

UDK 528.47:551.462:528.44:681.88:004.42:627.222.1
Stručni članak

Geodetsko-hidrografska mjerenja integriranim sustavom GPS-a i echo-soundera za potrebe izrade prostornih planova i projektiranja

Darko OREČ – Zadar*

SAŽETAK. U radu je opisan postupak izrade geodetske podloge koja sadrži topografsko-katastarski plan za kopneno i obalno područje te topografski plan za područje mora. Geodetska mjerenja izvedena su dvofrekvencijskim RTK GPS prijamnikom Thales Z-Max s registratorom podataka Juniper System Alegro i jednofrekvencijskim ultrazvučnim dubinomjerom Ohmex Sonar Mite. Razvojem GPS-uređaja i echo-soundera otvorena je mogućnost za odrađivanje vrlo zahtjevnih zadataka mjerenja dna vodenih površina. Suvremeni računalni programi omogućuju bržu i jednostavniju vizualizaciju mjerenih podataka i izradu slojnih planova, te trodimenzionalni prikaz terena. Hidrografske metode mjerenja GPS-uređajima i echo-sunderima s ekonomskog i vremenskoga gledišta daju jeftinije metode mjerenja, koje osiguravaju jednaku kvalitetu mjerenja, mogućnost ponavljanja mjerenja na istim mjestima, te omogućuju praćenje promjena tijekom vremena.

Ključne riječi: topografsko-katastarski plan, dvofrekvencijski prijamnik, registrator podataka, jednofrekvencijski ultrazvučni dubinomjer, slojni plan.

1. Uvod

Ubrzanim razvojem Republike Hrvatske u nekoliko posljednjih godina intenzivirana je potreba za izradom prostornih planova u obalnom prostoru. Sukladno Uredbi o uređenju i zaštiti obalnog područja mora (ZOP), evidentno je da se za neizgrađena građevinska područja moraju donijeti urbanistički planovi uređenja ili detaljni planovi na topografsko-katastarskoj podlozi u mjerilima 1:2000 ili 1:1000 za UPU-e i 1:1000 ili 1:500 za detaljne planove. Također, nakon usvajanja prostornih planova potrebno je za potrebe investitora izraditi detaljne situacijske planove u mjerilu 1:200.

Prema svemu navedenom vidljivo je da je pred geodetske stručnjake postavljena zadaća izrade podloge koja će sadržavati topografsko-katastarski plan za kopneno

* Darko Oreč, ing. geod., NAVIGATOR d.o.o., Frana Alfirevića 5, 23000 Zadar, e-mail: navigator@zd.t-com.hr.

i obalno područje i topografski plan za područje mora. Ta zadaća zahtijevala je za potrebe snimanja područja mora integriranje sustava za pozicioniranje i mjerenje dubina. Time je omogućeno dobivanje jedinstvenog podatka koji sadrži poziciju i dubinu (Pribičević i dr. 2007). Istodobnim mjerenjem i registracijom jedinstvenog podatka mjerenja smanjuje se mogućnost pogreške, koja može nastati naknadnim spajanjem i obradom mjerenja. Za potrebe izvođenja takvih mjerenja pristupilo se integriranju dvofrekvencijskoga RTK GPS prijavnika Thales Z-Max s registratorom podataka Juniper System Alegro i jednofrekvencijskim ultrazvučnim dubinomjerom Ohmex Sonar Mite.

2. Integriranje sustava za pozicioniranje i mjerenje dubina na mobilnoj platformi

U svrhu izvođenja geodetskih mjerenja pristupilo se integriranju sustava za pozicioniranje i mjerenje dubina i njegovoj montaži na mobilnu platformu – gumeni čamac (slika 1).



Slika 1. Integrirani sustav GPS-a i echo-soundera na mobilnoj platformi.

Geodetska mjerenja izvedena su dvofrekvencijskim RTK GPS prijavnikom Thales Z-Max s registratorom podataka Juniper System Alegro i jednofrekvencijskim ultrazvučnim dubinomjerom Ohmex Sonar Mite.

