

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

V zbirki je izvorna različica izdajatelja.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is a publisher's version PDF file.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Savšek, S., Ambrožič, T., Kogoj, D. 2007. Terestrična izmera mikromreže pri vzpostavitvi mareografske postaje Koper. *Geodetski vestnik* 51,1: 48-58. [www.geodetski-vestnik.com/](http://www.geodetski-vestnik.com/).

# TERESTRIČNA IZMERA MIKROMREŽE PRI VZPOSTAVITVI MAREOGRAFSKE POSTAJE KOPER

TERRESTRIAL MEASUREMENTS OF MICRO NETWORK FOR THE ESTABLISHMENT  
OF THE TIDE GAUGE STATION KOPER

*Simona Savšek - Safić, Tomaž Ambrožič, Dušan Kogoj*

UDK: 528.2:528.33:551.46.08

IZVLEČEK

Agencija Republike Slovenije za okolje je leta 2002 začela s prenovo mareografske postaje v Kopru, ki je bila postavljena leta 1958. Sodobna mareografska postaja bo poleg beleženja srednjega nivoja morja in temperature morja pridobivala natančne meteorološke podatke (hitrost in smer vetra, zračni tlak, temperatura zraka in vlažnost) ter neprekinjena opazovanja iz permanentne postaje GPS. Neprekinjena GPS-opazovanja omogočajo stalno spremljanje položaja referenčne točke antene GPS-sprejemnika na mareografski postaji ter povezavo opazovanj nivoja morja s terestričnim referenčnim sistemom. V članku so opisana geodetska dela na mareografski postaji Koper v času njenega poskusnega delovanja, ki so se izvajala z namenom spremljanja lokalne horizontalne in višinske stabilnosti referenčne točke antene GPS-sprejemnika v okviru izmere terestrične mikromreže.

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.02

ABSTRACT

In 2002 the Environmental Agency of the Republic of Slovenia started with the modernisation of the tide gauge station in Koper, which was first set up in 1958. Besides the recording of mean sea level and sea water temperature, the modern tide gauge station will also provide precise meteorological data (wind speed and direction, air pressure, air temperature and humidity) and uninterrupted monitoring at the permanent GPS station. This makes it possible to permanently monitor the position of the GPS antenna reference point to determine the position of the reference point of the tide gauge station, and it allows us to connect the monitoring of the sea level with the terrestrial reference system. The paper presents the geodetic activities at the tide gauge station Koper in the trial period, carried out in order to monitor the local horizontal and vertical stabilities of the GPS antenna reference point of the permanent GPS station in the frame of the terrestrial micro network.

KLJUČNE BESEDE

*mareografska postaja, terestrična mikromreža, lokalna horizontalna stabilnost, višinska stabilnost*

KEY WORDS

*tide gauge station, terrestrial micro network, local horizontal stability, vertical stability*

## 1 UVOD

Mareografska postaja Koper (v nadaljevanju MP) je bila postavljena leta 1958 za potrebe določanja srednjega nivoja morja, na osnovi katerega lahko določimo lego ničelne ekvipotencialne ploskve, tj. višinske referenčne ploskve. Skladno s priporočili IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) je Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) leta 2002 začela s prenovo MP. Objekt starega mareografa je bil porušen, cev s plovcem pa premaknjena ob carinski pomol. Na mestu starega mareografa je bila zgrajena sodobna MP s permanentno postajo GPS in referenčno točko antene GPS (GARP - GPS Antenna Reference Point), ki ustreza mednarodnim standardom

za registracijo in spremljanje nivoja morja (Stopar et al., 2006). Permanentna postaja GPS je vključena v slovensko omrežje GPS postaj SIGNAL (Stopar et al., 2002).

