

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni študij geodezije,
Geodezija

Kandidat:

Jaka Blejec

Vključitev parmanentne GPS postaje Bilje v višinski sistem Republike Slovenije

Diplomska naloga št.: 825

Mentor:
doc. dr. Božo Koler

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JAKA BLEJEC**, rojen 31. 5. 1983 v Ljubljani, izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom “**VKLJUČITEV PERMANENTNE POSTAJE BILJE V VIŠINSKI SISTEM REPUBLIKE SLOVENIJE** “

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG

Ljubljana,	Podpis: Jaka Blejec
------------	------------------------

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.024:528.21(043.2)
Avtor: Jaka Blejec
Mentor: doc. dr. Božo Koler
Naslov: Vključitev permanentne postaje Bilje v višinski sistem Republike Slovenije
Obseg in oprema: 55 str., 14 pregl., 15 sl., 17 vir., 7 pril.
Ključne besede: vertikalni datum, višinski sistem, trigonometrično višinomerstvo, geoid

Izvleček

V diplomskem delu je predstavljena vključitev permanentne GNSS postaje Bilje v višinski sistem Republike Slovenije. Opisan je vertikalni datum in obstoječi višinski sistem Republike Slovenije. Podrobneje so prikazani različni geodetski višinski sistemi in predlog novega državnega višinskega sistema. Predstavljen je pomen težnostnega polja Zemlje, obstoječi model geoida Slovenije in geodetski referenčni sistem 1980. V diplomskem delu so opisane metode za določevanje horizontalnega in vertikalnega položaja geodetskih točk. Podrobneje je predstavljena kombinirana terestrična geodetska mreža, merjenje dolžin z elektronskim razdaljemerom in merjenje horizontalnih smeri. Poleg tega so prikazani računski postopki, uporabljeni za potrebe določitve koordinat točk v terestrični mikro mreži. Predstavljena je metoda geometričnega nivelmana in trigonometričnega višinomerstva. Opisan je tudi uporabljen geodetski instrumentarij.

Diplomsko delo v drugem delu prikazuje terensko izmero, obdelavo merskih podatkov in rezultate izravnave. V nalogi je kot glavni rezultat določena normalna ortometrična višina permanentne postaje z oceno natančnosti. Na koncu je opravljena primerjava geoidnih višin iz geoidnega modela in izračunano vrednostjo na osnovi rezultatov izmere.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.024:528.21(043.2)
Author: Jaka Blejec
Supervisor: assoc. prof. dr. Božo Koler
Title: Incorporation of permanent station Bilje into the height system of Republic of Slovenia
Notes: 55 p., 14 tab., 15 fig., 17 ref., 7 ann.
Keywords: vertical datum, height system, trigonometric leveling, geoid

Abstract

The diploma work presents incorporation of permanent GNSS station Bilje into the height system of the Republic of Slovenia. It starts with description of current vertical datum and height system of the Republic of Slovenia. Detailed description of different height systems and new national vertical datum and height system proposal follows. Explained are the importance of the Earth gravity field, current geoid model of Slovenia and geodetic reference system 1980. It describes methods for determination of horizontal and vertical positions of geodetic points. We describe in more details the combined terrestrial geodetic network, measurement of distances with electronic distance meter, and horizontal bearing measurements. In addition, we show steps of performed calculations for determination of point coordinates in terrestrial micro-grid. In this context we present geometric and trigonometric levelling. Finally, the geodetic instruments used for measurements are shown.

In the second part, we show the field measurements and analysis of measured data with adjustment results. The main result is determination of permanent station normal orthometric height, including the precision level. Finally we compare the geoid undulations from the geoid model and calculated geoid undulation based on field measurement results.

VI Blejec, J. 2010. Vključitev permanentne postaje Bilje v višinski sistem Republike Slovenije. Dipl. nal. - UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem doc. dr. Božu Kolerju. Zahvaljujem se tudi svojim najbližjim, ki so me podpirali tekom študija

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	VERTIKALNI DATUM IN VIŠINSKI SISTEMI	3
2.1	Slovenski vertikalni datum	3
2.1.1	Vertikalni datum Trst	3
2.1.2	Vertikalni datum Maglaj	4
2.1.3	Obstoječi vertikalni datum Republike Slovenije	4
2.2	Definicija višinskega sistema	5
2.2.1	Težnostno polje Zemlje in geodetski referenčni sistem 1980	6
2.2.2	Evropski višinski referenčni sistem	8
2.3	Geopotencialne kote:	9
2.4	Dinamične višine	11
2.5	Ortometrične višine	11
2.6	Normalne višine	12
2.7	Normalne ortometrične višine	12
2.8	Elipsoidne višine	13
3	NIVELMANSKA MREŽA REPUBLIKE SLOVENIJE	15
3.1	Novi sodobni višinski sistem Republike Slovenije	15
3.2	Oblika Zemlje in geoid	17
4	DOLOČITEV POLOŽAJA GEODETSKIH TOČK	21
4.1	Kombinirana geodetska mreža	21
4.1.1	Merjenje horizontalnih smeri	21
4.1.1.1	Ocena natančnosti opazovanj po girusni metodi	22

4.1.2	Merjenje dolžin z elektronskim razdaljemerom in redukcije dolžin	23
4.1.2.1	Meteorološki popravki	24
4.1.2.2	Geometrični popravki	27
4.1.2.3	Projekcijski popravki	28
5	DOLOČITEV VIŠIN GEODETSKIH TOČK	29
5.1	Geometrični nivelman	29
5.2	Trigonometrično višinomerstvo	31
5.2.1	Izračun višinskih razlik	32
6	TERENSKA IZMERA, OBDELAVA MERSKIH PODATKOV IN UPORABLJEN INSTRUMENTARIJ	35
6.1	Vzpostavitev terestrične mikro mreže Bilje:	35
6.2	Uporabljen instrumentarij in oprema	36
6.2.1	Elektronski tahimeter Leica TDM 5000 in pripadajoča merska oprema	37
6.2.1.1	Merjenje horizontalnih smeri in zenitnih razdalj	40
6.2.1.2	Merjenje poševnih dolžin	42
6.2.2	Digitalni nivelir Leica NA 3000	44
6.2.2.1	Navezava terestrične mikro mreže Bilje na višinsko mrežo Republike Slovenije:	46
7	IZRAVNAVA TERESTRIČNE MIKRO MREŽE BILJE IN DOLOČITEV GEOIDNE VIŠINE	48
7.1	Izravnavanje terestrične mikro mreže Bilje	48
7.2	Določitev normalne ortometrične višine antene permanentne postaje Bilje	49
7.2.1	Izravnavanje višinskega vozlišča točke SIGNAL	52
7.3	Določitev geoidne višine	53
8	ZAKLJUČKI	55

VIRI	57
-------------	-----------

PRILOGE	59
----------------	-----------

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki za <i>Leica TDM 5000</i>	39
Preglednica 2: Sredine girusov horizontalnih smeri	41
Preglednica 3: Sredine zenitnih razdalj	42
Preglednica 4: Redukcija dolžine 1051-1054	43
Preglednica 5: Poševne in horizontalne dolžine	44
Preglednica 6: Tehnični podatki za precizni nivelir Leica NA 3000	46
Preglednica 7: Nadmorske višine točk in natančnost njihove določitve	47
Preglednica 8: Približne vrednosti lokalnih koordinat	48
Preglednica 9: Izravnane koordinate mikro mreže z oceno natančnosti	49
Preglednica 10: Horizontalne dolžine med točko SIGNAL in stojiščnimi točkami mikro mreže za določitev višinskih razlik	51
Preglednica 11: Opazovane zenitne razdalje proti točki SIGNAL	51
Preglednica 12: Izračunane višinske razlike do točke SIGNAL in natančnosti njihove določitve	52
Preglednica 13: Nadmorska višina točke SIGNAL z oceno natančnosti	53
Preglednica 14: Geoidna višina točke SIGNAL	54

KAZALO SLIK

Slika 1: Normalni reper nivelmanske mreže Republike Slovenije	5
Slika 2: Geopotencialna kota	10
Slika 3: Višine v različnih višinskih sistemih	14
Slika 4: Predlog nove nivelmanske mreže v Sloveniji	17
Slika 5: Geoid na območju Slovenije	18
Slika 6: Mreža geodetskih točk za prvo zgostitev mreže EUVN točk	20
Slika 7: Niveliranje med točko A in B	29
Slika 8: Niveliranje v poljubnem koordinatnem sistemu	30
Slika 9: Niveliranje s pomočjo več stojišč	31
Slika 10: Trigonometrično višinomerstvo	33
Slika 11: Terestrična mikro mreža Bilje in navezovalni reper R4	36
Slika 12: Elektronski tahimeter <i>Leica TDM 5000</i>	38
Slika 13: Prizma <i>Leica precision prism GPH1P</i>	38
Slika 14: Uporaba tračnega metra <i>Leica GHM007</i> za določitev višine instrumenta	38
Slika 15: Skica mest viziranja na nosilcu GNSS antene	50

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Rezultati meritev v terestrični mikro mreži Bilje

PRILOGA B: Izravnava terestrične mikro mreže Bilje

PRILOGA C: Izračun in izravnava višinskih razlik nivelmanske zanke terestrične mikro mreže Bilje

PRILOGA D: Izravnava normalne ortometrične višine točke SIGNAL

PRILOGA E: Certifikat o preizkusu instrumenta Meteo Station HM 30

PRILOGA F: Poročilo o preizkusu instrumenta *Leica TDM 5000*

PRILOGA G: Poročilo o komparaciji nivelmanskih lat

SEZNAM OKRAJŠAV

ESRS	European Spatial Reference System
ETRS	European Terrestrial Reference System
EUREF	Reference Frame Sub-Commission for Europe
EUVN	European Vertical GPS Reference Network
EVRS	European Vertical Reference System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPU	Geopotential unit
GRS 1980	Geodetski referenčni sistem 1980
IAG	International Association of Geodesy
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics
NVN	Nivelman visoke natančnosti
SIGNAL	SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija
UELN	United European Levelling Network
VRS	Virtual Reference Station

1 UVOD

V klasični geodeziji obravnavamo položaj točk v 3D prostoru ločeno za horizontalni in višinski položaj. Tako 3D prostor opisujemo s pomočjo izbranega 2D koordinatnega in višinskega sistema. Ločevanje 2D položaja od višinskega položaja izhaja iz praktičnih razlogov klasične geodetske izmere. Za ta namen so bili v preteklosti definirani različni koordinatni in višinski sistemi. Z razvojem satelitske geodezije se je meja med horizontalnim in višinskim položajem zabrisala. V zadnjem desetletju se je kot metoda terestrične izmere močno uveljavila GNSS (Global Navigation Satellite System) izmera. GNSS izmera omogoča zajem 3D položaja v enotnem položajnem sistemu, saj so rezultat GNSS izmere 3D koordinate točk. Koordinate točk so lahko elipsoidne ali kartezične. Kot nadgradnja GNSS izmere se je v zadnjem času tudi v Sloveniji pojavila VRS (Virtual Reference Station) tehnologija GNSS izmere. Za delovanje VRS–GNSS je bilo potrebno vzpostaviti omrežje referenčnih GNSS postaj.

Permanentno omrežje GNSS postaj je v Sloveniji sestavljeno iz 15 permanentnih postaj. Permanentno postajo predstavlja fiksno postavljen GNSS sprejemnik s svojo anteno. Kot sem že omenil so rezultat GNSS opazovanj elipsoidne ali kartezične koordinate. V obeh primerih poimenujemo oddaljenost točke od referenčnega elipsoida elipsoidna višina. Tako ima vsaka permanentna postaja v omrežju določeno elipsoidno višino.

V začetku leta 2008 se je v Sloveniji kot nov državni koordinatni sistem vpeljal ETRS (European Terrestrial Reference System) koordinatni sistem. Do tedaj je za državni koordinatni sistem veljal ravninski Gauss-Krügerjev koordinatni sistem. Kot uradno veljaven višinski sistem se uporablja normalni ortometrični višinski sistem. Normalni ortometrični višinski sistem se je ob zamenjavi koordinatnih sistemov ohranil in je veljaven še danes. Zaradi razlik med elipsoidnimi in normalnimi ortometričnimi višinami se je za prehod iz enega v drugega dva sistema izdelal digitalni model geoida. V praksi se je izkazalo, da uporaba obstoječega modela geoida ne zadošča za določitev uradnih višin z zadovoljivo natančnostjo. Za izboljšanje natančnosti modela geoida se je z vzpostavitvijo permanentnega omrežja pojavila možnost, da se točke z dobro določeno elipsoidno višino naveže na višinski sistem Slovenije.

Cilj diplomske naloge je bil vključitev izbrane permanentne postaje GNSS omrežja v višinski sistem Republike Slovenije. Izbrana je bila permanentna postaja v Bilju pri Novi Gorici.

Za potrebe vključitve so bile opravljene klasične geodetske terenske meritve. Rezultati meritev so bili nato s pomočjo matematičnega modela obdelani in izravnani.

Zaradi lažjega razumevanja postopkov merjenj in obdelave sem v prvem delu diplomske naloge iz obstoječe literature zbral teoretične osnove. Osredotočil sem se na višinske sisteme, geodetske mreže, višinomerstvo in postopke izravnave. V drugem delu naloge je predstavljen potek obdelave meritev z rezultati in njihovo analizo.

2 VERTIKALNI DATUM IN VIŠINSKI SISTEMI

2.1 Slovenski vertikalni datum

2.1.1 Vertikalni datum Trst

Leta 1875 so bile na mareograf v Trstu navezane prve višinske meritve na našem ozemlju. S pomočjo navezave na mareograf na pomolu Sartorio so bile tako višinske meritve vpete na ničelni nivo morja. Ničelni nivo morja se je določil na osnovi enoletnih opazovanj gladine morja. To je v nadaljevanju pripeljalo do mnogih pomislekov in razprav o zadostni natančnosti določitve ničelnega nivoja morja..

Tako je leta 1904 Sterneck opozoril na neustrezno enoletno določitev srednjega nivoja morja. Na osnovi opazovanj morske gladine mareografa v Trstu v letih 1875-1878 (brez 1877) in 1901-1904 je ugotovil, da je višina normalnega reperja v Trstu iz leta 1875 previsoka. Rezultat izračuna je bilo odstopanje za 8,99 cm. Do podobnih rezultatov je pripeljalo tudi določevanje srednjega nivoja Jadranskega morja na osnovi meritev morske gladine mareografov vzdolž obale bivše Jugoslavije. Kasumovič je leta 1950 pri analizi opazovanj srednje gladine morja v Bakru (1931-1933, 1935, 1937 in 1938) ugotovil, da je srednja gladina morja v Trstu, prenizka za 8,93 cm. S kasnejšimi raziskavami so se v literaturi pojavile različne vrednosti odstopanja ničelnega nivoja morja od realne vrednosti iz leta 1875. Tako je Bilajbegović na osnovi opazovanj na mareografu v Bakru (1962-1980) določil odstopanje višine avstrijskega nivelmana za 13,83 cm. Raziskava mareografa v Trstu (1960-1978), ki jo je izvajal Istituto Talassografico iz Trsta, je pokazala odstopanje višine ničelnega reperja za 18,5 cm (Lisec, 2002).

Na osnovi opazovanj v letih 1890-1989 (normalni reper v Trstu) je bil določen vektor hitrosti dviganja srednje gladine Jadranskega morja. Ugotovljeno je bilo dvigovanje morske gladine za 0,1324 cm/leto (Lisec, 2002). Vzrok premika srednje morske gladine glede na ničelni reper je lahko dejansko dvigovanje morske gladine ali pa pogrezanje tal v okolici reperja. Geološka poročila so potrdila stabilnost terena okoli mareografa v Trstu. Pravilnost sprejetja hipoteze o

dvigovanju morske gladine so potrdila opazovanja na ostalih mareografih vzdolž obale Jadranskega morja. Rezultati meritve kažejo na relativno dvigovanje srednje gladine morja glede na obalo. Vektor hitrosti premika na drugih reperjih je nekaj manjši kot v Trstu.

Vektor hitrosti premika srednjega nivoja morja v Trstu in drugih mareografih Jadranske obale nam tako pomaga razložiti razlike med vrednostjo avstrijskega višinskega izhodišča iz leta 1875 in njegovimi vrednostmi, ki so jih dobili različni avtorji pri opazovanju srednjega nivoja morja v kasnejšem časovnem obdobju.

2.1.2 Vertikalni datum Maglaj

Z nivelmanskimi meritvami II. NVN (Nivelman visoke natančnosti) Jugoslavije v letih 1968-1972 so bile dotedanje nivelmanske meritve navezane na novo višinsko izhodišče. Novo višinsko izhodišče je predstavljal normalni reper v Maglaju (BIH). Višina normalnega reperja je bila določena na osnovi združitve opazovanj srednje gladine morja. Opazovanja srednje gladine morja so bila opravljena na več mareografih vzdolž jadranske obale. Zaradi razpada Jugoslavije vertikalni datum Maglaj ni postal uraden vertikalni datum Slovenije.

2.1.3 Obstoječi vertikalni datum Republike Slovenije

Uradni vertikalni datum Slovenije je danes vezan na mareograf v Trstu. Povezavo med nivelmansko mrežo Republike Slovenije in vertikalnim datumom v Trstu predstavlja avstroogrski fundamentalni reper številka No 394 (FR 1049) ki je stabiliziran pod Pohorjem v bližini Ruš (Slika 1). Osnovo našega višinskega sistema tako predstavlja ničelni nivo morja, ki je bil določen na mareografu v Trstu, na osnovi enoletnega opazovanja morja leta 1875.

Z uveljavljanjem enotnega višinskega sistema Evrope postaja vse bolj zanimiva povezava naše ničelne točke z mareografom v Amsterdamu. Mareograf v Amsterdamu predstavlja ničelno nivojsko ploskev evropskega vertikalnega datuma.



Slika 1: Normalni reper nivelmanske mreže Republike Slovenije

2.2 Definicija višinskega sistema

Višinski položaj opisujemo znotraj definirane višinskega sistema, ki predstavlja višinski koordinatni sistem. Višinski položaj ima poleg geometrijskega lahko tudi fizikalni pomen. Ločitev višinskih sistemov na geometrijske in fizikalne je močno povezana z mersko tehniko določevanja višin. Tako so se v zadnjem času, z uveljavitvijo GNSS izmere, pojavile elipsoidne višine, ki imajo le geometrijski pomen. Fizikalni višinski sistemi so tesno povezani z zakonitostmi težnostnega polja Zemlje. V praktičnem smislu fizikalne višinske sisteme povezujemo z nivelmansko in gravimetrično izmero.

Za lažjo definicijo je bilo v preteklosti predlaganih nekaj zahtev, ki naj bi jih izpolnjevali višinski sistemi. Za idealni višinski sistem naj bi tako veljalo (Koler, 2007):

1. Višine točk morajo biti nedvoumno definirane in določljive neodvisno od poti niveliranja. Ker nivojske ploskve težnostnega polja niso med seboj vzporedne in ker sta uravnavanje libele in lega kompenzatorja nivelirja tesno povezana s težnostnim

- poljem, ta pogoj ni izpolnjen za višine točk, ki so določene samo na osnovi rezultatov geometričnega nivelmana.
2. Višine točk naj bi bile določene na osnovi merjenj na površini Zemlje in pri tem naj bi upoštevali čim manj različnih hipotez (na primer o gostoti in porazdelitvi mas v notranjosti Zemlje).
 3. Popravki merjenih višinskih razlik zaradi privzetega višinskega sistema, morajo biti tako majhni, da jih ne upoštevamo pri nivelmanskih mrežah nižjih redov, ker so navezane na nivelmanske mreže višjih redov.
 4. Vse točke, ki ležijo na isti nivojski ploskvi, naj bi imele isto višino. Osnovo temu pogoju predstavlja spoznanje, da imata dve točki isto višino, kadar voda med njima miruje.
 5. Višine točk naj bi izpolnjevale tudi sledeče:
 - a. višine točk naj bi bile podane v metrih,
 - b. obstajala naj bi geometrična razlaga,
 - c. določene naj bi bile glede na referenčno ploskev, ki ima fizikalno razlago.
 6. Višinski sistem naj bi omogočal enostavno povezavo z elipsoidnimi višinami, določenimi na osnovi meritev GNSS.

Zgornjim priporočilom noben višinski sistem ne ustreza v celoti, ker se med priporočili pojavljajo protislovja. Glede na namen uporabe je tako potrebno izbrati kompromisno rešitev višinskega sistema. V preteklosti so se za različne potrebe razvile naslednje vrste višinskih sistemov:

- Geopotencialne kote,
- Dinamične višine,
- Ortometrične višine,
- Normalne višine,
- Normalne ortometrične višine,
- Elipsoidne višine.