Karakteristike mjernih uređaja (Magellan Navigation 2007, Ohmex Ltd, Sonar Mite 2007):

Echo-sounder Sonar Mite

- jednofrekvencijski ultrazvučni dubinomjer
- frekvencija sonde 235 KHz
- raspon mjerenja dubine 0,3 m – 75 m
- točnost $\pm 0,025$ (RMS)
- raspon brzine zvuka 1400 – 1600 m/s
- raspon odaslanog signala 2 Hz
- spajanje s vanjskim jedinicama preko serijskog porta ili bluetootha.

Thales Z-Max GPS

- dvofrekvencijski RTK GPS uređaj
- prijam 24 paralelna kanala
- static, rapid static, post-processed kinematic, RTK – modovi snimanja
- RTK mod – horizontalna točnost $\pm 0,01$ m – visinska točnost $\pm 0,02$ m
- GSM HP iPAQ hw6915 – prijam korekcije RTCM, CMR, LRK
- Juniper System – Alegro CE registrator podataka s Fast survey softverom
- komunikacija s vanjskim jedinicama preko serijskog porta 2x, usb i Bluetooth.

Integriranje mjerenja obaju sustava moguće je provesti na dva načina:

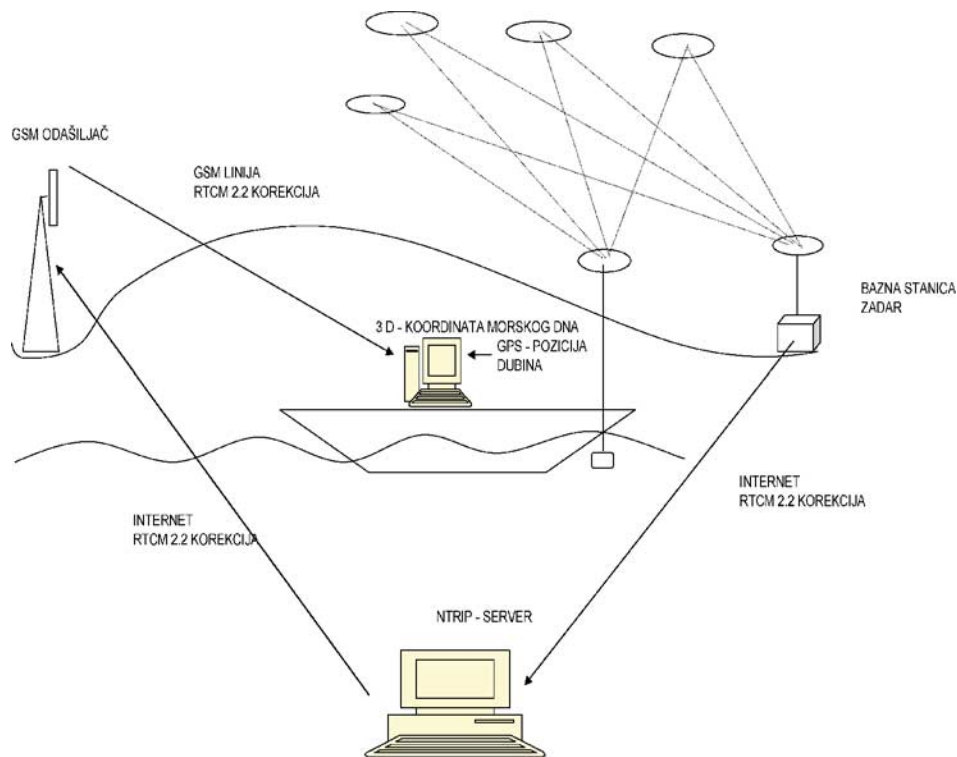
1. integriranjem mjerenja na temelju registracije vremena u oba sustava i naknadnom obradom
2. integriranjem mjerenja na temelju registracije mjerenja i obrade podataka u realnom vremenu na zajedničkom registratoru podataka.

U ovom slučaju integracija je učinjena istodobnom registracijom i obradom podataka u registratoru podataka dvofrekvencijskog GPS-uređaja Juniper System Alegro (2. način).

