

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:

Primožič, E., 2016. Spremljanje stabilnosti opornega zidu. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Urbančič, T.): 78 str.

Datum arhiviranja: 17-03-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Primožič, E., 2016. Spremljanje stabilnosti opornega zidu. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Urbančič, T.): 78 pp.

Archiving Date: 17-03-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA**

Kandidatka:

EVA PRIMOŽIČ

SPREMLJANJE STABILNOSTI OPORNEGA ZIDU

Magistrsko delo št.: 11/II.GIG

**MONITORING THE STABILITY OF A RETAINING
WALL**

Graduation – Master Thesis No.: 11/II.GIG

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 10. 03. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

(ta stran je namenoma prazna)

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **Eva Primožič** izjavljam, da sem avtorica magistrske naloge z naslovom:
"Spremljanje stabilnosti opornega zidu".

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, marec 2016

Eva Primožič

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 528.02:528.3(497.4)(043)
- Avtorica:** Eva Primožič
- Mentor:** doc. dr. Božo Koler
- Somentor:** asist. Tilen Urbančič
- Naslov:** Spremljanje stabilnosti opornega zidu
- Obseg in oprema:** 78 str., 45 pregl., 40 sl., 1 graf., 16 pril.
- Ključne besede:** spremljanje stabilnosti, oporni zid, premiki, deformacije, izravnava, horizontalni premiki, vertikalni premiki, klasična geodetska izmera, geometrični nivelman

Izvleček

V magistrski nalogi obravnavamo praktičen primer spremljanja stabilnosti opornega zidu, za katerega se po končanju gradbenih del predvideva nagib in posed. Izdelava naloge je vključevala izmero in obdelavo podatkov treh terminskih izmer, na osnovi katerih smo želeli ugotoviti, ali je ob obremenitvi opornega zidu prišlo do nagiba oziroma poseda in kolikšna je ta deformacija. Z izvedbo klasične geodetske izmere vseh treh terminskih izmer s tahimetroma Leica Nova MS50 in Leica TCRA 1105 plus smo analizirali tudi primernost uporabe manj natančnih tahimetrov za tovrstne naloge. Posed opornega zidu smo določili tudi z nivelmansko izmero. Poleg dobljenih rezultatov, torej določitve in analize premikov kontrolnih točk ter reperjev na opornem zidu, so v magistrski nalogi predstavljeni tudi številni dejavniki, ki vplivajo na sam potek in kakovost izvedbe geodetskih opazovanj v praksi.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 528.02:528.3(497.4)(043)
- Author:** Eva Primožič
- Supervisor:** Assist. Prof. Božo Koler, Ph. D.
- Co-advisor:** Assist. Tilen Urbančič
- Title:** Monitoring the stability of a retaining wall
- Notes:** 78 p., 45 tab., 40 fig., 1 graph., 16 ann.
- Keywords:** monitoring the stability, retaining wall, displacements, deformations, adjustment, horizontal movements, vertical movements, classical terrestrial method, geometric levelling

Abstract

The thesis deals with a practical example of monitoring the stability of a retaining wall. The wall is expected to incline and sink after the construction is finished. The following thesis includes measurements and data processing of three geodetic terms. The main goal was to determine whether the displacements on the retaining wall occurred and if so to define their sizes. Using the classical terrestrial method of three geodetic terms with instruments Leica Nova MS50 and Leica TCRA 1105 plus we also analysed the suitability of less precise instruments for such tasks. The sinking of the retaining wall was determined also with levelling terms. In addition to the results obtained (determination and analysis of displacements of the control points and the benchmarks on the retaining wall) the thesis presents a number of factors that affect the course and the quality of fieldwork geodetic measurements.

ZAHVALA

Pri nastajanju te magistrske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Božu Kolerju za strokovno usmerjanje in nasvete ter somentorju asistentu Tilnu Urbančiču za vso strokovno pomoč, nasvete, spodbudo in porabljen čas.

Najlepša in največja zahvala gre vsem, ki so mi v času študija stali ob strani, mi svetovali in me spodbujali, da sem lahko uspešno dokončala študij. Posebno zahvalo pa namenjam bratu Urbanu, brez katerega ne bi uspela razvozlati marsikatero neznanke. Hvala!

