prostornog informacijskog sustava je u domeni vođenja distributivnog elektroenergetskog sustava. U dosadašnjim primjenama unutar sustava daljinskog vođenja riješeno je vođenje VN/SN elektroenergetskih objekata. Kao zasebni sustavi javljaju se sustavi nadzora i upravljanja elementima mreže SN/NN. Međutim ovi sustavi u načelu nadziru i upravljaju elektroenergetskim objektima. Primjenom prostornog informacijskog sustava realno možemo govoriti o dva kvalitativna skoka:

- nadzoru i upravljanju elektroenergetskom mrežom u prostornom okruženju
- praćenju i vođenju na svim distributivnim naponskim nivoima, od VN do potrošača
- praćenju dinamike održavanja i otklanjanja kvarova

Fond podataka o SN i NN mreži, zahvaljujući konzistentnim podacima o topologiji mreže, idealna je osnova za primjenu aplikacija vezanih uz proračun tokova snaga, proračun padova napona, proračun kratkog spoja itd.

U tijeku je proces izgradnje modernog SCADA sustava u DP Elektra Zagreb i uvođenje DMS-a (Sustava za upravljanje distribucijom), koji objedinjuje niz funkcija i aplikacija za vođenje distributivne mreže kao što su:

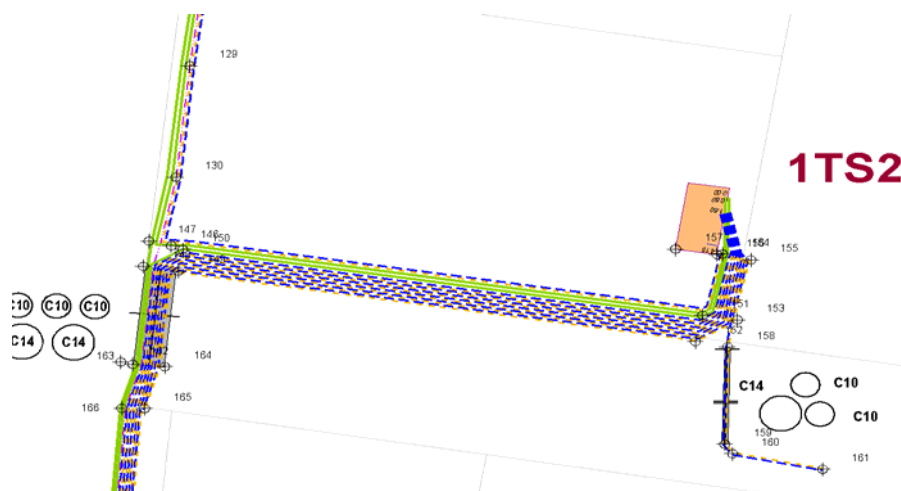
- Dinamičko bojanje mreže
- Mod planiranja
- Određivanje modela mreže (Network Topology)
- Određivanje veličine opterećenja (Load Calibration)
- Proračun tokova snaga (Distribution Power Flow)
- Proračun kratkog spoja (Short Circuit Calculation)
- Predviđanje opterećenja (Load Forecast)

Integracija sustava vođenja s GIS-om osigurava ulazne atributne i prostorne podatke za DMS aplikacije i proširuje mogućnosti njene primjene na cjelokupnu EE mrežu - od izvora do potrošača, odnosno uvođenje novih standardnih DMS funkcija kao npr TCS – Sustav za dojavu kvarova, Nadzor nad ekipama itd.

### 6.3. Održavanje

Funkcijama održavanja objedinjeno je redovno održavanje i izvanredno održavanje (intervencije u slučaju kvara). Posebno treba naglasiti one segmente održavanja gdje GIS tehnologija dolazi do izražaja u odnosu na prije korištene dokumentacijske metode. Prije svega govorimo o elementima elektroenergetskih mreža izvan postrojenja trafostanica i rasklopišta. Povezanost informacija o prostornim značajkama mreže i atributnih podataka u TIS-u stvara mogućnost generiranja specifičnih izvješća koje nije moguće generirati bez prostornih informacija. Kao primjer redovnog održavanja navest ćemo problem uzemljenja na nulovanim NN zračnim mrežama. Održavanje podrazumijeva periodička mjerenja i zamjene u slučaju nezadovoljavajućih vrijednosti. Vrijednosti otpora uzemljenja moraju biti usklađene s dozvoljenim naponom na neutralnom vodiču. Koristeći GIS resurse lako je moguće numeričkim analizama mreže na globalnom planu izračunavati porast napona na nultom vodiču, točno locirati nezadovoljavajuća uzemljenja te utvrditi lokacije novih uzemljenja.