GPS kao sustav za precizno pozicioniranje daje poziciju u WGS-84 koordinatnom sustavu koja se transformacijom prevodi u HDKS, te se spaja s podatkom dubine koje daje sustav ultrazvučnog dubinomjera. Spajanje podataka obavlja se u diskretnoj točki, tako da se izmjerenoj dubini pridruži pozicija dobivena GPS-sustavom korigirana za visinsku razliku između sonde i faznog centra GPS-antene. Takav način povezivanja uvjetuje da se sonda echo-soundera i GPS-antena nalaze montirani na istom nosaču približno vertikalni jedno u odnosu na drugo. Razlika u visini između sonde i faznog centra određuje se po montaži sustava u čamac (Pribičević 2005).

U svrhu integriranja sustava pristupilo se određenim tehničkim rješenjima potrebnim za spajanje podataka iz oba sustava. Registrator podataka dvofrekvencijskog GPS-uređaja Alegro posjeduje unutar softvera za registraciju podataka Fast survey opciju, kojom je omogućen prihvata podataka vanjskih mjernih jedinica kroz serijski port uređaja. Kako kroz softver nije direktno podržan tip podatka ko-

ji daje sonar Ohmex Sonar Mite, pristupilo se izradi računalnog programa koji u realnom vremenu obavlja konverziju podataka iz Ohmex standarda u standard podataka uređaja Odom Hidrotrac, koji je direktno podržan u softveru Fast survey. Zbog toga je povezan echo-sounder serijskim kabelom s prijenosnim računalom na kojem se obavlja konverzija podataka i zatim se podaci preko serijskog porta šalju u registrator Alegro. Registrator istodobno u realnom vremenu prima podatke od GPS-uređaja i echo-soundera, te računa konačni trodimenzionalni podatak. Takvim načinom integriranja postiglo se da je podatak u svakom trenutku pouzdan te nije podložan mogućim pogreškama zbog nejednakog mjerenja vremena u oba uređaja (slika 2).



Slika 2. Shema izvođenja mjerenja.

3. Izvođenje mjerenja

U sljedećem poglavlju prikazan je postupak pripreme i izvođenja mjerenja na lokacijama uvale Lamjana i obalnog područja Općine Starigrad – Barić Draga (slika 3).



Slika 3. Lokacija snimanja – Barić Draga.

3.1 Priprema mjerenja

Pripremni radovi koji su prethodili izvođenju mjerenja obuhvaćali su:

snimanje obalne linije i dijelova mora koje neće biti moguće snimati iz čamca
pripremu podloge koja obuhvaća granicu obuhvata snimanja i linije profila po kojima će se izvoditi mjerenja.

Snimanje obalne linije izvedeno je dvofrekvencijskim GPS-uređajima Thales Z-Max, a na uređenim dijelovima obale korišteni su još teleskopski štapovi i mjerne vrpce s utegom za mjerenje dubine. Nakon snimke obalne linije definirana je granica obuhvata snimanja na moru i određene su linije profila po kojima će se obaviti snimanje. Linije profila po kojima će se izvoditi mjerenja u *.dxf formatu prenesene su u registrator Alegro. Nakon toga slijedila je priprema čamca, montaža opreme i vanjskog izvora napajanja za svu opremu (slika 1).

3.2 Postupak mjerenja

Mjerenju podataka integriranim sustavom dvofrekvencijskog RTK GPS-uređaja i echo-sundera prethodio je postupak kontrole stalnih geodetskih točaka koje su korištene pri izvođenju mjerenja na kopnu. Kako je za mjerenje morskog područja

upotrebljavan dvofrekvencijski RTK GPS-uređaj koji korekciju mjerenja prima s permanentne GPS-stanice u Zadru putem interneta, prije mjerenja izvršena je kontrola koordinata stalnih geodetskih točaka. Dvofrekventni RTK GPS-uređaj povezan je preko mobilnog telefona HP QW 6519 putem interneta s N-TRIP serverom, preko kojega prima RTCM 2,2 korekciju s bazne stanice u Zadru. Kontrolna mjerenja na geodetskim točkama pokazala su odstupanja od $\pm 0,04$ m položajno i visinski na području uvale Lamjana, te $\pm 0,04$ m položajno i $\pm 0,07$ m visinski na području Barić Drage.

