

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/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Hočevar, M., 2016. Geodetska izmera zavarovalne mreže točke 0. reda na Kogu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Kregar, K.): 46 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5784/>

Datum arhiviranja: 14-10-2016

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 original version of final thesis.

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

Hočevar, M., 2016. Geodetska izmera zavarovalne mreže točke 0. reda na Kogu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Kregar, K.): 46 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5784/>

Archiving Date: 14-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER GEODEZIJA

Kandidat:

MIHA HOČEVAR

**GEODETSKA IZMERA ZAVAROVALNE MREŽE
TOČKE 0. REDA NA KOGU**

Diplomska naloga št.: 994/G

**GEODETIC MEASUREMENT OF THE CONTROL
NETWORK ON POINT OF THE ZERO ORDER IN KOG**

Graduation thesis No.: 994/G

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Somentor:

asist. Klemen Kregar

Ljubljana, 12. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

Spodaj podpisani študent Miha Hočevar, vpisna številka 26203080, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: »Geodetska izmera zavarovalne mreže točke 0. reda na Kogu«

IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

Ljubljana, 24.8.2016

Miha Hočevar

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.3(043.2)
Avtor:	Miha Hočevar
Mentor:	doc. dr. Božo Koler
Somentor:	asist. Klemen Kregar
Naslov:	Geodetska izmera zavarovalne mreže točke 0. reda na Kogu
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	46 str., 9 pregl., 17 sl., 45 en., 8 pril.
Ključne besede:	kombinirana geodetska mreža, geodetska mreža 0. reda, zavarovalna geodetska mreža, precizna geodetska izmera

Izвлеček

Vsaka točka geodetske mreže 0. reda v Sloveniji vsebuje zavarovalno mrežo za spremljanje lokalne stabilnosti točke 0. reda. Na eni izmed točk 0. reda, ki se nahaja na Kogu, smo izvedli precizno geodetsko izmero. Opazovanja smo obdelali in izravnali v višinski in horizontalni mreži z namenom pridobitve lokalnih položajnih koordinat referenčnih točk in točk zavarovalne mreže, ki bodo služile za ugotavljanje premikov teh točk pri nadaljnjih terminskih izmerah na mreži. Na koncu smo opravili analizo natančnosti pridobljenih rezultatov. V diplomski nalogi je opisan potek precizne geodetske izmere na terenu, uporabljen instrumentarij, priprava merjenih vrednosti za izravnavo ter izravnavo podatkov.

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.3(043.2)
Author:	Miha Hočevar
Supervisor:	Assist. Prof. Božo Koler, Ph.D.
Cosupervisor:	Assist. Klemen Kregar, B.Sc.
Title:	Geodetic measurement of the control network on point of the zero order in Kog
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	46 p., 9 tab., 17 fig., 45 eq., 8 ann.
Keywords:	combined geodetic network, geodetic network of the zero order, geodetic control network, precise geodetic measurement

Abstract

Every geodetic network point of the zero order in Slovenia contains control network for monitoring the local stability of the reference zero order point. At one of the points of the zero order, which is located in Kog a precise geodetic survey was performed. Observations were treated and adjusted in height and horizontal control network in order to obtain local positional coordinates of the reference points and the control network points that will be used to identify the movement of these points in subsequent epochs on the network. In the end an analysis of the accuracy of the results obtained was made. The thesis describes the procedure of precise geodetic measurements in the field, used instruments, processing of the measured values and the adjustments of data.

»Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Božu Kolerju ter somentorju asist. Klemnu Kregarju za pomoč in usmeritve pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se sošolcem in prijateljem za nepozabna študentska leta.

Posebej se zahvaljujem svoji družini za vso podporo pri študiju.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	DRŽAVNA KOMBINIRANA GEODETSKA MREŽA 0. REDA	3
2.1	POMEN GEODETSKE MREŽE 0. REDA	3
2.2	LOKACIJE TOČK MREŽE 0. REDA	4
2.3	SESTAVA TOČK MREŽE 0. REDA	5
3	VZPOSTAVITEV ZAVAROVALNE MREŽE TOČKE 0. REDA NA KOGU	7
3.1	OPIS NALOGE	7
3.2	OBLIKA MREŽE	8
3.3	STABILIZACIJA TOČK	9
3.4	METODE IZMERE	11
3.5	HORIZONTALNA MREŽA	12
3.5.1	INSTRUMENTARIJ	12
3.5.2	SIGNALIZACIJA TOČK	15
3.5.3	MERITVE	16
3.6	NIVELMAN	17
3.6.1	INSTRUMENTARIJ	17
3.6.2	MERITVE	19
3.7	TRIGONOMETRIČNO VIŠINOMERSTVO	21
4	OBDELAVA PODATKOV – HZ MREŽA	22
4.1	PROGRAMSKA OPREMA	22
4.2	PREDHODNA OBDELAVA MERJENIH KOLIČIN	22
4.2.1	OBDELAVA OPAZOVANIH HORIZONTALNIH SMERI IN ZENITNIH RAZDALJ	22
4.2.2	REDUKCIJA DOLŽIN	23
5	IZRAVNAVA OPAZOVANJ	30
5.1	POSREDNA IZRAVNAVA PO METODI NAJMANJŠIH KVADRATOV	30
5.2	IZRAVNAVA HORIZONTALNE MREŽE 0. REDA NA KOGU	32
5.3	REZULTATI IN ANALIZA NATANČNOSTI	33
6	OBDELAVA PODATKOV NIVELMANSKE IZMERE	36

6.1	PRIPRAVA PODATKOV MERITEV ZA IZRAVNAVO	36
6.2	OCENA NATANČNOSTI MERITEV	38
6.3	UTEŽI PRI GEOMETRIČNEM NIVELMANU	40
7	IZRAVNAVA NIVELMANSKE MREŽE	41
7.1	REZULTATI IN ANALIZA NATANČNOSTI	41
8	IZRAVNAVA TRIGONOMETRIČNEGA VIŠINOMERSTVA	43
8.1	REZULTATI IN ANALIZA NATANČNOSTI	43
9	ZAKLJUČEK	44
	VIRI	45

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki tahimetra Leica TS30	13
Preglednica 2: Tehnični podatki elektronskega nivelirja Leica DNA03	17
Preglednica 3: Vrednosti konstant A, B, C povzete po Ciddor in Hill, 1999.....	25
Preglednica 4: Vrednosti konstant za izračun e in E_m	26
Preglednica 5: Izravnane vrednosti koordinat in položajne natančnosti mreže na Kogu...	33
Preglednica 6: Elementi elips pogreškov mreže na Kogu	34
Preglednica 7: Ocene natančnosti nivelmanske mreže na Kogu	40
Preglednica 8: Približne višine reperjev, popravki višin, izravnane višine in pripadajoče natančnosti višin (nivelmanska izravnava).....	41
Preglednica 9: Približne višine točk, popravki višin, izravnane višine in pripadajoče natančnosti višin (trigonometrično višinomerstvo)	43

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO SLIK

Slika 1:	Lokacije točk geodetske mreže 0. reda	4
Slika 2:	Shematski prikaz razporeditve referenčnih točk vsake točke 0. reda	5
Slika 3:	Makrolokacija točke 0. reda na Kogu	7
Slika 4:	Ortofoto z označenimi lokacijami točk v mreži	8
Slika 5:	Opažni načrt stebra primarne točke.....	9
Slika 6:	Skica pilota zavarovalne točke	10
Slika 7:	Kovinski vijak z navojem na zavarovalni točki KOG1 in reperju KOG4 ter polkrožni čep na reperju KGR2	11
Slika 8:	Tahimeter Leica TS30	12
Slika 9:	Precizni aspiracijski psihrometer, digitalni barometer	14
Slika 10:	Prizma GPH1P na točki KOG2, signalizacija na referenčni točki KOG0, talnem reperju KOG4 in na vezni točki S1 v ozadju.....	15
Slika 11:	Merjenje višine prizme nad navojem s kljunastim merilom	16
Slika 12:	Elektronski nivelir Leica DNA03	18
Slika 13:	Precizna invar nivelmanska lata na točki KOG1, kovinski klin za stabilizacijo izmenišč na neutrjenem terenu	18
Slika 14:	Skica nivelmanske mreže 0. reda na Kogu	19
Slika 15:	Redukcija prostorske krivulje D_2 na prostorsko tetivo S_r	27
Slika 16:	Redukcija na skupni nivo	28
Slika 17:	Elipse pogreškov	35

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

V zadnjih dveh desetletjih je prišlo v geodeziji do velikega izboljšanja kakovosti geometrične določitve položaja zaradi uporabe satelitske tehnologije. Kombinacijo klasičnih geodetskih merskih postopkov (nivelman, gravimetrija) in satelitske tehnologije (GNSS) je možno doseči samo preko mreže skupnih točk, kar imenujemo kombinirana geodetska mreža (Berk et al., 2012).

V okviru projekta »*Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*«, ki ga izvajajo Geodetska uprava Republike Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor ter partnerja norveška geodetska uprava in islandska geodetska uprava, je vključen podprojekt »*Geodetski referenčni sistem*«, katerega ena od pomembnejših nalog je vzpostavitev državne kombinirane geodetske mreže 0. reda (Stopar et al., 2015).

Zgled temu projektu predstavljajo že vzpostavljene državne in regionalne kombinirane geodetske mreže v Švici in Skandinaviji (Berk et al., 2012).

Točke geodetske mreže 0. reda materializirajo nov referenčni koordinatni sistem v Sloveniji. Pomembno je ločiti lokalne premike točk od premikov zaradi geodinamičnega delovanja površja. Zato morajo biti vse točke 0. reda zelo kakovostno trajno stabilizirane (Vodopivec in Kogoj, 2005). Vsaka točka geodetske mreže 0. reda vsebuje tudi zavarovalno mrežo za ugotavljanje premikov, sestavljeno iz nekaj trajno stabiliziranih točk v neposredni bližini referenčne točke.

Pri postopkih za ugotavljanje premikov je zelo pomembna velikost pričakovanih premikov (Savšek et al., 2010). V zavarovalnih mikromrežah na točkah 0. reda se bodo ugotavljali že najmanjši lokalni premiki referenčnih točk, zato je potrebno nameniti veliko pozornosti kvalitetni izvedbi preciznih geodetskih postopkov.

Namen diplomske naloge je bil pridobiti položajne koordinate točk v zavarovalni mreži na točki 0. reda na Kogu. Te koordinate bodo predstavljale temelj pri nadaljnjih terminskih izmerah za ugotavljanje morebitnih lokalnih premikov v tej mreži.

V diplomski nalogi so opisane precizne terestrične metode, izbor instrumentarija, optimalna stabilizacija točk ter metode obdelave meritev in izravnave, s katerimi lahko določimo prostorske koordinate natančnosti nekaj desetink milimetra.

Na točki 0. reda na Kogu smo izvedli geodetsko izmero zavarovalne mreže. Ločeno smo izmerili in obdelali podatke za izračun horizontalne mreže ter višinske mreže. Za izračun horizontalnih koordinat je bila uporabljena kombinacija triangulacije in trilateracije. Višine točk smo določili s preciznim geometričnim nivelmanom.

Višinsko mrežo med točkami smo izmerili tudi po metodi trigonometričnega višinomerstva. Rezultate smo primerjali s preciznim trigonometričnim nivelmanom. Trigonometrično višinomerstvo sicer ni primerno za najnatančnejše določanje višinskih razlik. Predpostavili smo, da lahko v tako majhni mreži, kot je zavarovalna mreža na točki 0. reda na Kogu, tudi s to metodo pridobimo zelo natančne rezultate.

2 DRŽAVNA KOMBINIRANA GEODETSKA MREŽA 0. REDA

2.1 POMEN GEODETSKE MREŽE 0. REDA

V Sloveniji imamo nekaj geodetskih referenčnih omrežij (SIGNAL, astrogeodetska mreža, trigonometrična mreža, gravimetrična mreža, nivelmanska mreža), ki pa so med seboj ločena. Za potrebe realizacije državnega geodetskega referenčnega sistema se bodo na točkah kombinirane mreže kontinuirano izvajala vsa možna geodetska opazovanja najvišje kakovosti. Tako bo kombinirana geodetska mreža 0. reda vse te mreže 1. reda povezala v celoto (Berk et al., 2012).

Kombinirana geodetska mreža bo zagotavljala (Berk et al., 2012):

- referenčno osnovo državnega omrežja stalnih GNSS-postaj,
- referenčno osnovo državnega horizontalnega/terestričnega referenčnega sistema,
- referenčno osnovo za državni višinski sistem,
- referenčno osnovo državnega gravimetričnega sistema ter
- večnamensko kalibracijsko mrežo za preverjanje kakovosti in ustreznosti merilnih instrumentov kot tudi metod in postopkov geodetske izmere.

»Vzpostavitev državne kombinirane geodetske mreže 0. reda pomeni praktično realizacijo in povezavo vseh sestavin koordinatnega sistema v enoten, sodoben prostorski referenčni sistem v Sloveniji« (Stopar et al., 2015).

S pravo izbiro položajev točk 0. reda ter njihovo ustrezno stabilizacijo bo možno spremljanje in modeliranje časovno odvisnih sprememb v prostorskem referenčnem sistemu, težnostnem polju Zemlje in sprememb v Zemljini skorji (Stopar et al., 2015).

2.2 LOKACIJE TOČK MREŽE 0. REDA

Kombinirano geodetsko mrežo 0. reda sestavlja 6 točk, ki so približno enakomerno razporejene po Sloveniji. Njihove mikrolokacije so Prilozje, Kog, Areh na Pohorju, Šentvid pri Stični, Korada in Koper (slika 1). Izbrane so tako, da morebitni premiki njihovih položajev odražajo spremembe, ki so posledica tektonskega delovanja (Medved, 2014).



Slika 1: Lokacije točk geodetske mreže 0. reda (Režek, 2015)

Glavni kriteriji za izbor lokacij so bili geološka primernost (čim večja oddaljenost od tektonskih prelomnic), lokalna stabilnost terena (brez posedanj, ni plazovito območje) in možnost kvalitetnega izvajanja geodetskih meritev (odprto obzorje, predvsem proti jugu in odsotnost virov elektromagnetnega sevanja) (Berk et al., 2012).

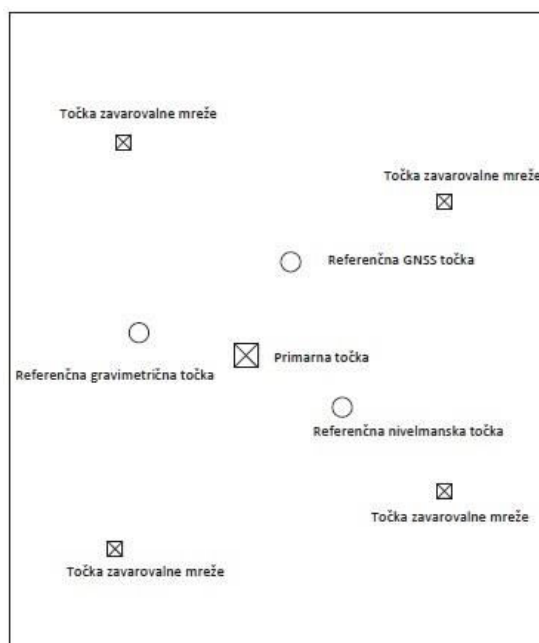
2.3 SESTAVA TOČK MREŽE 0. REDA

Vse točke geodetske mreže 0. reda morajo biti trajno lokalno stabilne. S stabilizacijo je torej potrebno izločiti vpliv lokalnih naravnih in človeških dejavnikov. Ker se tem vplivom okolice ne da v celoti izogniti, morajo biti točke stabilizirane čim bolj kakovostno (Medved, 2014).

Stabilizacija točk mora zagotavljati tudi združljivost različnih merskih tehnik. Omogočati mora meritve GNSS, geometrični nivelman, gravimetrične meritve in terestrične meritve v lokalni mikromreži (Medved, 2014).

Vsako točko kombinirane geodetske mreže 0. reda sestavljajo (Stopar et al., 2015):

- primarna referenčna točka,
- referenčna GNSS točka,
- referenčni reperji za nivelmansko in gravimetrično izmero,
- točke zavarovalne terestrične in nivelmanske mreže,
- na mareografski postaji tudi referenčna točka za mareografska opazovanja.



Slika 2: Shematski prikaz razporeditve referenčnih točk vsake točke 0. reda (Medved, 2014)

Vse referenčne točke morajo biti stabilizirane na globokih temeljih iz armiranega betona. Glavna točka je stabilizirana s približno 2 m visokim betonskim stebrom in temeljena na treh mikropilotih. Globina temeljev je odvisna od geološke sestave tal. Steber je izoliran z mineralno volno in zaščiten z nerjavečo pločevino. Okoli stebra je postavljena tudi ograja (Medved, 2014).

Različne referenčne točke so lahko fizično združene v eni sami točki. Izjema so točke zavarovalne mreže. Le te so razporejene v neposredni okolici primarne točke. Namenjene so zavarovanju primarne in drugih referenčnih točk (poškodba, uničenje točke) in spremljanju horizontalne in višinske stabilnosti primarne in referenčnih točk na območju zavarovalne mreže (Berk et al., 2012).

