

Prva opažanja gibanja umjetnih zemljinih satelita u Hrvatskoj i određivanje koordinata položaja opservatorija Hvar

» Miljenko Solaric » Nikola Solaric

SAŽETAK. U članku je opisano kako su izvedena prva opažanja gibanja umjetnih Zemljinih satelita u Hrvatskoj (i bivšoj državi) na Opservatoriju Hvar Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1971. godine i kako je ostvareno sudjelovanje u međunarodnom projektu »Zapadnoeuropska satelitska trigonometrijska mreža« (West European Satellite Triangulation - WEST). Opažalo se pomoću IGN-kamere, registrirajući istovremeno položaje zvijezda i satelita svake sekunde na fotografske ploče visoke osjetljivosti. Po ideji Nikole Solarica, izrađen je i dodatni uređaj s kojim je pojednostavljeno izvođenje opažanja s IGN-kamerom, ali i poboljšana mjerna nesigurnost mjerenja vremena na jednu milisekundu, s 3 do 4 milisekunde. Takva mjerna nesigurnost mogla se je ostvariti samo s malim brojem skupocjenih uređaja. Nažalost, stigla je zabrana daljnjeg opažanja umjetnih satelita na Opservatoriju Hvar, kao i slanja podataka opažanja u inozemstvo na zajedničku obradu. Tako se moralo prekinuti s opažanjem i slanjem naših podataka mjerenja u inozemstvo na zajedničku obradu. Iz vrlo malog broja opažanja određene su i koordinate Opservatorija Hvar, ali s vrlo velikim standardnim odstupanjem od oko 40 m.

Prva dozvola za uključivanje Opservatorija Hvar Geodetskog fakulteta iz Zagreba u međunarodnu suradnju projekta IDOC'82 Italy Doppler Observation Campaign dobivena je 1982. godine kada su određene koordinate položaja trigonometrijskog stupa na Opservatoriju, u svjetskom koordinatnom sustavu WGS '72. Ukratko je opisan i rad tog satelitskog navigacijskog sustava koji je radio pomoću mjerenja pomaka primljene frekvencije radio signala odaslanih sa satelita TRANSIT prouzrokovanih Doplerovim efektom uslijed gibanja satelita. Pomoću te metode određene su koordinate položaja Opservatorija Hvar s točnošću oko 0,70 m, što se prije klasičnim geodetskim metodama nije moglo ni približno ostvariti.

KLJUČNE RIJEČI: umjetni Zemljini sateliti, IGN-kamera (Institut Geographique National), projekt European Satellite Triangulation - WEST, Opservatorij Hvar, Doplerov efekt, projekt IDOC'82 Italy Doppler Observation Campaign, projekt WE-DOC-2 West East European Doppler Observation Campaign

> 1. Uvod

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu davala se od samog početka izbacivanja prvih umjetnih Zemljinih satelita posebna pozornost opažanju njihovih položaja. Tako je na otoku Hvaru, iznad grada Hvara, u tvrđavi »Napoljun«, osnovan »Opservatorij Hvar« u suradnji Geodetskog fakulteta iz Zagreba i Akademije znanosti Čehoslovačke iz Praga. On je službeno otvoren 1972. godine, a s opažanjem gibanja umjetnih Zemljinih satelita započelo se na Hvaru ranije, tj. točnije u svibnju 1971. godine.

> 2. Prva opažanja gibanja umjetnih Zemljinih satelita u Hrvatskoj

Prva opažanja gibanja umjetnih Zemljinih satelita u Hrvatskoj (i bivšoj državi) izvedena su na Opservatoriju Hvar u okviru projekta »Zapadnoeuropska satelitska trigonometrijska mreža« (West European Satellite Triangulation - WEST) (Slika 2).

U tom projektu uglavnom su sudjelo-

vale opažачke stanice zemalja iz tadašnjeg Zapadnog bloka i dvije iz Istočnih bloka. Naš fakultet sudjelovao je u tom projektu u opažanju na Opservatoriju Hvar s IGN-kamerom (skraćeno nazvanu prema imenu francuskog proizvođača Institut Geographique National), ali posuđenom iz Münchena iz Njemačke (Slika 3). Simultano (istovremeno) mjereno je sa svih opažачkih stanica uključenih u projektu WEST snimanjem položaja umjetnog Zemljinih satelita PAGEOS na fotografske ploče visoke osjetljivosti zajedno sa zvijezdama (Slika 4).