Nakon kontrole stalnih geodetskih točaka pristupilo se i kontroli mjerene dubine. Zbog toga su obavljena istovjetna mjerenja pomoću teleskopskog štapa i mjerne vrpce s utegom i echo-soundera na dijelu uređene obale. Ta kontrola pokazala je da se istovjetno izmjerene kontrolne dubine razlikuju za $\pm 0,05$ do $\pm 0,1$ m, te se pristupilo mjerenju na moru.

Ta mjerenja izvođena su s gumenog čamca po mirnom vremenu. Izvođenje mjerenja započelo je po unaprijed projektiranim profilima. Odstupanja od profila kontrolirana su na zaslonu registratora Alegro čime je anulirana potreba za kontrolu s kopna pomoću pokrivenog smjera ili totalne stanice.

U svrhu izvođenja mjerenja u sklopu softvera Fast survey, na registratoru Alegro podešena je automatska registracija točaka. Ta opcija omogućava podešavanje automatske registracije točaka na temelju unaprijed određenog pomaka u ravnini xy ili h ili na temelju registracije točaka u određenom pravilnom vremenskom intervalu. U postupku mjerenja na lokacijama Lamjana i Barić Draga primijenjena je automatska registracija točaka na temelju pomaka u ravnini xy ili h. U priobalnom dijelu, za koji se pretpostavilo da je razvedeniji, pristupilo se registraciji točaka u intervalu od 3 do 5 m u ravnini xy ili od 0,5 m u ravnini h, a za ostale dijelove primijenjena je registracija točaka s pomakom od 7 do 10 m u ravnini xy i pomakom od 1 m u ravnini h. Na taj način registrator podataka sam obavlja registraciju točaka kontrolirajući pomak u ravnini xy ili h, te zadovoljavanjem uvjeta koji je postavljen registrira točku. Tako su dobiveni bolja i cjelovitija slika morskog dna te i preciznije registriranje promjena reljefa na morskom dnu. Mjerene točke pohranjene su u registratoru podataka zajedno sa svim podacima potrebnim za ocjenu točnosti GPS-mjerenja.

4. Obrada rezultata mjerenja

Nakon završetka mjerenja podaci mjerenja preneseni su u računalo, a pomoću GNSS Studio 2.0 provedena je kontrola GPS-mjerenja. Nakon toga podaci su eksportirani u tekstualnu datoteku koja sadrži podatke o broju točke, y-koordinati, x-koordinati i dubini. Takvi podaci učitani su u AUTOCAD CIVIL 3D, u kojem je obavljena daljnja obrada i kontrola mjerenja. Za kontrolu mjerenja dubina korištene su kontrole kroz postupak generiranja digitalnog modela reljefa (DMR) i izrade slojnog plana kao i metoda vizualnog rekognosciranja terena (fotografsko dokumentiranje cijelog područja) i iskustvenog uklanjanja snimljenih točaka koje ne prikazuju reljef morskog dna.

Prvo je obavljena kontrola kroz postupak generiranja DMR-a i izrade slojnog plana. U AUTOCAD CIVIL 3D prenesene su točke mjerenja iz *.txt datoteke,

kao i točke mora priobalnog dijela snimljene prije i prijelomne linije obale i uređenog dijela obale. Ti su elementi služili za izradu DMR-a mora. Nakon izrade DMR-a, izrađen je slojni plan za predviđeno područje, a zatim je obavljena kontrola točaka. Točke koje su imale grube pogreške prilikom mjerenja, očitovale su se u nelogičnom rasporedu izobata u slojnom planu. Sve točke koje su pokazivale grube pogreške uklonjene su iz plana, te je generiran novi DMR i slojni plan (slika 4).



Slika 4. Geodetska podloga uvale Lamjana (detalj).

