



STK D2 STK C2

**14. simpozijum**  
**UPRAVLJANJE I TELEKOMUNIKACIJE**  
**U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU**  
Tara, 16-18. jun 2008. god.

D2 I 07

**MOGUĆNOST PRIMENE GPS TEHNOLOGIJE**  
**U CILJU PRONALAZENJA PRILAZNOG PUTA DO OPTIČKE SPOJNICE**  
**U TELEKOMUNIKACIONOJ MREŽI EPS-a**

**V.ILIĆ\*, ENERGOPROJEKT OPREMA**  
**M.BELESLIN, D.LALOVIĆ, P. MITROVIĆ**  
**PROJEKAT TELEKOMUNIKACIJE, EPS**

**BEOGRAD**

**SRBIJA**

**KRATAK SADRŽAJ**

Telekomunikaciona mreža EPS-a obuhvata oko 3000 km OPGW kablova postavljenih po više od 70 dalekovoda. U okviru mreže montirano je oko 1000 optičkih spojnicama. Složenost i prostorna udaljenost delova mreže nametnula je potrebu da se prikupe i objedine podaci koji bi prilikom održavanja i rada na mreži optičkih kablova omogućili brz pristup optičkim spojnica, nezavisno od individualnog poznavanja trase dalekovoda. U tom cilju od 2007. godine se pristupilo snimanju koordinata i najpovoljnijih prilaznih puteva spojnica OPGW kabla na dalekovodu, korišćenjem GPS tehnologije.

Ovaj rad prikazuje deo rezultata i iskustava koja su tom prilikom stečena. Ukratko će biti opisan način rada sa GPS prijemnikom prilikom prikupljanja i unošenja podataka, biće prikazan deo prikupljenih i sistematizovanih podataka, kao i uputstva za korišćenje prikupljenih podataka i nastalog zapisa prilikom navigacije.

**KLJUČNE REČI**

GPS - OPGW - Optička spojnicama - Koordinate dalekovodnih stubova

---

\*Vladimir Ilić, Energoprojekt Oprema, Bulevar Mihaila Pupina 12, 11070 Beograd

## 1. UVOD

Prilikom instalacije OPGW kabla uvek je prisutno vreme isključenja dalekovoda kao značajan ograničavajući faktor za izvođenje radova, a nepoznavanje terena može dovesti do značajnog gubitka vremena. Ideja je bila da se iskoristi sada već jeftina GPS (*Global Positioning System*) tehnologija kako bi se izbeglo lutanje prilikom traženja prilaza stubu dalekovoda na kome je montirana ili će se montirati optička spojnica.

Stalni rast mreže optičkih kablova nameće potrebu da se prikupe i sistematizuju podaci o postojećim OPGW deonicama, a da se na dalekovodima na kojima se radi, podaci prikupljaju prilikom same izgradnje čime se, svakako, smanjuju troškovi.

U projektu dalekovoda postoje koordinate ugaonih stubova i to su podaci koje je moguće iskoristiti i startu. Optička spojnica je u najvećem broju slučajeva postavljena na zateznom, odnosno ugaono-zateznom stubu. Težište rada je stavljeno na prilaze optičkim spojnicama na trasi, odnosno na pronalaženju i snimanju najpogodnijeg puta za prilaz od javne saobraćajnice do željenog stuba.

Pored toga što realizacija ove ideje ne zahteva značajna sredstva, veoma je bitna i jednostavnost korišćenja prikupljenih podataka prilikom pronalaženja cilja.

U toku 2007. godine snimljeni su GPS-om svi dalekovodi na kojima je vršena zamena zaštitnog užeta OPGW kablom.

## 2. GPS UREĐAJI

Satelitski segment GPS sistema obuhvata 24 satelita u orbiti koji konstatno emituju signal. GPS prijemnik na osnovu primljenog signala izračunava svoju trenutnu poziciju na zemlji. Za izračunavanje pozicije na površini zemlje potreban je prijem signala sa tri satelita, a signal sa četvrtog satelita je neophodan za izračunavanje visine. Pored pozicije, korišćenjem informacija o tačnom vremenu koje se distribuira u GPS sistemu, mogu se izračunati i drugi parametri kretanja kao što je brzina kretanja, pređeni put i drugo.