Na osnovu tih fotografskih ploča i registriranog vremena snimanja moglo se u određenom trenutku snimanja odrediti ravninu u kojoj je ležao satelit S i dvije opažачke stanice P_1 i P_2 (Slika 5). Naime, na negativu su određene koordinate položaja satelita i koordinate zvijezda na snimku, a zatim su se mogli, u istom tom trenutku, odrediti i položaji zvijezda u svemirskom prostoru iz astronomskih tablica. Nakon transformacije koordinata zvijezda i satelita s fotografskih ploča, mogla se izračunati

rektascenzija α i deklinacija δ položaja satelita, tj. odrediti njegov položaj u svemirskom prostoru s točke P_1 i P_2 .

Druga ravnina bila je određena kad je satelit bio u nekom drugom položaju S_2 koja je sjekla prethodnu ravninu po spojnici između opažачkih stanica P_1P_2 . Taj presjek određen je jediničnim vektorom e_σ , koji spaja točke P_1P_2 . Kad se obrade sva opažanja na umjetne satelite, na svim opažачkim stanicama mogu se formirati trokuti u kojima se moglo izračunati kutove, a kako je bila poznata duljina jedne stranice (Slika 6) mogla se je izračunati prostorna trigonometrijska mreža.

Točke na Zemlji P_1 i P_2 nisu se morale dogledati pa je tako po prvi put u povijesti svijeta bilo moguće povezati trigonometrijske mreže Europe i Amerike. Naime, klasičnom trigonometrijskom mrežom to nije bilo moguće ostvariti zbog zakrivljenosti Zemlje koja onemogućava dogledanje točaka na većim udaljenostima.

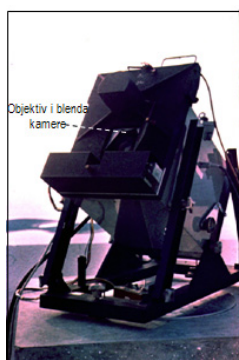
Na obradu podataka mjerenja s fotografskih ploča trošilo se puno vremena pa



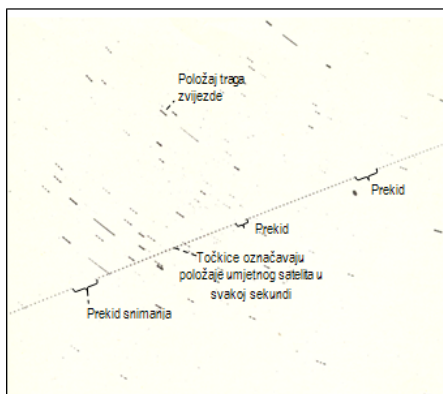
Slika 1. Opservatorij Hvar smješten u tvrđavi »Napoljun« iznad grada Hvara na otoku Hvaru



Slika 2. Raspored opažakih stanica Zapadnoeuropske satelitske trigonometrijske mreže WEST (1971.-1972. godine)



Slika 3. IGN - kamera za istovremeno snimanje položaja umjetnih Zemljinih satelita sa zvijezdama. (Blenda je rotirala tako da je objektiv bio otvoren svake sekunde, a snimano je na staklene fotografske ploče visoke osjetljivosti).



Slika 4. Fotografska ploča na kojoj se vidi snimljeni položaj umjetnog satelita svake sekunde kao točka na pravcu. Da bi se moglo znati koje sekunde je snimljen položaj satelita, učinjeni su prekid za vrijeme snimanja položaja satelita. Položaji pojedinih zvijezda snimljeni su puno kraćim crticama jer se zvijezde prividno gibaju mnogo sporije.

su se tada tražile neke elektroničke metode koje bi zamijenile optičke metode. Naime, u tom trenutku optičke metode bile su znatno točnije od elektroničkih, ali su elektroničke metode bile znatno brže. Zato ih se moralo više poboljšati usavršavanjem tehničkih karakteristika, što je postupno ostvareno, kao na primjer s doplerovskim mjerenjima primljenih signala sa satelita.

U Hrvatskoj projekt WEST vodio je naš poznati i cijenjeni prof. dr. Nikola Čubranić, a kao suradnici bili su Krešo Čolić, Nikola Solarić i Miljenko Solarić, kao tadašnji asistenti. U radu su pomagali tadašnji studenti Radovan Marjanović i Zlatko Lasić, a i dipl. ing. Ladislav Feil, koji su poslije postali redoviti profesori.

Originalno, s IGN kamerom moglo se vrijeme registrirati s mjernom nesigurnosti 3 do 5 milisekundi, a bilo je poželjno da se smanji mjerna nesigurnost registriranja vremena opažanja. Tako je Nikola Solarić izradio dodatni elektronički uređaj za povećanje točnosti registracije vremena i za pojednostavljenje procesa opažanja IGN – kamerom na stanici Hvar. Tim uređajem se smanjila mjerna nesigurnost mjerenja vremena na svega jednu milisekundu, što se moglo samo sa znatno skupljim instrumentima (Solarić, N. 1971) i (Solarić, N. 1972).