Primjer izvanrednog održavanja su kvarovi na kabelskim mrežama srednjeg i niskog napona. Ne treba posebno naglašavati od kojeg značenja je točno prostorno lociranje mjesta kvara i pravovremeno dobivanje potrebnih informacija o predmetnoj mreži. Korištenjem tehnika lociranja kvara u kabelskoj tehnologiji te funkcija mrežnog pretraživanja u GIS-u, sa sigurnošću dolazimo do mjesta kvara. Na mjestu kvara, u kabelskom rovu izuzetno je bitno točno znati raspored kabela i naponska stanja kabela. Logika kabelskih kanala, linija presjeka i elemenata u presjeku sa sigurnošću nam daje informaciju o svim potrebnim elementima te skraćuje potrebno vrijeme popravka kvara.



Slika 16. Detaljni plan položenih vodova kao priprema interventnog održavanja

### 6.4. Tehnička dokumentacija

Odjel tehničke dokumentaciju, osim značajne uloge u formiranju i održavanju GIS baze podataka je i značajan korisnik GIS-a. To se ogleda kroz funkcije izrade različitih kartografskih progleda – dokumentacije, izdavanja izradu kartografskih priloga za izdavanje suglasnosti, a posebno u izradi dokumentacije ( geodetskih elaborata ) koji se obavezno predaju u katastar pri izgradnji novih ili pozicijskih promjena na postojećim objektima i vodovima.

#### 6.4.1. Geodetski elaborat

Izrada geodetskog elaborata je propisana zakonom a služi i za dobivanje građevinske i uporabne dozvole. Obradeni terenski podaci neophodni za izradu elaborata direktno se unose u GIS kao geodetske točke ili neuređeni grafički prikazi (linije, površine, točke..).

Novo unesene elektroenergetske objekte možemo po potrebi izdvojiti, izabrati potrebne objekte za izradu geodetskog elaborata. Za potrebe grafičke prezentacije izrađeni su specijalni stilovi kako za skicu tako i položajni nacrt. Da bi elaborat bio što kvalitetnije i brže napravljen u tu svrhu su unaprijed pripremljeni predlošci. Geodetske skice moraju prikazivati jasno vidljiv raspored vodova i moraju biti opisane po standardima propisane zakonom.

Položajni nacrti imaju svrhu točnog (preciznog) prikaza naših elektroenergetskih vodova. Sadrže slične opise kao i skice snimanja i na njima su prikazane visine geodetskih točaka. U koliko neki detalj trebamo posebno istaknuti tada se taj detalj izdvaja u prilog i za tu svrhu se koristi posebno pripremljeni predlošci. Takvi detalji su npr. raspored i profil položenih cijevi.

## 6.5. Projektiranje

Početak realizacije, izgradnje elektroenergetskog objekta ili voda je izrada projektne dokumentacije (idejni, glavni, izvedbeni projekt). Projektom su opisane sve tipske karakteristike budućeg objekta. Izgradnjom i uključivanjem objekta u pogon definiraju su dodatni karakteristični podaci o tom objektu.

Vrlo stroge zakonitosti funkcioniranja baze podataka u GIS okruženju prilagođene su primarno potrebama unosa elemenata elektroenergetskih mreža. Ove zakonitosti zahtijevaju i određenu organizaciju kao i razinu znanja. U projektantskoj praksi nužno je posjedovati ažurne podloge, odnosno podatke o elektroenergetskoj mreži, a metode projektiranja mogu biti različite. Ova razmišljanja stvaraju i dilemu vezanu uz okruženje za projektiranje te je bitno razlučiti u kojem dijelu ima smisla direktno raditi u GIS okruženju, a u kojem dijelu raditi na ekstraktima GIS baze s drugim alatima.

Neki segmenti projektiranja preklapaju se s problematikom planiranja. Naime, izrada idejnih projekata elektroenergetskih mreža, kao dijelova provedbenih urbanističkih planova, sukladna je problematici globalnog planiranja. U ovom segmentu koriste se alati poput CADDIN-a te ima potpunog smisla (radi kompleksne povezanosti ova dva sustava) ovaj dio projektiranja obavljati unutar GIS okruženja.