»Glej daleč, in ko misliš, da že gledaš daleč, glej še dlje!«

Robert Baden-Powell

KAZALO

Izjave	I
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček	III
Bibliographic-documentalistic information and abstract	IV
1 UVOD	1
1.1 Namen in cilj naloge	2
1.2 Opredelitev problema	3
2 GEODETSKA MREŽA	5
2.1 Opis mreže	5
2.2 Stabilizacija detajlnih točk na objektu	9
2.3 Uporabljena oprema in instrumentarij	13
2.4 Metoda izmere	17
2.4.1 Girusna metoda merjenja horizontalnih smeri	17
2.4.2 Trigonometrično višinomerstvo	18
2.4.3 Geometrični nivelman	19
3 OPIS IZVEDBE OPAZOVANJ	20
4 OBDELAVA OPAZOVANJ	31
4.1 Priprava opazovanj za izravnavo	31
4.2 Redukcija dolžin	38
4.2.1 Pogrešek določitve ničelne točke razdaljemera in reflektorja	38
4.2.2 Meteorološki popravki	38
4.2.3 Geometrični popravki	40
4.2.4 Projekcijski popravki	42
4.3 Izravnava geodetske mreže	44
4.3.1 Izravnava po metodi najmanjših kvadratov	44
4.3.2 Geodetski datum	48
4.3.3 Izravnava proste mreže	49
4.3.4 Izravnava horizontalne mreže	50
4.3.5 Izravnava višinske mreže	54
5 IZRAČUN IN ANALIZA PREMİKOV	57
5.1 Izračun horizontalnih in vertikalnih premikov	57
5.2 Rezultati izračuna horizontalnih premikov	59
5.3 Rezultati izračuna vertikalnih premikov	61

5.4	Grafični prikaz premikov točk	63
5.5	Razlike med koordinatami detajlnih točk, pridobljenih z dvema instrumentoma	64
5.6	Obdelava opazovanj geometričnega nivelmana	66
5.7	Ocena natančnosti merjenih višinskih razlik	67
5.8	Izravnava in ocena natančnosti geometričnega nivelmana	68
5.9	Določitev vertikalnih premikov in analiza natančnosti	69
5.10	Primerjava metode trigonometričnega višinomerstva in geometričnega nivelmana	71
6	SKLEPNE UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK	72
	VIRI	75
	SEZNAM PRILOG	78

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Točke klasične geodetske mreže.....	6
Preglednica 2:	Višinske točke mreže.	6
Preglednica 3:	Tehnični podatki odbojnih tarč Leica (Fltgeosystems.com 2015 in Božič, 2009).	10
Preglednica 4:	Osnovni tehnični podatki instrumenta (Leica TCRA 1105 plus, 2001).	13
Preglednica 5:	Osnovni tehnični podatki instrumenta (Leica Nova MS50).	14
Preglednica 6:	Osnovni tehnični podatki instrumenta (Nivelir Leica DNA03).	15
Preglednica 7:	Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (ničelna terminska izmera), Leica MS50.	21
Preglednica 8:	Stojišča, merjene točke in meteor. pogoji (ničelna terminska izmera), Leica TCRA 1105 plus.	22
Preglednica 9:	Stojišča, merjene točke in meteor. pogoji (2. terminska izmera, prvi del zidu), Leica MS50.	24
Preglednica 10:	Stojišča, merjene točke in meteor. pogoji (2. terminska izmera, drugi del zidu), Leica MS50.	25
Preglednica 11:	Stojišča, merjene točke in meteor. pogoji (2. terminska izmera), Leica TCRA 1105 plus.	26
Preglednica 12:	Stojišča, merjene točke in meteor. pogoji (3. terminska izmera), Leica MS50.	28
Preglednica 13:	Stojišča, merjene točke in meteor. pogoji (3. terminska izmera), Leica TCRA 1105 plus.	29
Preglednica 14:	Ocene nat. opazovanj horizontalnih smeri po ISO 17123-3 za inst. Leica Nova MS50.....	33
Preglednica 15:	Ocene nat. opazovanj horizontalnih smeri po ISO 17123-3 za inst. Leica TCRA 1105 plus.	33
Preglednica 16:	Ocene nat. opazovanj zenitnih razdalj po ISO 17123-3 za inst. Leica Nova MS50.....	35
Preglednica 17:	Ocene nat. opazovanj zenitnih razdalj po ISO 17123-3 za inst. Leica TCRA 1105 plus.	35
Preglednica 18:	Ocene natančnosti opazovanj dolžin po ISO 17123-4 za inst. Leica Nova MS50.....	37
Preglednica 19:	Ocene natančnosti opazovanj dolžin po ISO 17123-4 za inst. Leica TCRA 1105 plus.	37
Preglednica 20:	Vrednosti konstant A, B in C.	40
Preglednica 21:	Točke, ki so definirale enoten geodetski datum v vseh terminskih izmerah.	49
Preglednica 22:	Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži ničelne terminske izmere (Leica Nova MS50).	50
Preglednica 23:	Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži druge terminske izmere (Leica Nova MS50).	51
Preglednica 24:	Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži druge terminske izmere, drugi del. (Leica Nova MS50).....	51
Preglednica 25:	Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži tretje terminske izmere (Leica Nova MS50).	51
Preglednica 26:	Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži prve terminske izmere (Leica TCRA 1105 plus).	52
Preglednica 27:	Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži druge terminske izmere (Leica TCRA 1105 plus).	53
Preglednica 28:	Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži tretje terminske izmere (Leica TCRA 1105 plus).	53
Preglednica 29:	Prikaz izravnanih vrednosti višin točk in ocen natančnosti treh izmer (Leica Nova MS50).	54
Preglednica 30:	Prikaz izravnanih vrednosti višin točk in ocen natančnosti treh izmer (Leica TCRA 1105 plus).	55
Preglednica 31:	Prikaz razlike v položajih v dveh merjenjih, natančnost merjenja in premiki.	59
Preglednica 32:	Prikaz razlike v položajih v dveh merjenjih, natančnost merjenja in premiki.	60
Preglednica 33:	Vertikalni premiki in natančnost določitve premikov (Leica Nova MS50).	61
Preglednica 34:	Vertikalni premiki in natančnost določitve premikov (Leica TCRA 1105 plus).	62
Preglednica 35:	Razlike koordinat detajlnih točk, merjenih z obema instrumentoma - ničelna izmera.	64
Preglednica 36:	Razlike koordinat detajlnih točk, merjenih z obema instrumentoma - druga izmera.....	64