2.2.1 Težnostno polje Zemlje in geodetski referenčni sistem 1980

Težnost je ena od pomembnejših fizikalnih zakonitosti Zemlje. Z njo so povezani številni fizikalni pojavi. Njeno delovanje opisujemo s težnostnim poljem. Poznavanje težnostnega polja Zemlje je ena od osnov za izvajanje geodetskih meritev. Težnostno polje Zemlje

proučuje gravimetrija, ki v svojem obsegu vsebuje tudi meritve težnostnega pospeška Zemlje. Rezultati gravimetrične izmere imajo v geodeziji velik pomen, saj so vse metode t.i. klasičnih geodetskih meritev povezane z delovanjem težnostnega polja.

Leta 1979 je IAG (International Association of Geodesy) sprejela za referenčni sistem Geodetski referenčni sistem 1980 (GRS1980) z naslednjimi parametri (Moritz, 1988 cit. po Lisec, 2002):

- matematični parametri:

$$\begin{aligned} a &= 6\,378\,137 && \text{..... velika polos elipsoida} \\ GM &= 3\,986\,0057 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} && G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \\ J_2 &= 108\,263 \cdot 10^{-8} && \text{..... dinamični faktor oblike} \\ \omega &= 7\,292\,115 \cdot 10^{-11} \text{ rads}^{-1} \\ f &= 0,003\,352\,810\,681\,18 && \text{..... geometrična sploščenost elipsoida} \end{aligned}$$

- fizikalne konstante:

$$\begin{aligned} \sigma &= 2,67 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \\ \beta &= 0,005\,302\,440\,112 && \text{..... težnostna sploščenost} \\ \gamma_a &= 9,780\,326\,7715 \text{ ms}^{-2} && \text{..... normalni težnostni pospešek na ekvatorju} \\ \gamma_b &= 9,832\,186\,3685 \text{ ms}^{-2} && \text{..... vrednost normalnega težnostnega pospešek na polu} \\ \delta_\gamma / \delta_H &= -0,30877 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2} / \text{m} && \text{(gradient normalne težnosti pri geografski širini } 45^\circ) \end{aligned}$$

Normalni težnostni pospešek γ_0^φ za točko na geografski širini φ lahko izračunamo z naslednjim izrazom (Moritz, 1988 cit. po Lisec, 2002):

$$\gamma_0^\varphi = 9,7803267715 (1 + 5,2790414 \cdot 10^{-3} \sin^2 \varphi + 2,32718 \cdot 10^{-5} \sin^4 \varphi + 1,262 \cdot 10^{-7} \sin^6 \varphi + 7 \cdot 10^{-10} \sin^8 \varphi) [\text{ms}^{-2}] \quad (32)$$

z natančnostjo $10^{-3} \mu\text{ms}^{-2}$ oziroma 10^{-4} mGal .

Za praktični izračun z natančnostjo $0,1 \text{ mGal}$ se uporablja naslednji izraz (Leismann, 1992 cit. po Lisec, 2002):

$$\gamma_0^\varphi = 9,780327(1 + 5,3024 \cdot 10^{-3} \sin^2 \varphi + 5,8 \cdot 10^{-6} \sin^2 2\varphi) [\text{ms}^{-2}] \quad (33)$$

$$\gamma_h^\varphi = \gamma_0^\varphi - 9,780327(1 + 5,3024 \cdot 10^{-3} \sin^2 \varphi + 5,8 \cdot 10^{-6} \sin^2 2\varphi) [ms^{-2}] \quad (34)$$

2.2.2 Evropski višinski referenčni sistem

Republika Slovenija je leta 2004 postala članica Evropske Unije in tako pričela z izmenjavo podatkov na različnih področjih. Poleg tega se je vključila v različne evropske sisteme in podatkovne baze. Na področju geodezije so se za lažjo izmenjavo geografskih podatkov pričeli uveljavljati evropski sistemi za določanja položaja. Tako je bil v začetku leta 2008, za zemljiško katastrske izmere, vpeljan evropski koordinatni sistem ETRS, ki določa horizontalni položaj točk. Za podatke v višinskem smislu je bila sprejeta ideja o vključitvi Slovenije v evropski višinski sistem.

EVRS (European Vertical Reference System) je evropski višinski referenčni sistem vzpostavljen z namenom zagotavljanja homogenih podatkov na območju Evrope. Gre za evropski fizikalni višinski sistem, ki ga je sprejela komisija EUREF (Reference Frame Sub-Commission for Europe). EVRS je rezultat uspešne izvedbe projektov UELN (United European Levelling Network) in EUVN (European Vertical GPS Reference Network) na področju celotne Evrope.

Definiran je skladno z naslednjimi konvencijami (EVRS, 2007):

- Vertikalni datum je ničelna nivojska ploskev, na kateri je težnostni potencial Zemlje W_0 enak normalnemu potencialu U_0 srednjega elipsoida Zemlje:

$$W_0 = U_0 \quad (1)$$

- Višine točk so podane z razlikami težnostnega potenciala ΔW_P med točko obravnave P , in ničelno nivojsko ploskvijo sistema EVRS. Razlika potencialov $-\Delta W_P$ se imenuje tudi geopotencialna kota C_P .

$$-\Delta W_P = W_0 - W_P = C_P \quad (2)$$

Normalne višine so ekvivalentne geopotencialnim kotam.

- Glede obravnave plimovanja čvrste zemlje je EVRS t.i. "zero tidal system", kar pomeni,

da so pri meritvah težnosti odstranjeni direktni privlačni učinki Sonca in Lune, vendar je ohranjen posredni privlačni učinek, ki je posledica elastičnosti Zemlje.

Zaradi zgoraj navedenih razlogov, se v Sloveniji izvajajo potrebni postopki za vzpostavitev novega koordinatnega sistema, ki bo del ESRS (European Spatial Reference System) evropskega prostorskega referenčnega sistema (Koler, 2007). Predlog novega višinskega sistema Republike Slovenije, ki je opisan v poglavju 3.1, predvideva uskladitev višinskega sistema z EVRS.

2.3 Geopotencialne kote:

Višinski sistem geopotencialnih kot ima z vidika višinskih sistemov velik pomen. Geopotencialne kote predstavljajo osnovo vsem višinskim sistemom, ki imajo poleg geometrijskega tudi fizikalni pomen. Povezane so z naravo težnostnega polja Zemlje. Določamo jih na podlagi nivelmanske in gravimetrične izmere. Izmero lahko poimenujemo tudi geopotencialni nivelman, ki vsebuje podatke o merjenem težnostnem pospešku in nivelirani višinski razliki.

Razlike potencialov posameznih točk glede na ničelno nivojsko ploskev - geoid, je francoski geodet P. Tardi imenoval geopotencialne kote, ki jih označimo s C . Tako velja za točko P_i enačba (3) (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005):

$$C = W_0 - W_{P_i} = \int_0^{P_i} g dh \quad (3)$$

kjer so:

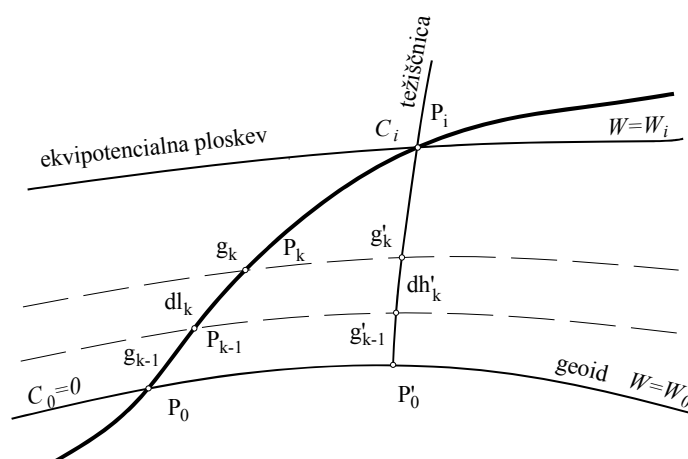
C geopotencialna kota

W_0 ... potencial ničelne nivojske ploskve – geoida,

W_{P_i} ... potencial nivojske ploskve skozi točko P_i ,

g ... vrednost težnostnega pospeška na stojišču nivelirja.

Geopotencialna kota točke P_i , potek ploskve geoida in višinska razlika je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Geopotencialna kota

Mednarodni dogovor iz leta 1954 določa mersko enoto za geopotencialne kote, ki jo imenujemo geopotencialno število ali GPU (Geopotential unit); $1 \text{ GPU} = 1 \text{ kgalm} = 10 \text{ Nm/kg} = 10 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Višina ničelne nivojske ploskve oziroma geoida ima prevzeto vrednost 0, kar pomeni da razlika potencialov predstavlja naravno fizikalno mero za višine točk na zemeljski površini. Predznak geopotencialne kote točke nad nivojsko ploskvijo je po definiciji pozitiven. Geopotencialne kote imajo konstantno vrednost na ekvipotencialni ploskvi (Koler, 1998).

Kot vsak višinski sistem tudi geopotencialne kote niso popolne. Dobra lastnost geopotencialnih kot je njihova neodvisnost od poti niveliranja. Prav tako v njihovo določitev ne vključujemo nobenih dodatnih hipotez o notranji zgradbi Zemlje. Med slabe lastnosti geopotencialnih kot štejemo njihovo metrično in geometrično nepredstavljenost. Zaradi pomanjkanja njihove geometrijske razlage nimajo povezave z višinami pridobljenimi z GNSS metodami izmere.

Za metrično predstavitev višine točk je potrebno geopotencialno koto deliti s težnostnim

pospeškom. Glede na to s kakšno vrednostjo težnostnega pospeška delimo geopotencialne kote poznamo različne vrste višin (Koler, 2007).

2.4 Dinamične višine

Za točke na isti ekvipotencialni ploskvi velja, da imajo enako dinamično višino. Če geopotencialno koto točke P delimo z normalnim težnostnim pospeškom γ_0^φ , kot rezultat dobimo njeno dinamično višino. Normalni težnostni pospešek je odvisen od geografske širine φ . Izračun dinamične višine prikazuje enačba (4) (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005):

$$H_p^{\text{din}} = \frac{C_P}{\gamma_0} \quad (4)$$

Navadno pri določevanju dinamičnih višin uporabljamo normalni težnostni pospešek za geografsko širino $\varphi = 45^\circ$, ki znaša:

$$\gamma_{45} = 9.806199203 \text{ m s}^{-2} = 0.9806199203 \text{ kgal}$$

Navedena vrednost normalnega težnostnega pospeška je določena v GRS 1980.

2.5 Ortometrične višine

Ortometrična višina je po definiciji razdalja med poljubno točko P in točko P_0 vzdolž ukrivljene navpičnice. Ortometrično višino izračunamo po enačbi (5) (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005):

$$H_P = \frac{C_P}{g} \quad (5)$$

Za določitev ortometrične višine točke je poleg znane geopotencialne kote (C) točke potrebno poznati srednjo vrednost težnostnega pospeška (\bar{g}) vzdolž navpičnice skozi točko P. Ker meritve znotraj zemeljskega površja niso izvedljive, lahko njegovo vrednost določimo le na osnovi predpostavk o gostoti zemeljske skorje. Uporabimo lahko enačbo (6) (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005):

$$\bar{g} = g + 0,0424 H \quad (6)$$

pri čemer je H nadmorska višina točke P.

2.6 Normalne višine

Normalne višine so tesno povezane z normalnim težnostnim poljem. V osnovi gre za ortometrične višine določene ob upoštevanju naslednjih lastnosti:

- $W_P = U_Q$,
- $g = \gamma$,
- $T = 0$.

Točka P na zemeljskem površju ima svoj težnostni potencial (W_P) in normalni težnostni potencial (U_P), ki ponavadi nista enaka, saj vemo da težnostno polje Zemlje ni enako normalnemu težnostnemu polju. Kljub temu obstaja točka Q na težiščnici skozi točko P, ki ima normalni potencial U_Q enak težnostnemu potencialu W_P . Tako je normalna višina točke P v bistvu enaka elipsoidni višini točke Q. Ob poznani geopotencialni koti točke P, njeno normalno višino (H_P) določimo po spodnji enačbi (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005):

$$H_P = \frac{C_P}{\gamma}, \quad (7)$$

kjer je

$\bar{\gamma}$ povprečen normalni težnostni pospešek vzdolž težiščnice.

2.7 Normalne ortometrične višine

V Sloveniji uporabljamo za državni višinski sistem normalne ortometrične ali sferoidne višine. Normalne ortometrične višine sodijo danes med zastarele višinske sisteme. Normalne (sferoidne) ortometrične višine se nanašajo na normalno ničelno nivojsko ploskev. Gre za poenostavljeno izvedbo višinskega sistema, ki sloni na uporabi t. i. normalnega težnostnega

pospeška. Pri izračunu popravkov merjenih višinskih razlik se normalni težnostni pospešek, ki je računski približek, uporablja namesto dejansko izmerjenega težnostnega pospeška. Normalni težnostni pospešek je približna rešitev, saj je njegova vrednost določena na osnovi predpostavk o obliki Zemlje in razporeditvi mas v njeni notranjosti. Sama narava poenostavitve izhaja iz praktičnih razlogov, ker so bile v preteklosti meritve težnostnega pospeška zapletene in dolgotrajne. (Koler, 2007)

Normalno ortometrično višinsko razliko izračunamo iz merjene višinske razlike med dvema točkama po enačbi (8) (Bilajbegović, 1984 cit. po Koler, 1998):

$$H_{P_2}^{\text{nor-ort}} - H_{P_1}^{\text{nor-ort}} = \sum_{i=1}^n \delta h_i - 0,000025707 H_S \Delta \varphi \quad (8)$$

kjer so:

H_S . . . srednja nadmorska višina med točkama P_1 in P_2 , v metrih,

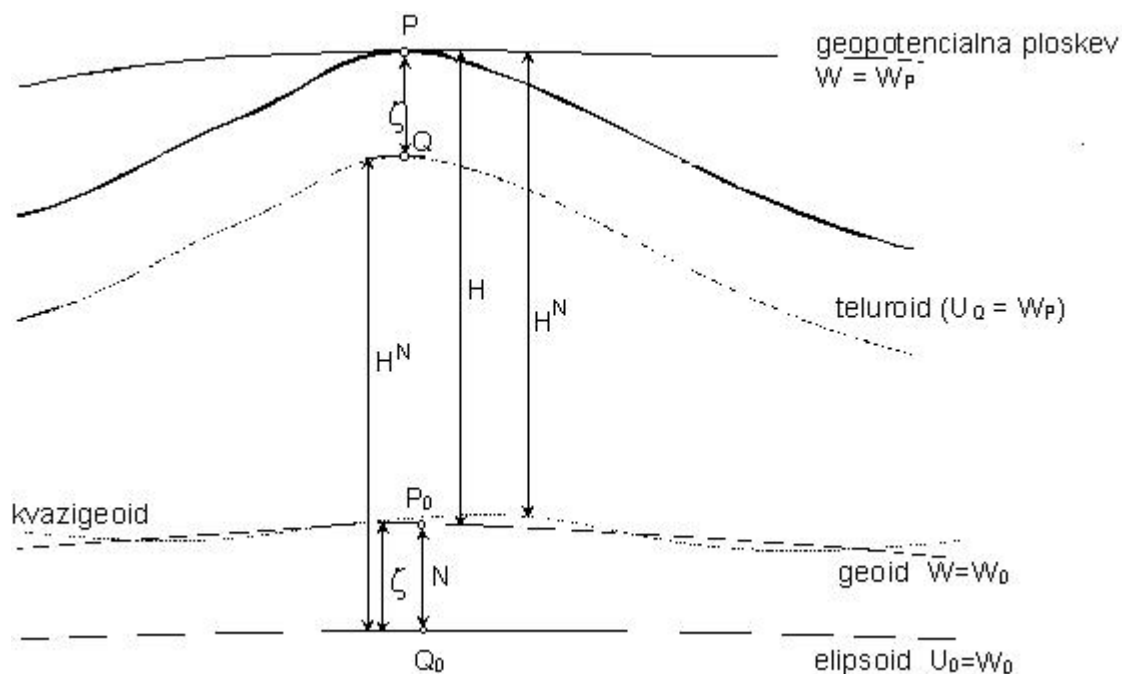
$\Delta \varphi$. . . razlika geografskih širin točk P_1 in P_2 , v sekundah ($\Delta \varphi = \varphi_{P_2} - \varphi_{P_1}$).

2.8 Elipsoidne višine

S pojavom GNSS metod izmere so se uveljavile elipsoidne višine, ki so definirane geometrijsko in tako nimajo fizikalnega pomena. Elipsoidna višina je definirana kot najkrajša razdalja med točko na zemeljskem površju in referenčnim elipsoidom. Referenčni elipsoid predstavlja višinsko izhodišče. Prednost določevanja elipsoidnih višin je da ne vključujejo nobenih predpostavk in hipotez. Za vsakdanjo uporabo so neprimerne, saj pri nas točke istih elipsoidnih višin odstopajo od nivojskih ploskev od 44 m do 49 m.

Zaradi vse pogosteje uporabljene satelitske metode (GNSS) določevanja položajev točk v geodeziji in s tem opisovanja točk v kartezičnih koordinatnih sistemih, je za državni višinski sistem izrednega pomena možnost prehoda na elipsoidne višine in obratno. Povezavo med elipsoidnimi in ortometričnimi oziroma normalnimi višinami predstavlja geoidna višina (N), ki je oddaljenost elipsoida od geoida oziroma anomalija višine (ζ), ki predstavlja oddaljenost

med elipsoidom in kvazigeoidom (Slika 3). Danes se vse bolj uveljavlja termin kvazigeoidna višina (cit. po Koler, 2007).



Slika 3: Višine v različnih višinskih sistemih

Sledeči izraz predstavlja povezavo med elipsoidnimi in ortometričnimi oziroma normalnimi višinami (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005):

$$H = h - N, \tag{9}$$

kjer so:

H . . . ortometrična višina,

h . . . elipsoidna višina,

N . . . geoidna višina.

3 NIVELMANSKA MREŽA REPUBLIKE SLOVENIJE

Višinsko mrežo Republike Slovenije predstavlja nivelmanska mreža visoke natančnosti. Nivelmansko mrežo Republike Slovenije sestavljajo podatki iz različnih časovnih obdobj. Tako nivelmansko mrežo sestavljajo nivelmanski poligoni I. NVN, nivelmanski poligoni II. NVN in izmer nivelmanskih poligonov I. reda po letu 1980. Poleg časovne raznovrstnosti podatkov o nivelmanskih izmerah, ki so vključeni v nivelmansko mrežo Slovenije, je za pravilno oceno stanja višinske mreže potrebno upoštevati tudi dejstvo, da je na območju Slovenije prisotno intenzivno geodinamično dogajanje. Dokaz za to so relativno velike hitrosti vertikalnih premikov. Glede na dejstvo, da so zadnje izmere nivelmanskih poligonov, ki so vključeni v nivelmansko mrežo Slovenije potekale pred skoraj 20, 35 oziroma 45 leti obstajajo razlike med višinami reperjev na terenu in podatki iz Centralne baze geodetskih točk. Glede na hitrosti vertikalnih premikov na območju Slovenije in pretečenega obdobja od izmere podatkov, lahko predvidevamo da so razlike med podatki in dejanskimi višinami reperjev od centimetra pa do več kot decimetra (Koler, 2007).

Zaradi dejanskega stanja nivelmanske mreže ter znanstvenega in tehnološkega razvoja so se v preteklosti izoblikovale zahteve po dobro določenemu sodobnemu višinskemu sistemu. Poleg tega je za določitev višin s sodobnimi geodetskimi merskimi tehnikami, kot je GNSS, potreben tudi dobro določen model geoida. Dobro določen višinski sistem naj bi izpolnjeval čim več zahtev o višinskih sistemih opisanih v poglavju 2.2.

3.1 Novi sodobni višinski sistem Republike Slovenije

Pri uvedbi sodobnega višinskega sistema na osnovi obstoječih podatkov, predstavlja velik problem raznolikost podatkov, ki so združeni v nivelmanski mreži Slovenije in vertikalni premiki, ki so prisotni na območju Slovenije. Problem predstavljajo tudi pomanjkljivi podatki o gravimetrični izmeri na višinskih točkah. Tako za gravimetrično izmero v sklopu izmere II. NVN ni podatkov o načinu njene izvedbe. Poleg tega nam manjkajo podatki o gravimetričnih izmerah na nivelmanskih poligonih, ki so bili nivelirani po letu 1980 in so vključeni v današnjo nivelmansko mrežo na območju Slovenije . Zaradi dolgega časovnega obdobja od

nivelmanske izmere in geodinamičnega delovanja dopolnitev gravimetrične izmere ne bi bila smiselna, saj dejanske višine točk niso v skladu s Centralno bazo geodetskih točk.