Ker anteno GPS (kontrolno točko KOPE) obravnavamo kot referenčno točko glede na MP, mora biti ta točka lokalno stabilna oziroma moramo poznati njen premik v prostoru in času. Za ugotavljanje stabilnosti oziroma določevanje morebitnega značilnega premika smo na območju nove MP vzpostavili geodetsko mikromrežo. Točke so stabilizirane na način, ki zagotavlja zanesljivo talno stabilizacijo in prisilno centriranje reflektorjev za opazovanje premikov. Opazovanja so izvedena na ekscentričnih stojščih, kar omogoča izvedbo meritev in obdelavo opazovanj brez podatka o višini instrumenta. Na osnovi treh primerljivih izmer lahko ugotovljamo horizontalno in višinsko stabilnost referenčne točke antene GPS oziroma njene premike v prostoru.



*Slika 1: Stari mareograf iz leta 1958 (levo) in novi mareograf s permanentno postajo GPS (desno).*

Omeniti je treba, da je pričujoči članek nadaljevanje članka Stopar et al., 2006 z namenom podrobnejše razlage predvsem poglavja 3.4.

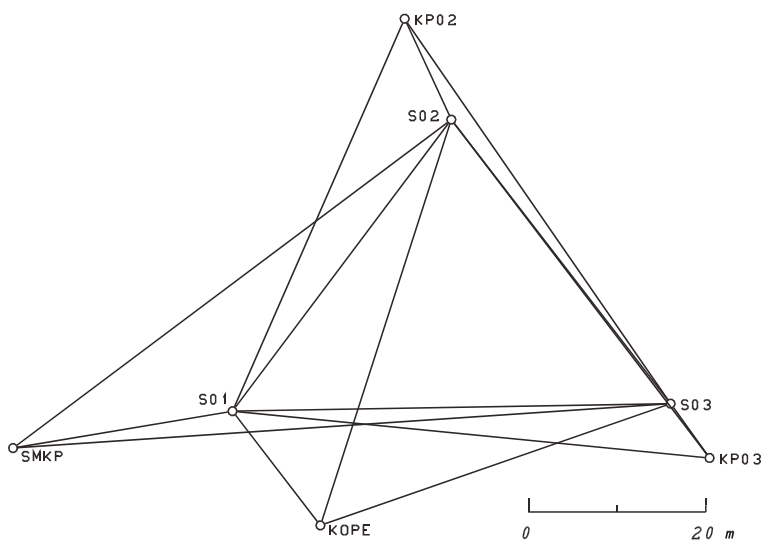
## 2 OBLIKA IN VELIKOST TERESTRIČNE MIKROMREŽE

Lokalno terestrično mikro geodetsko mrežo sestavljajo tri referenčne, položajno in višinsko domnevno stabilne točke SMKP, KP02, KP03. Dodatno so stabilizirane tri pomožne točke S01, S02, S03, ki predstavljajo ekscentrična stojšča za izvedbo terestričnih opazovanj. Na objektu mareografa je na vrhu droga stabilizirana referenčna točka antene GPS, ki jo imenujemo kontrolna točka KOPE, katere stabilnost ugotovljamo. Glede na predhodno opravljene simulacije opazovanj lahko trdimo, da geometrija mreže zagotavlja zahtevano natančnost določitve položaja kontrolne točke glede na referenčne točke, ki je boljša od 1 mm. Horizontalna geodetska mreža je terestrična triangulacijsko trilateracijska mikromreža, višine točk v mreži so določene s trigonometričnim višinomerstvom. Na sliki 2 je predstavljena oblika terestrične mikromreže.

Točke	Oznake točk	Število
Referenčne točke	SMKP, KP02, KP03	3
Ekscentrična stojišča	S01, S02, S03	3
Kontrolna točka	KOPE	1
Skupno število točk v terestrični mikromreži		7

**Preglednica 1:** Status točk v terestrični mikromreži.

Ekscentrična stojišča S01, S02 in S03 so postavljena v neposredni bližini referenčnih točk na oddaljenosti od 7 m do 25 m. Najkrajša dolžina v terestrični mikromreži med točkama S03 in KP03 znaša 7 m, najdaljša pa je med točkama S03 in SMKP in znaša 73 m.



