

Dario Panić  
Igor Rajić  
Marija Herent, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

▶ preddiplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: dpanic@geof.hr  
▶ preddiplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: irajic@geof.hr  
▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: maherent@geof.hr

# Detektor podzemnih instalacija Spar300 u integriranom radu s GNSS prijamnikom Trimble GeoXR

**SAŽETAK:** Vodovi predstavljaju objekte koji služe za transport određene vrste energije. Vodovi mogu biti postavljeni iznad i ispod zemlje tvoreći tako različite mreže instalacija koje se sastoje od samih vodova i njima pripadajućih objekata. Prilikom geodetske izmjere različitih objekata, kao sastavni dio podrazumijeva se i snimanje podzemnih instalacija, odnosno komunalnih vodova. Nepoznati položaj podzemnih instalacija pronalazi se uređajima za detekciju podzemnih instalacija koji rade na principu očitavanja elektromagnetskog polja te iskapanjem. U ovom je radu obrađena tema detekcija podzemnih instalacija izvedena detektorom Spar 300 u integriranom radu s GNSS prijamnikom Trimble GeoXR i terenskim softverom Trimble Access na području grada Zagreba, u ulici Antuna Šoljana, čime je izvedeno sveobuhvatno 3D položajno i visinsko mjerenje te mapiranje podzemne instalacije. Općenito, detekcija podzemnih instalacija zahtijeva preciznu izvedbu radova, posebice u gradskom području zbog velikog broja podzemnih mreža instalacija te svrhovitu provjeru kvalitete dobivenih podataka. Na temelju skupljenih i službenih podataka te u suradnji s Elektrom Zagreb, izvedene su analize čiji su rezultati predstavljeni u ovom radu.

**KLJUČNE RIJEČI:** vod, podzemne instalacije, mreža instalacija, elektromagnetski detektori

## **The detector of underground installations Spar300 in an integrated operation with Trimble GNSS GeoXR receiver**

**ABSTRACT:** Cables and pipes represent objects that are used for certain type of energy transport. They can be placed below and above ground, forming a pipeline network, which are composed of pipes and corresponding objects. One of the components in land surveying is also detection of the underground communal cables and pipes. The unknown position of underground cables and pipes are usually found by help of the electromagnetic detectors or by digging up. This paper mostly deals with the detection of underground installations done by detector Trimble Spar 300 with GNSS device Trimble GeoXR and Trimble Access terrain field software in the city of Zagreb at the Antun Šoljan street by which is derived three-dimensional positional and height determination and mapping of the underground installation. All in all, the detection of underground installations requires precise measurements, especially in urban areas because of the large number of pipeline networks and quality process of collected data. Based on the collected and official data and in collaboration with Elektra Zagreb, data analyzes are done, whose results will be presented in this paper.

**KEYWORDS:** cables and pipes, underground installations, pipeline network, electromagnetic detectors

## 1. UVOD

Sukladno Pravilniku o katastru vodova (Narodne novine, br. 71/2008 i 148/2009) katastar vodova sadržava podatke o vrstama, osnovnim tehničkim osobinama i položaju vodova, podatke o objektima koji pripadaju vodovima te podatke o upraviteljima vodova. U katastru vodova vode se podaci o vodovima i pripadajućim objektima elektroenergetske, telekomunikacijske, vodovodne, kanalizacijske, toplovodne, plinovodne i naftovodne mreže.

U cilju jednostavnijeg, preciznijeg i pouzdanijeg prikupljanja podataka o samim vodovima te prisutne kompleksnosti traženja voda ispod zemlje, iznimna je važnost razvoja integriranih geodetskih mjernih sustava s različitim uređajima koji će svojim maksimalnim mogućnostima doprinijeti dobivanju boljih rezultata.

Upravo jedan od takvih sustava detaljno je opisan u ovom radu te predstavlja osnovu nove generacije detektora podzemnih instalacija koje će u skoroj budućnosti biti od velike koristi geodetskog struci.

