

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Šapek, B. 2012. Analiza natančnosti nivelirja Leica DNA 10 za potrebe višinske zakoličbe obvoznice v Radljah ob Dravi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B.): 42 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



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

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

This is original version of final thesis.

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

Šapek, B. 2012. Analiza natančnosti nivelirja Leica DNA 10 za potrebe višinske zakoličbe obvoznice v Radljah ob Dravi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B.): 42 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER GEODEZIJA V
INŽENIRSTVU

Kandidat:

BOŠTJAN ŠAPEK

**ANALIZA NATANČNOSTI NIVELIRJA LEICA DNA 10
ZA POTREBE VIŠINSKE ZAKOLIČBE OBVOZNICE V
RADLJAH OB DRAVI**

Diplomska naloga št.: 382/GI

**ANALYSIS OF THE ACCURACY LEVELS LEICA DNA
10 FOR THE HEIGHT SETTING OUT BYPASS IN
RADLJE OB DRAVI**

Graduation thesis No.: 382/GI

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:

viš. pred. mag. Samo Drobne

Član komisije:

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Ljubljana, 20. 09. 2012

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **Boštjan Šapek** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Analiza natančnosti nivelirja Leica DNA 10 za potrebe višinske zakoličbe obvoznice v Radljah ob Dravi**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ravne na Koroškem, 2012

Boštjan Šapek

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.54(043.2)
Avtor:	Boštjan Šapek
Mentor:	doc.dr. Božo Koler
Naslov:	Analiza natančnosti nivelirja Leica DNA 10 za potrebe višinske zakoličbe obvoznice v Radljah ob Dravi
Obseg in oprema:	42 str., 9 pregl., 17 sl., 33 en., 11 pril.
Ključne besede:	digitalni nivelir, ISO standard, obvoznica Radlje ob Dravi, preizkus, analiza natančnosti, zakoličevanje

Izvleček

Diplomska naloga obravnava preizkus natančnosti digitalnega nivelirja Leica DNA 10 po ISO standardu 17123 – 2. Opravljen je bil popolni preizkus z invar nivelmansko lato ter z navadno kodirano nivelmansko lato. S preizkusom smo preverili ali je možno z različnima nivelmanskima latama doseči natančnost, ki jo navaja proizvajalec s standardnim odklonom kilometra dvojnega nivelmana. Natančnost, določena po omenjenem ISO standardu, je bila uporabljena za oceno primernosti izbranega instrumenta za potrebe višinske zakoličbe obvoznice v Radljah ob Dravi. Tako je v diplomski nalogi predstavljen potek dela meritev ter izračun višin poligonskih točk z navezavo na reper R6 ob sami izgradnji obvoznice.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.54(043.2)
Author: Boštjan Šapek
Supervisor: Assist. prof. Božo Koler, Ph.D.
Title: Analysis of the accuracy levels Leica DNA 10 for the height setting out bypass in Radlje ob Dravi.
Notes: 42 p., 9 tab., 17 fig., 33 eq., 11 enc.
Key words: digital levels, ISO standard, bypass Radlje ob Dravi, test, analysis of accuracy, setting out

Abstract

Graduation thesis deals with testing the accuracy of digital levels Leica DNA 10 after ISO standard 17123 – 2. There has been a complete test with the invar levelling staff and a code levelling staff. With the test we checked if it is possible to achieve accuracy specified by the manufacturer with standard deviation per km double levelling with two different levelling staffs. Accuracy determined by the ISO standard was used to assess the suitability of the chosen instrument for setting out of the bypass heights. The thesis presents the process of measurements and calculation of height of polygon points with reference to benchmark R6 at the construction of the bypass.

ZAHVALA

Pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Božu Kolerju za uporabne nasvete in napotke.

Zahvaljujem se tudi podjetju Geodet-AP d.o.o., pri katerem sem si izposodil digitalni nivelir in potrebno opremo za meritve na terenu.

Zahvala gre tudi prijateljem, ki so mi pomagali pri terenskih meritvah.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	GEOMETRIČNI NIVELMAN	2
2.1	Osnovni princip nivelmana	2
2.2	Natančnost nivelirja	3
2.3	Preizkus in rektifikacija preciznih nivelirjev	3
2.3.1	Preizkus glavnega pogoja pri nivelirjih	4
3	DIGITALNI NIVELIR LEICA DNA 10	8
3.1	Tehnične lastnosti	9
4	PREIZKUS NATANČNOSTI DIGITALNIH NIVELIRJEV PO STANDARDU ISO 17123 - 2	10
4.1	Poenostavljen preizkus nivelirja	11
4.2	Popolni preizkus nivelirja	14
5	PREDSTAVITEV OBVOZNICE RADLJE OB DRAVI	21
5.1	Potek trase obvoznice	22
6	PRIPRAVA PODATKOV PRED TERENSKO IZMERO	23
6.1	Podatki o višinski mreži na območju Radelj ob Dravi	23
6.2	Kontrola stabilnosti reperja R6	25
7	TERENSKA IZMERA	28
7.1	Vzpostavitev mreže in stabilizacija točk	28
7.2	GNSS - RTK izmera poligonskih točk	28
7.3	Preizkus nehorizontalnosti vizurne osi pred samo meritvijo	30
7.4	Nivelmanska izmera poligonskih točk	31
7.4.1	Uporabljena programska oprema in obdelava meritev	31
7.5	Primerjava višin določenih z GNSS izmero in geometričnim nivelmanom	37
7.6	Analiza višin projektirane ceste, ter obstoječe ceste	37
7.7	Višinska zakoličba obvoznice	38
8	ZAKLJUČEK	40
VIRI	42

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnične lastnosti nivelirja Leica DNA 10	9
Preglednica 2: Statistični testi empiričnih standardnih odklonov	18
Preglednica 3: Koordinate poligonskih točk pridobljene z GNSS izmero	29
Preglednica 4: Razlika višin izmerjenih z GNSS izmero	29
Preglednica 5: Izračun merjenih višinskih razlik med točkami v eno smer (tja)	33
Preglednica 6: Izračun merjenih višinskih razlik med točkami v drugo smer (nazaj)	33
Preglednica 7: Kontrola obojestransko merjenih višinskih razlik	35
Preglednica 8: Izravnane višine poligonskih točk z oceno natančnosti	36
Preglednica 9: Primerjava višin pridobljenih z GNSS višinomerstvom in geometričnim nivelmanom	37

KAZALO SLIK

Slika 1: Postavitev za preizkus nivelirja iz sredine in krajišča.....	5
Slika 2: Postavitev za preizkus po Förstneru.....	6
Slika 3: Postavitev za preizkus po Nābaueru	6
Slika 4: Postavitev za preizkus po Kukkamākiju	7
Slika 5: Digitalni nivelir Leica DNA 10.....	8
Slika 6: Niveliranje iz sredine	11
Slika 7: Niveliranje s krajišča.....	12
Slika 8: Invar nivelmanska lata vpeta v stojalo in podložka	14
Slika 9: Postavitev za popolni preizkus po ISO standardu 17123 - 2	15
Slika 10: Potek trase obvoznice.....	22
Slika 11: Topografija reperja R6 v K.O. Radlje ob Dravi.....	24
Slika 12: Topografija uničenega reperja R6 z nadmorsko višino 355,7484 m.	25
Slika 13: Topografija reperja R7 v K.O. Radlje ob Dravi.....	26
Slika 14: GSI format in razlaga kod	32
Slika 15: Grafični prikaz nivelmanskega poligona.....	34
Slika 16: Projekt obvoznice od profila 114 do 122	38
Slika 17: Prenos višine na teren.....	39

KAZALO PRILOG

Priloga A: Terenski podatki meritev poenostavljenega preizkusa ISO standarda.....	43
Priloga B: Obdelava podatkov za poenostavljen preizkus ISO standarda.....	44
Priloga C: Terenski podatki meritev ISO standarda 17123 – 2.....	45
Priloga D: Obdelava podatkov za popolni preizkus ISO standarda 17123 - 2.....	47
Priloga E: Terenski podatki meritev ISO standarda 17123 – 2 z navadno kodirano lato.....	49
Priloga F: Obdelava podatkov za popolni preizkus ISO standarda 17123 – 2 z navadno kodirano lato.....	50
Priloga G: Terenski podatki kontrole stabilnosti reperja R6 v GSI formatu.....	52
Priloga H: Kontrola stabilnosti reperja R6.....	53
Priloga I: Terenski podatki v GSI formatu.....	54
Priloga J: Vhodna datoteka *.pod za izravnavo.....	56
Priloga K: Rezultat izravnave.....	57

1 UVOD

Za klasično izmero višinske razlike med točkami lahko uporabljamo metodo trigonometričnega višinomerstva ali pa geometrični nivelman. Trigonometrično višinomerstvo je določanje višinskih razlik med dvema točkama, na osnovi izmerjene zenitne razdalje oziroma vertikalnega kota in horizontalne razdalje. Določanje višinskih razlik med dvema točkama pri geometričnem nivelmanu poteka z uporabo nivelirja, gre za instrument ki nam zagotavlja horizontalno optično linijo ali vizuro.

V geodeziji se vse bolj uporabljajo elektronske naprave pri meritvah na terenu, saj z hitrim razvojem tehnologije dosegamo kakovostne rezultate meritev. Tako z uporabo sodobnega digitalnega nivelirja delo opravimo hitreje in bolj ekonomično, ter z enako natančnostjo, kot smo do sedaj počeli s klasičnim nivelirjem. Elektronika nam omogoča avtomatsko odčitavanje s kodiranih nivelmanskih lat, ter njihovo shranjevanje v pomnilnik nivelirja. Vendar pa morajo vsi ti digitalni nivelirji dosegati določene standarde natančnosti, ki jih navaja proizvajalec in zagotavljati pravilno delovanje.

Diplomska naloga obravnava preizkus treh glavnih pogojev nivelirja, ter predstavitev standarda ISO 17123 – 2 za določitev natančnosti digitalnih nivelirjev, ki je podana z empiričnim standardnim odklonom, za en kilometer dvojnega nivelmana. Po omenjenem standardu sem na terenu preizkusil digitalni nivelir Leica DNA 10.

Natančnost določena po standardu ISO 17123 - 2 bo uporabljena za oceno primernosti izbranega instrumenta za višinsko zakoličevanje obvoznice v Radljah ob Dravi. V diplomski nalogi bo opravljena tudi analiza ujemanja projektiranih višin z dejanskim stanjem na terenu.

2 GEOMETRIČNI NIVELMAN

Pri geometričnem nivelmanu gre za metodo določitve višinske razlike med izbranimi točkami. Geometrični nivelman je ena od dveh klasičnih geodetskih metod za določanje tretje koordinate v 3D prostoru (druga metoda je trigonometrično višinomerstvo). Na osnovi izračunane višinske razlike med izbranimi točkami določimo višino nove točke z upoštevanjem višine izhodišča.

Geometrični nivelman spada med najnatančnejše geodetske operacije, ker je:

- merski postopek enostaven,
- teorija vplivov pogreškov na merjenje višinske razlike razdelana do podrobnosti.

Metodo geometričnega nivelmana uporabljamo pri prenašanju višin iz reperja na poligonske točke, ter pri zakoličbi višin.

2.1 Osnovni princip nivelmana

Višinsko razliko med dvema točkama določimo z nivelirjem, ki nam zagotavlja horizontalno optično linijo ali vizuro, ter čitanjem razdelbe na vertikalno postavljenih nivelmanskih latah. S čitanjem late zadaj, ter late spredaj dobimo višinsko razliko med dvema točkama po naslednji enačbi:

$$\Delta h = l_z - l_s \quad (1)$$

kjer so:

Δh ... višinska razlika med dvema točkama

l_z ... odčitek na lati zadaj

l_s ... odčitek na lati spredaj

Pri večjih oddaljenostih med točkami in pri večjih višinskih razlikah določimo višinsko razliko s pomočjo izmenišč, kjer vedno niveliramo iz sredine, saj s tem zmanjšamo vpliv refrakcije, ukrivljenosti Zemlje, ter nehorizontalnosti vizurne osi. Izmenišča pa so začasno stabilizirane točke, za katere uporabimo podložke (»žabe«, glej sliko 8).

2.2 Natančnost nivelirja

Za izvajanje geodetskih del instrumentarij in metodo izmere izberemo glede na zahtevano natančnost izvajanja geodetskih del. Proizvajalci natančnost nivelirja podajo s standardno deviacijo na kilometer dvojnega nivelmana.

Delitev nivelirjev glede na natančnost (Deumlich, 2002):

- nivelirji majhne natančnosti $\sigma_{\Delta h} > 10$ mm/km
- nivelirji srednje natančnosti 3 mm/km $< \sigma_{\Delta h} < 1$ mm/km
- nivelirji visoke natančnosti 1 mm/km $< \sigma_{\Delta h} < 3$ mm/km
- nivelirji zelo visoke natančnosti 0.5 mm/km $< \sigma_{\Delta h} < 1$ mm/km
- nivelirji najvišje natančnosti $\sigma_{\Delta h} < 0.5$ mm/km

Natančnost nivelirjev se od manj natančnih ločijo glede na tehnične lastnosti, kot so občutljivost libele, vrsta kompenzatorja in povečava daljnogleda. Pri elektronski nivelirjih se natančnost izboljša z občutljivejšimi elektronskimi senzorji, s dodatno programsko opremo, ki omogoča sprotno kontrolo in kontrolo sistematičnih pogreškov.

Poleg tega, da imamo kvaliteten nivelir visoke natančnosti, povečamo kvaliteto in natančnost meritev ob upoštevanju pogojev okolja, ter z uporabo preciznih invar nivelmanskih lat.

2.3 Preizkus in rektifikacija preciznih nivelirjev

S preizkusom in rektifikacijo si zagotovimo pravilne pogoje za delovanje nivelirja, pri tem moramo preizkusiti tri glavne pogoje (Vodopivec, 1988).