**Slika 2:** Oblika terestrične mikromreže.

Lokalni koordinatni sistem horizontalne terestrične mikromreže je določen s koordinatami treh domnevno stabilnih točk – to je referenčnih točk SMKP, KP02, KP03. V terestrično mikromrežo so vključena tudi ekscentrična stojišča S01, S02, S03 ter kontrolna točka KOPE, katerim v postopku izravnave določamo koordinate. Izhodiščne višine referenčnih točk so določene z metodo geometričnega nivelmana z navezavo na reper mareografa 9001 (Stopar et al., 2006). Točke v terestrični mikromreži so med seboj povezane z največjim možnim številom povezav in tvorijo zaključene like, ki zagotavljajo zanesljivo ugotavljanje in izločanje grobo pogrešenih opazovanj, hkrati pa zagotavljajo zahtevano in homogeno natančnost določitve prostorskih koordinat novih točk.

### 3 STABILIZACIJA IN SIGNALIZACIJA TOČK TERESTRIČNE MIKROMREŽE

V terestrični mikromreži pričakujemo zelo majhne premike, zato je način stabilizacije, ki zagotavlja stabilnost referenčnih točk, zelo pomemben. V praksi se v mrežah za ugotavljanje premikov pogosto uporablja betonske stebre z možnostjo prisilnega centriranja. Tak način stabilizacije sicer zagotavlja veliko lastno stabilnost in natančno prisilno centriranje, vendar je zaradi velike mase temelja in stebra večja možnost nagiba in lokalnega premika. Hkrati je tovrstna stabilizacija zelo moteča v urbanem ali kmetijskem okolju (Vodopivec in Kogoj, 2005).

V terestrični mikromreži je uporabljen način talne stabilizacije točk, kjer so točke določene z dvema fizično stabiliziranimi točkama - referenčno točko in ekscentričnim stojiščem. Na referenčne točke, katerih premike ugotavljamo, prisilno centriramo reflektor. Meritve pa izvedemo iz točke, ki je glede na referenčno točko postavljena ekscentrično. Na ta način eliminiramo pogrešek centriranja instrumenta, saj ekscentrično stojišče predstavlja le pomožno točko za določitev koordinat referenčnih točk. V terestrični mikromreži smo uporabili tri načine stabilizacije točk.

#### a. Kontrolna točka - KOPE

Točka je stabilizirana na vrhu droga nad MP, kjer je nameščena antena GPS. Točka je definirana z vijakom, ki omogoča privitje antene GPS ali posebnega nastavka za prizmo. Točko signaliziramo s precizno prizmo *Leica* GPH1P. Ugotavljamo horizontalno in vertikalno stabilnost te točke.



**Slika 3:** Kontrolna točka KOPE – antena GPS (levo) in reflektor (desno).

#### b. Referenčne točke – SMKP, KP02, KP03

Točka SMKP je bila stabilizirana že pred obnovo MP in je bila vključena v številne izmere GPS. Fizična stabilizacija je izvedena z medeninastim valjastim drogom, ki sega do nivoja okolice. Na vrhu droga je luknja s colskim cevničnim navojem, v katerega privijemo nastavek za anteno GPS, nastavek za prizmo *Leica* za terestrična opazovanja ali nastavek za niveliranje. Ko točke ne uporabljamo v geodetske namene, privijemo v navoj čep, ki ščiti navoj in seveda ležišče, na katerega nasedajo prej omenjeni nastavki. Položaj točk KP02 in KP03 je bil izbran glede na točki SMKP in KOPE tako, da je zagotovljena vidnost iz ekscentričnih stojišč S01, S02 in S03

ter da so zaščitene pred uničenjem. Točki KP02 in KP03 sta stabilizirani na enak način kot točka SMKP, le da sta izdelani iz nerjavečega jekla. Vse točke signaliziramo s preciznimi prizmami *Leica GPH1P*.

c. Ekscentrična stojišča - S01, S02, S03

Točke so stabilizirane z navadnim čepom z luknjico, vgrajenim v asfalt oziroma beton. Signalizirane so s stativom, kamor je nameščen merski instrument oziroma ustrezno podnožje s precizno prizmo tipa *Leica GPR121*. Položaji stojišč so izbrani tako, da so iz posameznega stojišča vidne vse druge točke terestrične mikromreže.