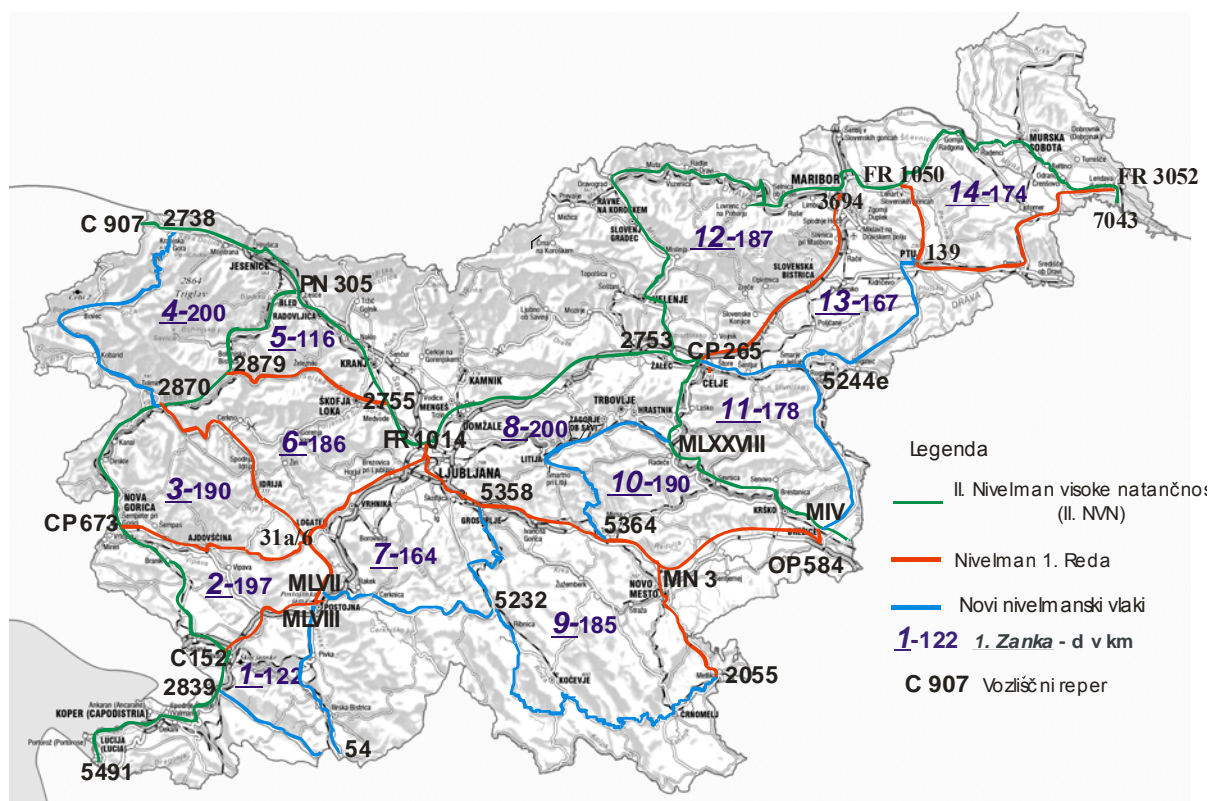
Tako lahko na osnovi opisanega razberemo, da na osnovi obstoječih podatkov nima smisla razmišljati o uvedbi novega višinskega sistema. Kvalitetne in zanesljive nivelmanske mreže, v sodobnem višinskem sistemu, lahko na območju Republike Slovenije vzpostavimo le na osnovi nove nivelmanske in gravimetrične izmere.

Za uvedbo novega sodobnega višinskega sistema, potrebujemo podatke o nivelmanski in gravimetrični izmeri. Za potrebe določitve geoidne višine oziroma kvazigeoidne višine, je potrebno na reperjih izvesti tudi izmero GNSS.

V preteklosti so se za prehod na nov višinski sistem pojavile različne ideje, na osnovi katerih je bil izdelan predlog nove nivelmanske mreže Republike Slovenije. Idejni zasnovi je sledil projekt nove nivelmanske mreže Republike Slovenije, ki je upošteval sledeče (Koler 2007):

1. V nivelmansko mrežo je potrebno vključiti nivelmanske poligone II. NVN in I. reda, ki so bili merjeni po letu 1980.
2. Če je možno, je potrebno nivelmanske poligone povezati v zaključene nivelmanske zanke.
3. Nove nivelmanske poligone je potrebno stabilizirati na naseljenih območjih, saj bomo tako zagotovili kvalitetno višinsko osnovo za vse posege v prostor.
4. Slepni nivelmanski poligoni, ki povezujejo absolutne gravimetrične točke z nivelmansko mrežo Republike Slovenije, naj bodo čim krajši.
5. Z nivelmanskimi poligoni višjih redov zajamemo območja, ki so zanimiva za interpretacijo geodinamičnega dogajanja na območju Republike Slovenije.
6. Večja gostota nivelmanske mreže je potrebna zaradi opuščanja nivelmanskih mrež nižjih redov.

Predlog izgleda nivelmanske mreže Republike Slovenije prikazuje slika 4.



Slika 4: Predlog nove nivelmanske mreže v Sloveniji

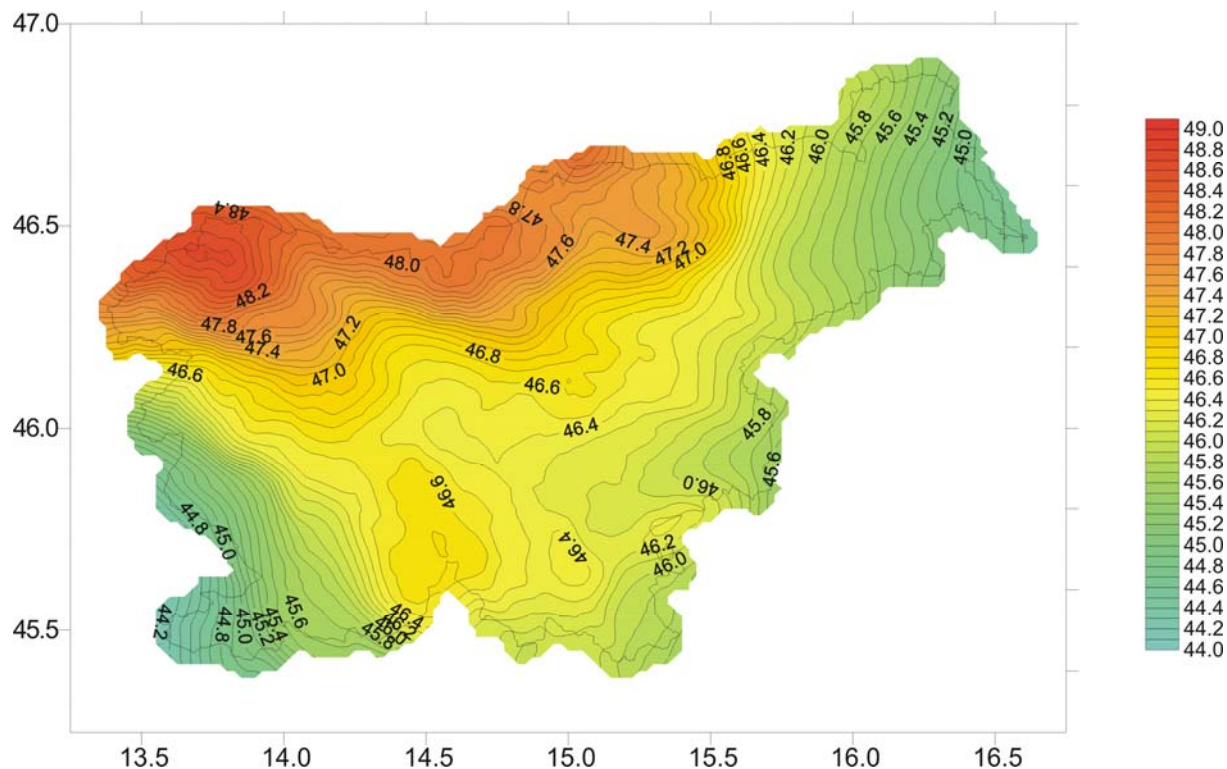
Z uvedbo novega višinskega sistema je poleg omenjenih izmer potrebno določiti nov model geoida oziroma kvazigeoida. Njegova vloga se kaže predvsem v uporabi v višinomestvu s pomočjo GNSS. Kvalitetno in natančno določen model bi omogočil izračun nadmorskih višin na območjih, kjer je niveliranje nesmiselno in območjih, kjer je število višinskih točk majhno.

3.2 Oblika Zemlje in geoid

Kot je že omenjeno ima za zagotavljanje sodobnega višinskega sistema pomembno vlogo tudi kvaliteten oz. zanesljiv model geoida. V preteklosti so se izdelali različni modeli, ki se niso izkazali za dovolj natančne.

V Sloveniji se danes uporablja absolutni model geoida, ki ga je leta 2000 v svoji doktorski disertaciji določil B. Pribičević (Pribičević, 2000). Geoid je določen s pomočjo kolokacije po metodi najmanjših kvadratov s tehniko "remove – restore". V izračun ploskve geoida je bilo

vklučenih 97 točk z izmerjenimi odkloni navpičnice in 4605 točkastih anomalij težnosti (Koler, 2007)



Slika 5: Geoid na območju Slovenije

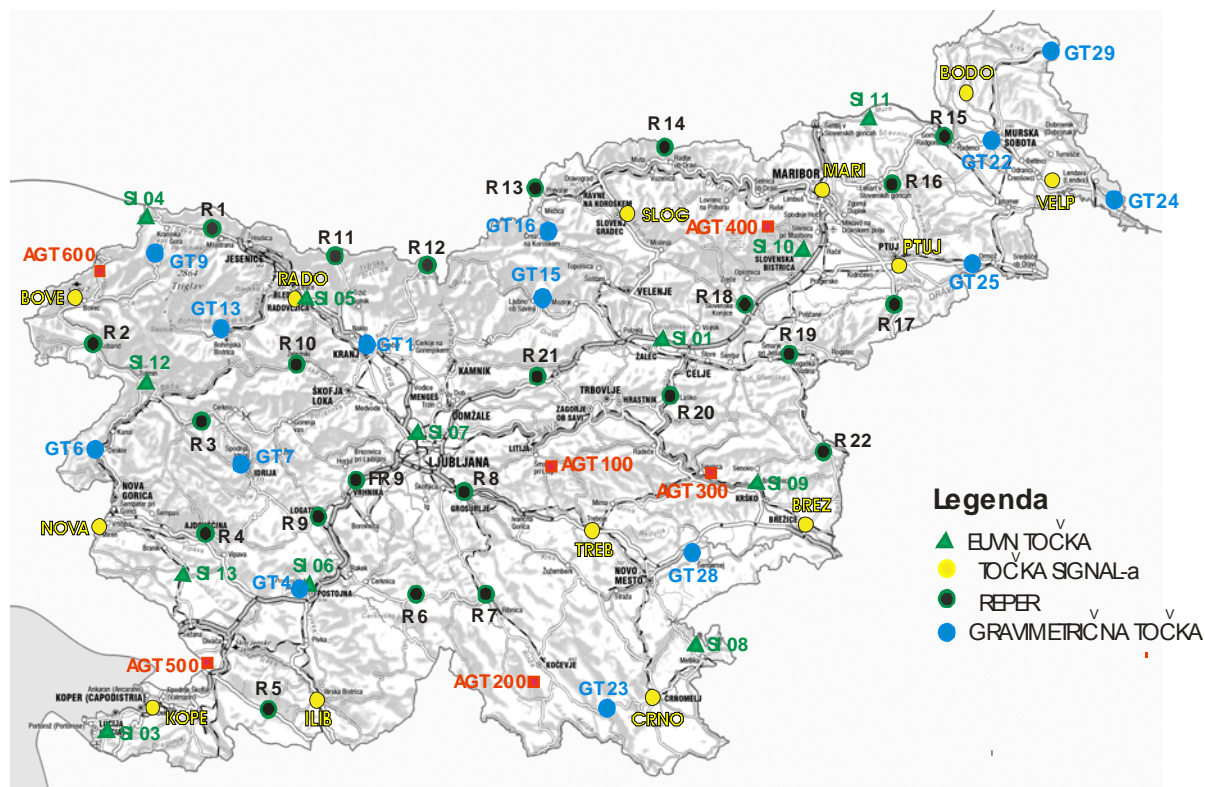
Natančnost izračunanih geoidnih višin s pomočjo omenjenega modela znaša v povprečju 3 cm, vendar je ta na območjih, kjer je število točk z znanimi geoidnimi višinami večja. Gre za točke t.i. GNSS nivelmana. Največji problem sedanje rešitve geoidne ploskve se pojavlja prav na teh točkah, saj so višine točk, ki so bile uporabljene za višinsko orientacijo ploskve spremenile svoje vrednosti zaradi preračuna nivelmanske mreže Slovenije (Koler in Vardjan, 2003). Ta je bil izveden po opravljenem računanju obstoječega geoida, zato prihaja na določenih območjih do odstopanj tudi za več decimetrov.

Absolutna orientacija obstoječega modela geoida Slovenije je bila po višini opravljena samo s pomočjo točke Velika Pirešica, na kateri je iz kombinacije GNSS/ nivelman določena geoidna višina. Na osnovi opravljenih analiz ploskve geoida so se pokazala različna odstopanja

geoidnih višin na različnih območjih, ki so določene na osnovi interpolacije iz ploskve geoida oziroma na osnovi GNSS in nivelmanske izmere. Razlike, ki jih dobimo so lahko posledica vertikalnih premikov reperjev, slabo določene ploskve geoida in tudi absolutne orientacije ploskve geoida na osnovi samo ene točke.

Na osnovi ugotovljenega se je pojavil predlog in potreba po izboljšanju vklopa geoida v višinsko mrežo Slovenije. Predlaga se zgostitev mreže EUVN točk. Mrežo EUVN točk bi zgostili z izmerami na točkah SIGNAL-a, gravimetričnih in nivelmanskih točkah

Vklop ploskve geoida bi bil izveden na osnovi 12 EUVN točk, 13 točk SIGNAL-a, 20 gravimetričnih točk in 22 reperjev. Tako bi vklop v višinsko mrežo Slovenije oziroma absolutno orientacijo ploskve geoida izvedli na 67 točkah. Iz slike 6 lahko vidimo, da so predvidene točke enakomerno porazdeljene po območju Slovenije. Na osnovi ponovne absolutne orientacije ploskve geoida bi bile razlike med geoidnimi višinami manjše in tako primernejše za izvedbo GNSS višinomerstva v praksi.



Slika 6: Mreža geodetskih točk za prvo zgostitev mreže EUVN točk

Cilj diplomske naloge je ocena geoidne višine na točki SIGNAL-a v Biljah. Geoidno višino bomo določili iz razlike med normalno ortometrično višino in elipsoidno višino antene permanentne postaje.

4 DOLOČITEV POLOŽAJA GEODETSKIH TOČK

Za določevanje horizontalnega položaja geodetskih točk se uporabljajo različne oblike geodetskih mrež in poligonov, Poznamo naslednje vrste geodetskih mrež:

- Triangulacijska mreža,
- Trilateracijska mreža,
- Kombinirana mreža,
- GNSS mreža.

Za potrebe diplomske naloge sem se osredotočil na kombinirano terestrično geodetsko mrežo.

4.1 Kombinirana geodetska mreža

4.1.1 Merjenje horizontalnih smeri

Merjenje (opazovanje) horizontalne smeri je ena od osnovnih merskih nalog geodezije. Praviloma ločimo opazovanja horizontalnih kotov od opazovanj vertikalnih kotov. Ob taki delitvi kotnih opazovanj so se za obe vrsti kotov uveljavile različne metode izmere. Za določanje horizontalnega položaja v prostoru se je v preteklosti uveljavila t. i. girusna metoda, ki sloni na izmeri horizontalnih smeri v več ponovitvah (Kne, 2004).

Princip girusne metode izmere horizontalnih kotov sloni na meritvah v obeh krožnih legah teodolita. Na izbranem stojišču poiščemo najbolj primerno orientacijsko točko, ki jo določimo kot začetno smer. Merilo primernosti sta dobra vidnost in čim večja oddaljenost med stojiščem in začetno smerjo. Meritve izvajamo v prvi krožni legi v desni smeri (glede na začetno smer) proti končni opazovani točki. Število opazovanih smeri je odvisno od števila točk vključenih v opazovano geodetsko mrežo. Na končni točki teodolit obrnemo v drugo krožno lego in opazujemo smeri v obratnem vrstnem redu proti začetni smeri. Zaključna vizura girusa je tako začetna smer opazovana v drugi krožni legi. Merjenje v obeh krožnih legah teodolita nam omogoča zaznavanje in eliminacijo kolimacijskega pogreška. Ponavadi se

na posameznem stojišču opravi meritve v več girusih, kar nam poda nadštevilna opazovanja, ki so osnova za izravnavo. Horizontalne kote izračunamo kot razliko med posameznimi opazovanimi smermi.

4.1.1.1 Ocena natančnosti opazovanj po girusni metodi

Na osnovi opazovanj lahko ocenimo njihovo natančnost. Postopek izvedemo po naslednjih korakih (Mihailović, 1981). Vzemimo, da imamo v n girusih (indeks j) izmerjenih s smeri (indeks i). Za izračun aritmetične sredine smeri i uporabimo spodnjo enačbo:

$$\bar{a}_i = \frac{\sum a_{ij}}{n}, \text{ kjer so} \quad (10)$$

a_{ij} ...reducirane smeri

n ...število girusov

Izračun razlike smeri od aritmetične sredine prikazuje enačba

$$\Delta a_{ij} = \bar{a}_i - a_{ij}. \quad (11)$$

Pogrešek začetne smeri v posameznem girusu izračunamo kot

$$\varepsilon_j = \frac{[\Delta a_i]_j}{s}, \text{ kjer je} \quad (12)$$

s ...število smeri v girusu.

Popravki opazovanj v_{ij} so

$$v_{ij} = \Delta a_{ij} - \varepsilon_j. \quad (13)$$

Vsota kvadratov popravkov je

$$[vv] = \sum_{j=1}^n [\Delta a_i^2]_j - \frac{1}{s} \sum_{j=1}^n [\Delta a_i]_j^2 \quad (14)$$

Standardno deviacijo smeri v enem girusu določimo po enačbi

$$\sigma_a = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{N-u}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1)(s-1)}} \quad (15)$$

Standardno deviacijo povprečja, ocenjenega v n girusih, določa enačba

$$\sigma_a = \pm \frac{\sigma_a}{\sqrt{n}} \quad (16)$$

4.1.2 Merjenje dolžin z elektronskim razdaljemerom in redukcije dolžin

Med klasične geodetske meritve poleg geometričnega nivelmana in opazovanj horizontalnih ter vertikalnih kotov spada tudi merjenje dolžin. Dolžine so se v geodeziji v preteklosti merile na različne načine, danes pa se z uporabo sodobnih elektronskih tahimetrov merijo s pomočjo integriranih elektronskih razdaljemerov. V praksi se na terenu s pomočjo elektronskega tahimetra in primernege reflektorja merijo poševne razdalje med poljubnimi točkami. Izmerjene razdalje so podvržene različnim atmosferskim in geometričnim vplivom. Opazovane poševne dolžine so večinoma neuporabne za računsko uporabo. Uporabnejše so horizontalne dolžine, ki jih na osnovi poševne dolžine določimo računsko. Pri izračunu je potrebno upoštevati korekcije na osnovi omenjenih vplivov na meritve.

Za določitev horizontalnih dolžin med točkami geodetske mreže je potrebno izmerjene dolžine ustrezno reducirati. Računske redukcije dolžin delimo na tri osnovne vrste:

- meteorološki popravki,
- geometrični popravki,
- projekcijski popravki.

4.1.2.1 Meteorološki popravki

Pri merjenju dolžin z elektronskimi razdaljemerji se elektromagnetno valovanje širi skozi atmosfero. Širjenje elektromagnetnega valovanja skozi atmosfero je razmeroma dobro raziskano ob normalnih fizikalnih pogojih atmosfere. Izmerjene dolžine na terenu so podvržene dejanskim pogojem atmosfere, ki so ponavadi različni od normalnih. Različni dejanski atmosferski pogoji vplivajo na t.i. optično gostoto zraka, skozi katerega se širi elektromagnetno valovanje. Za dobro določitev optične gostote atmosfere je potrebno zagotoviti kvalitetne oziroma dovolj natančne meteorološke parametre, ki se določijo na terenu za časovno obdobje poteka meritev dolžin.