Preglednica 37: Razlike koordinat detajlnih točk, merjenih z obema instrumentoma - tretja izmera.....	64
Preglednica 38: Prikaz dopustnih in dejanskih odstopanj pri zapiranju zank v treh izmerah.	66
Preglednica 39: Izmerjene višinske razlike med reperjema R1 in R2 v treh terminskih izmerah.	67
Preglednica 40: A priori ocena natančnosti iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank za vse tri izmere.....	67
Preglednica 41: A posteriori ocena natančnosti nivelmanske mreže vseh treh izmer.	68
Preglednica 42: Zbrane višine reperjev in natančnosti določitve posamezne višine.....	69
Preglednica 43: Vertikalni premiki, ocena natančnosti določitev vertikalnega premika in statistična analiza stabilnosti reperjev v mreži med ničelno in drugo izmero.	70
Preglednica 44: Vertikalni premiki, ocena natančnosti določitev vertikalnega premika in statistična analiza stabilnosti reperjev v mreži med drugo in tretjo izmero.....	70
Preglednica 45: Vertikalni premiki, ocena natančnosti določitev vertikalnega premika in statistična analiza stabilnosti reperjev v mreži med ničelno in tretjo izmero.....	70

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Razlika v višini reperjev (1–2. terminska izmera)	71
---	----

KAZALO SLIK

Slika 1:	Oporni zid znotraj proizvodne hale.....	3
Slika 2:	Zgornja stran opornega zidu, kjer so predvidena gradbena dela.....	3
Slika 3:	Predvidena toga deformacija zidu ob obremenitvi.....	4
Slika 4:	Zgornja stran opornega zidu po izvedenih ureditvenih delih.	4
Slika 5:	Shematski prikaz detajlnih točk na opornem zidu.....	7
Slika 6:	Vzpostavitev stojiščnih točk geodetske mreže v prvi terminski izmeri.	8
Slika 7:	Geodetsko mrežo je bilo treba prilagoditi obliki objekta in ostalim oviram.....	8
Slika 8:	Ovire na terenu, ki so nam oteževale delo.	8
Slika 9:	Samolepilne odbojne tarče Leica.	10
Slika 10:	Stabilizacija detajlnih točk na različnih višinah.	11
Slika 11:	Shema razporeditve detajlnih točk na opornem zidu.....	11
Slika 12:	Vgrajena reperja.....	11
Slika 13:	Vgrajena reperja.....	11
Slika 14:	Uporabljen reper.....	12
Slika 15:	Vgrajen kontrolni reper.	12
Slika 16:	Leica TCRA1105 plus.	13
Slika 17:	Leica Nova MS50.	14
Slika 18:	Nivelir Leica DNA03.	15
Slika 19:	Invar nivelmanska lata s kodno razdelbo, ki jo postavljamo na podložko za lato.	16
Slika 20:	Princip merjenja horizontalnih kotov po girusni metodi.....	17
Slika 21:	Princip merjenja po metodi trigonometričnega višinomerstva.	19
Slika 22:	Metoda merjenja – niveliranje iz sredine.	19
Slika 23:	Stanje zidu (z zgrajenimi oporami) med ničelno in drugo terminsko izmero.	20
Slika 24:	Eno od stojišč med drugo terminsko izmero.....	20
Slika 25:	Povezave med točkami v ničelni terminski izmeri (Leica MS50).	21
Slika 26:	Povezave med točkami v ničelni terminski izmeri (Leica TCRA 1105 plus).	22
Slika 27:	Nivelmanska zanka v ničelni terminski izmeri.	23
Slika 28:	Povezave med točkami v drugi terminski izmeri (Leica MS50).	24
Slika 29:	Povezave med točkami v drugi terminski izmeri, drugi del zidu (Leica MS50).	25
Slika 30:	Povezave med točkami v drugi terminski izmeri (Leica TCRA 1105 plus).....	26
Slika 31:	Nivelmanska zanka v drugi terminski izmeri.....	27
Slika 32:	Povezave med točkami v tretji terminski izmeri (Leica MS50).....	28
Slika 33:	Povezave med točkami v tretji terminski izmeri (Leica TCRA 1105 plus).....	29
Slika 34:	Nivelmanska zanka v tretji terminski izmeri.....	30
Slika 35:	Merjena dolžina D' , ki jo prikaže instrument in jo moramo popraviti.	38
Slika 36:	Izračun dolžine na nivoju točk ob merjeni zenitni razdalji.....	41
Slika 37:	Redukcija na ničelni nivo.....	42
Slika 38:	Postopna redukcija.....	43
Slika 39:	Skica vektorjev premikov točk med ničelno in drugo terminsko izmero (Leica Nova MS50).	63
Slika 40:	Skica vektorjev premikov točk med ničelno in drugo terminsko izmero (Leica TCRA 1105 plus).....	63