1. Vrtilna os nivelirja mora biti navpična in pravokotna na ravnino dozne libele, kar pomeni da mora Z-os nivelirja biti vertikalna. Pri tem prvem preizkusu preizkušamo dozno libelo v dveh pravokotnih položajih. Rektifikacijo lahko opravimo sami z vznožnimi vijaki.
2. Za drugi preizkus mora biti prečna nit nitnega križa vodoravna. Pogoj preizkušamo tako, da nivelir postavimo pred zid na razdalji 30-40m, kjer si izberemo dobro vidno in definirano višinsko točko, naviziramo jo z levim delom horizontalne niti nitnega križa in nato z desnim delom nitnega križa. Če je prečna nit zares vodoravna, potem na obeh koncih nitnega križa tangira na izbrano točko. Rektifikacijo opravimo s korekcijskimi vijaki nitnega križa, tako da postane prečna nit vodoravna. Morebitni preostanek nehorizontiranosti odpravimo s metodo dela. To pomeni, da viziramo čim bližje vertikalni niti.
3. Tretji pogoj imenujemo tudi glavni pogoj, saj mora biti vizurna os po prehodu skozi kompenzator horizontalna, če dozna libela vrhuni.

2.3.1 Preizkus glavnega pogoja pri nivelirjih

Za preizkus horizontalnosti vizurne osi imajo sodobni digitalni nivelirji vgrajene ustrezne programe, ki omogočajo preizkus po različnih metodah in nas vodijo skozi celoten potek preizkusa. Na osnovi preizkusa programa nivelir izračuna vrednost pogreška nehorizontiranosti oziroma kot nagiba vizurne osi. Ta vrednost se zapiše v pomnilnik nivelirja, ki se nato upošteva pri odčitkih na nivelmanskih latak.

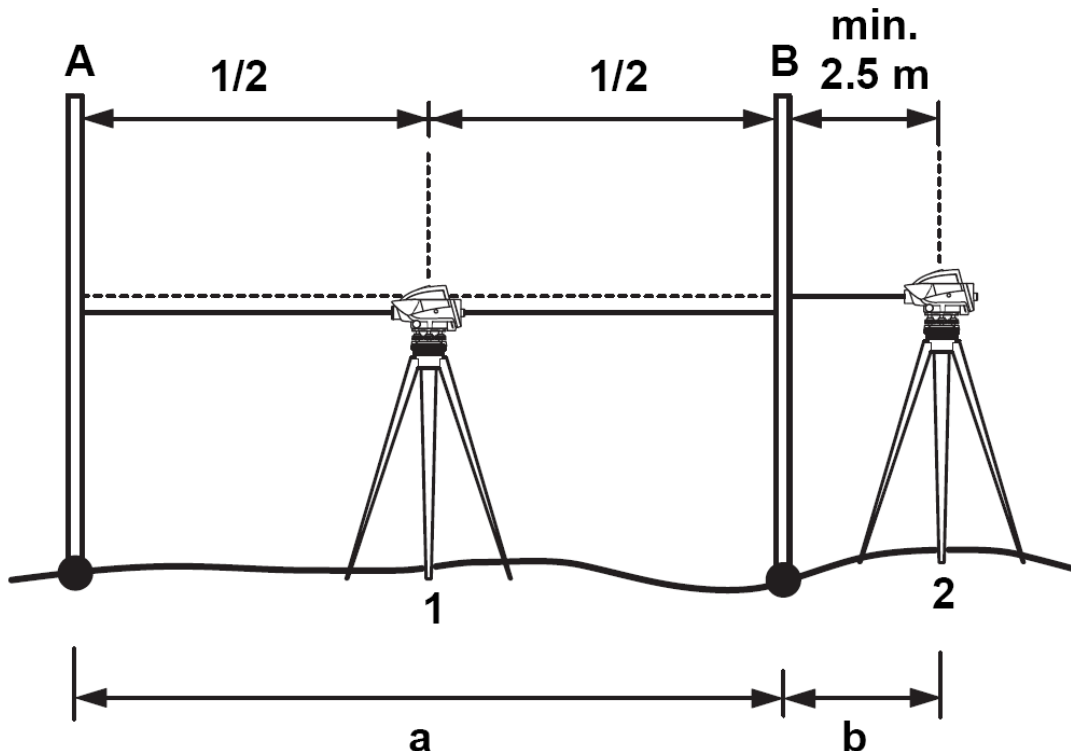
Pri meritvah, kjer vemo da bodo različne dolžine merjenj, predhodno opravimo preizkus glavnega pogoja za nivelir.

a) Preizkus nivelirja iz sredine in s krajišča

Pri tem postopku si na ravnem terenu izberemo dve točki na razdalji 30 m, ter jo dobro stabiliziramo. Nato nivelir postavimo na stojišče 1 (glej sliko 1), ki je med točkama A in B, ter z merjenjem na lato A zadaj, ter lato B spredaj dobimo višinsko razliko med točkama.

Za niveliranje iz krajišča je postavitve nivelirja malenkost drugačna. Nivelir postavimo na stojišče 2, ki je od late B oddaljen minimalno 2,5 m.

Pomanjkljivost tega načina je različna oddaljenost nivelirja od late, kar pomeni merjene pri različnem položaju fokusirnih leč in s tem pogrešek nestabilnosti vizure.



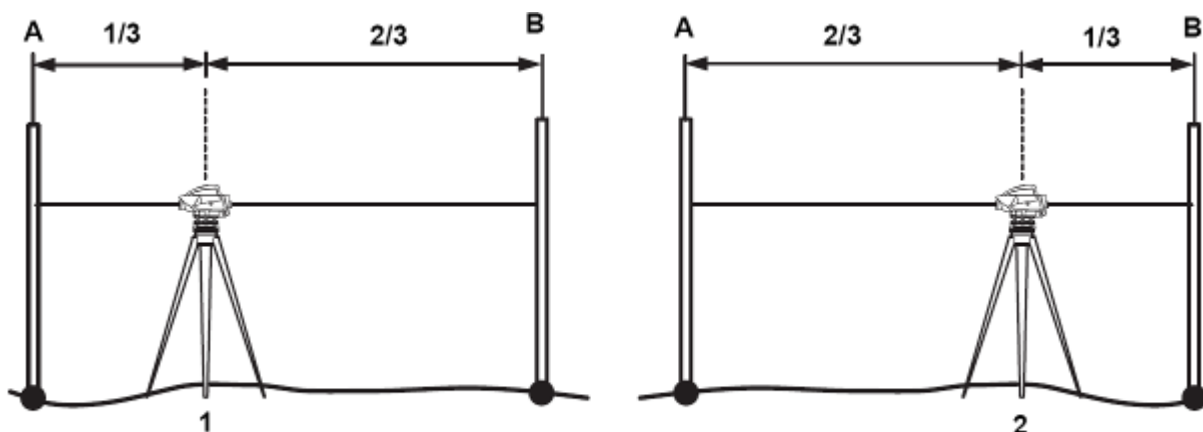
Slika 1: Postavitve za preizkus nivelirja iz sredine in krajišča

- dolžina: $a = 30$ m
- dolžina: $b > 2,5$ m

b) Förstnerjev način

Pri tej metodi sta nivelmanski lati A in B postavljeni na oddaljenosti 45 – 60 m. Nivelir je postavljen med latama v razmerju dolžine 1:2 v vsakem položaju.

Ta način je primeren tako za običajne kot za precizne nivelirje. Pri tem preizkusu je premik fokusirnih leč majhen, vendar je slabost v tem, da ne niveliramo iz sredine.

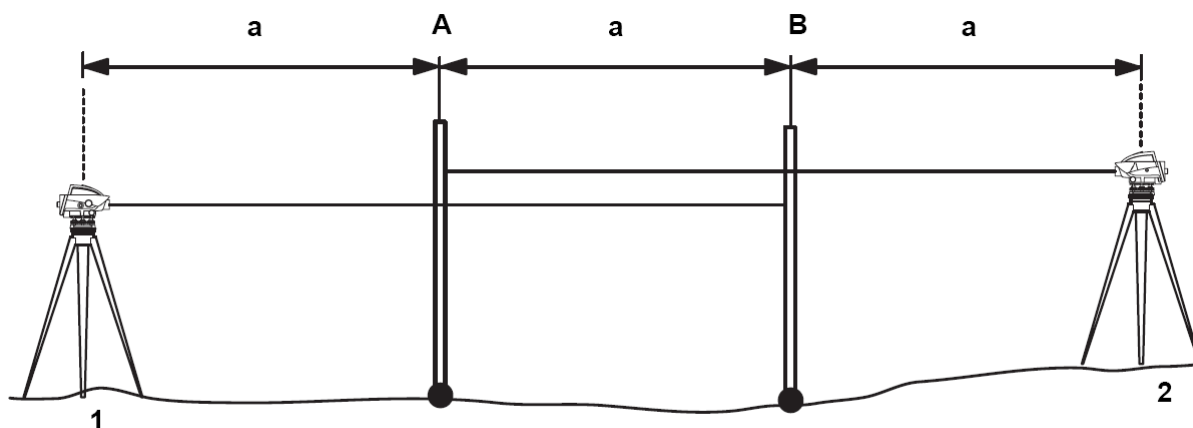


Slika 2: Postavitev za preizkus po Förstneru

c) Näbauerjev način

Uporabljamo za precizne nivelirje. Premik fokusirnih leč je podoben ko pri Förstnerjevem načinu. Pomanjkljivost tega preizkusa je v tem, da niveliramo iz krajišča in da lati obrnemo za 180° .

Postavitev nivelmanskih lat je v oddaljenosti 15 – 20 m, nivelir pa postavimo na zunanjo stran lat, kot je prikazano na sliki 3.



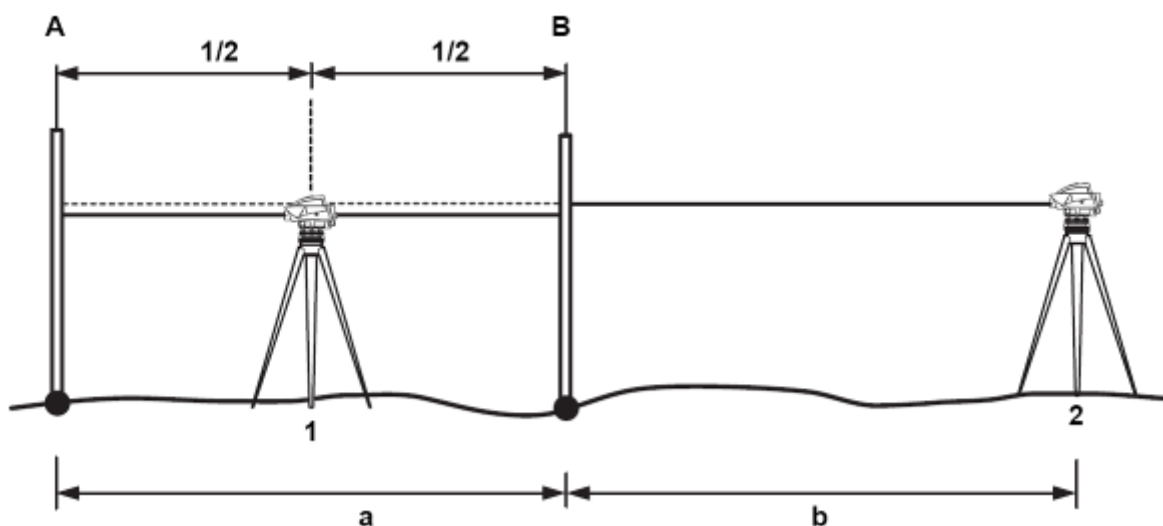
Slika 3: Postavitev za preizkus po Näbaueru

- dolžina: $a = 15 - 20$ m

d) Kukkamäkijev način

Preizkus se uporablja za precizne nivelirje. Premik fokusirnih leč je najmanjši, tako od Nábauerjevega načina ter Förstnerjevega način. Niveliramo iz sredine in nato še s krajišča, edina pomanjkljivost je, da eno od nivelmanskih lat obrnemo za 180° .

Nivelir je najprej postavljen na stojišče 1 (slika 4), ki je med latama A in B v oddaljenosti 20 metrov, ter merimo nazaj na lato A in nato naprej na lato B. Potem nivelir postavimo na stojišče 2, ki je od late B oddaljeno 20 metrov in niveliramo iz krajišča tako da merimo najprej na lato A in nato na lato B.



Slika 4: Postavitev za preizkus po Kukkamäkiju

- dolžina: $a = 20$ m
- dolžina: $b = 20$ m

3 DIGITALNI NIVELIR LEICA DNA 10

Digitalni nivelir Leica DNA 10 je sodoben nivelir, ki nam omogoča določitev višinske razlike z milimetrsko natančnostjo. Proizvajalec navaja natančnosti glede na uporabo vrste nivelmanskih lat, kar je vidno v preglednici 1. Poleg visoke natančnosti nam omogoča shranjevanje podatkov v vgrajen pomnilnik, ter izpisovanje odčitkov na nivelmanskih latah na zaslon nivelirja.

Nivelir je pri geodetskem delu pomemben za izmero višinskih razlik med točkami, ter višinske zakoličbe in izmero nivelmanskih mrež.



Slika 5: Digitalni nivelir Leica DNA 10

3.1 Tehnične lastnosti

Preglednica 1: Tehnične lastnosti nivelirja Leica DNA 10

Natančnost	Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana (ISO 17123 – 2)
Elektronska meritev:	
- z invar nivelmansko lato	0,9 mm
- plastično nivelmansko lato	1,5 mm
Optična meritev	2,0 mm
Merjenje dolžine	1 cm / 20 m (500ppm)
Mersko območje	
Elektronska meritev	1,8 m – 110 m
Optična meritev	od 0,6 m
Resolucija odčitka	0.1 mm
Čas meritev	3 s
Merilni načini	posamezno, povprečno, mediana, ponavljajoče se posamezne meritve
Merilni programi	meritev in shranjevanje, zakoličba
Shranjevanje podatkov	
Vgrajen pomnilnik	6000 meritev ali 1650 stojišč
Zunanji pomnilnik	PCMCIA kartica (ATA-Flash/SRAM/CF)
Izmenjava podatkov	GSI 8/GSI 16/XML/format
Povečava daljnogleda	24 x
Kompenzator	
Tip kompenzatorja	nihalo z magnetnim dušenjem
Delovno območje	±10'
Natančnost	0,8"
Zaslón	LCD, 8 linij na 24 znakov
Teža	2,8 kg (z baterijo GEB111)
Okoljski pogoji	
Delovna temperatura	-20° C do +50° C
Temperatura skladiščenja	-40° C do +70° C
Vlažnost	95%, brez kondenzacije

4 PREIZKUS NATANČNOSTI DIGITALNIH NIVELIRJEV PO STANDARDU ISO 17123 - 2

Mednarodna organizacija za standardizacijo (International Organization for Standardization; kratica ISO) je mednarodno združenje nacionalnih organizacij za standardizacijo, v katero je vključeno preko 140 držav, je bila ustanovljena 23. februarja 1947.