Svi podaci opažanja iz 1971. i 1972. godine nisu se smjeli poslati u inozemstvo na zajedničku obradu jer je vojska zabranila

međunarodnu suradnju. Međutim, i pored toga, u zajedničko izjednačenje simultanih optičkih opažanja položaja umjetnog Zemljinog satelita PAGEOS-a, u okviru projekta WEST, ušlo je ipak 8 opažanja s Opservatorija Hvar koji su poslani u inozemstvo neposredno pred zabranu, od ukupno 100 izvedenih mjerenja.

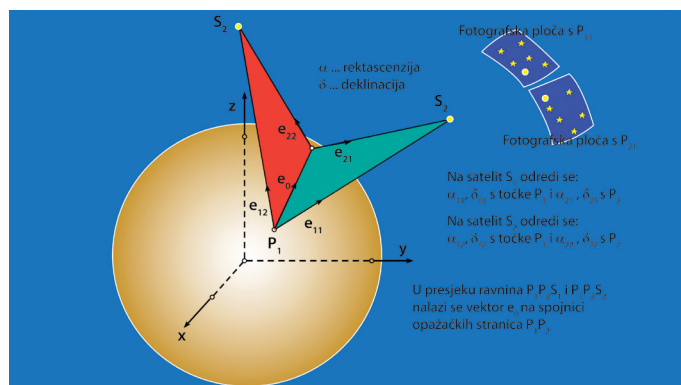
Tako je u radu (Ehmspreger 1974) objavljeno da su za Opservatorij Hvar (astronomski stup) određene koordinate položaja iz malog broja mjerenja sa standardnim odstupanjem:

- u pravcu sjevera 15,0 m,
- u pravcu istoka 34,7 m,
- po visini 30,0 m,

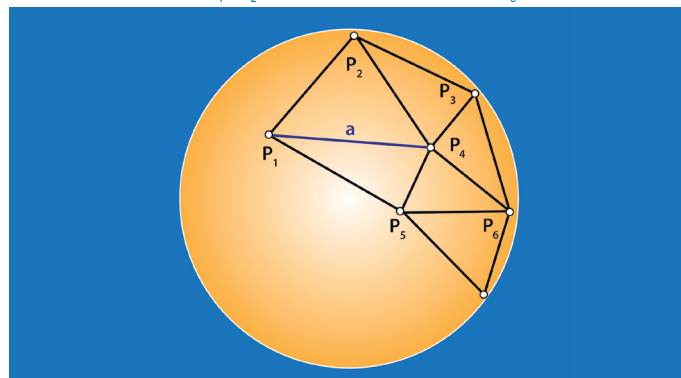
odnosno da su poluosi elipsoida pogrešaka: 10,5 m, 17,5 m i 43,7 m (Solarić 2001).

Standardno odstupanje određenih koordinata položaja ostalih uključenih stanica u projekt WEST (s velikim brojem mjerenja) bila je najvećim dijelom oko 5 m, a samo položaji manjeg broja stanica su određeni sa standardnim odstupanjem preko 10 m, odnosno 20 m. Koordinate Opservatorija Hvar (astronomskog stupa) u tom radu nisu objavljene, a nije napisano ni u kojem koordinatnom sustavu su izračunate.

Tadašnjom tehnikom opažanja umjetnih Zemljinih satelita bilo je maksimalno moguće postići standardno odstupanje određivanja koordinata opažakih stanica od svega 5 m, ali samo iz velikog broja mjerenja i uz veliki trud (Solarić 2001).



Slika 5. Presjekom ravnina $P_1P_2S_1$ (u kojoj leže dvije opažake stanice i satelit S_1) i ravnine u drugom položaju satelita $P_1P_2S_2$ određeni su pravci u prostoru koji spajaju opažake stanice P_1 i P_2 , tj. njegov jedinični vektor e_0



Slika 6. Satelitska trigonometrijska mreža u kojoj je izmjerena duljina jedne stranice

Zbog zabrane međunarodne suradnje moralo se prestati s opažanjima umjetnih satelita, ali se i pored toga na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu nastavilo s praćenjem napretka satelitske geodezije u svijetu.

