



VERONIKA GRABROVEC

**KONTROLA VIŠINSKIH POMIKOV CERKVE SV.
BENEDIKTA V KANČEVCIH**

DIPLOMSKA NALOGA

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA**

Ljubljana, 2018

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA

Kandidat/-ka:

VERONIKA GRABROVEC

**KONTROLA VIŠINSKIH POMIKOV CERKVE SV.
BENEDIKTA V KANČEVCIH**

**DETERMINATION OF THE VERTICAL
DISPLACEMENTS OF ST. BENEDIKT CHURCH
IN KANČEVCI**

Mentor/-ica:

doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

asist. dr. Tilen Urbančič

Član komisije:

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.235:726(497.4)(043.2)
Avtor:	Veronika Grabrovec
Mentor:	doc. dr. Božo Koler, uni. dipl. inž. geod.
Somentor:	asist. dr. Tilen Urbančič, uni. dipl. inž. geod.
Naslov:	Kontrola višinskih pomikov cerkve sv. Benedikta v Kančevcih
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	29 str., 12 pregl., 19 sl., 11 en., 7 pril.
Ključne besede:	geometrični nivelman, lokalna nivelmanska mreža, deformacije objekta, izravnavna, geodetske kontrolne meritve, vertikalni premik

Izvleček:

Za potrebe spremljanja višinske stabilnosti cerkve sv. Benedikta v Kančevcih so se na objektu stabilizirali reperji in vzpostavila se je lokalna nivelmanska mreža. V okviru diplomske naloge je bila izvedena ničelna in prva izmera lokalne nivelmanske mreže. Na osnovi obdelave merjenih višinskih razlik se je analizirala a priori ocena natančnosti nivelmanskih izmer. Na osnovi izravnanih višin reperjev in ocene natančnosti določitve višin reperjev so se določili stabilni reperji in višinski pomiki reperjev, ki so bili stabilizirani na cerkvi sv. Benedikta v Kančevcih.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.235:726(497.4)(043.2)
Autor: Veronika Grabrovec
Supervisor: Assoc. Prof. Božo Koler, Ph.D.
Co-advisor: Assist. Tilen Urbančič, Ph.D.
Title: Determination of the vertical displacements of St. Benedikt church in Kančevci
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 29 p., 12 tab., 19 fig., 11 eq., 7 ann.
Key words: levelling, local levelling network, deformations of the object, adjustment, geodetic control measurements, vertical displacements

Abstract:

In graduate thesis proceedings, results and ascertainments of determination of the vertical displacements of St. Benedikt church in Kančevci are presented. For the purpose of monitoring vertical stability of St. Benedikt church in Kančevci, 19 benchmarks on the church and surrounding buildings were established. Within the graduation thesis we performed zero and first measurement of the local levelling network. On the basis of the measurements and processing of the measured values – height differences between points, we analyzed the assessment of the accuracy of the measurements. On the basis of adjusted heights of the benchmarks and the assessment of the accuracy of adjusted heights, stable benchmarks and vertical displacements of St. Benedikt church in Kančevci were determined.

»Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

»Naučili so me, da pot napredka ni ne hitra ne lahka.« (*Marie Curie*)

Na poti napredka pa so, vse do končnega cilja, sodelovali mnogi, katerim sem dolžna iskreno zahvalo.

V prvi vrsti se zahvaljujem mentorju doc. dr. Božu Kolerju in asist. dr. Tilnu Urbančiču za pomoč, potrpljenje ob mnogih vprašanjih, vodenje in čas. Za pomoč pri izvedbi terenskega dela hvala tudi mag. Janezu Goršiču.

Iskrena hvala sošolcem za mnoge neskončne pogovore, pristne prijateljske odnose, pomoč in lepo preživete študentske dni.

Največjo zahvalo bi rada poklonila družini in najbližjim prijateljem za potrpljenje, nasvete, razumevanje.

Mami in oči – hvala, ker nista nikoli podvomila vame.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE.....	I
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	VI
1 UVOD	1
1.1 Predstavitev cerkve sv. Benedikta v Kančevcih	2
1.2 Cilji diplomske naloge.....	3
2 VIŠINSKA GEODETSKA MREŽA CERKEV SV. BENEDIKTA.....	5
2.1 Deformacije na objektu	6
2.2 Stabilizacija točk nivelmanske mreže.....	7
3 MERSKA OPREMA.....	11
4 METODA IZMERE IN POTEK IZMERE NA TERENU	12
4.1 Geometrični nivelman	12
4.2 Potek izmere na terenu	13
5 METODA IZRAČUNA.....	17
5.1 Priprava podatkov.....	17
5.2 Obdelava podatkov	17
5.2.1 Popravki.....	17
5.2.2 Odstopanja in ocena natančnosti merjenih vrednosti	19
5.2.3 Izravnava nivelmanske mreže in ocena natančnosti	20
6 REZULTATI IZMER	22
6.1 Analiza izravnave dveh terminskih izmer in ocene natančnosti.....	22
6.1.1 Ničelna izmera.....	22
6.1.2 Prva izmera.....	23
6.1.3 A priori ocena natančnosti izmere	24
6.2 Ugotavljanje premikov reperjev v višinski mreži.....	24
6.2.1 Izračun premikov, ocena natančnosti in statistično testiranje.....	25
6.3 Grafični prikaz premikov.....	27
7 ZAKLJUČEK	28
VIRI	29
SEZNAM PRILOG	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Cerkev sv. Benedikta v Kančevcih	2
Slika 2: Dom duhovnosti v Župniji sv. Benedikta v Kančevcih	2
Slika 3: Razpoka na fasadi cerkve Sv. Benedikta	3
Slika 4: Razpoke v notranjosti cerkve sv. Benedikta	3
Slika 5: Stabilizirana višinska točka – reper (R3)	4
Slika 6: Stabilizirani visoki in nizki reper na cerkvi (R10 in R101)	4
Slika 7: Razpoke v notranjosti objekta.....	6
Slika 8: Razpoke na fasadi objekta	6
Slika 9: Primer talnega reperja (leva) in stenskega reperja (desna) (Vir: geoshop, https://www.geoshop.si/).....	8
Slika 10: Skica objektov z vrisanimi položaji stabiliziranih referenčnih reperjev (Vir podlage: GURS, 2018)	8
Slika 11: »Referenčni« reperji R100 (levo zgoraj), R101 (desno zgoraj) in R102 (spodaj)	9
Slika 12: Približni položaji reperjev	10
Slika 13: Leica DNA03 (Vir: Leica Geosystems).....	11
Slika 14: Osnovni princip merjenja pri geometričnem nivelmanu (Vir: Kogoj, 2017).....	12
Slika 15: Skice nivelmanskih zank (Vir podlage: GURS, 2018)	14
Slika 16: Izsek nivelmanskega zapisnika	15
Slika 17: Izmera visokih reperjev.....	15
Slika 18: Prikaz odčitkov na latah in dolžin v *.gsi datoteki	17
Slika 19: Grafični prikaz premikov s plastnicami (zgoraj: Surfer, spodaj: GeoPro).....	27

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnične specifikacije Leica DNA03 (Vir: Leica Geosystems, brošura Leica DNA digital levels: str. 4)	11
Preglednica 2: Izmerjene nivelmanske zanke in navezava visokih reperjev	13
Preglednica 3: Konstante uporabljenih nivelmanskih lat	18
Preglednica 4: Primer vhodne datoteke za izravnavo *.pod	20
Preglednica 5: Rezultati prvega sklopa 0. izmere - odstopanja	22
Preglednica 6: Rezultati drugega sklopa 0. izmere - odstopanja	22
Preglednica 7: Rezultati prvega sklopa meritev 1. izmere - odstopanja	23
Preglednica 8: Rezultati drugega sklopa meritev 1. izmere - odstopanja	23
Preglednica 9: Izračunane natančnosti in natančnost po izravnavi – 0. in 1. izmera	24
Preglednica 10: Primerjava višin po izravnavi prostih mrež - »referenčni« reperji	25
Preglednica 11: Mejne vrednosti za določitev statistično značilnih premikov	25
Preglednica 12: Reperji s pripadajočimi višinami, premiki in natančnostmi	26

1 UVOD

Zemlja je živ planet sestavljen iz zemeljske skorje, plašča in jedra. Da se kontinenti, torej zemeljsko površje, premikajo, so ugotovili že mnogo let nazaj, zato je ni nič novega tudi v današnjem času, da pod zemeljskim površjem prihaja do podobnih pojavov, ki povzročajo premikanje, pogrezanje, dvigovanje. Posledično, zaradi premikanja zemeljskega površja, prihaja tudi do premikanja objektov.

Del geodezije predstavlja ravno ugotavljanje teh premikov, njihovo nadziranje, pojasnjevanje nastanka in preprečevanje v prihodnosti. Določitev premikov objektov v prostoru je ena izmed zahtevnejših nalog naše stroke. Povezana je z delovanjem naravnih sil in posegi v prostor, ki presegajo meje dovoljenega.

V diplomski nalogi sem se osredotočila na vzpostavitev ustrezne mreže za nadzor takšnih premikov, njihovo odkrivanje in interpretacijo dobljenih rezultatov.

V prvem delu diplomske naloge je tema predstavljena teoretično. V prvem poglavju so opisani zastavljeni cilji, ki sta bila predvsem dva – prvi cilj je bil določitev ustreznih položajev višinskih točk in stabilizacija le-teh, drugi cilj pa je zajemal korektno izmero in obdelavo podatkov. V prvem poglavju je predstavljeno, kako je sploh prišlo do nastanka te diplome in kratka predstavitev območja. V drugem poglavju sem se osredotočila na vzpostavitev in stabilizacijo višinske geodetske mreže cerkve sv. Benedikta. Tretje poglavje predstavlja kratek pregled uporabljenega instrumentarija, v četrtem poglavju pa sledi predstavitev uporabljenih metod izmere in opis poteka izmere na terenu.

V drugem delu se teoretično prevesi v praktično – v petem poglavju je opisana metoda izračuna: priprava podatkov skupaj z vsemi koraki in izravnava. Temu sledi v šestem poglavju predstavitev rezultatov obdelave merskih podatkov do izravnave in njihova interpretacija. V okviru tega poglavja je predstavljeno še statistično testiranje in ugotavljanje premikov višinskih točk. Ugotovitve o dobljenih rezultatih smo zapisali v zaključku.

1.1 Predstavitev cerkve sv. Benedikta v Kančevcih

Podpoglavje je povzeto po [1].

Cerkev sv. Benedikta v Kančevcih (slika 1) spada v kančevsko župnijo, skupaj s še nekaterimi drugimi okoliškimi cerkvami. Prvič je bila omenjena leta 1208 kot benedička cerkev, kakor je med domačini znana še danes, v listini ogrskega kralja Andreja II.

V 17. stoletju je cerkev bila temeljito prenovljena. Sama zasnova cerkve je enoladijska, na zahodu stoji zvonik z dvema zvonovoma, na vzhodu se zaključí poligonalno z nižjim prezbitერიjem. V 19. stoletju je bila dodana še zakristija.



Slika 1: Cerkev sv. Benedikta v Kančevcih

V 20. stoletju je bil v bližini zgrajen Dom duhovnosti (slika 2), skupaj z gradnjo le-tega pa so se opravila tudi obnovitvena dela na cerkvi.



Slika 2: Dom duhovnosti v Župniji sv. Benedikta v Kančevcih

1.2 Cilji diplomske naloge

Zaradi tektonike in pogrezanja v okolici cerkve, ki je posledica sanacije temeljev, so v notranjosti in zunanosti nastale opazne razpoke (slika 3, 4). Župnija sv. Benedikta v Kančevcih želi narediti sanacijski načrt, s katerim bi se preprečilo pogrezanje in posledično nastajanje razpok na cerkvi.



Slika 3: Razpoka na fasadi cerkve Sv. Benedikta



Slika 4: Razpoke v notranjosti cerkve sv. Benedikta

V okviru diplomske naloge so tako bili zastavljeni naslednji cilji:

1. cilj: vzpostavitev višinske mreže; višinskih točk na cerkvi in višinskih točk na okoliških zgradbah, ki bo omogočala izmero višin teh točk in nadaljnje kontrolne meritve. S tem namenom so bile stabilizirane višinske točke – reperji: R1-R11 ter R21, R31, R111 in R112 na cerkvi ter reperji R100-R102 na garaži hiše čez cesto, Domu duhovnosti ter lopi Doma duhovnosti.
2. cilj: na osnovi stabiliziranih reperjev izvedba ničelne in prve izmere višinskih točk ter določitev natančnosti izmere s pomočjo izravnave. Nato še primerjava rezultatov ničelne in prve izmere ter izvedba statistične analize, na osnovi katere se ugotovi, kateri reperji so stabilni in ali se jih lahko v prihodnjih izmerah uporablja kot dane (referenčne) višinske točke.



Slika 5: Stabilizirana višinska točka – reper (R3)



Slika 6: Stabilizirani visoki in nizki reper na cerkvi (R10 in R101)

2 VIŠINSKA GEODETSKA MREŽA CERKEV SV. BENEDIKTA

Lokalna višinska geodetska mreža na cerkvi sv. Benedikta v Kančevcih je bila vzpostavljena na pobudo tamkajšnje župnije zaradi vidnih deformacij na samem objektu. Takšen objekt bi lahko pomenil ogrožanje varnosti in ekonomsko škodo, zato je vzpostavitev geodetske mreže, ki omogoča izvajanje periodičnih kontrol, nujna. Takšne kontrole v geodeziji imenujemo kontrolne meritve, s katerimi lahko določamo horizontalne, vertikalne ali prostorske premike objekta [5].

Kontrolne meritve so del geodetske deformacijske analize, ki nam služi za odkrivanje premikov in deformacij objekta. Izvajanje kontrolnih meritev pomeni uresničitev naslednjih korakov [5]:

- a) projektiranje geodetske mreže,
- b) stabilizacija geodetskih točk,
- c) izmera geodetske mreže,
- d) obdelava merskih podatkov in
- e) analiza rezultatov.

Takšne meritve se najpogosteje izvajajo na že zgrajenih objektih, ki imajo oznako objektov z visoko nevarnostjo, kot so pregrade, jezovi, mostovi, viadukti in na objektih, ki se nahajajo na območju plazov, območju tektonike plošč in območjih, kjer se izvajajo večji posegi v prostor in pomenijo možno ogrožanje okoliških stavb, kot na primer gradnja podzemne garaže [5].

Cilji geodetskih kontrolnih meritev so (glej [3]):

- izkazovanje funkcionalnosti in stabilnosti objekta,
- ugotavljanje skladnosti zgrajenega objekta s projektno dokumentacijo,
- kontrola izvajanja del med samo gradnjo objekta,
- pravočasno zaznavanje premikov in deformacij v prostoru in deformacij na objektu in s tem pravočasna odstranitev nevarnosti za objekt in njegovo okolico ali zmanjšanje le-teh,
- pojasnjevanje vzrokov poškodb in okvar, možnost napovedovanja domnevnih premikov in deformacij v prihodnosti,
- kontrola in preizkus lastnosti materialov in konstrukcije, s ciljem izboljšave mehaničnih modelov predstavitve objekta in njegovih lastnosti ter procesov,
- kontrola in preizkus objektov s ciljem pravočasnega odkrivanja pomanjkljivosti objekta in saniranja pred večjimi poškodbami,
- dognanja, ki so uporabna pri planiranju, kontroli in sanaciji podobnih objektov.