**Slika 4:** Stabilizacija in signalizacija referenčnih točk (levo) in ekscentričnih stojišč (desno).

#### 4 MERSKA OPREMA

Za terestrično izmero smo uporabili precizni instrument in dodatni pribor, ki skupaj zagotavljajo visoko mersko natančnost. Za merjenje horizontalnih kotov, zenitnih razdalj in poševnih dolžin smo uporabili precizni elektronski tahimeter *Leica Geosystems TC2003*. Instrument je namenjen najnatančnejšim meritvam kotov in dolžin v preciznih terestričnih geodetskih mrežah. Deklarirani standardni odklon merjenja kotov znaša  $\sigma_{\alpha} = 0,15$  mgon, standardni odklon merjenih dolžin pa  $\sigma_s = 1$  mm; 1ppm. Instrument je bil preizkušen na pooblaščenem servisu skladno s preizkusno metodo in ustreza deklarirani točnosti.

Poleg elektronskega tahimetra smo uporabili dodatni pribor, ki služi za centriranje instrumenta, signalizacijo opazovalnih točk, merjenje meteoroloških parametrov za določitev prvega popravka hitrosti pri merjenju dolžin ter določanje višinskih razlik med točkami. Uporabili smo:

- originalne prizme *Leica* (GPH1P, GPR121),
- podnožja z nosilci prizem (sliki 3 in 4),
- precizni aspiracijski psihrometer,
- digitalni barometer Paroscientific, model št. 760-16B.

Poudariti je treba, da smo posamezno točko v vseh izvedenih izmerah signalizirali z istim nosilcem prizme in isto prizmo, da bi čimbolj zmanjšali pogrešek signalizacije.



## 5 METODA IZMERE

Z namenom ugotavljanja horizontalne in višinske stabilnosti kontrolne točke KOPE smo izvedli tri neodvisne izmere. Terestrično mikromrežo smo izmerili kot klasično terestrično mrežo. Za določitev horizontalnih koordinat referenčnih in kontrolne točke smo uporabili metodo *triangulacije in trilateracije*. Horizontalne smeri smo opazovali po girusni metodi v treh girusih, istočasno smo merili poševne dolžine trikrat obojestransko med pomožnimi točkami in trikrat enostransko na referenčne točke ter kontrolno točko. Za redukcijo poševno merjenih dolžin smo merili tudi zenitne razdalje v treh ponovitvah, obojestransko med pomožnimi točkami in enostransko na referenčne točke in kontrolno točko. Za določitev višin referenčnih točk in kontrolne točke smo uporabili metodo *trigonometričnega višinomerstva*.

## 6 OBDELAVA REZULTATOV MERITEV

Horizontalni položaj referenčnih točk in kontrolne točke določimo z izravnavo opazovanj v mreži. Vhodni podatek za izravnavo horizontalne mreže so reducirane sredine treh girusov opazovanih horizontalnih smeri in sredine reduciranih dolžin na posameznih stojiščih. Izvedli smo testiranje opazovanj za morebitno prisotnost grobih pogreškov po danski metodi (Grigillo in Stopar, 2003). Analiza je pokazala, da meritve ne vsebujejo grobih pogreškov. Na osnovi izvedenih opazovanj ugotavljamo, da so natančnosti smeri in dolžin v posameznih izmerah med seboj primerljive.