Zavarovalno mrežo sestavljajo tri do štiri točke, ležeče na oddaljenosti približno 30 m od primarne točke. Stabilizirane so s talno stabilizacijo z ustrežno temeljenim betonskim pilotom. Imajo možnost prisilnega centriranja merilnih instrumentov. Poleg zavarovalne mreže za spremljanje stabilnosti v horizontalnem smislu mora biti vzpostavljena tudi zavarovalna nivelmanska mreža. Reperji, ki jo sestavljajo, so vgrajeni v istem betonskem temelju kot zavarovalne točke horizontalne mreže (Berk et al., 2012).

3 VZPOSTAVITEV ZAVAROVALNE MREŽE TOČKE 0. REDA NA KOGU

3.1 OPIS NALOGE

V kraju Kog v občini Ormož se nahaja ena izmed točk mreže 0. reda (slika 3). Za opravljanje svoje funkcije mora biti zelo kvalitetno stabilizirana. Okoli nje je stabilizirana zavarovalna mreža za nadziranje morebitnih lokalnih premikov. Na tej mikromreži smo izvedli terestrične geodetske meritve. Opazovanja smo obdelali in izravnali v višinski in horizontalni mreži z namenom pridobitve lokalnih položajnih koordinat referenčnih točk in točk zavarovalne mreže natančnosti nekaj desetink milimetra, ki bodo služile za ugotavljanje premikov teh točk pri nadaljnjih terminskih izmerah na mreži.



Slika 3: Makrolokacija točke 0. reda na Kogu (vir: <http://www.geoprostor.net>, 2016)

Postopke ugotavljanja premikov točk ločimo glede na velikost pričakovanih premikov na dve stopnji natančnosti (Savšek et al., 2010):

- 1. stopnja natančnosti: premiki velikosti 2 cm – 10 cm,
- 2. stopnja natančnosti: premiki velikosti 5 mm – 2 cm.

Glede na velikost pričakovanih premikov uporabimo ustrezno stabilizacijo, signalizacijo, mersko opremo in metodo izmere, ki zagotavlja določitev premikov z ustrezno gotovostjo (Savšek et al., 2010). V zavarovalni mreži na Kogu nas zanimajo že najmanjši premiki točk, zato smo upoštevali priporočila in zahteve za izvedbo geodetskih postopkov za 2. stopnjo natančnosti (Koler et al., 2010).

3.2 OBLIKA MREŽE

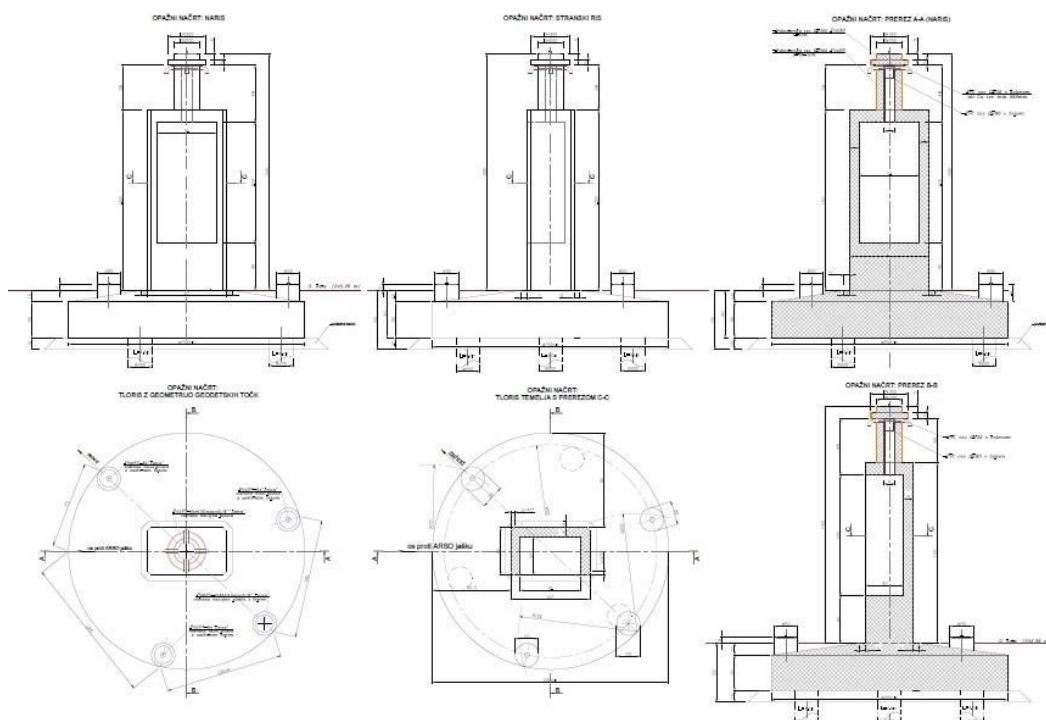
Mreža vključuje primarno referenčno točko (KOG0), talne reperje (KOG4, KGR1, KGR2, KGR3) in tri zavarovalne točke (KOG1, KOG2, KOG3). Talni reperji se nahajajo poleg primarne referenčne točke in so stabilizirani na isti temeljni plošči. Zavarovalne točke so stabilizirane na oddaljenosti od 20 do 60 metrov. Razporeditev točk je optimalna glede na velikost in obliko parcele, na kateri stoji mikromreža. Lokacija in stabilizacija točk je bila določena na osnovi geološkega poročila. Za izmero horizontalne mreže smo vključili tudi štiri vezne točke (S1, S2, S3, S4). Tako smo mrežo zgostili, dobili bolj optimalno geometrijo ter zagotovili vidnost med vsemi opazovanimi točkami.



Slika 4: Ortofoto z označenimi lokacijami točk v mreži (vir: <http://www.geoprostor.net>, 2016)

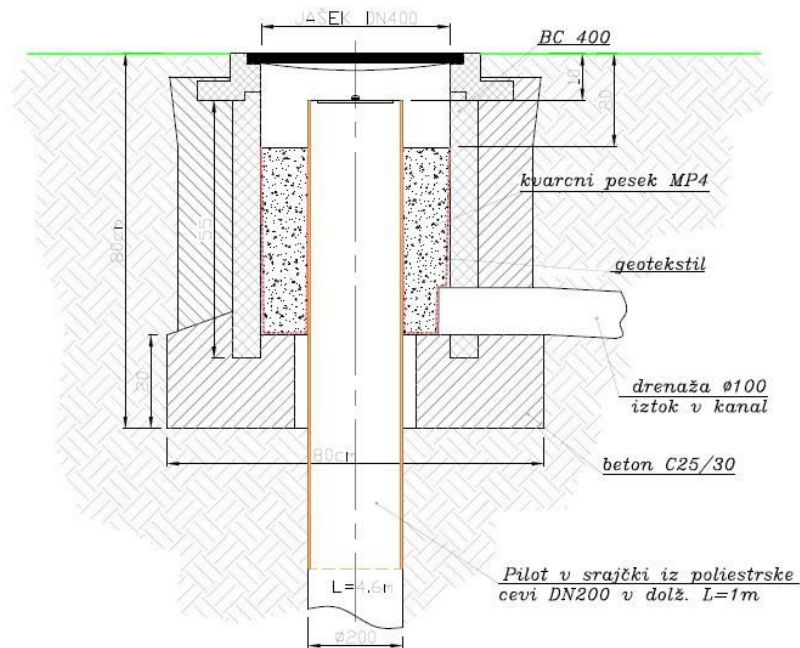
3.3 STABILIZACIJA TOČK

Primarna točka je stabilizirana s približno 2 metra visokim betonskim stebrom (slika 5). Na njem je nameščena GNSS antena s sprejemnikom. V stebri je tudi omarica za geodetsko in ostalo potrebno opremo. Temelj stebra je AB-plošča s premerom 2 metra in debelino 0,4 metra v sredini in 0,3 metra na robu. Vpeta je na treh mikropilotih DN 20 globine 5,0 metra. Le ti se končajo v glinovcu. Steber je izoliran z mineralno volno in prekrit z nerjavečo pločevino, kar še dodatno preprečuje deformacije zaradi vremenskih razmer. Točka se nahaja poleg seizmološke opazovalnice. Oboje skupaj obdaja ograja (Popović, 2013).



Slika 5: Opažni načrt stebra primarne točke (iz gradbene dokumentacije)

Zavarovalne točke so stabilizirane zunaj ograje talno z vertikalnimi AB piloti DN 20 v globino 5 metrov (slika 6). Točke so zaščitene z betonskim jaškom in pokrovom. Na točkah je izvedena drenaža za odtekanje podtalne vode do bližnjega jarka (Popović, 2013).



Slika 6: Skica pilota zavarovalne točke (izsek iz gradbene dokumentacije)

Primarna referenčna točka in zavarovalne točke so stabilizirane s kovinskimi vijaki, ki omogočajo prisilno centriranje instrumenta ali prizme (Leica) (slika 7). S takim vijakom je stabiliziran tudi talni reper KOG4, zato je bil lahko vključen tudi v horizontalno mrežo. Ostali reperji imajo kovinske čepe polkrožne oblike, ki ne omogočajo prisilnega centriranja.



Slika 7: Kovinski vijak z navojem na zavarovalni točki KOG1 (levo) in reperju KOG4 (sredina) ter polkrožni čep na reperju KGR2 (desno)

Vezne točke smo trajno stabilizirali s kovinskimi klini in rdečimi plastičnimi ploščami za poligonske točke. Ta način ne zagotavlja trajne stabilnosti visoke natančnosti. Zagotavlja pa približen položaj v vseh terminskih izmerah (Savšek et al., 2010).

3.4 METODE IZMERE

Na terenu smo ločeno izvedli opazovanja za horizontalno dvodimenzionalno (2D) mrežo in vertikalno enodimenzionalno (1D) mrežo. Uporabili smo terestrične metode geodetske izmere. V horizontalni mreži smo uporabili kombinacijo triangulacije in trilateracije. Višinsko geodetsko mrežo med točkami smo določili s preciznim geometričnim nivelmanom.

Višinske razlike med točkami smo izmerili tudi s trigonometričnim višinomerstvom, kljub neprimernosti metode za določanje vertikalnih premikov 2. stopnje natančnosti (Savšek et al., 2010). Rezultate smo uporabili za primerjavo višinskih razlik in njihovih natančnosti, določenih z geometričnim nivelmanom.

3.5 HORIZONTALNA MREŽA

3.5.1 INSTRUMENTARIJ

Za merjenje horizontalnih kotov, vertikalnih kotov in poševnih dolžin smo uporabili tahimeter Leica TS30. Instrument je namenjen za najnatančnejše meritve kotov in dolžin v preciznih terestričnih opazovanjih. Njegova natančnost merjenja horizontalnih in vertikalnih kotov je 0,5" oz. 0,15 mgon (ISO 17123-3). Omogoča meritve dolžin z natančnostjo 0,6 mm + 1 ppm (ISO 17123-4) in ima doseg do 3500 m.



Slika 8: Tahimeter Leica TS30 (vir: <http://www.allenprecision.com>, 2016)

Leica TS30 ima fazni razdaljemer. Deluje na podlagi modularnega elektromagnetnega valovanja. Le to dobimo tako, da združimo nosilno valovanje in mersko valovanje. Vir nosilnega valovanja je pri tem instrumentu laser. Visoka frekvenca nosilnega valovanja omogoča velik doseg instrumenta. Nosilno valovanje je modularno z merskim valovanjem, katerega frekvenca je bistveno nižja. Modulacija je lahko amplitudna ali frekvenčna. Običajno je pri faznih razdaljemernih uporabljen amplitudna modulacija. Rezultat amplitudne modulacije je valovanje, ki ima spremenljivo amplitudo (Kogoj, 2005).

Natančnost razdaljemera je odvisna od stabilnosti in velikosti modulacijske frekvence. Višja frekvenca omogoča natančnejše meritve dolžin. Leica TS30 ima frekvenco 100 MHz, kar ga uvršča v novo generacijo preciznih razdaljemerov (Kogoj, 2005).

Tahimeter Leica TS30 ima vgrajeno funkcijo avtomatskega viziranja tarč ATR (Automatic Target Recognition), kar znatno olajša in pospeši meritve v več girusih. Instrumentu le podamo lokacije tarč in število girusov. Vse ostale meritve izvede samodejno.

Preglednica 1: Tehnični podatki tahimetra Leica TS30

SPLOŠNO	
Temperaturno območje delovanja	-20°C do +50°C
Dozna libela	6' / 2 mm
Alhidadna libela	2" / 2 mm
Zaslonska natančnost	0,01" (0,01 mgon)
Natančnost kompenzatorja	0,5" (0,15 mgon)
Območje kompenzatorja	4' (0,07 gon)
TEODOLIT	
Povečava daljnogleda	30 X
Premer objektivna	42 mm
Kotna natančnost	0,5" (0,15 mgon)
RAZDALJEMER	
Nosilno valovanje	658 nm
Merska frekvenca	100 do 150 MHz
Referenčni pogoji: n_0 , p_0 , t_0 ,	1,0002863, 1013,25 hPa, 12°C
Doseg (standardna GPR1 prizma)	3500 m
Dolžinska natančnost	0,6 mm; 1ppm
Zaslonska natančnost	0,1 mm
Najkrajša razdalja	1,5 m

Poleg elektronskega tahimetra smo pri izvedbi meritev uporabili dodatni pribor:

- precizne prizme GPH1P,
- stativi Leica,
- trinožni podstavki,
- precizni aspiracijski psihrometer,
- digitalni barometer,
- merski trak,
- kljunasto merilo.



Slika 9: Precizni aspiracijski psihrometer, digitalni barometer

Za merjenje meteoroloških parametrov smo uporabljali barometer Paroscientific, model št. 760-16B z ločljivostjo 0,001 mbar in relativno natančnostjo 0,01 % ter precizni aspiracijski psihrometer.

3.5.2 SIGNALIZACIJA TOČK

Vse točke so bile signalizirane s preciznimi prizmami GPH1P (slika 10). Na točkah KOG0, KOG1, KOG2, KOG3, KOG4 so bile s trinožnimi podstavki privite na navoj na točki. Na veznih točkah S1, S2, S3, S4 so bile s trinožnim podstavkom pritrjene na stativ.



Slika 10: Prizma GPH1P na točki KOG2 (leva slika), signalizacija na referenčni točki KOG0, talnem reperju KOG4 in na vezni točki S1 v ozadju (desna slika)

3.5.3 MERITVE

Meritve na terenu smo izvedli 15.4.2015. Mreža je bila sestavljena iz točk KOG0, KOG1, KOG2, KOG3, KOG4, S1, S2, S3 in S4. Merili smo s točk KOG0, S1, S2, S3 in S4 proti vsem ostalim točkam v mreži. Na vsaki od teh točk smo s tahimetrom Leica TS30 sočasno merili horizontalne smeri, zenitne razdalje in poševne dolžine v desetih girusih. V prvem girusu je operater v prvi krožni legi grobo viziral tarče, ki jih je instrument potem fino viziral s pomočjo tehnologije avtomatskega viziranja tarče ter registriral meritve. Drugo polovico girusa in ostalih devet girusov je instrument opravil brez operaterja.

Na točki KOG0 smo instrument prisilno centralni in nato fino horizontirali. Na talno stabiliziranih točkah (S1, S2, S3, S4) pa smo postavili stativ, instrument na njem fino centralni in horizontirali. Na vseh točkah smo izmerili višino instrumenta. Na zavarovalnih točkah (KOG1, KOG2 in KOG3) ter na točkah KOG0 in KOG4 smo s kljunastim merilom natančno izmerili višino od vrha vijaka do roba podnožja (slika 11). Višino centra instrumenta oz. prizme smo dobili tako, da smo merjeni vrednosti prišteli konstanto 0,1851 m.



Slika 11: Merjenje višine prizme nad navojem s kljunastim merilom

Med meritvami smo dodatno merili tudi meteorološke parametre, ki so potrebni pri redukciji poševnih dolžin. Na vsakem stojišču smo trikrat (na začetku, sredini in koncu meritev) s preciznim aspiracijskim psihrometrom izmerili suho in mokro temperaturo. Z digitalnim barometrom smo merili zračni tlak.

3.6 NIVELMAN

3.6.1 INSTRUMENTARIJ

Za natančno določitev višinskih razlik smo uporabili elektronski nivelir Leica DNA03. Instrument je primeren za najnatančnejše meritve višinskih razlik (nivelman 1. reda). Njegova natančnost določitve višinske razlike na 1 kilometer dvojnega nivelmana ob souporabi preciznih kodiranih nivelmanskih lat je 0,3 mm (ISO 17123-2).

Preglednica 2: Tehnični podatki elektronskega nivelirja Leica DNA03

Natančnost na 1 km dvojnega nivelmana (ISO 17123-2)	
- elektronsko z invar nivelmansko lato	0,3 mm
- elektronsko s standardno nivelmansko lato	1,0 mm
Natančnost merjenja dolžin (elektronsko)	1 cm / 20 m (500 ppm)
Doseg (elektronske meritve)	1,8 m do 110 m
Zaslonska natančnost	0,01 mm; 0,0001 ft; 0,0005 inch
Čas 1 meritve	3 s
Povečava daljnogleda	24 X
Natančnost kompenzatorja	0,3"
Območje kompenzatorja	± 10'
Temperaturno območje delovanja	-20°C do +50°C



Slika 12: Elektronski nivelir Leica DNA03 (vir: <http://www.tigersupplies.com>, 2016)

Pri nivelmanskih meritvah smo poleg nivelirja uporabili:

- 3 m dolgi precizni kodirani invar nivelmanski lati GPCL3,
- stativ Leica,
- držala za late,
- termometer za merjenje temperature late,
- kovinski klin za stabilizacijo izmenišč na neutrjenem zemljišču.