## 2. POTREBA ZA DETEKCIJOM VODOVA

Detekcija podzemnih instalacija potrebna je zbog utvrđivanja stvarnog stanja vodova temeljem čega je moguće obaviti planiranje i uređenje prostora te projektiranje i izvođenje građevinskih radova. Na detekciju vodova utječu različiti čimbenici poput značaja instalacije, načina polaganja, ali i vrste materijala od kojeg je napravljena. Stoga je potrebno uspostaviti takav sustav podzemnih instalacija koji će zadovoljiti sve funkcionalne potrebe da bi ispunjavao zahtjeve komunalne infrastrukture. Postoje dva glavna načina pronalaska položaja nepoznatih podzemnih vodova, iskapanje koje, iako je sigurniji način, nije ekonomski isplativo te pomoću elektromagnetskih detektora. Metoda rada kod svakog elektromagnetskog detektora sastoji se u otkrivanju elektromagnetskog polja. Takvo polje rasprostire se u obliku koncentričnih kružnica oko osi vodiča ako u njegovoj blizini nema drugih metalnih vodova. Ovako stvoreno elektromagnetsko polje omogućuje određivanje položaja voda.

No, jačina primljenog signala ovisi o udaljenosti voda te položaju jezgre tragalice sa zavojnicom kod uređaja. Ako tragalicu s jezgrom postavimo horizontalno iznad voda tada ona prima maksimalnu jačinu magnetskog polja te inducira napon, pa se ta metoda naziva metoda maksimuma (slika 1.).

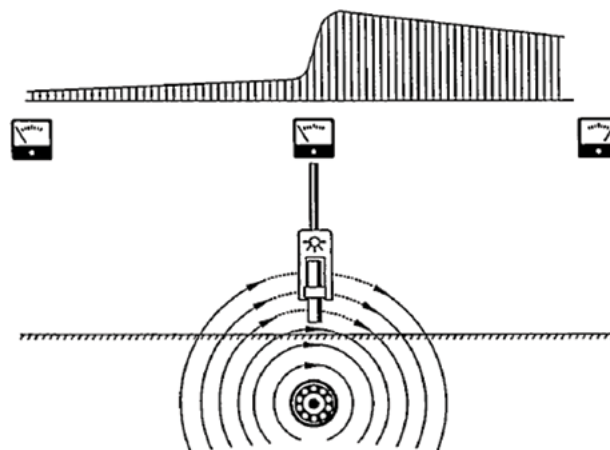
Metodom maksimuma nije precizno izražen položaj voda pa se ova metoda rjeđe upotrebljava nego metoda minimuma. Kod metode minimuma (slika 2.) jezgra tragalice nalazi se u vertikalnom položaju iznad voda pa nije u stanju inducirati napon, a kako pruža bolju mogućnost položajne točnosti voda, danas se većinom primjenjuje u praksi za određivanje smjera pružanja podzemne instalacije.

Također, moguće je da se dogodi da prilikom pronalaženja voda metodom minimuma, nedostaje jedna bočna strana maksimuma pa se tada javlja jednostrani ili bočni maksimum (slika 3.). On se javlja kod križanja vodova te je na tom području potrebno pažljivije utvrditi položaj voda zbog promjene magnetskog polja.

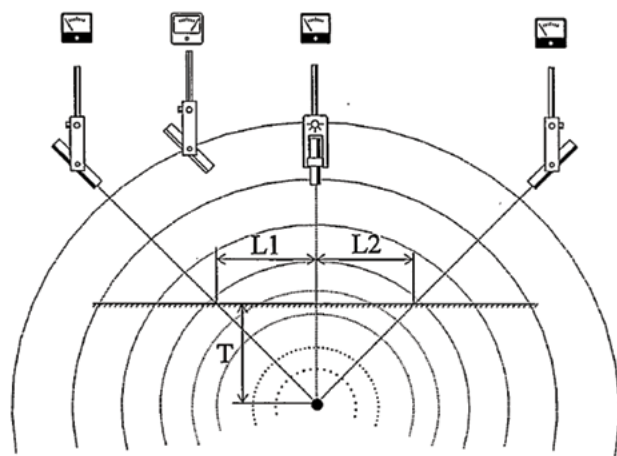
Stoga je kod utvrđivanja položaja nekog voda riječ o otkrivanju magnetskog polja koje se stvara oko traženog voda, a kako magnetsko polje nije uvijek kružnog oblika, već varira, moguće su pogreške u određivanju položaja voda. Ipak, uočavanjem promjena u magnetskom polju moguće je smanjiti takve pogreške koje u krajnjem slučaju mogu dovesti i do gubitka ili zamjene traženog priključnog voda nekim drugim vodom.

Postoji i treći položaj jezgre tragalice pod kutom od 45° (slika 4.) čime se određuje dubina određenog voda. Kod horizontalnog terena, ako je magnetsko polje koncentrično, udaljenost tragalice od položaja voda pri pojavi minimuma signala s lijeve i desne strane mora biti jednaka.