Za prikupljanje podataka korišćen je ručni GPS uređaj, dok je za navođenje po podacima koji su snimljeni sasvim odgovarajući i uređaj koji se koristi u automobilu. Oba uređaja imaju svoje prednosti. Automobilski uređaju imaju, po pravilu, veći ekran i glasovno navođenje, dok su ručni pogodniji za unošenje podataka: snimanje puteva i tačaka, kao i za navođenje po tragu.

Maksimalna tačnost u određivanju pozicije ručnih GPS uređaja je 3-5 metara, a uređaj koji je korišćen imao je ugrađen barometarski visinomer da bi se poboljšala preciznost merenja nadmorske visine.

### 2.1 Ručni GPS uređaji

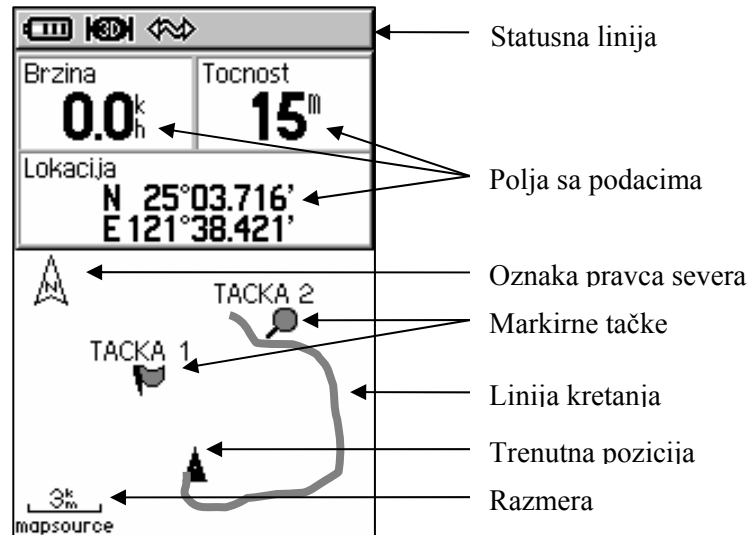
Jedan od tipičnih izgleda ekrana ručnog GPS uređaja prikazan je na slici 2.1. Dominira grafički prikaz pozicije na karti, iznad su prikazani numerički podaci koji opisuju poziciju ili kretanje, a na samom vrhu je statusna linija.

Trougao označava trenutnu poziciju koja je numerički opisana u polju „Lokacija“. Markirne tačke kreiraju se na terenu memorisanjem trenutne lokacije ili ručnim unosom koordinata, a dodeljuje im se simbol po izboru.

Uređaj, koji se koristi za prikupljanje podataka, mora imati mogućnost da pamti liniju kretanja jer se upravo taj zapis koristi za prilaz optičkoj spojnici.

Statusna linija pokazuje, primera radi, stanje baterije ili upozorenja kao što je „GPS isključen“ i slično, dok u slučaju izbora nekog drugog prikaza na ekranu može predstavljati naslovnu liniju izabrane stavke.

Polja sa podacima u prikazanom slučaju su brzina kretanja, tačnost određivanja pozicije i lokacija izražena preko geografskih koordinata. Moguće je birati koji podaci će biti prikazani na ekranu, u skladu sa potrebama korisnika, npr: brzina, vertikalna brzina, maksimalna brzina od početka merenja, dužina pređenog puta, udaljenost do odredišta, procena vremena potrebnog za dolazak na odredište, vrednost atmosferskog pritiska...



Slika 2.1 Ekran GPS prijemnika

## 2.2. Geografske podloge

Kada se GPS prijemnik koristi u cilju prikupljanja podataka ne mora teoretski imati instaliranu kartu posmatranog geografskog područja. Naravno, daleko je praktičnije raditi sa kartom. Svaki proizvađač uređaja ima svoj elektronski format karte i međusobno nisu kompatibilni, kao što ni automatska razmena zapisa nije moguća. Postoje topografske karte, ali dominantne na tržištu su rutabilne karte koje pored pozicioniranja omogućavaju navođenje ka odredištu kroz mrežu saobraćajnica. Odnedavno proizvođači počinju i rutabilne karte da dopunjavaju podacima o nadmorskoj visini.