Sprememba meteoroloških pogojev povzroči spremembo gostote zraka in s tem hitrost razširjanja elektromagnetnega valovanja. Sprememba hitrosti razširjanja elektromagnetnega valovanja ima vpliv na vrednost merjene dolžine, saj princip samega merjenja sloni prav na hitrosti razširjanja valovanja skozi atmosfero.

Optična gostota oziroma hitrost širjenja elektromagnetnega valovanja se določi na osnovi sledečih meteoroloških parametrov:

- temperatura,
- zračni tlak,
- delni tlak vodne pare.

Ker v času merjenja ni poznana dejanska hitrost svetlobe vzdolž merjene dolžine, moramo na krajših in po potrebi tudi vmes izmeriti navedene meteorološke parametre. Navedeni parametri so osnova za opis realnega stanja atmosfere v času meritev vzdolž merjene dolžine. Natančnost meritev je pogojena z natančnostjo določitve parametrov. Temperaturo zraka pri meritvah daljših dolžin merimo na končnih točkah. Za računsko korekcijo se prevzame srednja vrednost izmerjenih temperatur. Zračni tlak se običajno določa na stojišču, saj je ponavadi njegova vrednost vzdolž merjene dolžine stabilna. Vpliv delnega tlaka vodne pare na izmerjeno dolžino je majhen, zato ga določamo le v primeru natančnih meritev dolžin.

Vpliv meteoroloških parametrov na izmerjeno dolžino je odvisen predvsem od razdalje med točkami. Pri krajših dolžinah je meteorološki vpliv majhen, povečuje se z razdaljo.

a. Prvi popravek hitrosti

Za merjenje razdalj se je z razvojem geodetskega instrumentarija uveljavili elektronski princip merjenja dolžin s pomočjo elektronskih razdaljemerov. Danes vsi proizvajalci instrumentarija uporabljajo omenjeno metodo merjenja dolžin. Metoda oz. princip merjenja dolžin ima pomembno vlogo za nadaljnjo obdelavo merskih podatkov. Elektronsko izmerjena dolžina S'_0 sloni na modulirani valovni dolžini λ , ki ima neko nominalno vrednost. Ponavadi se nanaša na referenčni lomni količnik n_0 . Referenčni lomni količnik ima predhodno določeno vrednost, ki je podana s strani proizvajalca instrumentarija. Le ta določa referenčno hitrost razširjanja elektromagnetnega valovanja skozi atmosfero. Nanaša se na laboratorijske atmosferske pogoje, ki so ponavadi normalni fizikalni pogoji. Izmerjena dolžina S'_0 se določa v dejanskih pogojih, ki so večinoma različni od referenčnih. Zato je izmerjena dolžina približna, saj princip merjenja dolžin sloni na hitrosti razširjanja elektromagnetnega valovanja. S pomočjo računskega postopka je potrebno referenčno hitrost popraviti na dejansko hitrost razširjanja. Potrebno je določiti dejanski lomni količnik n_D , ki se nanaša na dejanske atmosferske pogoje v času merjenja. Računsko korekcijo imenujemo prvi popravek hitrosti. Izračun dolžine, kjer upoštevamo prvi popravek hitrosti prikazuje sledeča enačba:

$$S' = \frac{n_0}{n_D} \cdot S'_0 \quad (17)$$

kjer so:

n_0 ... normalni lomni količnik za normalne atmosferske pogoje,

n_D ... dejanski lomni količnik za dejanske atmosferske pogoje v času meritev,

S'_0 ... merjena dolžina z elektronskim razdaljemerom.

Kot je razvidno iz enačbe (17) je potrebno za korekcijo predhodno določiti vrednost dejanskega lomnega količnika. Dejanski lomni količnik se določa s pomočjo t.i. grupnega lomnega količnika. Določitev grupnega lomnega količnika za normalno atmosfero prikazuje naslednja enačba (18) (Cauchy):

$$N_G = (n_G - 1) \cdot 10^6 = A + 3 \cdot \frac{B}{\lambda^2} + 5 \cdot \frac{C}{\lambda^4} \quad (18)$$

kjer so:

λ . . . valovna dolžina nosilnega valovanja

A . . . koeficient ($A = 287,6155$)

B . . . koeficient ($B = 1,62887$)

C . . . koeficient ($C = 0,01360$)

Koeficienti A , B in C (Ciddor in Hill, 1999) so bili sprejeti z resolucijo številka 3 na XXII. Generalni skupščini IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics, 1999). Ob poznani vrednosti grupnega lomnega količnika se lomni količnik za dejansko atmosfero izračuna z enačbo (19) (Ciddor in Hill, 1999):

$$n_D = 1 + (n_G - 1) \cdot \frac{273,5}{1013,25} \cdot \frac{p}{T} - \frac{11,27 \cdot 10^{-6}}{T} \cdot e \quad (19)$$

kjer so:

n_D . . . dejanski lomni količnik,

n_G . . . grupni lomni količnik,

t . . . temperatura v času merjenja (v $^{\circ}\text{C}$, $T = t + 273,15$),

p . . . zračni tlak v času merjenja (v hPa),

e . . . parcialni tlak vodne pare v času merjenja (v hPa).

b. Drugi popravek hitrosti

Poleg prvega popravka hitrosti poznamo tudi t.i. drugi popravek hitrosti, ki ga v praksi redko upoštevamo. Njegova vrednost je manjša od 1 ppm do razdalje približno 65 km.

Dolžina S' v geometrijskem smislu predstavlja pot svetlobnega žarka, ki ima obliko prostorske krivulje. Ukrivljenost poti je posledica atmosferske refrakcije. Vrednost S' je tako dolžina poti.

4.1.2.2 Geometrični popravki

S pomočjo geometrijskih popravkov odpravimo vpliv atmosferske refrakcije, s katerim je obremenjena dolžina po upoštevanju meteroloških popravkov. Računsko preidemo iz prostorske krivulje na daljico. Rezultat je poševna dolžina na nivoju točk. Računsko geometrične popravke upoštevamo v dveh korakih.

a. Redukcija na nivo točk

Pri redukciji na nivo točk upoštevamo vrednosti vertikalnih ekscentricitet instrumenta in reflektorja ter izmerjene zenitne razdalje. Izračun redukcije na nivo točk prikazuje enačba (20):

$$S_p = S' - (l - i) \cdot \cos z + \frac{[(l - i) \cdot \sin z]^2}{2 \cdot S'} \quad (20)$$

kjer so:

- z . . . merjena zenitna razdalja,
- i . . . višina instrumenta na točki,
- l . . . višina reflektorja na točki.

b. Redukcija "kamen-kamen"

Dolžina na nivoju točk je osnova za t. i. redukcijo "kamen-kamen". Redukcijo predstavlja enačba (21):

$$S_k = S_p - \frac{i \cdot S_p}{R} \quad (21)$$

kjer so:

- i . . . višina instrumenta na točki,
- R . . . polmer Zemlje ($R=6378$ km).

4.1.2.3 Projekcijski popravki

Z upoštevanjem projekcijskih popravkov opravimo računski prehod s prostorske poševne dolžine na nivoju točk S_k na sferni lok S_m na nivoju referenčne ploskve. Sferni lok je osnova za nadaljni prehod na poljubno referenčno projekcijsko ravnino.

a. Horizontirana dolžina

Postopek horizontiranja opisujeta enačbi (22) in (23):

$$S_m = S_k \cdot \sin(z' + \varepsilon) \quad (22)$$

$$\varepsilon = \frac{S_k}{2 \cdot R} \cdot (k - \sin z') \quad (23)$$

kjer sta:

$z' \cong z$. . . merjena zenitna razdalja,

k . . . koeficient refrakcije (0,13).

5 DOLOČITEV VIŠIN GEODETSKIH TOČK

Za določevanje višin geodetskih točk so se v preteklosti uveljavile naslednje metode:

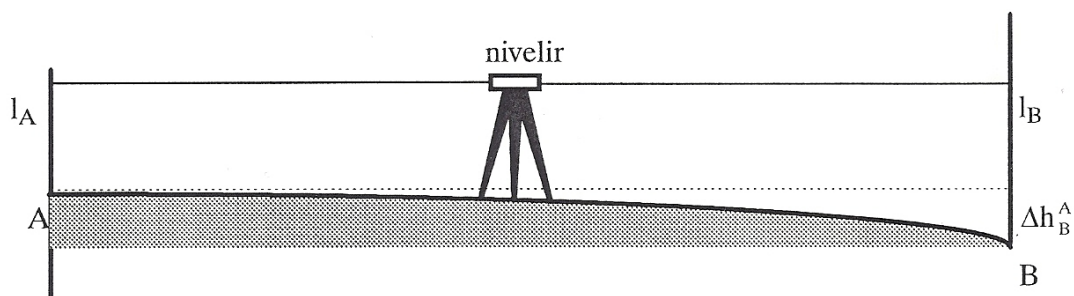
- geometrični nivelman,
- trigonometrično višinomerstvo,
- GNSS višinomerstvo.

Za potrebe diplomske naloge sem se osredotočil na t.i. klasične geodetske metode določevanja višin geodetskih točk, ki sta geometrični nivelman in trigonometrično višinomerstvo.

5.1 Geometrični nivelman

Geometrični nivelman predstavlja najnatančnejšo geodetsko metodo za določitev višinskih razlik med poljubno stabiliziranimi geodetskimi (merskimi) točkami. Princip nivelmanskih meritev sloni na določanju vertikalnih odmikov od horizontalne optične linije, ki nam jo zagotavlja ustrezno postavljen nivelir. Vertikalni odmiki se od definirane horizontalne vizure odčitavajo na vertikalno postavljenih nivelmanskih latah.

Iz razlik odčitkov na latah v točki A in B (enačba (24)), pri horizontalni vizuri, dobimo višinsko razliko med njima. Spodnja slika prikazuje primer niveliranja iz sredine (Slika 7):



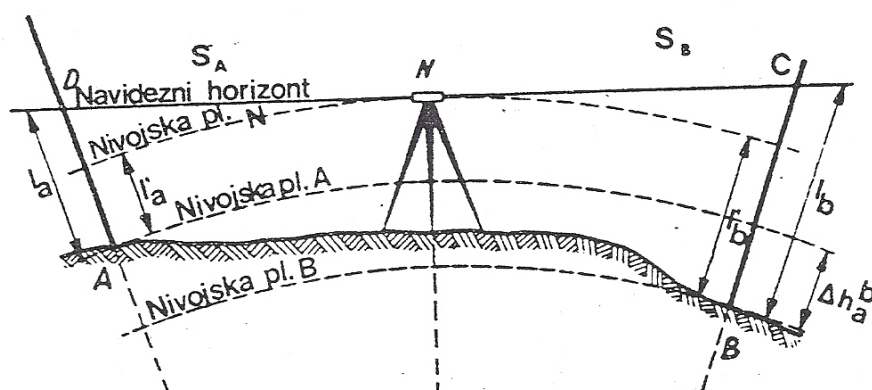
Slika 7: Niveliranje med točko A in B

$$\Delta h_A^B = l_B - l_A \quad (24)$$

l_A ... odčitek na nivelmanskimi latami v točki A,

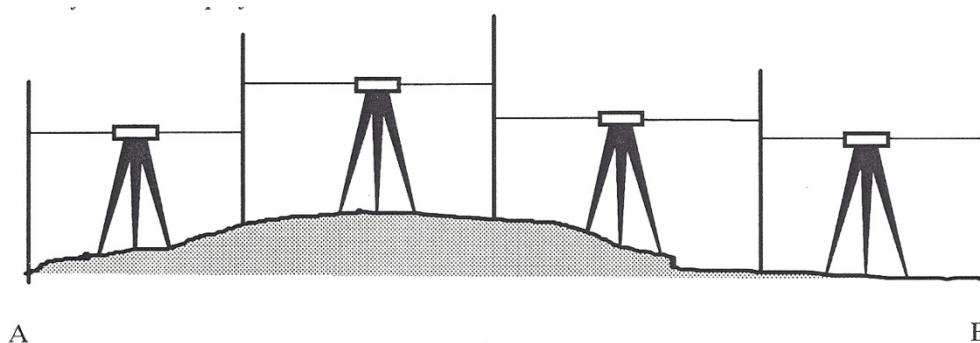
l_B ... odčitek na nivelmanskimi latami v točki B.

Enačba (24) je veljavna le za kartezični koordinatni sistem. Če koordinatni sistem ni pravokoten je potrebno upoštevati vpliv ukrivljenosti Zemlje, kar prikazuje slika 8.



Slika 8: Niveliranje v poljubnem koordinatnem sistemu

Omenjeni postopek izmere med točkama A in B je primeren le do določene razdalje in višinske razlike med točkama A in B. Za določitev na poljubni razdalji in višinski razliki je potrebno postopek ponavljati dokler s pomočjo nivelmanskega vlaka od točke A ne dosežemo točke B. Tako pridobimo poljubno število višinskih razlik. Njihova vsota je višinska razlika Δh_A^B . Postopek prikazuje Slika 9 (Vodopivec, 1988).



Slika 9: Niveliranje s pomočjo več stojišč

5.2 Trigonometrično višinerstvo

Metoda trigonometričnega višinerstva sloni na merjenju vertikalnih kotov s pomočjo geodetskega teodolita in poševne razdalje do opazovane točke. Tudi za meritve vertikalnih kotov je potrebno poznavanje delovanja težnostnega polja Zemlje, saj meritve izvajamo na zemeljskem površju, kjer je prisotno njegovo delovanje. Poleg meritev vertikalnih kotov je za določevanje višinskih razlik s pomočjo trigonometričnega višinerstva potrebno poznati tudi horizontalno razdaljo med obravnavanimi točkami. V praksi se za potrebe trigonometričnega višinerstva na terenu izmerijo zenitne razdalje. Kot vsaka merska metoda ima tudi trigonometrično višinerstvo svoje prednosti in slabosti. Metoda je nepogrešljiva pri določevanju višinskih razlik med fizično nedostopnimi točkami in meritvami na strmejših terenih, kjer se pogosto izkaže kot edina merska možnost za dejansko izvedbo meritev. Zaradi fizikalnih vplivov Zemlje in njene okolice se kot največja pomanjkljivost trigonometričnega višinerstva izkaže podvrženost vplivu atmosfere refrakcije. Ravno zaradi vpliva refrakcije se metoda izkaže za manj natančno kot geometrični nivelman (Vodopivec, 1997).

Metoda trigonometričnega višinerstva je bila zaradi fizične nedostopnosti uporabljena za višinsko navezavo oz. določitev višine antene permanentne postaje Bilje.

5.2.1 Izračun višinskih razlik

Višinsko razliko dveh točk določamo na osnovi izmerjene medsebojne horizontalne razdalje S , zenitne razdalje Z , višine instrumenta (npr. teodolita ali tahimetra) in višine signala opazovane točke (Slika 10). Potek izračuna višinske razlike ponazarja enačba (25) (Hässler in Wachsmuth, 1994):

$$\Delta h_A^B = S * \cot Z_A^B + \frac{1-k}{2*(R+H_A)} * S^2 + i_A + l_B \quad (25)$$

kjer so:

S ... horizontalna dolžina med točko A in točko B

Z_A^B ... zenitna razdalja merjena na točki A proti točki B

k ... koeficient refrakcije ($k=0.13$)

R ... polmer Zemlje ($R=6378$ km)

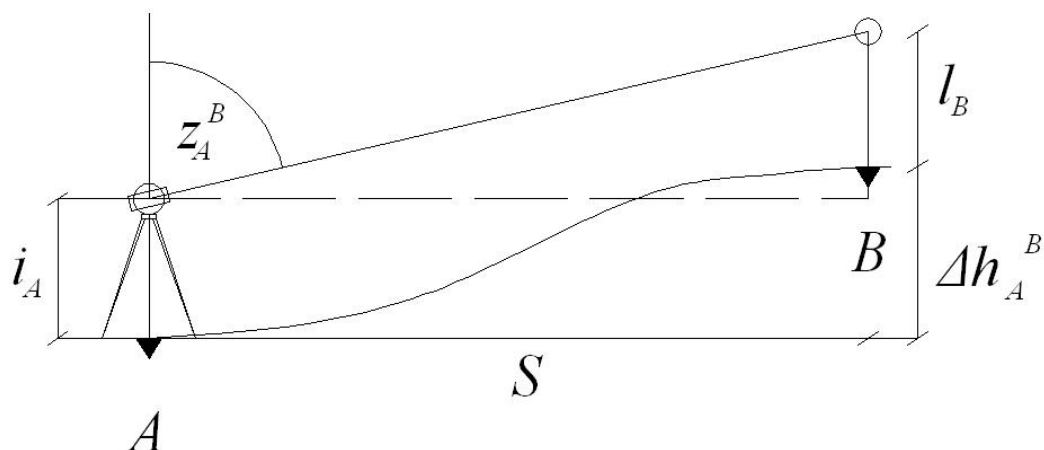
H_A ... nadmorska višina točke A

i_A ... višina instrumenta na točki A

l_B ... višina signala na točki B

Kot je razvidno iz enačbe (25) je pri določanju višinskih razlik na osnovi trigonometričnega višinomerstva potrebno poznati naslednje količine: horizontalno dolžino, zenitno razdaljo, koeficient refrakcije, nadmorsko višino stojišča, višino instrumenta in višino signala.

Koeficient atmosfere refrakcije (k) ima ocenjeno vrednost za območje Republike Slovenije, in znaša 0,13. Podatka o višini instrumenta in signala sta pomembna za izračun iz povsem praktičnih razlogov. Višina instrumenta predstavlja vertikalno ekscentriciteto instrumenta glede na stojiščno točko, saj instrumenta v praksi ne moremo postaviti na višinski položaj stojiča. Tudi pri signaliziranju opazovane točke ponavadi signal na točki postavimo z določenim vertikalnim odmikom, kar nam predstavlja višino signala.



Slika 10: Trigonometrično višinomerstvo

Natančnost določitve višinske razlike je izračunana po sledeči enačbi (26) (Hässler in Wachsmuth, 1994):

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{(\sigma_S * \cot z)^2 + \left(\frac{S}{\sin^2 z} * \frac{\sigma_z}{r}\right)^2 + \sigma_i^2 + \sigma_l^2} \quad (26)$$

kjer so

σ_S ... natančnost merjenja dolžine

σ_z ... natančnost merjenja zenitne razdalje

σ_i ... natančnost določitve višine instrumenta

σ_l ... natančnost določitve višine signala

Nadmorske višine točk so izračunane po enačbi (27) (Hässler in Wachsmuth, 1994):

$$H_B = H_A + \Delta h_A^B \quad (27)$$

Oceno natančnosti določitve nadmorske višine izračunamo po enačbi (28) (Hässler in Wachsmuth, 1994):

$$\sigma_{H_B} = \sqrt{\sigma_{H_A}^2 + \sigma_{\Delta h_A^B}^2}, \quad (28)$$

kjer sta

σ_{H_A} ... natančnost določitve nadmorske (ortometrične) višine stojišča

$\sigma_{\Delta h_A^B}$... natančnost določitve višinske razlike

Končna vrednost nadmorske višine je določena kot aritmetična sredina večkrat določene nadmorske višine, kar izračunamo z enačbo (29) (Hässler in Wachsmuth, 1994):

$$\overline{H}_B = \frac{\sum_{i=1}^n H_{B_i}}{n} \quad (29)$$

Oceno natančnosti določitve povprečne nadmorske višine točke izračunamo z enačbo (30) (Hässler in Wachsmuth, 1994):

$$\sigma_{\overline{H}_B} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{B_i}^2}{n}} \quad (30)$$

6 TERENSKA IZMERA, OBDELAVA MERSKIH PODATKOV IN UPORABLJEN INSTRUMENTARIJ

Za potrebe praktičnega dela naloge je bila opravljena klasična geodetska izmera. Meritve so se izvajale v okolici zadruga v Bilju pri Novi Gorici. Postopek in izvedbo meritev lahko razdelimo v tri dele. V prvem koraku je bila vzpostavljena lokalna mikro geodetska mreža, v drugem navezava mikro mreže na višinski sistem Republike Slovenije in določitev normalne ortometrične višine permanentne GNSS postaje Bilje.

6.1 Vzpostavitev terestrične mikro mreže Bilje:

V prvem koraku terenske izmere je bila vzpostavljena geodetska mikro mreža v okolici permanentne postaje Bilje, ki je nameščena v objektu združnega doma v Bilju. Za ta namen so bile stabilizirane štiri geodetske točke, ki tvorijo geodetski štirikotnik. Gre za kombinirano mrežo, ki je vzpostavljena lokalno, saj za določitev normalne ortometrične višine antene ni bila potrebna navezava na državni koordinatni sistem. Opazovanja so bila izvedena s pomočjo instrumenta in pripadajoče opreme, ki je opisan v poglavju 6.2.1.