UPORABLJENE KRATICE

APT (ATR) Avtomatsko prepoznavanje tarče (Automatic Target Recognition)

AVT Avtomatsko viziranje tarče (Automatic Tracking)

EMV Elektro magnetno valovanje

IR Infrardeča

MNK Metoda najmanjših kvadratov

(ta stran je namenoma prazna)

(ta stran je namenoma prazna)

1 UVOD

Geodeti se v geodetsko inženirskih nalogah, kamor uvrščamo tudi to nalogo, večkrat srečajo z ugotavljanjem premikov oziroma s spremljanjem stabilnosti zemeljskega površja in grajenih objektov.

Zgornje plasti zemeljske skorje so zaradi najrazličnejših vzrokov v nenehnem gibanju in ti naravni pojavi vplivajo tudi na objekte v prostoru (Setan in Singh, 2001). Posledica vsakega premika je deformacija naravnega in umetnega objekta, ki jo želimo čim prej odkriti in ugotoviti njeno velikost (Savšek, 2002). Določevanje premikov neposredno vpliva na varnost ljudi, zato je zelo pomembna natančna ocena teh premikov (Setan in Singh, 2001). Določitev premikov in deformacij objektov lahko uvrstimo med geodetska dela, kjer je zahtevana uporaba najpreciznejšega instrumentarija in ostale opreme (Savšek, 2002).

Obstaja več postopkov, s katerimi lahko spremljamo premike in deformacije. Za hitro spreminjajoče se premike so primerni enostavni in hitri postopki, pri objektih, ki se v nekem daljšem časovnem obdobju premikajo počasneje, pa so pomembna precizna geodetska opazovanja (Trunk, 2005).

Geodetske metode omogočajo dva osnovna načina spremljanja stabilnosti; absolutne in relativne metode spremljanja. Pri absolutni določitvi premikov metoda vključuje referenčne točke, ki so izven deformacijskega območja, medtem ko se pri relativni določitvi premikov točke nahajajo na deformiranem objektu (Setan in Singh, 2001).

Obravnavano območje je običajno predstavljeno z določenim številom točk, ki so trajno stabilizirane na objektu in se jih opazuje v dveh ali več terminskih izmerah. Analizira se vsaka izmera posebej, potem pa se primerja rezultate in ugotavlja premike ter velikosti premikov, ki so nastali med posameznima terminskima izmerama. Deformacijske analize so lahko eno-, dvo- ali tridimenzionalne (Setan in Singh, 2001).

Z uporabo različnih in neodvisnih metod merjenja ter pridobitvijo enakih oziroma podobnih rezultatov lahko pridobljene rezultate še dodatno preverimo oziroma potrdimo (Capra, Bertacchini, Castagnetti idr., 2015).

Tema te magistrske naloge je spremljanje stabilnosti opornega zidu, za katerega se po končanju gradbenih del na osnovi izračunov statika predvideva nagib in posedanje. Naročnik namerava ob izgradnji proizvodne hale dodatno utrditi oporni zid, na zunanji strani zidu pa nasuti zemljino in urediti okolico, kar naj bi povzročilo pričakovane premike opornega zidu. Na

osnovi izračunov statika sta tako nagib kot posedanje opornega zidu ocenjena na približno en centimeter. V primeru večjih nagibanj bodo oporni zid še dodatno podprli.