Da bi se jednostavno i efikasno koristili zapisi prikupljeni na terenu potrebno je da se onaj ko snima podatke i oni koji ih koriste saglase oko izbora proizvođača uređaja, što ne bi trebalo da predstavlja veći problem imajući u vidu da ipak ograničen i relativno zatvoren krug ljudi koriste zapise.

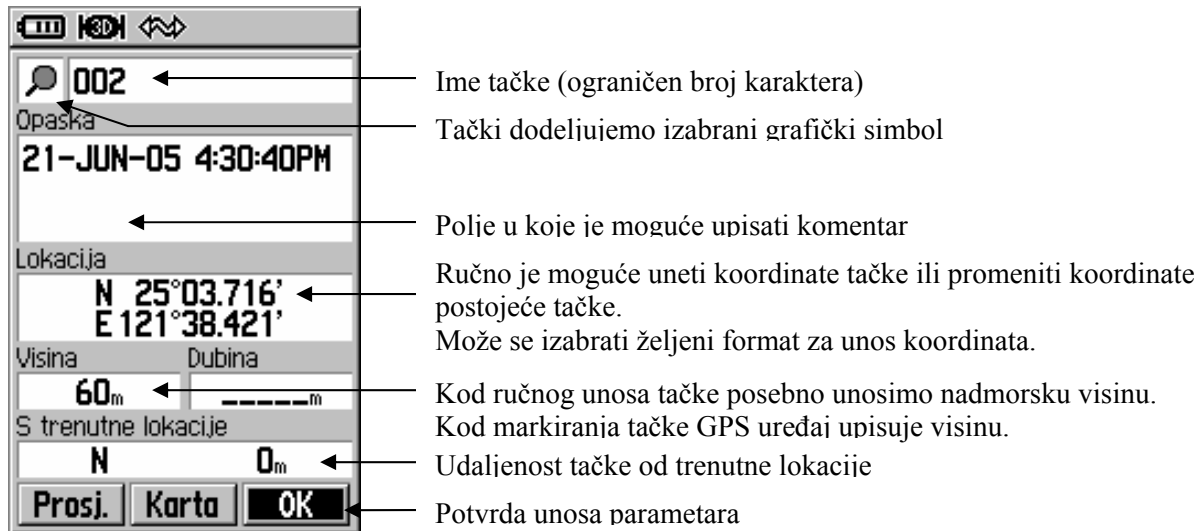
Zanimljiva je i mogućnost projektovanja snimka sa GPS uređaja na satelitske snimke terena dostupne na internetu, što upotpunjuje prikaz snimljene trase i olakšava pronalaženje traženih lokacija na terenu.

## 3. RUČNI UNOS PODATAKA U UREĐAJ

Prilikom rada na određenom dalekovodu, neki podaci mogu biti unapred poznati. Konkretno, pozicije krajnjih i ugaonih stubova dostupne su iz projekta dalekovoda. Međutim, u projektima su pozicije stubova izražene u geodetskim (y,x) koordinatama, dok je uređaj najčešće podešen za prikazivanje podataka u geografskim koordinatama.

Koordinatni sistem određuje položaj objekta u dvodimenzionalnom prostoru u izabranim mernim jedinicama. Geografski koordinatni sistem koristi geografsku širinu i dužinu (latitudu i longitudu) i ima za osnovu sferu ili elipsoid. Meridijani i paralele nemaju ravnougaoni odnos i izražavaju se u stepenima. Kartografske projekcije omogućavaju preslikavanje površine Zemljine sfere na ravan. Svaka projekcija unosi određenu grešku u prikazu površina, udaljenosti i pravaca. Ako se kartiraju relativno male površine, greška je obično neznatna, ali što je veća posmatrana površina, veća je i greška.