Ker so horizontalne koordinate preračunane v lokalni koordinatni sistem terestrične mikromreže na nivoju najnižje točke v mreži, to je referenčne točke SMKP ( $H = 1,3427$  m) na pomolu, je treba dolžine reducirati na nivo referenčne točke SMKP. Upoštevali smo instrumentalne, meteorološke, geometrične in projekcijske popravke. Vplive atmosfere smo določili na osnovi natančnih meritev temperature, zračnega tlaka in delnega tlaka vodne pare na stojišču. Za izračun lomnega količnika za normalno atmosfero smo uporabili enačbo *Edlen 1966*, dejanski lomni količnik pa smo izračunali po enačbi *Barrel & Sears* (Kogoj, 2005). Upoštevali smo prvi popravek hitrosti. Drugega popravka hitrosti in redukcije zaradi ukrivljenosti svetlobnega žarka nismo upoštevali zaradi kratkih dolžin (Kogoj, 2005). Izračunane vrednosti poševnih dolžin smo reducirali na skupni nivo na osnovi merjenih zenitnih razdalj in poševnih dolžin ter izračunanih višinskih razlik. Zaradi ekscentrične postavitve stojišč je redukcija opazovanj mogoča brez podatka o višini instrumenta.

Višinske razlike med točkami smo izračunali po enačbah trigonometričnega višinomerstva iz sredin opazovanih zenitnih razdalj in sredin poševnih dolžin, reduciranih na dolžino »kamen-kamen«.

## 7 OCENJENE VREDNOSTI KOORDINAT TOČK V TERESTRIČNI MIKROMREŽI

Predpostavili smo, da so kotne meritve v posamezni izmeri na vseh stojiščih opravljene z enako natančnostjo. Dolžine so kratke, zato smo predpostavili, da na natančnost meritev vpliva predvsem začetni pogrešek, ki ni odvisen od velikosti merjene dolžine. Ocenjene vrednosti horizontalnih koordinat in višin referenčnih točk in kontrolne točke smo določili z izravnavo opazovanj. Za

skupno izravnavo horizontalnih kotov in dolžin smo uporabili program GEM4. Višinske razlike smo v terestrični mikromreži izravnali s programom VimWin v. 4.0.

Najbolj objektivno natančnost opazovanj in položajev točk v mreži pridobimo z izravnavo proste mreže, kjer ni vpliva danih količin na opazovanja in neznanke, kar je pri vrednotenju rezultatov pomembno. Dosežena natančnost je glede na izbrani instrument in metodo meritev pričakovana. Lahko trdimo, da so bile meritve korektno izvedene. V preglednici 2 navajamo natančnost meritev v posamezni izmeri. Natančnost grup kotnih in dolžinskih meritev smo določili z aposteriori metodo ocene uteži po *Ebnerju* (Kogoj, 1992).

<i>meritev</i>	$\sigma$ [mm]	$\sigma_{\alpha}$ ["]
<i>1. izmera</i>	0,20	2,29
<i>2. izmera</i>	0,30	2,46
<i>3. izmera</i>	0,44	2,91

**Preglednica 2:** Standardni odkloni kotnih in dolžinskih meritev.

Opazovanja v terestrični mikromreži smo torej izravnali po posredni metodi kot prosto mrežo in jo nato s transformacijo S transformirali na referenčne točke SMKP, KP02 in KP03. Glede na to, da imajo vse tri referenčne točke v horizontalnem smislu enak status, vse tri določajo geodetski datum v horizontalni mreži. V preglednici 3 so podani elementi standardnih elips pogreškov in podatek o doseženi natančnosti določitve višin.

<i>Elementi standardne elipse pogreškov, natančnost višin</i>					
	<i>Točka</i>	<i>A</i> [mm]	<i>B</i> [mm]	$\Theta$ [°]	$\sigma_{ii}$ [mm]
<i>1. izmera</i>	SMKP	0,1	0,1	54	0,1
	KP02	0,1	0,1	20	0,1
	KP03	0,1	0,1	114	0,1
	KOPE	0,2	0,1	139	0,1
<i>2. izmera</i>	SMKP	0,1	0,1	66	0,2
	KP02	0,2	0,1	4	0,1
	KP03	0,1	0,1	118	0,1
	KOPE	0,3	0,2	141	0,1
<i>3. izmera</i>	SMKP	0,2	0,1	68	0,1
	KP02	0,2	0,2	175	0,1
	KP03	0,2	0,1	122	0,1
	KOPE	0,4	0,2	140	0,1