1.1 Namen in cilj naloge

Namen magistrske naloge je spremljati premike opornega zidu in obenem tudi preveriti, ali so manj natančni instrumenti (v našem primeru instrument Leica TCRA 1105 plus) primerni za izvedbo tovrstnih nalog.

Cilj magistrske naloge je torej z več zaporednimi izmerami ugotoviti, ali je ob obremenitvi opornega zidu prišlo do nagiba oziroma poseda in kolikšni so ti premiki. Zaporedje terminskih izmer in časovni zamik bosta odvisna od poteka gradbenih del. V nalogi bomo obravnavali tri terminske izmere.

Na začetku izvedbe opazovanj so bile postavljene naslednje hipoteze:

- ob obremenitvi opornega zidu bo prišlo do nagiba, ta premik pa bomo z izbranimi metodami merjenja tudi zaznali,
- z različnimi metodami spremljanja deformacij je mogoče priti do enako kvalitetnih rezultatov,
- glede na predvideno centimetrsko posedanje in enak nagib bomo kljub neoptimalni geometriji mreže zaradi omejenih prostorskih možnosti koordinate točk določili z natančnostjo reda velikosti 2–3 mm.

1.2 Opredelitev problema

V magistrski nalogi obravnavani objekt je oporni zid dimenzij 80 m x 5 m, ki se nahaja v Sori pri Medvodah. Oporni zid na sliki 1 se nahaja za obstoječim objektom dela proizvodne linije in gradbenim odrom. Oporni zid je tam stal že prej, ob izgradnji proizvodne hale pa so ga še nadzidali in dodatno ojačali, le-ta pa sedaj predstavlja eno od stranic nove proizvodne hale. Ob izvedbi gradbenih del na zunanji strani zidu (slika 2) je predviden nagib in posedanje opornega zidu velikostnega reda en centimeter. Za ugotovitev dejanskih premikov in deformacij je bila naročena izvedba geodetskih opazovanj, kar je tudi tema moje magistrske naloge. V primeru večjih nagibanj bo naročnik oporni zid še dodatno ojačal. Zahtevana natančnost določitve koordinat točk s strani naročnika je 3 mm.

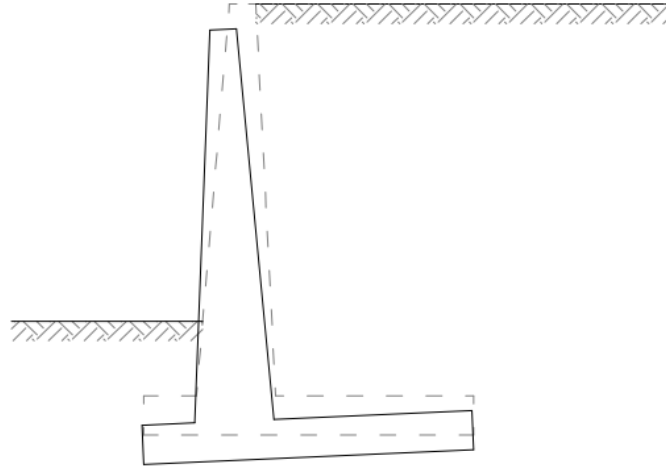


Slika 1: Oporni zid znotraj proizvodne hale.



Slika 2: Zgornja stran opornega zidu, kjer so predvidena gradbena dela.

Ker je oporni zid togo telo, se po obremenitvi predvideva enak velikostni nagib in posedek, kar predstavlja slika 3.



Slika 3: Predvidena toga deformacija zidu ob obremenitvi (Radić, 2011).

Na sliki 4 je prikazana zgornja stran opornega zidu po izvedenih ureditvenih delih.



Slika 4: Zgornja stran opornega zidu po izvedenih ureditvenih delih.

2 GEODETSKA MREŽA

2.1 Opis mreže

Geodetska mreža je osnova za vsako geodetsko izmero. Predstavljajo jo med seboj povezane točke iste vrste. Geodetske mreže omogočajo, da so opazovanja opravljena s predvideno natančnostjo na celotnem območju gradbišča in v katerikoli fazi izgradnje objekta (Šimic, 2013).

Absolutne premike (premik objekta v prostoru oziroma glede na okolico) lahko določimo z navezavo na geodetsko mrežo točk, ki morajo biti stabilizirane na stabilnem območju oziroma izven delovanja ali vpliva objekta na okolico. Geodetske točke so med seboj in s kontrolnimi točkami povezane preko direktno oziroma indirektno določenih merskih količin. Stabilnost danih točk kontroliramo s kontrolnimi opazovanji med dano točko in zavarovanjem. V primeru, da s statistično analizo ugotovimo, da so dane točke stabilne, lahko koordinate danih točk in zavarovanj obravnavamo kot konstante (Vajda, 2005).