Na našim prostorima koristi se Gauss-Krueger-ova projekcija i geodetski koordinatni sistem. Republika Srbija se nalazi manjim delom u šestoj, a većim u sedmoj meridijanskoj zoni. Da bi GPS prijemnik lokaciju opisivao geodetskim koordinatama, tj. da bismo u uređaj unosili koordinate iz projekta potrebno je u podešavanjima uređaja uneti odgovarajuće podatke za konkretno geografsko područje.



Slika 3.1 Parametri markirane tačke

Slika 3.1. prikazuje meni za unos parametara markirane tačke. Ukoliko su raspoložive koordinate stubova, GPS prijemnik i rutabilna karta mogu biti korisni za navođenje ka ugaonim stubovima makar do stubu najbliže tačke na saobraćajnici, a nadalje svakako olakšava orijentaciju u prostoru i skraćuje lutanje čak i kada nisu dostupni snimci prilaza.

#### 4. PRIKUPLJANJE PODATAKA NA TERENU

Prikupljanje podataka na terenu vrši se na dva načina:

- Markiranjem tačaka i
- Snimanjem linije kretanja.

##### 4.1. Markiranje tačaka

Na slici 3.1. već je prikazan meni za unos markirane tačke. Prilikom prikupljanja podataka GPS prijemnikom potrebno je, pre nego što se markira tačka, proveriti koliku tačnost uređaj trenutno pokazuje. U slučaju da uređaj ne prima dovoljno jak signal sa odgovarajućeg broja satelita, neophodno je sačekati neko vreme da bi se postigla zadovoljavajuća tačnost. U najboljem slučaju uređaj je pokazao tačnost od 2m, ali 4 do 5 metara tačnost, možemo smatrati sasvim zadovoljavajućom za ovu primenu, dok se u nekim situacijama morala tolerisati tačnost od 10m, ali veoma retko.

Jednostavnim pritiskom na taster memoriše se tačka, kojoj se dodeljuje naziv, najčešće koristeći broj stuba i dalekovoda.

##### 4.2. Snimanje linije kretanja

Prilikom snimanja linija kretanja potrebno je još jedno dodatno podešavanje. Kada je u GPS uređaj instalirana karta područja na kome se nalazi, potrebno je isključiti opciju praćenja puta. Naime, pošto se uređaji najčešće koriste za navigaciju u okviru putne mreže, GPS uređaj koristi ugrađenu kartu za dodatnu korekciju pozicije. Ukoliko se korisnik kreće u blizini saobraćajnice GPS prijemnik ponekad „vraća“ poziciju korisnika na saobraćajnicu. Ova opcija je korisna u saobraćaju jer otklanja