**Preglednica 3:** Elementi standardnih elips pogreškov horizontalnih koordinat in natančnost višin točk.



Približne vrednosti višin referenčnih točk smo določili na osnovi izravnave merjenih višinskih razlik v prvi izmeri, kot izhodiščne višine so privzete nivelirane nadmorske višine v državnem višinskem sistemu. Ker imajo referenčne točke tudi v višinskem smislu enak status, vse tri določajo tudi geodetski datum v višinski mreži. Za določitev ocenjenih vrednosti višin smo uporabili skupno izravnavo višinskih razlik po metodi posrednih opazovanj. Višinsko terestrično mikromrežo smo izravnali kot prosto mrežo in jo nato transformirali s transformacijo S na višine referenčnih točk SMKP, KP02 in KP03.

## 8 SPREMEMBE KOORDINAT REFERENČNIH TOČK IN KONTROLNE TOČKE

Rezultate izravnave opazovanj v horizontalni in višinski mreži primerjamo med seboj. Zanimajo nas spremembe prostorskih koordinat referenčnih točk ter kontrolne točke med tremi izmerami. Spremembe koordinat ocenjujemo na osnovi geometrije mreže, metode izmere, instrumentarija ter datuma horizontalne in višinske mreže. Ker so za uporabnika najbolj zanimivi relativni premiki referenčnih točk in kontrolne točke med izmerami glede na izhodiščne koordinate in višine, v preglednici 4 podajamo spremembe položajev točk glede na ničelno meritev v horizontalnem in višinskem smislu.

Točka	Izmera	Kumulativne spremembe koordinat		
		$dy$ [mm]	$dx$ [mm]	$dH$ [mm]
SMKP	1. izmera	0,0	0,0	0,0
	2. izmera	0,1	-0,2	-0,1
	3. izmera	-0,3	-0,2	0,0
KP02	1. izmera	0,0	0,0	0,0
	2. izmera	0,4	-0,2	-0,0
	3. izmera	0,2	0,2	0,0
KP03	1. izmera	0,0	0,0	0,0
	2. izmera	-0,5	0,3	0,4
	3. izmera	0,1	0,0	0,0
KOPE	1. izmera	0,0	0,0	0,0
	2. izmera	1,0	0,6	-0,3
	3. izmera	<b>1,0</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,2</b>

**Preglednica 4:** Kumulativne spremembe koordinat točk v terestrični mikromreži po koordinatnih oseh glede na izhodiščne koordinate in višine iz prve izmere.

Horizontalne koordinate referenčnih točk in višin, določenih v treh izmerah, ne izkazujejo značilnih razlik. Največje spremembe koordinat opazimo na kontrolni točki KOPE, ki je tudi predmet spremljanja lokalne horizontalne in višinske stabilnosti. Relativna sprememba v obdobju treh mesecev v smeri osi  $y$  znaša 1,0 mm, v smeri osi  $x$  je v mejah natančnosti določitve koordinat.

V obdobju treh mesecev je zaznavna sprememba višine kontrolne točke KOPE v velikosti 0,2 mm, ki pa glede na metodo določitve višin ni statistično značilna.

Standardni odklon prostorskih koordinat referenčnih in kontrolne točke je neposredno odvisen od izbranega geodetskega datuma. Premik točk in standardni odklon premika je smiselno izračunati glede na enak geodetski datum. Ker razpolagamo s primerljivimi izmerami, ocenjujemo, da je smiselno ugotavljanje horizontalne stabilnosti referenčnih točk ter ugotavljanje statistično značilnega premika kontrolne točke.