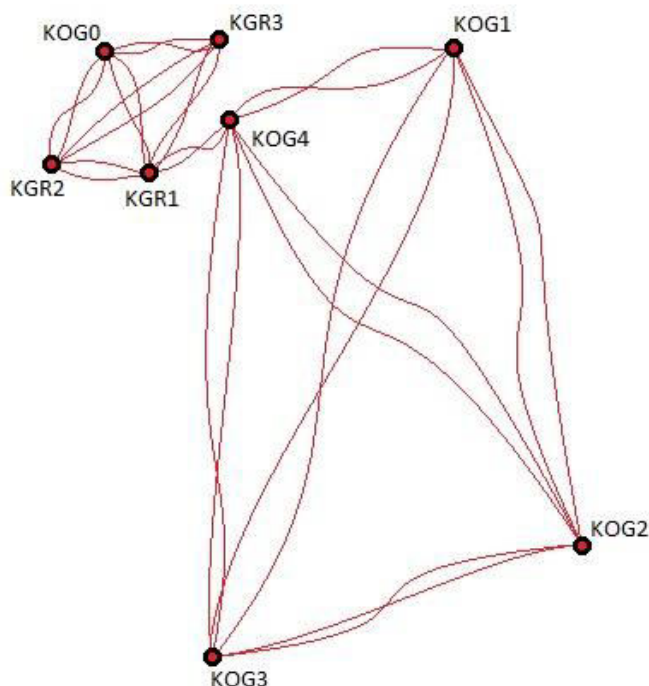
Slika 13: Precizna invar nivelmanska lata na točki KOG1 (levo), kovinski klin za stabilizacijo izmenišč na neutrjenem terenu (desno)

Precizni kodirani invar nivelmanski lati GPCL3, ki smo ju uporabljali (št. 37067 in 37070), sta bili komparirani 14.1.2015. Poročili o komparaciji nivelmanskih lat sta priloženi v prilogi D.

3.6.2 MERITVE

Nivelmanske meritve smo opravili 15. 4. 2015. Pred začetkom meritev je bil z nivelirjem opravljen Förstnerjev preizkus horizontalnosti vizurne osi. Nivelirali smo v jutranjih urah, ko je vpliv refrakcije na vizurno os najmanjši. Pri niveliranju smo upoštevali pravila, ki veljajo za nivelman visoke natančnosti (NVN).

Z nivelirjem smo merili višinske razlike med reperji KOG0, KOG1, KOG2, KOG3, KOG4, KGR1, KGR2 in KGR3 (slika 14). Med njimi smo povezali več kratkih nivelmanskih linij. Najdaljša linija je bila dolga 50 m.



Slika 14: Skica nivelmanske mreže 0. reda na Kogu

Vse nivelmanske linije smo nivelirali obojestransko z zaporedjem čitanja na latah zadaj – spredaj – spredaj – zadaj. Kontrolirali smo razliko med obojestransko izmerjeno višinsko razliko vsake nivelmanske linije, ki ni smela preseči dovoljenega odstopanja. Tako bi že na terenu lahko ugotovili prisotnost grobih pogreškov.

Dopustno odstopanje višinskih razlik, merjenih v obe smeri, za nivelmanske mreže visoke natančnosti (NVN) izračunamo po enačbi:

$$\Delta dop_{[mm]} = \pm 2 \cdot \sqrt{d_{[km]} + 0,04 \cdot d_{[km]}^2} \quad , \quad (1)$$

kjer je:

d – dolžina nivelmanske linije v km.

Dopustno odstopanje merjenih višinskih razlik v nivelmanski zanki se računa po enačbi:

$$\Delta dop_{[mm]} = \pm \sqrt{d_{[km]} + 0,04 \cdot d_{[km]}^2} \quad , \quad (2)$$

kjer je:

d – dolžina nivelmanske zanke v km.

Ker je nivelman potekal po neutrjenem terenu, smo invar nivelmanske late namesto na žabe postavili na 50 cm dolge kovinske kline, ki smo jih zabili v zemljo. Tako smo zagotovili boljšo stabilnost izmenišč. Posedanje nivelmanskih lat med meritvami smo še dodatno kontrolirali s časovno simetričnimi odčitki (zadaj – spredaj – spredaj – zadaj). Late so bile postavljene vertikalno in stabilno med odčitavanjem s pomočjo stojal.

Nivelirali smo iz sredine. Tako smo zmanjšali vpliv refrakcije, vpliv ukrivljenosti Zemlje ter eliminirali vpliv nehorizontalnosti vizurne osi. Najdaljša dolžina vizure je bila 20,65 m (priporočljiva najdaljša vizura je 20 – 30 m). Poskrbeli smo, da razlika med vizuro spredaj in vizuro zadaj ni nikoli preseгла 0,5 m ter prav tako tudi razlika vsot dolžin vizur spredaj in vizur zadaj v posamezni nivelmanski liniji.

Na začetku in koncu vsake nivelmanske linije smo izmerili temperaturo invar traku na nivelmanski lati.

3.7 TRIGONOMETRIČNO VIŠINOMERSTVO

Pri izvedbi meritev v horizontalni mreži smo pridobili dovolj podatkov za izračun in izravnavo 1D višinske mreže po metodi trigonometričnega višinomerstva. Zenitne razdalje smo merili enostransko v desetih ponovitvah in prav tako poševne dolžine. Višine prizem in instrumentov, ki so bili prisilno centrirani, smo natančno izmerili s kljunastim merilom. Višine instrumentov, postavljenih na stativih, smo izmerili z merskim trakom.

Višinske razlike smo računali po enačbi:

$$\Delta h = S_r \cdot \cos Z + \frac{S_r^2}{2R} \cdot (1 - k) \cdot \sin Z + i - l \quad , \quad (3)$$

kjer je:

S_r – merjena poševna dolžina, popravljena za meteorološke vplive,

Z – zenitna razdalja, popravljena za vpliv refrakcije,

R – polmer Zemlje (6374000 m),

i – višina instrumenta,

l – višina reflektorja.

Zenitne razdalje smo popravili za vpliv refrakcije (Kogoj, 2005):

$$Z = Z' + \frac{\delta}{2} \quad , \quad \frac{\delta}{2} = \frac{D}{2R} \cdot k \quad , \quad (4)$$

kjer je:

Z – zenitna razdalja, popravljena za vpliv refrakcije,

Z' – merjena zenitna razdalja (aritmetična sredina vseh ponovitev),

D – dolžina refrakcijske krivulje,

R – polmer Zemlje (6374000 m),

k – koeficient refrakcije (0,13).

4 OBDELAVA PODATKOV – HZ MREŽA

4.1 PROGRAMSKA OPREMA

Podatke horizontalne mreže smo obdelali v programskem okolju:

- Microsoft Excel:
 - Izračun sredin reduciranih horizontalnih kotov,
 - Izračun sredin zenitnih razdalj,
 - Izračun sredin poševnih dolžin.
- Matlab:
 - Redukcije poševnih dolžin,
 - Izračun približnih koordinat za izravnavo horizontalne mreže,
 - Izračun približnih višinskih razlik.
- Gem4, ver. 4.0:
 - Izravnavo proste horizontalne mreže,
 - Izris elips pogreškov.

4.2 PREDHODNA OBDELAVA MERJENIH KOLIČIN

4.2.1 OBDELAVA OPAZOVANIH HORIZONTALNIH SMERI IN ZENITNIH RAZDALJ

Horizontalne smeri, merjene v vsakem od desetih girusov, smo reducirali na začetno smer. Nato smo izračunali sredino vseh girusov na posameznem stojišču. Sredine reduciranih horizontalnih smeri so bile vhodni podatek za izravnavo horizontalne mreže.

Tudi zenitne razdalje smo merili v dveh krožnih legah v desetih ponovitvah. Za vsako ponovitev smo izračunali sredino, potem pa še aritmetično sredino vseh ponovitev.

Pridobljene definitivne zenitne razdalje smo uporabili pri redukciji poševnih dolžin na izbrano nivojsko ploskev.

Zenitne razdalje, popravljene za vpliv refrakcije, smo uporabili za izračun višinskih razlik po metodi trigonometričnega višinomerstva.

4.2.2 REDUKCIJA DOLŽIN

Poševne dolžine, izmerjene z elektronskim razdaljemerom, še niso uporabne za nadaljnje računanje. Reducirati jih je potrebno za meteorološke, geometrične in projekcijske popravke. Vsa teorija v tem poglavju in enačbe, ki smo jih uporabili pri redukciji dolžin, so povzete po Kogoj (2005).

Merjeno dolžino najprej popravimo za vpliv pogreška določitve ničelne točke razdaljemera in reflektorja po enačbi:

$$D_a = D' \cdot k_m + k_a \quad , \quad (5)$$

kjer je:

D' – merjena dolžina, ki jo prikaže instrument,

k_m – multiplikacijska konstanta,

k_a – adicijska konstanta.

Popravek ničelne točke razdaljemera in reflektorja je bil v našem primeru enak nič, saj je adicijska konstanta prizme GPH1P enaka 0. Popravek je pomemben v primeru, ko uporabljamo reflektorje s konstanto različno od 0. Na osnovi kalibracije instrumenta je bila multiplikacijska konstanta nastavljena na 1.

4.2.2.1 Meteorološki popravki

Pri merjenju z elektronskimi razdaljemerimi se elektromagnetno valovanje širi skozi atmosfero z določeno hitrostjo, ki je odvisna od njene optične gostote. Na to vplivajo meteorološki parametri: temperatura zraka, delni tlak vodne pare in zračni tlak. Referenčni pogoji instrumenta se razlikujejo od dejanskih pogojev na terenu, zato se dolžina, ki jo pokaže instrument razlikuje od prave. Z upoštevanjem meteoroloških parametrov, ki smo jih izmerili na terenu, izračunamo meteorološke popravke merjene dolžine.

Meteorološke popravke delimo na prvi popravek hitrosti in drugi popravek hitrosti. Drugega popravka pri naših meritvah nismo upoštevali, saj pride do izraza šele pri daljših dolžinah (popravek doseže vrednost 1 ppm pri dolžinah, daljših od 65 km). Tudi velikost prvega popravka se veča z večanjem dolžine.

Prvi popravek hitrosti

Optična pot je za referenčne in dejanske pogoje enaka, zato velja:

$$D_1 \cdot n_D = D_a \cdot n_0 \quad , \quad \text{ozioroma} \quad D_1 = D_a \cdot \frac{n_0}{n_D} \quad , \quad (6)$$

kjer je:

D_1 – dolžina, popravljena za prvi popravek hitrosti,

D_a – merjena dolžina, popravljena za popravek ničelne točke razdaljemera in reflektorja,

n_0 – referenčni lomni količnik,

n_D – dejanski lomni količnik.

Lomni količnik referenčne atmosfere izračunamo po enačbi Barrel – Sears:

$$n_0 = 1 + \frac{n_G - 1}{1 + \alpha \cdot t_0} \cdot \frac{p_0}{1013,25} - \frac{4,125 \cdot 10^{-8}}{1 + \alpha \cdot t_0} \cdot e_0 \quad , \quad (7)$$

kjer je:

n_G – grupni lomni količnik svetlobe,

t_0 – referenčna temperatura instrumenta (podana v °C),

p_0 – referenčni zračni tlak instrumenta (podan v hPa),

e_0 – referenčni delni tlak vodne pare,

α – razteznostni koeficient zraka ($\alpha = 1/273,16 [1/^\circ\text{C}]$).

Referenčni podatki za instrument Leica TS30:

$t_0 = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$,

$p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$,

$e_0 = 60 \text{ } \%$,

$\lambda = 0,658 \text{ } \mu\text{m}$.

Grupni lomni količnik izračunamo na podlagi efektivne valovne dolžine λ z enačbo:

$$(n_G - 1) \cdot 10^6 = A + 3 \cdot \frac{B}{\lambda^2} + 5 \cdot \frac{C}{\lambda^4} \quad , \quad (8)$$

kjer so A, B, C empirično določene konstante, ki veljajo za normalno atmosfero ($t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 1013,25 \text{ hPa}$, $e = 0 \text{ hPa}$).

Preglednica 3: Vrednosti konstant A, B, C povzete po Ciddor in Hill, 1999

območje	A	B	C
$0,650 \text{ } \mu\text{m} < \lambda < 0,850 \text{ } \mu\text{m}$	287,6155	1,62887	0,0136

Dejanski lomni količnik atmosfere n_D izračunamo po enačbi:

$$n_D = 1 + \frac{n_G - 1}{1 + \alpha \cdot t} \cdot \frac{p}{1013,25} - \frac{4,125 \cdot 10^{-8}}{1 + \alpha \cdot t} \cdot e \quad , \quad (9)$$

kjer je:

t – temperatura (podana v $^\circ\text{C}$),

p – zračni tlak (podan v hPa),

e – delni tlak vodne pare,

α – razteznostni koeficient zraka ($\alpha = 1/273,16 [1/^\circ\text{C}]$).

Delni tlak vodne pare izračunamo po Sprungovi enačbi:

$$e = E_m - (t - t_m) \cdot \frac{K}{755} \cdot p \quad , \quad (10)$$

kjer je:

t – temperatura suhega zraka (podana v $^\circ\text{C}$),

t_m – temperatura mokrega zraka (podana v $^\circ\text{C}$),

p – zračni tlak (podan v hPa),

E_m – nasičen tlak vodne pare (v Hpa),

K – konstanta.

Nasičen tlak vodne pare E_m izračunamo po enačbi Magnus-Tetensu:

$$E_m = 10^{\left(\frac{\alpha \cdot t_m}{\beta + t_m} + \gamma\right)}, \quad (11)$$

kjer so α , β , γ konstante.

Preglednica 4: Vrednosti konstant za izračun e in E_m

	K	α	β	γ
$t_m > 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	0,50	7,5	237,5	0,7857
$t_m < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	0,43	9,5	265,5	0,7857

Ko izračunamo dejanski lomni količnik n_D , lahko izračunamo prvi popravek hitrosti k_n z enačbo:

$$k_n = D_1 - D_a = D_a \cdot \frac{n_0 - n_D}{n_D}, \quad (12)$$

Popravek k_n prištejemo dolžini D_a :

$$D_1 = D_a + k_n, \quad (13)$$

Razdalje, ki smo jih merili v mikromreži na Kogu, so bile relativno kratke (najdaljša razdalja je 60 m). Prvi popravek hitrosti je znašal nekaj desetink mm (največji 0,67 mm).

Drugi popravek hitrosti

Vrednost drugega popravka hitrosti računamo po enačbi:

$$k_{\Delta n} = -(k - k^2) \cdot \frac{D_1^3}{12 \cdot R^2}, \quad (14)$$

kjer je:

k – koeficient refrakcije (v našem primeru: $k = 0,13$),

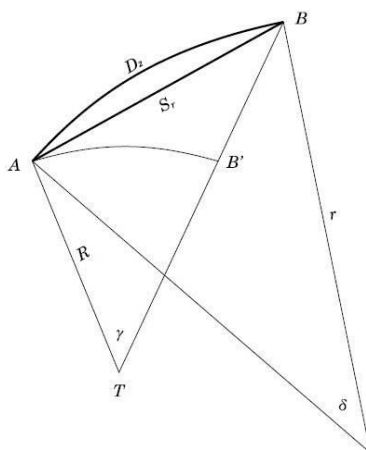
R – polmer Zemlje ($R = 6374000$ m).

Dolžino ob upoštevanju obeh popravkov hitrosti dobimo po enačbi:

$$D_2 = D_a + k_n + k_{\Delta n}. \quad (15)$$

Drugi popravek hitrosti pride do izraza šele pri dolžinah večjih od 50 km, zato ga nismo računali.

4.2.2.2 Geometrični popravki



Slika 15: Redukcija prostorske krivulje D_2 na prostorsko tetivo S_r (Kogoj, 2005)

Pri geometričnih popravkih popravimo prostorsko krivuljo D_2 najprej na prostorsko tetivo med instrumentom in reflektorjem (slika 15), nato pa še na nivo terena točk. Ločeno obravnavamo popravek zaradi ukrivljenosti refrakcijske krivulje ter popravke zaradi vertikalnih ekscentricitet.