Zatim se pristupilo detaljnijem pretraživanju slojnog plana kako bi se uočila odstupanja u slojnom planu koja je moguće anulirati na temelju vizualnog rekognosciranja terena i iskustvenog sagledavanja DMR-a. Te kontrole posebno su utjecale na uklanjanje pogrešaka iz DMR-a za područje uvale Lamjana, koja je lučko područje s brodogradilištem i prostor na kojem se nalazi veliki broj plutača poveznih lancima i konopcima, koje se koriste za privez brodova i naftnih platformi, te uzrokuju odbijanje signala. Nakon vizualnog rekognosciranja to područje snimljeno je GPS-uređajem, te je obavljena detaljna kontrola DMR-a na tom području. Sve točke koje su pokazivale nestandardno odstupanje izbačene su iz digitalnog modela reljefa. Nakon kontrole pristupilo se izradi konačnog DMR-a i slojnog plana za zadano područje. U slojnom planu kreirane su izobate s ekvidistancijom od 1 m u digitalnom zapisu.

Takva podloga spojena je zajedno s topografsko-katastarskom podlogom obalnog dijela. Kao konačni produkt izrađeni su topografsko-katastarski planovi obalnog dijela i mora u digitalnom i analognom zapisu u 2D prikazu i DMR-a u digitalnom zapisu s 3D prikazom.

Naknadno su izrađeni karakteristični poprečni profili na traženje investitora.

5. Zaključak

Suvremene metode geodetskog snimanja omogućavaju u vrlo kratkom vremenu izradu hidrografskih podloga s velikim brojem točaka za koje je klasičnim metodama hidrografskog snimanja potrebno mnogo više vremena. Razvojem GPS-uređaja i echo-sundera omogućeno je izvođenje raznih zahtjevnih zadataka mjerenja dna mora ili rijeka.

Velika gustoća snimljenih točaka omogućuje precizniju izradu DMR-a i slojnog plana potrebnog za interpretaciju reljefa morskog dna. Tim načinom izrade omogućena je kvalitetnija izrada geodetskih podloga koje pojednostavnjuju projektiranje zahvata na području mora ili rijeka. Također, suvremenim računalnim softverom omogućena je jednostavnija i brža vizualizacija mjerenih podataka te izrada slojnih planova i 3D vizualnih prikaza terena. Hidrografske metode mjerenja GPS-uređajima i echo-sunderima, s ekonomskog i vremenskoga gledišta, jeftinije su metode koje osiguravaju jednaku kvalitetu mjerenja, kao i mogućnost ponavljanja mjerenja na istim mjestima. A to nadalje omogućuje naknadnu kontrolu obavljenih radova ili praćenje promjena tijekom vremena.

Literatura

- Pribičević, B. (2005): Pomorska geodezija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Pribičević, B., Medak, D., Mikičić, I., Medved, I. (2007): Suvremene geodetsko-hidrografske mjerne metode u praćenju izgradnje strateških infrastrukturnih objekata u Republici Hrvatskoj, Zbornik radova – Simpozij o inženjerskoj geodeziji SIG 2007, Beli Manastir, 195-201.
- Magellan Navigation, Inc (2007): Z-Max.Net – Getting started guide.
- Ohmex Ltd (2007): Sonar Mite – System Specification.

Geodetic and Hydro Graphic Measurements with the Integrated GPS and Echo-Sounder System Needed in the Production of Spatial Plans and Designing

ABSTRACT. The paper presents the procedure of producing geodetic base containing topographic and cadastral plan for land and coast, and the topographic plans for the sea area. Geodetic measurements carried out with two-frequency RTK GPS receiver Thales Z-Max having data recorder Juniper System Alegro and single-frequency ultrasonic echo sounder Ohmex Sonar Mite. The development of GPS-devices and echo-sounders have opened the possibility to perform very demanding measurement tasks at the bottom of water bodies. Modern computer programs allow faster and simpler visualisation of measured data and the production of layered plans, and the three-dimensional terrain presentation. Hydro graphic methods in measurements with GPS-devices and echo-sounders yield cheaper measurement methods from the economic and time-consuming view point, and they provide equal measurement quality, as well as the possibility of repeating the measurements at the same places, providing the monitoring of changes in the course of time.

Key words: topographic and cadastral plan, two-frequency receiver, data recorder, single-frequency ultra sonic echo sounder, layered plan.

Prihvaćeno: 2007-06-05