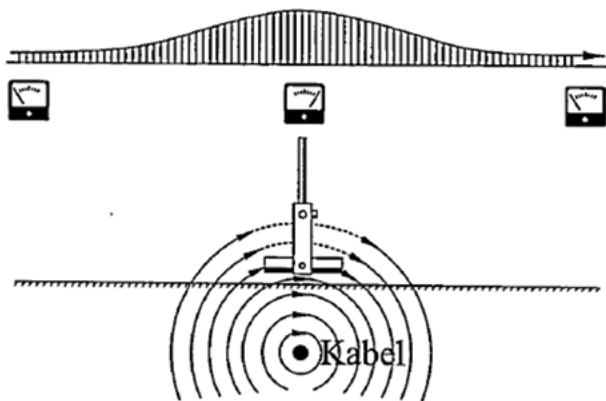
U slučaju nagnutog terena (slika 5.), ako su magnetska polja koncentrična ili primjerice deformirana uslijed križanja s drugim vodovima, za dubinu voda uzima se aritmetička sredina jedne i druge uda-



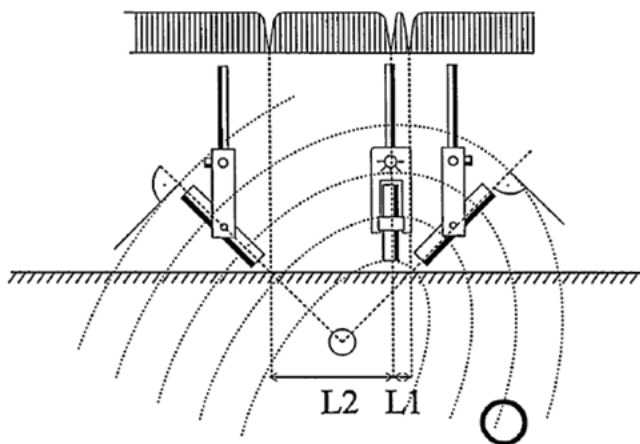
Slika 3. Jednostrani ili bočni maksimum



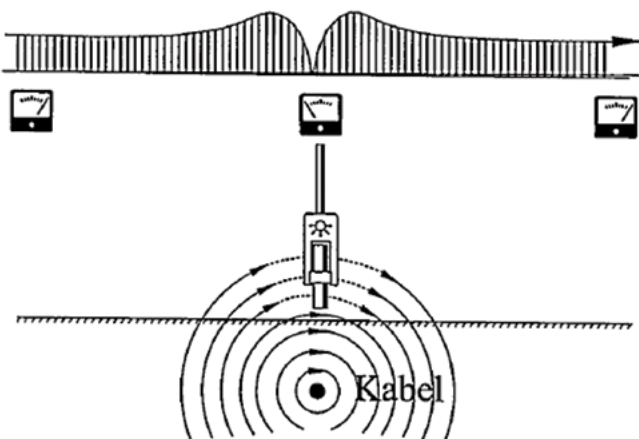
Slika 4. Metoda određivanja dubine voda kod horizontalnog terena



Slika 1. Metoda maksimuma



Slika 5. Metoda određivanja dubine voda kod nagnutog terena



Slika 2. Metoda minimuma

ljenosti tragalice pri pojavi minimuma signala od zadanog položaja voda. Preporučljivo je da se dubine ne određuju kada s obje strane nije dobiven čisti minimum.

### 3. UREĐAJI ZA PRONALAŽENJE PODZEMNIH VODOVA

Pomoću uređaja za pronalaženje vodova u većini slučajeva moguće je riješiti sljedeće zadatke:

- pronalaženje trase kablova i drugih metalnih vodova te određivanje dubine ukopanih kablova i cjevovoda
- ispitivanje terena, tj. jesu li u njemu ukopani metalni vodovi
- pronalaženje kvarova na vodovima.

#### 3.1. SPAR 300 U INTEGRIRANOM RADU S TRIMBLE GEOXR GNSS UREĐAJEM

Spar 300 (tablica 1.) bežično je integriran u terenski softver Trim-

ble Access. Spar 300 pomoću detektora magnetskih polja precizno mjeri 3D vektor prema podzemnoj instalaciji te automatski kombinira taj vektor s apsolutnim koordinatama dobivenim iz GNSS prijamnika te na taj način dobiva 3D koordinate instalacije. Detektor je, zbog metode rada u kojoj trenutno definira 3D koordinate instalacije, funkcionalan isključivo u kombinaciji s GNSS prijamnicima, Trimble GeoXR, Trimble R4, Trimble R6, Trimble R8 ili Trimble R10 uz kontroler Trimble TSC3 ili Trimble Tablet.