Za izvedbo opazovanj smo vzpostavili geodetsko mrežo, ki je sestavljena iz točk obstoječe geodetske mreže zunaj proizvodne hale. Ta mreža je bila razširjena na kontrolne točke znotraj proizvodne hale (stabilizirane na stebrih), ki služijo za opazovanje detajlnih točk na objektu. Na območju delovišča izvajajo gradbena dela že dve leti in točke zunaj proizvodne hale so bile uporabljene tudi v fazi zakoličevanja proizvodne hale. Za kontrolo smo v vsaki izmeri določevali koordinate trem klinom zunaj novozgrajenega objekta. Njihovo stabilnost smo ugotovili z analizo relativnih odnosov položajev med točkami v več terminskih izmerah. Za stebre, na katerih smo imeli stabilizirane točke, nam je bilo zagotovljeno, da so stabilni.

Za zanesljivo določitev premikov in deformacij je treba poskrbeti za čim boljšo geometrijo geodetske mreže, treba pa se je prilagoditi tudi vsem ostalim pogojem na terenu. V primeru obravnavane geodetske mreže smo se pri izbiri točk morali prilagoditi obliki objekta in terena, poteku drugih del na objektu ter ne nazadnje zahtevam naročnika. Posebnost vseh izmer je bila ta, da nismo mogli imeti stalno stabiliziranih točk geodetske mreže s katerih smo opazovali kontrolne točke, ampak so bila stojišča določena kot prosta in položaj izbran glede na trenutne proste vizure med vsemi točkami posamezne terminske izmere.

V preglednici 1 so zbrane točke klasične geodetske mreže. Kontrolni točki S5 in S8, stabilizirani na dveh stebrih, sta bili med drugo in tretjo terminsko izmero uničeni.

Preglednica 1: Točke klasične geodetske mreže.

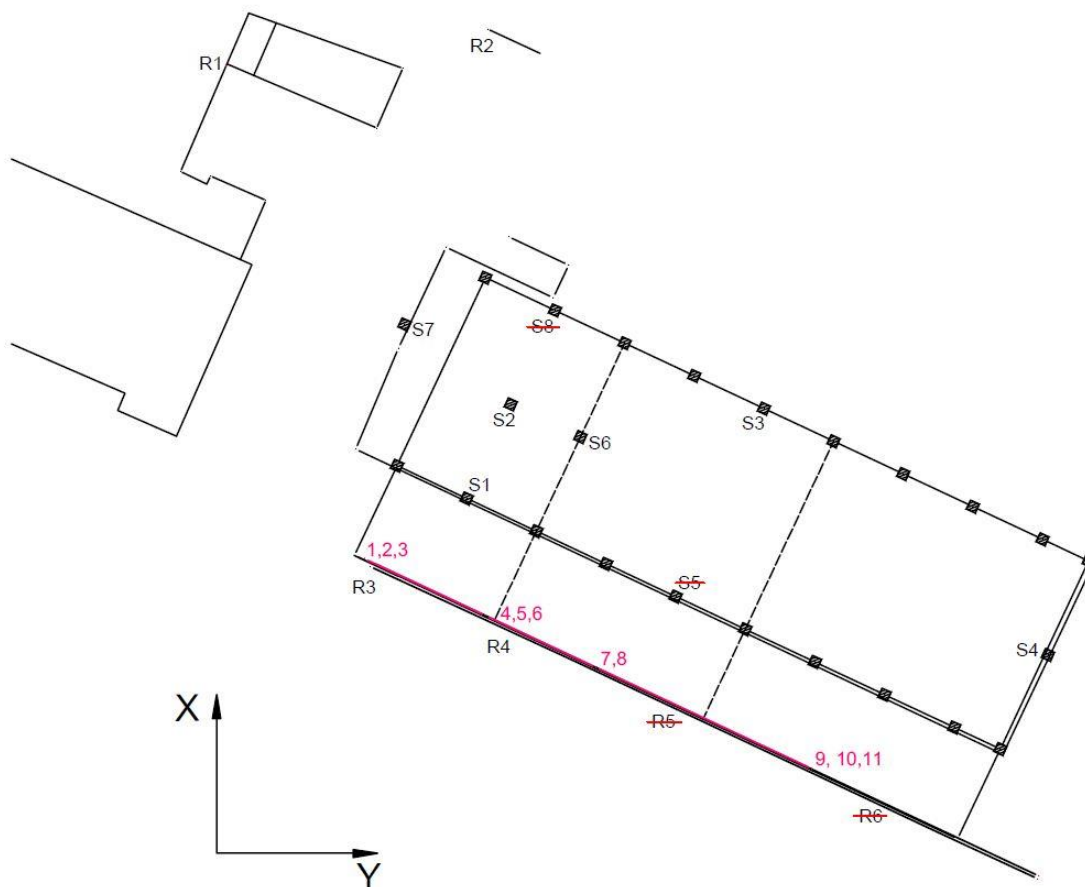
Točke	Oznake točk	Število
Stojiščne točke	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9	9
Točke osnovne mreže	1000, 2000, 3000	3
Dane točke na stebrih	S1, S2, S3, S4, S5	5
Kontrolne točke na stebrih	S6, S7, S8	3
Detajlne točke na objektu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	11
Skupaj		31