(http://sl.wikipedia.org/wiki/Mednarodna_organizacija_za_standardizacijo).

ISO standardi, ki so sprejeti tudi za geodezijo, standardizirajo načine in metode dela za izvajanje meritev. Poleg tega so sprejeti tudi standardi za preizkus geodetskih merskih instrumentov. Tako proizvajalci geodetskih instrumentov navajajo natančnost instrumenta, ki naj bi bila deklarirana v skladu z ISO standardom.

Tehnična komisija TC172/SC 6 – Geodetski in merski instrumenti je sprejela skupino standardov ISO 17123, ki obsega naslednje standarde:

- ISO 17123 - 1: Teorija (nanaša se na optiko in optične instrumente)
- ISO 17123 - 2: Nivelirji
- ISO 17123 - 3: Teodolit
- ISO 17123 - 4: Elektronski razdaljemerji
- ISO 17123 - 5: Elektronski tahimetri
- ISO 17123 - 6: Ploskovni laserski nivelirji
- ISO 17123 - 7: Grezila
- ISO 17123 - 8: GNSS sprejemniki

Na osnovi ISO standarda, v katerem je opisan celoten postopek preizkusa instrumenta, lahko preizkus geodetskih instrumentov opravimo tudi sami. Digitalni nivelir sem preizkusil po ISO standardu 17123 – 2, ki opisuje dva različna terenska postopka določitve natančnosti nivelirja:

- poenostavljen preizkus,
- popolni preizkus.

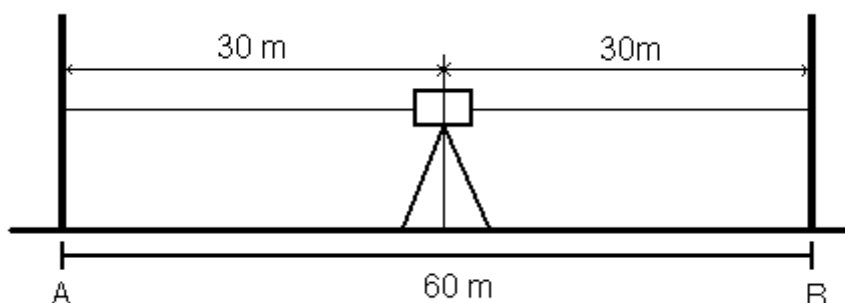
4.1 Poenostavljen preizkus nivelirja

S poenostavljenim preizkusom preverimo ali natančnosti nivelirja ustreza dovoljenim odstopanjem za višinsko zakoličevanje točk, ki so zapisana v standardu ISO 4463-1. Poenostavljen preizkus temelji na omejenem številu opazovanj, zato ni možno določiti statistično značilnega standardnega odklona. Za določitev statistično značilnega standardnega odklona, je potrebno uporabiti popolni preizkus (glej poglavje 4.2). Poenostavljen preizkus je bil opravljen z navadno kodirano nivelmansko lato.

Preizkus nivelirja poteka med dvema točkama A in B v dveh serijah. Razdalja med točkama znaša 60 metrov. Prvo serijo meritev izvedemo iz sredine in drugo s krajišča. Pred začetkom meritev pustimo nivelir, da se prilagodi na temperaturo okolja. Za vsako stopinjo temperaturne razlike počakamo 2 minuti.

a) Prva serija meritev - niveliranje iz sredine

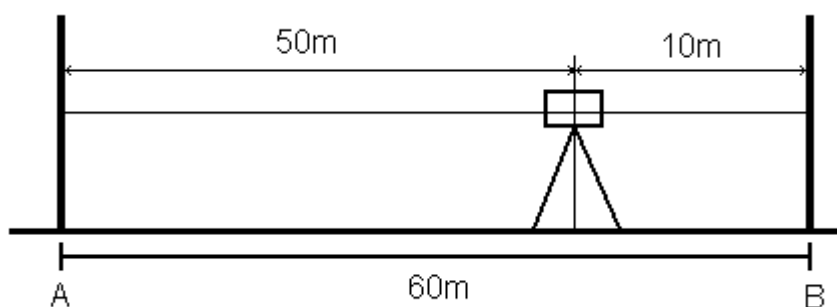
Nivelir je postavljen na sredini med točkama A in B, na katerih sta postavljeni nivelmanski lati. Dolžina vizure je tako 30 m, tako se zmanjša vpliv refrakcije in ukrivljenosti Zemlje na meritev, ter eliminira vpliv nehorizontalnosti vizurne osi. V desetih serijah merimo višinsko razliko med točkama A in B. Vsako serijo meritev izvedemo pri različni višini nivelirja. Po petih serijah meritev preostale meritve izvedemo v obrnjenem zaporedju. Tako merimo naprej na točko B in nato na točko A.



Slika 6: Niveliranje iz sredine

b) Druga serija meritev - niveliranje s krajišča

V drugi seriji meritev je nivelir postavljen 10 m od točke A in 50 m od točke B. Potek meritev poteka isto kot v prvi seriji, kjer niveliramo iz sredine.



Slika 7: Niveliranje s krajišča

c) Izračun in ocena natančnosti

Podatki terenskih meritev za poenostavljen preizkus nivelirja se nahajajo v prilogi A. Obdelava podatkov pridobljenih na terenu se nahaja v prilogi B.

Iz prve serije meritev izračunamo merjeno višinsko razliko med točkama A in B za vsako serijo po naslednji enačbi:

$$\Delta h_j = X_{A,j} - X_{B,j} \quad (2)$$

Δh_j ... višinska razlika posamezne serije

$j = 1, \dots, 10$ število serij za merjenje iz sredine

Aritmetična sredina merjenih višinskih razlik prve serije predstavlja najverjetnejšo vrednost merjene višinske razlike med točkama A in B:

$$\overline{\Delta h_1} = \frac{\sum_{j=1}^{10} \Delta h_j}{10} \quad (3)$$

$\overline{\Delta h_1}$... aritmetična sredina višinskih razlik prve serije meritev, ki v mojem primeru znašala -0,2496 m.

Nadalje izračunamo odstopanje med pravo vrednostjo in posamezno merjeno višinsko razliko med točkama A in B:

$$\Delta j = \overline{\Delta h_1} - \Delta h_j \quad (4)$$

Δj ... odstopanje v posamezni seriji

Izračun je pravilen, če je izpolnjen pogoj, da je seštevek odstopanj posameznih serij enak 0:

$$\sum_{j=1}^{10} \Delta j = 0 \quad (5)$$

Empirični standardni odklon višinske razlike, dobljen iz meritev prve serije se izračuna po naslednji enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} \Delta_j^2}{n-1}} \quad (6)$$

Pri preizkusu nivelirja, s katerim bodo izvedene višinske izmere za potrebe višinske zakoličbe točk obvoznice Radlje ob Dravi, sem dobil oceno natančnosti 0,50 mm (glej prilogo B).

Iz merjenih višinskih razlik iz druge serije meritev (s krajišča), si izračunamo aritmetično sredino merjenih višinskih razlik po naslednji enačbi:

$$\overline{\Delta h_2} = \frac{\sum_{j=11}^{20} \Delta h_j}{10} \quad (7)$$

$\overline{\Delta h_2}$... aritmetična sredina višinskih razlik druge serije meritev, ki v mojem primeru znašala -0,2495 m.

$j = 11 \dots 20$ serije merjene s krajišča

Vrednotenje dobljenih rezultatov opravimo na osnovi izračuna odstopanja, ki mora izpolnjevati naslednji pogoj: $|\overline{\Delta h_1} - \overline{\Delta h_2}| < 2,5 * s$. Če ta pogoj ni izpolnjen, je potrebno preveriti horizontalnost vizurne osi ali zmanjšati maksimalno razdaljo opazovanj. V mojem primeru je odstopanje znašalo 0,15 mm (glej prilogo B), tako je izpolnjen zgoraj navedeni pogoj, saj je $0,15 \text{ mm} < 0,50 \text{ mm}$

4.2 Popolni preizkus nivelirja

Pri popolnem preizkusu nivelirja je rezultat preizkusa izražen kot empirična standardni odklon 1 km dvojnega nivelmana. Tako lahko s popolnim preizkusom določimo (Fonda, 2007):

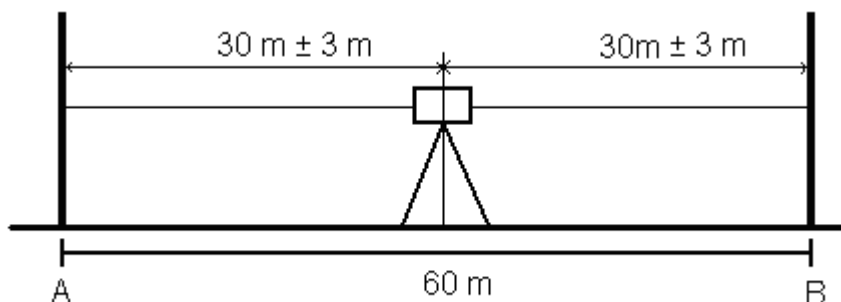
- empirično natančnost nivelirja ene merske ekipe z enim instrumentom in pripadajočo opremo v določenem času,
- empirično natančnost enega instrumenta v nekem časovnem obdobju,
- empirične natančnosti različnih nivelirjev, z namenom primerjave njihovih doseženih natančnosti, ki bodo pridobljene pri podobnih terenskih pogojih.

Preizkus poteka iz sredine, kjer je nivelir postavljen med dvema točkama A in B na oddaljenosti $30\text{ m} \pm 3\text{ m}$ od vsake točke. Točki A in B morata biti dobro stabilizirani. Za popolni preizkus uporabljamo precizne invar late s kodno razdelbo.



Slika 8: Invar nivelmanska lata vpeta v stojalo in podložka

Meritve izvajamo na čim bolj ravnem in trdnem terenu, kjer se poizkušamo izogniti direktnemu osončenju, najbolj primeren čas preizkusa je zgodaj zjutraj ob oblačnem vremenu, da zmanjšamo vpliv refrakcije in premik kolimacijske osi. Pred samim začetkom meritev pustimo nivelir, da se prilagodi na temperaturo okolice (glej poglavje 4.1).



Slika 9: Postavitev za popolni preizkus po ISO standardu 17123 - 2

a) Prva in druga serija meritev

Pri popolnem preizkusu v prvi seriji izvedemo 20 meritev višinske razlike med točkama A in B. Vsako meritev višinske razlike izvedemo pri različni višini nivelirja, tako da spremenimo višino vizure in malenkost premaknemo nivelir. Po 10 serijah meritev preostale meritve potekajo v obrnjenem zaporedju, najprej merimo na točko B in nato na točko A.

V drugi seriji nivelmaske late na točkah A in B zamenjamo in izvedemo naslednjo serijo 20. meritev. Meritve potekajo enako kot pri prvi seriji.

b) Izračun in ocena natančnosti

Podatki terenskih meritev za popolni preizkus po standardu ISO 17123 – 2 se nahajajo v prilogi C. Obdelava podatkov pridobljenih na terenu se nahaja v prilogi D.

Najprej si izračunamo višinsko razliko med točkama A in B, iz vseh serij meritev, po naslednji enačbi:

$$\Delta h_j = X_{A,j} - X_{B,j} \quad (8)$$

Δh_j ... višinska razlika za posamezno serijo

$$j = 1, \dots, 40$$

Izračunana aritmetična sredina merjenih višinskih razlik prve in druge serije predstavlja najverjetnejšo vrednost merjene višinske razlike med točkama A in B:

$$\overline{\Delta h_1} = \frac{\sum_{j=1}^{20} \Delta h_j}{20} \quad (9)$$

$\overline{\Delta h_1}$... aritmetična sredina merjenih višinskih razlik prve serije meritev, ki je v mojem primeru znašala 0,3723 m.

$$\overline{\Delta h_2} = \frac{\sum_{j=21}^{40} \Delta h_j}{20} \quad (10)$$

$\overline{\Delta h_2}$... aritmetična sredina višinskih razlik druge serije meritev, ki je v mojem primeru znašala 0,3724 m.

Nato si izračunamo odstopanje aritmetične sredine višinskih razlik po naslednji enačbi:

$$\delta = \overline{\Delta h_1} - \overline{\Delta h_2} \quad (11)$$

δ ... razlika aritmetičnih sredin višinskih razlik, ki je v mojem primeru znašala 0,0001 m.

Odstopanje med najverjetnejšo vrednostjo in posamezno merjeno višinsko razliko med točkama A in B si izračunamo po enačbi:

$$r_j = \overline{\Delta h_1} - \overline{\Delta h_j}; j = 1, \dots, 20 \quad (12)$$

$$r_j = \overline{\Delta h_2} - \overline{\Delta h_j}; j = 21, \dots, 40 \quad (13)$$

r_j = razlika med aritmetično sredino višinskih razlik in merjeno višinsko razliko med točkama in B.

Izračun višinskih razlik je pravilen, če je izpolnjen pogoj:

$$\sum_{j=1}^{20} r_j = 0 \quad (14)$$

$$\sum_{j=21}^{40} r_j = 0 \quad (15)$$

Za oceno natančnosti si izračunamo vsoto kvadratov odstopanj po enačbi:

$$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 = \sum_{j=1}^{20} r_j^2 + \sum_{j=21}^{40} r_j^2 \quad (16)$$

$\sum_{j=1}^{40} r_j^2$... seštevek kvadratov vseh razlik r_j , v mojem primeru znaša 3,136E-06 m.

Empirični standardni odklon višinske razlike, dobljen iz meritev vseh serije, izračunamo po naslednji enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{n}} \quad (17)$$

s ... empirični standardni odklon, ki v mojem primeru znaša 0,28 mm.

n ... število prostostnih stopenj

Empirični standardni odklon niveliranja nivelmanske linije 1 km v obe smeri, si izračunamo po enačbi:

$$s_{ISO-LEV} = \frac{s}{\sqrt{2}} * \sqrt{\frac{1000m}{60m}} = s * 2,89 \quad (18)$$

$s_{ISO-LEV}$... empirični standardni odklon, za en kilometer dvojnega nivelmana znaša 0,83 mm.

c) Statistična analiza

Pri popolnem preizkusu izvajamo tudi statistično analizo, ki nam poda odgovore na naslednja vprašanja:

- 1) Ali je izračunan empirični standardni odklon $s_{ISO-LEV}$ manjši, kot ga je navedel proizvajalec nivelirja?
- 2) Ali sta dva empirična standardna odklona, ki sta pridobljena iz dveh različnih vzorcev meritev in pripadata isti populaciji, s predpostavko, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj, primerljiva?