> 3. Prva mjerenja pomoću Doplerovih uređaja na Opservatoriju Hvar

Određivanje položaja umjetnih Zemljinih satelita pomoću optičkih mjerenja visokoosjetljivim fotoaparatima, a pored toga što je taj način na početku bio najtočniji, imao je veliki nedostatak. Taj nedostatak sastojao se u tome da se optičkim kamerama mogao odrediti položaj umjetnih Zemljinih satelita samo u malom broju točaka njegovih položaja. Naime, umjetni sateliti nisu se mogli opažati optičkim metodama (kamerama) za vrijeme danjeg svjetla, oblačnog i maglovitog vremena, ali ni po vedroj noći kada je satelit bio u Zemljinoj sjeni. Dakle, kamerama su se mogli registrirati položaji umjetnih satelita samo u relativno kratkom vremenskom razdoblju. To je bio razlog zbog čega se odmah nakon izbacivanja prvog umjetnog satelita Sputnjika 1 nastojalo iskoristiti Doplerov efekt za određivanje položaja umjetnih satelita. Dr. William H. Guier i George C. Weiffenbach iz SAD-a analizom su zaključili da se orbita satelita može odrediti pomoću Doplerovog efekta iz samo jednog njegovog prolaza. Tako je u SAD-u uspostavljena mreža točaka TRANET s poznatim koordinatama položaja s kojih su, uz pomoć Doplerovog efekta, određivani položaji umjetnih satelita u sustavu koordinata poznatih mjernih točaka.

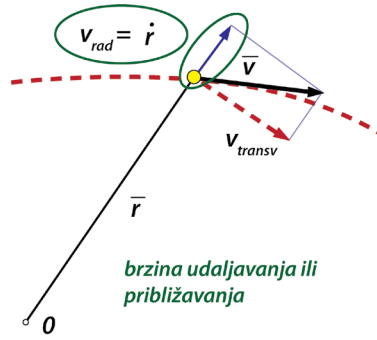
a) Doplerov efekt

Christian Doppler je 1842. godine objavio svoj najznačajniji rad u kojem je objasnio da do promjene frekvencije dolazi ako se izvor vala (zvuka, svjetla i dr.) relativno približava ili udaljuje od promatrača. To je svima poznat efekt:

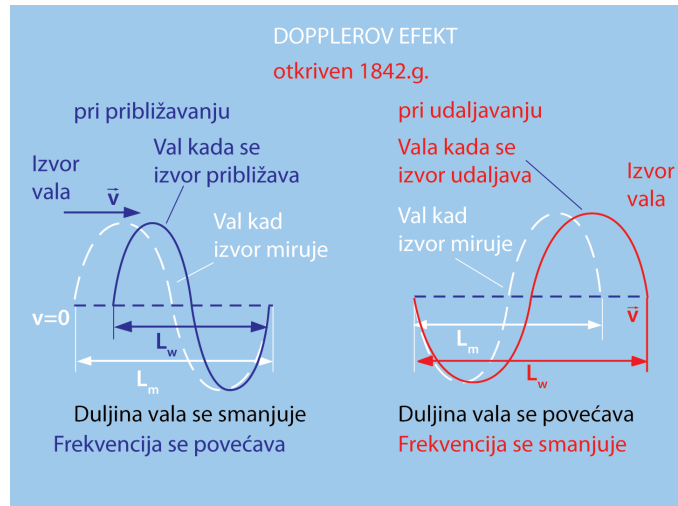
Kada se vlak približava nepomičnom opažaču, visina tona zvučnog signala lokomotive je viša, dok je pri udaljavanju vlaka visina tona istog zvučnog signala niža od frekvencije stvarno odaslanog zvučnog signala piska lokomotive.

Pojašnjenje zbog čega dolazi do promjene frekvencije odaslanih valova koje prima »mimi opažач« ako se odašiljač vala približava ili udaljuje od mirnog opažачa prikazano je na slici 8, gdje je zbog jednostavnosti nacrtan samo jedan val.

Zato se s pomoću Doplerovog efekta može samo odrediti brzina približavanja ili udaljavanja, dakle radijalna komponenta



Slika 7. Prikaz komponenti vektora relativne brzine \vec{v} , gdje je v_{rad} - radijalna komponenta brzine i v_{trans} - transverzalna komponenta



Slika 8. Promjene frekvencije izazvane pri približavanju ili udaljavanju izvora vala

brzine (Slika 7).

b) Satelitski Doplerov navigacijski sustav

Nedugo nakon izbacivanja prvih umjetnih satelita, dr. Frank McClure i Richard Kershner iz SAD-a predložili su da se umjetni Zemljini sateliti koriste za navigaciju na moru. Oni su zamislili da se obrnutim postupkom za određivanje položaja umjetnih Zemljinih satelita, pomoću Doplerova efekta radiovalova, mogu odrediti položaji brodova iz:

- poznatih položaja satelita,
- Doplerova pomaka primljenih frekvencija radio valova odaslanih sa satelita,
- primljenih radiosignala (poruka) sa satelita o njihovim položajima.