Točke mikro mreže skupaj s točko SIGNAL-a tvorijo trilateracijsko trigonometrično mrežo (Slika 11). Točke so stabilizirane s kovinskimi čepi. Za vgradnjo smo uporabili dvokomponentno lepilo BEPOX, ki ga pripravlja Zavod za raziskavo materialov in konstrukcij. V mikro mreži so bila opravljena kotna in dolžinska opazovanja.

Točkam terestrične mikro mreže so bile izbrane sledeče oznake 1051, 1052, 1053 in 1054. Točki permanentne postaje je bila dodeljena oznaka SIGNAL

Na spodnji sliki so prikazane točke terestrične mikro mreže Bilje in navezovalni reper R4.



Slika 11: Terestrična mikro mreža Bilje in navezovalni reper R4

6.2 Uporabljen instrumentarij in oprema

Kot že omenjeno, se pri geodetskih meritvah uporabljajo geodetski instrumenti. Za določevanje položaja geodetskih točk so se v zadnjih dveh desetletjih uveljavili elektronski tahimetri. Za določevanje višin z metodo geometričnega nivelmana se uporabljajo nivelirji.

Za potrebe izmere terestrične mikro geodetske mreže in trigonometričnega višinomerstva je bil uporabljen elektronski tahimeter *Leica TDM 5000* s pripadajočo opremo. Navezava terestrične mikro mreže na višinski sistem Republike Slovenije je bila opravljena s pomočjo elektronskega nivelirja visoke natančnosti proizvajalca *Leica NA 3000*.

6.2.1 Elektronski tahimeter Leica TDM 5000 in pripadajoča merska oprema

Elektronski tahimeter *Leica TDM 5000* je rezultat pospešenega razvoja geodetskega instrumentarija podjetja Leica Geosystems v zadnjem desetletju. Gre za visoko zmogljiv in enega najnatančnejših elektronskih tahimetrov omenjenega proizvajalca. Proizvajalec ga med svoje proizvode uvršča kot industrijski teodolit, kjer je ponavadi zahtevana natančnost meritev višja kot v praktični geodeziji.

Leica TDM 5000 združuje trenutno eno najmodernejših strojnih in programskih oprem. Poleg natančne optične sestave in zmogljivega elektronskega razdaljemera sistem vključuje tudi procesorsko enoto in servomotorje. Navedeno v kombinaciji s programsko opremo omogoča samodejno sledenje in viziranje tarče z visoko natančnostjo in zanesljivostjo. V primerjavi z ostalimi elektronskimi tahimetri so posebne lastnosti omenjenega tahimetra naslednje:

- Visoka natančnost merjenja kotov.
- Prilagodljiv programski vmesnik za komunikacijo med instrumentom in programsko opremo na računalniku za obdelavo podatkov.
- Popolna motoriziranost in avtomatiziranost merskega postopka z visoko natančnostjo in zanesljivostjo.
- Hitra in enostavna nastavitvev pred začetkom merjenja.
- Široka izbira dodatnih pripomočkov za čimboljšo prilagoditev dejanskim razmeram na terenu (širok izbor reflektorjev).
- Uporabnost v zaprtih in odprtih prostorih.



Slika 12: Elektronski tahimeter *Leica TDM 5000*



Slika 13: Prizma Leica precision prism GPH1P



Slika 14: Uporaba tračnega metra *Leica GHM007* za določitev višine instrumenta

Preglednica 1 prikazuje nekatere tehnične podatke elektronskega tahimetra *Leica TDM 5000*:

Preglednica 1: Tehnični podatki za *Leica TDM 5000*

Tehnični podatek	Opis in vrednosti
Natančnost merjenja kotov ISO17123-3	0,5 [“]
Kompensator	2 osni tekočinski kompensator (natančnost: 0,3 [“])
Zaslon	8 vrstični LCD
Spomin in prenos podatkov	spominska kartica PCMCIA, programsko prilagodljiv RS232
Motoriziranost	Da, hitrost vrtenja 45°/s, natančnost pozicioniranja 0,8 [”]
Napajanje	Baterijski vložek 12V/1,8Ah
Temperaturno območje delovanja	-20°C do +50°C Odporen na vodo in prah
Natančnost določitve položaja točke	0,3mm (total RMS 1s) na razdalji 20 m
Natančnost merjenja dolžin ISO17123-4	1mm + 2 ppm
ATR – avtomatsko prepoznavanje tarče	Da
Teža	7,5 kg

Tehnični podatki so povzeti po uradnih podatkih podjetja Leica Geosystems objavljenih na internetnem naslovu:

[http://www.leica-geosystems.com/common /shared/ downloads/ inc/downloader.asp?id=5639](http://www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=5639).

Za potrebe diplomske naloge smo elektronski tahimeter *Leica TDM 5000* uporabljali v kombinaciji z merskimi prizmami Leica precision prism GPH1P (http://www.leica-geosystems.com/en/Surveying-Prisms_1770.htm) in lesenimi stativi Leica. Kot pripomoček za določevanje višine instrumenta smo uporabljali tračni meter *Leica GHM007* v kombinaciji

z nastavkom *Leica GHT 196*. Tračni meter in nastavek omogočata izmero višine instrumenta z visoko natančnostjo (<http://www.geoservis.si>).

Za potrebe določitve meteoroloških parametrov smo uporabili Meteo Station HM 30 švicarskega proizvajalca REVUE THOMMEN AG. Resolucija instrumenta je 0,1 hPa in standardni odklon 1 hPa. Certifikat o preizkusu instrumenta je priložen v prilogi E.

6.2.1.1 Merjenje horizontalnih smeri in zenitnih razdalj

Za opazovanja horizontalnih smeri je bila izbrana girusna metoda izmere. Opazovani so bili 3 girusi v obeh krožnih legah na vseh štirih točkah. Zenitne razdalje so bile opazovane istočasno s horizontalnimi koti v obeh krožnih legah. Ocenjena natančnost opazovane smeri je 1,40".

Ocena natančnosti je bila določena po računskem postopku opisanem v poglavju 4.1.1.1.

Preglednica 2 prikazuje vrednosti horizontalnih smeri pridobljenih na osnovi aritmetične sredine treh izmerjenih girusov na vsakem od štirih stojišč mikro mreže. Smeri S1, S2 in SIGNAL predstavljajo anteno permanentne postaje Bilje.

Preglednica 2: Sredine girusov horizontalnih smeri

<i>Stojišče</i>	<i>Vizura</i>	<i>Sredina girusov</i>		
		°	'	"
1051	1054	0	0	0,0
1051	1052	21	16	54,9
1051	S1	24	41	18,1
1051	S2	24	48	1,0
1051	1053	338	7	56,7
1051	SIGNAL	24	44	39,6
1052	1054	0	0	0,0
1052	1051	210	44	47,6
1052	1053	313	56	50,2
1053	1051	0	0	0,0
1053	1054	225	44	55,4
1053	S1	293	7	14,6
1053	S2	293	15	47,0
1053	1052	326	20	48,1
1053	SIGNAL	293	11	30,8
1054	1051	0	0	0,0
1054	1053	23	52	45,3
1054	S1	333	56	26,5
1054	S2	334	3	28,9
1054	1052	350	32	2,1
1054	SIGNAL	333	59	57,7

Merilno mesto S1 in S2 predstavljata levi in desni rob nosilca antene. Smer proti točki SIGNAL je določena računsko, na podlagi sredine med opazovanji proti S1 in S2.

Preglednica 3 prikazuje vrednosti zenitnih razdalj pridobljenih na osnovi aritmetične sredine treh meritev na vsakem od štirih stojišč mikro mreže.

Preglednica 3: Sredine zenitnih razdalj

Stojišče	Vizura	Zenitna razdalja		
		°	'	''
1051	S1	76	36	46,4
1053	S1	73	10	47,9
1054	S1	75	35	27,3
1051	S2	76	40	9,6
1053	S2	73	14	50,8
1054	S2	75	38	41,5
1052	1051	88	11	42,5
1053	1051	89	56	32,4
1054	1051	89	45	39,8
1051	1052	94	1	11,4
1053	1052	93	10	38,6
1054	1052	90	28	47,4
1051	1053	90	3	26,1
1052	1053	88	37	7,1
1054	1053	89	36	6,6
1051	1054	90	14	28
1052	1054	89	31	12,8
1053	1054	90	23	53,6

Celotni podatki izmere horizontalnih smeri so prikazani v prilogi A.

6.2.1.2 Merjenje poševnih dolžin

Poševne dolžine so bile izmerjene s pomočjo elektronskega razdaljemera integriranega v elektronskem tahimetru *Leica TDM 5000*. Na vsakem stojišču so bili izmerjeni naslednji meteorološki parametri potrebni za nadaljnjo obdelavo podatkov:

- temperatura zraka,
- zračni tlak
- vlažnost zraka.

Elektronski tahimeter je bil pred izmero preizkušen na pooblaščenem servisu Leica Geosystems. Na osnovi poročila o preizkusu instrumenta (priloga F), je razvidno, da je

multiplikacijska konstanta instrumenta enaka 1. Proizvajalec Leica Geosystems navaja, da so adicijske konstante uporabljenih merskih prizem enake 0.

Izmerjene poševne dolžine so bile računsko reducirane. Rezultat opravljenih redukcij so horizontalne dolžine. Računski postopek je bil izveden po enačbah opisanih v poglavju 4.1.2. Zaradi lažje predstave o velikosti popravkov so v spodnji preglednici zbrane vrednosti popravljene dolžine po posameznih korakih redukcije dolžine med točkama 1051 in točko 1054. Razlika med izmerjeno poševno dolžino in izračunano vrednostjo horizontalne dolžine za omenjeni par točk znaša 0,57 mm.

Preglednica 4: Redukcija dolžine 1051-1054

<i>Dolžina</i>	<i>(m)</i>
S_0	62,23307
S'	62,23360
S_p	62,23306
S_k	62,23305
S_m	62,23250

S_0 ... izmerjena poševna dolžina

S' ... upoštevan prvi popravek hitrosti

S_p ... rezultat po redukciji na nivo točk

S_k ... rezultat po redukciji "kamen-kamen"

S_m ... horizontalna dolžina

Preglednica 5 prikazuje izmerjene in reducirane vrednosti dolžin.

Preglednica 5: Poševne in horizontalne dolžine

<i>Stojišče</i>	<i>Vizura</i>	<i>Poševna dolžina</i> (<i>m</i>)	<i>Horizontalna dolžina</i> (<i>m</i>)
1051	1054	62,23307	62,23250
1051	1052	20,02846	19,94923
1051	1053	35,17370	35,17426
1052	1054	44,18107	44,17844
1052	1051	20,02943	20,01001
1052	1053	24,71527	24,70119
1053	1051	35,17123	35,17192
1053	1054	32,36380	32,36279
1053	1052	24,71458	24,64958
1054	1051	62,23262	62,23218
1054	1053	32,36230	32,36124
1054	1052	44,18145	44,17884

6.2.2 Digitalni nivelir Leica NA 3000

Digitalni nivelir *Leica NA 3000* spada med t.i. precizne kompenzacijske nivelirje. Vgrajeni kompenzator mu omogoča avtomatsko horizontiranje vizure. Gre za enega od prvih preciznih digitalnih nivelirjev na tržišču z avtomatskim zajemanjem podatkov. Na tržišču se je pojavil leta 1991.

Nivelir poleg običajne optike in mehanike, ki je enaka drugim optičnim nivelirjem proizvajalca Leica, sestavljajo še:

- mikroprocesor,
- elektronski modul za odčitavanje kode late,
- spominski modul (notranji ali zunanji),
- elektronsko nadzorovan kompenzator,
- zaslon,
- tipkovnica.

Digitalni nivelir *Leica NA 3000* je namenjen za širok krog uporabe. Omogoča izmero za potrebe določitve višinskih razlik, zakoličevanja višin, nivelmanske izmere 1. In 2. reda in precizne inženirske meritve (Levičnik, 1995).

Za potrebe diplomske naloge se je omenjeni digitalni nivelir uporabljal v kombinaciji z kompariranimi kodiranimi invar nivelmanskimi latami proizvajalca Leica Geosystems. Poročilo o komparaciji nivelmanskih lat je v prilogi G.

Spodnja preglednica prikazuje nekatere tehnične podatke Leice NA 3000:

Preglednica 6: Tehnični podatki za precizni nivelir Leica NA 3000

Tehnični podatek	Opis in vrednosti
Natančnost po ISO17123-2 standardu	0,3 mm (z invar nivelmansko lato) 1,0 mm (s standardno nivelmansko lato) 2,0 mm (optična meritev)
Merjenje dolžin	1 cm / 20 m (500 ppm)
Merilni doseg	od 1,8 m do 100 m (elektronska meritev (4 metrska invar nivelmanska lata)) od 1,8 m do 60 m (elektronska meritev (3 metrska invar nivelmanska lata)) od 0,6 m (optična meritev)
Ločljivost meritve višine	0,01 mm
Čas za enkratno meritev	tipično 4 s
Povečava teleskopa	24 x
Kompenzator	nihalo z magnetnim dušenjem, delovno območje $\pm 12'$, natančnost kompenziranja 0,4"
Temperaturno območje	- 20°C do +50°C

Tehnični podatki so povzeti po uradnih podatkih proizvajalcih Leica Geosystems objavljenih v pripadajoči dokumentaciji preciznega nivelirja NA 3000.

6.2.2.1 Navezava terestrične mikro mreže Bilje na višinsko mrežo Republike Slovenije:

Navezava terestrične mikro mreže Bilje na državni višinski sistem je bila opravljena z metodo preciznega geometričnega nivelmana.

Točke mikro mreže 1051, 1052, 1053 in 1054 so bile s pomočjo nivelmanske zanke navezane

na izhodiščni reper 4 v bližini zadruga v Bilju. Reper 4 je bil predhodno vključen v v nivelmansko zanko 1-52, ki jo je v letu 2004 niveliral Geodetski zavod Slovenije. Za potrebe izračuna temperaturnega popravka je bila temperatura invar traku imerjena s kontaktnim termometrom.

Rezultati izmere in njihove obdelave so normalne ortometrične višine ali t.i. nadmorske višine točk prikazane v preglednici 7. Izračun višinskih razlik nivelmanske zanke mikro mreže je v prilogi C.

Preglednica 7: Nadmorske višine točk in natančnost njihove določitve

<i>Reper</i>	<i>Nadmorska višina (m)</i>	σH <i>(mm)</i>
1051	55,43604	0,31
1052	55,33503	0,31
1053	55,28684	0,31
1054	55,39249	0,31
1055	55,46553	0,31

Poleg nivelmanske izmere je bila v okolici točke SIGNAL opravljena tudi gravimetrična izmera, za potrebe določitve geopotencialnih kot. Te predstavljajo osnovo za pripravo sodobnega višinskega sistema, ki bo uveden v Sloveniji. Točka SIGNAL je bila navezana na gravimetrično mrežo Republike Slovenije. Za navezovalno točko je bila izbrana relativna gravimetrična točka št. 4-Postojna. Gravimetrična izmera je bila opravljena z relativnim gravimetrom Scintrex CG-3M.

7 IZRAVNAVA TERESTRIČNE MIKRO MREŽE BILJE IN DOLOČITEV GEOIDNE VIŠINE

Za določitev geoidne višine točke SIGNAL iz razlike elipsoidne višine in normalne ortometrične višine je bilo najprej potrebno izravnati terestrično mikro mrežo Bilje. Nato smo določili normalno ortometrično višino antene permanentne postaje Bilje in njeno geoidno višino.

7.1 Izravnava terestrične mikro mreže Bilje

Omenjenim petim točkam terestrične mikro mreže so bile dodeljene približne vrednosti lokalnih koordinat, ki so predstavljene v preglednici 8. Približne vrednosti koordinat so bile odčitane z grafično metodo in podrobno določene z iterativnim postopkom izravnave.

Preglednica 8: Približne vrednosti lokalnih koordinat

Oznaka točke	$Y (m)$	$X (m)$
1051	1000,1317	999,8713
1052	1007,3476	1018,5401
1053	986,9498	1032,4711
1054	999,9708	1062,0886
SIGNAL	1014,7922	1031,8996

Približne vrednosti koordinat točk (Preglednica 8), reducirana kotna opazovanja (Preglednica 2) in reducirana dolžinska opazovanja (Preglednica 4) so bili osnova za izravnavo terestrične mikro mreže Bilje. Izravnava je bila izvedena s pomočjo programa za izravnavo geodetskih mrež GEM4 verzija 4.0 (Ambrožič, Turk, Jamšek). GEM4 je program za izravnavo počožajnih geodetskih mrež. Uporabljen je bil posredni model izravnave.

Rezultati izravnave so zbrani v prilogi B. V preglednici 9 so zbrane vrednosti izravnanih koordinat točk mikro mreže in izravnana koordinata točke SIGNAL ter natančnost določitve posamezne točke.

Preglednica 9: Izravnane koordinate mikro mreže z oceno natančnosti

<i>Oznaka točke</i>	<i>Y (m)</i>	<i>X (m)</i>	<i>σX (m)</i>	<i>σY (m)</i>
1051	1000,1315	999,8659	0,0002	0,0024
1052	1007,3485	1018,5371	0,0005	0,0009
1053	986,9469	1032,4716	0,0012	0,0003
1054	999,9704	1062,0957	0,0001	0,0027
SIGNAL	1014,7948	1031,9004	0,0011	0,0003

V postopku izravnave se je izkazalo, da sta horizontalni dolžini med točkama 1051-1054 in 1053-1052 v primerjavi z drugimi dolžinami v mreži slabše določeni. Zaradi slabše natančnosti sta bili izločeni iz postopka izravnave. Slabša natančnost omenjenih dolžin je posledica grobega pogreška pri opazovanju zenitnih razdalj proti omenjenim točkam.

V izravnavo zaradi slabše natančnosti ni bil vključen horizontalni kot 1053-1052.

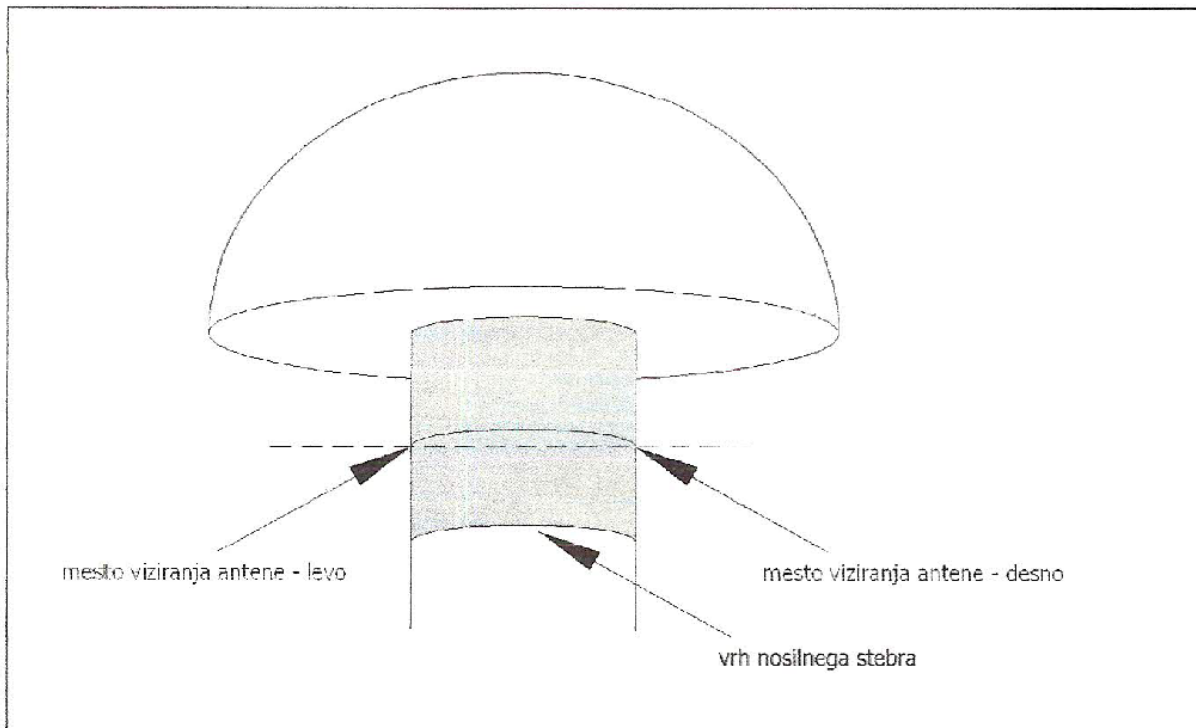
V postopku izravnave sta bila ocenjena tudi standardna deviacija opazovanih smeri (1,0565") in standardna deviacija izmerjenih dolžin (1,1320mm).