Tako testiramo empirična standardna odklona, ki jih pridobimo na osnovi:

- dveh vzorcev meritev z istim instrumentom, vendar različnima opazovalcema,
- dveh vzorcev meritev z istim instrumentom v različnem času,
- dveh vzorcev meritev z različnimi instrumenti.

3) Ali je razlika aritmetičnih sredin višinskih razlik enaka nič?

Vsi testi so testirani s stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ s številom prostostnih stopenj $n = 38$.

Preglednica 2: Statistični testi empiričnih standardnih odklonov

Vprašanje	Ničelna hipoteza	Alternativna hipoteza
1)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
2)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
3)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

c1) Odgovor na prvo vprašanje

S statističnim testom ničelne hipoteze se ugotavlja ali je empirični standardni odklon, manjši ali enak teoretični ali vnaprej določeni vrednosti. Ničelno hipotezo sprejmemo, če je izpolnjen naslednji pogoj

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(n)}{n}} \quad (19)$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(38)}{38}} \quad (20)$$

$$\chi_{0,95}^2(38) = 53,38 \quad (21)$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{53,38}{38}} \quad (22)$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,19 \quad (23)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo.

Glede na opravljene meritve, ki sem jih izvedel na terenu znaša vrednost s 0,83 mm (glej prilogo D). Vrednost σ je vnaprej določena s strani proizvajalca in znaša 0,9 mm (glej preglednico 1). Tako dobimo izračun:

$$s \leq 0,9mm * 1,19 \quad (24)$$

$$0,83mm \leq 1,07mm \quad (25)$$

Ker je empirični standardni odklon manjši od vnaprej določene vrednosti, lahko sprejemem ničelno hipotezo.

c2) Odgovor na drugo vprašanje

Ker nimamo na voljo dveh empiričnih standardnih odklonov, ki jih pridobimo iz dveh različnih vzorcev opazovanj, ki pripadata isti populaciji, ob predpostavki, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj, odgovora na drugo vprašanje ne moremo testirati.

c1) Odgovor na tretje vprašanje

Pri zadnjem testu ugotavljamo razliko aritmetičnih sredin višinskih razlik prve in druge serije meritev. Hipoteze ne zavrnemo, če je vrednost $\overline{\Delta h_1}$ enaka $\overline{\Delta h_2}$:

$$|\delta| \leq s_\delta \cdot t_{1-\alpha/2}(n) \quad (26)$$

$$|\delta| \leq s_\delta \cdot t_{0,975}(38) \quad (27)$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{10}} \quad (28)$$

$$t_{0,975}(38) = 2,02 \quad (29)$$

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{10}} \cdot 2,02 \quad (30)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo.

Vrednost $|\delta|$ znaša 0,14 mm in je manjša od vrednosti 0,18 mm. Glede na dobljen rezultat se lahko sprejme ničelno hipotezo.

d) Popolni preizkus z navadno kodirano lato

Višinska izmera za potrebe zakoličevanja točk po višini, se bo izvajala z navadno nivelmansko lato s kodirano razdelbo. Ker me je zanimalo, ali tudi v tem primeru nivelir omogoča natančnost niveliranja, ki ga navaja proizvajalec, sem izvedel popolni preizkus tudi z navadno kodirano nivelmansko lato.

Podatki terenskih meritev za popolni preizkus z navadno kodirano lato po standardu ISO 17123 – 2 se nahajajo v prilogi E. Obdelava podatkov pridobljenih na terenu se nahaja v prilogi F. Opravljena je bila tudi statistična analiza za navadno kodirano nivelmansko lato.

d1)Odgovor na prvo vprašanje

Glede na opravljene meritve, ki sem jih izvedel na terenu znaša vrednost empiričnega standardnega odklona 1,35 mm. Vrednost σ je vnaprej določena s strani proizvajalca in znaša 1,5 mm, ker je empirični standardni odklon manjši od vnaprej določene vrednosti, lahko sprejemem ničelno hipotezo.

d2)Odgovor na drugo vprašanje

Odgovora na drugo vprašanje ne moremo podati, ker nimam na voljo dveh empiričnih standardnih odklonov iz dveh različnih vzorcev opazovanj.

d3) Odgovor na tretje vprašanje

Pri tem testu ugotavljamo razliko aritmetičnih sredin višinskih razlik prve in druge serije meritev. Glede na opravljene meritve lahko sprejemem ničelno hipotezo, saj vrednost $|\delta|$ znaša 0,16 mm in je manjša od vrednosti 0,30 m, glej enačbo (30).

5 PREDSTAVITEV OBVOZNICE RADLJE OB DRAVI

Mesto Radlje ob Dravi leži v središču Dravske doline med Dravogradom in Mariborom, ter tik ob Avstrijski meji. Trenutno tranzitni promet poteka skozi center mesta, ki ima v skladu s svojo večstoletno zgodovino, tipično trško podobo strnjenih meščanskih hiš. Obstoječa cesta I. reda, z oznako G1-1, na nekaterih delih ne zadošča predpisom o minimalni oddaljenosti objektov od roba vozišča in ne ustreza kriterijem za zagotavljanje prometne varnosti vsem udeležencem v prometu, s tem je onemogočeno varno in hitro odvijanje prometa, predvsem pa cesta ni primerna za srečevanje tovornih vozil.

Reševanje odvijanja prometa skozi Radlje ob Dravi poteka v dveh fazah. V prvi fazi je bil z izgradnjo viadukta v dolžini 165 m čez dolino Radeljskega potoka rešen problem radeljskih klancev. Viadukt je bil dokončno zgrajen in odprt za promet v letu 2003. V drugi fazi se gradi obvoznica v dolžini 2724 m, ki bo potekala ob južnem obrobju mesta.

Druga faza izgradnje obvoznice obsega:

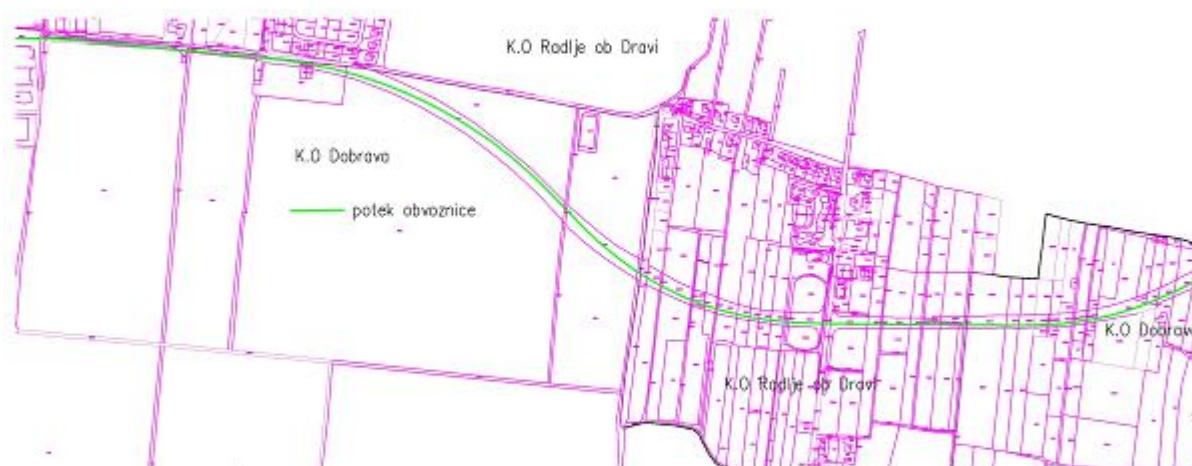
- rušitev objekta nogometnega stadiona,
- prestavitev žičnice posameznih hmeljišč in prestavitev cevovoda namakalnega sistema,
- vozišče v dolžini 2.724 metrov,
- štiri križišča,
- eno krožišče,
- akvadukt, skupne dolžine 40,0 m in širine 7,09 m,
- protihrupne ukrepe (preplastitev obvoznice z ustrezno absorpcijsko podlago, ograja v dolžini 340 m in dodatna pasivna zaščita varovanih prostorov),
- ureditev potoka v območju prečkanja z obvoznico,
- ureditev odvodnjavanja,
- ureditev javne razsvetljave na območju križišč, prometne opreme in signalizacije.

[\(http://www.dc.gov.si/si/financiranje_s_sredstvi_eu/obvoznica_rادلje/\)](http://www.dc.gov.si/si/financiranje_s_sredstvi_eu/obvoznica_rادلje/)

5.1 Potek trase obvoznice

Obvoznica poteka skozi dve katastrski občini in sicer:

- v katastrski občini Radlje ob Dravi (0804) na parcelah št. 908/4, 127/7, 130/9, 908/4, 147/6, 161/43, 893/3, 810/9, 809/4, 808/4, 806/4, 803/3, 802/6, 804/2, 793/4, 787/4, 788/4, 784/3, 783/3, 776/3, 775/18, 774/3, 773/3, 774/4, 775/19, 905/3, 755/3, 753/3, 749/4, 748/3, 744/4, 743/3, 741/4, 738/3, 740/2, 739/2, 906/4, 523/2, 904/3 in 521/2.
- v katastrski občini Dobrava (0805) na parcelah št. 30/2, 30/3, 717/2, 33/2, 35/5, 34/2, 35/4, 719/3, 36/3, 37/5, 283/3, 284/3, 285/3, 286/3, 287/3, 288/3, 292/3, 295/3, 296/5, 299/3, 300/6, 302/4, 303/2, 305/4, 305/3, 306/3, 309/3, 315/3, 317/2, 318/7, 318/9, 815/5, 320/3, 321/3, 322/9, 323/6 in 324/4.



Slika 10: Potek trase obvoznice

6 PRIPRAVA PODATKOV PRED TERENSKO IZMERO


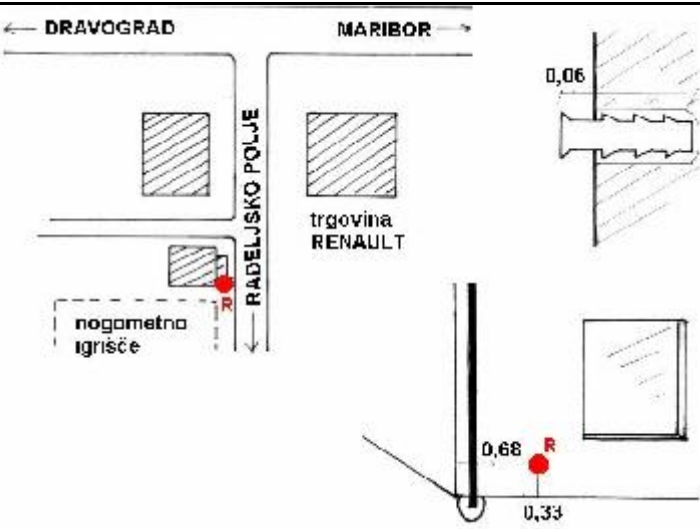
Preden se odpravimo na teren si v pisarni pridobimo vse potrebne podatke in informacije, ki jih bomo potrebovali na terenu. Od izbranega izvajalca gradbenih del na obvoznici si pridobimo projekt celotne obvoznice, kjer vidimo kako je obvoznica umeščena v prostor.

Na geodetski upravi pridobimo zadnje stanje katastrskega načrta v digitalni obliki, kjer vidimo potek katastrskih mej. Pri pregledu katastrskega načrta in projekta pregledamo, ali trasa obvoznice poteka čez parcele, ki so za to predvidene. Pri tem moramo paziti da obvoznica ne posega v tuje zemljišče.

6.1 Podatki o višinski mreži na območju Radelj ob Dravi

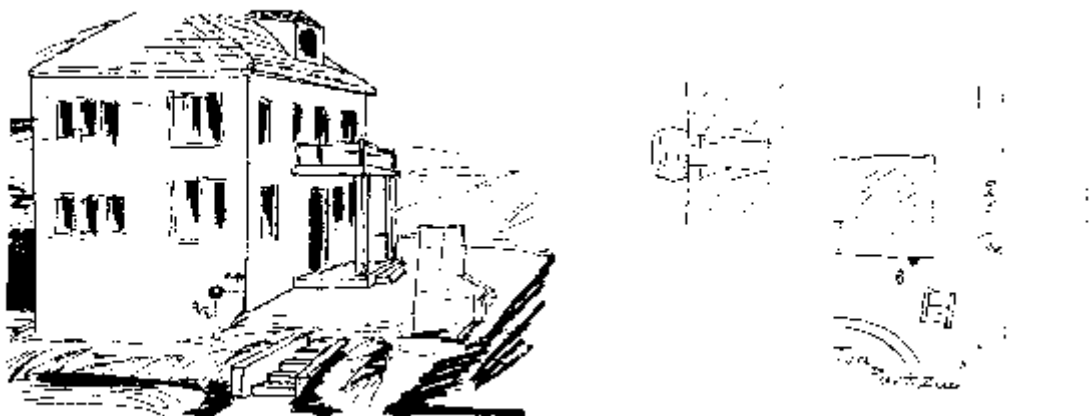
Na osnovi pregleda nivelmanske mreže, ki je stabilizirana na območju Radelj ob Dravi, sem pridobil podatke za reper R6, ki je stabiliziran v sami bližini obvoznice in se nahaja v katastrski občini Radlje ob Dravi z nadmorsko višino 355,681 m, kar je razvidno iz topografije reperja. Vse podatke o reperjih in topografijah dobimo na geodetski upravi ali preko aplikacije na internetni strani <http://e-prostor.gov.si/>.