Popravek zaradi ukrivljenosti merskega žarka

Izmerjena dolžina zaradi refrakcije predstavlja dolžino prostorske krivulje. Dolžino pripadajoče tetive S_r izračunamo po enačbi:

$$S_r = D_2 + k_r = D_2 - k^2 \cdot \frac{D_2^3}{24 \cdot R^2} \quad , \quad (16)$$

kjer je:

D_2 – dolžina, popravljena za meteorološke vplive

k_r – popravek zaradi ukrivljenosti merskega žarka,

R – polmer Zemlje ($R = 6374000$ m),

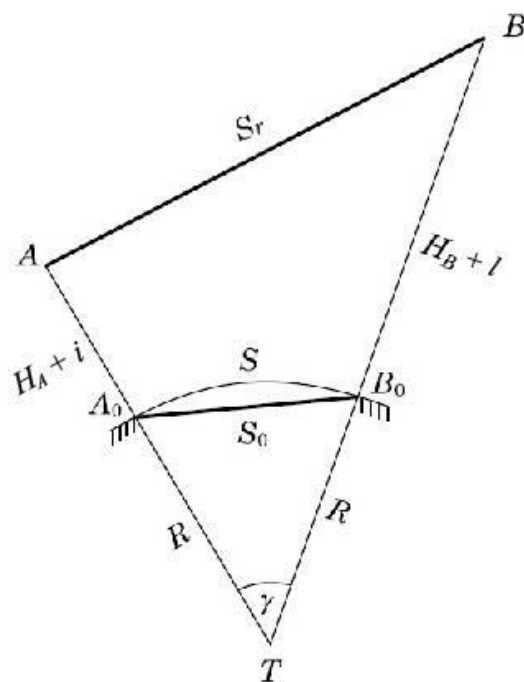
k – koeficient refrakcije (v našem primeru: $k = 0,13$).

Popravek narašča s tretjo potenco dolžine. Pri dolžinah do 100 km je velikost popravka manjša od 1 ppm, zato se v normalnih pogojih meritev tega popravka ne računa.

Redukcija zaradi vertikalne ekscentricitete

Instrument meri razdaljo med instrumentom in reflektorjem, nas pa zanima razdalja med točkami na terenu. Pri redukciji zaradi vertikalne ekscentricitete se upošteva višini instrumenta in reflektorja nad točkama. Ti višini sta v splošnem različni. Tega koraka redukcije nismo izvedli. Smo pa različni višini instrumenta in reflektorja upoštevali pri projekcijskih popravkih.

4.2.2.3 Projekcijski popravki



Slika 16: Redukcija na skupni nivo (Kogoj, 2005)

Pri projekcijskih popravkih poševno prostorsko dolžino na nivoju terena reduciramo na sferni lok S na skupni nivojski ploskvi (slika 16).

Horizontiranje in redukcija na skupni nivo

Dolžino reduciramo po direktnem načinu. Iz prostorske tetive dobimo tetivo na nivoju horizonta z enačbo:

$$S \approx S_0 = \sqrt{\frac{S_r^2 - (H_B - H_A - i + l)^2}{\left(1 + \frac{H_A + i}{R}\right) \cdot \left(1 + \frac{H_B + l}{R}\right)}}, \quad (17)$$

kjer je:

S – sferni lok na skupni nivojski ploskvi,

S_0 – tetiva na skupni nivojski ploskvi,

H_A – višina točke, na kateri je postavljen instrument,

H_B – višina točke, na kateri je postavljen reflektor,

i – višina instrumenta nad točko,

l – višina reflektorja nad točko,

R – polmer Zemlje ($R = 6374000$ m).

Rezultati redukcije dolžin so predstavljeni v prilogi A.

5 IZRAVNAVA OPAZOVANJ

Za boljšo natančnost rezultatov in v izogib grobim pogreškom se na terenu izvedejo nadštevilna opazovanja. Ta opazovanja je potrebno izravnati. Za izravnavo geodetskih mrež je najpogosteje uporabljena posredna izravnavo po metodi najmanjših kvadratov popravkov opazovanj. Poglavje 5.1 je povzeto po Stopar, 2009 ter Grigillo in Stopar, 2003.

5.1 POSREDNA IZRAVNAVA PO METODI NAJMANJŠIH KVADRATOV

Posredna izravnavo po metodi najmanjših kvadratov je matematični model, ki je sestavljen iz funkcionalnega modela in stohastičnega modela.

Funkcionalni model predstavljajo matematične povezave med opazovanimi količinami (smeri, dolžine) in neznankami (koordinate). Število opazovanj n mora biti večje od števila opazovanj, ki jih potrebujemo za enolično rešitev modela n_0 . Sestavimo n enačb popravkov, v katerih nastopa $u = n_0$ neznank:

$$\begin{aligned} F_1 &\equiv \hat{l}_1 - g_1(x_1, x_2, \dots, x_u) = 0 \\ F_2 &\equiv \hat{l}_2 - g_2(x_1, x_2, \dots, x_u) = 0 \\ &\vdots \\ F_n &\equiv \hat{l}_n - g_n(x_1, x_2, \dots, x_u) = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

kjer so,

\hat{l}_i ($i = 1, 2, \dots, n$) – izravnane vrednosti opazovanj,

x_j ($j = 1, 2, \dots, u = n_0$) – neznanke v modelu,

$g_k(x_1, x_2, \dots, x_u)$ ($k = 1, 2, \dots, n$) – funkcije, ki povezujejo neznanke in opazovanja.

Funkcije g_k so v splošnem nelinearne. Lineariziramo jih na osnovi Taylorjeve vrste. Linearizacija poteka po opazovanjih in neznankah v okolici opazovanih vrednosti (vektor l) s prirastkom popravkov opazovanj (vektor v) in približnih vrednosti neznank (x_{i0}) s prirastkom popravkov približnih vrednosti neznank (δ_{xi}), kjer velja:

$$x_i = x_{i0} + \delta_{xi} \quad , \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (19)$$

Enačbe 18 tako dobijo obliko:

$$F_i \equiv v_i + \frac{\partial F_i}{\partial x_1} \cdot \delta x_1 + \frac{\partial F_i}{\partial x_2} \cdot \delta x_2 + \dots + \frac{\partial F_i}{\partial x_u} \cdot \delta x_u = g_n(x_1, x_2, \dots, x_u) - l_i \quad (20)$$

Enačbo 20 lahko zapišemo matrično:

$$\mathbf{v} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{\Delta} = \mathbf{f} \quad , \quad (21)$$

kjer je:

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \quad , \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_u} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x_1} & \frac{\partial F_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial x_u} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_u} \end{bmatrix} \quad , \quad \mathbf{\Delta} = \begin{bmatrix} \delta x_1 \\ \delta x_2 \\ \vdots \\ \delta x_u \end{bmatrix} \quad , \quad \mathbf{f} = \mathbf{d} - \mathbf{l} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad ,$$

$$\mathbf{l} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \vdots \\ l_n \end{bmatrix} \quad , \quad \mathbf{d} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix} \quad .$$

\mathbf{v} – vektor popravkov opazovanj velikosti $n \times 1$,

\mathbf{B} – matrika koeficientov enačb popravkov velikosti $n \times u$,

$\mathbf{\Delta}$ – vektor neznank velikosti $u \times 1$,

\mathbf{f} – vektor odstopanj enačb popravkov velikosti $n \times 1$,

\mathbf{l} – vektor opazovanj velikosti $n \times 1$,

\mathbf{d} – vektor velikosti $n \times 1$, kjer je $d_i = g_i(x_1, x_2, \dots, x_u)$

n – število opazovanj,

u – število neznank.

Stohastični model izravnave predstavljajo uteži merjenih količin. Predstavimo ga z enačbo:

$$\mathbf{P} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{\Sigma}_u^{-1} \quad , \quad (22)$$

kjer je:

\mathbf{P} – matrika uteži opazovanj,

σ_0^2 – referenčna varianca opazovanj a-priori,

$\mathbf{\Sigma}_u$ – variančno - kovariančna matrika opazovanj.

Izračunamo matriko kofaktorjev opazovanj:

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{\sigma_0^2} \cdot \boldsymbol{\Sigma}_{ll} \quad , \quad (23)$$

Sistem normalnih enačb posredne izravnave ima obliko:

$$\mathbf{N} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{B} \quad , \quad (24)$$

$$\mathbf{t} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{f} \quad , \quad (25)$$

kjer je:

\mathbf{N} – matrika koeficientov normalnih enačb,

\mathbf{P} – matrika uteži,

\mathbf{t} – vektor prostih členov.

Rešitev funkcionalnega modela posredne izravnave so trije vektorji:

$$\boldsymbol{\Delta} = \mathbf{N}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad , \quad (26)$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{f} - \mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\Delta} \quad , \quad (27)$$

$$\hat{\mathbf{l}} = \mathbf{l} + \mathbf{v} \quad . \quad (28)$$

Rešitev stohastičnega modela so: referenčna varianca a-posteriori, matrika kofaktorjev neznank ($\mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$), matrika kofaktorjev izravnanih opazovanj ($\mathbf{Q}_{\hat{l}\hat{l}}$), matrika kofaktorjev popravkov opazovanj (\mathbf{Q}_{vv}) ter pripadajoče kovariančne matrice:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}}{n - n_0} \quad , \quad (29)$$

$$\mathbf{Q}_{\Delta\Delta} = \mathbf{N}^{-1} \quad , \quad \boldsymbol{\Sigma}_{\Delta\Delta} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \quad , \quad (30)$$

$$\mathbf{Q}_{\hat{l}\hat{l}} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \cdot \mathbf{B}^T \quad , \quad \boldsymbol{\Sigma}_{\hat{l}\hat{l}} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{\hat{l}\hat{l}} \quad , \quad (31)$$

$$\mathbf{Q}_{vv} = \mathbf{Q} - \mathbf{Q}_{\hat{l}\hat{l}} \quad , \quad \boldsymbol{\Sigma}_{vv} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{vv} \quad . \quad (32)$$

5.2 IZRAVNAVA HORIZONTALNE MREŽE 0. REDA NA KOGU

Za izravnavo horizontalne mreže smo uporabili program Gem4. Sestavili smo vhodno datoteko *.pod z vhodnimi podatki (priloga B1). Vhodni podatki za izravnavo so opazovanja, iz katerih so odstranjeni grobi pogreški in sistematični vplivi, a-priori natančnosti opazovanj, koordinate danih točk in približne koordinate novih točk.

Horizontalno mrežo smo izravnali kot prosto mrežo. Tako smo vse točke obravnavali kot nove. Izravnava proste mreže omogoča hitro odkrivanje grobih pogreškov in izračun objektivne ocene natančnosti, saj ni vpliva danih količin.

Natančnosti kotnih in dolžinskih meritev smo uskladili z metodo a-posteriori ocene uteži merjenih količin po Ebnerjevem postopku (Kogoj, 1992).

5.3 REZULTATI IN ANALIZA NATANČNOSTI

Rezultat izravnave so najverjetnejše vrednosti koordinat točk v lokalnem koordinatnem sistemu, ocena natančnosti določitve položaja točk (v smeri koordinatnih osi), elementi elips pogreškov (a , b , Θ) in ocena natančnosti meritev.

Vsi rezultati izravnave so predstavljeni v izhodni datoteki *.gem (priloga C1).

Ocenjujemo lokalno in globalno natančnost geodetske mreže. Lokalne mere natančnosti se nanašajo na posamezne točke ali pare točk v mreži.

Preglednica 5: Izravnane vrednosti koordinat in položajne natančnosti mreže na Kogu

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)
S1	1000.0003	1032.9845	0.0001	0.0001	0.0001
S2	1029.8655	1013.7397	0.0001	0.0001	0.0001
S3	1029.6728	989.4182	0.0001	0.0001	0.0001
S4	1000.0000	1000.0000	0.0001	0.0001	0.0001
KOG0	1003.3680	1029.6202	0.0001	0.0001	0.0001
KOG1	1021.5745	1036.3819	0.0001	0.0001	0.0001
KOG2	1044.7362	992.1616	0.0001	0.0001	0.0001
KOG3	1010.1789	976.9599	0.0001	0.0001	0.0002
KOG4	1004.1934	1030.0933	0.0001	0.0001	0.0001

Rezultate grafično predstavimo z elipsami pogreškov. Z njimi prikažemo, v katerem območju se z neko izbrano stopnjo zaupanja nahajajo točke. Pri standardni elipsi pogreškov je stopnja zaupanja 39,4 %. Pogosto uporabljamo tudi elipse s 95 % stopnjo zaupanja, saj želimo rezultate z večjo stopnjo zaupanja.

Elipsa pogreškov je definirana s tremi elementi: velika polos a , mala polos b in orientacija elipse θ . Izračunamo jih po enačbah (Ambrožič in Turk, 2000):

$$a^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2}}{2}, \quad (33)$$

$$b^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2}}{2}, \quad (34)$$

$$\tan 2\theta = \frac{2 \cdot \sigma_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}, \quad (35)$$

kjer je:

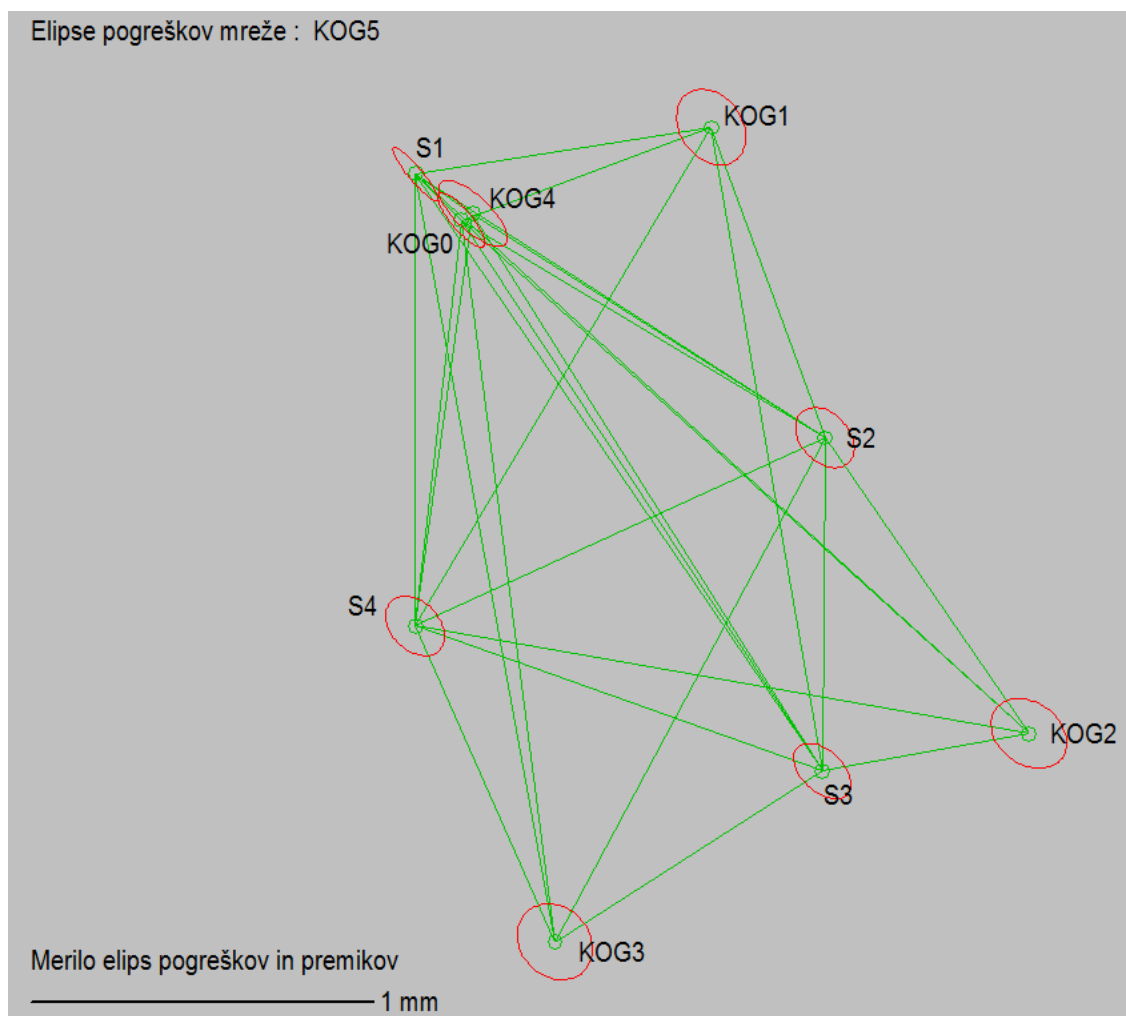
σ_x – standardna deviacija položaja v smeri koordinatne osi x ,

σ_y – standardna deviacija položaja v smeri koordinatne osi y ,

σ_{xy} – kovarianca.

Preglednica 6: Elementi elips pogreškov mreže na Kogu

Točka	a (m)	b (m)	θ (°)
S1	0.0001	0.0000	140
S2	0.0001	0.0001	138
S3	0.0001	0.0001	133
S4	0.0001	0.0001	136
KOG0	0.0001	0.0000	140
KOG1	0.0001	0.0001	145
KOG2	0.0001	0.0001	127
KOG3	0.0001	0.0001	136
KOG4	0.0001	0.0000	133



Slika 17: Elipse pogreškov

Pomemben del rezultatov izravnave so tudi podatki o natančnosti izmere mreže kot celote oziroma globalne mere natančnosti. V datoteki z rezultati *.gem so podane vrednosti za:

- srednji standardni odklon smeri: $\hat{\sigma}_S = 2,2007''$,
- srednji standardni odklon dolžin: $\hat{\sigma}_D = 0,2077 \text{ mm}$,
- srednji položajni standardni odklon: $\hat{\sigma}_P = 0,0001 \text{ m}$,
- srednji pogrešek utežne enote: $\hat{\sigma}_0 = 0,99981$.