Razlog, da se bodo izvajale kontrolne meritve na cerkvi sv. Benedikta v Kančevcih, se nahaja v alineji: pravočasno zaznavanje premikov in deformacij v prostoru in deformacij na objektu in s tem pravočasna odstranitev nevarnosti za objekt in njegovo okolico ali zmanjšanje le-teh.

2.1 Deformacije na objektu

Zaradi določenih dogajanj v tleh na območju župnije v Kančevcih je prišlo do vidnih deformacij na obstoječem objektu, tako v notranjosti cerkve kot tudi na fasadi (slika 7, 8).



Slika 7: Razpoke v notranjosti objekta



Slika 8: Razpoke na fasadi objekta

2.2 Stabilizacija točk nivelmanske mreže

Točke nivelmanske geodetske mreže imenujemo tudi reperji, ki so realizirani z višinskimi točkami, stabiliziranimi v objektih. Stabilizacija, označitev in zaščita geodetskih točk je predpisana z Zakonom o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Sicer pa je način stabilizacije odvisen tudi od vrste reperja. V primeru te nivelmanske mreže gre za vzpostavitev lokalne nivelmanske mreže z namenom spremljanja premikov objekta, kar pomeni, da je korektna stabilizacija izjemnega pomena [2].

»Lokalna nivelmanska mreža je mreža vzpostavljena na manjšem območju. Razdeljena je na izhodiščno mrežo – mrežo danih točk in mrežo detajlnih točk, katere navežemo na izhodišče. Minimalno število izhodiščnih točk je 2. Preko zank jih povežemo z detajlnimi točkami na objektu. [7]«

Reperji so postavljeni na vnaprej predvidenih mestih, na umetnih objektih ali tleh z ustreznim temeljenjem (slika 9). Pri stabilizaciji zato sodelujejo gradbeniki, geotehniki, geologi in geodeti. Gradbeniki se ukvarjajo z objekti – njihovim obnašanjem ob različnih vplivih, zato lahko predlagajo najustreznejša mesta za stabilizacijo višinskih točk. Geodeti pa izberejo metodo, instrumentarij, obliko mreže in metodo ocene kakovosti rezultatov [4].

Za stabilizacijo višinske točke uporabimo čep iz nerjavečega materiala različnih oblik in dimenzij. Običajno je sodčkaste oblike. Stabiliziran mora biti tako, da je nivelmansko lato mogoče vertikalno postaviti nanj in da je točka, na katero se postavlja nivelmanska lata, nedvoumno znana oziroma določena in lahko v različnih časovnih obdobjih nivelmansko lato postavimo vedno na isto mesto. Reperji morajo biti zavarovani pred poškodbami, nemoteči za okolico in ljudi ter morajo biti stabilizirani na način, ki omogoča ponovljivost meritev [2].

Reperje razdelimo v tri skupine [11]:

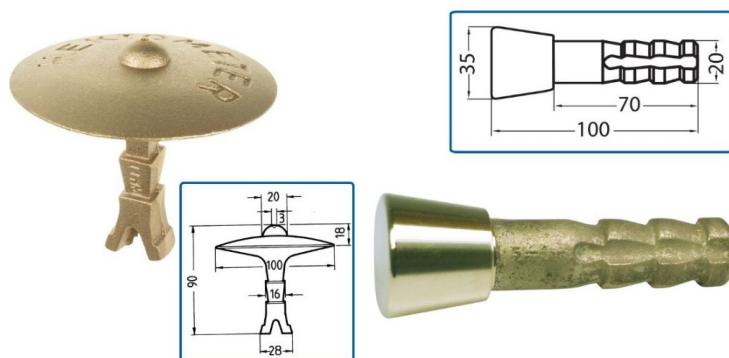
- normalni reper,
- fundamentalni reper,
- delovni reper.

Normalni reper predstavlja izhodišče višinskega koordinatnega sistema. Takšen reper je lahko stabiliziran na obali kot reper mareografa (na primer: Reper Mareografske postaje Koper) ali v notranjosti države (na primer: reper FR 1049 stabiliziran v bližini Ruš). Nadmorsko višino normalnega reperja privzamemo kot referenčno višino – višinski datum mreže [11].

Fundamentalni reper leži na stabilnem terenu. Med fundamentalne reperje uvrščamo vozliščne reperje NVN¹ in nekatere reperje iz poligonov NVN. Višino takšnega reperja določimo z navezavo na normalni reper. Služijo kot izhodišče lokalnih nivelmanskih mrež visokih natančnosti [11].

Delovne reperje pa lahko definiramo kot stabilizirane detajlne višinske točke. Reperji so vzdani v stalne umetne objekte. Pred vzdavo reperja v objekt je potrebno preveriti stanje objekta. Delovne reperje razdelimo na nizke in visoke reperje (slika 6) ter talne reperje. Razlika med nizkimi in visokimi reperji je v višini na objektu, na kateri so ti reperji stabilizirani. Nizki reperji so stabilizirani do 0,5 m nad tlemi, visoki reperji pa se nahajajo med 1,2 m do 1,8 m nad tlemi. Talni reper uporabimo, ko vzdolž predvidene nivelmanske linije ni ustreznega objekta za stabilizacijo [11].

¹ NVN – nivelman visoke natančnosti.



Slika 9: Primer talnega reperja (leva) in stenskega reperja (desna) (Vir: geoshop, <https://www.geoshop.si/>)

V nivelmanski mreži sv. Benedikta smo potrebovali »referenčne«² reperje in delovne reperje oziroma detaljne višinske točke na objektu.

Stabilizirani in vzpostavljeni so bili trije reperji na okoliških zgradbah: R100, R101 in R102 (slika 10).



Slika 10: Skica objektov z vrisanimi položaji stabiliziranih referenčnih reperjev (Vir podlage: GURS, 2018)

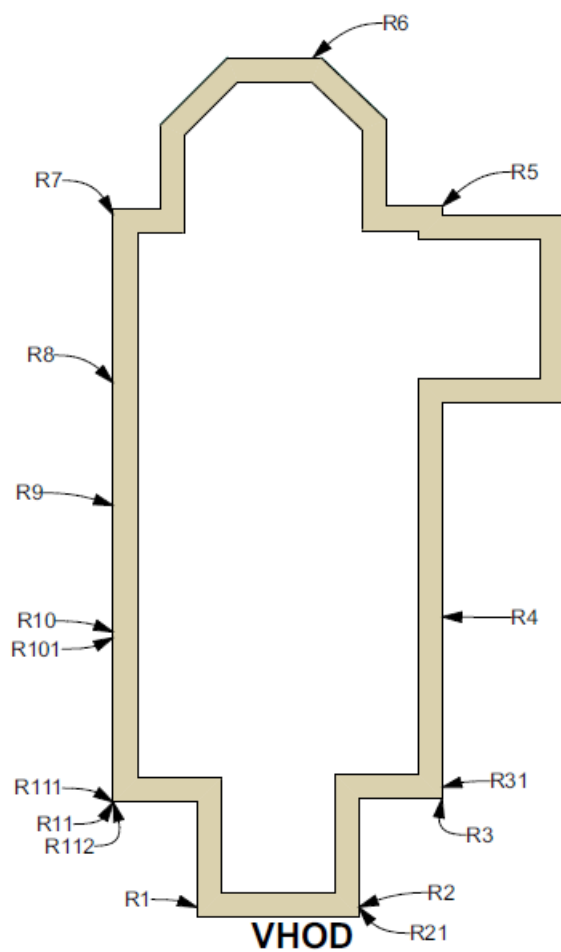
² »Referenčni«, ker še ni dokazana stabilnost.

Ti reperji so bili stabilizirani – domnevno – izven območja premikov. Bili so vzpostavljeni na treh grajenih objektih v vertikalni steni (slika 10): reper R100 je bil stabiliziran na garaži stanovanjske hiše čez cesto (slika 11 levo), reper R101 je bil stabiliziran na Domu duhovnosti (slika 11 desno), reper R102 pa na na lopi Doma duhovnosti (slika 11 spodaj).



Slika 11: »Referenčni« reperji R100 (levo zgoraj), R101 (desno zgoraj) in R102 (spodaj)

Detajlnih reperjev stabiliziranih na samem objektu je bilo nekaj več: 11 nizkih reperjev in 5 visokih reperjev (slika 12).



0.

Ground Floor

1:150

CERKEV SV. BENEDIKTA V KANČEVCIH: POLOŽAJI REPERJEV

Slika 12: Približni položaji reperjev

3 MERSKA OPREMA

Meritve smo opravili z ustreznim instrumentarijem in pomožnim priborom, ki ga zahteva metoda preciznega geometričnega nivelmana. Nivelirji so optično mehanski in elektronski instrumenti za merjenje višinskih razlik [7].

Uporabljen nivelir je bil digitalni nivelir proizvajalca Leica DNA03 (slika 13). Specifikacije digitalnega nivelirja so prikazane v preglednici 1.



Slika 13: Leica DNA03 (Vir: Leica Geosystems)

Preglednica 1: Tehnične specifikacije Leica DNA03 (Vir: Leica Geosystems, brošura Leica DNA digital levels: str. 4)

Specifikacije nivelirja Leica DNA03	
Standardni odklon (ISO 17123-2) z invar lato	0,3 mm
Standardni odklon (ISO 17123-2) z navadno lato	1,0 mm
Standardni odklon optične meritve	2,0 mm
Domet meritev – elektronske meritve	1,8 – 110 m
Domet meritev – optične meritve	od 0,6 m
Čas ene meritve	3 sekunde
Vrsta komenzatorja	nihalo z magnetnim dušenjem
Natančnost komenzatorja	0,3"
Temperatura delovnega okolja	-20°C do +50°C

Poleg digitalnega nivelirja, ki ga uvrščamo med precizne nivelirje, smo uporabili še:

- stativ Leica,
- 3 komparirane invar nivelmanske late: 2 lati s kodno razdelbo Leica GPCL2 s serijskima številkama 33819 in 23281 (*priloga 1 in priloga 2*) in industrijsko nivelmansko lato s kodno razdelbo Leica GWCL182 s serijsko številko 1034 (*priloga 3*),
- dve podnožki – žabi za nivelmanske late,
- dve stojali za nivelmanske late in
- kontaktni termometer.

4 METODA IZMERE IN POTEK IZMERE NA TERENU

V primeru kontrolnih meritev, v okviru katerih se preverja premike točk z geodetskimi opazovanji, moramo, poleg ustrezno stabilizirane in vzpostavljene geodetske mreže, izbrati ustrezno metodo izmere.

Metoda izbrana v tej nalogi je precizni geometrični nivelman, saj je le-ta ena izmed najnatančnejših metod geodetskih meritev.

4.1 Geometrični nivelman

Podpoglavje bo na kratko povzeto po [7] in [8].

Nivelman je skupina geodetskih del, cilj katerih je določitev višin geodetskim višinskim točkam – reperjem. Višine določamo na osnovi direktno merjenih višinskih razlik. Kot metoda je precizni geometrični nivelman ena izmed najnatančnejših geodetskih merskih metod, z enostavnim postopkom in ekzaktnim izračunom.

Nivelman kot metoda se uporablja za:

- določanje višinske osnove,
- natančne izmere in zakoličbe,
- določitev sprememb oblike Zemlje,
- merjenje tektonskih premikov in plimovanja skorje,
- merjenje posedanj tal in objektov.

Če imamo daljše linije, v primeru katerih se višinske točke ne gledajo direktno, potrebujemo izmenišča, preko katerih prenašamo višino. Višinsko razliko tako določamo postopoma.

Višinsko razliko določimo s pomočjo geodetskega instrumenta nivelirja, ki zagotavlja horizontalno vizurno linijo in čitanje razdelbe na vertikalno postavljenih nivelmanskih latah.

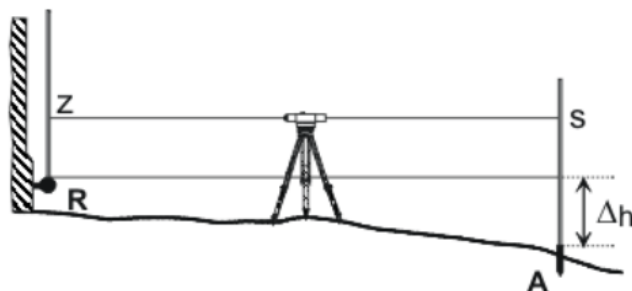
Osnovni princip, po katerem pridobimo višinsko razliko med točkama A in B, je:

$$\Delta h_A^B = l_z - l_s \quad (1)$$

kjer je:

l_z – odčitek na lati zadaj

l_s – odčitek na lati spredaj



Slika 14: Osnovni princip merjenja pri geometričnem nivelmanu (Vir: Kogoj, 2017)

Ko uporabljamo metodo geometričnega nivelmana, je pomembno, da upoštevamo omejitve same metode, kot so (več v [6]):

- Vedno niveliramo po poti, ki ni preveč strma, kar bi lahko povzročilo prevelik vpliv refrakcije na odčitke na nivelmanskimi laticami.
- Niveliramo v ustreznih obdobjih dneva: zjutraj ali popoldne, ko je ozračje bolj stabilno. V primeru močnega sonca merimo le tako dolgo, dokler je vizura stabilna.
- Upoštevamo zahteve, kot so niveliranje iz sredine, maksimume dolžin vizur (30 m), merjenje temperature ozračja in nivelmanske late.
- Na vsakem stojšču zagotovimo dvojno merjenje in kontroliramo odčitke za grobe pogoške. Uporabljamo način časovno simetričnih odčitkov zadaj-spredaj-spredaj-zadaj in kontroliramo stabilnost stojšča in izmenišč.
- Linijo merimo v obeh smereh, delamo zaključene zanke.

4.2 Potek izmere na terenu

Ničelno izmero smo v celoti izvedli 30. 11. 2017.

Prvi korak pri izmeri na terenu je bil aklimatizacija nivelirja – prilagoditev temperaturi delovnega okolja, kjer se upošteva navedba standarda ISO 17123-2: 2 min/1 °C. V tem času smo si ponovno ogledali teren, pripravili preostali instrumentarij, ga pregledali in nastavili konfiguracijo instrumenta.

Izmero smo razdelili na več sekcij. Najprej smo opravili izmero reperjev na samem objektu. Nato pa smo preko nivelmanskih zank domnevno referenčne reperje povezali z detajlnimi reperji na objektu (slika 15). Naše meritve so potekale tako, kot je predstavljeno v preglednici 2.