Tako je bilo zamišljeno da se u orbitu oko Zemlje lansira 5 do 6 satelita TRANSIT, a poslije i satelit NOVA u približno kružne polarne orbite na visinu oko $H = 1.000$ km s periodom ophoda oko Zemlje od 107 minuta. Taj satelitski sustav dobio je naziv *Navy Navigation Satellite System* (NNSS), a poslije se često koristio i naziv TRANSIT po satelitima TRANSIT.

Odašiljači sa satelita su odašiljali radiosignale s dvije vrlo stabilne frekvencije od 150 MHz (točnije 149,988 MHz) i od 400 MHz (točnije 399,968 MHz). Te dvije fre-

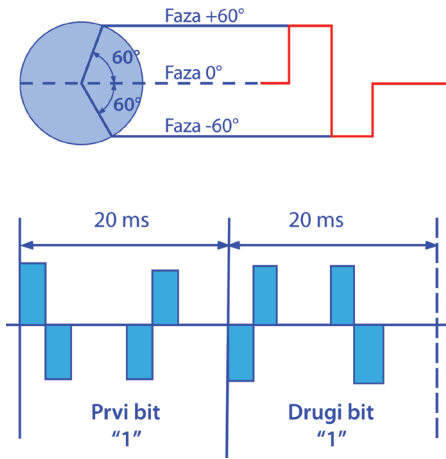
kvencije bile su izabrane tako da se može dobro korigirati utjecaj ionosfere. Obje frekvencije bile su fazno modulirane s pomakom frekvencije faze za $+60^\circ$ i -60° tvoreći na taj način signal za bit »1« ili »0«, kao što se vidi na slici 9. Tako je u NNSS, sustavu prihvaćen binarni sustav brojeva kakav se koristi i u elektroničkim računalima. Na taj su način korisnicima na Zemlji radiovezom prenošene poruke o položajima satelita TRANSIT. Te poruke, tzv. odaslane efemeride (Broadcast Ephemeris), o koordinatama položaja satelita u orbitalnom koordinatnom sustavu počele su se odašiljati

svake parne minute Svjetskog vremena (Universal Time – UT).

Odaslane efemeride sa satelita davale su koordinate položaja satelita u orbitalnom koordinatnom sustavu, a poslije se prelazilo u svjetski geocentrički koordinatni sustav WGS 72. One su bile izračunate na osnovi prethodnih 36-satnih mjerenja Doplerovih pomaka

frekvencije primljenih signala odaslanih sa satelita TRANSIT i poslije NOVA na četiri stanice (Havaji, Kalifornija, Minesota i Maine). One su slale svoja mjerenja u računsko središte u Kaliforniji po posebnim linijama, neprekidno 24 sata dnevno. Ti su podaci mjerenja obrađeni na osnovi nebeske mehanike i tako su izračunate odaslane efemeride za 12 sati unaprijed. Te podatke računsko središte je slalo na dvije injekcijske stanice (Kalifornija i Minesota) koje su te podatke, radio vezom, slale u memoriju satelita TRANSIT. Zatim su sateliti te podatke o svojem položaju odašiljali korisnicima na Zemlju za njihovu uporabu. Ti položaji nisu stvarni, već su računskim putem predviđeni unaprijed, a na osnovi prethodnih mjerenja i znanja iz nebeske mehanike.

Iz promjene frekvencije mogla se izračunati radijalna komponenta brzine, a da bi se izračunalo koliko je bilo približavanje ili udaljavanje satelita trebalo je integrirati (sumirati) te radijalne komponente brzine u izvjesnom vremenskom intervalu. To je tehnički riješeno pomoću tzv. Doppler count – Doplerova zbroja N_{jk} . On je predstavljao površinu između referentne frekvencije f_{ref} proizvedene u prijamnom Doplerovom uređaju i primljene frekvencije radiovalova f_{pr} odaslanih sa satelita u vremenskom periodu ΔT_{jk} (Slika 10). Pritom je f_{sa} bila fre-



Slika 9. Signal za bit «1» i «0»

kvencija radiovalova odašlanih sa satelita. Minimalni vremenski interval sumiranja bio je 4,6 sekundi, a obično se u geodeziji uzima vremenski interval sumiranja od 23 do 30 sekundi. Iz Doplerovog zbroja moglo se odrediti razliku duljina radijus vektora položaja satelita $\Delta r_{j,k}$ od opažачke stanice P na početku »j« i na kraju mjenenog intervala »k« prema jednadžbi:

$$r_k - r_j = \frac{c}{f_{ref}} N - c \frac{f_{ref} - f_{sa}}{f_{ref}} (t_k - t_j)$$