Šifra za red, vrsto mreže	0
Št. nivelmanskega poligona	11f
Št. reperja	6
Ime reperja	-
Leto stabilizacije reperja	1995
Način stabilizacije	2 - Horizontalna
Šifra oblike reperja	7 - Horizontalni konični (stožčasti) 2r=50mm
Nadmorska višina	355.681
Leto meritve	2000
Zaporedna številka sanacije točke	-
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben
Šifra IOGU	51
Šifra katastrske občine	804
Ime katastrske občine	RADLJE OB DRAVI
Št. parcele	-
Koordinata Y	517595
Koordinata X	163025
Koordinata fi (stopinje)	46
Koordinata fi (minute)	36
Koordinata fi (sekunde)	41
Koordinata lambda (stopinje)	15
Koordinata lambda (minute)	13
Koordinata lambda (sekunde)	47
Ime datoteke, kjer so izračunane višine	NVN11f.XLS
Tekstualni opis	V VRTCU, PRISOJA 6, RADLJE OB DRAVI
Opomba	V ISTEM OBJEKTU JE BIL NEKOČ REPER ŠT.6 (UNIČEN) IZ MN RADLJE
List TTN5	5 G 28-38
List TK25	004-3-4
Podatki o topografiji	9000406

Slika 11: Topografija reperja R6 v K.O. Radlje ob Dravi

Pri tem sem moral paziti, da nisem uporabil podatkov o reperju iz leta 1972, ki je bil stabiliziran v isti objekt.



Slika 12: Topografija uničenega reperja R6 z nadmorsko višino 355,7484 m.

6.2 Kontrola stabilnosti reperja R6

Za kontrolo stabilnosti reperja R6 sem izmeril višinsko razliko do sosednjega reperja R7 z nadmorsko višino 365,8203 m, kar je razvidno iz topografije reperja.

Šifra za red, vrsto mreže	0
Št. nivelmanskega poligona	11f
Št. reperja	7
Ime reperja	-
Leto stabilizacije reperja	1972
Način stabilizacije	2 - Horizontalna
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrični
Nadmorska višina	365.8203
Leto meritve	2000
Zaporedna številka sanacije točke	1
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben
Šifra IOGU	51
Šifra katastrske občine	804
Ime katastrske občine	RADLJE OB DRAVI
Št. parcele	-

Koordinata Y	517642
Koordinata X	163388
Koordinata fi (stopinje)	46
Koordinata fi (minute)	36
Koordinata fi (sekunde)	52
Koordinata lambda (stopinje)	15
Koordinata lambda (minute)	13
Koordinata lambda (sekunde)	48
Ime datoteke, kjer so izračunane višine	NVN11f.XLS
Tekstualni opis	V STAVBI MARIBORSKA C.20 NASPROTI PEKARNE OB C.DRAVOGR.- MB.
Opomba	-
List TTN5	5 G 28-38
List TK25	004-3-4
Podatki o topografiji	2133245

Slika 13: Topografija reperja R7 v K.O. Radlje ob Dravi

Višinsko razliko sem izmeril v obe smeri. Dovoljeno odstopanje za merjeno višinsko razliko si izračunamo po enačbi (Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk, 1981):

$$\Delta dop[mm] = \pm 2 * \sqrt{d[km] + 0,04 * d^2[km]} \quad (31)$$

Izračunana razlika med merjeno višinsko razliko naprej in nazaj znaša 0,4 mm (glej prilogo H), kar je bistveno manj od dovoljenega odstopanja izračunanega po enačbi 31, ki znaša 1,3

mm. Če primerjamo merjeno višinsko razliko 10,137 m z višinsko razliko izračunano iz nadmorskih višin reperjev 10,139 m ugotovimo, da je razlika 2 mm.

Na osnovi natančnosti nivelirja, ki je bila določena s preizkusim po ISO standardu, lahko ugotovimo, da je razlika v mejah natančnosti niveliranja, zato lahko sklepamo, da je reper R6 stabilen in primeren, kot višinsko izhodišče za planirano izgradnjo obvoznice Radlje ob Dravi.

7 TERENSKA IZMERA

7.1 Vzpostavitev mreže in stabilizacija točk

Vzdolž obvoznice so stabilizirane poligonske točke, ki so na razdalji od 100 m – 150 m, ki nam predstavljajo geodetsko mrežo. Točke nam služijo za detajlno izmero in zakoličbo obvoznice med samo izgradnjo.

Točke so stabilizirane začasno z lesenim količkom in zabitim žebljem vanj. Točka je zaščitena s koli in označevalnim trakom, da ne bi prišlo do poškodbe točke v času gradnje.

Ker je sama geodetska mreža postavljena na ravnem in odprtem terenu nam omogoča tudi kvalitetne meritve GNSS opazovanj, saj ni fizičnih ovir, ki bi vplivale na sprejem signala.

7.2 GNSS - RTK izmera poligonskih točk

Koordinate poligonskih točk sem pridobil z GNSS – RTK izmero, kar pomeni da sem s pomočjo GPS sprejemnika opravil meritve točk. Za izmero sem uporabil Leica GPS 1200 sprejemnik, ter se preko GSM povezave povezal z referenčno postajo in tako kar na terenu pridobil koordinate (X, Y, Z) poligonskih točk, ki se nahajajo v preglednici 3.

Preglednica 3: Koordinate poligonskih točk pridobljene z GNSS izmero

Točka	X [m]	Y [m]	Z [m]
690001	516452,669	163384,498	358,342
690002	516758,467	163326,585	357,325
690003	516905,810	163277,032	356,995
690004	517043,169	163203,182	355,995
690005	517158,048	163101,685	355,425
690006	517284,577	162928,238	355,008
690007	517499,400	162919,522	356,658
690008	517378,435	162978,589	354,718
690009	516601,631	163344,990	354,165

Zaradi geometrijske razporeditve satelitov, ki se v času meritev spreminja, sem meritve na poligonskih točkah izvedel v treh serijah. Na vsaki točki sem GNSS meritev izvajal 3 minute. V enem dnevu sem izvedel dve seriji meritev. Prva serija meritev je bila izvedena zjutraj, ter druga serija meritev proti večeru. Čez dva dni sem izvedel še tretjo serijo meritev. Rezultati meritev so predstavljeni v spodnji preglednici.

Preglednica 4: Razlika višin izmerjenih z GNSS izmero

Točka	Serija	Višina [m]	Srednja višina	Razlika [mm]
	1	358,343		-1
690001	2	358,341	358,342	1
	3	358,342		0
	1	357,325		0
690002	2	357,325	357,325	0
	3	357,326		-1
	1	356,995		0
690003	2	356,995	356,995	0
	3	356,995		0

	1	355,998		-3
690004	2	355,994	355,995	1
	3	355,992		3
	1	355,425		0
690005	2	355,419	355,425	6
	3	355,431		-6
	1	355,010		-2
690006	2	355,006	355,008	2
	3	355,007		1
	1	356,660		-2
690007	2	356,658	356,658	0
	3	356,655		3
	1	354,725		-7
690008	2	354,712	354,718	6
	3	354,718		0
	1	354,165		0
690009	2	354,170	354,165	-5
	3	354,161		4

7.3 Preizkus nehorizontalnosti vizurne osi pred samo meritvijo

Preizkus nehorizontalnosti vizurne osi sem izvedel po Kukkamäkiju. Celoten potek izračuna opravi nivelir, saj operaterja vodi čez celoten potek preizkusa.

Najprej si v glavnem meniju izberemo opcijo »**Check & Adjust**«, ter nato vrsto preizkusa izmere:

- **A x Bx**, gre za niveliranje iz sredine in s krajišča Kukkamäkiju,
- **A xx B**, uporabljamo za izmero po metodi Förstner ali Näbauer.

Nato sledimo navodilom, ki ti jih navaja nivelir. Rezultat preizkusa je izračun vrednosti pogreška nehorizontalnosti oziroma kot nagiba vizurne osi, ki je znašala 1,21". Ker se vrednost shrani v pomnilnik nivelirja, se za vsak odčitek na nivelmanski lati izračuna ustrezní popravek.

7.4 Nivelmanska izmera poligonskih točk

Samo mesto Radlje ob Dravi leži na nadmorski višini 371 m, potek obvoznice je južno od samega centra mesta, ki je nekoliko nižje. Tako je projektirana nadmorska višina obvoznice od 340 m do 360 m. Za navezavo višinske zakoličbe obvoznice, smo uporabili reper R6, ki je najbližje obvoznici.

Meritve sem izvajal v jutranjih urah, saj je takrat vpliv refrakcije na vizurno os najmanjši. Meritve sem izvedel z digitalnim nivelirjem Leica DNA 10 in navadno kodirano nivelmansko lato. Pred izmero sem postavil nivelir in počakal, da se je prilagodil na temperaturo okolja. Po vklopu nivelirja sem ustvaril delovišče z imenom OBVOZNICA, kamor so se zapisovali odčitki na nivelmanski lati. Merjene višinske razlike sem meril obojestransko.

7.4.1 Uporabljena programska oprema in obdelava meritev

S programom Leica Geo Office sem izračunal merjene višinske razlike med poligonskimi točkami. Merjene višinske razlike sem izravnal s pomočjo programa VimWin. Za ostale pomožne račune sem uporabil MS Excel.

a) Izračun merjenih višinskih razlik z Leica Geo Office

Za izračun merjenih višinskih razlik sem uporabil program Leica Geo Office, ki je priložen nivelirju. V program sem uvozil datoteko s podatki meritev, ki sem jih pridobil na terenu. Datoteka z meritvami je v prilogi I in je v GSI formatu.

Primer podatkov GSI formata in razlaga kod:

```
*410026+?.....1
*110027+0REPER6 83..26+03556810
*110028+0REPER6 32...6+00925211 331.26+00001961
*110029+00690009 32...6+00973775 332.26+000016603
*110030+00690009 573..6-00048564 574..6+01898987 83..26+03542128
*110031+00690009 32...6+00486151 331.26+000013485
    ↓      ↓      ↓      ↓      ↓      ↓
Zaporedna  Ime     Koda   Dolžina Koda   Odčitek na
številka   točke
odčitka   lati
```

Slika 14: GSI format in razlaga kod

Kode imajo sledeči pomen:

- koda 83 prikazuje višino,
- koda 32 prikazuje izmerjeno dolžino od nivelirja pa do nivelmanske late,
- koda 573 prikazuje razliko dolžin merjeno nazaj in naprej,
- koda 574 prikazuje skupno dolžino merjeno nazaj in naprej,
- koda 331 prikazuje odčitek late merjeno zadaj,
- koda 332 prikazuje odčitek late merjeno naprej.

Na začetku datoteke se pojavi koda *410026+?.....1, ki označuje postopek odčitavanja na nivelmanskih latah. V našem primeru je bila uporabljena metoda (BF), odčitek na nivelmanski lati zadaj in nato odčitek na nivelmanski lati spredaj.

Prvo moramo v programu ustvariti nov projekt, ki ga poljubno poimenujemo, ter izbrati ustrezen instrument (v našem primeru DNA). Z ukazom »import raw data« uvozimo datoteko s podatki meritev, ki jih predhodno pridobimo na terenu. Podatki se nam prikažejo v tabeli, kar je razvidno iz preglednic 6 in 7.

Preglednica 5: Izračun merjenih višinskih razlik med točkami v eno smer (tja)

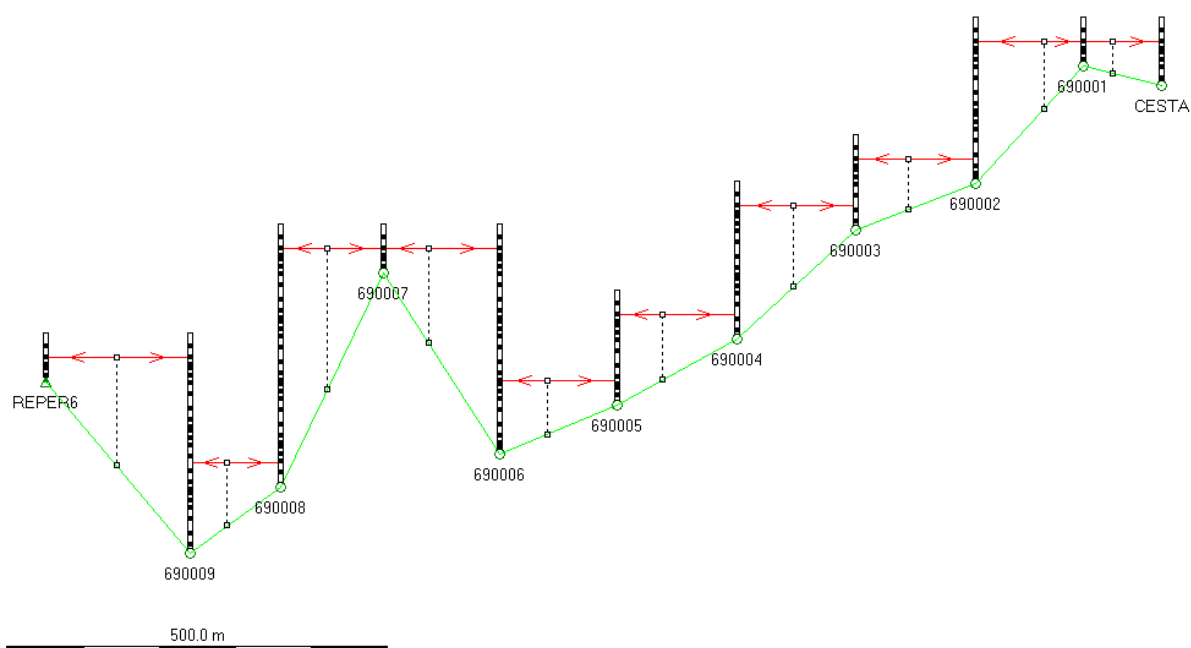
Point Id	Stored Status	Ortho,Hgt,	Delta Hgt,
REPER6	No	355,6810	0
690009	No	354,2168	-1,4642
690008	No	354,7806	0,5638
690007	No	356,6172	1,8366
690006	No	355,0641	-1,5531
690005	No	355,4822	0,4181
690004	No	356,0509	0,5687
690003	No	356,9824	0,9315
690002	No	357,3861	0,4037
690001	No	358,3923	1,0062
CESTA	No	358,2222	-0,1701

Preglednica 6: Izračun merjenih višinskih razlik med točkami v drugo smer (nazaj)

Point Id	Stored Status	Ortho,Hgt,	Delta Hgt,
CESTA	No	358,2222	0,0000
690001	No	358,3922	0,1700
690002	No	357,3849	-1,0073
690003	No	356,9815	-0,4034
690004	No	356,0519	-0,9296
690005	No	355,4826	-0,5693
690006	No	355,0652	-0,4174
690007	No	356,6175	1,5523
690008	No	354,7800	-1,8375
690009	No	354,2255	-0,5545
REPER6	No	355,6841	1,4586

Višinska razlika med reperjem R6 in obstoječo cesto znaša 2,54 m.