Srednji pogrešek utežne enote oz. globalni test modela mora biti čim bližje vrednosti 1. Če bi bili med opazovanji prisotni grobi pogreški, bi bila njegova vrednost veliko večja. Odvisen je tudi od ustrezno določenih a-priori natančnosti opazovanj, ki jih podamo v vhodni datoteki za izravnavo.

6 OBDELAVA PODATKOV NIVELMANSKE IZMERE

6.1 PRIPRAVA PODATKOV MERITEV ZA IZRAVNAVO

Nivelmanske meritve je potrebno pred izravnavo popraviti za vplive, kjer upoštevamo konstante late, ki so bile določene s komparacijo, ter za vpliv raztezanja invar traku zaradi spremembe temperature late.

Popravek razdelbe late

Velikost razdelbe na lati v splošnem odstopa od njene nominalne vrednosti. Do odstopanj pride zaradi staranja late in s tem spreminjanja razteznostnega koeficienta invar traku ter sile napenjanja invar traku.

$$\Delta h_m = \Delta h' \cdot (1 + \bar{m}_0) \quad , \quad \bar{m}_0 = \frac{m_1 + m_2}{2} \quad , \quad (36)$$

kjer je:

Δh_m – višinska razlika, popravljena za popravek metra para lat,

$\Delta h'$ – merjena višinska razlika,

\bar{m}_0 – popravek metra para lat,

m_1 – popravek metra late 1,

m_2 – popravek metra late 2.

Popravek metra vsake late je določen s kalibracijo late in je podan v poročilu o kalibraciji late (priloga D).

Popravek pete late

Razdelba na invar traku se začne na točno določeni razdalji nad peto late.

$$\Delta h_l = \Delta h' + l_0 \quad , \quad l_0 = l_{01} - l_{02} \quad , \quad (37)$$

kjer je:

Δh_l – višinska razlika, popravljena za razliko pet lat,

$\Delta h'$ – merjena višinska razlika,

l_{01} – popravek pete late zadaj,

l_{02} – popravek pete late spredaj,

l_0 – popravek razlike pet late zadaj in late spredaj.

Kadar imamo sodo število stojišč nivelirja v nivelmanski liniji, je popravek razlike pet lat enak 0. Pri lihem številu stojišč nivelirja pa ga je potrebno upoštevati pri izračunu višinske razlike nivelmanske linije.

Popravek pete vsake late je določen s kalibracijo late in je podan v poročilu o kalibraciji late (priloga D).

Temperaturni popravek

Invar trak se pri različnih temperaturah razteza in krči. Pri obdelavi meritev je treba upoštevati temperaturo late. Temperaturni popravek izračunamo z enačbo:

$$\Delta l_t = \alpha \cdot (T - T_0) \quad , \quad (38)$$

kjer je:

α – linearni razteznostni koeficient razdelbe (0,6 ppm/°C),

T – dejanska temperatura late (v °C),

T_0 – referenčna temperatura late (v času kompariranja: 20 °C).

Skupni popravek višinske razlike

Višinsko razliko, popravljeno za vse tri popravke, izračunamo po enačbi:

$$\Delta h = l_0 + \Delta h' \cdot [1 + (\bar{m}_0 + \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}] \quad , \quad (39)$$

kjer je:

Δh - popravljena višinska razlika,

l_0 – popravek razlike pet let,

$\Delta h'$ - izmerjena višinska razlika,

\bar{m}_0 – popravek metra para lat.

Popravki višinskih razlik za vpliv popravka metra late, popravka pete late in temperaturnega popravka v nivelmanski mreži na Kogu so bili zelo majhni. Vrednosti popravkov so bile nekaj stotink mm (do 0,04 mm). Izstopa le popravek nivelmanske linije med naveznim reperjem N1205 in reperjem KGR1. Vrednost le tega je 0,18 mm. Vzrok za to je večja višinska razlika med reperjema (17 m). Med ostalimi reperji so višinske razlike do 3,5 m. Temperature invar traku na nivelmanskih latah med meritvami so se gibale med 18° C in 30° C.

6.2 OCENA NATANČNOSTI MERITEV

Natančnost izmerjenih višinskih razlik ocenjujemo pred izravnavo (a-priori) in po izravnavi (a-posteriori). Te ocene nam pokažejo morebitno prisotnost grobih pogreškov v meritvah. Ugotovimo tudi, ali so bile meritve primerne in so zagotovile zahtevano natančnost mreže.

Pred izravnavo lahko natančnost ocenimo iz razlik dvojnih merjenj nivelmanske linije, iz razlik dvojnih merjenj nivelmanskega poligona ali iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank.

Oceno natančnosti meritev iz razlik dvojnih merjenj nivelmanske linije izračunamo po sledeči enačbi:

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{1}{4 \cdot n} \cdot \left[\frac{\delta \cdot \delta}{d_l} \right]} \quad , \quad (40)$$

kjer je:

σ_l – standardni odklon nivelmanske linije na kilometer dvojnega nivelmana,

δ – razlika dvojnih merjenj nivelmanske linije (v mm),

d_l – dolžina nivelmanske linije (v km),

n – število nivelmanskih linij.

Ocena natančnosti meritev iz razlik dvojnih merjenj nivelmanskega poligona:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{4 \cdot n} \cdot \left[\frac{\gamma \cdot \gamma}{d_v} \right]} \quad , \quad (41)$$

kjer je:

σ_v – standardni odklon nivelmanskega poligona na kilometer dvojnega nivelmana,

γ – razlika dvojnih merjenj nivelmanskega poligona (v mm),

d_v – dolžina nivelmanskega poligona (v km),

n – število nivelmanskih poligonov.

Ocena natančnosti meritev iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank:

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \cdot \left[\frac{f \cdot f}{d_z} \right]} \quad , \quad f_i = 0 - \sum \Delta h_i \quad , \quad (42)$$

kjer je:

σ_z – standardni odklon nivelmanske zanke na kilometer nivelmana,

f – odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke (v mm),

d_z – dolžina nivelmanske zanke (v km),

n – število nivelmanskih zank.

Po izravnavi dobimo oceno natančnosti na osnovi popravkov merjenih višinskih razlik z enačbo:

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{[p \cdot v \cdot v]}{n - u}} \quad , \quad (43)$$

kjer je:

$\hat{\sigma}_0$ – standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana,

p – utež opazovanja,

v – popravek opazovanja,

n – število opazovanj,

u – število neznank v izravnavi.

Preglednica 7: Ocene natančnosti nivelmanske mreže na točki 0. reda Kog

A-priori ocena σ_l	0,13 mm/km
A-priori ocena σ_z	0,33 mm/km
A-posteriori ocena $\hat{\sigma}_0$	0,38 mm/km

6.3 UTEŽI PRI GEOMETRIČNEM NIVELMANU

Uteži obojestransko niveliranih višinskih razlik v nivelmanskih linijah so obratno sorazmerne dolžinam linij in jih izračunamo po enačbi:

$$p_{\Delta h} = \frac{1}{d} \quad , \quad (44)$$

kjer je:

d – dolžina nivelmanske linije (v km).

Utež nivelmanskega poligona, kjer so vse nivelmanske linije merjene obojestransko, izračunamo po enačbi:

$$p_v = \frac{1}{[d]} \quad , \quad (45)$$

kjer je:

$[d]$ – vsota vseh dolžin nivelmanskih linij v poligonu (v km).

7 IZRAVNAVA NIVELMANSKE MREŽE

Nivelmansko mrežo na Kogu smo izravnali s posredno izravnavo po metodi najmanjših kvadratov v programu VimWin. V vhodno datoteko s končnico *.pod (priloga B2) je potrebno vnesti višine danih reperjev, približne višine novih reperjev, predhodno obdelane merjene višinske razlike med reperji ter dolžine nivelmanskih linij. Uteži opazovanj ni potrebno podajati, saj jih program izračuna sam iz merjenih dolžin nivelmanskih linij.

V nivelmanski mreži na Kogu smo se navezali na reper N1205 z normalno višino 262,09656 m. Višine smo določali 8 novim reperjem. Njihove približne višine smo izračunali s pomočjo opazovanih višinskih razlik.

7.1 REZULTATI IN ANALIZA NATANČNOSTI

Rezultati izravnave so izravnane normalne višine novih reperjev in natančnosti določitve teh višin. Predstavljeni so v izhodni datoteki *.rez (priloga C2).

Preglednica 8: Približne višine reperjev, popravki višin, izravnane višine in pripadajoče natančnosti višin

Reper	Približna višina (m)	Popravek višine (m)	Definitivna višina (m)	Standardni odklon višine (m)
KOG0	246.9240	-0.0004	246.9236	0.0002
KOG1	242.9880	-0.0004	242.9876	0.0002
KOG2	239.4220	0.0009	239.4229	0.0002
KOG3	242.8130	0.0005	242.8135	0.0002
KOG4	244.9670	-0.0008	244.9662	0.0002
KGR1	244.9670	-0.0004	244.9666	0.0002
KGR2	244.9690	-0.0007	244.9683	0.0002
KGR3	244.9700	-0.0004	244.9696	0.0002

Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana po izravnavi znaša: $\hat{\sigma}_0 = 0,38$ mm/km.

Natančnosti določitve višin točk imajo enake vrednosti (0,2 mm). Do razlik pri oceni natančnosti ne pride zaradi majhnosti mreže (vse nivelmanske linije med reperji so bile krajše od 50 m). Natančnosti določitve višinskih razlik med reperji v sami mreži znašajo nekaj stotink milimetra. Do slabše natančnosti pride predvsem zaradi navezave na reper N1205, ki je stabiliziran na večji oddaljenosti od same mreže (330 m).

8 IZRAVNAVA TRIGONOMETRIČNEGA VIŠINOMERSTVA

Višinske razlike, izračunane po metodi trigonometričnega višinomerstva, smo izravnali v programu VimWin. Vhodno datoteko z opazovanji in približnimi višinami (priloga B3) smo sestavili tako kot pri nivelmanski izmeri.

8.1 REZULTATI IN ANALIZA NATANČNOSTI

Rezultati višinske izravnave so predstavljeni v izhodni datoteki *.rez (priloga C3).

Preglednica 9: Približne višine točk, popravki višin, izravnane višine in pripadajoče natančnosti višin

Reper	Približna višina (m)	Popravek višine (m)	Definitivna višina (m)	Standardni odklon višine (m)
KOG0	246.9240	-0.0007	246.9233	0.0001
KOG1	242.9880	-0.0002	242.9878	0.0001
KOG2	239.4220	0.0006	239.4226	0.0001
KOG3	242.8130	0.0004	242.8134	0.0001
KOG4	244.9670	-0.0003	244.9667	0.0001
S1	247.8570	-0.0003	247.8567	0.0001
S2	242.8620	0.0002	242.8622	0.0001
S3	241.8180	0.0006	241.8186	0.0001
S4	246.1060	-0.0003	246.1057	0.0001

Referenčni standardni odklon mreže po izravnavi znaša: $\hat{\sigma}_0 = 0,00146$.

Natančnosti izravnanih višin so zelo dobre (0,1 mm). Takšni rezultati so mogoči zaradi majhnosti mreže (dolžine vizur manjše od 60 m), ustreznega instrumentarija, metode izmere (10 ponovitev meritev) ter prisilne stabilizacije instrumenta in prizem na referenčni točki in zavarovalnih točkah.

9 ZAKLJUČEK

Na točki 0. reda na Kogu je stabilizirana zavarovalna mikromreža za ugotavljanje morebitnih horizontalnih ali vertikalnih premikov točke 0. reda. Referenčna točka je stabilizirana na betonskem stebri, zavarovalne točke pa imajo talno stabilizacijo. Vse točke omogočajo prisilno centriranje instrumenta ali prizme. V mreži smo izvedli geodetsko izmero. Za izmero horizontalne mreže je bil uporabljen tahimeter Leica TS30, ki omogoča merjenje smeri in dolžin z visoko natančnostjo. Izvedli smo nadštevilna opazovanja in mrežo izravnali s posredno izravnavo po metodi najmanjših kvadratov popravkov opazovanj. Mrežo smo izravnali kot prosto mrežo. Položajne natančnosti izravnanih koordinat znašajo 0,1 mm. Pri nivelmanski izmeri smo uporabili elektronski nivelir Leica DNA03, ki omogoča merjenje višinskih razlik na 1 kilometer dvojnega nivelmana z natančnostjo 0,3 mm. Upoštevali smo pravila, ki veljajo za precizne nivelmanske meritve. Meritve smo obdelali in izravnali. Standardni odklon višin reperjev znaša 0,2 mm. Višinsko mrežo smo obdelali tudi po metodi trigonometričnega višinomerstva. Tu so bile višinske razlike določene z natančnostjo 0,1 mm.

Iz lokalnih in globalnih mer natančnosti rezultatov izravnave horizontalne mreže lahko potrdimo, da so bile meritve na terenu opravljene kvalitetno brez grobih pogreškov. Lokacija veznih točk je bila izbrana ustrezno. Večji standardni odklon višin pri izravnavi nivelmanskih meritev prinese predvsem navezava na bolj oddaljeni reper N1205. Same višinske razlike med reperji v mreži pa so določene na nekaj stotink mm natančno. Trigonometrično višinomerstvo se je izkazalo kot metoda, ki v mreži tako majhnih dimenzij, kot je zavarovalna mreža na Kogu, doseže rezultate zelo visoke natančnosti.

Spremljanje lokalnih premikov na točkah 0. reda je zelo pomembno. Zato se bodo izvajale ponovne meritve v določenem časovnem obdobju. Rezultati te – prve izmere predstavljajo dobro osnovo za ugotavljanje premikov referenčne točke 0. reda na Kogu pri nadaljnjih terminskih izmerah v mreži.

VIRI

Ambrožič, T., Turk, G. 2000. Analiza natančnosti določitve koordinat točk v ravninski mreži z metodo Monte Carlo. Geodetski vestnik 44, 1-2: 11-22.

http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_387-403.pdf (Pridobljeno 5.4.2016)

Berk, S., Bajec, K., Fajdiga, D., Radovan, D., Komadina, Ž., Medved, K., Ambrožič, T., Koler, B., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Savšek, S., Sterle, O., Stopar, B. 2012. Idejni projekt za kombinirano mrežo ničtega reda. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011, Ljubljana. Zbornik predavanj, 37-44.

http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2012/SZGG_2012_Berk_in_drugi.pdf (Pridobljeno 15.12.2015)

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, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 179 f.

Kogoj, D. 2005. Merjenje razdalj z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 159 str.

Kogoj, D. 2009. Zapiski iz predavanj Geodezija II. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Koler, B., Savšek, S., Ambrožič, T., Sterle, O., Stopar, B., Kogoj, D., 2010. Realizacija geodezije v geotehniki. Geodetski vestnik 54, 3: 450-468.

http://www.geodetski-vestnik.com/54/3/gv54-3_450-468.pdf (Pridobljeno 5.1.2016)

Medved, K. 2014. Postavljeni sta prvi dve točki kombinirane geodetske mreže. Geodetski vestnik 58, 4: 774-782.

http://www.geodetski-vestnik.com/58/4/gv58-4_medved.pdf (Pridobljeno 4.1.2016)

Popović, Z. 2013. Stabilizacija GNSS točke Kog. Tehnično poročilo 3/1. Ljubljana: 9 str.