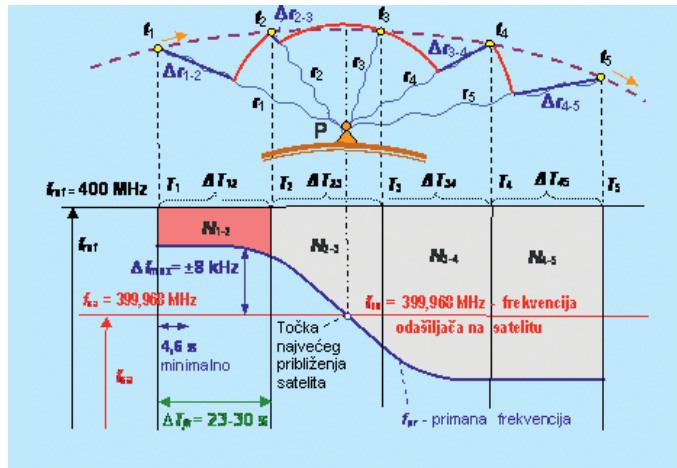
Izračunata razlika dužina $r_k - r_j$ određivala je hiperboloid kao geometrijsko mjesto mogućih točaka na kojem se moralo nalaziti stajalište uređaja, točnije položaj njegove antene. Daljnji Doplerovi zbrojevi tvorili su druge hiperboloide kao stajališne plohe, a njihov presjek određivao je konačno prostorni položaj opažачke stanice P, kao što se to vidi na slici 11. Zbog jednostavnosti na slici je nacrtan samo presjek dvaju hiperboloida, a trebalo bi nacrtati najmanje tri hiperboloida i njihove presjeke koji će prolaziti točkama P1 i P2.

Treba naglasiti da su dobivena dva rješenja (dvije točke), ali se sigurno moglo reći koja je od točaka davala pravo rješenje jer su se te dvije točke nalazile na velikim udaljenostima.

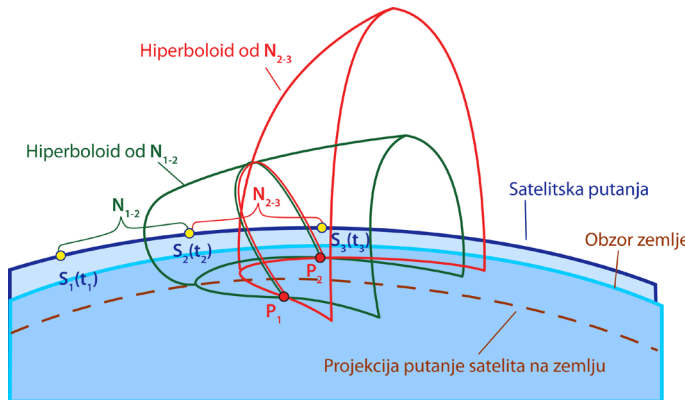
Tijekom jednog prolaza satelita TRANSIT u trajanju od 10 do 14 minuta moglo se uz uzimanje u račun i brzine broda odrediti njegov položaj sa standardnim odstupanjem 200 m po noći i 400 m po danu. Na početku je točnost toga navigacijskog su-



Slika 12. Doplerov uređaj Magnavox s akumulatorom na Opservatoriju Hvar u kampanji IDOC '82



Slika 10. Doplerov zbroj $N_{j,k}$ (Doppler count $N_{j,k}$)



Slika 11. Određivana točka P1 ili P2 nalazi se u presjeku hiperboloida. Zbog jednostavnosti na slici je nacrtan samo presjek dva hiperboloida, a trebalo bi nacrtati najmanje tri hiperboloida i njihove presjeke.

stava bila manja, a poslije se postupno povećavala. Kad je točnost bila već povećana, geodeti su počeli koristiti taj satelitski navigacijski sustav za svoje potrebe. Tako se je ovaj satelitski sustav već koristio u geodeziji sredinom sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a postizalo se standardno odstupanje određivanih koordinata točaka oko 0,5 m iz višednevnih mjerenja. (Ta su rješenja bila praktički više »uljepšana«.)

Navigacijski sustav NNSS odigrao je značajnu povijesnu ulogu u pomorstvu, ali i geodeziji. Nažalost, servisiranje toga na-



Slika 13. Antena Doplerovog uređaja na terasi, na trigonometrijskoj točki 209z, na Opservatoriju Hvar

vigacijskog sustava završeno je 31. prosinca 1996. godine, a njegovu ulogu preuzeo je Globalni pozicijski sustav GPS.

c) Primjena Doplerovih mjerenja na Opservatoriju Hvar Geodetskog fakulteta

Ideja da se u bivšoj državi organizira Doplerova kampanja mjerenja s ciljem povezivanja trigonometrijske mreže u bivšoj državi u svjetski geodetski geocentrički koordinatni sustav, začeta je krajem sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Tada su bile planirane dvije Doplerove kampanje YUGDOC-1 i

YUGDOC-2. Međutim, pored višegodišnjeg nastojanja i velikog uloženog truda nije se mogla dobiti dozvola za međunarodnu suradnju od vojske (Solaric 2000).