Domet mjerenja sustava Single Spar 300 je do tri metra, a davanjem drugog uređaja Spar 300 u sustavu Dual Spar 300 domet se povećava do 15 m pri čemu uređaji mogu biti međusobno udaljeni maksimalno tri metra. Uređaji međusobno komuniciraju putem bežičnog sučelja, međutim, zahtijevaju kabelsku povezanost za sinkronizaciju, stoga se podrazumijeva da će biti postavljeni na fiksnu strukturu poput štapa, četverokotača (ATV), automobila, broda i sl. Sustav Spar 300 omogućava snimanje podzemnih instalacija s pozicija koje nisu nužno iznad podzemnog voda pod uvjetom da udaljenost do voda nije veća od tri metra, odnosno od 15 m.

Osim snimanja podzemnih instalacija može se koristiti i za snimanje podvodnih instalacija (slika 6.).

Uz detektore podzemnih instalacija također se koriste generatori (odašiljači), poput generatora Loc-10 Tx u svrhu induciranja struje na određenoj frekvenciji koju tada tražimo pomoću detektora (slika 7.).

Izgled zaslona generatora Loc-10 Tx prikazan je na slici 8. te upotrijebljen tablicom 2.

Generatori imaju tri načina odašiljanja frekvencije:

- indukcijom
- direktnim povezivanjem
- pomoću hvataljke.

#### Indukcija

Primjenom unutarnje antene generator inducira željenu frekvenciju na vod (slika 9.). Kako bi se uspješno generirala frekvencija, generator mora biti postavljen iznad voda te njegova ručka mora biti usmjerena u smjeru pružanja voda. Ova metoda se primjenjuje kada se ne možemo direktno spojiti na vod. Također, moguće je da se odašiljani signal inducira i na vodove u blizini što ometa traganje te utječe na preciznost pozicije, dubine i trenutnih mjerenja. Isto tako, ovom je metodom smanjen domet traganja voda što se više udaljavamo od generatora. Optimalna je primjena viših frekvencija pri traganju poput 33 kHz, 65 kHz, 83,1 kHz ili 200 kHz, ovisno o regiji u kojoj se primjenjuje.

Prednost ove metode je što nema potrebe za direktnim priključkom čime se ubrzava sam postupak izmjere.

#### Direktno povezivanje

Direktno povezivanje sastoji se od dva kabela, jedan (crveni) mora biti pričvršćen za vodič s hvataljkom, a drugi (crni) mora biti pričvršćen s hvataljkom za uzemljenje, kao što je prikazano na slikama 10., 11. i 12.

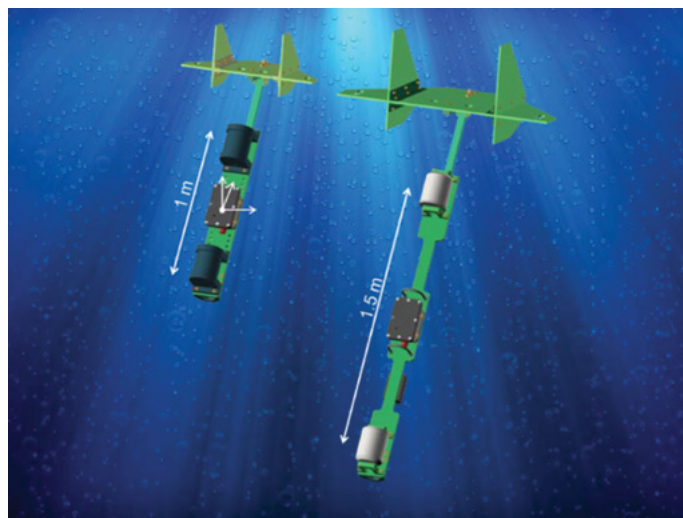
Što je odašiljana frekvencija niža to će signal dulje putovati. Najčešće frekvencije primjenjivane kod ove metode su između 512 Hz i 640 Hz te 8 kHz. Direktni priključak ne bi se smio koristiti na vodovima koji provode više od 35 V. Uređaj je zaštićen od udara lutajućih struja do 250 V koje se mogu naći u blizini voda na koji se priključujemo.