Preglednica 2: Izmerjene nivelmanske zanke in navezava visokih reperjev

1. zanka – reperji na cerkvi		
R6→R7→R8→R9→R10→R11→R1→R2→		
→R3→R4→R5→R6		
R6→R5→R4→R3→R2→R1→R11→R10→		
→R9→R8→R7→R6		
2. navezava visokih reperjev		
R2→R21		
R3→R31		
R10→R101		
R11→R111		
R11→R112		
3. izmera »referenčnih« reperjev		
100→R6→101→100		
100→101→R6→100	1. ZANKA	
101→R6→102→101		
101→102→R6→101	2. ZANKA	
100→R6→102→101→100		
100→101→102→R6→100	3. ZANKA	

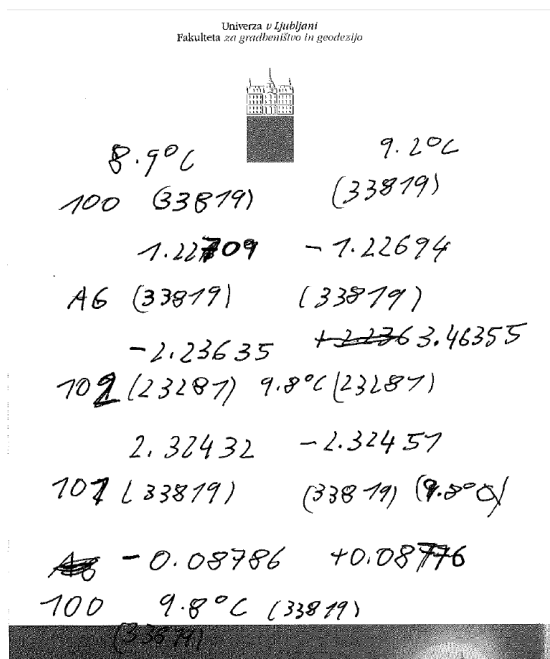


Slika 15: Skice nivelmanskih zank (Vir podlage: GURS, 2018)

Pri 1. in 2. delu izmere smo merili nivelmanske linije med detajlnimi točkami na objektu. V okviru 3. dela izmere pa smo vzpostavili 3 nivelmanske zanke, s čimer smo povezali referenčne reperje z detajlnimi preko reperja R6, stabiliziranem na cerkvi.

Pri vsaki izmeri smo tudi vodili nivelmanski zapisnik (slika 16), v katerega smo vpisovali:

- oznako začetnega in končnega reperja,
- serijsko številko nivelmanske late na začetnem in serijsko številko nivelmanske late na končnem reperju,
- temperature nivelmanskih lat ob začetku in koncu merjenja in
- merjena višinska razlika.



Slika 16: Izsek nivelmanskega zapisnika

Nivelmanski zapisnik sem nato uporabila kot pomoč pri izračunih. Pri izmeri smo upoštevali pravila za izmero preciznega geometričnega nivelmana, navedena na 21. in 22. strani.

Pri drugem delu izmere, niveliranje med nizkimi in visokimi reperji, se je pojavila posebnost. Visoki reperji so bili stabilizirani v obliki čepov iz nerjavečega jekla, istih dimenzij kot nizki reperji. Sicer kot visoke reperje poznamo tudi reperje z luknjico, v katero viziramo direktno ali pa uporabimo posebno ravnilo. V našem primeru smo za niveliranje visokih reperjev uporabili invar nivelmansko lato Leica GPCL2 (slika 17) in Leica GWCL182, ki smo ju obrnili tako, da smo peto nivelmanske late prislonili na visoki reper in sprožili odčitavanje.



Slika 17: Izmera visokih reperjev

Pri izračunu višinskih razlik smo ravno zaradi obrnjene nivelmanske late nato morali biti pozorni na negativni predznak.

Izmero smo ponovno v celoti izvedli 29. 5. 2018, pri čemer smo pazili, da smo izmero izvedli enako kot prvič. Nivelmanske late iz ničelne izmere smo tudi v tem primeru postavljali na iste reperje in terensko izmero razdelili na iste nivelmanske linije. Torej nivelmanske zanke so bile enake.

5 METODA IZRAČUNA

5.1 Priprava podatkov

Preden sem pričela z izračunom višinskih razlik, dopustnih odstopanj in natančnosti je bilo potrebno iz *.gsi datoteke (slika 18), v kateri se nahajajo naša surova opazovanja, izluščiti pomembne podatke, ki sem jih potrebovala pri izračunu.

Prvi podatek, ki sem ga potrebovala, so odčitki na nivelmanskim letah. Odčitki na nivelmanskim letah se v *.gsi datoteki nahajajo za kodami: 331.28 – prvi odčitek na lati zadaj, 332.28 – prvi odčitek na lati spredaj, 336.28 – drugi odčitek na lati spredaj in 335.28 – drugi odčitek na lati zadaj.

```
410001+?.....2
110002+000000R6 83..58+00000000
110003+000000R6 32...8+00542802 331.28+00113632 390...+00000004 391.28+00000004
110004+000000R7 32...8+00605852 332.28+00110660 390...+00000004 391.28+00000001
110005+000000R7 32...8+00605996 336.28+00110658 390...+00000004 391.28+00000003
110006+000000R6 32...8+00542703 335.28+00113633 390...+00000004 391.28+00000002
110007+000000R7 571.28-00000002 572.28-00000002 573..8-00063171 574..8+01148677 83..28+00002973
110008+000000R7 32...8+00469618 331.28+00123926 390...+00000004 391.28+00000003
110009+000000R8 32...8+00507650 332.28+00124680 390...+00000004 391.28+00000001
```

Slika 18: Prikaz odčitkov na letih in dolžin v *.gsi datoteki

Drugi potrebni podatki pa so dolžine med stojiščem nivelirja in nivelmansko lato. Dolžine se v *.gsi datoteki nahajajo za kodo 32...8. Na sliki 18 so označene z okvirjem rdeče barve.

Sama sem podatke iz *.gsi datoteke izluščila s pomočjo kratkega Python programa in jih zapisala v Excel, kjer sem pričela z nadaljnjo obdelavo.

5.2 Obdelava podatkov

5.2.1 Popravki

Naslednji korak je bil upoštevanje popravka temperature invarja nivelmanske late v vseh nivelmanskim linijah in zankah. Temperatura na terenu se naj bi merila na začetku, sredini in koncu izmere nivelmanske linije, odvisno od dolžine nivelmanske linije. Ker na nekaterih stojiščih nismo merili temperature, jo pa vseeno potrebujemo pri popravljanju odčitkov na nivelmanskim letah, jo lahko pridobimo na dva načina:

1. aritmetična sredina, ki jo uporabimo v primeru, ko imamo merjeno temperaturo le na končnem in začetnem reperju,
2. interpolacija.

Odločila sem se za slednji način, s čimer sem določila temperaturo vsake nivelmanske late in s tem popravila vsako delno višinsko razliko. Ker sem se odločila za interpolacijo temperature, sem morala izračunati interpolacijski korak, katerega sem pridobila po spodnji enačbi s pomočjo excel-a:

$$k = \frac{(T_2 - T_1)}{(ROW(T_2) - ROW(T_1))} \quad (2)$$

Interpolacijski korak sem nato prištela prejšnji temperaturi in tako pridobila temperature za vsako nivelmansko linijo oziroma vsako stojišče v nivelmanski zanki.

Nato je bilo potrebno določiti nivelmanske late na posameznih stojiščih. Tukaj je prišel v uporabo nivelmanski zapisnik, iz katerega sem razbrala, na katerem reperju smo imeli katero nivelmansko lato. Podatek o postavitvah nivelmanskih lat na posameznih reperjih je pomemben, saj samo tako lahko odčitke ustrezno popravimo – vsaka nivelmanska lata ima svoje konstante.

Ko sem za vse nivelmanske linije in zanke določila postavitev nivelmanskih lat, sem pričela s popravljanjem odčitkov na nivelmanskih latah. Pri popravi odčitkov na nivelmanskih latah gre za upoštevanje:

- popravka metra nivelmanske late,
- popravka pete nivelmanske late in
- temperaturni popravek.

Ko združimo vse konstante, pridobimo enačbo (3) za popravek odčitka na nivelmanski lati:

$$L = L' \cdot (1 + (m_0 + \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}) + l_0 \quad (3)$$

kjer so:

L – popravljena vrednost odčitka na lati [m]

L' – vrednost odčitka na lati [m]

m_0 – popravek metra late [ppm]

α – linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]

T – merjena temperatura [°C]

T_0 – referenčna temperatura late [20 °C]

l_0 – popravek pete late [mm]

Konstante m_0 , l_0 , T_0 in α , navedene v preglednici 3, sicer razberemo iz poročil o kalibraciji za posamezno nivelmansko lato.

Preglednica 3: Konstante uporabljenih nivelmanskih lat

nivelmanske late/ konstante	Leica GPCL2 33819	Leica GPCL2 23281	Leica GWCL182 1034
m_0	$7,44 \pm 0,39$ ppm	$-10,23 \pm 0,53$ ppm	$3,40 \pm 0,46$ ppm
l_0	$0,003 \pm 0,004$ mm	$-0,014 \pm 0,003$ mm	$-20,250 \pm 0,005$ mm

Poročila o kalibraciji so tudi priložena v prilogah 1, 2 in 3.

Po popravljenih odčitkih sem lahko pričela z izračunom merjenih višinskih razlik. Višinsko razliko sem računala po osnovnem principu geometričnega nivelmana, opisanem v enačbi (1). Izračunala sem še aritmetično sredino višinskih razlik po posameznih linijah oziroma tam, kjer sem imela na voljo časovno simetrične odčitke Z-S-S-Z.

Ker imamo pri geometričnem nivelmanu natančnost izraženo v milimetrih na kilometer dvojnega nivelmana, sem dolžine, zapisane v *.gsi datoteki, pretvorila v kilometre in s tem tudi zmanjšala vpliv napake merjene dolžine.

5.2.2 Odstopanja in ocena natančnosti merjenih vrednosti

Enačbe v tem podpoglavju so povzete po [7] in [10].

Na področju geodezije se vsi merski rezultati povezujejo s standardno deviacijo oziroma odstopanjem, ki podaja območje vrednosti, v katerem se lahko nahaja prava vrednost merjene količine. V tem primeru sem računala dovoljeno odstopanje po enačbah (4) in (5). Enačbi se uporabljata za izmero nivelmanske mreže NVN.

Dovoljeno odstopanje po enačbi (4) spodaj se uporablja za nivelmanske linije

$$\Delta_{lin} = 2\sqrt{d + 0,04d^2} \quad (4)$$

kjer je:

d – srednja dolžina nivelmanske linije v kilometrih

Dovoljeno odstopanje računano po enačbi (5), pa sem uporabila pri zapiranju nivelmanskih zank

$$\Delta_{zan} = \sqrt{d_z + 0,04d_z^2} \quad (5)$$

kjer je:

d_z – dolžina nivelmanske zanke v kilometrih

Pri katerikoli izmeri pa je bistveno, da odčitke na inštrumentu kontroliramo skozi celotno izmero in sproti odkrivamo grobe pogreške. S tem omogočimo, da v primeru nadštevilnih meritev meritev ni potrebno izločati, v primeru nivelmana pa bi izmero na terenu morali ponoviti še enkrat.

Poleg dovoljenega odstopanja je bilo potrebno za vse nivelmanske linije in nivelmanske zanke izračunati natančnost, s katero so bile izmerjene. Ponovno sem uporabila dva načina:

- razlike dvojnih merenj nivelmanskih linij

$$\sigma_{lin} = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \frac{\delta^2}{d}} \quad (6)$$

kjer je:

n – število nivelmanskih linij

δ – odstopanje merjene višinske razlike nivelmanske linije: $\delta = \Delta h_{ij} - \Delta h_{ji}$ [mm]

d – srednja dolžina nivelmanske linije [km]

- odstopanja pri zapiranju zank:

$$\sigma_{zan} = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \frac{f^2}{d_z}} \quad (7)$$

kjer je:

n – število neodvisnih nivelmanskih višinskih zank v mreži

f – odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke [mm]

d_z – srednja dolžina nivelmanske zanke [km]

Obe oceni natančnosti torej izračunamo iz meritev. Poleg teh dveh ocen natančnosti – iz razlik dvojnih merenj in zapiranju nivelmanskih zank, pa poznamo še referenčni standardni odklon, ki ga dobimo po izravnavi in oceno natančnosti določitve višine reperjev (poglavje 5.2.3).

5.2.3 Izravnavna nivelmanske mreže in ocena natančnosti

Nivelmansko mrežo lahko izravnavamo na dva načina: kot vpeto ali kot prosto. Kot vpeto izravnavamo v primeru, ko imamo podan vsaj en referenčni reper z dobro določeno nadmorsko višino, ki nam določa geodetski datum mreže. Kot prosto pa izravnavamo v primeru, ko geodetskega datuma mreže nimamo, torej nimamo izhodišča. Prosto izravnavo mreže pogosto uporabimo tudi za iskanje morebitnih grobih pogoškov.

Mreža cerkve sv. Benedikta v Kančevcih je bila vzpostavljena na novo za potrebe kontrolnih meritev na objektu, zato je smiselno izhodišče, referenčni reper, najprej morali določiti. Mrežo sem izravnavala najprej kot prosto in nato še kot vpeto s pomočjo programa VimWin 5.1.

Program VimWin 5.1 zahteva posebno obliko datoteke za izravnavo s končnico *.pod.

Vsebina datoteke je odvisna od tega ali izravnavamo vpeto ali prosto mrežo (preglednica 4)

Preglednica 4: Primer vhodne datoteke za izravnavo *.pod

Vpeta mreža	Prosta mreža
*5	*5
*D	*N
dane točke z višino	nove točke s približnimi višinami
*N	*E
nove točke z približnimi višinami	km
*E	*O
km	opazovanja: višinske razlike in dolžine
*O	*K
Opazovanja: višinske razlike in dolžine	
*K	

Vhodna datoteka v primeru izravnavne proste mreže se razlikuje predvsem v tem, da nimamo definiranih danih točk z njihovimi nadmorskimi višinami. Izpolnjene vhodne datoteke za ničelno in prvo izmero so dodane v prilogah 6 in 7.

Vhodno datoteko nato uporabimo pri izravnavi in končni rezultat je datoteka *.rez, v kateri se izpišejo rezultati izravnavne. Bistveni podatki, na katere se v datoteki *.rez osredotočimo, so:

- popravek višinske razlike,
- referenčni standardni odklon oziroma srednji pogošek utežne enote m_0 in
- ocena natančnosti višine reperja.

Datoteki *.rez sta dodani v prilogah kot prilogi 6 in 7.

Referenčni standardni odklon izračuna program po enačbi (8)

$$\widehat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{[pvv]}{r}} \quad (8)$$

kjer je:

p – utež

v – popravek merjene višinske razlike

r – število nadštevilnih meritev

6 REZULTATI IZMER

6.1 Analiza izravnave dveh terminskih izmer in ocene natančnosti

Po končanem prvem delu obdelave podatkov – do izravnave, sem pridobila podatke o:

- odstopanjih,
- dovoljenih odstopanjih,
- doseženih natančnostih in
- natančnosti po izravnavi.