7.2 Določitev normalne ortometrične višine antene permanentne postaje Bilje

Določitev normalne ortometrične višine antene permanentne postaje je bila izvedena z metodo trigonometričnega višinomerstva. Na osnovi izravnanih koordinat točk terestrične mikro mreže so bile določene razdalje med točkami 1051, 1053, 1054 in točko SIGNAL. Zenitne razdalje proti anteni so bile opazovane na točkah 1051, 1053 in 1054 proti anteni. Zaradi slabe vidljivosti zenitne razdalje s točke 1052 proti točki SIGNAL niso bile opazovane.

Na vsakem od omenjenih treh stojišč smo opazovali zenitne razdalje na vrhu (S_1) in sestavljenem delu vmesnika (S_2) antene. Mesti viziranja sta prikazani na sliki 15. Vizirno

mesto (S_2) predstavlja črtkana črta na sliki 15.



Slika 15: Skica mest viziranja na nosilcu GNSS antene

Horizontalne dolžine med stojišči in točko SIGNAL izračunane iz izravnanih koordinat točk, ki so prikazane v preglednici 10. Zenitne razdalje prikazane v preglednici 11 so določene na osnovi aritmetične sredine treh meritev na posameznem stojišču.

Preglednica 10: Horizontalne dolžine med točko SIGNAL in stojiščnimi točkami mikro mreže
za določitev višinskih razlik

<i>Stojišče</i>	<i>Vizura</i>	<i>Horizontalna dolžina (m)</i>
1051	SIGNAL	32,36045
1053	SIGNAL	27,85376
1054	SIGNAL	33,63806

Preglednica 11: Opazovane zenitne razdalje proti točki SIGNAL

<i>Stojišče</i>	<i>Vizura</i>	<i>Zenitna razdalja</i>		
		°	'	"
1051	S1	76	36	46,4
1053	S1	73	10	47,9
1054	S1	75	35	27,3
1051	S2	76	40	9,6
1053	S2	73	14	50,8
1054	S2	75	38	41,5

Na podlagi meritev predstavljenih v preglednicah 10 in 11, ter uporabi postopka izračuna opisanega v poglavju 5.2.1 so bile določene višinske razlike med točkami 1051, 1053, 1054 in SIGNAL.

Preglednica 12: Izračunane višinske razlike do točke SIGNAL. in natančnosti njihove določitve

<i>Stojišče</i>	<i>Vizura</i>	Δh (m)	$\sigma_{\Delta h}$ (mm)
1051	S1	9,85851	0,67
1053	S1	10,00652	0,70
1054	S1	9,89534	0,69
1051	S2	9,85684	0,67
1053	S2	10,00574	0,69
1054	S2	9,89659	0,69

Natančnosti določitve višinske razlike so prikazane v preglednici 12. Pri njihovi oceni je bila za natančnost dolžin izbrana vrednost 1,13 mm, pridobljena na osnovi rezultatov izravnave terestrične mikro mreže Bilje. Natančnost opazovanih zenitnih razdalj je znašala 1". Natančnost določitve višine instrumenta je znašala 0,5 mm, ker so višine instrumenta določene s pomočjo tračnega metra *Leica GHM007*. Za natančnost določitve višine reflektorja je bila izbrana vrednost 0 mm, saj višini signala do mest viziranja S1 in S2 nista bili izmerjeni. Vertikalna ekscentriciteta je bila privzeta iz načrta nosilca antene in je znašala 35 mm.

7.2.1 Izravnava višinskega vozlišča točke SIGNAL

Izračunane višinske razlike in normalne ortometrične višine točk so osnova za določitev nadmorske višine točke SIGNAL. Za določitev nadmorske višine je bil uporabljen program VIMWIN (Turk in Ambrožič, 2007). VIMWIN je program za računsko obdelavo višinskih mrež. Uporabljen je bil posredni model izravnave.

Višinske razlike in nadmorske višine reperjev 1051, 1053 in 1054 so bile vključene in izravnane v t.i. višinskem vozlišču. Nadmorske višine točk 1051, 1053 in 1054 so prevzete iz rezultatov izravnave nivelmanske izmere mikro mreže. Njihove vrednosti so privzete kot

definitivne vrednosti, saj je natančnost določitve njihovih višin precej višja od natančnosti določitve višinskih razlik na osnovi trigonometričnega višinomerstva. Rezultati izravnave so zbrabi v prilogi D.

Izravnana normalna ortometrična višina točke SIGNAL z oceno natančnosti določitve je prikazana v preglednici 13.

Preglednica 13: Nadmorska višina točke SIGNAL z oceno natančnosti

<i>Točka</i>	<i>Nadmorska višina (m)</i>	σ_H (mm)
SIGNAL	65,29182	1,05

7.3 Določitev geoidne višine

Za potrebe vzpostavitve novega višinskega sistema Slovenije je potrebno določiti tudi geoidne višine izbranim točkam. Točke permanentnih postaj GNSS omrežja so se pri načrtovanju zgostitve EUVN mreže točk izkazale za uporabne, ker imajo natančno določeno elipsoidno višino.

Geoidno višino na točki SIGNAL lahko določimo na dva načina:

- s pomočjo interpolacije modela geoida Slovenije
- iz razlike elipsoidne višine točke SIGNAL in normalne ortometrične višine

Interpolirana vrednost geoidne višine na točki SIGNAL znaša $N_{\text{model geoida}} = 45,007$ m.

Normalna ortometrična višina točke SIGNAL je določena v poglavju 7.2. in znaša 65,292 m.

Elipsoidna višina točke SIGNAL je določena na osnovi daljših GNSS opazovanj in znaša 110,114 m (www.gu-signal.si).

Ob uporabi naslednjega izraza lahko tako določimo geoidno višino.

$$N = h - H, \quad (31)$$

kjer so:

H . . . normalna ortometrična višina,

h . . . elipsoidna višina,

N . . . geoidna višina.

Izračunana geoidna višina, interpolirana geoidna višina in razlika med njima je prikazana v spodnji preglednici.

Preglednica 14: Geoidna višina točke SIGNAL

<i>Geoidna višina točke</i>	<i>(m)</i>
<i>SIGNAL</i>	
N _{izračunana}	44,822
N _{model geoida}	45,007
Razlika	- 0,185

Razlika med izračunano in interpolirano vrednostjo geoidne višine točke SIGNAL znaša - 18,5 cm. Na osnovi ugotovljenega odstopanja lahko sklepamo, da je obstoječi model geoida na točki SIGNAL previsok glede na obstoječi višinski sistem Slovenije.

8 ZAKLJUČKI

Na osnovi ocenjene natančnosti določitve normalne ortometrične višine točke SIGNAL sklepam, da je bila izbira metode trigonometričnega višinomerstva primerna za izpolnitev zastavljenega cilja vključitve permanentne GNSS postaje Bilje v višinski sistem Republike Slovenije. V okviru opravljene izmere in obdelave merskih podatkov je tako določena normalno ortometrična višina točke SIGNAL primerna za določitev njene geoidne višine.

Na osnovi rezultatov ocenjujem, da smo izbrali primerno obliko in velikost terestrične mikro mreže ter uporabili primerno natančen instrumentarij. Na tej osnovi se je metoda trigonometričnega višinomerstva izkazala za presentljivo natančno, saj smo normalne ortometrične višine določili z milimetrsko natančnostjo.

Primerjava geoidnih višin določenih na osnovi izračunane vrednosti iz razlike med normalno ortometrično višino in elipsoidno višino točke SIGNAL in na osnovi interpolacije modela geoida je pokazala na precejšnje odstopanje. Razlika znaša $-0,185$ m. Na osnovi tega sklepam, da je obstoječi model geoida na obravnavanem območju slabe natančnosti in ne zadovoljuje današnjih potreb v okviru GNSS višinomerstva. Trenutni model geoida ne zagotavlja določitev višin točk z GNSS višinomerstvom za uporabo v praksi, če je zahtevana več kot decimetrsko natančnost.

Na osnovi natančnosti določitve normalne ortometrične višine v Bilju menim, da je predlagana vključitev vseh točk omrežja SIGNAL smiselna in potrebna. S pomočjo dobro določenih normalnih ortometričnih višin omenjenih točk in ob poznanih njihovih elipsoidnih višin bi po mojem mnenju lahko izboljšali vpetje obstoječega modela geoida v višinski sistem Republike Slovenije. Z izboljšanim vpetjem bi se zagotovili kvalitetnejši podatki modela geoida, kar bi povečalo uporabnost GNSS višinomerstva v praksi.

VIRI

Ciddor, P. E., Hill, R. J. 1999. Refractive index of air. 2. Group index, *Applied Optics*, 38, 1663–1667.

Golob, B. 2009. Primerjava elipsoidnih in normalnih ortometričnih višin, *Diplomska naloga*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, *Geodezija v inženirstvu*: 82 str.

Hässler, J., Wachsmuth, H. 1994. *Formelsammlung für den Vermessungsberuf*, 5. Aufgabe, Korbach, Wilhelm Bing Verlag: 683 str.

International Union of Geodesy and Geophysics, 1999. *IUGG99 Comptes Rendus*, IUGG XXII General Assembly, Resolution 3, 18-30 July 1999, Birmingham, UK, 110-111.

Hofmann-Wellenhof, B., Moritz, H. 2005. *Physical Geodesy*, Wien, Springer Wien New York: 403 str.

Kne, B. 2004. Izmera geodinamične mikromreže Libne, *Diplomska naloga*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, *Geodezija v inženirstvu*: 51 str.

Koler, B. 1998. Višine, potencial in geopotencialne kote. *Geodetski vestnik* 42, 1: 7-12.

Koler, B., Vardjan, N. 2003. Analiza stanja nivelmanskih mrež Republike Slovenije, *Geodetski vestnik* 47, 3: 251-262.

Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. 2007. Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 51, 4: 777-792

Levičnik, T. 1995. Preizkus preciznega nivelirja "Leica" na 3000, *Diplomska naloga*.

58 Blejec, J. 2010. Vključitev permanentne postaje Bilje v višinski sistem Republike Slovenije. Dipl. nal. - UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 39 str.

Lisec, A. 2002. Analiza višinskih sistemov na osnovi nivelmanske in relativne gravimetrične izmere nivelmanske zanke Malija. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 139 str.

Mihailović, K. 1981. Geodezija II, Beograd, Građevinska knjiga: 584 str.

Vodopivec, F. 1997. Geodezija II. Višinomerstvo, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 284 str.

Vodopivec, F. 1988. Precizni nivelman, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 154 str.

Spletni viri:

Leica TDM 5000,

<http://www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=5639>,
(31. 1. 2010)

Leica TDM 5000,

<http://www.geoservis.si>, (31. 1. 2010)

Elipsoidna višina,

<http://www.gu-signal.si>, (31. 1. 2010)

Blejec, J. 2010. Vključitev permanentne postaje Bilje v višinski sistem Republike Slovenije.
Dipl. nal. - UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

**PRILOGA A: REZULTATI MERITEV V TERESTRIČNI MIKRO MREŽI
BILJE**

Stojišče	Vizura	Girus	Horizontalna smer			Zenitna distanca			S (m)	i (m)	T (°C)	Tlak (mBar)	Vlaga (%)
			°	'	''	°	'	''					
1051	1054	1	5	0	0.1	90	14	29.9	62.2331	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1052	1	26	17	3.6	94	27	50.5	20.0285	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S1	1	29	41	25.6	76	36	46.8	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S2	1	29	48	5.7	76	40	7.7	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1053	1	343	8	2.8	90	3	23.9	35.1738	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1053	1	163	8	1.2	269	56	32.7	35.1736	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S2	1	209	48	6.9	283	19	58.9	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S1	1	209	41	27.5	283	23	17.1	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1052	1	206	17	2.2	265	32	9.4	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1054	1	185	0	7.2	269	45	34.6	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1054	2	5	0	6.5	90	14	24.1	62.2331	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1052	2	26	16	56.0	94	27	46.9	20.0286	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S1	2	29	41	18.8	76	36	48.0	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S2	2	29	48	1.7	76	40	7.7	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1053	2	343	7	57.5	90	3	24.6	35.1738	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1053	2	163	7	57.6	269	56	35.2	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S2	2	209	48	0.9	283	19	38.1	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S1	2	209	41	17.1	283	23	14.3	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1052	2	206	16	59.6	268	11	57.3	20.0284	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1054	2	185	0	7.5	269	45	30.1	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1054	3	5	0	3.5	90	14	29.9	62.2330	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1052	3	26	16	59.0	94	27	47.6	20.0284	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S1	3	29	41	24.4	76	36	47.7	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S2	3	29	48	8.9	76	40	10.8	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1053	3	343	8	5.6	90	3	22.9	35.1736	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1053	3	163	8	3.8	269	56	27.1	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6

Stojišče	Vizura	Girus	Horizontalna smer			Zenitna distanca			S (m)	i (m)	T (°C)	Tlak (mBar)	Vlaga (%)
			°	'	''	°	'	''					
1051	S2	3	209	48	10.3	283	19	51.4	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	S1	3	209	41	23.5	283	23	12.7	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1052	3	206	16	57.2	265	32	10.1	20.0284	1.2554	22.3	1018.6	37.6
1051	1054	3	185	0	3.5	269	45	31.0	0.0000	1.2554	22.3	1018.6	37.6

Stojišče	Vizura	Girus	Horizontalna smer			Zenitna distanca			S (m)	i (m)	T (°C)	Tlak (mBar)	Vlaga (%)
			°	'	''	°	'	''					
1052	1054	1	5	0	0.1	89	31	13.7	44.1811	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1051	1	215	44	44.1	88	11	42.7	20.0295	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1053	1	318	56	49.2	88	37	9.0	24.7153	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1053	1	138	56	50.4	271	22	58.1	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1051	1	35	44	35.6	271	48	16.6	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1054	1	184	59	53.7	270	28	46.3	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1054	2	5	0	0.1	89	31	15.0	44.1811	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1051	2	215	44	45.9	88	11	40.1	20.0294	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1053	2	318	56	48.4	88	37	7.1	24.7153	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1053	2	138	56	41.4	271	22	51.1	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1051	2	35	44	44.0	271	48	17.9	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1054	2	184	59	53.4	270	28	47.6	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1054	3	4	59	56.7	89	31	12.9	44.1810	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1051	3	215	44	46.2	88	11	41.4	20.0294	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1053	3	318	56	48.0	88	37	7.7	24.7152	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1053	3	138	56	41.1	271	22	52.1	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1051	3	35	44	46.8	271	48	14.9	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7
1052	1054	3	184	59	53.3	270	28	50.9	0.0000	0.942	23.8	1018.9	45.7

Stojišče	Vizura	Girus	Horizontalna smer			Zenitna distanca			S (m)	i (m)	T (°C)	Tlak (mBar)	Vlaga (%)
			°	'	''	°	'	''					
1053	1051	1	5	0	3.0	89	56	27.9	35.1713	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1054	1	230	44	56.2	90	23	49.1	32.3670	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S1	1	298	7	18.5	73	10	52.0	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S2	1	298	15	49.0	73	14	51.1	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1052	1	331	20	54.2	93	32	10.4	24.7146	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1052	1	151	20	43.2	266	27	46.3	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S2	1	118	15	46.9	286	45	9.6	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S1	1	118	7	15.3	286	49	14.0	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1054	1	50	44	56.8	269	36	4.1	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1051	1	184	59	58.1	270	3	25.2	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1051	2	5	0	4.4	89	56	34.6	35.1712	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1054	2	230	44	51.9	90	23	56.0	32.3628	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S1	2	298	7	12.8	73	10	52.0	32.3628	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S2	2	298	15	42.8	73	14	53.5	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1052	2	331	20	48.0	93	32	14.5	24.7146	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1052	2	151	20	44.2	266	27	43.7	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S2	2	118	15	51.9	286	45	8.7	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S1	2	118	7	16.5	286	49	24.0	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1054	2	50	44	55.2	269	36	7.9	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1051	2	184	59	49.3	270	3	26.8	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1051	3	5	0	0.7	89	56	28.4	35.1712	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1054	3	230	44	50.4	90	23	55.6	32.3627	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S1	3	298	7	7.1	73	10	50.7	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S2	3	298	15	39.8	73	14	46.0	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1052	3	331	20	47.3	93	32	13.2	24.7146	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1052	3	151	20	42.5	268	37	16.6	24.7145	1.5863	25.9	1018.6	42.2

Stojišče	Vizura	Girus	Horizontalna smer			Zenitna distanca			S (m)	i (m)	T (°C)	Tlak (mBar)	Vlaga (%)
			°	'	''	°	'	''					
1053	S2	3	118	15	42.4	286	45	7.6	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	S1	3	118	7	8.0	286	49	9.1	0.0000	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1054	3	50	44	52.5	269	36	7.2	32.3627	1.5863	25.9	1018.6	42.2
1053	1051	3	184	59	55.1	270	3	24.7	35.1712	1.5863	25.9	1018.6	42.2

Stojišče	Vizura	Girus	Horizontalna smer			Zenitna distanca			S (m)	i (m)	T (°C)	Tlak (mBar)	Vlaga (%)
			°	'	''	°	'	''					
1054	1051	1	5	0	0.4	89	45	35.3	62.2325	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1053	1	28	52	47.0	89	35	58.8	32.3623	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S1	1	338	56	30.1	75	35	34.1	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S2	1	339	3	28.9	75	38	52.2	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1052	1	355	32	5.6	90	28	43.1	44.1815	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1052	1	175	32	0.0	269	31	10.6	44.1815	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S2	1	159	3	28.0	284	21	22.0	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S1	1	158	56	22.2	284	24	31.2	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1053	1	208	52	39.4	270	23	47.0	32.3623	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1051	1	185	0	1.2	270	14	15.6	62.2335	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1051	2	5	0	1.1	89	45	36.2	62.2325	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1053	2	28	52	45.9	89	36	4.6	32.3623	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S1	2	338	56	34.9	75	35	26.4	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S2	2	339	3	40.6	75	38	40.5	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1052	2	355	32	5.7	90	28	43.8	44.1815	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1052	2	175	32	8.4	269	31	8.8	44.1814	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S2	2	159	3	31.0	284	21	20.2	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S1	2	158	56	29.4	284	24	34.4	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1053	2	208	52	50.9	270	23	52.1	32.3622	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1051	2	185	0	2.6	270	14	20.3	62.2324	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1051	3	5	0	11.1	89	45	40.4	62.2324	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1053	3	28	52	57.0	89	36	7.9	32.3624	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S1	3	338	56	34.4	75	35	23.7	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S2	3	339	3	34.9	75	38	39.8	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1052	3	355	32	9.2	90	28	48.3	44.1814	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1052	3	175	32	6.4	269	31	11.6	44.1814	1.2528	24.2	1018.6	37.2

Stojišče	Vizura	Girus	Horizontalna smer			Zenitna distanca			S (m)	i (m)	T (°C)	Tlak (mBar)	Vlaga (%)
			°	'	''	°	'	''					
1054	S2	3	159	3	33.1	284	21	21.2	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	S1	3	158	56	31.2	284	24	34.7	0.0000	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1053	3	208	52	54.8	270	23	52.8	32.3623	1.2528	24.2	1018.6	37.2
1054	1051	3	185	0	6.6	270	14	17.4	62.2324	1.2528	24.2	1018.6	37.2

PRILOGA B: IZRAVNAVA TERESTRIČNE MIKRO MREŽE BILJE

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

Datum : 3.2.2010
Čas : 21:48

Ime datoteke s podatki:	Bilje_1_4.pod
Ime datoteke za rezultate:	Bilje_1_4.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	Bilje_1_4.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	Bilje_1_4.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	Bilje_1_4.koo
Ime datoteke z utežmi:	Bilje_1_4.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	Bilje_1_4.str
Ime datoteke za ProTra:	Bilje_1_4.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	Bilje_1_4.Sll
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	Bilje_1_4.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	Bilje_1_4.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	Bilje_1_4.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	Bilje_1_4.pvv

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
1051	1000.1317	999.8713
1052	1007.3476	1018.5401
1053	986.9498	1032.4711
1054	999.9708	1062.0886
S12	1014.7922	1031.8996

Vseh novih točk je : 5

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Gr
1	1051	1054	0 0 0.0	0.000	1.00	1
2	1051	1052	21 16 54.9	0.000	1.00	1
3	1051	S12	24 44 39.6	0.000	1.00	1
4	1051	1053	338 7 56.7	0.000	1.00	1
5	1052	1054	0 0 0.0	0.000	1.00	1
6	1052	1051	210 44 47.6	0.000	1.00	1
7	1052	1053	313 56 50.2	0.000	1.00	1
8	1053	1051	0 0 0.0	0.000	1.00	1
9	1053	1054	225 44 55.4	0.000	1.00	1
10	1053	S12	293 11 30.8	0.000	1.00	1
11	1054	1051	0 0 0.0	0.000	1.00	1
12	1054	1053	23 52 45.3	0.000	1.00	1
13	1054	S12	333 59 57.7	0.000	1.00	1
14	1054	1052	350 32 2.1	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
15	1051	1054	62.2325	0.0000	0.02
16	1051	1053	35.1743	0.0000	0.03
17	1052	1054	44.1784	0.0000	0.02
18	1052	1053	24.7012	0.0000	0.04
19	1053	1051	35.1719	0.0000	0.03
20	1053	1054	32.3628	0.0000	0.03
21	1054	1051	62.2322	0.0000	0.02
22	1054	1053	32.3612	0.0000	0.03
23	1054	1052	44.1788	0.0000	0.02

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 1.40 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 1.500 mm.