#### Pomoću hvataljke

Ova metoda primjenjuje se kada se nije moguće spojiti na vod direktnim priključkom, ali je omogućeno spajanje s hvataljkom (slika 13.) ili kada vod provodi struju.

#### 4. OPIS TERENSKOG RADA

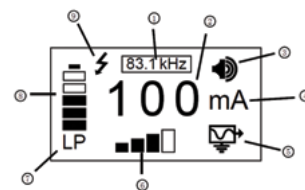
Prije svake analize i ispitivanja nekog instrumenta potrebno je imati relevantne podatke koji su dobiveni korištenjem samog uređaja. Za



Slika 6. Primjena detektora u vodenim uvjetima



Slika 7. Generator Loc-10 Tx



Slika 8. Izgled zaslona generatora Loc-10 Tx

Tablica 1. Specifikacije detektora Spar 300

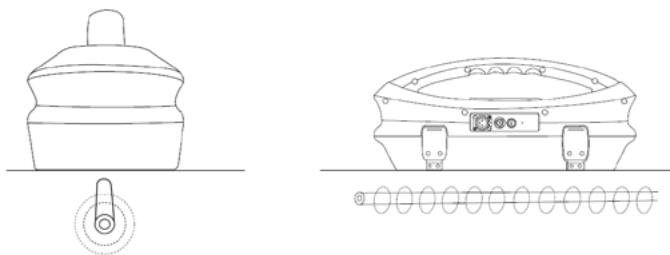
Radna frekvencija [Hz]	32, 50, 60, 98, 100, 120, 128, 491, 512, 577, 640, 982, 1520, 8192, 8440, 9820
Osjetljivost (491 Hz)	500 mA do 10 A na 1 m
Osjetljivost (9820 Hz)	25 mA do 500 mA na 1 metar
Točnost određivanja dubine (1-s)	5% udaljenosti u odnosu na Spar
Domet dubine	3 m (single-Spar), 15 m (dual-Spar)
Horizontalna točnost (1-s)	5% radijalne udaljenosti u odnosu na Spar
Kontinuirano pohranjivanje položaja	1 Hz geoprostorne i 5 Hz relativne lokacije
Geografska točnost (3D)	≤5 cm RTK fiksno, ovisno o zabilježenoj dubini i središnjoj točnosti
Trajanje baterije	do 4 sata

Tablica 2. Podaci koje je moguće očitati sa zaslona

1.	Odašiljana frekvencija
2.	Digitalno očitavanje (mA – miliamperi, volti, omi)
3.	Jačina zvučnika
4.	Jedinice (mA – miliamperi, V, omi )
5.	Način induciranja
6.	Izlazna postavka: ispunjeni simbol pokazuje razinu koja je dostignuta, prazan simbol pokazuje da trenutna razina nije dostigla željenu
7.	Pokazivač niske snage (pojavljuje se pri slaboj bateriji)
8.	Status baterije
9.	Upozorenje za visoki napon (izlaz je omogućen za visoki napon)

potrebe ove radionice dogovoreno je bilo da će se prikupljati podaci o vodovodnoj mreži na području oko trgovačkog centra Nama na Vrbanima u Zagrebu. Vodovodna mreža odabrana je kao predmet interesa jer je pretpostavka da su na tom području cijevi metalne te vrlo dobro provode struju. Nažalost, pretpostavka o materijalu od kojeg su napravljene cijevi bila je pogrešna. Naime, instalacije su od materijala koji nije dobar vodič te takvu vrstu voda nije moguće otkrivati ovim tipom uređaja.

Nakon toga, odabrana je nova lokacija i nova mreža podzemnih instalacija kao predmet istraživanja. Ovoga puta radilo se o mreži električnih vodova jer ona sigurno provodi struju i može se otkrivati ovim uređajem. U dogovoru s gospodinom Pacadijem, voditeljem