## 9 TESTIRANJE ZNAČILNOSTI HORIZONTALNIH PREMIKOV

V obravnavani terestrični mikromreži razpolagamo s tremi primerljivimi izmerami, zato lahko ugotavljamo stabilnost referenčnih točk in morebitne premike kontrolne točke. Za testiranje značilnosti horizontalnih premikov je pomembna stabilnost referenčnih točk, identična geometrija mreže ter identične približne koordinate točk. Premike točk je mogoče z zadostno verjetnostjo odkriti šele tedaj, ko so premiki statistično značilno večji od standardnega odklona premikov. S pomočjo premika točke  $d$  ter standardnega odklona premika točke  $\sigma_d$  lahko izračunamo testno statistiko  $T = d / \sigma_d$ , ki jo primerjamo s kritično vrednostjo  $T_{krit}$  ob izbrani stopnji značilnosti testa  $\alpha$ : (Savšek - Safić, 2002; Savšek - Safić et al., 2003). Za oceno statistično značilnih premikov smo se v primeru obravnavane terestrične mikromreže odločili za stopnjo značilnosti testa  $\alpha = 5\%$ , saj ocenjujemo, da je to še sprejemljivo tveganje. V praksi je za presojo o značilnih premikih zelo uporabno izračunati dejansko tveganje  $\alpha_T$  za zavrnitev ničelne hipoteze, ki jo zapišemo  $H_0 : d = 0$ . Točk, ki izpolnjujejo pogoj  $\alpha_T < \alpha = 5\%$ , ne moremo obravnavati kot stabilne. V preglednici 5 navajamo izračunane premike s pripadajočimi standardnimi odkloni med posameznimi izmerami ter količine, potrebne za presojo o statistično značilnih premikih točk v terestrični mikromreži.

Točka		Spremembe koordinat točk		Horizontalni premik točk med izmerama		Testiranje značilnosti premikov Dejansko tveganje		
		$dy$ [mm]	$dx$ [mm]	$d$ [mm]	$\sigma_d$ [mm]	$T$	$T_{krit}$	$\alpha_T$ [%]
SMKP	Med prvo in drugo izmero	0,1	-0,2	0,2	0,1	1,7936	2,3884	19
KP02		0,4	-0,2	0,4	0,2	2,8346	2,4016	2
KP03		-0,5	0,3	0,6	0,2	3,1766	2,3651	0
KOPE		1,0	0,6	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>	4,8358	2,3777	0
SMKP	Med prvo in tretjo izmero	-0,3	-0,2	0,4	0,2	1,6819	2,3629	22
KP02		0,2	0,2	0,3	0,2	1,2748	2,4041	43
KP03		0,1	0,0	0,1	0,2	0,4563	2,3577	90
KOPE		1,0	-0,2	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	2,7849	2,3691	2

**Preglednica 5:** Testiranje značilnih horizontalnih premikov v terestrični mikromreži.

Pri presoji o značilnosti premikov referenčnih točk in kontrolne točke v terestrični mikromreži ugotavljamo, da v nekaterih primerih izračunana testna statistika preseže kritično vrednost  $T_{krit}$ . To pomeni, da za vse točke, ki izpolnjujejo pogoj  $\alpha_T < \alpha = 5\%$ , ne moremo trditi, da so stabilne. Izračunane velikosti premikov referenčnih točk se gibljejo od 0,1 do 0,6 mm, standardni odklon premika  $\sigma_d$  je majhen in se giblje od 0,1 do 0,2 mm. Zaradi izjemno visoke natančnosti določitve premika težko trdimo, da referenčni točki KP02 in KP03, ki med prvima dvema izmerama izpolnjujeta pogoj  $\alpha_T < \alpha = 5\%$ , izkazujeta statistično značilni premik, zato ju ne obravnavamo kot nestabilni točki. Pri presoji o značilnem premiku kontrolne točke KOPE ugotavljamo, da je premik statistično značilen in znaša 1 mm med prvo in tretjo izmero. Tveganje za zavrnitev ničelne hipoteze je premajhno, kar pomeni, da točko lahko obravnavamo kot nestabilno.

## 10 ZAKLJUČKI

V neposredni bližini MP je bila z namenom geodetskega spremljanja lokalne horizontalne in višinske stabilnosti kontrolne točke KOPE (antena ARP) vzpostavljena terestrična mikromreža. Uporabljena je bila precizna talna stabilizacija geodetskih točk za opazovanje premikov, ki zagotavlja prisilno centriranje, hkrati pa zmanjšuje možnost lokalnega premika in je za okolico nemoteča. Opravljene so bile tri neodvisne izmere na način, ki zagotavlja ponovljivost izvedbe meritev ter zanesljivo obravnavanje opazovanih količin in odkrivanje grobih pogreškov na osnovi zadostnega števila nadštevilnih opazovanj. Uporabljena merska oprema in metode izmere omogočajo doseganje visoke natančnosti.