Število enačb popravkov je	23
- Število enačb popravkov za smeri je	14
- Število enačb popravkov za dolžine je	9
Število neznank je	14
- Število koordinatnih neznank je	10
- Število orientacijskih neznank je	4
Defekt mreže je	3
Število nadštevilnih opazovanj je	12

POPRAVKI približnih vrednosti

=====

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
1051	-0.0002	-0.0060	-0.1
1052	0.0010	-0.0032	3.4
1053	-0.0032	0.0006	-2.1
1054	-0.0004	0.0077	-0.1
S12	0.0029	0.0008	

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

=====

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
1051	1000.1315	999.8653	0.0002	0.0017	0.0017	0.0017	0.0001	3
1052	1007.3486	1018.5369	0.0003	0.0006	0.0007	0.0007	0.0001	154
1053	986.9466	1032.4717	0.0009	0.0002	0.0009	0.0009	0.0001	104
1054	999.9704	1062.0963	0.0002	0.0019	0.0020	0.0019	0.0001	177
S12	1014.7951	1031.9004	0.0008	0.0002	0.0008	0.0008	0.0001	77

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.75464.

[pvv] = 6.8337925345

[xx] vseh neznank = 16.0943219311

[xx] samo koordinatnih neznank = 0.0001262939

Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00233.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 1.0565 sekund.

Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 1.1320 milimetrov.

PRILOGA C: IZRAČUN IN IZRAVNAVA VIŠINSKIH RAZLIK NIVELMANSKE ZANKE TERESTRIČNE MIKRO MREŽE BILJE

Izravnava Višinske geodetske Mreže
Program: VIM, ver.5.0, mar. 07
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: 1-52-vsi.pod
Ime datoteke za rezultate: 1-52-vsi.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: 1-52-vsi.def
Ime datoteke za S-transformacijo: 1-52-vsi.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: 1-52-vsi.koo

Datum: 30.11.2008
Čas: 20:56:23

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
MCDXXXII	74.70240	Dani reper
7-68	73.65000	Novi reper
5-68	71.04400	Novi reper
2	79.99600	Novi reper
NVN4	78.78900	Novi reper
NVN3	64.37500	Novi reper
C686	62.12700	Novi reper
3961	57.35200	Novi reper
5	54.81800	Novi reper
7-80	50.36000	Novi reper
8-80	51.55100	Novi reper
9-80	47.53400	Novi reper
R4	55.82100	Novi reper
7329	58.43600	Novi reper
3	59.96100	Novi reper
7323	64.01000	Novi reper
1	68.19000	Novi reper
15-31	70.22800	Novi reper
2-68	71.61400	Novi reper
1051	55.43690	Novi reper
1052	55.33590	Novi reper
1053	55.28770	Novi reper
1054	55.39340	Novi reper
1055	55.46640	Novi reper

Število vseh reperjev = 24
Število danih reperjev = 1
Število novih reperjev = 23

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper Reper Merjena Merjena

zadaj	spredaj	viš.razlika	dolžina
MCDXXXII	7-68	-1.05147	0.1700
7-68	5-68	-2.60624	0.4050
5-68	2	8.95188	0.5700
2	NVN4	-1.20727	0.6200
NVN4	NVN3	-14.41350	0.8100
NVN3	C686	-2.24771	0.5700
C686	3961	-4.77539	0.7600
3961	5	-2.53409	1.3200
5	7-80	-4.45760	0.9400
7-80	8-80	1.19042	1.1600
8-80	9-80	-4.01674	0.7800
9-80	R4	8.28727	0.9000
R4	7329	2.61467	1.0900
7329	3	1.52558	0.3600
3	7323	4.04816	0.6200
7323	1	4.18054	1.0400
1	15-31	2.03799	0.5500
15-31	2-68	1.38588	0.3000
2-68	MCDXXXII	3.08837	0.3000
R4	1051	-0.38541	0.0240
1051	1052	-0.10101	0.0200
1052	1055	0.13050	0.0150
1052	1053	-0.04818	0.0250
1053	1054	0.10567	0.0320
1054	1052	-0.05744	0.0470

Število opazovanj = 25

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
			a1	a2	f	
1	MCDXXXII	7-68	0.	-1.	0.00093	5.8824
2	7-68	5-68	1.	-1.	-0.00024	2.4691
3	5-68	2	-1.	1.	0.00012	1.7544
4	2	NVN4	1.	-1.	-0.00027	1.6129
5	NVN4	NVN3	1.	-1.	0.00050	1.2346
6	NVN3	C686	1.	-1.	0.00029	1.7544
7	C686	3961	1.	-1.	-0.00039	1.3158
8	3961	5	1.	-1.	-0.00009	0.7576
9	5	7-80	1.	-1.	0.00040	1.0638
10	7-80	8-80	-1.	1.	0.00058	0.8621
11	8-80	9-80	1.	-1.	0.00026	1.2821
12	9-80	R4	-1.	1.	-0.00027	1.1111
13	R4	7329	-1.	1.	0.00033	0.9174
14	7329	3	-1.	1.	-0.00058	2.7778
15	3	7323	-1.	1.	0.00084	1.6129
16	7323	1	-1.	1.	-0.00054	0.9615
17	1	15-31	-1.	1.	0.00001	1.8182
18	15-31	2-68	-1.	1.	0.00012	3.3333
19	2-68	MCDXXXII	-1.	0.	0.00003	3.3333

20 R4	1051	1.	-1.	-0.00131	41.6667
21 1051	1052	1.	-1.	-0.00001	50.0000
22 1052	1055	-1.	1.	0.00000	66.6667
23 1052	1053	1.	-1.	0.00002	40.0000
24 1053	1054	-1.	1.	0.00003	31.2500
25 1054	1052	1.	-1.	0.00006	21.2766

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
1 MCDXXXII	7-68	-1.05147	-0.00001	-1.05148
2 7-68	5-68	-2.60624	-0.00002	-2.60626
3 5-68	2	8.95188	-0.00003	8.95185
4 2	NVN4	-1.20727	-0.00004	-1.20731
5 NVN4	NVN3	-14.41350	-0.00005	-14.41355
6 NVN3	C686	-2.24771	-0.00003	-2.24774
7 C686	3961	-4.77539	-0.00004	-4.77543
8 3961	5	-2.53409	-0.00007	-2.53416
9 5	7-80	-4.45760	-0.00005	-4.45765
10 7-80	8-80	1.19042	-0.00007	1.19035
11 8-80	9-80	-4.01674	-0.00004	-4.01678
12 9-80	R4	8.28727	-0.00005	8.28722
13 R4	7329	2.61467	-0.00006	2.61461
14 7329	3	1.52558	-0.00002	1.52556
15 3	7323	4.04816	-0.00004	4.04812
16 7323	1	4.18054	-0.00006	4.18048
17 1	15-31	2.03799	-0.00003	2.03796
18 15-31	2-68	1.38588	-0.00002	1.38586
19 2-68	MCDXXXII	3.08837	-0.00002	3.08835
20 R4	1051	-0.38541	0.00000	-0.38541
21 1051	1052	-0.10101	0.00000	-0.10101
22 1052	1055	0.13050	0.00000	0.13050
23 1052	1053	-0.04818	-0.00001	-0.04819
24 1053	1054	0.10567	-0.00002	0.10565
25 1054	1052	-0.05744	-0.00002	-0.05746

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.000182$

Izračunano odstopanje = 355.12 mm (s = 13.428 km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 4.5$ mm
 - mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 9.1$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
7-68	73.65000	0.00092	73.65092	0.00007
5-68	71.04400	0.00066	71.04466	0.00014
2	79.99600	0.00051	79.99651	0.00019
NVN4	78.78900	0.00020	78.78920	0.00023

NVN3	64.37500	0.00065	64.37565	0.00026
C686	62.12700	0.00091	62.12791	0.00028
3961	57.35200	0.00048	57.35248	0.00030
5	54.81800	0.00031	54.81831	0.00032
7-80	50.36000	0.00066	50.36066	0.00033
8-80	51.55100	0.00002	51.55102	0.00033
9-80	47.53400	0.00023	47.53423	0.00032
R4	55.82100	0.00045	55.82145	0.00031
7329	58.43600	0.00006	58.43606	0.00028
3	59.96100	0.00062	59.96162	0.00027
7323	64.01000	-0.00026	64.00974	0.00025
1	68.19000	0.00023	68.19023	0.00019
15-31	70.22800	0.00018	70.22818	0.00014
2-68	71.61400	0.00005	71.61405	0.00010
1051	55.43690	-0.00086	55.43604	0.00031
1052	55.33590	-0.00087	55.33503	0.00031
1053	55.28770	-0.00086	55.28684	0.00031
1054	55.39340	-0.00091	55.39249	0.00031
1055	55.46640	-0.00087	55.46553	0.00031

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

=====

==

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 MCDXXXII	7-68	0.16782	0.00007	0.00218	
0.01282					
2 7-68	5-68	0.39263	0.00011	0.01237	
0.03053					
3 5-68	2	0.54551	0.00013	0.02449	
0.04297					
4 2	NVN4	0.59102	0.00014	0.02898	
0.04674					
5 NVN4	NVN3	0.76054	0.00016	0.04946	
0.06106					
6 NVN3	C686	0.54551	0.00013	0.02449	
0.04297					
7 C686	3961	0.71646	0.00015	0.04354	
0.05729					
8 3961	5	1.18865	0.00020	0.13135	
0.09951					
9 5	7-80	0.87339	0.00017	0.06661	
0.07086					
10 7-80	8-80	1.05856	0.00019	0.10144	
0.08745					
11 8-80	9-80	0.73413	0.00016	0.04587	
0.05880					
12 9-80	R4	0.83894	0.00017	0.06106	
0.06785					
13 R4	7329	1.00043	0.00018	0.08957	
0.08217					
14 7329	3	0.35023	0.00011	0.00977	
0.02714					
15 3	7323	0.59102	0.00014	0.02898	
0.04674					

16 7323	1	0.95846	0.00018	0.08154
0.07840				
17 1	15-31	0.52720	0.00013	0.02280
0.04146				
18 15-31	2-68	0.29322	0.00010	0.00678
0.02262				
19 2-68	MCDXXXII	0.29322	0.00010	0.00678
0.02262				
20 R4	1051	0.02400	0.00003	0.00000
0.00000				
21 1051	1052	0.02000	0.00003	0.00000
0.00000				
22 1052	1055	0.01500	0.00002	0.00000
0.00000				
23 1052	1053	0.01899	0.00003	0.00601
0.24038				
24 1053	1054	0.02215	0.00003	0.00985
0.30769				
25 1054	1052	0.02576	0.00003	0.02124
0.45192				

Skupno število nadštevilnosti je 2.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.08000000.

PRILOGA D: IZRAVNAVA NORMALNE ORTOMETRIČNE VIŠINE TOČKE SIGNAL

Izravnavna Višinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.5.0, mar. 07

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: BILJE_VOZ.pod

Ime datoteke za rezultate: BILJE_VOZ.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: BILJE_VOZ.def

Ime datoteke za S-transformacijo: BILJE_VOZ.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: BILJE_VOZ.koo

Datum: 17. 1.2010

Čas: 15:51: 5

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R1051	55.43604	Dani reper
R1053	55.28684	Dani reper
R1054	55.39249	Dani reper
RSIG	65.29171	Novi reper

Število vseh reperjev = 4

Število danih reperjev = 3

Število novih reperjev = 1

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

=====

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R1051	RSIG	9.85851	32.3600
R1053	RSIG	10.00652	27.8500
R1054	RSIG	9.89534	33.6400
R1051	RSIG	9.85684	32.3600
R1053	RSIG	10.00574	27.8500

R1054 RSIG 9.89659 33.6400

Število opazovanj = 6

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredej	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 R1051	RSIG	0.	1.	-0.00284	30.9023
2 R1053	RSIG	0.	1.	-0.00165	35.9066
3 R1054	RSIG	0.	1.	0.00388	29.7265
4 R1051	RSIG	0.	1.	-0.00117	30.9023
5 R1053	RSIG	0.	1.	-0.00087	35.9066
6 R1054	RSIG	0.	1.	0.00263	29.7265

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredej	Merjena	Popravek	Definitivna
		viš.razlika	viš.razlike	viš.razlika
1 R1051	RSIG	9.85851	-0.00273	9.85578
2 R1053	RSIG	10.00652	-0.00154	10.00498
3 R1054	RSIG	9.89534	0.00399	9.89933
4 R1051	RSIG	9.85684	-0.00106	9.85578
5 R1053	RSIG	10.00574	-0.00076	10.00498
6 R1054	RSIG	9.89659	0.00274	9.89933

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 =$ 0.014611

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
RSIG	65.29171	0.00011	65.29182	0.00105


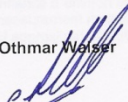


IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 R1051	RSIG	0.00518	0.00105	0.02718	0.83994
2 R1053	RSIG	0.00518	0.00105	0.02267	0.81402
3 R1054	RSIG	0.00518	0.00105	0.02846	0.84603
4 R1051	RSIG	0.00518	0.00105	0.02718	0.83994
5 R1053	RSIG	0.00518	0.00105	0.02267	0.81402
6 R1054	RSIG	0.00518	0.00105	0.02846	0.84603

Skupno število nadštevilnosti je 5.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.83333333.

**PRILOGA E: CERTIFIKAT O PREIZKUSU INSTRUMENTA METEO STATION
 HM 30**

	S Schweizerischer Kalibrierdienst C Service Suisse d'étalonnage S Servizio svizzero di taratura S Swiss Calibration Service	 REVUE THOMMEN AG Hauptstrasse 85 CH-4437 Waldenburg Switzerland
Tel.: +41 (61)965 22 22 Fax: +41 (61) 961 81 7		
Vom Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung akkreditierte Kalibrierstelle Laboratoire d'étalonnage accrédité par l'Office fédéral de métrologie et d'accréditation Calibration Laboratory accredited by the Swiss Federal Office of Metrology		S Akkreditierungs-Nr. C N°. d'accréditation SCS 028 S Accreditations No.
The Swiss Accreditation Service is one of the signatories to the EA Multilateral Agreement for the recognition of calibration certificates		
Auftrags-Nr., Datum N°. de commande, date 1603-Th Order No., date		
Kunde Client Customer	Geoservis d.o.o.	Zertifikat Nr. N°. de certificat Certificate No. 17749
SCS	KALIBRIERZERTIFIKAT CERTIFICAT D'ETALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE	SCS
Gegenstand Objet Object	Meteo Station	
Hersteller Fabricant Manufacturer	REVUE THOMMEN AG	
Typ Type Model	HM30	Klasse Classe P1 0.09% F.S. Class
Serien-Nr. N°. de série Serial No.	0701	
Bemerkungen Remarques Remarks		
Datum der Kalibrierung Date de l'étalonnage Date of calibration	25.04.2006 15:22:29	
Dieses Kalibrierzertifikat dokumentiert die Rückverfolgbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten (SI) Ce Certificat d'étalonnage confirme l'accordement aux étalons nationaux qui matérialisent les grandeurs physique (SI) This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurements (SI)		
Messresultate, Messunsicherheiten mit Vertrauensbereich und Messverfahren sind auf den folgenden Seiten aufgeführt und sind Teil des Zertifikates. Les résultats, les incertitudes avec niveau de confiance et les méthodes de mesure sont donnés aux pages suivantes et font partie du certificat. The measurements, the uncertainties with confidence probability and calibration methods are given on the following pages and are part of the certificate.		
Der Inhalt dieses Zertifikates darf nur in vollständiger Form veröffentlicht oder weitergegeben werden und bedarf für Kopien der Zustimmung der zuständigen Stelle. La publication ou la reproduction de ce certificat n'autorise que dans sa forme intégrale transmis et requiert pour les copies du consentement de l'autorité compétente. This certificate shall not be published or reproduced other than fullform and require for copies of the agreement of the competent authority.		
Seite von Seiten Page 1 de 2 pages Page of pages	Stempel und Datum Timbre et date Stamp and date	Leiter der Kalibrierstelle Chef du laboratoire d'étalonnage Head of the Calibration laboratory
	27.04.2006	 Othmar Weiser
SCS Zertifikat absolut Repts		
		



S Schweizerischer Kalibrierdienst
 C Service Suisse d'étalonnage
 S Servizio svizzero di taratura
 S Swiss Calibration Service

Tel.: +41 (61)965 22 22 Fax: +41 (61) 961 81 7



REVUE THOMMEN AG
 Hauptstrasse 85
 CH-4437 Waldenburg
 Switzerland

Die Kalibrierung wurde durch direkten Vergleich mit folgenden Instrumenten durchgeführt:
 La calibration a été effectuée en comparaison avec les instruments suivants:
 The calibration has been carried out in comparison with the following instruments:

Zertifikat Nr. 17749
 N° de certificat
 Certificate No.

1200/3500 mbar abs Mensor PCS S/N 181220

Prüfmedium:
 Fluide de mesure: **nitrogen**
 Calibration

Umgebungstemperatur:
 Temperature d'env.: **22°C +/- 2°C**
 Ambient temperature:

Vertrauensbereich:
 Fiabilité: **95 %**
 Reliability:

Messunsicherheit:
 Incertitude de mesure: **0.327**
 Measuring uncertainty:

Serien-Nr. / N° de série / Serial No. 0701
 Messbereich / Gamme de mesure / Range 1125.00 mbar abs.
 Klasse / Classe / Class 0.09 % F.S.

Sollwert Valeur prévue Setting value	Istwert Valeur effectif Actual value	Abweichung Déviation Deviation	Istwert Valeur effectif Actual value	Abweichung Déviation Deviation
	↓	↓	↑	↑
mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
1125.00	1125.10	0.10	1125.10	0.10
900.00	900.00	0.00		
675.00	674.80	-0.20	674.80	-0.20
450.00	449.50	-0.50		
225.00	224.20	-0.80	224.30	-0.70

als SCS-Zertifikat nur gültig bis 3500 mbar absolut

Seite von Seiten
 Page 2 de 2 pages
 Page of pages

Datum der Kalibrierung
 Date de l'étalonnage
 Date of calibration

Leiter der Kalibrierstelle
 Chef du laboratoire d'étalonnage
 Head of the calibration laboratory

25.04.2006

Othmar Walser

Die angegebene erweiterte Messunsicherheit ist die Standardunsicherheit der Messung multipliziert mit einem Erweiterungsfaktor $k = 2$, was bei einer Normalverteilung einem Vertrauensniveau von etwa 95% entspricht.
 L'incertitude de mesure élargie donnée est l'incertitude-type sur le résultat de la mesure multipliée par le facteur d'élargissement $k = 2$ ce qui, pour une distribution gaussienne, correspond à un niveau de confiance d'environ 95%.
 The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%.

SCS Zertifikat absolut Reps



S Schweizerischer Kalibrierdienst
 C Service suisse d'étalonnage
 S Servizio svizzero di taratura
 S Swiss Calibration Service



**BOURDON
 HAENNI**

The Swiss Accreditation Service is one of the signatories to the EA
 Multilateral Agreement for the recognition of calibration certificates
 Vom Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung akkreditierte Kalibrierstelle
 Laboratoire d'étalonnage accrédité par l'Office fédéral de métrologie et d'accréditation
 Calibration Laboratory accredited by the Swiss Federal Office of Metrology and Accreditation

Bourdon-Haenni AG, 3303 Jegenstorf
 Bourdon-Haenni SA, 3303 Jegenstorf
 Bourdon-Haenni INC, 3303 Jegenstorf

S Akkreditierungs-Nr.
 C N° d'accréditation **SCS 034**
 S Accreditation No.

Zertifikat-Nr.
 N° du certificat **14771**
 Certificate No.