Nakon velikog uloženog truda, dobivena je dozvola za međunarodnu suradnju u Doplerovom projektu IDOC'82 (*Italy Doppler Observation Campaign*) s Italijom. U tom projektu sudjelovalo se s posudnim Doplerovim uređajem (Slike 12 i 13) od prof. dr. H. Segera iz Njemačke, velikog prijatelja akademika Krešimira Čolića i Hrvatske. U radu nam je pomagao tada još mladi, dipl. ing. Tomislav Bašić, danas redoviti profesor. Tada smo po prvi put od vojske dobili dozvolu za međunarodnu suradnju pa su tako po prvi put određene koordinate Opservatoriju Hvar u svjetskom (geocentričkom) koordinatnom sustavu WGS72. To je bila ujedno prva točka u čitavoj Hrvatskoj (a i bivšoj državi) kojoj su određene koordinate u svjetskom koordinatnom sustavu WGS72.

Podaci mjerenja iz projekta IDOC '82 su izjednačeni u više varijanti, a poslije transformacije svedeni i na podatke dobivene s pomoću »preciznih efemerida«. Nakon usporedbe rezultata Doplerovih mjerenja iz kampanje IDOC'82 s rezultatima GPS-mjerenja (koji se mogu uzeti kao apsolutno točni) dobilo se da se oni razlikuju od GPS koordinata:

- po koordinati X od 0,83 do 0,91 m



Slika 14. Mreža Dopplerovih stanica uključenih u projekte WEDOC (West East European Doppler Observation Campaign): Dopplerove stanice uključene u projekte WEDOC-1 i WEDOC-2 Dopplerove stanice uključene u projekt WEDOC-2

- po koordinati Y od 0,75 do 0,82 m
- po koordinati Z od 0,30 do 0,51 m
- po elipsoidnoj visini h od 0,68 do 0,83 m.

Dakle, sve su tri koordinate određene u prosjeku s pogreškom oko 0,70 m. Pritom je najbolje određena koordinata Z, a koordinata X s nešto većom pogreškom.

To je izvrstan rezultat za tu točku, kada se zna da je u Europi bilo samo tridesetak točaka kojima su bile tako dobro određene koordinate položaja.

Opservatorij Hvar sudjelovao je 1983. godine i u velikom međunarodnom projektu WEDOC-2 (*West East European Doppler Observation Campaign*), a u kojem su sudjelovale zemlje Zapadnog i Istočnog bloka (Slika 14).

Sudjelovanjem u međunarodnim projektima IDOC'82 i WEDOC-2 određene su po prvi put koordinate trigonometrijskog stupa 209_z na Opservatoriju Hvar u svjetskom geodetskom geocentričnom koordinatnom sustavu WGS72 (World Geodetic System). Tako su po prvi put jednoj točki u Hrvatskoj određene koordinate u geocentričnom koordinatnom sustavu WGS72.

Bilo je i neostvarenih projekata, pored uloženog velikog truda da se oni ostvare, kao na primjer ALGEDOC i WEGENER-MEDLAS kojeg smo željeli realizirati zajedno s prof. dr. H. Seegerom. Međutim, od vojske nismo dobili dozvolu za međunarodnu suradnju.

Konačno, pravi procvat primjene satelitskih mjerenja u Hrvatskoj nastao je uvođenjem GPS mjerenja u geodetsku praksu.

> 4. Zaključak

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu davala se posebna pozornost opažanju umjetnih Zemljinih satelita od samog početka izbacivanja prvih umjetnih Zemljinih

satelita. To se vidi i po tome što su prva optička opažanja položaja umjetnog satelita PAGEOS s IGN-kamerom izvedena na Opservatoriju Hvar Geodetskog fakulteta prije 39 godina. Istina je da smo čitavo vrijeme morali moliti dozvolu za međunarodnu suradnju kod nadležnih vlasti. Naime, tu dozvolu bilo je teško dobiti jer su se koordinate položaja neke točke tada smatrale vojnom tajnom.

Poslije smo ipak uspjeli dobiti dozvolu za sudjelovanje Opservatorija Hvar u međunarodnom projektu IDOC '82 s Italijom, Austrijom, Njemačkom, Grčkom i Španjolskom. Tada su prvi put jednoj točki u Hrvatskoj (a i bivšoj državi) određene koordinate položaja u svjetskom koordinatnom sustavu WGS72.