Program Leica Geo Office omogoča tudi grafični prikaz merjenega nivelmanskega poligona (glej sliko 15).



Slika 15: Grafični prikaz nivelmanskega poligona

b) Kontrola obojestransko merjenih višinskih razlik

Pri merjenju višinskih razlik naprej in nazaj, mora biti razlika manjša od dovoljenega odstopanja, ki si ga izračunamo po enačbi (Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk, 1981):

$$\Delta dop[mm] = \pm 4 * \sqrt{d[km] + 0,04 * d^2[km]} \quad (32)$$

Preglednica 7: Kontrola obojestransko merjenih višinskih razlik

OD	DO	$\Delta h[mm]$	$\Delta h[mm]$	DOLŽINA [m]	RAZLIKA [mm]	$\Delta dop[mm]$	$\frac{\rho^2}{d} [mm^2]$	
R6	690009	-1,4642	1,4586	190,15	-5,6	1,8	164,9	
690009	690008	0,5638	-0,5545	118,75	9,3	1,4	728,3	
690008	690007	1,8366	-1,8375	135,3	-0,9	1,5	5,9	
690007	690006	-1,5531	1,5523	153,25	-0,8	1,6	4,1	
690006	690005	0,4181	-0,4174	153,95	0,7	1,6	3,1	
690005	690004	0,5687	-0,5693	157,2	-0,6	1,6	2,2	
690004	690003	0,9315	-0,9296	156,55	1,9	1,6	23,1	
690003	690002	0,4037	-0,4034	157,8	0,3	1,6	0,5	
690002	690001	1,0062	-1,0073	141,6	-1,1	1,5	8,5	
690001	CESTA	-0,1701	0,17	102,3	-0,1	1,3	0,1	
							$\left[\frac{\rho^2}{d} \right]$	947,17/47,91 ¹
							σ_L (mm)	4,85/1,22 ²

Oceno natančnosti si izračunamo po enačbi:

$$\sigma_L^2 = \frac{1}{4n_L} \left[\frac{\rho^2}{d} \right] \quad (33)$$

Kjer so:

σ_L . . . standardni odklon pri niveliranju nivelmanskih linij,

n_L . . . število nivelmanskih linij,

ρ . . . odstopanje merjene višinske razlike posamezne nivelmanske linije v milimetrih,

d . . . dolžina posamezne nivelmanske linije v kilometrih

Pri prvih dveh višinskih razlikah presegamo odstopanje od dopustnega, sklepam da je do tega prišlo, ker so v času meritev že potekala gradbena dela s težko gradbeno mehanizacijo. Veliko

¹ Vsota brez prvih dveh nivelmanskih linij, kjer odstopanje presega dovoljeno odstopanje!

² Ocena natančnosti brez linij, kjer odstopanje presega dovoljeno odstopanje!

odstopanje pri obojestransko nivelirani višinski razlik zelo vpliva tudi na oceno natančnosti (σ_L je 4,85 mm - glej preglednico 7). Tako je jasno, da bi v tem primeru moral ponoviti meritve med točkami R6, 690009 in 690008, vendar so jih gradbinci na terenu uničili.

c) Izravnava višinskih razlik s programom VimWin

Za izravnavo višinskih razlik sem uporabil program VimWin, ki izvede izravnavo na posredni način, saj je število enačb popravkov opazovanj enako številu opazovanj, zato je dana možnost računalniške obdelave izravnave. Za izvedbo izravnave sem moral pripraviti vhodno datoteko s podatki, v katero sem vnesel izmerjene višinske razlike, višino in oznako reperja, ter približne višine poligonskih točk, ki so bile določene z GNSS višinomerstvo. Vhodna datoteka s podatki se nahaja v prilogi J.

Rezultat celotne izravnave se nahaja v prilogi K in vsebuje izravnane višine poligonskih točk z oceno natančnosti niveliranja, ki znaša 6 mm in določitev nadmorske višine točk (glej preglednico 8).

Preglednica 8: Izravnane višine poligonskih točk z oceno natančnosti

Točka	h[m]	Natančnost določitve h[mm]
690001	358,391	5,7
690002	357,384	5,4
690003	356,980	5,0
690004	356,050	4,6
690005	355,481	4,2
690006	355,063	3,7
690007	356,616	3,2
690008	354,779	2,7
690009	354,220	2,1
CESTA	358,221	5,9

7.5 Primerjava višin določenih z GNSS izmero in geometričnim nivelmanom

Pri GNSS višinerstvu določimo nadmorske višine točk na osnovi izmerjenih elipsoidnih višin in interpoliranih geoidnih višin iz ustreznega modela geoida. Za Slovenijo velja izračun ploskve geoida iz leta 2000 (Kuhar et al., 2011).

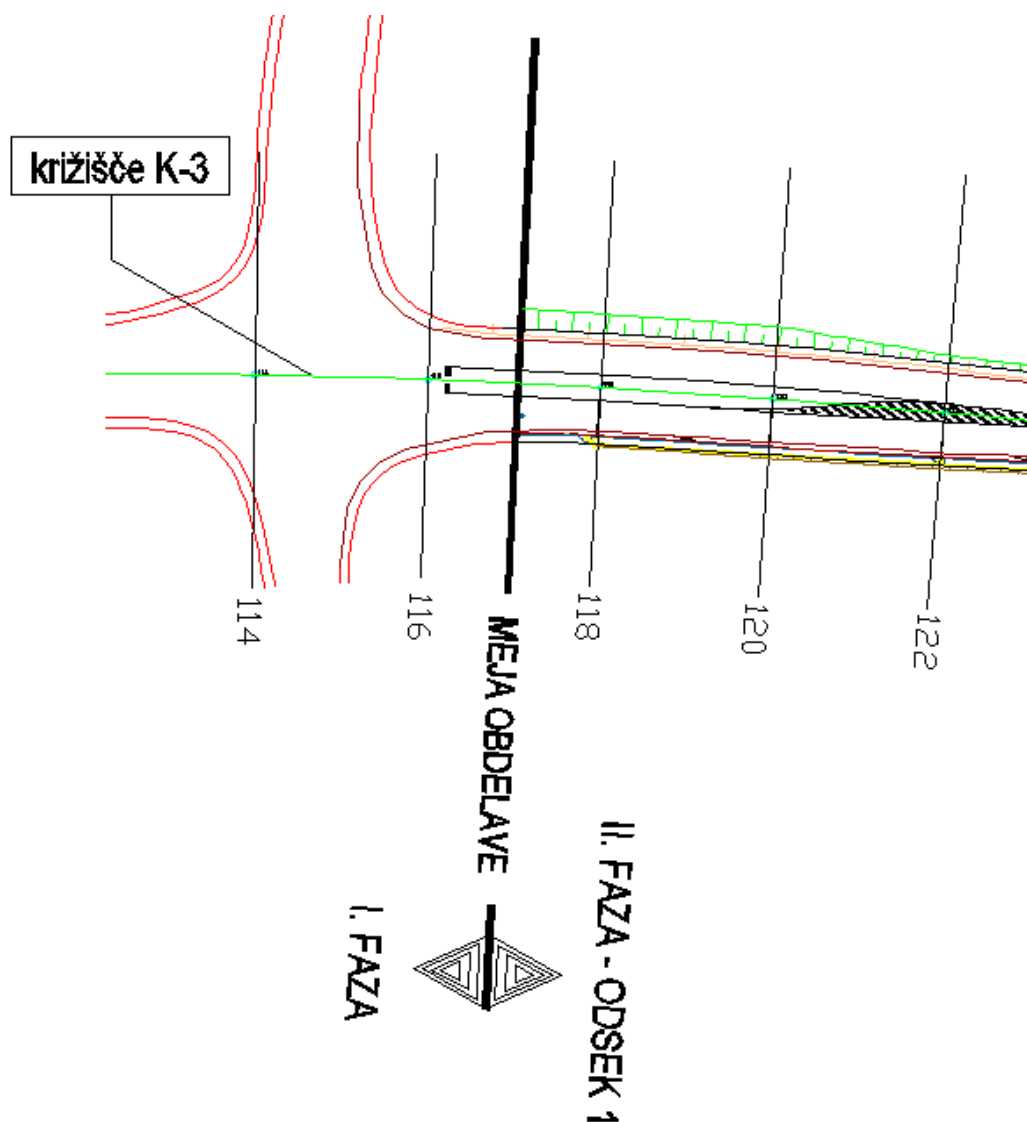
Preglednica 9: Primerjava višin pridobljenih z GNSS višinerstvom in geometričnim nivelmanom

Točka	GNSS [m]	Nivelman [m]	Razlika [m]
690001	358,342	358,391	0,049
690002	357,325	357,384	0,059
690003	356,995	356,980	-0,015
690004	355,995	356,050	0,055
690005	355,425	355,481	0,056
690006	355,008	355,063	0,055
690007	356,658	356,616	-0,042
690008	354,718	354,779	0,061
690009	354,165	354,220	0,055

Nadmorske višine točk določene z GNSS višinerstvom se glede na višine določene z geometričnim nivelmanom razlikujejo od -4,2 cm do 6,1 cm. Tako velike razlike so posledica predvsem nekvalitetne ploskve geoida. (Kuhar et al., 2011).

7.6 Analiza višin projektirane ceste, ter obstoječe ceste

Izgradnja obvoznice v prvi fazi je bila izvedena vključno s profilom 116. Po projektu je višina osi ceste v profilu 116 znašala 358,160 m. Ker je višina obstoječe ceste 358,221 m, pride do 6,1 cm razlike.



Slika 16: Projekt obvoznice od profila 114 do 122

V dogovoru s projektantom in izvajalcem gradbenih del se razlika višine ceste preprojektira, tako da se razlika porazdeli na naslednje profile ceste v dolžini 100 m. Sam razmik med profili pa znaša 20 m.

7.7 Višinska zakoličba obvoznice

Ker smo si predhodno stabilizirali in izmerili poligonske točke vzdolž obvoznice, lahko potem pri zakoličbi višin izhajamo iz višin poligonskih točk. Pri sami zakoličbi višin se dogovorimo z gradbincem, katere višine potrebuje in na katerem profilu.

Tako glede na projekt obvoznice prenesemo višine na teren in jih ustrezno označimo in stabiliziramo, tako da zabijemo železno armaturno palico premera 1 cm, ter dolžine 1 m na ustrezno projektirano višino.



Slika 17: Prenos višine na teren

8 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil preizkus natančnosti digitalnega nivelirja Leica DNA 10 po standardu ISO 17123 – 2, ter preizkus in uporaba nivelirja pri izgradnji obvoznice Radlje ob Dravi.

Izvajanje preizkusa po standardu mi ni povzročalo težav, saj je celoten potek preizkusa na terenu in obdelava merskih vrednosti standardizirana nedvoumno. Glede na opravljene meritve in analizo je bila določena natančnosti niveliranja 0,83 mm na kilometer dvojnega nivelmana. Proizvajalec za preizkušen instrument Leica DNA 10 navaja natančnost 0,9 mm standardnega odklona na kilometer dvojnega nivelmana. Poleg uporabe invar nivelmanske late se je preizkus izvedel še z navadno kodirano nivelmansko lato, za katero proizvajalec navaja natančnost 1,5 mm standardnega odklona na kilometer dvojnega nivelmana, glede na meritve pa je bila določena natančnost 1,35 mm. Na osnovi preizkusa lahko trdim, da nivelir, ki sem ga preizkusil ustreza natančnosti, ki jo navaja proizvajalec.

Največ časa sem porabil za pripravo podatkov pred samo meritvijo. Pridobiti sem moral projekt obvoznice Radlje ob Dravi, na podlagi katerega sem se odločil, kje bodo stabilizirane poligonske točke na terenu in na kateri reper bo nivelmanska izmera navezana. Koordinate poligonskih točk so bile pridobljene z GNSS izmero, za katero sem uporabil Leica GPS 1200 sprejemnik.

Na terenu sem najprej poiskal reper, z navezavo na sosednji reper preveril njegovo stabilnost in nato stabiliziral poligonske točke. Po stabilizaciji sem izvedel GNSS izmero. Nadmorske višine točk določene z GNSS višinomerstvom, sem kontroliral z izmero geometričnega nivelmana z navezavo na reper R6. Za kvalitetno izvedbo geometričnega nivelmana se je bilo potrebno prilagajati vremenskim razmeram, kar mi je nemalo krat povzročalo težave. Nadmorske višine, ki so bile določene z GNSS višinomerstvom se glede na geometrični nivelman razlikujejo od -4,2 cm do 6,1 cm.

Na osnovi praktične izkušnje lahko trdim, da je digitalni nivelir Leica DNA 10 za višinske izmere za potrebe izgradnje objektov zelo uporaben in zagotavlja tudi ustrezno kvaliteto izvajanja geodetskih del. Do sedaj sem uporabljal klasični nivelir, pri katerem sem moral

odčitke višin nivelmanskih lat zapisovati v obrazec za niveliranje in pri tem si moral biti zelo pazljiv, da ni prišlo do napake pri odčitavanju in zapisovanju odčitka v obrazec. Pri uporabi digitalnega nivelirja vse to poteka samodejno, potrebno je samo navizirati na nivelmansko lato in pritisniti gumb za meritev, tako je potek meritev potekal hitreje. Tudi računska obdelava podatkov je potekala bolj hitro glede na klasični izračun obrazca za niveliranje.

VIRI

Vodopivec, F. 1988. Precizni nivelman. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 19–23 str.

Vodopivec, F. 1997. Geodezija II, Višinomerstvo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 6 str.

Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk, 1981. Ljubljana, Republiška geodetska uprava: 27 str.

Fonda, P. 2007. Analiza ISO standardov za potrebe geodezije v inženirstvu. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 70 str.

Deumlich, F., Staiger, R. 2002. Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. Heidelberg, Wichmann: 255–274 str.

ISO 17123 – 2. 2001. Optics and optical instrument – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 2, Levels.

Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O., Solheim, D. 2011. Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. Geodetski vestnik 55, 2: 226–234.