V preglednici 2 so zbrane višinske točke oziroma reperji, ki smo jih opazovali po metodi geometričnega nivelmana. Predhodno smo bili obveščeni, da je reper R6 vgrajen v del zidu, kjer bodo zgradili dodatno ojačitev, zato smo ga prestavili. Naknadno je bil uničen tudi prestavljen reper. Poleg repera R6 je bil med ničelno in drugo terminsko izmero uničen tudi reper R5.

Preglednica 2: Višinske točke mreže.

Višinske točke – reperji na objektu	Oznake točk	Število
Navezovalni reper	R1	1
Reper za zavarovanje	R2	1
Reperji na objektu	R3, R4, R5, R6	4
Skupaj		6

Slika 5 prikazuje shematski prikaz detajlnih točk na opornem zidu. Prečrtane točke so točke, ki so bile uničene.



Slika 5: Shematski prikaz detajlnih točk na opornem zidu.

Geodetska mreža je bila prilagojena obliki objekta in stanju na terenu, saj je bila vidnost obravnavanega zidu omejena. To se vidi tudi na sliki 6, kjer so pred zidom postavljeni obstoječi objekti dela proizvodne linije ter na slikah 7 in 8, kjer so namesto obstoječih objektov postavljene nove stene.



Slika 6: Vzpostavitev stojiščnih točk geodetske mreže v prvi terminski izmeri.



Slika 7: Geodetsko mrežo je bilo treba prilagoditi obliki objekta in ostalim oviram.



Slika 8: Ovire na terenu, ki so nam oteževale delo.

2.2 Stabilizacija detajlnih točk na objektu

Premiki in deformacije na objektih so lahko (Zemljak, 2006):

- globalni, regionalni ali lokalni,
- stalni (kontinuirani) ali občasni (nekontinuirani),
- različni glede na hitrost in velikost,
- plastični (objekt po neki periodi spremeni obliko) ali elastični (objekt se po neki periodi vrne v prvotno obliko),
- prostorski, ali pa se spremeni samo horizontalna oziroma vertikalna komponenta.

Za spremljanje premikov in deformacij na objektu moramo izbrati značilne točke na objektu ali površini, ki jih bomo spremljali in jim na podlagi geodetskih opazovanj določili točen položaj. Točke morajo biti določene na mestih, kjer se pričakuje premik ali deformacija objekta in primerno stabilizirane, saj želimo določiti tudi velikost premika objekta in deformacije objekta (Trunk, 2005).

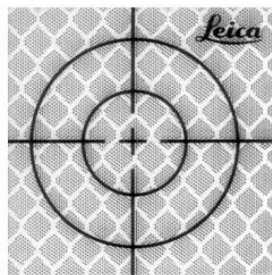
Obstajata dve vrsti točk v geodetski mreži:

- točke, ki ležijo zunaj deformacijskega območja objekta in za katere predpostavljamo, da deformacije nanje nimajo vpliva. Predpostavimo, da so te točke mirujoče točke, imenujemo jih referenčne oziroma osnovne točke,
- točke, ki so stabilizirane na objektu in nam služijo za določanje relativnih premikov objekta glede na referenčne točke. Take točke imenujemo detajlne točke na objektu (Trunk, 2005).

V svoji diplomski nalogi je avtorica Saša Božič (2009) ugotovila, da samolepilne odbojne tarče (slika 9), ki smo jih tudi mi uporabili za izvedbo opazovanj, zadostujejo pogojem za merjenje točk na objektu z natančnostjo, ki je potrebna za precizna deformacijska merjenja.