Na osnovi treh primerljivih izmer ugotavljamo, da precizna talna stabilizacija zagotavlja stabilnost referenčnih točk, ki določajo geodetski datum v mreži. Če pri oceni o značilnosti premika kontrolne točke KOPE, poleg statističnega testiranja, upoštevamo še merila kakovosti mreže, kot so *natančnost opazovanj* glede na obliko mreže, metodo in instrumentarij ter *natančnost horizontalnega položaja točk*, lahko zaključimo, da so izračunani premiki verjetni. Z vidika presoje o statistično značilnih horizontalnih premikih, kontrolna točka KOPE izkazuje statistično značilni premik, ki v obdobju treh mesecev znaša 1,0 mm. V višinskem smislu kontrolne točke KOPE ne moremo obravnavati kot nestabilne. Med prvo in zadnjo izmero zaznamo tendenco posedanja te točke, ki znaša 0,2 mm, kar je v mejah natančnosti določitve višine kontrolne točke. Z vidika zagotavljanja optimalnih merskih pogojev lahko ugotovimo, da so bile meritve izvedene v zimskem času, kar ne zagotavlja zanesljive globalne ocene o stabilnosti kontrolne točke. Glede na dejstvo, da je med posameznimi izmerami poteklo le mesec dni časa, ocenjujemo, da je za zanesljivo oceno o stabilnosti kontrolne točke KOPE nujno spremljanje stabilnosti v daljših časovnih presledkih.

## Literatura in viri:

Grigillo, D., Stopar B. (2003). *Metode odkrivanja grobih pogreškov v geodetskih opazovanjih*. Geodetski vestnik, 47 (4), 387-403.

Kogoj, D. (1992). *Izbira najprimernejše metode a-posteriori ocene uteži merjenih količin geodetskih mrež*. Doktorska disertacija. Ljubljana: FAGG.

Kogoj, D. (2005). *Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji*. Ljubljana: FGG OGG.

Savšek - Sliščič, S. (2002). *Optimalna metoda določanja stabilnih točk v deformacijski analizi*. Doktorska disertacija. Ljubljana: FGG OGG.

Savšek - Safič, S., Ambrožič T., Stopar B., Turk G. (2003). Ugotavljanje premikov točk v geodetski mreži. *Geodetski vestnik*, 47 (182), 7–17

Stopar, B., Radovan, D., Berk, S., Bilc, A. (2002). Projekt izgradnje slovenskega omrežja permanentnih GPS-postaj in vzpostavitve GPS-službe.

Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Sterle, O., Ambrožič, T., Savšek - Safič, S., Kuhar, M., Radovan, D. (2006). Geodetska dela na novi mareografski postaji Koper. *Geodetski vestnik*, 50 (4), 609–619.

Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Savšek - Safič, S., Sterle, O., Kuhar, M., Radovan, D. (2006). Izvedba geodetskih del na modernizirani mareografski postaji Koper. Tehnično poročilo. Ljubljana.

Vodopivec, F., Kogoj, D. (2005). Nov način precizne stabilizacije geodetskih točk za opazovanje premikov. *Geodetski vestnik*, 49 (1), 9–17.

**Prispelo v objavo: 5. februar 2007**

**Sprejeto: 9. marec 2007**

**asist. dr. Simona Savšek - Safič, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: [simona.savsek@fgg.uni-lj.si](mailto:simona.savsek@fgg.uni-lj.si)

**izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: [dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si](mailto:dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si)

**doc. dr. Tomaž Ambrožič, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: [tomaz.ambrozic@fgg.uni-lj.si](mailto:tomaz.ambrozic@fgg.uni-lj.si)