6.1.1 Ničelna izmera

V podpoglavju so predstavljene ugotovitve glede odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik in dovoljena odstopanja za prvi in drugi sklop meritev 0. izmere. Izpolnjen nivelmanski obrazec 0. izmere vključno z odstopanji in dovoljenimi odstopanji je dodan med priloge kot priloga 4. Izračunana dovoljena in dejanska odstopanja za 0. izmero navajamo v preglednicah 5 in 6.

Preglednica 5: Rezultati prvega sklopa 0. izmere - odstopanja

1. Izmera reperjev na cerkvi		
	odstopanje [mm]	dovoljeno odstopanje [mm]
R6→R7→R8→R9→R10→R11→R1→R2→ →R3→R4→R5→R6→R5→R4→R3→R2→ →R1→R11→R10→R9→R8→R7→R6	0,06	0,67
R2→R21	0,04	0,11
R3→R31	0,00	0,12
R10→R101	-0,01	0,10
R11→R111	0,10	0,11
R11→R112	0,00	0,11

Tako odstopanja nivelmanskih linij (priloga 4) kot nivelmanskih zank so manjša od dovoljenih.

Preglednica 6: Rezultati drugega sklopa 0. izmere - odstopanja

2. Izmera »referenčnih« reperjev		
1. ZANKA		
	odstopanje [mm]	dovoljeno odstopanje [mm]
R100→R6→R101→R6→R100	0,07	0,90
2. ZANKA		
R101→R6→R102→R6→R101	-0,05	1,12
3. ZANKA		
R100→R6→R102→R101→R102→R6→R100	-0,001	1,50

Vsa izračunana odstopanja so znotraj mej – dovoljenih odstopanj. Dovoljena odstopanja pa so izračunana po enačbah (4) in (5).

6.1.2 Prva izmera

V preglednicah 7 in 8 so predstavljena odstopanja – izračunana in dovoljena za prvi in drugi sklop meritev 1. izmere. Celoten izpolnjen nivelmanski obrazec 1. izmere je dodan med priloge kot priloga 5.

Preglednica 7: Rezultati prvega sklopa meritev 1. izmere - odstopanja

1. Izmera reperjev na cerkvi		
	odstopanje [mm]	dovoljeno odstopanje [mm]
R6→R7→R8→R9→R10→R11→R1→R2→ →R3→R4→R5→R6→R5→R4→R3→R2→ →R1→R11→R10→R9→R8→R7→R6	0,06	0,61
R2→R21	-0,05	0,17
R3→R31	-0,03	0,14
R10→R101	0,00	0,15
R11→R111	0,03	0,14
R11→R112	0,02	0,14

Preglednica 8: Rezultati drugega sklopa meritev 1. izmere - odstopanja

2. Izmera »referenčnih« reperjev		
1. ZANKA		
	odstopanje [mm]	dovoljeno odstopanje [mm]
R100→R6→R101→R6→R100	0,28	0,79
2. ZANKA		
R101→R6→R102→R6→R101	0,43	1,13
3. ZANKA		
R100→R6→R102→R101→R102→R6→R100	-0,04	1,40

Tudi v 1. izmeri so vsa izmerjena odstopanja bila manjša od dovoljenih odstopanj. Meritve so bile izvedene korektno.

6.1.3 A priori ocena natančnosti izmere

Poleg odstopanj sem za 0. in 1. izmero izračunala natančnosti in določila natančnosti po izravnavi, predstavljene v preglednici 9.

Preglednica 9: Izračunane natančnosti in natančnost po izravnavi – 0. in 1. izmera

Natančnosti	
<i>0. izmera</i>	
Razlike dvojnih merjenj nivelmanskih linij	$\sigma_{lin} = 0,11 \text{ mm/km}$
Odstopanja pri zapiranju zank	$\sigma_{zan} = 0,25 \text{ mm/km}$
Po izravnavi	$\widehat{\sigma}_0 = 0,4 \text{ mm/km}$
Izravnanih višin točk	$\sigma_H = 0,07 \text{ mm}$
<i>1. izmera</i>	
Razlike dvojnih merjenj nivelmanskih linij	$\sigma_{lin} = 0,06 \text{ mm/km}$
Odstopanja pri zapiranju zank	$\sigma_{zan} = 0,27 \text{ mm/km}$
Po izravnavi	$\widehat{\sigma}_0 = 0,3 \text{ mm/km}$
Izravnanih višin točk	$\sigma_H = 0,05 \text{ mm/km}$

Če primerjam dosežene natančnosti ničelne in prve izmere, lahko ugotovim, da je bila druga terminska izmera bolj izvedena. Razen pri natančnosti določeni na osnovi odstopanja pri zapiranju zank je bilo boljše pri 0. izmeri, a le za 0,02 mm/km. Sicer pa natančnosti dosežene v obeh izmerah zadoščajo potrebam projekta.

6.2 Ugotavljanje premikov reperjev v višinski mreži

Po končani analizi posamezne terminske izmere in določitvi ocene kakovosti sem morala še oceniti premike in izračunati natančnost ocene teh premikov. Premike sem ocenila na osnovi dveh terminskih izmer. V okviru inženirskih nalog dve terminski izmeri zadoščata za dovolj dobro oceno razlike položajev točk v mreži [5].

Osnova za ugotavljanje premikanja zgrajenega objekta je določanje spremembe v položajih točk objekta. Premike objekta lahko določamo samo v primeru, ko imamo v vsaj dveh terminskih izmerah izmerjene identične točke. V prvem delu izračunov sem poleg popravljenih odčitkov, odstopanj, dovoljenih odstopanj in natančnosti izmere pridobila še informacije o višini reperjev in natančnosti določitve teh višin. Slednja dva podatka sta ključnega pomena pri določanju premikov reperjev v višinski mreži [5].

Premik posamezne točke izračunamo kot

$$\Delta H_i = H_i^t - H_i^{t+\Delta t} \quad (9)$$

kjer je:

ΔH_i – premik točke v mreži

H_i^t – višina posamezne točke v 1. terminski izmeri

$H_i^{t+\Delta t}$ – višina posamezne točke v 2. terminski izmeri

Ker smo v primeru višinske mreže cerkve sv. Benedikta vzpostavljali lokalno višinsko mrežo za potrebe kontrolnih meritev tega objekta, višinska mreža pa je bila vzpostavljena na novo, nam višine točk na samem začetku niso bile znane. Obe terminski izmeri sem zato najprej izravnala kot prosti mreži. V izravnavi, kjer je potrebno podati podatek o približni višini, sem podala vsem točkam višino 100 m. Po izravnavi prostih mrež sem pridobila dvojne višine, na osnovi katerih sem določila, kateri izmed »referenčnih« reperjev se je najmanj premaknil. Po primerjavi višin sem prišla do ugotovitev predstavljenih v preglednici 10.

Preglednica 10: Primerjava višin po izravnavi prostih mrež - »referenčni« reperji

Točka	0. izmera		1. izmera		Premik
	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]	
R100	98,5204	0,06	98,5198	0,04	0,6
R101	98,6083	0,05	98,6071	0,04	1,2
R102	96,2840	0,07	96,2855	0,05	-1,5

Reper R100 se je na podlagi pridobljenih podatkov po izravnavi prostih mrež premaknil za najmanjšo vrednost, zato sem ga privzela kot stabilnega in torej kot referenčni reper. Uporabila sem ga kot navezavo pri izravnavi vpetih mrež. Mreži sem ponovno izravnala kot vpeti, za reper R100 pa sem uporabila višino 98,520 m.

6.2.1 Izračun premikov, ocena natančnosti in statistično testiranje

Premike posamezne točke sem nato izračunala po enačbi (9). Poleg premika sem določila še oceno natančnosti premika po enačbi (10).

$$\sigma_{\Delta H_i} = \sqrt{\sigma_{H_i^t}^2 + \sigma_{H_i^{t+\Delta t}}^2} \quad (10)$$

Končni korak pri obdelavi rezultatov je bil še statistično testiranje premikov. Cilj tega testiranja je bil ugotoviti, za katere reperje v višinski mreži lahko trdimo, da je premik statistično značilen. Če rečemo, da je premik statistično značilen pomeni, da z 98,9% stopnjo zaupanja trdimo, da se je na obravnavani točki zgodil premik.

Da sem izvedla testiranje, sem potrebovala vrednost – mejo, s katero sem primerjala izračunan premik Δ . To spodnjo mejo sem določila po spodnji enačbi:

$$\Delta_{min} = 2,5 \cdot \sigma_{\Delta} \quad (11)$$

Vrednosti spodnjih mej so predstavljene v preglednici 11.

Preglednica 11: Meje vrednosti za določitev statistično značilnih premikov

	Spodnja meja [mm]
Nizki reperji na cerkvi	0,21
Visoki reperji na cerkvi	0,25
»Referenčni« reperji	R101 = 0,18 R102 = 0,25

S temi vrednostmi sem primerjala vrednost Δ_{min} in s tem določila statistično značilne premike.

Po izravnavi vpetih mrež, na podlagi rezultatov katerih sem izračunala premike, sem pridobila nove višine, ocene natančnosti višin, vrednosti premikov in ocena natančnosti le-teh. Rezultati so predstavljeni v preglednici 12.

Preglednica 12: Reperji s pripadajočimi višinami, premiki in natančnostmi

Točka	0. izmera		1. izmera		Premik		Δ_{min} [mm]	Stabilno
	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]	ΔH [m]	$\sigma_{\Delta H}$ [mm]		
R1	99,771	0,08	99,770	0,05	-0,46	0,09	0,24	NE
R2	99,746	0,08	99,745	0,05	-1,31	0,09	0,24	NE
R3	99,778	0,08	99,777	0,05	-1,22	0,09	0,24	NE
R4	99,752	0,07	99,753	0,05	0,98	0,09	0,22	NE
R5	99,832	0,06	99,836	0,04	3,98	0,07	0,18	NE
R6	99,747	0,06	99,747	0,04	0,43	0,07	0,18	NE
R7	99,777	0,06	99,776	0,04	-1,06	0,07	0,18	NE
R8	99,769	0,07	99,769	0,05	0,19	0,09	0,20	NE
R9	99,783	0,07	99,784	0,05	1,44	0,09	0,22	NE
R10	99,772	0,07	99,774	0,05	2,57	0,09	0,22	NE
R11	99,807	0,08	99,809	0,05	2,20	0,09	0,24	NE
R111	101,062	0,08	101,064	0,06	2,51	0,10	0,25	NE
R112	102,221	0,08	102,224	0,06	2,61	0,10	0,25	NE
R21	102,956	0,08	102,955	0,06	-0,76	0,10	0,25	NE
R31	102,808	0,08	102,807	0,06	-1,30	0,10	0,25	NE
R101	98,608	0,06	98,607	0,04	-0,58	0,07	0,18	NE
R102	96,284	0,08	96,286	0,06	2,22	0,10	0,25	NE

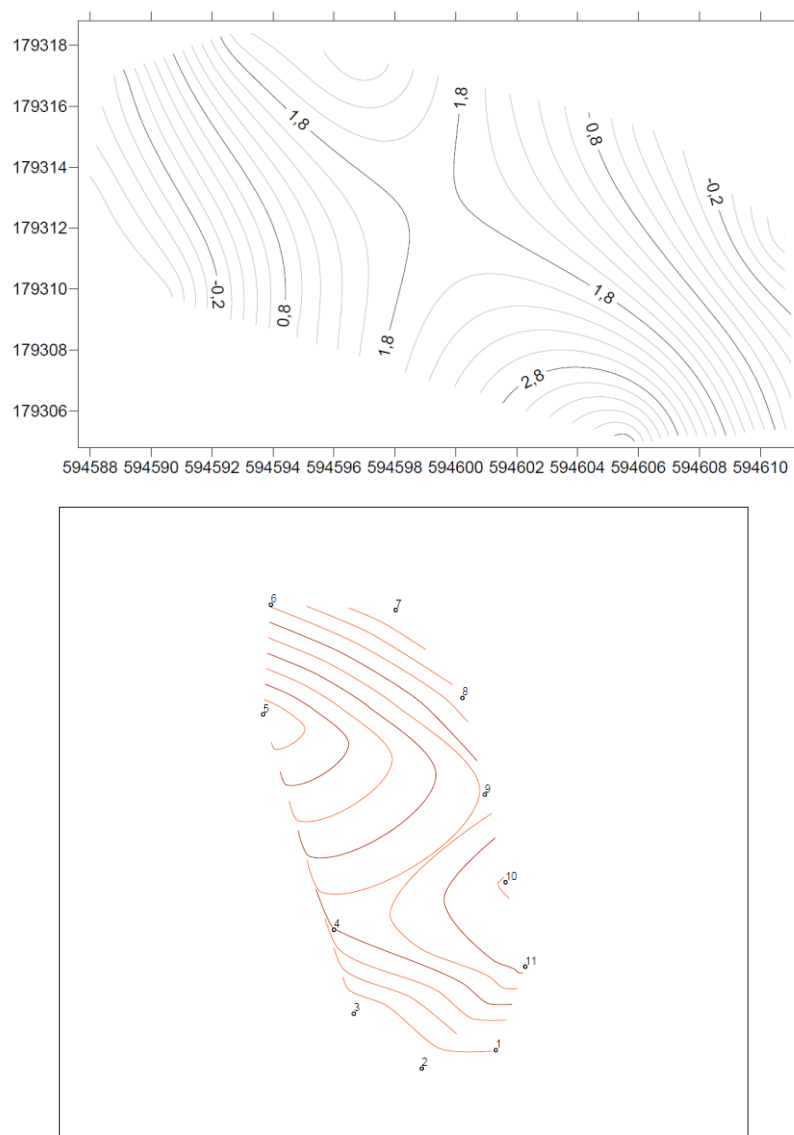
Natančnost višin je v obeh izmerah določena nekaj stotink milimetra natančno. Pri 1. izmeri je ta natančnost boljša, saj znaša od 0,04 mm do 0,06 mm kot pri 0. izmeri, kjer natančnost višin reperjev znaša od 0,06 mm do 0,08 mm. V 0. izmeri znaša povprečna vrednost natančnosti določitve višine 0,07 mm, v 1. izmeri pa 0,05 mm.

Je pa takšno natančnost potrebno jemati z določeno mero racionalnosti. Natančnost po izravnavi ni odvisna le od razmer, v katerih so bile meritve izvedene ali nadštevilnih meritev, ampak tudi od uporabljenih statističnih ocen, za katere pa bi lahko rekla, da so preveč optimistično zastavljene. Takšno natančnost je težko doseči z obstoječim in uporabljenim instrumentarijem ter merskimi metodami. Nam pa tako dobra natančnost da vedenje, da je izmera bila opravljena korektno, natančno in je precizni geometrični nivelman kot metoda izmere ter uporabljen instrumentarij bil pravilna izbira.