Seite von Seiten
 Page 1 de 2 pages
 Page of pages

Kunde **GEOSERVICE d.o.o.**
 Client
 Customer

Auftrags-Nr. **1189970**
 N° de commande
 Order No.

SCS	KALIBRIER-ZERTIFIKAT CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE	SCS
Gegenstand Objet Object	Temperatur & Feuchtemessgerät	
Hersteller Fabricant Manufacturer	REVUE THOMMEN AG 4437 Waldenburg	
Typ Type Model	HM30 Meteo Station & Pt 100-Fühler	
Serien-Nr. N° de série Serial No.	0701 / 00A C 2495 018182	
Bemerkungen Remarques Remarks	Messung erfolgte auf Kanal 2	
Datum der Kalibrierung Date de l'étalonnage Date of calibration	20. April 2006	
Dieses Kalibrierzertifikat dokumentiert die Rückverfolgbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten (SI). Ce certificat d'étalonnage confirme le raccordement aux étalons nationaux qui matérialisent les grandeurs physiques (SI). This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurements (SI). Messresultate, Messunsicherheiten mit Vertrauensbereich und Messverfahren sind auf den folgenden Seiten aufgeführt und sind Teil des Zertifikates. Les résultats, les incertitudes avec le niveau de confiance et les méthodes de mesure sont donnés aux pages suivantes et font partie du certificat. The measurements, the uncertainties with confidence probability and methods are given on the following pages and are part of the certificate.		
Stempel und Datum Timbre et date Stamp and date	20.04.2006	Leiter der Kalibrierstelle Chef du laboratoire d'étalonnage Head of the Calibration Laboratory i.A. Sahin Alcinkaya
	Bourdon-Haenni AG Bernstrasse 59 CH-3303 Jegenstorf	

SCS

Kalibrier-Zertifikat Nr.

14'771

Seite 2 von 2

Kunde:	GEOSERVICE d.o.o.		Auftrags-Nr.	1189970																
Prüfling:	Temperatur & Feuchtemessgerät		Anzeigegerät:	0701 / 00A																
Bezeichnung:	HM30 Meteo Station & Pt 100-Fühler		Pt 100Fühler:	C 2495																
Typ:	-50 .. 200°C		PM Nr.	018182																
Anzeigebereich:	-50 .. 200°C		Verwendungsbereich:	-50 .. 200°C																
Prüfmittel:	Typ:		PM-Nummer:																	
Widerstandsthermometer	Rosemount Pt 25Ohm, 162 CE, Sn 4510		006 005																	
Messbrücke	ASL F26, SN 1182-8/327		006 002																	
Präzisionsmesswiderstand	VISHAY VHA414K 30 Ohm		001 002																	
Prüfbedingungen:	Luftdruck: 951.8 mbar		Raumtemperatur: 23.4°C																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bereich:</th> <th>Bedingung:</th> <th>Messunsicherheit:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-50...+20 °C</td> <td>in Bäder</td> <td>± 0.12 °C</td> </tr> <tr> <td>+20...+80 °C</td> <td>in Bäder</td> <td>± 0.08 °C</td> </tr> <tr> <td>+80...+160 °C</td> <td>in Bäder</td> <td>± 0.09 °C</td> </tr> <tr> <td>+160...+250 °C</td> <td>in Bäder</td> <td>± 0.12 °C</td> </tr> </tbody> </table>						Bereich:	Bedingung:	Messunsicherheit:	-50...+20 °C	in Bäder	± 0.12 °C	+20...+80 °C	in Bäder	± 0.08 °C	+80...+160 °C	in Bäder	± 0.09 °C	+160...+250 °C	in Bäder	± 0.12 °C
Bereich:	Bedingung:	Messunsicherheit:																		
-50...+20 °C	in Bäder	± 0.12 °C																		
+20...+80 °C	in Bäder	± 0.08 °C																		
+80...+160 °C	in Bäder	± 0.09 °C																		
+160...+250 °C	in Bäder	± 0.12 °C																		
Die Angegebene erweiterte Messunsicherheit ist die Standardunsicherheit der Messung multipliziert mit einem Erweiterungsfaktor k=2, was bei einer Normalverteilung einem Vertrauensniveau von etwa 95 % entspricht.																				
Kalibrierung																				
Vorgaben	Anzeigewerte	Abweichungen																		
°C	°C	°C																		
-14.99	-15.1	-0.1																		
40.05	40.0	0.0																		
79.98	79.9	-0.1																		
Bemerkungen: Auflösung = 0.1 Digit (°C) Für die Kalibrierung: <i>Sahin Alcinkaya</i> Sahin Alcinkaya 20.04.2006																				
Bourdon-Haenni AG Bernstrasse 59 CH-3303 Jegenstorf																				

Dieses Kalibrierzertifikat dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten (SI).
 Ce certificat d'étalonnage confirme le raccordement aux étalons nationaux qui matérialisent les grandeurs physiques (SI).
 This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurements (SI)

S Schweizerischer Kalibrierdienst
 C Service suisse d'étalonnage
 S Servizio svizzero di taratura
 S Swiss Calibration Service



**BOURDON
 HAENNI**

The Swiss Accreditation Service is one of the signatories to the EA
 Multilateral Agreement for the recognition of calibration certificates

Vom Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung akkreditierte Kalibrierstelle
 Laboratoire d'étalonnage accrédité par l'Office fédéral de métrologie et d'accréditation
 Calibration Laboratory accredited by the Swiss Federal Office of Metrology and Accreditation

Bourdon-Haenni AG, 3303 Jegenstorf
 Bourdon-Haenni SA, 3303 Jegenstorf
 Bourdon-Haenni INC, 3303 Jegenstorf

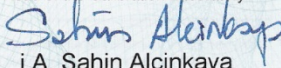
S Akkreditierungs-Nr.
 C N° d'accréditation **SCS 034**
 S Accreditation No.

Zertifikat-Nr.
 N° du certificat **14770**
 Certificate No.

Seite von Seiten
 Page 1 de 2 pages
 Page of pages

Kunde **GEOSERVICE d.o.o.**
 Client
 Customer

Auftrags-Nr. **1189970**
 N° de commande
 Order No.

SCS	KALIBRIER-ZERTIFIKAT CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE	SCS
Gegenstand Objet Object	Temperatur & Feuchtemessgerät	
Hersteller Fabricant Manufacturer	REVUE THOMMEN AG 4437 Waldenburg	
Typ Type Model	HM30 Meteo Station & Kombifuhler	
Serien-Nr. N° de série Serial No.	0701 / 00A 10095 032	018182
Bemerkungen Remarques Remarks	Messung erfolgte auf Kanal 1	
Datum der Kalibrierung Date de l'étalonnage Date of calibration	20. April 2006	
Dieses Kalibrierzertifikat dokumentiert die Rückverfolgbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten (SI). Ce certificat d'étalonnage confirme le raccordement aux étalons nationaux qui matérialisent les grandeurs physiques (SI). This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurements (SI). Messresultate, Messunsicherheiten mit Vertrauensbereich und Messverfahren sind auf den folgenden Seiten aufgeführt und sind Teil des Zertifikates. Les résultats, les incertitudes avec le niveau de confiance et les méthodes de mesure sont donnés aux pages suivantes et font partie du certificat. The measurements, the uncertainties with confidence probability and methods are given on the following pages and are part of the certificate.		
Stempel und Datum Timbre et date Stamp and date	20.04.2006	Leiter der Kalibrierstelle Chef du laboratoire d'étalonnage Head of the Calibration Laboratory  i.A. Sahin Alcinkaya
	Bourdon-Haenni AG Bernstrasse 59 CH-3303 Jegenstorf	



SCS **Kalibrier-Zertifikat Nr.** **14'770** Seite 2 von 2

Kunde:	GEOSERVICE d.o.o.	Auftrags-Nr.	1189970															
Prüfling:			Serienummer:															
Bezeichnung:	Temperatur & Feuchtemessgerät	Anzeigegerät:	0701 / 00A															
		Kombi-Fühler:	10095 032															
		PM Nr.	018182															
Typ:	HM30 Meteo Station & Kombifühler																	
Anzeigebereich:	0 ... 100% / -40 .. 60°C	Verwendungsbereich:	0 ... 100% / -40 .. 60°C															
Prüfmittel:	Typ:	PM-Nummer:																
Taupunktmessgerät	MBW, DP 30-BCS-I, SN 99-0112	007 002																
Messbrücke	ASL F26, SN 1182-8/327	006 002																
Präzisionsmesswiderstand	VISHAY VHA414K 30 Ohm	001 002																
Prüfbedingungen:																		
Luftdruck:	951.8 mbar	Raumtemperatur:	23.4°C															
Messunsicherheit der angebotenen Feuchte:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bereich:</th> <th>Bedingung:</th> <th>Messunsicherheit:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15-30 % r. F.</td> <td>35 °C...75 °C</td> <td>± 1.1 % r.F. \ ± 0.3 °C</td> </tr> <tr> <td>30-50 % r. F.</td> <td>23 °C...65 °C</td> <td>± 1.7 % r.F. \ ± 0.3 °C</td> </tr> <tr> <td>50-70 % r. F.</td> <td>15 °C...55 °C</td> <td>± 2.5 % r.F. \ ± 0.3 °C</td> </tr> <tr> <td>70-90 % r. F.</td> <td>10 °C...50 °C</td> <td>± 3.2 % r.F. \ ± 0.3 °C</td> </tr> </tbody> </table>			Bereich:	Bedingung:	Messunsicherheit:	15-30 % r. F.	35 °C...75 °C	± 1.1 % r.F. \ ± 0.3 °C	30-50 % r. F.	23 °C...65 °C	± 1.7 % r.F. \ ± 0.3 °C	50-70 % r. F.	15 °C...55 °C	± 2.5 % r.F. \ ± 0.3 °C	70-90 % r. F.	10 °C...50 °C	± 3.2 % r.F. \ ± 0.3 °C
Bereich:	Bedingung:	Messunsicherheit:																
15-30 % r. F.	35 °C...75 °C	± 1.1 % r.F. \ ± 0.3 °C																
30-50 % r. F.	23 °C...65 °C	± 1.7 % r.F. \ ± 0.3 °C																
50-70 % r. F.	15 °C...55 °C	± 2.5 % r.F. \ ± 0.3 °C																
70-90 % r. F.	10 °C...50 °C	± 3.2 % r.F. \ ± 0.3 °C																
Messunsicherheit der angebotenen Temperatur:	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>-70..-20 °C</td> <td>in Luft</td> <td>± 1.7 °C</td> </tr> <tr> <td>-20..+40 °C</td> <td>in Luft</td> <td>± 1.4 °C</td> </tr> <tr> <td>+40..100 °C</td> <td>in Luft</td> <td>± 1.4 °C</td> </tr> <tr> <td>+100..+150 °C</td> <td>in Luft</td> <td>± 1.9 °C</td> </tr> </tbody> </table>			-70..-20 °C	in Luft	± 1.7 °C	-20..+40 °C	in Luft	± 1.4 °C	+40..100 °C	in Luft	± 1.4 °C	+100..+150 °C	in Luft	± 1.9 °C			
-70..-20 °C	in Luft	± 1.7 °C																
-20..+40 °C	in Luft	± 1.4 °C																
+40..100 °C	in Luft	± 1.4 °C																
+100..+150 °C	in Luft	± 1.9 °C																
Die Angegebene erweiterte Messunsicherheit ist die Standardunsicherheit der Messung multipliziert mit einem Erweiterungsfaktor k=2, was bei einer Normalverteilung einem Vertrauensniveau von etwa 95 % entspricht.																		
Kalibrierung																		
Vorgaben		Anzeigewerte		Abweichungen		Abweichungen												
% r. F.	°C	% r. F.	°C	% r. F.		°C												
80.5	20.0	79.1		-1.4														
50.2	22.0	46.1		-4.1														
30.3	25.0	29.2		-1.1														
				TEMP 1														
		39.89		40.0		0.11												
		9.98		10.0		0.02												
		-15.10		-15.0		0.10												
Bemerkungen:																		
Auflösung = 0.1 Digit (% / °C)																		
Für die Kalibrierung:				Bourdon-Haenni AG Bernstrasse 59 CH-3303 Jegenstorf														
Sahin Alcinkaya 20.04.2006																		

Dieses Kalibrierzertifikat dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten (SI).
 Ce certificat d'étalonnage confirme le raccordement aux étalons nationaux qui matérialisent les grandeurs physiques (SI).
 This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurements (SI)

PRILOGA F: POROČILO O PREIZKUSU INSTRUMENTA LEICA TDM 5000



Geoservis, d.o.o.
Litijska cesta 45
1000 Ljubljana

Številka **08243 / 2008**
Stran **1 od 1**

tel.: +386 (0)1 586 38 30
fax: +386 (0)1 586 38 40
Internet: www.geoservis.si
e-pošta: info@geoservis.si

POROČILO O PREIZKUSU INSTRUMENTA

Naročnik **MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE
Zemljemerska ulica 12
1000 Ljubljana**

Lastnik (imetnik) **MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE
Zemljemerska ulica 12
1000 Ljubljana**

Merilo / instrument **Precizni tahimeter**

Tip **TDM5000**

Serijska številka **437882**

Proizvajalec **Leica Geosystems AG**

Datum kontrole **07. 10. 2008**

Naslednja kontrola **07. 10. 2009**
Datum naslednje kontrole je podan kot priporočilo. Dejanske intervale kontrole določa uporabnik upoštevaje vrsto, pogostnost in pogoje uporabe.

Specifikacija **Preizkušani instrument ustreza specifikacijam, kot so navedene v originalnih uporabniških navodilih, ki ste jih prejeli ob dobavi.**
(vezni dokument: DN št.: 8774)

Ugotovitev **Potrjujemo, da je bil naveden instrument preizkušen in ustreza navedenim specifikacijam.
Pri preizkusu uporabljena oprema je sledljiva do mednarodnega standarda oziroma je bil preizkus opravljen v skladu s prepoznanimi metodami.**

Izvedel:

Andrej Bilban

Datum izdaje:

07. 10. 2008

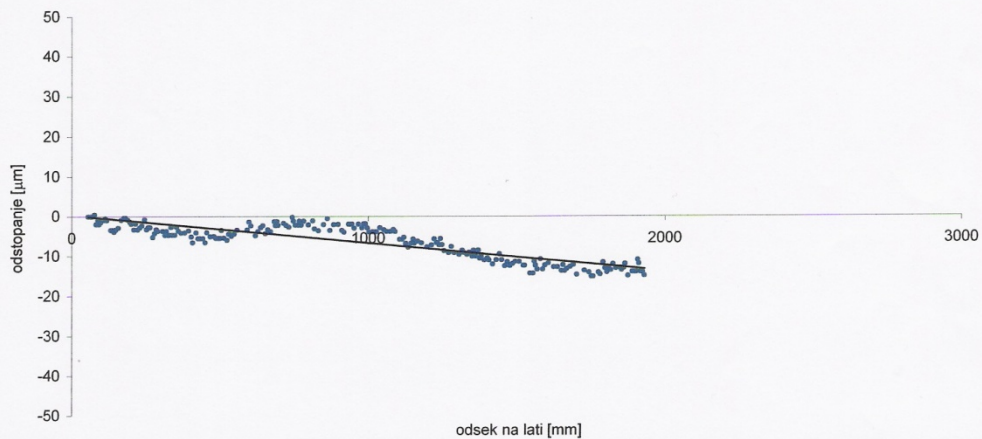





IBAN: SI56 0203 3001 5489 545 SWIFT: LJBAS12X Banka: Nova Ljubljanska banka d.d., Ljubljana
IBAN: SI56 2900 0005 5420 031 SWIFT: BACXSI22 Banka: UniCredit Banka Slovenija d.d., Ljubljana

08243 AD GURS L: TDM5000-437882 str 1/1

Št. reg. vložka: 1/22124/00
Okrajno sodišče v Ljubljani
Osnovni kapital: 29.710,00 EUR
ID DDV: SI61771945
Matična številka: 5742394

PRILOGA G: POROČILO O KOMPARACIJI NIVELMANSKIH LAT

POROČILO O KALIBRACIJI	
Merilo: komparator MSG1001, FGG KG	
ločljivost 0.001 mm	certifikat št. A121/02
nazivna točnost 0.003 mm	SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne 09.04.2002
Kalibracija številka: 126-1/2006	
Invar lata (tip, št.): Leica GPCL2 23281	Datum kalibracije: 10.01.2006
Št. merjenih črt razdelbe: 215	Naročilo: FGG KIG
DOLOČITEV MERILA RAZDELBE horizontalni položaj late	
	
Popravek razdelbe late $m_0 = -6,91 \pm 0,26 \text{ ppm}$ $T_0 = 20 \text{ °C}$	
Popravek peče late $l_0 = -0,013 \pm 0,004 \text{ mm}$	
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	Ljubljana, 10.01.2006
Pregledal 	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 MSG1001, FGG KG		certifikat št. A359/00	
ločljivost	0.001 mm	SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne	
nazivna točnost	0.003 mm	od 9.4.2002	
Kalibracija številka: 163-2/2008			
Invar lata (tip, št.):	ZEISS LD3 15564	Datum kalibracije:	24.11.2008
Št. merjenih črt razdelbe:	264	Naročilo:	FGG - KIG
DOLOČITEV MERILA RAZDELBE		horizontalni položaj late	
Popravek razdelbe late		$m_o = -1,28 \pm 0,14 \text{ ppm}$	$T_o = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Popravek pete late		$l_o = 0,066 \pm 0,005 \text{ mm}$	
Popravek odčitka na lati			
$L = l_o + L' \left[1 + (m_o + \alpha (T - T_o)) \cdot 10^{-6} \right]$		L' odčitek na lati [m] α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C] T temperatura late [°C]	
Operater Pregledal		Ljubljana, 27.11.2008 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 MSG1001, FGG KG

ločljivost 0.001 mm
 nazivna točnost 0.003 mm

certifikat št. **A359/00**

SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne
 od 9.4.2002

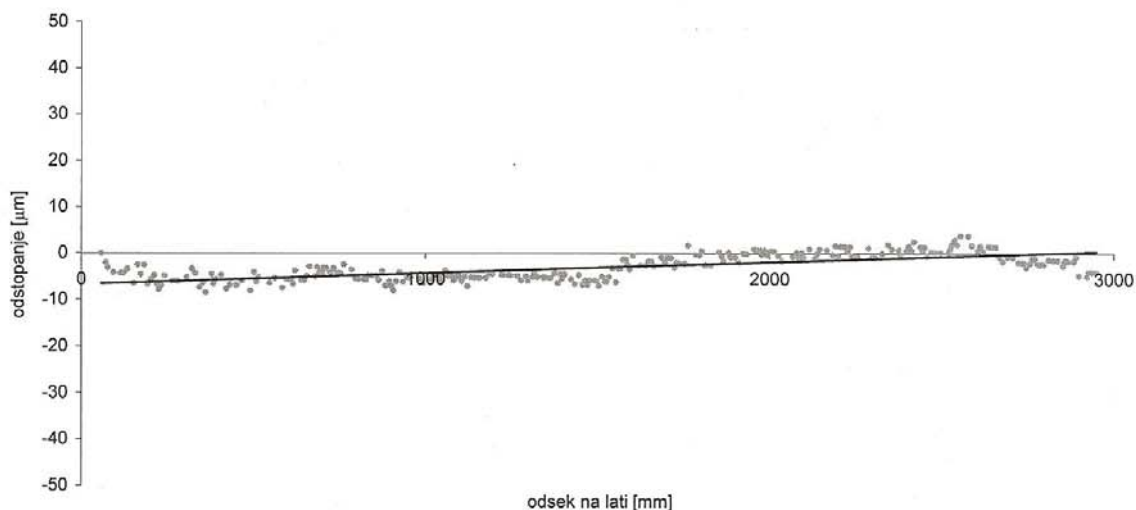
Kalibracija številka: **162-2/2008**

Invar lata (tip, št.): **ZEISS LD3 15572**
 Št. merjenih črt razdelbe: 264

Datum kalibracije: **24.11.2008**
 Naročilo: **FGG - KIG**

DOLOČITEV MERILA RAZDELBE

horizontalni položaj late



Popravek razdelbe late $m_0 = 2,39 \pm 0,15 \text{ ppm}$

$T_0 = 20 \text{ °C}$

Popravek pete late $l_0 = 0,048 \pm 0,004 \text{ mm}$

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]

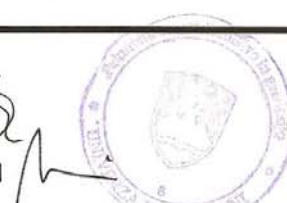
α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]

T temperatura late [°C]

Operater

[Signature]

Pregledal



Ljubljana, 27.11.2008

[Signature]
 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