Slika 9. Indukcijski način rada

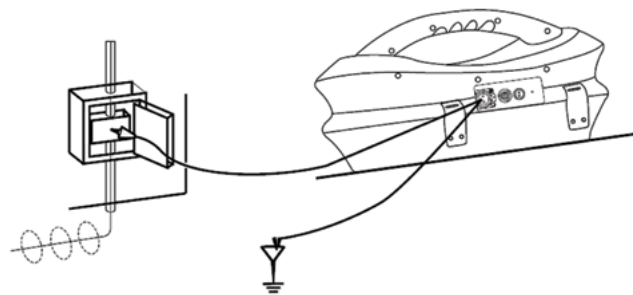


Slika 10. Spoj na uzemljenje

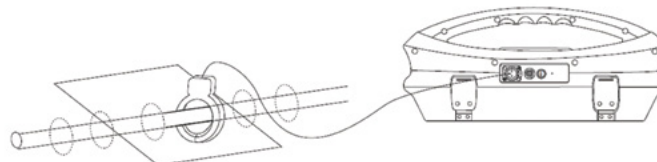


Slika 11. Spoj na vod

Odjela za katastar i prostorne evidencije u Gradu Zagrebu, odlučeno je da će se istraživanje provesti u Šoljanovoj ulici u Zagrebu (slika 14.). Institucija nadležna za ove instalacije je Elektra Zagreb, pa su od njih dobivene skice vodova koje se uzimaju kao točna evidencija. Sudionici terenskog rada bili su studenti Geodetskog fakulteta uključeni u ovu radionicu, gospodin Matej Sršić iz tvrtke Geomatika Smolčak d.o.o. te osobe iz Elektro Zagreb nadležne za elektro-instalacije u tom dijelu grada (slika 19.). Vremenski uvjeti na terenu bili su idealni. Iako je radionica održana u urbanom području, prijam GNSS



Slika 12. Prikaz direktnog spoja generatora na vod i uzemljenje



Slika 13. Spajanje na vod s hvataljkom



Slika 14. Terenski rad

signala bio je kontinuiran.

Snimanje na terenu izvedeno je na način da je uređaj Spar 300 postavljen na štapić s kotačem, koji služi za lakše kretanje po terenu, na koji je postavljen GNSS prijamnik Trimble GeoXR. Kako se radilo o elektro-vodovima kojima je svrha da provode struju, nije bilo potrebno spojiti se direktno na vod i pomoću generatora inducirati struju, nego smo Spar 300 podesili za rad na 50 Hz, što je ujedno i frekvencija električne struje. Na zaslonu uređaja moguće je pratiti dubinu voda, jačinu signala te statističke parametre pouzdanosti. Uz to je dan grafički prikaz detektiranog voda što vizualno olakšava terenski posao (slika 15.).

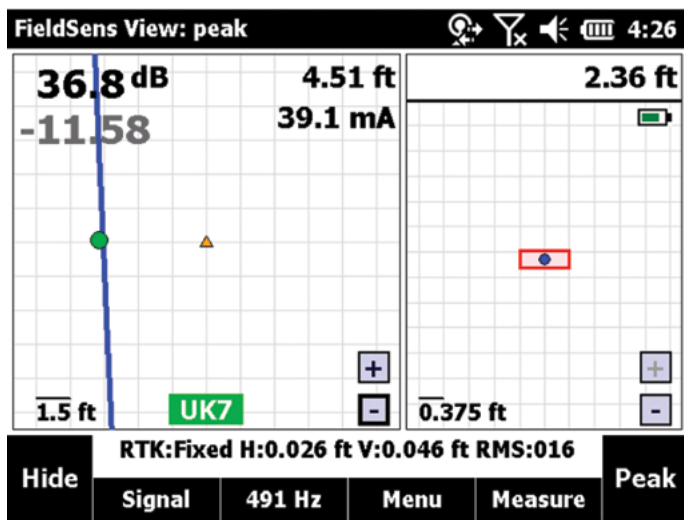
Budući da je položaj instalacija unaprijed poznat, sam terenski rad uvelike je olakšan. Krenulo se po pravcu glavnog voda ispred stambene zgrade (slika 16.). Prilikom traganja za vodovima uz skice, vrlo je važno znati koncept polaganja pojedinog voda, a to je posao stručne osobe koja radi u instituciji nadležnoj za određenu vrstu instalacije.

## 5. USPOREDBA DOBIVENIH REZULTATA SA SLUŽBENIM PODACIMA

Službeni podaci o položaju vodova dobiveni su od Elektro Zagreb i u ovom se radu uzimaju kao točne vrijednosti.

Preklap dobivenih podataka s DOF-om vidljiv je na slici 17. Područje na kojem se obavljao terenski rad nalazi se unutar zelene elipse.