Iz preglednice tudi vidimo, da so se nekateri reperji dvignili in drugi posedli. Največji dvig se je zgodil na reperju R5, za skoraj 4 mm, najmanjši pa na reperju R8, za 0,19 mm. Največji posedek se je zgodil na reperju R2, za 1,31 mm, najmanjši pa na reperju R101, za 0,58 mm.

Ocena natančnosti premika je prav tako določena na stotinko milimetra. Pri nizkih reperjih na cerkvi je ocena boljša in znaša med 0,09 in 0,07 mm, poslabša se v primeru visokih reperjev na cerkvi, kjer natančnost znaša 0,1 mm.

6.3 Grafični prikaz premikov



7 ZAKLJUČEK

V okviru diplomske naloge smo uspešno izvedli dve terminski izmeri, s katerimi smo želeli ugotoviti morebitne vertikalne premike na cerkvi sv. Benedikta. Vse analize so potrdile kakovostno opravljeno nivelmansko izmero, iz katere smo prišli do jasnih zaključkov.

Če povzamem ugotovitve in dosežene cilje, lahko ugotovim sledeče:

1. Prvi zastavljen cilj je bila vzpostavitev in stabilizacija višinske geodetske mreže. Tako vzpostavitev kot stabilizacija sta bili uspešni, na kar nakazujejo rezultati izmere. Vzpostavljeni so bili delovni reperji in »referenčni« reperji. Predvsem za slednje je bila ključna nadaljnja obdelava – statistično testiranje, katerega ugotovitve so podane v nadaljevanju.
2. Drugi cilj je bila izmera in obdelava merjenih vrednosti. Obe izmeri sta na terenu potekali brez večjih težav. Tudi v okviru obdelave pridobljenih podatkov ni bilo težav. Z izravnavo se je določila natančnost izvedenih izmer, reperjem pa višine in natančnosti določitve višin. Izmere so bile izvedene s pod milimetrsko natančnostjo – referenčni standardni odklon znaša za ničelno izmero 0,4 mm, za prvo izmero pa 0,3 mm, torej so bile korektne in ustrezajo namenu projekta.
3. Višine dveh terminskih izmer sem nato primerjala in izračunala premike, dvigi imajo razpon od 0,2 mm do 3,98 mm, posedanja pa od -0,46 mm do -1,31 mm. Natančnosti, s katerimi so bile določene višine, se gibljejo med 0,04 mm in 0,08 mm, natančnosti določitve premikov pa med 0,07 mm in 0,10 mm. S pomočjo statističnega testiranja sem preverila, za katere premike lahko z 98,9% zanesljivostjo trdim, da je premik statistično značilen.

Izkazalo se je, da so premiki na vseh višinskih točkah na cerkvi statistično značilni, tudi na dveh »referenčnih« točkah – R101 in R102. Izkazana je bila stabilnost le ene referenčne točke, a bi vseeno bilo potrebno pred prihodnjo izmero izvesti deformacijsko analizo, s katero bi pridobili podrobnejše ugotovitve. V kolikor bi tudi deformacijska analiza izkazala stabilnost reperja R100, potem obstaja referenčni reper, na katerega se lahko navezujejo vse nadaljnje izmere. V nasprotnem primeru bi lahko razmislili v smeri stabilizacije novih reperjev, ki bi bili stabilizirani dlje stran od cerkve, četudi bi to pomenilo več potrebnega časa za izvedbo izmere. Ob morebitni novi stabilizaciji referenčnih reperjev bi bilo smiselno vključiti tudi geologe in gradbenike kot pomoč pri analizi kamenin in določitvi novih položajev. S statističnim testiranjem sem pridobila vedenje, da dogajanje v tleh ni omejeno le na območje cerkve, ampak tudi na širšo okolico.

S preciznim nivelmanom se redko srečamo v okviru študijskega programa ali študentskega dela, zato diploma s tega področja pomeni dobro izkušnjo.

VIRI

- [1] Župnija sv. Benedikta v Kančevcih. <http://zupnija-kancevci.si/zupnija-kancevci/> (Pridobljeno 26. 5. 2018).
- [2] Koler, B., Savšek, S., Ambrožič, T., Sterle, O., Stopar, B., Kogoj, D. 2010. Realizacija geodezije v geotehniki = Realisation of geodesy in geotechnics. Geodetski vestnik, 54: 450–468. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=86421&lang=slv> (Pridobljeno 26. 5. 2018).
- [3] Bogatin, S., Kogoj, D. Pregled modelov vrednotenja kontrolnih meritev. Geodetski vestnik, 50: 201–209. http://www.geodetski-vestnik.com/50/2/gv50-2_201-210.pdf (Pridobljeno 30. 5. 2018).
- [4] Vodopivec, F., Kogoj, D. Nov način precizne stabilizacije geodetskih točk za opazovanje premikov. Geodetski vestnik, 49: 9–17. <http://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-9TI45Q3D/c98adf82-9328-45cc-8d18-7c74b4a8a80a/PDF> (Pridobljeno 30. 5. 2018).
- [5] Savšek-Safić, S., Ambrožič, T., Stopar, B., Turk, G. Ugotavljanje premikov točk v geodetski mreži. Geodetski vestnik, 47: 7–17. http://www.geodetski-vestnik.com/47/12/gv47-1_007-017.pdf (Pridobljeno 2. 6. 2018).
- [6] Kogoj, D., Stopar, B. Geodetska izmera. http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Geodetska_izmera_2009.pdf (Pridobljeno 2. 6. 2018).
- [7] Kogoj, D. 2017. Zapiski predavanj. Precizna klasična geodetska izmera. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (neobjavljeno gradivo).
- [8] Koler, B., Urbančič, T. 2018. Zapiski predavanj in vaj. Geodezija v inženirstvu I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (neobjavljeno gradivo).
- [9] Leica Geosystems. 2006. Leica DNA03/DNA10 User Manual. Version 2.0. Heerbrugg, Leica Geosystems AG: 158 str. <http://surveyequipment.com/assets/index/download/id/59/> (Pridobljeno 2. 6. 2018).
- [10] RGU. 1981. Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. Uradni list SRS, št. 18/1981.
- [11] Zupančič, P. 2008. Sanacija mestne nivelmanske mreže Trbovlje. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

SEZNAM PRILOG

Priloga 1: Poročilo o kalibraciji nivelmanske late Leica GPCL2 s serijsko številko 33819

Priloga 2: Poročilo o kalibraciji nivelmanske late Leica GPCL2 s serijsko številko 23281

Priloga 3: Poročilo o kalibraciji nivelmanske late Leica GWCL182 s serijsko številko 1034

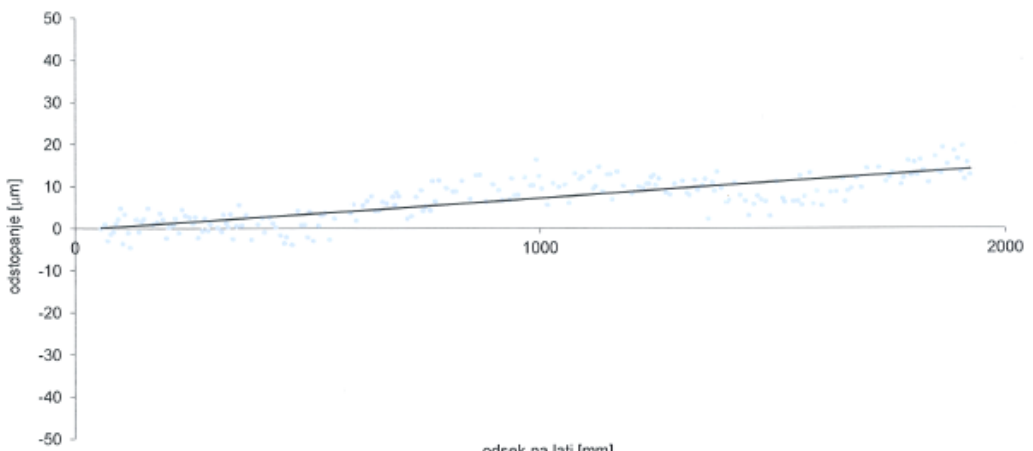
Priloga 4: Izpolnjen nivelmanski obrazec – 0. izmera

Priloga 5: Izpolnjen nivelmanski obrazec – 1. izmera

Priloga 6: Izhodni datoteki za izravnavo – 0. izmera

Priloga 7: Izhodni datoteki za izravnavo – 1. izmera

Priloga 1: Poročilo o kalibraciji nivelmanske late Leica GPCL2 s serijsko številko 33819

POROČILO O KALIBRACIJI			
Merilo: komparator MSG1001, FGG KG razločljivost 0.001 mm merilna negotovost 0.003 mm + 4 * 10E-6 * L		certifikat št. A1411632 SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne od 25. 11. 2014	
Kalibracija številka: 2016/523			
Invar lata (tip, št.): LEICA GPCL2 33819 Št. merjenih črt razdelbe: 215		Datum kalibracije: 25.7.2016 Naročilo: KIG Št. naroč.:	
DOLOČITEV MERILA RAZDELBE horizontalni položaj late 			
Popravek razdelbe late $m_0 = 7.44 \pm 0.39 \text{ ppm}$ $T_0 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Popravek pete late $l_0 = 0.003 \pm 0.004 \text{ mm}$			
Popravek odčitka na lati $L = l_0 + L' \left[1 + (m_0 + \alpha (T - T_0)) \cdot 10^{-6} \right]$ L' odčitek na lati [m] α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C] T temperatura late [°C]			
 Operater Gašper Štebe Pregledal Dušan Kogoj Predstojnik Katedre za geodezijo  Ljubljana, 25.7.2016			
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			

Priloga 2: Poročilo o kalibraciji nivelmanske late Leica GPCL2 s serijsko številko 23281

POROČILO O KALIBRACIJI			
Merilo: komparator MSGL001, FGG KG		certifikat št. A278/09	
razločljivost	0.001 mm	SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne	
merilna negotovost	0.003 mm + 4 • 10E-6 • L	od 19.03.2009	
Kalibracija številka: 2014/342			
Invar lata (tip, št.):	LEICA GPCL2 23281	Datum kalibracije:	19.6.2014
Št. merjenih črt razdelbe:	215	Naročilo:	OGeod, UL FGG
DOLOČITEV MERILA RAZDELBE		horizontalni položaj late	
Popravek razdelbe late	$m_0 = -10.23 \pm 0.53 \text{ ppm}$	$T_0 = 20 \text{ °C}$	
Popravek pete late	$l_0 = -0.014 \pm 0.003 \text{ mm}$		
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	Gasper Štebe	Ljubljana, 19.6.2014
	Pregledal	Dušan Kogoj	Predstojnik Katedre za geodezijo
UNIVERZA V LJUBLJANI FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Oddelek za geodezijo, Katedra za geodezijo Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, tel: (01) 4768 500 fax: (01) 4250 704, E-mail: dkogoj@fgg.uni-lj.si			

Priloga 3: Poročilo o kalibraciji nivelmanske late Leica GWCL182 s serijsko številko 1034

POROČILO O KALIBRACIJI			
Merilo: komparator MSG1001, FGG KG <i>ločljivost</i> 0.001 mm <i>nazivna točnost</i> 0.003 mm		certifikat št. A1411632 SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne 25.11.2014	
Kalibracija številka: 2014/429			
Invar lata (tip, št.): LEICA GWCL182 1034 Št. merjenih črt razdelbe: 201		Datum kalibracije: 15.12.2014 Naročilo: KG	
DOLOČITEV MERILA RAZDELBE horizontalni položaj late			
Popravek razdelbe late $m_0 = 3.40 \pm 0.46 \text{ ppm}$ $T_0 = 20 \text{ °C}$ Popravek pete late $l_0 = -20.250 \pm 0.005 \text{ mm}$ (BREZ NASTAVKA)			
Popravek odčitka na lati			
$L = l_0 + L' \left[1 + (m_0 \alpha (T - T_0)) \right] 10^{-6}$		L' odčitek na lati [m] α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C] T temperatura late [°C]	
Operator		Gašper Štebe	
Ljubljana,		15.12.2014	
Pregledal		Dušan Kogoj	
Predstojnik Katedre za geodezijo		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			

Priloga 4: Izpolnjen nivelmanski obrazec – 0. izmera

		višinska razlika iz niveliranja "naprej"		višinska razlika iz niveliranja "nazaj"		odstop.	dov. odst.	odst. na kvadrat	ocena natan.
od	do	S	h'a	S	h'n				
1. Izmera reperjev na cerkvi									
R1	R2	0.016	-0.02470	0.013	0.02467	-0.03	0.24	0.001	0.051
R2	R3	0.007	0.03246	0.006	-0.03246	-0.01	0.16	0.000	0.012
R3	R4	0.013	-0.02662	0.015	0.02655	-0.07	0.24	0.005	0.105
R4	R5	0.018	0.08038	0.022	-0.08038	-0.003	0.29	0.000	0.004
R5	R6	0.010	-0.08521	0.010	0.08525	0.04	0.20	0.002	0.078
R6	R7	0.011	0.02969	0.011	-0.02968	0.02	0.21	0.000	0.026
R7	R8	0.010	-0.00754	0.010	0.00754	-0.01	0.20	0.000	0.008
R8	R9	0.007	0.01364	0.008	-0.01367	-0.03	0.17	0.001	0.062
R9	R10	0.006	-0.01104	0.008	0.01104	0.001	0.17	0.000	0.004
R10	R11	0.007	0.03536	0.009	-0.03518	0.18	0.18	0.034	0.358
R11	R1	0.005	-0.03649	0.008	0.03645	-0.04	0.16	0.001	0.082
R2	R21	0.003	-3.21023	0.003	3.21027	0.04	0.11	0.002	0.127
R3	R31	0.004	-3.02999	0.003	3.02999	0.00	0.12	0.0000	0.000
R10	R101	0.003	-3.35620	0.003	3.35619	-0.01	0.10	0.0001	0.034
R11	R111	0.003	-1.25443	0.003	1.25453	0.10	0.11	0.010	0.325
R11	R112	0.003	-2.41432	0.003	2.41432	0.002	0.11	0.000005	0.007
2. Izmera "danih" reperjev									
1. ZANKA									
100	R6	0.048	1.22709	0.050	-1.22693	0.16	0.90	0.03	0.41
R6	101	0.038	-1.13906	0.038	1.13907	0.01		0.0002	0.04
101	100	0.084	-0.08786	0.083	0.08776	-0.10		0.01	0.20
2. ZANKA									
101	R6	0.038	-1.13906	0.038	1.13907	0.01	1.12	0.0001	0.03
R6	102	0.104	-3.46337	0.097	3.46350	0.13		0.0169	0.24
102	101	0.083	2.32427	0.087	-2.32446	-0.19		0.0361	0.38
3. ZANKA									
100	R6	0.048	1.22709	0.050	-1.22693	0.16	1.50	0.0252	0.41
R6	102	0.104	-3.46337	0.097	3.46350	0.13		0.0169	0.24
102	101	0.083	2.32427	0.087	-2.32446	-0.19		0.0361	0.38
101	100	0.084	-0.08786	0.083	0.08776	-0.10		0.0098	0.20