Brošura za digitalni nivelir Leica DNA

http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/levels/dna/brochures/DNABrochure_en.pdf (22.5.2012)

Direkcija Republike Slovenije za ceste

http://www.dc.gov.si/si/financiranje_s_sredstvi_eu/obvoznica_radlje/ (22.5.2012)

Mednarodna organizacija za standardizacijo

http://sl.wikipedia.org/wiki/Mednarodna_organizacija_za_standardizacijo (23.5.2012)

Priloga A: Izmera za poenostavljen preizkus nivelirja po ISO standardu 17123-2

Prva serija meritev	Podatki [m]			
	Lata A	Dolžina A	Lata B	Dolžina B
1	1,3388	29,95	1,5882	30,04
2	1,1721	29,90	1,4220	30,08
3	1,4647	29,70	1,7142	30,29
4	1,3981	29,80	1,6474	30,16
5	1,4881	29,84	1,7379	30,15
6	1,4068	29,86	1,6565	30,12
7	1,3378	29,83	1,5872	30,16
8	1,2493	29,76	1,4991	30,25
9	1,5399	29,99	1,7895	29,98
10	1,3615	29,88	1,6112	30,11
Druga serija meritev	Podatki [m]			
	Lata A	Dolžina A	Lata B	Dolžina B
11	1,6350	9,97	1,3857	50,06
12	1,4970	9,97	1,2475	50,04
13	1,4401	10,01	1,1905	50,02
14	1,4014	10,00	1,1521	50,03
15	1,6603	10,02	1,4111	50,02
16	1,5975	9,98	1,3479	50,04
17	1,4879	10,02	1,2382	50,01
18	1,7546	9,93	1,5053	50,03
19	1,4686	10,07	1,2191	49,98
20	1,5765	10,01	1,3269	49,97

Priloga B: Obdelava meritev za poenostavljen preizkus po ISO standardu 17123-2

Prva serija	Δh_j	Δj	Δj^2
1	-0,2494	-0,0002	4,410E-08
2	-0,2499	0,0003	8,410E-08
3	-0,2495	-0,0001	1,210E-08
4	-0,2493	-0,0003	9,610E-08
5	-0,2498	0,0002	3,610E-08
6	-0,2497	0,0001	8,100E-09
7	-0,2494	-0,0002	4,410E-08
8	-0,2498	0,0002	3,610E-08
9	-0,2496	0,0000	1,000E-10
10	-0,2497	0,0001	8,100E-09
	-0,2496	0,0000	3,690E-07
Druga serija			
11	-0,2493		
12	-0,2495		
13	-0,2496		
14	-0,2493		
15	-0,2492		
16	-0,2496		
17	-0,2497		
18	-0,2493		
19	-0,2495		
20	-0,2496		
	-0,2495		

$\overline{\Delta h_1} =$	-0,2496m
$\overline{\Delta h_2} =$	-0,2495m
$ \overline{\Delta h_1} - \overline{\Delta h_2} =$	0,00015m
$\sum_{j=1}^{10} \Delta_j^2 =$	3,690E-07m
$s =$	0,00020248m

Priloga C: Izmera s kodirano invar nivelmansko lato za popolni preizkus nivelirja po ISO standardu 17123-2

Prva serija meritev	Podatki [m]			
	Lata A	Dolžina A	Lata B	Dolžina B
1	1,3434	29,82	1,7158	30,20
2	1,3454	30,99	1,7178	29,03
3	1,3628	32,09	1,7354	27,94
4	1,2646	30,19	1,6370	29,84
5	1,2667	29,44	1,6393	30,59
6	1,2948	28,97	1,6674	31,06
7	1,3335	28,41	1,7056	31,62
8	1,3637	27,59	1,7356	32,43
9	1,3579	28,45	1,7300	31,59
10	1,2456	28,93	1,6176	31,10
	Lata B	Dolžina B	Lata A	Dolžina A
11	1,7306	31,13	1,3585	28,92
12	1,6479	31,76	1,2759	28,28
13	1,6573	31,22	1,2853	28,82
14	1,6782	30,96	1,3062	29,07
15	1,7348	30,63	1,3627	29,38
16	1,7286	30,08	1,3561	29,95
17	1,7249	29,10	1,3525	30,93
18	1,7161	28,10	1,3434	31,72
19	1,7147	27,81	1,3429	32,22
20	1,6526	29,12	1,2803	30,92
Druga serija meritev	Podatki [m]			
	Lata A	Dolžina A	Lata B	Dolžina B
21	1,3089	30,24	1,6810	29,80
22	1,3105	29,93	1,6831	30,11
23	1,3606	30,58	1,7333	29,47
24	1,3640	31,32	1,7371	28,72
25	1,3578	30,68	1,7302	29,36
26	1,2481	30,50	1,6205	29,54
27	1,2963	29,88	1,6688	30,16
28	1,3019	29,11	1,6745	30,95
29	1,1980	28,43	1,5702	31,62
30	1,3858	28,12	1,7577	31,91
	Lata B	Dolžina B	Lata A	Dolžina A
31	1,7517	32,30	1,3795	27,74
32	1,5792	32,64	1,2073	27,40
33	1,5238	31,65	1,1517	28,39
34	1,5860	30,94	1,2139	29,11
35	1,7185	30,37	1,3459	29,67
36	1,7834	29,61	1,4109	30,42
37	1,7983	28,82	1,4261	31,21
38	1,7037	28,36	1,3314	31,68
39	1,7209	27,68	1,3483	32,35

40	1,6242	27,20	1,2515	32,84
----	--------	-------	--------	-------

**Priloga D: Obdelava meritev za popolni preizkus nivelirja po ISO standardu 17123 – 2 s
 kodirano invar nivelmansko lato**

Prva serija	Δh_j	r_j	r_j^2
1	-0,3724	0,0002	2,250E-08
2	-0,3724	0,0002	2,250E-08
3	-0,3726	0,0004	1,225E-07
4	-0,3724	0,0002	2,250E-08
5	-0,3726	0,0004	1,225E-07
6	-0,3726	0,0004	1,225E-07
7	-0,3721	-0,0001	2,250E-08
8	-0,3719	-0,0003	1,225E-07
9	-0,3721	-0,0002	2,250E-08
10	-0,3720	-0,0003	6,250E-08
11	-0,3721	-0,0002	2,250E-08
12	-0,3720	-0,0003	6,250E-08
13	-0,3720	-0,0003	6,250E-08
14	-0,3720	-0,0003	6,250E-08
15	-0,3721	-0,0002	2,250E-08
16	-0,3725	0,0002	6,250E-08
17	-0,3724	0,0002	2,250E-08
18	-0,3727	0,0005	2,025E-07
19	-0,3718	-0,0005	2,025E-07
20	-0,3723	0,0001	2,500E-09
	-0,3723	0,0000	1,390E-06
Druga serija			
21	-0,3721	-0,0003	8,123E-08
22	-0,3726	0,0002	4,622E-08
23	-0,3727	0,0003	9,922E-08
24	-0,3731	0,0007	5,112E-07
25	-0,3724	0,0000	2,250E-10
26	-0,3724	0,0000	2,250E-10
27	-0,3725	0,0001	1,322E-08
28	-0,3726	0,0002	4,622E-08
29	-0,3722	-0,0002	3,423E-08
30	-0,3719	-0,0005	2,352E-07
31	-0,3722	-0,0002	3,423E-08
32	-0,3719	-0,0005	2,352E-07
33	-0,3721	-0,0003	8,123E-08
34	-0,3721	-0,0003	8,123E-08
35	-0,3726	0,0002	4,622E-08
36	-0,3725	0,0001	1,322E-08
37	-0,3722	-0,0002	3,423E-08
38	-0,3723	-0,0001	7,225E-09
39	-0,3726	0,0002	4,622E-08
40	-0,3727	0,0003	9,922E-08
	-0,3724	0,0000	1,745E-06

$\overline{\Delta h_1} =$	-0,3723m
$\overline{\Delta h_2} =$	-0,3724m
$\delta =$	0,0001m
$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 =$	3,136E-06m
$s =$	0,00028725m
$s_{ISO-LEV} =$	0,83mm

Priloga E: Izmera z navadno kodirano nivelmansko lato za popolni preizkus nivelirja po ISO standardu 17123-2

Prva serija meritev	Podatki [m]			
	Lata A	Dolžina A	Lata B	Dolžina B
1	1,1785	29,49	1,3741	30,74
2	1,1514	28,70	1,3465	31,50
3	1,1820	29,62	1,3769	30,58
4	1,2056	30,85	1,4008	29,37
5	1,2220	31,59	1,4163	28,63
6	1,1942	30,27	1,3897	29,98
7	1,2370	28,69	1,4317	31,53
8	1,2079	27,33	1,4030	32,90
9	1,2127	28,28	1,4077	31,93
10	1,2139	27,89	1,4088	32,31
	Lata B	Dolžina B	Lata A	Dolžina A
11	1,4090	32,31	1,2140	27,89
12	1,4472	31,33	1,2521	28,89
13	1,4292	30,68	1,2333	29,54
14	1,4140	29,71	1,2189	30,50
15	1,4258	29,02	1,2305	31,20
16	1,3868	28,54	1,1925	31,69
17	1,4149	31,36	1,2202	28,83
18	1,4315	32,99	1,2368	27,22
19	1,4301	33,43	1,2358	26,79
20	1,4300	32,79	1,2349	27,42
Druga serija meritev	Podatki [m]			
	Lata A	Dolžina A	Lata B	Dolžina B
21	1,2261	27,80	1,4214	32,41
22	1,2324	28,92	1,4274	31,30
23	1,1897	29,45	1,3846	30,74
24	1,2873	32,15	1,4818	28,06
25	1,2567	33,01	1,4517	27,19
26	1,1657	31,68	1,3605	28,53
27	1,1564	27,98	1,3511	32,22
28	1,2569	29,45	1,4520	30,78
29	1,2687	30,12	1,4640	30,09
30	1,1654	30,76	1,3609	29,46
	Lata B	Dolžina B	Lata A	Dolžina A
31	1,3572	27,99	1,1621	32,21
32	1,4213	28,64	1,2265	31,57
33	1,4875	32,14	1,2924	28,09
34	1,3785	31,25	1,1845	28,97
35	1,3123	30,87	1,1181	29,32
36	1,4847	30,74	1,2890	29,49
37	1,4708	28,76	1,2756	31,44
38	1,3721	29,31	1,1776	30,90
39	1,4330	33,02	1,2392	27,20
40	1,3451	32,97	1,1510	27,24

Priloga F: Obdelava podatkov za popolni preizkus ISO standarda 17123 – 2 z navadno kodirano nivelmansko lato

Prva serija	Δh_j	r_j	r_j^2
1	-0,1956	0,0006	3,721E-07
2	-0,1951	0,0001	1,210E-08
3	-0,1949	-0,0001	8,100E-09
4	-0,1952	0,0002	4,410E-08
5	-0,1943	-0,0007	4,761E-07
6	-0,1955	0,0005	2,601E-07
7	-0,1947	-0,0003	8,410E-08
8	-0,1951	0,0001	1,210E-08
9	-0,1950	0,0000	1,000E-10
10	-0,1949	-0,0001	8,100E-09
11	-0,1950	0,0000	1,000E-10
12	-0,1951	0,0001	1,210E-08
13	-0,1959	0,0009	8,281E-07
14	-0,1951	0,0001	1,210E-08
15	-0,1953	0,0003	9,610E-08
16	-0,1943	-0,0007	4,761E-07
17	-0,1947	-0,0003	8,410E-08
18	-0,1947	-0,0003	8,410E-08
19	-0,1943	-0,0007	4,761E-07
20	-0,1951	0,0001	1,210E-08
	-0,1950	0,0000	3,358E-06
Druga serija			
21	-0,1953	0,0005	2,209E-07
22	-0,1950	0,0002	2,890E-08
23	-0,1949	0,0001	4,900E-09
24	-0,1945	-0,0003	1,089E-07
25	-0,1950	0,0002	2,890E-08
26	-0,1948	0,0000	9,000E-10
27	-0,1947	-0,0001	1,690E-08
28	-0,1951	0,0003	7,290E-08
29	-0,1953	0,0005	2,209E-07
30	-0,1955	0,0007	4,489E-07
31	-0,1951	0,0003	7,290E-08
32	-0,1948	0,0000	9,000E-10
33	-0,1951	0,0003	7,290E-08
34	-0,1940	-0,0008	6,889E-07
35	-0,1942	-0,0006	3,969E-07
36	-0,1957	0,0009	7,569E-07
37	-0,1952	0,0004	1,369E-07
38	-0,1945	-0,0003	1,089E-07
39	-0,1938	-0,0010	1,061E-06
40	-0,1941	-0,0007	5,329E-07
	-0,1948	0,0000	4,982E-06

$\overline{\Delta h_1} =$	-0,1950m
$\overline{\Delta h_2} =$	-0,1948m
$\delta =$	-0,0002m
$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 =$	8,340E-06m
$s =$	0,00046848m
$s_{ISO-LEV} =$	1,35mm