Režek, J. 2015. Dejavnosti v okviru projekta posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav v letu 2015. Geodetski vestnik 59, 4: 823-834.

http://www.geodetski-vestnik.com/59/4/gv59-4_rezek.pdf (Pridobljeno 20.12.2015)

Savšek, S., Ambrožič, T., Kogoj, D., Koler, B., Sterle, O., Stopar, B. 2010. Geodezija v geotehniki. Geodetski vestnik 54, 1: 31-45.

http://www.geodetski-vestnik.com/54/1/gv54-1_031-045.pdf (Pridobljeno 5.1.2016)

Stopar, B. 2009. Zapiski iz predavanj Izravnalni račun II. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Stopar, B., Režek, J., Komadina, Ž., Medved, K., Berk, S., Bajec, K., Oven, K., Koler, B., Urbančič, T., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O. 2015. Aktivnosti pri vzpostavitvi sodobnega geodetskega referenčnega sistema v Sloveniji. V: Geodetska (r)evolucija. Liseč, A. (ur.), Stopar, B. (ur.), Berk, S. (ur.), Kosmatin Fras, M. (ur.) Zbornik posveta 43. geodetskega dne, 50-68.

http://www.gis.si/media/pdf/Stopar_et_al_2015_GD_43.pdf (Pridobljeno 15.12.2015)

Vodopivec, F., Kogoj, D. 2005. Nov način stabilizacije geodetskih točk za opazovanje premikov. Geodetski vestnik 49, 1: 9-17.

http://www.geodetski-vestnik.com/49/1/gv49-1_009-017.pdf (Pridobljeno 2.1.2016)

PRILOGE

- Priloga A: Redukcija dolžin
- Priloga B1: Vhodna datoteka za izravnavo horizontalne mreže
- Priloga B2: Vhodna datoteka za izravnavo nivelmanske mreže
- Priloga B3: Vhodna datoteka za izravnavo vertikalne mreže po trigonometričnem višinomerstvu
- Priloga C1: Izpis izravnave horizontalne mreže
- Priloga C2: Izpis izravnave nivelmanske mreže
- Priloga C3: Izpis izravnave višinske mreže po trigonometričnem višinomerstvu
- Priloga D: Kalibracijska poročila nivelmanskih lat

Priloga A: Redukcija dolžin

Stojišče KOG0:

Vizura	D' (m)	D ₁ (m)	S _r (m)	S (m)
S1	4.8416182	4.8416658	4.8416658	4.7603286
KOG1	19.8166227	19.8168178	19.8168178	19.4214763
S2	31.1635455	31.1638522	31.1638522	30.8915059
KOG2	56.3093773	56.3099316	56.3099316	55.8074434
S3	48.3182545	48.3187302	48.3187302	48.0429597
KOG3	53.2573000	53.2578243	53.2578243	53.0989052
S4	29.8232682	29.8235618	29.8235618	29.8109439

Stojišče S1:

Vizura	D' (m)	D ₁ (m)	S _r (m)	S (m)
KOG1	22.3658550	22.3661009	22.3661009	21.8400624
S2	35.8773000	35.8776945	35.8776945	35.5283364
KOG4	5.8339100	5.8339741	5.8339741	5.0934139
KOG2	61.1399000	61.1405722	61.1405722	60.5622351
KOG0	4.8418650	4.8419182	4.8419182	4.7606609
S3	53.0552000	53.0557833	53.0557833	52.7110100
KOG3	57.1596950	57.1603235	57.1603235	56.9416548
S4	33.0303650	33.0307282	33.0307282	32.9842813

Stojišče S2:

Vizura	D' (m)	D₁ (m)	S_r (m)	S (m)
KOG2	26.4248000	26.4250889	26.4250889	26.2061733
S3	24.3444150	24.3446812	24.3446812	24.3223043
KOG3	41.7167000	41.7171561	41.7171561	41.7171561
S4	33.0338200	33.0341812	33.0341812	32.8745593
KOG0	31.1640950	31.1644357	31.1644357	30.8920891
KOG4	30.5139500	30.5142836	30.5142836	30.4384786
S1	35.8776050	35.8779973	35.8779973	35.5286869
KOG1	24.1130250	24.1132886	24.1132886	24.1126729

Stojišče S3:

Vizura	D' (m)	D₁ (m)	S_r (m)	S (m)
KOG3	23.1580500	23.1583177	23.1583177	23.1347882
S4	31.7932150	31.7935825	31.7935825	31.5032131
S1	53.0552750	53.0558882	53.0558882	52.7112327
KOG0	48.3185800	48.3191385	48.3191385	48.0434342
KOG4	48.1022150	48.1027710	48.1027710	47.9966923
KOG1	47.6719850	47.6725360	47.6725360	47.6570355
S2	24.3442250	24.3445064	24.3445064	24.3221278
KOG2	15.4905150	15.4906940	15.4906940	15.3112893

Stojišče S4:

Vizura	D' (m)	D₁ (m)	S_r (m)	S (m)
S1	33.0304300	33.0307721	33.0307721	32.9843405
KOG0	29.8235500	29.8238589	29.8238589	29.8112390
KOG4	30.4037000	30.4040149	30.4040149	30.3843369
KOG1	42.4085350	42.4089742	42.4089742	42.2976181
S2	33.0335600	33.0339021	33.0339021	32.8742812
KOG2	45.8997050	45.9001803	45.9001803	45.4176344
S3	31.7931900	31.7935193	31.7935193	31.5031395
KOG3	25.3962550	25.3965180	25.3965180	25.1885525

Priloga B1: Vhodna datoteka za izravnavo horizontalne mreže

*n

S1	1000.0000	1032.9843
S2	1029.8654	1013.7396
S3	1029.6727	989.4181
S4	1000.0000	1000.0000
KOG0	1003.3679	1029.6204
KOG1	1021.5744	1036.3818
KOG2	1044.7362	992.1620
KOG3	1010.1788	976.9597
KOG4	1004.1943	1030.0934

*o

1	KOG0	S1	0	0	0.000	1.00	1	DA
1	KOG0	KOG1	127	39	64.914	1.00	1	DA
1	KOG0	S2	184	40	63.650	1.00	1	DA
1	KOG0	KOG2	196	87	86.064	1.00	1	DA
1	KOG0	S3	213	14	78.068	1.00	1	DA
1	KOG0	KOG3	241	84	57.682	1.00	1	DA
1	KOG0	S4	257	24	17.868	1.00	1	DA
1	S1	S2	0	0	0.000	1.00	1	DA
1	S1	KOG4	1	98	86.815	1.00	1	DA
1	S1	KOG2	10	64	84.530	1.00	1	DA
1	S1	KOG0	13	52	75.480	1.00	1	DA
1	S1	S3	25	49	35.190	1.00	1	DA
1	S1	KOG3	52	11	69.775	1.00	1	DA
1	S1	S4	63	55	92.335	1.00	1	DA
1	S1	KOG1	353	61	58.185	1.00	1	DA
1	S2	KOG2	0	0	0.000	1.00	1	DA
1	S2	S3	38	91	92.205	1.00	1	DA
1	S2	KOG3	69	70	8.755	1.00	1	DA
1	S2	S4	110	96	40.460	1.00	1	DA
1	S2	KOG0	172	78	62.975	1.00	1	DA
1	S2	KOG4	174	52	30.185	1.00	1	DA
1	S2	S1	174	85	46.515	1.00	1	DA
1	S2	KOG1	216	6	82.925	1.00	1	DA
1	S3	KOG3	0	0	0.000	1.00	1	DA
1	S3	S4	58	0	92.695	1.00	1	DA
1	S3	S1	98	13	61.950	1.00	1	DA
1	S3	KOG0	99	31	53.530	1.00	1	DA
1	S3	KOG4	100	57	54.780	1.00	1	DA
1	S3	KOG1	125	33	7.670	1.00	1	DA
1	S3	S2	136	70	66.900	1.00	1	DA
1	S3	KOG2	224	73	34.080	1.00	1	DA
1	S4	S1	0	0	0.000	1.00	1	DA
1	S4	KOG0	7	20	75.560	1.00	1	DA
1	S4	KOG4	8	81	61.895	1.00	1	DA
1	S4	KOG1	34	7	55.285	1.00	1	DA
1	S4	S2	72	55	0.805	1.00	1	DA
1	S4	KOG2	111	4	18.425	1.00	1	DA
1	S4	S3	121	80	80.405	1.00	1	DA
1	S4	KOG3	173	51	67.855	1.00	1	DA
2	KOG0	S1			4.76033	1.0000		DA
2	KOG0	KOG1			19.42148	1.0000		DA
2	KOG0	S2			30.89151	1.0000		DA

2	KOG0	KOG2	55.80744	1.0000	DA
2	KOG0	S3	48.04296	1.0000	DA
2	KOG0	KOG3	53.09891	1.0000	DA
2	KOG0	S4	29.81094	1.0000	DA
2	S1	KOG1	21.84006	1.0000	DA
2	S1	S2	35.52834	1.0000	DA
2	S1	KOG4	5.09341	1.0000	DA
2	S1	KOG2	60.56224	1.0000	DA
2	S1	KOG0	4.76066	1.0000	DA
2	S1	S3	52.71103	1.0000	DA
2	S1	KOG3	56.94165	1.0000	DA
2	S1	S4	32.98428	1.0000	DA
2	S2	KOG2	26.20617	1.0000	DA
2	S2	S3	24.32230	1.0000	DA
2	S2	KOG3	41.71716	1.0000	DA
2	S2	S4	32.87456	1.0000	DA
2	S2	KOG0	30.89209	1.0000	DA
2	S2	KOG4	30.43848	1.0000	DA
2	S2	S1	35.52869	1.0000	DA
2	S2	KOG1	24.11267	1.0000	DA
2	S3	KOG3	23.13479	1.0000	DA
2	S3	S4	31.50321	1.0000	DA
2	S3	S1	52.71123	1.0000	DA
2	S3	KOG0	48.04343	1.0000	DA
2	S3	KOG4	47.99669	1.0000	DA
2	S3	KOG1	47.65704	1.0000	DA
2	S3	S2	24.32213	1.0000	DA
2	S3	KOG2	15.31129	1.0000	DA
2	S4	S1	32.98434	1.0000	DA
2	S4	KOG0	29.81124	1.0000	DA
2	S4	KOG4	30.38434	1.0000	DA
2	S4	KOG1	42.29762	1.0000	DA
2	S4	S2	32.87428	1.0000	DA
2	S4	KOG2	45.41763	1.0000	DA
2	S4	S3	31.50314	1.0000	DA
2	S4	KOG3	25.18855	1.0000	DA

*PS

2.2011

*PD

.0002077

*RK

G

*RU

D .1

K .001

I 50

*IK

DM

*IS

ST

*Konec

Priloga B2: Vhodna datoteka za izravnavo nivelmanske mreže

```
*D
'N1205' 262.09656
*N
'KOG1' 242.988
'KOG4' 244.967
'KOG2' 239.422
'KOG0' 246.924
'KOG3' 242.813
'I1' 243.042
'I2' 242.079
'KGR1' 244.967
'KGR2' 244.969
'KGR3' 244.970
*E
'm'
*O
'KOG1' 'KOG2' -3.56473 49.83409
'KOG2' 'KOG1' 3.56473 49.84789
'KOG1' 'I1' 0.05389 21.48944
'I1' 'KOG3' -0.22788 39.710455
'KOG3' 'I1' 0.22791 39.716825
'I1' 'KOG1' -0.05382 21.485265
'I1' 'KOG4' 1.92484 16.856145
'KOG4' 'I1' -1.92494 16.85359
'KOG2' 'KOG3' 3.39060 37.591305
'KOG3' 'KOG2' -3.39062 37.631725
'KOG2' 'I2' 2.65682 41.073025
'I2' 'KOG2' -2.65685 41.070535
'KOG4' 'I2' -2.88639 25.89334
'I2' 'KOG4' 2.88635 25.882285
'KGR1' 'N1205' 17.13024 387.515145
'N1205' 'KGR1' -17.12977 335.36943
'KGR1' 'KGR3' 0.00303 5.60647
'KGR3' 'KGR1' -0.00301 5.59086
'KGR3' 'KGR2' -0.00125 6.64774
'KGR2' 'KGR3' 0.00123 6.64915
'KGR1' 'KOG4' -0.00036 8.33383
'KOG4' 'KGR1' 0.00036 8.33383
'KGR2' 'KGR1' -0.00179 8.25917
'KGR1' 'KGR2' 0.00178 8.26148
'KOG1' 'KOG4' 1.97857 18.3921
'KOG4' 'KOG1' -1.97858 18.391495
'KOG0' 'KGR2' -1.95527 7.35357
'KGR2' 'KOG0' 1.95525 7.35287
'KOG0' 'KGR3' -1.95402 6.67382
'KGR3' 'KOG0' 1.95402 6.67382
'KOG0' 'KGR1' -1.95696 8.18179
'KGR1' 'KOG0' 1.95696 8.18179
*K
```

Priloga B3: Vhodna datoteka za izravnavo vertikalne mreže po trigonometričnem višinomerstvu

```
*D
*N
'KOG1' 242.988
'KOG4' 244.967
'KOG2' 239.422
'KOG0' 246.924
'KOG3' 242.813
'S1' 247.857
'S2' 242.862
'S3' 241.818
'S4' 246.106
*E
'km'
*O
'KOG0' 'S1' 0.9336418 0.0000469
'KOG0' 'KOG1' -3.9353970 0.0007854
'KOG0' 'S2' -4.0611352 0.0019423
'KOG0' 'KOG2' -7.5010178 0.0063415
'KOG0' 'S3' -5.1050885 0.0046693
'KOG0' 'KOG3' -4.1100742 0.0056727
'KOG0' 'S4' -0.8175464 0.0017789
'S1' 'KOG1' -4.8689593 0.0010005
'S1' 'S2' -4.9946365 0.0025744
'S1' 'KOG4' -2.8899293 0.0000681
'S1' 'KOG2' -8.4346766 0.0074762
'S1' 'KOG0' -0.9332350 0.0000469
'S1' 'S3' -6.0386999 0.0056297
'S1' 'KOG3' -5.0438160 0.0065345
'S1' 'S4' -1.7510646 0.0021820
'S2' 'KOG2' -3.4394351 0.0013965
'S2' 'S3' -1.0435651 0.0011853
'S2' 'KOG3' -0.0488004 0.0034806
'S2' 'S4' 3.2435176 0.0021825
'S2' 'KOG0' 4.0611594 0.0019424
'S2' 'KOG4' 2.1043144 0.0018622
'S2' 'S1' 4.9942945 0.0025744
'S2' 'KOG1' 0.1256205 0.0011629
'S3' 'KOG3' 0.9949337 0.0010726
'S3' 'S4' 4.2871168 0.0020216
'S3' 'S1' 6.0376232 0.0056297
'S3' 'KOG0' 5.1044522 0.0046694
'S3' 'KOG4' 3.1475811 0.0046276
'S3' 'KOG1' 1.1688653 0.0045452
'S3' 'S2' 1.0435882 0.0011853
'S3' 'KOG2' -2.3958016 0.0004799
'S4' 'S1' 1.7507556 0.0021820
'S4' 'KOG0' 0.8176084 0.0017789
'S4' 'KOG4' -1.1389306 0.0018488
'S4' 'KOG1' -3.1179714 0.0035970
'S4' 'S2' -3.2435154 0.0021824
'S4' 'KOG2' -6.6832201 0.0042136
```


'S4'	'S3'	-4.2872079	0.0020216
'S4'	'KOG3'	-3.2921868	0.0012899

*K

Priloga C1: Izpis izravnave horizontalne mreže

Izravnava ravninske GEodetske Mreže
Program: GEM4, ver.4.0, oktober 2005
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk & Zvonimir Jamšek

Datum : 2.2.2016
Čas : 16:11

Ime datoteke s podatki:	KOG5.pod
Ime datoteke za rezultate:	KOG5.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	KOG5.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	KOG5.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	KOG5.koo
Ime datoteke z utežmi:	KOG5.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	KOG5.str
Ime datoteke za ProTra:	KOG5.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	KOG5.S11
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	KOG5.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	KOG5.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	KOG5.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	KOG5.pvv

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

```
=====
Točka          Y              X
              (m)              (m)
S1             1000.0000      1032.9843
S2             1029.8654      1013.7396
S3             1029.6727       989.4181
S4             1000.0000      1000.0000
KOG0           1003.3679      1029.6204
KOG1           1021.5744      1036.3818
KOG2           1044.7362       992.1620
KOG3           1010.1788       976.9597
KOG4           1004.1943      1030.0934
```

Vseh novih točk je : 9

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (gradi)	W (")	Utež	Gr
1	KOG0	S1	0 0 0.00	0.000	1.00	1
2	KOG0	KOG1	127 39 64.91	0.000	1.00	1
3	KOG0	S2	184 40 63.65	0.000	1.00	1
4	KOG0	KOG2	196 87 86.06	0.000	1.00	1
5	KOG0	S3	213 14 78.07	0.000	1.00	1
6	KOG0	KOG3	241 84 57.68	0.000	1.00	1
7	KOG0	S4	257 24 17.87	0.000	1.00	1
8	S1	S2	0 0 0.00	0.000	1.00	1
9	S1	KOG4	1 98 86.82	0.000	1.00	1
10	S1	KOG2	10 64 84.53	0.000	1.00	1

11	S1	KOG0	13 52 75.48	0.000	1.00	1
12	S1	S3	25 49 35.19	0.000	1.00	1
13	S1	KOG3	52 11 69.78	0.000	1.00	1
14	S1	S4	63 55 92.34	0.000	1.00	1
15	S1	KOG1	353 61 58.19	0.000	1.00	1
16	S2	KOG2	0 0 0.00	0.000	1.00	1
17	S2	S3	38 91 92.21	0.000	1.00	1
18	S2	KOG3	69 70 8.76	0.000	1.00	1
19	S2	S4	110 96 40.46	0.000	1.00	1
20	S2	KOG0	172 78 62.98	0.000	1.00	1
21	S2	KOG4	174 52 30.19	0.000	1.00	1
22	S2	S1	174 85 46.52	0.000	1.00	1
23	S2	KOG1	216 6 82.93	0.000	1.00	1
24	S3	KOG3	0 0 0.00	0.000	1.00	1
25	S3	S4	58 0 92.70	0.000	1.00	1
26	S3	S1	98 13 61.95	0.000	1.00	1
27	S3	KOG0	99 31 53.53	0.000	1.00	1
28	S3	KOG4	100 57 54.78	0.000	1.00	1
29	S3	KOG1	125 33 7.67	0.000	1.00	1
30	S3	S2	136 70 66.90	0.000	1.00	1
31	S3	KOG2	224 73 34.08	0.000	1.00	1
32	S4	S1	0 0 0.00	0.000	1.00	1
33	S4	KOG0	7 20 75.56	0.000	1.00	1
34	S4	KOG4	8 81 61.90	0.000	1.00	1
35	S4	KOG1	34 7 55.29	0.000	1.00	1
36	S4	S2	72 55 0.81	0.000	1.00	1
37	S4	KOG2	111 4 18.43	0.000	1.00	1
38	S4	S3	121 80 80.41	0.000	1.00	1
39	S4	KOG3	173 51 67.86	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
40	KOG0	S1	4.7603	0.0000	1.00
41	KOG0	KOG1	19.4215	0.0000	1.00
42	KOG0	S2	30.8915	0.0000	1.00
43	KOG0	KOG2	55.8074	0.0000	1.00
44	KOG0	S3	48.0430	0.0000	1.00
45	KOG0	KOG3	53.0989	0.0000	1.00
46	KOG0	S4	29.8109	0.0000	1.00
47	S1	KOG1	21.8401	0.0000	1.00
48	S1	S2	35.5283	0.0000	1.00
49	S1	KOG4	5.0934	0.0000	1.00
50	S1	KOG2	60.5622	0.0000	1.00
51	S1	KOG0	4.7607	0.0000	1.00
52	S1	S3	52.7110	0.0000	1.00
53	S1	KOG3	56.9417	0.0000	1.00
54	S1	S4	32.9843	0.0000	1.00
55	S2	KOG2	26.2062	0.0000	1.00
56	S2	S3	24.3223	0.0000	1.00
57	S2	KOG3	41.7172	0.0000	1.00
58	S2	S4	32.8746	0.0000	1.00
59	S2	KOG0	30.8921	0.0000	1.00

60	S2	KOG4	30.4385	0.0000	1.00
61	S2	S1	35.5287	0.0000	1.00
62	S2	KOG1	24.1127	0.0000	1.00
63	S3	KOG3	23.1348	0.0000	1.00
64	S3	S4	31.5032	0.0000	1.00
65	S3	S1	52.7112	0.0000	1.00
66	S3	KOG0	48.0434	0.0000	1.00
67	S3	KOG4	47.9967	0.0000	1.00
68	S3	KOG1	47.6570	0.0000	1.00
69	S3	S2	24.3221	0.0000	1.00
70	S3	KOG2	15.3113	0.0000	1.00
71	S4	S1	32.9843	0.0000	1.00
72	S4	KOG0	29.8112	0.0000	1.00
73	S4	KOG4	30.3843	0.0000	1.00
74	S4	KOG1	42.2976	0.0000	1.00
75	S4	S2	32.8743	0.0000	1.00
76	S4	KOG2	45.4176	0.0000	1.00
77	S4	S3	31.5031	0.0000	1.00
78	S4	KOG3	25.1886	0.0000	1.00

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 2.00 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.300 mm.