Priloga 5: Izpolnjen nivelmanski obrazec – 1. izmera

		višinska razlika iz niveliranja "naprej"		višinska razlika iz niveliranja "nazaj"		odstop.	dov. odst.	odst. na kvadrat	ocena natan.
od	do	S	h'a	S	h'n				
1. Izmera reperjev na cerkvi									
R1	R2	0.013	-0.02554	0.014	0.02552	-0.02	0.23	0.0004	0.030
R2	R3	0.005	0.03257	0.006	-0.03252	0.05	0.15	0.003	0.120
R3	R4	0.015	-0.02438	0.015	0.02440	0.02	0.25	0.0004	0.029
R4	R5	0.010	0.08334	0.010	-0.08343	-0.09	0.20	0.008	0.158
R5	R6	0.010	-0.08875	0.010	0.08879	0.04	0.20	0.002	0.071
R6	R7	0.011	0.02819	0.010	-0.02819	0.00	0.21	0.000	0.000
R7	R8	0.010	-0.00627	0.010	0.00631	0.04	0.20	0.002	0.070
R8	R9	0.008	0.01491	0.006	-0.01490	0.01	0.17	0.0001	0.021
R9	R10	0.007	-0.00991	0.007	0.00989	-0.02	0.17	0.0004	0.042
R10	R11	0.007	0.03492	0.008	-0.03490	0.02	0.17	0.0004	0.041
R11	R1	0.005	-0.03913	0.006	0.03914	0.01	0.15	0.0001	0.024
R2	R21	0.007	-3.21083	0.007	3.21078	-0.05	0.17	0.002	0.106
R3	R31	0.005	-3.02993	0.005	3.02990	-0.03	0.14	0.0009	0.075
R10	R101	0.006	-3.35593	0.006	3.35593	0.00	0.15	0.0000	0.000
R11	R111	0.005	-1.25478	0.005	1.25481	0.03	0.14	0.001	0.075
R11	R112	0.005	-2.41472	0.005	2.41474	0.02	0.14	0.0004	0.050
2. Izmera "danih" reperjev									
1. ZANKA									
100	R6	0.035	1.22740	0.035	-1.22736	0.04	0.79	0.0016	0.12
R6	101	0.039	-1.14011	0.039	1.14019	0.08		0.0064	0.23
101	100	0.070	-0.08727	0.070	0.08743	0.16		0.03	0.35
2. ZANKA									
101	R6	0.039	1.14019	0.039	-1.14011	0.08	1.13	0.0064	0.23
R6	102	0.099	-3.46151	0.098	3.46175	0.24		0.0576	0.44
102	101	0.089	2.32164	0.088	-2.32153	0.11		0.0121	0.21
3. ZANKA									
100	R6	0.035	1.22740	0.035	-1.22736	0.04	1.40	0.0016	0.12
R6	102	0.099	-3.46151	0.098	3.46175	0.24		0.0576	0.44
102	101	0.089	2.32164	0.088	-2.32153	0.11		0.0121	0.21
101	100	0.070	-0.08786	0.070	0.08743	-0.43		0.1835	0.93

Priloga 6: Izhodni datoteki za izravnavo – 0. izmera

Prosta mreža

Izravnavo VIŠINSKE geodetske Mreže

Program: VIM, ver.5.0, mar. 07

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: prvaizmera2.pod

Ime datoteke za rezultate: prvaizmera2.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: prvaizmera2.def

Ime datoteke za S-transformacijo: prvaizmera2.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: prvaizmera2.koo

Datum: 4. 5.2018

Čas: 10:54:24

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R1	100.00000	Novi reper
R2	100.00000	Novi reper
R3	100.00000	Novi reper
R4	100.00000	Novi reper
R5	100.00000	Novi reper
R6	100.00000	Novi reper
R7	100.00000	Novi reper
R8	100.00000	Novi reper
R9	100.00000	Novi reper
R10	100.00000	Novi reper
R11	100.00000	Novi reper
100	100.00000	Novi reper
101	100.00000	Novi reper
102	100.00000	Novi reper
111	100.00000	Novi reper
112	100.00000	Novi reper
R21	100.00000	Novi reper
R31	100.00000	Novi reper

Število vseh reperjev = 18

Število danih reperjev = 0

Število novih reperjev = 18

Defekt mreže = 1

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

=====

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R6	R7	0.02969	0.0115
R7	R8	-0.00754	0.0098
R8	R9	0.01364	0.0071
R9	R10	-0.01104	0.0062
R10	R11	0.03536	0.0070
R11	R1	-0.03649	0.0052
R1	R2	-0.02470	0.0155
R2	R3	0.03245	0.0066
R3	R4	-0.02662	0.0135
R4	R5	0.08038	0.0182
R5	R6	-0.08521	0.0101
R6	R5	0.08525	0.0100
R5	R4	-0.08038	0.0225
R4	R3	0.02655	0.0148
R3	R2	-0.03246	0.0058
R2	R1	0.02467	0.0130
R1	R11	0.03645	0.0080
R11	R10	-0.03518	0.0094
R10	R9	0.01104	0.0080

R9	R8	-0.01367	0.0080
R8	R7	0.00754	0.0102
R7	R6	-0.02967	0.0107
100	R6	1.22709	0.0476
R6	102	-3.46337	0.1044
102	101	2.32427	0.0832
101	100	-0.08786	0.0837
100	101	0.08776	0.0829
101	102	-2.32446	0.0872
102	R6	3.46350	0.0972
R6	100	-1.22693	0.0501
R6	101	-1.13906	0.0379
101	R6	1.13907	0.0379
111	R11	-1.25448	0.0059
112	R11	-2.41432	0.0059
R21	R2	-3.21025	0.0062
R31	R3	-3.02999	0.0070

Število opazovanj = 36

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.02 %.

ENAAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 R6	R7	-1.	1.	-0.02969	87.0322
2 R7	R8	1.	-1.	-0.00754	102.2495
3 R8	R9	-1.	1.	-0.01364	141.2429
4 R9	R10	1.	-1.	-0.01104	160.7717
5 R10	R11	-1.	1.	-0.03536	142.8571
6 R11	R1	1.	-1.	-0.03649	193.7984
7 R1	R2	1.	-1.	-0.02470	64.4330
8 R2	R3	-1.	1.	-0.03245	151.2859
9 R3	R4	1.	-1.	-0.02662	74.3494
10 R4	R5	-1.	1.	-0.08038	54.9753
11 R5	R6	1.	-1.	-0.08521	99.0099
12 R6	R5	-1.	1.	-0.08525	100.1001
13 R5	R4	1.	-1.	-0.08038	44.4840
14 R4	R3	-1.	1.	-0.02655	67.6133
15 R3	R2	1.	-1.	-0.03246	171.2329
16 R2	R1	-1.	1.	-0.02467	77.1010
17 R1	R11	-1.	1.	-0.03645	125.3133
18 R11	R10	1.	-1.	-0.03518	106.1571
19 R10	R9	-1.	1.	-0.01104	124.5330
20 R9	R8	1.	-1.	-0.01367	124.2236
21 R8	R7	-1.	1.	-0.00754	97.6562
22 R7	R6	1.	-1.	-0.02967	93.6330
23 100	R6	-1.	1.	-1.22709	21.0261
24 R6	102	1.	-1.	-3.46337	9.5758
25 102	101	-1.	1.	-2.32427	12.0135
26 101	100	1.	-1.	-0.08786	11.9531
27 100	101	-1.	1.	-0.08776	12.0613
28 101	102	1.	-1.	-2.32446	11.4692
29 102	R6	-1.	1.	-3.46350	10.2934
30 R6	100	1.	-1.	-1.22693	19.9720
31 R6	101	1.	-1.	-1.13906	26.3644
32 101	R6	-1.	1.	-1.13907	26.3713
33 111	R11	1.	-1.	-1.25448	168.9189
34 112	R11	1.	-1.	-2.41432	168.6341
35 R21	R2	1.	-1.	-3.21025	160.5136
36 R31	R3	1.	-1.	-3.02999	141.8440

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
------------------------	------------------	------------------------	-------------------------	----------------------------

1 R6	R7	0.02969	0.00000	0.02969
2 R7	R8	-0.00754	0.00001	-0.00753
3 R8	R9	0.01364	0.00002	0.01366
4 R9	R10	-0.01104	0.00001	-0.01103
5 R10	R11	0.03536	-0.00007	0.03529
6 R11	R1	-0.03649	0.00002	-0.03647
7 R1	R2	-0.02470	0.00003	-0.02467
8 R2	R3	0.03245	0.00001	0.03246
9 R3	R4	-0.02662	0.00005	-0.02657
10 R4	R5	0.08038	0.00002	0.08040
11 R5	R6	-0.08521	-0.00001	-0.08522
12 R6	R5	0.08525	-0.00003	0.08522
13 R5	R4	-0.08038	-0.00002	-0.08040
14 R4	R3	0.02655	0.00002	0.02657
15 R3	R2	-0.03246	0.00000	-0.03246
16 R2	R1	0.02467	0.00000	0.02467
17 R1	R11	0.03645	0.00002	0.03647
18 R11	R10	-0.03518	-0.00011	-0.03529
19 R10	R9	0.01104	-0.00001	0.01103
20 R9	R8	-0.01367	0.00001	-0.01366
21 R8	R7	0.00754	-0.00001	0.00753
22 R7	R6	-0.02967	-0.00002	-0.02969
23 100	R6	1.22709	-0.00012	1.22697
24 R6	102	-3.46337	-0.00008	-3.46345
25 102	101	2.32427	0.00008	2.32435
26 101	100	-0.08786	-0.00002	-0.08788
27 100	101	0.08776	0.00012	0.08788
28 101	102	-2.32446	0.00011	-2.32435
29 102	R6	3.46350	-0.00005	3.46345
30 R6	100	-1.22693	-0.00004	-1.22697
31 R6	101	-1.13906	-0.00003	-1.13909
32 101	R6	1.13907	0.00002	1.13909
33 111	R11	-1.25448	0.00000	-1.25448
34 112	R11	-2.41432	0.00000	-2.41432
35 R21	R2	-3.21025	0.00000	-3.21025
36 R31	R3	-3.02999	0.00000	-3.02999

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.000429$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
R1	100.00000	-0.22898	99.77102	0.00003
R2	100.00000	-0.25365	99.74635	0.00003
R3	100.00000	-0.22119	99.77881	0.00003
R4	100.00000	-0.24776	99.75224	0.00003
R5	100.00000	-0.16736	99.83264	0.00003
R6	100.00000	-0.25258	99.74742	0.00003
R7	100.00000	-0.22290	99.77710	0.00003
R8	100.00000	-0.23043	99.76957	0.00003
R9	100.00000	-0.21677	99.78323	0.00003
R10	100.00000	-0.22780	99.77220	0.00003
R11	100.00000	-0.19251	99.80749	0.00003
100	100.00000	-1.47956	98.52044	0.00006
101	100.00000	-1.39168	98.60832	0.00005
102	100.00000	-3.71603	96.28397	0.00007
111	100.00000	1.06197	101.06197	0.00004
112	100.00000	2.22181	102.22181	0.00004
R21	100.00000	2.95660	102.95660	0.00004
R31	100.00000	2.80880	102.80880	0.00005

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q _{ll}	Sred.pog. viš.razl.	Q _{vv}	r
1 R6	R7	0.00500	0.00003	0.00649	0.56485

2 R7	R8	0.00457	0.00003	0.00521	0.53321
3 R8	R9	0.00352	0.00003	0.00356	0.50296
4 R9	R10	0.00329	0.00002	0.00293	0.47099
5 R10	R11	0.00373	0.00003	0.00327	0.46655
6 R11	R1	0.00296	0.00002	0.00220	0.42594
7 R1	R2	0.00619	0.00003	0.00933	0.60094
8 R2	R3	0.00293	0.00002	0.00368	0.55633
9 R3	R4	0.00618	0.00003	0.00727	0.54072
10 R4	R5	0.00829	0.00004	0.00990	0.54434
11 R5	R6	0.00458	0.00003	0.00552	0.54636
12 R6	R5	0.00458	0.00003	0.00541	0.54137
13 R5	R4	0.00829	0.00004	0.01419	0.63130
14 R4	R3	0.00618	0.00003	0.00861	0.58233
15 R3	R2	0.00293	0.00002	0.00291	0.49783
16 R2	R1	0.00619	0.00003	0.00678	0.52248
17 R1	R11	0.00296	0.00002	0.00502	0.62880
18 R11	R10	0.00373	0.00003	0.00569	0.60360
19 R10	R9	0.00329	0.00002	0.00474	0.59023
20 R9	R8	0.00352	0.00003	0.00453	0.56285
21 R8	R7	0.00457	0.00003	0.00567	0.55418
22 R7	R6	0.00500	0.00003	0.00568	0.53184
23 100	R6	0.01712	0.00006	0.03044	0.64010
24 R6	102	0.02680	0.00007	0.07763	0.74339
25 102	101	0.02574	0.00007	0.05750	0.69080
26 101	100	0.02044	0.00006	0.06322	0.75570
27 100	101	0.02044	0.00006	0.06247	0.75349
28 101	102	0.02574	0.00007	0.06145	0.70480
29 102	R6	0.02680	0.00007	0.07035	0.72416
30 R6	100	0.01712	0.00006	0.03295	0.65815
31 R6	101	0.01272	0.00005	0.02521	0.66476
32 101	R6	0.01272	0.00005	0.02520	0.66467
33 111	R11	0.00592	0.00003	0.00000	0.00000
34 112	R11	0.00593	0.00003	0.00000	0.00000
35 R21	R2	0.00623	0.00003	0.00000	0.00000
36 R31	R3	0.00705	0.00004	0.00000	0.00000

Skupno število nadštevilnosti je 19.00000000.
Povprečno število nadštevilnosti je 0.52777778.