Zbog većeg broja vodova na uskom području (pet vodova unutar 0,5 m) te nemogućnosti određivanja koji se vod zapravo snima zbog njihove blizine, srednji položaj voda koji se koristio pri usporedbi dobiven je kao aritmetička sredina položaja vanjskih vodova (slika 18.).



Slika 15. Izgled zaslona uređaja



Slika 16. Traganje za podzemnim instalacijama na travnjaku ispred stambene zgrade

Na osnovi službenih i mjerenih koordinata karakterističnih točaka voda (točke 1, 2, 3... 9, 10) određeno je horizontalno i visinsko odstupanje položaja mjenenog od službenog voda. Instrument pohranjuje podatke o visini tla i visini voda te se na osnovi njihove razlike može izračunati na kojoj se dubini nalazi gornja točka voda. U ovoj analizi korišteni su samo podaci o visini mjenenog voda, ne i dubini, jer su se za usporedbu posjedovali samo podaci o visini službenog voda, odnosno kote.

U tablici 3. prikazani su rezultati analize mjerenih i službenih podataka, odnosno prikazane su vrijednosti vertikalnih udaljenosti.

Tijekom terenskog rada uočeni su različiti utjecaji na rad uređaja, a samim time i na njegove rezultate, odnosno točnost. Zanimljivo je odvlačenje signala prema cesti udaljenoj 5 – 10 metara prilikom prolaska automobila tijekom mjerenja. Također, na rezultat utječe sve što se nalazi ispod zemlje između instrumenta i samog voda.

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog terenskog rada i obrade podataka dobivene su razlike između službenog voda i onoga detektiranog instrumen-

tom Spar 300. Horizontalna odstupanja položaja izmjenenog voda u odnosu na službeni vod su od 36 cm do 91 cm, a vertikalna odstupanja su od 1 cm do 37 cm. Uzevši u obzir sve pozitivne strane instrumenta kao i činjenicu da su rezultati mjerenja (odstupanja) u očekivanim granicama zaključujemo da je Spar 300 odličan izbor instrumenta za potrebe traganja za vodovima.

## 7. ZAHVALA

Zahvaljujemo vlasniku tvrtke Geomatika Smolčak d.o.o. gospodinu Nenadu Smolčaku na ustupljenom instrumentu i organizaciji ove radionice.

Zahvaljujemo gospodinu Mateju Sršiću iz tvrtke Geomatika Smolčak d.o.o. na vremenu odvojenom za terenski dio radionice, kao i za sve korisne savjete i objašnjenja prilikom rukovanja instrumentom.

Zahvaljujemo voditelju Odjela za katastar i prostorne evidencije u Gradu Zagrebu gospodinu Bruni Pacadiju na pomoći prilikom nabave prostornih podataka za ovu radionicu.

## LITERATURA

- › Cetl, V. (2013): Nastavni materijali iz kolegija Geoinformacijska infrastruktura, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- › Pravilnik o izmjenama Pravilnika o katastru vodova, Narodne novine br. 148/08.
- › Pravilnik o katastru vodova, Narodne novine, br. 71/08.
- › Protić, D. (2000): Javna rasvjeta u ulici M. Divkovića u Španskom – katastar vodova, diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- › Vrus, A. (2003): Katastar vodova kao dio sustava prostornih podataka, diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- › URL-1: Geomatika Smolčak, (2014), Opis proizvoda Spar 300. [Internet], <raspoloživo na: [http://www.geomatika-smolcak.hr/proizvodi\\_detail.aspx?ID=636836](http://www.geomatika-smolcak.hr/proizvodi_detail.aspx?ID=636836)>, (26. 5. 2014.).
- › URL-3: Optimal Ranging, (2012), Upute o uređaju Spar 300 (verzija 1.1). [Internet], <raspoloživo na: <http://www.yourprecision.com/pdfs/Spar%20Family%20Product%20Brief%20v1.1.pdf>>, (26. 5. 2014.).
- › URL-4: Optimal Ranging, (2012), Upute o uređaju Spar 300 (verzija 1.3). [Internet], <raspoloživo na: [http://www.geomatika-smolcak.hr/baza/smolcak/proizvodi\\_datoteke/Spar300\\_Datasheet.pdf](http://www.geomatika-smolcak.hr/baza/smolcak/proizvodi_datoteke/Spar300_Datasheet.pdf)>, (26. 5. 2014.).



Slika 17. Područje terenskog rada



Slika 18. Grafička usporedba mjenenog i službenog voda