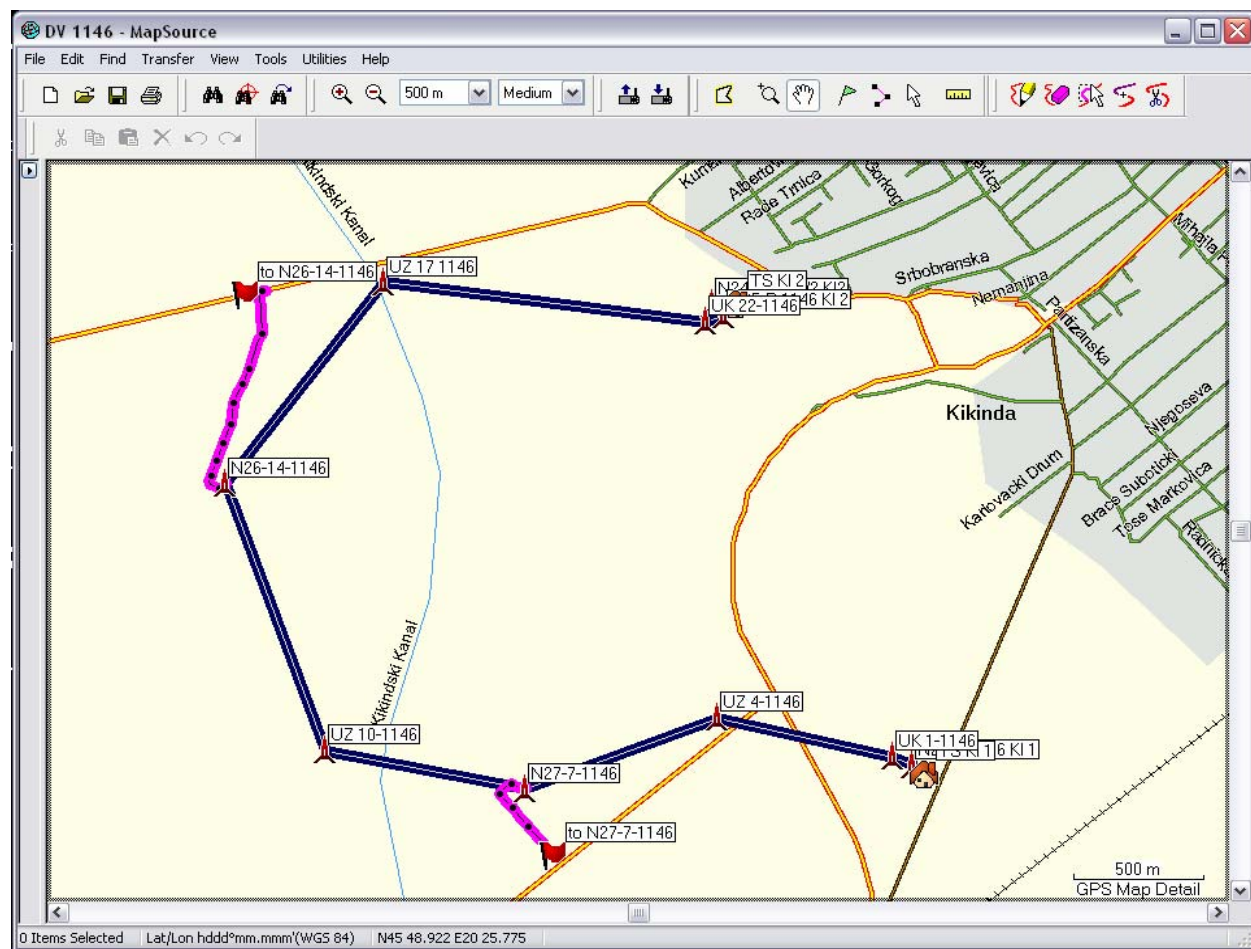
neverodostojnosti podataka iz karte i grešku koju unosi nesavršenost samog GPS sistema. Međutim, prilikom prikupljanja podataka opcija praćenja karte može dovesti do greške.

Trag se snima tako što uređaj upisuje parametre tačaka koje zatim spoja u neprekidnu liniju. Poželjno je podesiti uređaj tako da interval snimanja tačaka bude najmanji. U željenom trenutku treba uključiti snimanje traga i pošto se dodje do odredišta snimanje treba isključiti.

Moguće je raditi i tako što uređaj neprestano snima liniju kretanja na kojoj samo upisujemo tačke koje nas interesuju, ali to zahteva malo više naknadne obrade podataka na računaru i smanjuje preglednost prilikom upotreba samog uređaja.

## 5. OBRADA PODATAKA I PRIKAZ SNIMKA DALEKOVODA NA EKRANU RAČUNARA




GPS prijemnik moguće je povezati sa računarom radi razmene, obrade ili prezentacije podataka. Dalekovod 110kV br.1146 TS Kikinda 1 – TS Kikinda 2 pogodan je, kao primer, za prikaz na ekranu ili papiru zbog oblika trase, tako da se mogu uočiti detalji i na praktičnom primeru objasniti način prikazivanja zapisa.



Slika 5.1 Prikaz GPS snimka dalekovoda br.1146 TS Kikinda 1 – TS Kikinda 2 na ekranu računara

Prilikom snimanja značajnih tačaka: lokacija optičkih spojnice, ugaonih stubova dalekovoda, mesta skretanja sa saobraćajnice ka željenoj tački i trafo-stanica usvojili smo pravila kojih smo se držali kod označavanja.

Usvojeni su grafički simboli koji su bili dostupni u meniju samog GPS prijemnika:

-  - stub dalekovoda,
-  - tačka isključenja sa saobraćajnice na putu ka željenom stubu,
-  - trafo stanica.