Vpeta mreža

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

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

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: prvavpeta.koo

Datum: 29. 6.2018
Čas: 11:13:28

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
100	98.52000	Dani reper
R1	100.00000	Novi reper
R2	100.00000	Novi reper
R3	100.00000	Novi reper
R4	100.00000	Novi reper
R5	100.00000	Novi reper
R6	100.00000	Novi reper
R7	100.00000	Novi reper
R8	100.00000	Novi reper
R9	100.00000	Novi reper
R10	100.00000	Novi reper
R11	100.00000	Novi reper

101	100.00000	Novi reper
102	100.00000	Novi reper
111	100.00000	Novi reper
112	100.00000	Novi reper
R21	100.00000	Novi reper
R31	100.00000	Novi reper

Število vseh reperjev = 18
 Število danih reperjev = 1
 Število novih reperjev = 17

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R6	R7	0.02969	0.0115
R7	R8	-0.00754	0.0098
R8	R9	0.01364	0.0071
R9	R10	-0.01104	0.0062
R10	R11	0.03536	0.0070
R11	R1	-0.03649	0.0052
R1	R2	-0.02470	0.0155
R2	R3	0.03245	0.0066
R3	R4	-0.02662	0.0135
R4	R5	0.08038	0.0182
R5	R6	-0.08521	0.0101
R6	R5	0.08525	0.0100
R5	R4	-0.08038	0.0225
R4	R3	0.02655	0.0148
R3	R2	-0.03246	0.0058
R2	R1	0.02467	0.0130
R1	R11	0.03645	0.0080
R11	R10	-0.03518	0.0094
R10	R9	0.01104	0.0080
R9	R8	-0.01367	0.0080
R8	R7	0.00754	0.0102
R7	R6	-0.02967	0.0107
100	R6	1.22709	0.0476
R6	102	-3.46337	0.1044
102	101	2.32427	0.0832
101	100	-0.08786	0.0837
100	101	0.08776	0.0829
101	102	-2.32446	0.0872
102	R6	3.46350	0.0972
R6	100	-1.22693	0.0501
R6	101	-1.13906	0.0379
101	R6	1.13907	0.0379
111	R11	-1.25448	0.0059
112	R11	-2.41432	0.0059
R21	R2	-3.21025	0.0062
R31	R3	-3.02999	0.0070

Število opazovanj = 36

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 R6	R7	-1.	1.	-0.02969	87.0322
2 R7	R8	1.	-1.	-0.00754	102.2495
3 R8	R9	-1.	1.	-0.01364	141.2429
4 R9	R10	1.	-1.	-0.01104	160.7717
5 R10	R11	-1.	1.	-0.03536	142.8571
6 R11	R1	1.	-1.	-0.03649	193.7984
7 R1	R2	1.	-1.	-0.02470	64.4330

8 R2	R3	-1.	1.	-0.03245	151.2859
9 R3	R4	1.	-1.	-0.02662	74.3494
10 R4	R5	-1.	1.	-0.08038	54.9753
11 R5	R6	1.	-1.	-0.08521	99.0099
12 R6	R5	-1.	1.	-0.08525	100.1001
13 R5	R4	1.	-1.	-0.08038	44.4840
14 R4	R3	-1.	1.	-0.02655	67.6133
15 R3	R2	1.	-1.	-0.03246	171.2329
16 R2	R1	-1.	1.	-0.02467	77.1010
17 R1	R11	-1.	1.	-0.03645	125.3133
18 R11	R10	1.	-1.	-0.03518	106.1571
19 R10	R9	-1.	1.	-0.01104	124.5330
20 R9	R8	1.	-1.	-0.01367	124.2236
21 R8	R7	-1.	1.	-0.00754	97.6562
22 R7	R6	1.	-1.	-0.02967	93.6330
23 100	R6	0.	1.	0.25291	21.0261
24 R6	102	1.	-1.	-3.46337	9.5758
25 102	101	-1.	1.	-2.32427	12.0135
26 101	100	1.	0.	1.39214	11.9531
27 100	101	0.	1.	1.39224	12.0613
28 101	102	1.	-1.	-2.32446	11.4692
29 102	R6	-1.	1.	-3.46350	10.2934
30 R6	100	1.	0.	0.25307	19.9720
31 R6	101	1.	-1.	-1.13906	26.3644
32 101	R6	-1.	1.	-1.13907	26.3713
33 111	R11	1.	-1.	-1.25448	168.9189
34 112	R11	1.	-1.	-2.41432	168.6341
35 R21	R2	1.	-1.	-3.21025	160.5136
36 R31	R3	1.	-1.	-3.02999	141.8440

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaј	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
1 R6	R7	0.02969	0.00000	0.02969
2 R7	R8	-0.00754	0.00001	-0.00753
3 R8	R9	0.01364	0.00002	0.01366
4 R9	R10	-0.01104	0.00001	-0.01103
5 R10	R11	0.03536	-0.00007	0.03529
6 R11	R1	-0.03649	0.00002	-0.03647
7 R1	R2	-0.02470	0.00003	-0.02467
8 R2	R3	0.03245	0.00001	0.03246
9 R3	R4	-0.02662	0.00005	-0.02657
10 R4	R5	0.08038	0.00002	0.08040
11 R5	R6	-0.08521	-0.00001	-0.08522
12 R6	R5	0.08525	-0.00003	0.08522
13 R5	R4	-0.08038	-0.00002	-0.08040
14 R4	R3	0.02655	0.00002	0.02657
15 R3	R2	-0.03246	0.00000	-0.03246
16 R2	R1	0.02467	0.00000	0.02467
17 R1	R11	0.03645	0.00002	0.03647
18 R11	R10	-0.03518	-0.00011	-0.03529
19 R10	R9	0.01104	-0.00001	0.01103
20 R9	R8	-0.01367	0.00001	-0.01366
21 R8	R7	0.00754	-0.00001	0.00753
22 R7	R6	-0.02967	-0.00002	-0.02969
23 100	R6	1.22709	-0.00012	1.22697
24 R6	102	-3.46337	-0.00008	-3.46345
25 102	101	2.32427	0.00008	2.32435
26 101	100	-0.08786	-0.00002	-0.08788
27 100	101	0.08776	0.00012	0.08788
28 101	102	-2.32446	0.00011	-2.32435
29 102	R6	3.46350	-0.00005	3.46345
30 R6	100	-1.22693	-0.00004	-1.22697
31 R6	101	-1.13906	-0.00003	-1.13909
32 101	R6	1.13907	0.00002	1.13909
33 111	R11	-1.25448	0.00000	-1.25448
34 112	R11	-2.41432	0.00000	-2.41432
35 R21	R2	-3.21025	0.00000	-3.21025
36 R31	R3	-3.02999	0.00000	-3.02999

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.000429$

Izračunano odstopanje = 9908.97 mm ($s = 0.968$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1. \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 1.0$ mm
- mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2. \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 2.0$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
R1	100.00000	-0.22942	99.77058	0.00008
R2	100.00000	-0.25409	99.74591	0.00008
R3	100.00000	-0.22163	99.77837	0.00008
R4	100.00000	-0.24821	99.75179	0.00007
R5	100.00000	-0.16781	99.83219	0.00006
R6	100.00000	-0.25303	99.74697	0.00006
R7	100.00000	-0.22334	99.77666	0.00006
R8	100.00000	-0.23087	99.76913	0.00007
R9	100.00000	-0.21721	99.78279	0.00007
R10	100.00000	-0.22824	99.77176	0.00007
R11	100.00000	-0.19295	99.80705	0.00008
101	100.00000	-1.39212	98.60788	0.00006
102	100.00000	-3.71648	96.28352	0.00008
111	100.00000	1.06153	101.06153	0.00008
112	100.00000	2.22137	102.22137	0.00008
R21	100.00000	2.95616	102.95616	0.00008
R31	100.00000	2.80836	102.80836	0.00008

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 R6	R7	0.00500	0.00003	0.00649	0.56485
2 R7	R8	0.00457	0.00003	0.00521	0.53321
3 R8	R9	0.00352	0.00003	0.00356	0.50296
4 R9	R10	0.00329	0.00002	0.00293	0.47099
5 R10	R11	0.00373	0.00003	0.00327	0.46655
6 R11	R1	0.00296	0.00002	0.00220	0.42594
7 R1	R2	0.00619	0.00003	0.00933	0.60094
8 R2	R3	0.00293	0.00002	0.00368	0.55633
9 R3	R4	0.00618	0.00003	0.00727	0.54072
10 R4	R5	0.00829	0.00004	0.00990	0.54434
11 R5	R6	0.00458	0.00003	0.00552	0.54636
12 R6	R5	0.00458	0.00003	0.00541	0.54137
13 R5	R4	0.00829	0.00004	0.01419	0.63130
14 R4	R3	0.00618	0.00003	0.00861	0.58233
15 R3	R2	0.00293	0.00002	0.00291	0.49783
16 R2	R1	0.00619	0.00003	0.00678	0.52248
17 R1	R11	0.00296	0.00002	0.00502	0.62880
18 R11	R10	0.00373	0.00003	0.00569	0.60360
19 R10	R9	0.00329	0.00002	0.00474	0.59023
20 R9	R8	0.00352	0.00003	0.00453	0.56285
21 R8	R7	0.00457	0.00003	0.00567	0.55418
22 R7	R6	0.00500	0.00003	0.00568	0.53184
23 100	R6	0.01712	0.00006	0.03044	0.64010
24 R6	102	0.02680	0.00007	0.07763	0.74339
25 102	101	0.02574	0.00007	0.05750	0.69080
26 101	100	0.02044	0.00006	0.06322	0.75570
27 100	101	0.02044	0.00006	0.06247	0.75349
28 101	102	0.02574	0.00007	0.06145	0.70480
29 102	R6	0.02680	0.00007	0.07035	0.72416
30 R6	100	0.01712	0.00006	0.03295	0.65815
31 R6	101	0.01272	0.00005	0.02521	0.66476
32 101	R6	0.01272	0.00005	0.02520	0.66467

33	111	R11	0.00592	0.00003	0.00000	0.00000
34	112	R11	0.00593	0.00003	0.00000	0.00000
35	R21	R2	0.00623	0.00003	0.00000	0.00000
36	R31	R3	0.00705	0.00004	0.00000	0.00000

Skupno število nadštevilnosti je 19.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.52777778.

Priloga 7: Izhodni datoteki za izravnavo – 1. izmera

Prosta mreža

Izravnavo VIšinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.5.0, mar. 07

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: drugaizmera.pod

Ime datoteke za rezultate: drugaizmera.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: drugaizmera.def

Ime datoteke za S-transformacijo: drugaizmera.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: drugaizmera.koo

Datum: 11. 6.2018

Čas: 15:52:39

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R1	100.00000	Novi reper
R2	100.00000	Novi reper
R3	100.00000	Novi reper
R4	100.00000	Novi reper
R5	100.00000	Novi reper
R6	100.00000	Novi reper
R7	100.00000	Novi reper
R8	100.00000	Novi reper
R9	100.00000	Novi reper
R10	100.00000	Novi reper
R11	100.00000	Novi reper
100	100.00000	Novi reper
101	100.00000	Novi reper
102	100.00000	Novi reper
111	100.00000	Novi reper
112	100.00000	Novi reper
R21	100.00000	Novi reper
R31	100.00000	Novi reper

Število vseh reperjev = 18

Število danih reperjev = 0

Število novih reperjev = 18

Defekt mreže = 1

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

=====

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R6	R7	0.02819	0.0112
R7	R8	-0.00627	0.0101
R8	R9	0.01491	0.0080
R9	R10	-0.00991	0.0072
R10	R11	0.03492	0.0073
R11	R1	-0.03913	0.0052
R1	R2	-0.02554	0.0129
R2	R3	0.03257	0.0054
R3	R4	-0.02438	0.0152
R4	R5	0.08334	0.0104
R5	R6	-0.08875	0.0101
R6	R5	0.08879	0.0101
R5	R4	-0.08343	0.0103
R4	R3	0.02440	0.0151
R3	R2	-0.03252	0.0062
R2	R1	0.02552	0.0137
R1	R11	0.03914	0.0065
R11	R10	-0.03490	0.0080

R10	R9	0.00990	0.0069
R9	R8	-0.01490	0.0063
R8	R7	0.00631	0.0103
R7	R6	-0.02819	0.0105
R6	100	-1.22736	0.0350
100	R6	1.22740	0.0351
101	100	-0.08727	0.0697
100	101	0.08743	0.0746
R6	101	-1.14011	0.0386
101	R6	1.14019	0.0385
101	102	-2.32153	0.0697
102	101	2.32164	0.0697
R6	102	-3.46151	0.0993
102	R6	3.46175	0.0984
R11	111	1.25479	0.0059
R11	112	2.41473	0.0059
R2	R21	3.21080	0.0062
R3	R31	3.02991	0.0070

Število opazovanj = 36

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.02 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 R6	R7	-1.	1.	-0.02819	89.3655
2 R7	R8	1.	-1.	-0.00627	99.4036
3 R8	R9	-1.	1.	-0.01491	125.3133
4 R9	R10	1.	-1.	-0.00991	138.5042
5 R10	R11	-1.	1.	-0.03492	136.9863
6 R11	R1	1.	-1.	-0.03913	191.2046
7 R1	R2	1.	-1.	-0.02554	77.7605
8 R2	R3	-1.	1.	-0.03257	186.5672
9 R3	R4	1.	-1.	-0.02438	65.6168
10 R4	R5	-1.	1.	-0.08334	96.4320
11 R5	R6	1.	-1.	-0.08875	99.0099
12 R6	R5	-1.	1.	-0.08879	99.1080
13 R5	R4	1.	-1.	-0.08343	97.5610
14 R4	R3	-1.	1.	-0.02440	66.3570
15 R3	R2	1.	-1.	-0.03252	161.8123
16 R2	R1	-1.	1.	-0.02552	73.1529
17 R1	R11	-1.	1.	-0.03914	154.5595
18 R11	R10	1.	-1.	-0.03490	125.6281
19 R10	R9	-1.	1.	-0.00990	145.7726
20 R9	R8	1.	-1.	-0.01490	158.2278
21 R8	R7	-1.	1.	-0.00631	97.1817
22 R7	R6	1.	-1.	-0.02819	95.2381
23 R6	100	1.	-1.	-1.22736	28.6041
24 100	R6	-1.	1.	-1.22740	28.4657
25 101	100	1.	-1.	-0.08727	14.3410
26 100	101	-1.	1.	-0.08743	13.4012
27 R6	101	1.	-1.	-1.14011	25.9403
28 101	R6	-1.	1.	-1.14019	25.9471
29 101	102	1.	-1.	-2.32153	14.3410
30 102	101	-1.	1.	-2.32164	14.3410
31 R6	102	1.	-1.	-3.46151	10.0756
32 102	R6	-1.	1.	-3.46175	10.1616
33 R11	111	-1.	1.	-1.25479	168.9189
34 R11	112	-1.	1.	-2.41473	168.6341
35 R2	R21	-1.	1.	-3.21080	160.5136
36 R3	R31	-1.	1.	-3.02991	141.8440

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
------------------------	------------------	------------------------	-------------------------	----------------------------