Število enačb popravkov je 78
 - Število enačb popravkov za smeri je 39
 - Število enačb popravkov za dolžine je 39
 Število neznank je 23
 - Število koordinatnih neznank je 18
 - Število orientacijskih neznank je 5
 Defekt mreže je 3
 Število nadštevilnih opazovanj je 58

A-POSTERIORI ocena uteži merjenih količin

=====

Izbran delni kriterij prekinitve iteracijskega procesa $_Xdop = 0.10mm$

Izbran končni kriterij prekinitve iteracijskega procesa $1 - m0^{**2} = 0.0010$

Izbrano največje število iteracijskih korakov = 50

* ... izpolnjen je delni kriterij prekinitve iteracijskega procesa

False

	(sekunde)	(mm)		
0	2.0000	0.3000		
1	2.0551	0.2431	0.8068	0.00000
2*	2.1179	0.2216	0.9278	0.00000
3*	2.1605	0.2131	0.9769	0.00000
4*	2.1839	0.2097	0.9934	0.00000
5*	2.1956	0.2083	0.9983	0.00000
6*	2.2011	0.2077	0.9996	0.00000

POPRAVKI približnih vrednosti

=====

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
-------	-----------	-----------	-----------

S1	0.0003	0.0002	7.6
S2	0.0001	0.0001	-0.4
S3	0.0001	0.0001	0.5
S4	0.0000	0.0000	-0.3
KOG0	0.0001	-0.0002	2.0
KOG1	0.0001	0.0001	
KOG2	0.0000	-0.0004	
KOG3	0.0001	0.0002	
KOG4	-0.0009	-0.0001	

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
S1	1000.0003	1032.9845	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	140
S2	1029.8655	1013.7397	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	138
S3	1029.6728	989.4182	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	133
S4	1000.0000	1000.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	136
KOG0	1003.3680	1029.6202	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	140
KOG1	1021.5745	1036.3819	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	145
KOG2	1044.7362	992.1616	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	127
KOG3	1010.1789	976.9599	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	136
KOG4	1004.1934	1030.0933	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	133

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.99981.
 [pvv] = 57.9779464491
 [xx] vseh neznank = 61.7410024930
 [xx] samo koordinatnih neznank = 0.0000012106
 Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00003.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 2.2007 sekund.
 Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 0.2077 milimetrov.

Največji položajni pogrešek /Mp_max/ je 0.0002 metrov.
 Najmanjši položajni pogrešek /Mp_min/ je 0.0001 metrov.
 Srednji položajni pogrešek /Mp_sred/ je 0.0001 metrov.

PREGLED opazovanih SMERI

Smerni koti in dolžine so izračunani iz nezaokroženih koordinat.
 Smeri in smerni koti so izpisani v gradih.

Nova točka: KOG0		Y =	1003.3680	X =	1029.6202	Orientacijski kot = 349 96 62.13		
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina	
S1	1	1.00	0 0 0.00	349 96 62.13	349 96 73.96	11.83	4.760	
KOG1	1	1.00	127 39 64.91	77 36 27.04	77 36 16.99	-10.06	19.422	
S2	1	1.00	184 40 63.65	134 37 25.78	134 37 23.24	-2.54	30.892	
KOG2	1	1.00	196 87 86.06	146 84 48.19	146 84 51.33	3.14	55.807	
S3	1	1.00	213 14 78.07	163 11 40.19	163 11 41.30	1.10	48.043	
KOG3	1	1.00	241 84 57.68	191 81 19.81	191 81 17.39	-2.42	53.099	
S4	1	1.00	257 24 17.87	207 20 79.99	207 20 78.94	-1.05	29.811	

Nova točka: S1		Y =	1000.0003	X =	1032.9845	Orientacijski kot = 136 44 11.65		
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina	

S2	1	1.00	0	0	0.00	136	44	11.65	136	44	13.28	1.63	35.529
KOG4	1	1.00	1	98	86.82	138	42	98.47	138	42	94.06	-4.40	5.093
KOG2	1	1.00	10	64	84.53	147	8	96.18	147	9	4.47	8.28	60.562
KOG0	1	1.00	13	52	75.48	149	96	87.13	149	96	73.96	-13.18	4.760
S3	1	1.00	25	49	35.19	161	93	46.84	161	93	52.28	5.44	52.711
KOG3	1	1.00	52	11	69.78	188	55	81.43	188	55	86.91	5.48	56.942
S4	1	1.00	63	55	92.34	200	0	3.99	200	0	6.08	2.09	32.984
KOG1	1	1.00	353	61	58.19	90	5	69.84	90	5	64.50	-5.34	21.840

Nova točka: S2 Y = 1029.8655 X = 1013.7397
Orientacijski kot = 161 58 58.59

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
KOG2	1	1.00	0	0	0.00	161 58 58.59	161 58 56.47	-2.12	26.206
S3	1	1.00	38	91	92.21	200 50 50.79	200 50 44.61	-6.18	24.322
KOG3	1	1.00	69	70	8.76	231 28 67.34	231 28 69.07	1.73	41.717
S4	1	1.00	110	96	40.46	272 54 99.05	272 55 0.65	1.60	32.874
KOG0	1	1.00	172	78	62.98	334 37 21.56	334 37 23.24	1.68	30.892
KOG4	1	1.00	174	52	30.19	336 10 88.77	336 10 87.16	-1.62	30.438
S1	1	1.00	174	85	46.52	336 44 5.10	336 44 13.28	8.18	35.529
KOG1	1	1.00	216	6	82.93	377 65 41.51	377 65 38.24	-3.27	24.112

Nova točka: S3 Y = 1029.6728 X = 989.4182
Orientacijski kot = 263 79 83.43

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
KOG3	1	1.00	0	0	0.00	263 79 83.43	263 79 77.31	-6.12	23.135
S4	1	1.00	58	0	92.70	321 80 76.12	321 80 79.25	3.13	31.503
S1	1	1.00	98	13	61.95	361 93 45.38	361 93 52.28	6.91	52.711
KOG0	1	1.00	99	31	53.53	363 11 36.96	363 11 41.30	4.34	48.043
KOG4	1	1.00	100	57	54.78	364 37 38.21	364 37 39.04	0.83	47.996
KOG1	1	1.00	125	33	7.67	389 12 91.10	389 12 92.01	0.91	47.657
S2	1	1.00	136	70	66.90	0 50 50.33	0 50 44.61	-5.71	24.322
KOG2	1	1.00	224	73	34.08	88 53 17.51	88 53 13.21	-4.30	15.311

Nova točka: S4 Y = 1000.0000 X = 1000.0000
Orientacijski kot = 399 99 98.95

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
S1	1	1.00	0	0	0.00	399 99 98.95	0 0 6.08	7.13	32.984
KOG0	1	1.00	7	20	75.56	7 20 74.51	7 20 78.94	4.43	29.811
KOG4	1	1.00	8	81	61.90	8 81 60.85	8 81 44.05	-16.79	30.384
KOG1	1	1.00	34	7	55.29	34 7 54.24	34 7 55.41	1.17	42.298
S2	1	1.00	72	55	0.81	72 54 99.76	72 55 0.65	0.90	32.874
KOG2	1	1.00	111	4	18.43	111 4 17.38	111 4 23.93	6.55	45.418
S3	1	1.00	121	80	80.41	121 80 79.36	121 80 79.25	-0.10	31.503
KOG3	1	1.00	173	51	67.86	173 51 66.81	173 51 63.53	-3.28	25.188

PREGLED merjenih DOLŽIN

=====

Dolžine so izračunane iz nezaokroženih koordinat
Multiplikacijska konstanta ni bila izračunana (= 1).
Adicijska konstanta ni bila izračunana (= 0 metra).

Od točke	Do točke	Utež dolž	Merjena dolžina	Modulirana 'Mer.*Mk+Ak	Definitivna Proj.-Du	Popravek Mod.dolž.	Projekcij. iz koo.
KOG0	S1	1.000	4.7603	4.7603	4.7602	-0.0001	4.7602
KOG0	KOG1	1.000	19.4215	19.4215	19.4215	0.0000	19.4215
KOG0	S2	1.000	30.8915	30.8915	30.8918	0.0003	30.8918

KOG0	KOG2	1.000	55.8074	55.8074	55.8075	0.0000	55.8075
KOG0	S3	1.000	48.0430	48.0430	48.0431	0.0002	48.0431
KOG0	KOG3	1.000	53.0989	53.0989	53.0989	0.0000	53.0989
KOG0	S4	1.000	29.8109	29.8109	29.8110	0.0001	29.8110
S1	KOG1	1.000	21.8401	21.8401	21.8400	0.0000	21.8400
S1	S2	1.000	35.5283	35.5283	35.5287	0.0004	35.5287
S1	KOG4	1.000	5.0934	5.0934	5.0932	-0.0002	5.0932
S1	KOG2	1.000	60.5622	60.5622	60.5624	0.0002	60.5624
S1	KOG0	1.000	4.7607	4.7607	4.7602	-0.0004	4.7602
S1	S3	1.000	52.7110	52.7110	52.7113	0.0002	52.7113
S1	KOG3	1.000	56.9417	56.9417	56.9417	0.0000	56.9417
S1	S4	1.000	32.9843	32.9843	32.9845	0.0002	32.9845
S2	KOG2	1.000	26.2062	26.2062	26.2060	-0.0002	26.2060
S2	S3	1.000	24.3223	24.3223	24.3223	0.0000	24.3223
S2	KOG3	1.000	41.7172	41.7172	41.7171	0.0000	41.7171
S2	S4	1.000	32.8746	32.8746	32.8744	-0.0001	32.8744
S2	KOG0	1.000	30.8921	30.8921	30.8918	-0.0003	30.8918
S2	KOG4	1.000	30.4385	30.4385	30.4384	-0.0001	30.4384
S2	S1	1.000	35.5287	35.5287	35.5287	0.0000	35.5287
S2	KOG1	1.000	24.1127	24.1127	24.1124	-0.0003	24.1124
S3	KOG3	1.000	23.1348	23.1348	23.1349	0.0001	23.1349
S3	S4	1.000	31.5032	31.5032	31.5032	-0.0001	31.5032
S3	S1	1.000	52.7112	52.7112	52.7113	0.0000	52.7113
S3	KOG0	1.000	48.0434	48.0434	48.0431	-0.0003	48.0431
S3	KOG4	1.000	47.9967	47.9967	47.9965	-0.0002	47.9965
S3	KOG1	1.000	47.6570	47.6570	47.6568	-0.0002	47.6568
S3	S2	1.000	24.3221	24.3221	24.3223	0.0002	24.3223
S3	KOG2	1.000	15.3113	15.3113	15.3112	-0.0001	15.3112
S4	S1	1.000	32.9843	32.9843	32.9845	0.0001	32.9845
S4	KOG0	1.000	29.8112	29.8112	29.8110	-0.0002	29.8110
S4	KOG4	1.000	30.3843	30.3843	30.3840	-0.0003	30.3840
S4	KOG1	1.000	42.2976	42.2976	42.2977	0.0001	42.2977
S4	S2	1.000	32.8743	32.8743	32.8744	0.0002	32.8744
S4	KOG2	1.000	45.4176	45.4176	45.4177	0.0001	45.4177
S4	S3	1.000	31.5031	31.5031	31.5032	0.0000	31.5032
S4	KOG3	1.000	25.1886	25.1886	25.1884	-0.0001	25.1884

Priloga C2: Izpis izravnave nivelmanske mreže

Izravnava VIšinske geodetske Mreže
Program: VIM, ver.4.0, dec. 02
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: NivKOG.pod
Ime datoteke za rezultate: NivKOG.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: NivKOG.def
Ime datoteke za S-transformacijo: NivKOG.str

Datum: 3. 7.2016
Čas: 13:12:28

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

```
=====
Reper          Nadm.viš.   Opomba
N1205          262.0966   Dani reper
KOG1           242.9880   Novi reper
KOG4           244.9670   Novi reper
KOG2           239.4220   Novi reper
KOG0           246.9240   Novi reper
KOG3           242.8130   Novi reper
I1             243.0420   Novi reper
I2             242.0790   Novi reper
KGR1           244.9670   Novi reper
KGR2           244.9690   Novi reper
KGR3           244.9700   Novi reper
```

Število vseh reperjev = 11
Število danih reperjev = 1
Število novih reperjev = 10

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

```
=====
Reper          Reper          Merjena      Merjena
zadaj          spredaj        viš.razlika  dolžina
KOG1           KOG2           -3.5647      49.8341
KOG2           KOG1           3.5647       49.8479
KOG1           I1             0.0539       21.4894
I1             KOG3           -0.2279      39.7105
KOG3           I1             0.2279       39.7168
I1             KOG1           -0.0538      21.4853
I1             KOG4           1.9248       16.8561
KOG4           I1             -1.9249      16.8536
KOG2           KOG3           3.3906       37.5913
KOG3           KOG2           -3.3906      37.6317
KOG2           I2             2.6568       41.0730
I2             KOG2           -2.6569      41.0705
KOG4           I2             -2.8864      25.8933
I2             KOG4           2.8863       25.8823
KGR1           N1205          17.1302      387.5151
N1205          KGR1           -17.1298     335.3694
```


KGR1	KGR3	0.0030	5.6065
KGR3	KGR1	-0.0030	5.5909
KGR3	KGR2	-0.0012	6.6477
KGR2	KGR3	0.0012	6.6491
KGR1	KOG4	-0.0004	8.3338
KOG4	KGR1	0.0004	8.3338
KGR2	KGR1	-0.0018	8.2592
KGR1	KGR2	0.0018	8.2615
KOG1	KOG4	1.9786	18.3921
KOG4	KOG1	-1.9786	18.3915
KOG0	KGR2	-1.9553	7.3536
KGR2	KOG0	1.9553	7.3529
KOG0	KGR3	-1.9540	6.6738
KGR3	KOG0	1.9540	6.6738
KOG0	KGR1	-1.9570	8.1818
KGR1	KOG0	1.9570	8.1818