Označavanje tačaka ograničeno je brojem karaktera koji uređaj može da prikaže. Usvojena je alfanumerička kombinacija označavanja optičke spojnice “Nx-y-z”, pri čemu je:

- x - broj nastavka na deonici,
- y - broj stuba,
- z - broj dalekovoda.

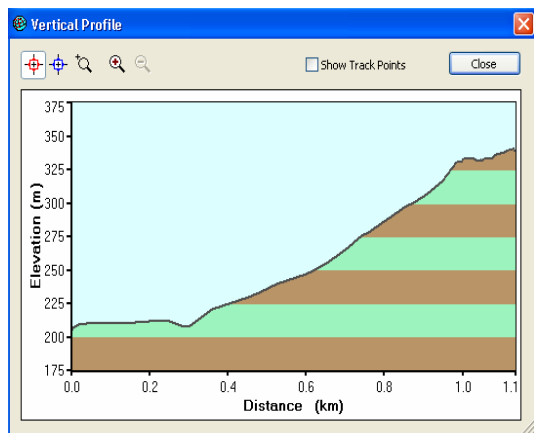
Tačka isključenja sa saobraćajnice ka željenom stubu dalekovoda označena je na sličan način, sa jedinom razlikom što je dodat prefiks „to“ - “to Nx-y-z”, a identično je označena memorisana linija kretanja („tracklog“) koja predstavlja prilaz od saobraćajnice do stuba.

Ugaoni stubovi ispred broja stuba i dalekovoda imaju prefiks UZ – ugaoni zatezni ili UK – ugaoni krajnji.

Naravno, svaki zapis je moguće naknadno obraditi na računaru, što je bio čest slučaj. GPS prijemnik kreira s’ vremena na vreme tačku koja „iskače“ iz zapisa, pa je potrebno izbrisati je. U urbanim područjima, kao i prilikom prolaska kroz šumu uređaj može na trenutak izgubiti prijem, pa je potrebno spojiti liniju. Program omogućava da se tačke spoje u neprekidnu liniju koja na ekranu prikazuje trasu dalekovoda, kao i niz drugih mogućnosti koje ne nudi sam GPS prijemnik. Komunikacija GPS prijemnik-računar u konkretnom slučaju je vršena preko USB kabla, dok se kod starijih uređaja koristi serijski RS-232 ulaz, a kod novijih postoji mogućnost povezivanja pomoću „bluetooth“-a.

Na slici br. 5.1 prikazan je snimak dalekovoda br.1146 na ekranu računara. Prikaz na ekranu GPS prijemnika je identičan, s’ tim što je okruženje drugačije kao i interfejs. Snimak pomenutog dalekovoda sadrži sledeće podatke:

- lokacije optičkih spojnica na stubovima br.7 i 14, kao i na portalnim stubovima unutar trafo-stanica;
- lokacije ugaonih stubova br. 1, 4, 10, 17 i 22;
- trasu dalekovoda dobijenu spajanjem pomenutih tačaka;
- približne snimke trase nemetalnih kablova koji vode od portalnog stuba do TK prostorije;
- lokaciju ulaza u zgrade komande trafo stanica i navjažnije;
- lokaciju isključenja sa saobraćajnice i prilazne puteve spojnica.