1 R6	R7	0.02819	0.00001	0.02820
2 R7	R8	-0.00627	-0.00001	-0.00628
3 R8	R9	0.01491	0.00000	0.01491
4 R9	R10	-0.00991	0.00001	-0.00990
5 R10	R11	0.03492	0.00000	0.03492
6 R11	R1	-0.03913	0.00000	-0.03913
7 R1	R2	-0.02554	0.00002	-0.02552
8 R2	R3	0.03257	-0.00002	0.03255
9 R3	R4	-0.02438	0.00000	-0.02438
10 R4	R5	0.08334	0.00005	0.08339
11 R5	R6	-0.08875	-0.00001	-0.08876
12 R6	R5	0.08879	-0.00003	0.08876
13 R5	R4	-0.08343	0.00004	-0.08339
14 R4	R3	0.02440	-0.00002	0.02438
15 R3	R2	-0.03252	-0.00003	-0.03255
16 R2	R1	0.02552	0.00000	0.02552
17 R1	R11	0.03914	-0.00001	0.03913
18 R11	R10	-0.03490	-0.00002	-0.03492
19 R10	R9	0.00990	0.00000	0.00990
20 R9	R8	-0.01490	-0.00001	-0.01491
21 R8	R7	0.00631	-0.00003	0.00628
22 R7	R6	-0.02819	-0.00001	-0.02820
23 R6	100	-1.22736	-0.00004	-1.22740
24 100	R6	1.22740	0.00000	1.22740
25 101	100	-0.08727	-0.00003	-0.08730
26 100	101	0.08743	-0.00013	0.08730
27 R6	101	-1.14011	0.00000	-1.14011
28 101	R6	1.14019	-0.00008	1.14011
29 101	102	-2.32153	-0.00003	-2.32156
30 102	101	2.32164	-0.00008	2.32156
31 R6	102	-3.46151	-0.00016	-3.46167
32 102	R6	3.46175	-0.00008	3.46167
33 R11	111	1.25479	0.00000	1.25479
34 R11	112	2.41473	0.00000	2.41473
35 R2	R21	3.21080	0.00000	3.21080
36 R3	R31	3.02991	0.00000	3.02991

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.000315$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine	
R1	100.00000	-0.23013	99.76987	0.00002	
R2	100.00000	-0.25565	99.74435	0.00002	
R3	100.00000	-0.22310	99.77690	0.00002	
R4	100.00000	-0.24747	99.75253	0.00002	
R5	100.00000	-0.16408	99.83592	0.00002	
R6	100.00000	-0.25284	99.74716	0.00002	
R7	100.00000	-0.22464	99.77536	0.00002	
R8	100.00000	-0.23093	99.76907	0.00002	
R9	100.00000	-0.21602	99.78398	0.00002	
R10	100.00000	-0.22592	99.77408	0.00002	
R11	100.00000	-0.19100	99.80900	0.00002	
100	100.00000	-1.48025	98.51975	0.00004	0.7
101	100.00000	-1.39295	98.60705	0.00004	1.3
102	100.00000	-3.71451	96.28549	0.00005	-1.5
111	100.00000	1.06379	101.06379	0.00003	
112	100.00000	2.22373	102.22373	0.00003	
R21	100.00000	2.95515	102.95515	0.00003	
R31	100.00000	2.80681	102.80681	0.00003	

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
------------------------	------------------	-----	------------------------	-----	---

1 R6	R7	0.00485	0.00002	0.00634	0.56680
2 R7	R8	0.00458	0.00002	0.00548	0.54427
3 R8	R9	0.00329	0.00002	0.00469	0.58829
4 R9	R10	0.00328	0.00002	0.00394	0.54605
5 R10	R11	0.00353	0.00002	0.00377	0.51692
6 R11	R1	0.00273	0.00002	0.00250	0.47805
7 R1	R2	0.00577	0.00002	0.00709	0.55100
8 R2	R3	0.00271	0.00002	0.00265	0.49431
9 R3	R4	0.00646	0.00003	0.00878	0.57592
10 R4	R5	0.00464	0.00002	0.00573	0.55264
11 R5	R6	0.00455	0.00002	0.00555	0.54920
12 R6	R5	0.00455	0.00002	0.00554	0.54876
13 R5	R4	0.00464	0.00002	0.00561	0.54740
14 R4	R3	0.00646	0.00003	0.00861	0.57114
15 R3	R2	0.00271	0.00002	0.00347	0.56140
16 R2	R1	0.00577	0.00002	0.00790	0.57760
17 R1	R11	0.00273	0.00002	0.00374	0.57808
18 R11	R10	0.00353	0.00002	0.00443	0.55698
19 R10	R9	0.00328	0.00002	0.00358	0.52222
20 R9	R8	0.00329	0.00002	0.00303	0.48016
21 R8	R7	0.00458	0.00002	0.00571	0.55446
22 R7	R6	0.00485	0.00002	0.00565	0.53833
23 R6	100	0.01309	0.00004	0.02187	0.62560
24 100	R6	0.01309	0.00004	0.02204	0.62741
25 101	100	0.01728	0.00004	0.05245	0.75212
26 100	101	0.01728	0.00004	0.05734	0.76837
27 R6	101	0.01213	0.00003	0.02642	0.68527
28 101	R6	0.01213	0.00003	0.02641	0.68519
29 101	102	0.02252	0.00005	0.04721	0.67707
30 102	101	0.02252	0.00005	0.04721	0.67707
31 R6	102	0.02461	0.00005	0.07464	0.75201
32 102	R6	0.02461	0.00005	0.07380	0.74990
33 R11	111	0.00592	0.00002	0.00000	0.00000
34 R11	112	0.00593	0.00002	0.00000	0.00000
35 R2	R21	0.00623	0.00002	0.00000	0.00000
36 R3	R31	0.00705	0.00003	0.00000	0.00000

Skupno število nadštevilnosti je 19.00000000.
Povprečno število nadštevilnosti je 0.52777778.

Vpeta mreža

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

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

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: drugavpeta.koo

Datum: 29. 6.2018
Čas: 11:14:25

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
100	98.52000	Dani reper
R1	100.00000	Novi reper
R2	100.00000	Novi reper
R3	100.00000	Novi reper
R4	100.00000	Novi reper
R5	100.00000	Novi reper
R6	100.00000	Novi reper
R7	100.00000	Novi reper
R8	100.00000	Novi reper
R9	100.00000	Novi reper

R10	100.00000	Novi reper
R11	100.00000	Novi reper
101	100.00000	Novi reper
102	100.00000	Novi reper
111	100.00000	Novi reper
112	100.00000	Novi reper
R21	100.00000	Novi reper
R31	100.00000	Novi reper

Število vseh reperjev = 18
 Število danih reperjev = 1
 Število novih reperjev = 17

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R6	R7	0.02819	0.0112
R7	R8	-0.00627	0.0101
R8	R9	0.01491	0.0080
R9	R10	-0.00991	0.0072
R10	R11	0.03492	0.0073
R11	R1	-0.03913	0.0052
R1	R2	-0.02554	0.0129
R2	R3	0.03257	0.0054
R3	R4	-0.02438	0.0152
R4	R5	0.08334	0.0104
R5	R6	-0.08875	0.0101
R6	R5	0.08879	0.0101
R5	R4	-0.08343	0.0103
R4	R3	0.02440	0.0151
R3	R2	-0.03252	0.0062
R2	R1	0.02552	0.0137
R1	R11	0.03914	0.0065
R11	R10	-0.03490	0.0080
R10	R9	0.00990	0.0069
R9	R8	-0.01490	0.0063
R8	R7	0.00631	0.0103
R7	R6	-0.02819	0.0105
R6	100	-1.22736	0.0350
100	R6	1.22740	0.0351
101	100	-0.08727	0.0697
100	101	0.08743	0.0746
R6	101	-1.14011	0.0386
101	R6	1.14019	0.0385
101	102	-2.32153	0.0697
102	101	2.32164	0.0697
R6	102	-3.46151	0.0993
102	R6	3.46175	0.0984
R11	111	1.25479	0.0059
R11	112	2.41473	0.0059
R2	R21	3.21080	0.0062
R3	R31	3.02991	0.0070

Število opazovanj = 36

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 R6	R7	-1.	1.	-0.02819	89.3655
2 R7	R8	1.	-1.	-0.00627	99.4036
3 R8	R9	-1.	1.	-0.01491	125.3133
4 R9	R10	1.	-1.	-0.00991	138.5042
5 R10	R11	-1.	1.	-0.03492	136.9863

6 R11	R1	1.	-1.	-0.03913	191.2046
7 R1	R2	1.	-1.	-0.02554	77.7605
8 R2	R3	-1.	1.	-0.03257	186.5672
9 R3	R4	1.	-1.	-0.02438	65.6168
10 R4	R5	-1.	1.	-0.08334	96.4320
11 R5	R6	1.	-1.	-0.08875	99.0099
12 R6	R5	-1.	1.	-0.08879	99.1080
13 R5	R4	1.	-1.	-0.08343	97.5610
14 R4	R3	-1.	1.	-0.02440	66.3570
15 R3	R2	1.	-1.	-0.03252	161.8123
16 R2	R1	-1.	1.	-0.02552	73.1529
17 R1	R11	-1.	1.	-0.03914	154.5595
18 R11	R10	1.	-1.	-0.03490	125.6281
19 R10	R9	-1.	1.	-0.00990	145.7726
20 R9	R8	1.	-1.	-0.01490	158.2278
21 R8	R7	-1.	1.	-0.00631	97.1817
22 R7	R6	1.	-1.	-0.02819	95.2381
23 R6	100	1.	0.	0.25264	28.6041
24 100	R6	0.	1.	0.25260	28.4657
25 101	100	1.	0.	1.39273	14.3410
26 100	101	0.	1.	1.39257	13.4012
27 R6	101	1.	-1.	-1.14011	25.9403
28 101	R6	-1.	1.	-1.14019	25.9471
29 101	102	1.	-1.	-2.32153	14.3410
30 102	101	-1.	1.	-2.32164	14.3410
31 R6	102	1.	-1.	-3.46151	10.0756
32 102	R6	-1.	1.	-3.46175	10.1616
33 R11	111	-1.	1.	-1.25479	168.9189
34 R11	112	-1.	1.	-2.41473	168.6341
35 R2	R21	-1.	1.	-3.21080	160.5136
36 R3	R31	-1.	1.	-3.02991	141.8440

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
1 R6	R7	0.02819	0.00001	0.02820
2 R7	R8	-0.00627	-0.00001	-0.00628
3 R8	R9	0.01491	0.00000	0.01491
4 R9	R10	-0.00991	0.00001	-0.00990
5 R10	R11	0.03492	0.00000	0.03492
6 R11	R1	-0.03913	0.00000	-0.03913
7 R1	R2	-0.02554	0.00002	-0.02552
8 R2	R3	0.03257	-0.00002	0.03255
9 R3	R4	-0.02438	0.00000	-0.02438
10 R4	R5	0.08334	0.00005	0.08339
11 R5	R6	-0.08875	-0.00001	-0.08876
12 R6	R5	0.08879	-0.00003	0.08876
13 R5	R4	-0.08343	0.00004	-0.08339
14 R4	R3	0.02440	-0.00002	0.02438
15 R3	R2	-0.03252	-0.00003	-0.03255
16 R2	R1	0.02552	0.00000	0.02552
17 R1	R11	0.03914	-0.00001	0.03913
18 R11	R10	-0.03490	-0.00002	-0.03492
19 R10	R9	0.00990	0.00000	0.00990
20 R9	R8	-0.01490	-0.00001	-0.01491
21 R8	R7	0.00631	-0.00003	0.00628
22 R7	R6	-0.02819	-0.00001	-0.02820
23 R6	100	-1.22736	-0.00004	-1.22740
24 100	R6	1.22740	0.00000	1.22740
25 101	100	-0.08727	-0.00003	-0.08730
26 100	101	0.08743	-0.00013	0.08730
27 R6	101	-1.14011	0.00000	-1.14011
28 101	R6	1.14019	-0.00008	1.14011
29 101	102	-2.32153	-0.00003	-2.32156
30 102	101	2.32164	-0.00008	2.32156
31 R6	102	-3.46151	-0.00016	-3.46167
32 102	R6	3.46175	-0.00008	3.46167
33 R11	111	1.25479	0.00000	1.25479
34 R11	112	2.41473	0.00000	2.41473

35 R2	R21	3.21080	0.00000	3.21080
36 R3	R31	3.02991	0.00000	3.02991

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.000315$

Izračunano odstopanje = ***** mm ($s = 0.860$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 0.9$ mm
 - mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 1.9$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
R1	100.00000	-0.22988	99.77012	0.00005
R2	100.00000	-0.25540	99.74460	0.00005
R3	100.00000	-0.22285	99.77715	0.00005
R4	100.00000	-0.24723	99.75277	0.00005
R5	100.00000	-0.16383	99.83617	0.00004
R6	100.00000	-0.25260	99.74740	0.00004
R7	100.00000	-0.22440	99.77560	0.00004
R8	100.00000	-0.23068	99.76932	0.00005
R9	100.00000	-0.21577	99.78423	0.00005
R10	100.00000	-0.22567	99.77433	0.00005
R11	100.00000	-0.19075	99.80925	0.00005
101	100.00000	-1.39270	98.60730	0.00004
102	100.00000	-3.71426	96.28574	0.00006
111	100.00000	1.06404	101.06404	0.00006
112	100.00000	2.22398	102.22398	0.00006
R21	100.00000	2.95540	102.95540	0.00006
R31	100.00000	2.80706	102.80706	0.00006

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 R6	R7	0.00485	0.00002	0.00634	0.56680
2 R7	R8	0.00458	0.00002	0.00548	0.54427
3 R8	R9	0.00329	0.00002	0.00469	0.58829
4 R9	R10	0.00328	0.00002	0.00394	0.54605
5 R10	R11	0.00353	0.00002	0.00377	0.51692
6 R11	R1	0.00273	0.00002	0.00250	0.47805
7 R1	R2	0.00577	0.00002	0.00709	0.55100
8 R2	R3	0.00271	0.00002	0.00265	0.49431
9 R3	R4	0.00646	0.00003	0.00878	0.57592
10 R4	R5	0.00464	0.00002	0.00573	0.55264
11 R5	R6	0.00455	0.00002	0.00555	0.54920
12 R6	R5	0.00455	0.00002	0.00554	0.54876
13 R5	R4	0.00464	0.00002	0.00561	0.54740
14 R4	R3	0.00646	0.00003	0.00861	0.57114
15 R3	R2	0.00271	0.00002	0.00347	0.56140
16 R2	R1	0.00577	0.00002	0.00790	0.57760
17 R1	R11	0.00273	0.00002	0.00374	0.57808
18 R11	R10	0.00353	0.00002	0.00443	0.55698
19 R10	R9	0.00328	0.00002	0.00358	0.52222
20 R9	R8	0.00329	0.00002	0.00303	0.48016
21 R8	R7	0.00458	0.00002	0.00571	0.55446
22 R7	R6	0.00485	0.00002	0.00565	0.53833
23 R6	100	0.01309	0.00004	0.02187	0.62560
24 100	R6	0.01309	0.00004	0.02204	0.62741
25 101	100	0.01728	0.00004	0.05245	0.75212
26 100	101	0.01728	0.00004	0.05734	0.76837
27 R6	101	0.01213	0.00003	0.02642	0.68527
28 101	R6	0.01213	0.00003	0.02641	0.68519
29 101	102	0.02252	0.00005	0.04721	0.67707
30 102	101	0.02252	0.00005	0.04721	0.67707

31	R6	102	0.02461	0.00005	0.07464	0.75201
32	102	R6	0.02461	0.00005	0.07380	0.74990
33	R11	111	0.00592	0.00002	0.00000	0.00000
34	R11	112	0.00593	0.00002	0.00000	0.00000
35	R2	R21	0.00623	0.00002	0.00000	0.00000
36	R3	R31	0.00705	0.00003	0.00000	0.00000

Skupno število nadštevilnosti je 19.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.52777778.