Pravi procvat geodezije i primjena satelitskih tehnologija u Hrvatskoj je nastao 1991. godine kada smo kupili prve GPS-prijamnike i kada se više nije moralo tražiti dozvole za međunarodnu suradnju.

Međunarodna suradnja s kolegama geodetima iz Njemačke, Austrije, Italije, Mađarske, Češke, a i Slovenije dale su svoje pozitivne rezultate, na čemu im moramo zahvaliti. Na taj način Hrvatska je ušla spremna za masovnu i efikasnu primjenu CROPOS-a, jer se bez te prethodne pripreme na usvajanju satelitskih tehnologija ne bi moglo tako masovno i uspješno usvojiti ta najsvremenija metoda geodetskih mjerenja.

Mora se također zahvaliti Europskoj Uniji, njenim predstavnicima u Hrvatskoj na velikoj financijskoj podršci, kao i našoj vladi što su podržali nastojanja hrvatskih geodeta u osuvremenjivanju geodezije.

Na tome se ne smije stati, već se mora stalno pratiti dosege znanosti i prakse u čitavom svijetu i prenositi ih u Hrvatsku, ali i davati naše doprinose svijetu.

Može se ustvrditi da je geodezija doživjela nagli napredak, pravi procvat, zahvaljujući satelitima i kompjutorskim tehnologijama.

> Literatura

- » Čolić, K. (1971): Prvotni radovi na Satelitskoj stanici Hvar, Zbornik radova Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, publikacija br. 8, str. 25-56.
- » Čolić, K. i Solarić, M. (1981): Problemi točnosti doplerovskih opažanja satelitske geodezije, Geodetski list br. 7-9, str. 157-172.
- » Čolić, K. i Solarić, M. (1983): Visoki stupanj automatizacije u doplerovskim mjerenjima satelitske geodezije, Zbornik radova Savjetovanja o automatizaciji u geodeziji, Bled, str. 261-276, Simpozij je organizirao Savez GIG J.
- » Čolić, K.; Lohmar, F.J. i Solarić, M. (1984): An Indirect Way to Determine

the Geocentric Coordinates of the Hvar Doppler Station in PE-System Starting from Two New MPBE-Solutions for the Project IDOC-82, tiskano u *Observations of Artificial Satellites of the Earth*. Vol. 23. (Proceedings of the INTERCOSMOS/COSPAR - Symposium), Karlovy Vary, str. 477-486.

- » Čubranić, N. (1971): Opažanje umjetnih Zemljinih satelita, Zbornik radova Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, publikacija br. 8, str. 1-6.
- » Solarić, M. (1968): Zadaci satelitske geodezije i instrumenti za određivanje položaja satelita, Geodetski list br. 10-12, str. 171-181.
- » Solarić, M. (1969): Satelitska triangulacija. Geodetski list br.1-3, str. 11-20.
- » Solarić, M. (2008): Prvi začeci satelitskih navigacija, Kartografija i geoinformacije br.9, str. 20-40.
- » Solarić, M. i Čolić, K. (1981a): Uvodno razmatranje o doplerovskim mjerenjima u vezi s njihovom primjenom u SFRJ, Geodetski list br. 4-6, str. 73-88.
- » Solarić, M. i Čolić, K. (1981b): Doplerovski uređaji satelitske geodezije i praktično provođenje opažanja, Geodetski list br. 10-12, str. 253-272.
- » Solarić, M. i Čolić, K. (1983): Prvotni rezultati određivanja geocentričkih koordinata Doplerovske stanice Hvar primjenom jednostaničnog rješenja, Zbornik radova Savjetovanja o automatizaciji u geodeziji, Bled, str. 245-259. Simpozij je organizirao Savez GIGJ.
- » Solarić, M. i N. (2000): Pregled geodetskih određivanja položaja i ostvarenih znanstvenih rezultata na Opservatoriju Hvar, Geodetski list br. 3, str. 167-188.
- » Solarić, M. i N. (2001): Analiza ostvarenih znanstvenih rezultata geodetskih određivanja položaja Opservatorija Hvar, Geodetski list br. 2, str. 79-104.
- » Solarić, N. (1971): Dodatni elektronički uređaj za povećanje točnosti registracije vremena i za pojednostavljenje procesa opažanja IGN – uređajem na Satelitskoj stanici Hvar, Zbornik radova Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, publikacija br. 8, str. 57-68.
- » Solarić, N. (1972): The additional equipment used at Hvar to improve the accuracy of time registration and to simplify the observation procedure for the IGN – camera, Zbornik radova »International: Symposium Satellites and Terrestrial Triangulation« u organizaciji FIG (International Federation of Surveyors), objavljen u *Mittlg. Geod. Inst. TH Graz, Folge II, Graz*, str. 251-259. ■