Število opazovanj = 32

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

=====						
Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
			a1	a2	f	
1	KOG1	KOG2	1.	-1.	0.0013	20.0666
2	KOG2	KOG1	-1.	1.	0.0013	20.0610
3	KOG1	I1	-1.	1.	0.0001	46.5345
4	I1	KOG3	1.	-1.	0.0011	25.1823
5	KOG3	I1	-1.	1.	0.0011	25.1782
6	I1	KOG1	1.	-1.	0.0002	46.5435
7	I1	KOG4	-1.	1.	0.0001	59.3255
8	KOG4	I1	1.	-1.	0.0000	59.3345
9	KOG2	KOG3	-1.	1.	0.0004	26.6019
10	KOG3	KOG2	1.	-1.	0.0004	26.5733
11	KOG2	I2	-1.	1.	0.0002	24.3469
12	I2	KOG2	1.	-1.	0.0001	24.3484
13	KOG4	I2	1.	-1.	0.0016	38.6200
14	I2	KOG4	-1.	1.	0.0017	38.6365
15	KGR1	N1205	-1.	0.	-0.0007	2.5805
16	N1205	KGR1	0.	-1.	-0.0002	2.9818
17	KGR1	KGR3	-1.	1.	0.0000	178.3653
18	KGR3	KGR1	1.	-1.	0.0000	178.8634
19	KGR3	KGR2	1.	-1.	-0.0002	150.4271
20	KGR2	KGR3	-1.	1.	-0.0002	150.3952
21	KGR1	KOG4	1.	-1.	-0.0004	119.9929
22	KOG4	KGR1	-1.	1.	-0.0004	119.9929
23	KGR2	KGR1	1.	-1.	0.0002	121.0775
24	KGR1	KGR2	-1.	1.	0.0002	121.0437
25	KOG1	KOG4	-1.	1.	0.0004	54.3712
26	KOG4	KOG1	1.	-1.	0.0004	54.3730
27	KOG0	KGR2	1.	-1.	-0.0003	135.9884
28	KGR2	KOG0	-1.	1.	-0.0002	136.0013
29	KOG0	KGR3	1.	-1.	0.0000	149.8392
30	KGR3	KOG0	-1.	1.	0.0000	149.8392
31	KOG0	KGR1	1.	-1.	0.0000	122.2226

32 KGR1 KOG0 -1. 1. 0.0000 122.2226

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1	KOG1	KOG2	-3.5647	0.0000	-3.5647
2	KOG2	KOG1	3.5647	0.0000	3.5647
3	KOG1	I1	0.0539	-0.0001	0.0538
4	I1	KOG3	-0.2279	0.0000	-0.2279
5	KOG3	I1	0.2279	0.0000	0.2279
6	I1	KOG1	-0.0538	0.0000	-0.0538
7	I1	KOG4	1.9248	0.0000	1.9248
8	KOG4	I1	-1.9249	0.0001	-1.9248
9	KOG2	KOG3	3.3906	0.0000	3.3906
10	KOG3	KOG2	-3.3906	0.0000	-3.3906
11	KOG2	I2	2.6568	0.0001	2.6569
12	I2	KOG2	-2.6569	0.0000	-2.6569
13	KOG4	I2	-2.8864	0.0000	-2.8864
14	I2	KOG4	2.8863	0.0001	2.8864
15	KGR1	N1205	17.1302	-0.0003	17.1300
16	N1205	KGR1	-17.1298	-0.0002	-17.1300
17	KGR1	KGR3	0.0030	0.0000	0.0030
18	KGR3	KGR1	-0.0030	0.0000	-0.0030
19	KGR3	KGR2	-0.0012	0.0000	-0.0012
20	KGR2	KGR3	0.0012	0.0000	0.0012
21	KGR1	KOG4	-0.0004	0.0000	-0.0004
22	KOG4	KGR1	0.0004	0.0000	0.0004
23	KGR2	KGR1	-0.0018	0.0000	-0.0018
24	KGR1	KGR2	0.0018	0.0000	0.0018
25	KOG1	KOG4	1.9786	0.0000	1.9786
26	KOG4	KOG1	-1.9786	0.0000	-1.9786
27	KOG0	KGR2	-1.9553	0.0000	-1.9552
28	KGR2	KOG0	1.9553	0.0000	1.9552
29	KOG0	KGR3	-1.9540	0.0000	-1.9540
30	KGR3	KOG0	1.9540	0.0000	1.9540
31	KOG0	KGR1	-1.9570	0.0000	-1.9570
32	KGR1	KOG0	1.9570	0.0000	1.9570

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00038$

Izračunano odstopanje = -0.3 mm ($s = 1.327 \text{ km}$).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 1.2 \text{ mm}$
- mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 2.4 \text{ mm}$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
KOG1	242.9880	-0.0004	242.9876	0.0002
KOG4	244.9670	-0.0008	244.9662	0.0002
KOG2	239.4220	0.0009	239.4229	0.0002
KOG0	246.9240	-0.0004	246.9236	0.0002
KOG3	242.8130	0.0005	242.8135	0.0002
I1	243.0420	-0.0006	243.0414	0.0002

I2	242.0790	0.0008	242.0798	0.0002
KGR1	244.9670	-0.0004	244.9666	0.0002
KGR2	244.9690	-0.0007	244.9683	0.0002
KGR3	244.9700	-0.0004	244.9696	0.0002

Priloga C3: Izpis izravnave višinske mreže po trigonometričnem višinomerstvu

Izravnava VIšinske geodetske Mreže
Program: VIM, ver.4.0, dec. 02
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: TrigVisKOG.pod
Ime datoteke za rezultate: TrigVisKOG.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: TrigVisKOG.def
Ime datoteke za S-transformacijo: TrigVisKOG.str

Datum: 3. 7.2016
Čas: 13:22:47

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

```
=====
Reper      Nadm.viš.   Opomba
KOG1      242.9880   Novi reper
KOG4      244.9670   Novi reper
KOG2      239.4220   Novi reper
KOG0      246.9240   Novi reper
KOG3      242.8130   Novi reper
S1        247.8570   Novi reper
S2        242.8620   Novi reper
S3        241.8180   Novi reper
S4        246.1060   Novi reper
```

Število vseh reperjev = 9
Število danih reperjev = 0
Število novih reperjev = 9
Defekt mreže = 1

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

```
=====
Reper      Reper      Merjena     Merjena
zadaj     spredaj     viš.razlika  dolžina
KOG0      S1           0.9336       0.0000
KOG0      KOG1        -3.9354       0.0008
KOG0      S2          -4.0611       0.0019
KOG0      KOG2        -7.5010       0.0063
KOG0      S3          -5.1051       0.0047
KOG0      KOG3        -4.1101       0.0057
KOG0      S4          -0.8175       0.0018
S1        KOG1        -4.8690       0.0010
S1        S2          -4.9946       0.0026
S1        KOG4        -2.8899       0.0001
S1        KOG2        -8.4347       0.0075
S1        KOG0        -0.9332       0.0000
S1        S3          -6.0387       0.0056
S1        KOG3        -5.0438       0.0065
S1        S4          -1.7511       0.0022
```

S2	KOG2	-3.4394	0.0014
S2	S3	-1.0436	0.0012
S2	KOG3	-0.0488	0.0035
S2	S4	3.2435	0.0022
S2	KOG0	4.0612	0.0019
S2	KOG4	2.1043	0.0019
S2	S1	4.9943	0.0026
S2	KOG1	0.1256	0.0012
S3	KOG3	0.9949	0.0011
S3	S4	4.2871	0.0020
S3	S1	6.0376	0.0056
S3	KOG0	5.1045	0.0047
S3	KOG4	3.1476	0.0046
S3	KOG1	1.1689	0.0045
S3	S2	1.0436	0.0012
S3	KOG2	-2.3958	0.0005
S4	S1	1.7508	0.0022
S4	KOG0	0.8176	0.0018
S4	KOG4	-1.1389	0.0018
S4	KOG1	-3.1180	0.0036
S4	S2	-3.2435	0.0022
S4	KOG2	-6.6832	0.0042
S4	S3	-4.2872	0.0020
S4	KOG3	-3.2922	0.0013

Število opazovanj = 39

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
			a1	a2	f	
1	KOG0	S1	-1.	1.	-0.0006	*****
2	KOG0	KOG1	1.	-1.	0.0006	*****
3	KOG0	S2	1.	-1.	0.0009	514.8535
4	KOG0	KOG2	1.	-1.	0.0010	157.6914
5	KOG0	S3	1.	-1.	0.0009	214.1649
6	KOG0	KOG3	1.	-1.	0.0009	176.2829
7	KOG0	S4	1.	-1.	0.0004	562.1451
8	S1	KOG1	1.	-1.	0.0000	999.5002
9	S1	S2	1.	-1.	0.0004	388.4400
10	S1	KOG4	1.	-1.	0.0001	*****
11	S1	KOG2	1.	-1.	0.0003	133.7578
12	S1	KOG0	1.	-1.	-0.0002	*****
13	S1	S3	1.	-1.	0.0003	177.6294
14	S1	KOG3	1.	-1.	0.0002	153.0339
15	S1	S4	1.	-1.	-0.0001	458.2951
16	S2	KOG2	1.	-1.	0.0006	716.0759
17	S2	S3	1.	-1.	0.0004	843.6683
18	S2	KOG3	1.	-1.	0.0002	287.3068
19	S2	S4	-1.	1.	0.0005	458.1902
20	S2	KOG0	-1.	1.	0.0008	514.8270
21	S2	KOG4	-1.	1.	0.0007	536.9993
22	S2	S1	-1.	1.	0.0007	388.4400
23	S2	KOG1	-1.	1.	0.0004	859.9192

24	S3	KOG3	-1.	1.	0.0001	932.3140
25	S3	S4	-1.	1.	0.0009	494.6577
26	S3	S1	-1.	1.	0.0014	177.6294
27	S3	KOG0	-1.	1.	0.0016	214.1603
28	S3	KOG4	-1.	1.	0.0014	216.0947
29	S3	KOG1	-1.	1.	0.0011	220.0123
30	S3	S2	-1.	1.	0.0004	843.6683
31	S3	KOG2	1.	-1.	0.0002	*****
32	S4	S1	-1.	1.	0.0002	458.2951
33	S4	KOG0	-1.	1.	0.0004	562.1451
34	S4	KOG4	1.	-1.	0.0001	540.8914
35	S4	KOG1	1.	-1.	0.0000	278.0095
36	S4	S2	1.	-1.	0.0005	458.2111
37	S4	KOG2	1.	-1.	0.0008	237.3268
38	S4	S3	1.	-1.	0.0008	494.6577
39	S4	KOG3	1.	-1.	0.0008	775.2539

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1	KOG0	S1	0.9336	-0.0002	0.9334
2	KOG0	KOG1	-3.9354	-0.0001	-3.9355
3	KOG0	S2	-4.0611	0.0001	-4.0611
4	KOG0	KOG2	-7.5010	0.0004	-7.5006
5	KOG0	S3	-5.1051	0.0004	-5.1047
6	KOG0	KOG3	-4.1101	0.0002	-4.1098
7	KOG0	S4	-0.8175	0.0000	-0.8175
8	S1	KOG1	-4.8690	0.0000	-4.8689
9	S1	S2	-4.9946	0.0001	-4.9945
10	S1	KOG4	-2.8899	0.0000	-2.8899
11	S1	KOG2	-8.4347	0.0007	-8.4340
12	S1	KOG0	-0.9332	-0.0002	-0.9334
13	S1	S3	-6.0387	0.0006	-6.0381
14	S1	KOG3	-5.0438	0.0005	-5.0433
15	S1	S4	-1.7511	0.0001	-1.7510
16	S2	KOG2	-3.4394	-0.0001	-3.4395
17	S2	S3	-1.0436	-0.0001	-1.0436
18	S2	KOG3	-0.0488	0.0000	-0.0488
19	S2	S4	3.2435	0.0000	3.2435
20	S2	KOG0	4.0612	-0.0001	4.0611
21	S2	KOG4	2.1043	0.0003	2.1046
22	S2	S1	4.9943	0.0002	4.9945
23	S2	KOG1	0.1256	0.0000	0.1256
24	S3	KOG3	0.9949	-0.0001	0.9949
25	S3	S4	4.2871	0.0000	4.2871
26	S3	S1	6.0376	0.0005	6.0381
27	S3	KOG0	5.1045	0.0002	5.1047
28	S3	KOG4	3.1476	0.0006	3.1482
29	S3	KOG1	1.1689	0.0004	1.1692
30	S3	S2	1.0436	0.0000	1.0436
31	S3	KOG2	-2.3958	-0.0001	-2.3959
32	S4	S1	1.7508	0.0002	1.7510
33	S4	KOG0	0.8176	-0.0001	0.8175
34	S4	KOG4	-1.1389	0.0000	-1.1390
35	S4	KOG1	-3.1180	0.0000	-3.1179

36 S4	S2	-3.2435	0.0000	-3.2435
37 S4	KOG2	-6.6832	0.0002	-6.6830
38 S4	S3	-4.2872	0.0001	-4.2871
39 S4	KOG3	-3.2922	-0.0001	-3.2923

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00865$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
KOG1	242.9880	-0.0002	242.9878	0.0001
KOG4	244.9670	-0.0003	244.9667	0.0001
KOG2	239.4220	0.0007	239.4227	0.0001
KOG0	246.9240	-0.0007	246.9233	0.0001
KOG3	242.8130	0.0004	242.8134	0.0002
S1	247.8570	-0.0003	247.8567	0.0001
S2	242.8620	0.0002	242.8622	0.0001
S3	241.8180	0.0006	241.8186	0.0001
S4	246.1060	-0.0003	246.1057	0.0001

Priloga D: Kalibracijska poročila nivelmanskih lat

POROČILO O KALIBRACIJI			
Merilo: komparator MSGL001, FGG KG		certifikat št. A1411632	
ločljivost	0.001 mm	SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne	
nazivna točnost	0.003 mm	25.11.2014	
Kalibracija številka:	2015/435		
Invar lata (tip, št.):	LEICA GPCL3 37067	Datum kalibracije:	14.1.2015
Št. merjenih črt razdelbe:	339	Naročilo:	KIG
DOLOČITEV MERILA RAZDELBE		horizontalni položaj late	
<i>Popravek razdelbe late</i>	$m_0 = 6.61 \pm 0.21 \text{ ppm}$	$T_0 = 20 \text{ °C}$	
<i>Popravek pete late</i>	$l_0 = 0.007 \pm 0.004 \text{ mm}$		
Popravek odčitka na lati			
$L = l_0 + L' \left[1 + (m_0 + \alpha(T - T_0)) \cdot 10^{-6} \right]$		L' odčitek na lati [m]	
		α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]	
		T temperatura late [°C]	
Operater	Gašper Štebe	Ljubljana,	14.1.2015
Pregledal	Dušan Kogoj	Predstojnik Katedre za geodezijo	
UNIVERZA V LJUBLJANI FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Oddelek za geodezijo, Katedra za geodezijo Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, tel: (01) 4768 500 fax: (01) 4250 704, E-mail: dkogoj@fgg.uni-lj.si			

POROČILO O KALIBRACIJI

Merilo: komparator MSGL001, FGG KG

ločljivost 0.001 mm

nazivna točnost 0.003 mm

certifikat št. A1411632

SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne

25.11.2014

Kalibracija številka: **2015/431**

Invar lata (tip, št.): **LEICA GPCL3 37070**

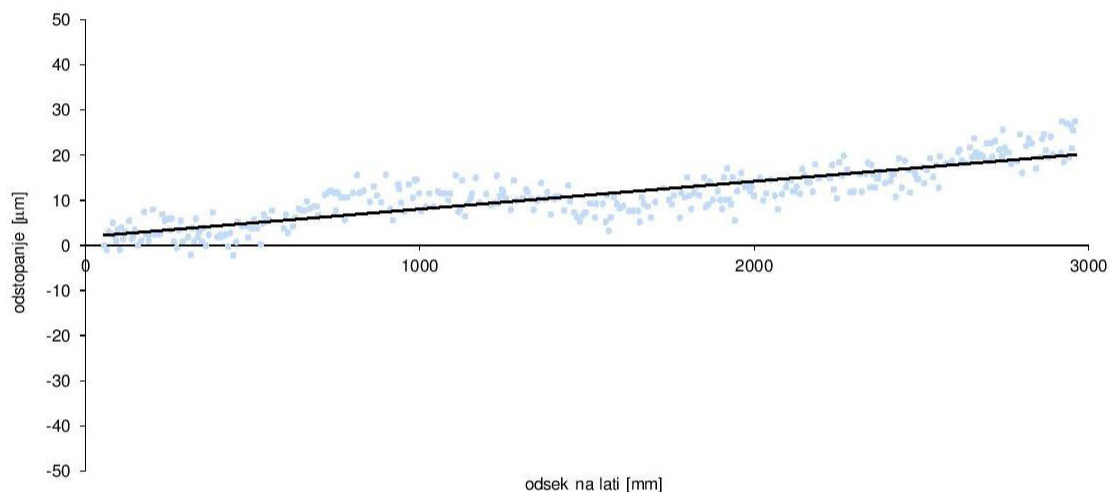
Datum kalibracije: **14.1.2015**

Št. merjenih črt razdelbe: 339

Naročilo: **KIG**

DOLOČITEV MERILA RAZDELBE

horizontalni položaj late



Popravek razdelbe late $m_0 = 6.14 \pm 0.20 \text{ ppm}$ $T_0 = 20 \text{ °C}$

Popravek pete late $l_0 = -0.034 \pm 0.004 \text{ mm}$

Popravek odčitka na lati

$$L = l_0 + L' \left[1 + (m_0 + \alpha(T - T_0)) \cdot 10^{-6} \right]$$

L' odčitek na lati [m]

α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]

T temperatura late [°C]

Operator Gašper Štebe Ljubljana, 14.1.2015

Pregledal Dušan Kogoj Predstojnik Katedre za geodezijo



UNIVERZA V LJUBLJANI FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Oddelek za geodezijo, **Katedra za geodezijo**

Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, tel: (01) 4768 500 fax: (01) 4250 704, E-mail: dkogoj@fgg.uni-lj.si