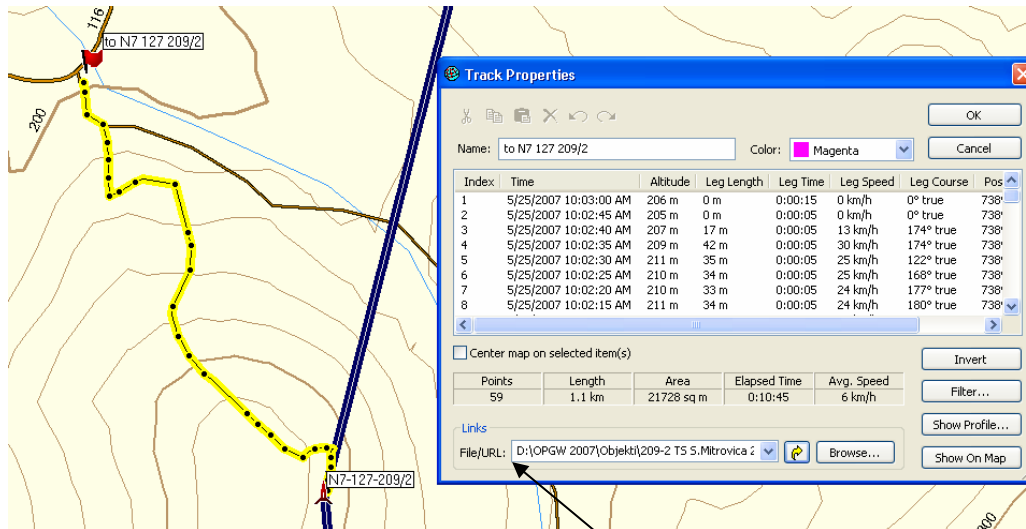


Snimljena linija kretanja pored horizontalne projekcije na ekranu sadrži i podatke o brzini kretanja, udaljenosti i nadmorskoj visini tako da možemo videti i vertikalni profil trase. Dalekovod br.1146 je u ravnici i poslužio je kao primer za prezentaciju zapisa, ali dalekovodi čija trasa vodi preko planinskih područja najbolje pokazuju kolika je korist od GPS-a.

Dešava se u šumovitim područjima da je stub nemoguće videti dok mu se potpuno ne približimo ili da se stub vidi sa saobraćajnice, ali da je pronalaženje prilaznog puta bez pomoći nekoga ko zna trasu dalekovoda i bez GPS-a izuzetno teško. Dobar primer je stub br.127 na dalekovodu br.209/2 TS Srbobran–TS Sremska Mitrovica.

Slika 5.2 Vertikalni profil prilaza stubu br.127, DV 209/2

Iz zapisa GPS prijemnika može se izdvojiti vertikalna projekcija memorisanog traga, kao što je prikazano na slici 5.2, dok slika 5.3 prikazuje standardnu, horizontalnu projekciju. Trag je snimljen kao niz tačaka koje su potom spojene, tako da su raspoložive koordinate svake tačke ponaosob, kao i sumarni podaci o snimljenom tragu: broj snimljenih tačaka, dužina traga...



Slika 5.3 Karakteristike snimljene linije kretanja

Prečica ka direktorijumu sa dodatnim podacima vezanim za zapis traga

## 6. UPOTREBA ZAPISA

Zamisao od koje se pošlo je bila da se napravi baza podataka koja će sadržati GPS snimke dalekovoda na kojima je postavljen OPGW kabl da bi olakšali održavanje mreže optičkih kablova. Ideja je da se podaci u budućnosti postave na server koji bi bio neprekidno raspoloživ na internetu, ali sa korisničkim nalozima različitih nivoa pristupa. Veličina GPS snimka je reda veličine desetina KB, tako da bi je korisnik veoma lako preuzeo bez obzira na tip pristupa internetu kojim raspolaže. Snimak se takođe može po potrebi jednostavno proslediti onome kome je potreban elektronskom poštom ili MMS-om.

Na slici br. 5.3 pored grafičkog prikaza i podataka o zapisu traga vidi se i polje „Links“. Naime, moguće je zapisu pridružiti prečicu koja vodi do datoteke ili internet adrese gde je dodatno opisana posmatrana lokacija. Da bi se video i tip stuba, položaj spojnice, okruženje svi su stubovi sa spojnicama fotografisani i formirana je fototeka kao deo ukupne baze podataka o mreži OPGW kablova.

### 6.1 Navođenje ka optičkoj spojnici

U principu, navigacija pomoću GPS prijemnika vrši se tako što se izabere destinacija, a uređaj, korišćenjem instalirane rutabilne karte izračunava optimalnu putanju. Na ekranu dobijamo navigacionu liniju, a navođenje je audio-vizuelno, sa blagovremenim upozorenjima o približavanju raskrsnicama, prestrojavanjima i proračunom vremena trajanja puta.