Priloga G: Terenski podatki za kontrolo stabilnosti reperja R6 v GSI formatu

*110001+0000000000REPER7 32...6+0000000000102192 331.26+0000000000004457
*410002+00000000?.....1
*110003+0000000000REPER7 83..26+00000000003658203
*110004+0000000000REPER7 32...6+0000000000102192 331.26+0000000000004457
*110005+0000000000000001 32...6+0000000000112263 332.26+0000000000013983
*110006+0000000000000001 573..6-000000000010071 574..6+0000000000214454 83..26+00000000003648678
*110007+0000000000000001 32...6+0000000000394906 331.26-0000000000000779
*110008+0000000000000002 32...6+0000000000493285 332.26+0000000000032799
*110009+0000000000000002 573..6-0000000000108450 574..6+00000000001102645 83..26+00000000003615100
*110010+0000000000000002 32...6+0000000000474628 331.26+0000000000000469
*110011+0000000000000003 32...6+0000000000575513 332.26+0000000000033167
*110012+0000000000000003 573..6-0000000000209335 574..6+00000000002152786 83..26+00000000003582401
*110013+0000000000000003 32...6+0000000000625028 331.26+0000000000002521
*110014+0000000000000004 32...6+0000000000590354 332.26+0000000000025108
*110015+0000000000000004 573..6-0000000000174660 574..6+00000000003368168 83..26+00000000003559814
*110016+0000000000000004 32...6+0000000000232289 331.26+0000000000011906
*110017+0000000000000005 32...6+0000000000318239 332.26+0000000000014884
*110018+0000000000000005 573..6-0000000000260609 574..6+00000000003918695 83..26+00000000003556835
*110019+0000000000000005 32...6+0000000000318271 331.26+0000000000014883
*410020+00000000?.....1
*110021+0000000000000005 83..26+00000000003556835
*110022+0000000000000005 32...6+0000000000318271 331.26+0000000000014883
*110023+0000000000000001 32...6+0000000000232309 332.26+0000000000011905
*110024+0000000000000001 573..6+0000000000085962 574..6+0000000000550580 83..26+00000000003559813
*110025+0000000000000001 32...6+0000000000585947 331.26+0000000000025551
*110026+0000000000000002 32...6+0000000000628357 332.26+000000000002961
*110027+0000000000000002 573..6+000000000043552 574..6+00000000001764883 83..26+00000000003582404
*110028+0000000000000002 32...6+0000000000574293 331.26+0000000000033270
*110029+0000000000000003 32...6+0000000000476319 332.26+000000000000568
*110030+0000000000000003 573..6+0000000000141526 574..6+00000000002815495 83..26+00000000003615106
*110031+0000000000000003 32...6+0000000000525388 331.26+0000000000035608
*110032+0000000000000004 32...6+0000000000365223 332.26+000000000002037
*110033+0000000000000004 573..6+0000000000301691 574..6+00000000003706106 83..26+00000000003648677
*110034+0000000000000004 32...6+0000000000110265 331.26+0000000000014516
*110035+0000000000000005 32...6+0000000000098284 332.26+0000000000004994
*110036+0000000000000005 573..6+0000000000313672 574..6+00000000003914654 83..26+00000000003658199

Priloga H: Kontrola stabilnosti reperja R6

OD	DO	$\Delta h[mm]$	$\Delta h[mm]$	DOLŽINA [m]	RAZLIKA [mm]	$\Delta dop[mm]$
R7	1	-0,9526	0,9522	21,2	-0,4	0,3
1	2	-3,3578	3,3571	88,9	-0,7	0,6
2	3	-3,2698	3,2702	105	0,4	0,6
3	4	-2,2587	2,2590	121,5	0,3	0,7
4	R6	-0,2978	0,2978	55,1	0	0,5
	$\Sigma =$	-10,1367	10,1363	391,7	0,4	1,3

	Izravnane višine h [m]	Natančnost [mm]
1	364,868	0,1
2	361,510	0,3
3	358,240	0,4
4	355,982	0,5
R6	355,683	0,5

Priloga I: Terenski podatki nivelmanske izmere v GSI formatu

*410026+00000000?.....1
*110027+0000000000REPER6 83..26+0000000003556810
*110028+0000000000REPER6 32...6+0000000000925211 331.26+0000000000001961
*110029+0000000000690009 32...6+0000000000973775 332.26+0000000000016603
*110030+0000000000690009 573..6-0000000000048564 574..6+0000000001898987 83..26+0000000003542128
*110031+0000000000690009 32...6+0000000000486151 331.26+0000000000013485
*110032+0000000000690008 32...6+0000000000695963 332.26+0000000000007847
*110033+0000000000690008 573..6-0000000000258375 574..6+0000000003081100 83..26+0000000003547806
*110034+0000000000690008 32...6+0000000000621364 331.26+0000000000021669
*110035+0000000000690007 32...6+0000000000734727 332.26+0000000000003303
*110036+0000000000690007 573..6-0000000000371372 574..6+0000000004436826 83..26+0000000003566131
*110037+0000000000690007 32...6+0000000000590392 331.26-0000000000000708
*110038+0000000000690006 32...6+0000000000941796 332.26+0000000000014823
*110039+0000000000690006 573..6-0000000000722797 574..6+0000000005968993 83..26+0000000003550641
*110040+0000000000690006 32...6+0000000000625094 331.26+0000000000014724
*110041+0000000000690005 32...6+0000000000915798 332.26+0000000000010543
*110042+0000000000690005 573..6-0000000001013501 574..6+0000000007509886 83..26+0000000003554822
*110043+0000000000690005 32...6+0000000000601874 331.26+0000000000016313
*110044+0000000000690004 32...6+0000000000971559 332.26+0000000000010626
*110045+0000000000690004 573..6-0000000001383186 574..6+0000000009083318 83..26+0000000003560509
*110046+0000000000690004 32...6+0000000000748034 331.26+0000000000020591
*110047+0000000000690003 32...6+0000000000817139 332.26+0000000000011276
*110048+0000000000690003 573..6-0000000001452291 574..6+0000000010648491 83..26+0000000003569824
*110049+0000000000690003 32...6+0000000000688718 331.26+0000000000020327
*110050+0000000000690002 32...6+0000000000889793 332.26+0000000000016290
*110051+0000000000690002 573..6-0000000001653366 574..6+0000000012227003 83..26+0000000003573861
*110052+0000000000690002 32...6+0000000000904083 331.26+0000000000019363
*110053+0000000000690001 32...6+0000000000511839 332.26+0000000000009301
*110054+0000000000690001 573..6-0000000001261122 574..6+0000000013642924 83..26+0000000003583923
*110055+0000000000690001 32...6+0000000000382433 331.26+0000000000013096
*110056+0000000000CESTA 32...6+0000000000640232 332.26+0000000000014797
*110057+0000000000CESTA 573..6-0000000001518920 574..6+0000000014665589 83..26+0000000003582222
*110058+0000000000CESTA 32...6+0000000000640317 331.26+0000000000014792
*410062+00000000?.....1
*110063+0000000000CESTA 83..26+0000000003582222
*110064+0000000000CESTA 32...6+0000000000640317 331.26+0000000000014792
*110062+0000000000690001 32...6+0000000000382609 332.26+0000000000013092
*110063+0000000000690001 573..6+0000000000257708 574..6+0000000001022927 83..26+0000000003583922
*110064+0000000000690001 32...6+0000000000512175 331.26+0000000000008942
*110065+0000000000690002 32...6+0000000000903969 332.26+0000000000019015
*110066+0000000000690002 573..6-0000000000134086 574..6+0000000002439070 83..26+0000000003573849
*110067+0000000000690002 32...6+0000000000928050 331.26+0000000000015774
*110068+0000000000690003 32...6+0000000000650253 332.26+0000000000019808

*110069+000000000690003 573..6+000000000143711 574..6+0000000004017373 83..26+0000000003569815
*110070+000000000690003 32...6+0000000000759930 331.26+0000000000011226
*110071+000000000690004 32...6+0000000000806495 332.26+0000000000020522
*110072+000000000690004 573..6+000000000097146 574..6+0000000005583798 83..26+0000000003560519
*110073+000000000690004 32...6+0000000000855489 331.26+0000000000011846
*110074+000000000690005 32...6+0000000000714570 332.26+0000000000017539
*110075+000000000690005 573..6+0000000000238065 574..6+0000000007153857 83..26+0000000003554826
*110076+000000000690005 32...6+0000000000788113 331.26+0000000000010746
*110077+000000000690006 32...6+0000000000749396 332.26+0000000000014920
*110078+000000000690006 573..6+0000000000276781 574..6+0000000008691366 83..26+0000000003550652
*110079+000000000690006 32...6+0000000000958318 331.26+0000000000016058
*110080+000000000690007 32...6+0000000000574794 332.26+0000000000000535
*110081+000000000690007 573..6+0000000000660305 574..6+0000000010224478 83..26+0000000003566175
*110082+000000000690007 32...6+0000000000638124 331.26+0000000000005020
*110083+000000000690008 32...6+0000000000712398 332.26+0000000000023395
*110084+000000000690008 573..6+0000000000586031 574..6+0000000011575000 83..26+0000000003547780
*110085+000000000690008 32...6+0000000000473780 331.26+0000000000012108
*110086+000000000690009 32...6+0000000000719219 332.26+0000000000017653
*110087+000000000690009 573..6+0000000000340590 574..6+0000000012767998 83..26+0000000003542255
*110088+000000000690009 32...6+0000000000977927 331.26+0000000000017081
*110089+0000000000REPER6 32...6+0000000000925736 332.26+0000000000002495
*110090+0000000000REPER6 573..6+0000000000392782 574..6+0000000014671662 83..26+0000000003556841

Priloga J: Vhodna datoteka *.pod za izravnavo

*D

'REPER6' 355.6810

*N

'690001' 358.342

'690002' 357.325

'690003' 356.995

'690004' 355.995

'690005' 355.425

'690006' 355.008

'690007' 356.658

'690008' 354.718

'690009' 354.165

'CESTA' 358.160

*E

'km'

*o

'REPER6' '690009' -1.4642 0.18990

'690009' '690008' 0.5638 0.11822

'690008' '690007' 1.8366 0.13561

'690007' '690006' -1.5531 0.15322

'690006' '690005' 0.4181 0.15409

'690005' '690004' 0.5687 0.15735

'690004' '690003' 0.9315 0.15651

'690003' '690002' 0.4037 0.15785

'690002' '690001' 1.0062 0.14159

'690001' 'CESTA' -0.1701 0.10226

'CESTA' '690001' 0.1700 0.10229

'690001' '690002' -1.0073 0.14162

'690002' '690003' -0.4034 0.15784

'690003' '690004' -0.9296 0.15664

'690004' '690005' -0.5693 0.15701

'690005' '690006' -0.4174 0.15375

'690006' '690007' 1.5523 0.15331

'690007' '690008' -1.8375 0.13505

'690008' '690009' -0.5545 0.11930

'690009' 'REPER6' 1.4586 0.19036

*K

Priloga K: Rezultat izravnave

Izravnava Višinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.4.0, dec. 02

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: OBVOZNICA.pod

Ime datoteke za rezultate: OBVOZNICA.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: OBVOZNICA.def

Ime datoteke za S-transformacijo: OBVOZNICA.str

Datum: 22. 5.2012

Čas: 19:49: 0

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
REPER6	355.6810	Dani reper
690001	358.3420	Novi reper
690002	357.3250	Novi reper
690003	356.9950	Novi reper
690004	355.9950	Novi reper
690005	355.4250	Novi reper
690006	355.0080	Novi reper
690007	356.6580	Novi reper
690008	354.7180	Novi reper
690009	354.1650	Novi reper
CESTA	358.1600	Novi reper

Število vseh reperjev = 11

Število danih reperjev = 1

Število novih reperjev = 10

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
REPER6	690009	-1.4642	0.1899
690009	690008	0.5638	0.1182
690008	690007	1.8366	0.1356
690007	690006	-1.5531	0.1532
690006	690005	0.4181	0.1541
690005	690004	0.5687	0.1574
690004	690003	0.9315	0.1565
690003	690002	0.4037	0.1578

690002	690001	1.0062	0.1416
690001	CESTA	-0.1701	0.1023
CESTA	690001	0.1700	0.1023
690001	690002	-1.0073	0.1416
690002	690003	-0.4034	0.1578
690003	690004	-0.9296	0.1566
690004	690005	-0.5693	0.1570
690005	690006	-0.4174	0.1538
690006	690007	1.5523	0.1533
690007	690008	-1.8375	0.1350
690008	690009	-0.5545	0.1193
690009	REPER6	1.4586	0.1904

Število opazovanj = 20

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koefficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 REPER6	690009	0.	-1.	0.0518	5.2659
2 690009	690008	-1.	1.	-0.0108	8.4588
3 690008	690007	-1.	1.	0.1034	7.3741
4 690007	690006	1.	-1.	0.0969	6.5266
5 690006	690005	-1.	1.	-0.0011	6.4897
6 690005	690004	-1.	1.	0.0013	6.3553
7 690004	690003	-1.	1.	0.0685	6.3894
8 690003	690002	-1.	1.	-0.0737	6.3351
9 690002	690001	-1.	1.	0.0108	7.0626
10 690001	CESTA	1.	-1.	0.0119	9.7790
11 CESTA	690001	-1.	1.	0.0120	9.7761
12 690001	690002	1.	-1.	0.0097	7.0611
13 690002	690003	1.	-1.	-0.0734	6.3355
14 690003	690004	1.	-1.	0.0704	6.3841
15 690004	690005	1.	-1.	0.0007	6.3690
16 690005	690006	1.	-1.	-0.0004	6.5041
17 690006	690007	-1.	1.	0.0977	6.5227
18 690007	690008	1.	-1.	0.1025	7.4047
19 690008	690009	1.	-1.	-0.0015	8.3822
20 690009	REPER6	-1.	0.	0.0574	5.2532

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

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

1 REPER6	690009	-1.4642	0.0028	-1.4614
2 690009	690008	0.5638	-0.0046	0.5592
3 690008	690007	1.8366	0.0005	1.8371
4 690007	690006	-1.5531	0.0004	-1.5527
5 690006	690005	0.4181	-0.0004	0.4177
6 690005	690004	0.5687	0.0003	0.5690
7 690004	690003	0.9315	-0.0009	0.9306
8 690003	690002	0.4037	-0.0001	0.4035
9 690002	690001	1.0062	0.0005	1.0067
10 690001	CESTA	-0.1701	0.0000	-0.1701
11 CESTA	690001	0.1700	0.0001	0.1701
12 690001	690002	-1.0073	0.0006	-1.0067
13 690002	690003	-0.4034	-0.0001	-0.4035
14 690003	690004	-0.9296	-0.0010	-0.9306
15 690004	690005	-0.5693	0.0003	-0.5690
16 690005	690006	-0.4174	-0.0003	-0.4177
17 690006	690007	1.5523	0.0004	1.5527
18 690007	690008	-1.8375	0.0004	-1.8371
19 690008	690009	-0.5545	-0.0047	-0.5592
20 690009	REPER6	1.4586	0.0028	1.4614

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00686$

Izračunano odstopanje = -3.1 mm ($s = 2.934$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 1.8$ mm

- mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 3.6$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
690001	358.3420	0.0487	358.3907	0.0057
690002	357.3250	0.0590	357.3840	0.0054
690003	356.9950	-0.0146	356.9804	0.0050
690004	355.9950	0.0549	356.0499	0.0046
690005	355.4250	0.0559	355.4809	0.0042
690006	355.0080	0.0551	355.0631	0.0037
690007	356.6580	-0.0422	356.6158	0.0032
690008	354.7180	0.0608	354.7788	0.0027
690009	354.1650	0.0546	354.2196	0.0021
CESTA	358.1600	0.0607	358.2207	0.0059