U slučaju rada na standardnim projektima SN, NN mreža te SN/NN trafostanica rješenje je u korištenju GIS fonda podataka, ali i u drugim alatima poput primjerice Autocad-a. Dakle, nema previše smisla imperativno zahtijevati projektiranje unutar GIS okruženja. U prvom koraku dovoljno je osigurati zahtijevane ekstrakte iz GIS baze, neovisno o tome radi li se o DWG(DXF) ili nekom drugom popularnom formatu. Međutim, naknadna obrada te izrada projekta moraju biti layer-ski usklađeni sa strukturom objekata GIS projekta, kako bi bio moguć povrat podataka iz izvedbenih projekata u GIS okruženje. Također, projektiranje trafostanica treba unutar CADDy-a ili Autocad-a potpuno uskladiti sa strukturom odgovarajućih objekata jednopolnih shema trafostanica u GIS projektu.

## 7. ZAKLJUČAK

Iskustva potvrđuju da jedino upotreba jedinstvenog GIS okruženja na razini korporacije (eng. corporate or enterprise GIS) omogućuje da se jednako kvalitetno zadovolje potrebe korisnika na svim razinama i u svim odjelima. Osnovna karakteristika korporacijskog GIS-a je korištenje jednog, integriranog sustava za upravljanje bazama podataka koji ima mogućnost obrade prostornih podataka bez obzira da li se radi o centraliziranom ili distribuiranom sustavu.

Prednosti korporacijskog GIS-a oslonjenog na jedinstvenu bazu podataka su sljedeće:

- jedinstveni model distribucijske mreže
- standardizacija podataka
- smanjena redundancija podataka
- osiguran maksimalni integritet baze podataka
- jedinstveno korisničko sučelje
- jednostavniji i učinkovitiji razvoj korisničkih aplikacija
- centralizirano administriranje geografskih informacija
- centralizirano administriranje baznih podataka sustava
- manji troškovi održavanja

Uvođenje novih tehnologija poput GIS-a zahtjevan je i dugotrajan ali i neodgodiv proces. Učinkovitost implementacije ovisi u velikoj mjeri o kvalitetnoj pripremi posla i kontinuiranoj obuci svih djelatnika počevši od specijalista preko operatera do korisnika sustava.

Proces primarnog unosa cjelokupnog fonda podataka u DP Elektra Zagreb započeo je prije tri godine. Unos pojedinih fondova podataka izvršen je u cijelosti (shematizirani prikaz i atributni fond

podataka), dok je, radi velikog obima podatka, u tijeku unos "geodetskog fonda" prostornih podataka sa najvišom razinom točnosti.

Pravilnom dinamikom uvođenja sustava, izborom redoslijeda unosa pojedinih grupa podataka, korištenjem postojećih digitalnih zapisa, baza podataka može se osigurati relativno kraće vrijeme primarnog unosa. Uz uvažavanje dosadašnjeg iskustva na tom području, moguće je u relativno kratkom roku ostvariti integritet sustava, realizirati pojedine funkcije GIS-a i osigurati korištenje sustava.

S obzirom na veličinu distributivnog područja implementiranog opisano rješenje GIS sustava, uz pretpostavljenu informatičku infrastrukturu HEP grupe, moguća je njegova relativno jednostavna implementacija i u druga distributivna područja.

## LITERATURA

- [1] Idejni projekt GIS-a DP Elektra Zagreb, Krunoslav Slivarić, Milan Milunović, Milan Akmačić, Zagreb 1999.
- [2] Projekt vektorizacije elektroenergetske mreže za potrebe GIS-a DP Elektra Zagreb (za mjerila 1:2000), Multisoft d.o.o, Zagreb 1999.
- [3] Spatial Resource Planning, Brad Spencer B App Sc, Assoc Dip Cart (1998.)
- [4] Kavur, Glagolić i drugi, "Prostorni informacijski sustav kao ciljani informatički sustav elektrodistributivnog područja", CIGRE 2001.
- [5] Povezivanje tehničkog i geografskog informatičkog sustava DP Elektra Zagreb Mišo Glagolić, Zlatko Špehar, Milan Milunović, Hroug 2003.