U slučaju navođenja ka spojnici optičkog kabla korisnik prvo učitava datoteku sa podacima o konkretnom dalekovodu u GPS uređaj i odabira tačku ka kojoj želi navođenje. Prilikom kreiranja rute ne koristi se tačka koja označava stub dalekovoda, već tačka isključenja sa saobraćajnice “**to Nx-y-z**”. Po dolasku do isključenja sa saobraćajnice dalje navođenje vrši se pomoću istoimenog zapisa linije kretanja koji se tada vidi na ekranu. Neki ručni uređaji imaju opciju navođenja po tragu („*track back*“), za razliku od uređaja predviđenih za korišćenje u automobilu. Međutim, sasvim je dovoljno izabrati odgovarajuće uvećanje na ekranu i vizuelno pratiti snimak traga.

### 6.2 Moguće nedoumice pri korišćenju GPS zapisa

Nedoumice, koje su nastajale prilikom pregledanja snimaka, rešavane su ponovnim snimanjem i ispostavilo se da je uglavnom izvor problema nasavršenost karte, a ne greška GPS uređaja ili rukovaoca.

Drugi način provjere je bilo korišćenje na internetu dostupnih satelitskih snimaka područja na koje se pomoću ugrađenih alata jednostavno projektuju GPS snimci. Jedna takva situacija prikazana je na slici 6.1 gde se na prvi pogled može pomisliti da su oba zatezna stuba sa iste strane pruge, što je netačno. Upravo tu dolazi do izražaja mogućnost da se uz markiranu tačku unese komentar (slika 3.1) ili da se snimljenoj liniji kretanja pridruže dodatni podaci (slika 5.3). Kako proizvođači u saradnji sa korisnicima otklanjaju uočene nedostatke, može se pretpostaviti da će vremenom ovakvih situacija biti sve manje. U svakom slučaju ovim nije dovedena u pitanje tačnost GPS zapisa.



Slika 6.1 Snimak prilaza stubovima br.11 i 12 na DV br.181 TS Vrbas 1-TS Odžaci

## 7. ZAKLJUČAK

Primena GPS tehnologije omogućava nov pristup u kreiranju i organizovanju korišćenja i održavanja mreže OPGW kablova u smislu bržeg otkljanja smetnji i smanjenju zavisnosti od ljudskog faktora.

Proširenjem i usloznavanjem mreže raste potreba za sistemom za nadzor nad optičkim kablovima, koji može gotovo trenutno da prikaže geografsku poziciju eventualnog kvara na kابلu. GPS snimak dalekovoda i prilaza optičkim spojnicama, kao mesta na kom je veza najranjivija, moguća je kvalitetna dopuna poruke koju bi sistem za nadzor nad mrežom slao prilikom detekcije kvara na trasi. Sama baza GPS snimaka značajno olakšava održavanje omogućujući brz i efikasan prilaz mestu kvara nezavisno od ljudskog faktora.

Pored održavanja mreže OPGW kablova princip je u potpunosti primenjiv na održavanje dalekovoda uopšte, kao i na druge objekte elektroenergetskog sistema.

Satelitski snimci koji su dostupni na internetu, a koji su ovom prilikom samo pomenuti mogu takođe biti veoma korisna alatka prilikom održavanja, ali i prilikom planiranja i projektovanja. Nažalost nivo detalja na pomenutim snimcima nije uvek na potrebnom nivou i varira od područja do područja, ali je sasvim prirodno očekivati napredak kako po pitanju rezolucije snimka, tako i po pitanju integracije sa GPS-om i drugim sistemima.

## 8. LITERATURA

- [1] Glavni projekat adaptacije  
 DV 220kV br.209/2 TS Sremska Mitrovica 2 – TS Srbobran  
 DV 110kV br. 1146 TS Kikinda 1 – TS Kikinda 2  
 DV 110kV br.181 TS Odžaci – TS Vrbas 1  
 Zamena zaštitnog užeta užetom sa optičkim vlaknima (OPGW)
- [2] Internet stranice [www.grf.bg.ac.yu](http://www.grf.bg.ac.yu), [www.garmin.com](http://www.garmin.com), [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)
- [3] Garmin eTrex Vista owner's manual