Na opornem zidu, ki smo ga spremljali, smo skupaj s statikom stabilizirali geodetske točke, ki so najboljše opisane obravnavani objekt. Detajlnim točkam objekta smo na podlagi geodetskih opazovanj določili točen položaj. Detajlnih točk na objektu je 11, razporejene so v štirih vertikalnih profilih, tri točke na različnih višinah (2 m, 4 m in 5 m od tal) – slika 10. Spodnji dve točki sta na vseh štirih vertikalnih profilih stabilizirani v obstoječem opornem zidu, najvišje točke pa v delu opornega zidu, ki je bil nadzidan. Shema razporeditve detajlnih točk na opornem zidu je prikazana na sliki 11.

Kontrolne točke na objektu so stabilizirane s samolepilnimi odbojnimi tarčami (slika 9). Vgrajene višinske točke oziroma reperje smo uporabili za spremljanje spremembe višine, z odbojnimi tarčami pa smo spremljali položaje v 3D prostoru. Tehnični podatki odbojnih tarč so predstavljeni v preglednici 3.



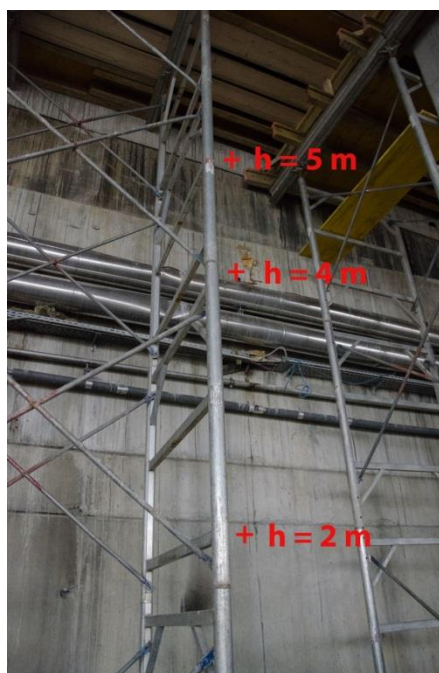
Slika 9: Samolepilne odbojne tarče Leica.

Vir: <http://www.surveyingequipment.com/product/leica-60mm-x-60mm-retro-targets/>

Preglednica 3: Tehnični podatki odbojnih tarč Leica (Fltgeosystems.com 2015 in Božič, 2009).

Velikost nalepke [cm]	Adicijska konstanta [mm]	Domet [m]	Vpadni kot [°]	σ_d [mm]
4x4	+34,4	200	±45	±0,5

Po ugotovitvah Saše Božič (2009) so samolepilne odbojne tarče primerne za merjenje dolžin do velikosti 140 m. Do te oddaljenosti je po njenih ugotovitvah možno dolžine meriti z natančnostjo do nekaj desetink milimetra. Dokazala je tudi, da se z večanjem vpadnega kota žarka do kota zasuka tarče 45° natančnost opazovanj bistveno ne slabša.



Slika 10: Stabilizacija detajlnih točk na različnih višinah.

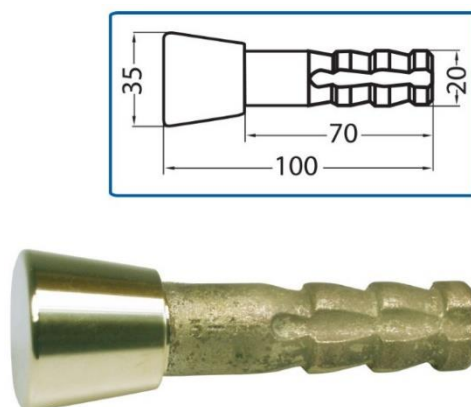


Slika 11: Shema razporeditve detajlnih točk na opornem zidu.

Za potrebe spremljanja vertikalne stabilnosti podpornega zidu smo v zid vgradili štiri klasične inox nizke reperje (slike 12, 13 in 14), za navezavo in zavarovanje pa dva nizka reperja izven vplivnega območja delovišča (slika 15).



Slika 12 in Slika 13: Vgrajena reperja.



Slika 14: Uporabljen reper.

Vir: <http://www.geoshop.si/p/2-6-7-1/Stenski-reper-medenina>

Reper R1 je vgrajen na sosednji objekt (slika 15), reper R2 pa v betonski temelj zapornice. Oba objekta na tem območju stojita že nekaj let. Z vsakokratno izmero višinske razlike med navezovalnima reperjema smo preverili njuno stabilnost in ugotovili, da sta primerna kot navezovalna reperja. Med ničelno in drugo terminsko izmero so dva reperja, vgrajena v zid, uničili, tako da smo vertikalno stabilnost objekta po koncu gradnje lahko spremljali le še na podlagi dveh reperjev.



Slika 15: Vgrajen kontrolni reper.

2.3 Uporabljena oprema in instrumentarij

V izmerah so bili uporabljeni trije različni instrumenti (tahimeter Leica TCRA 1105 plus, tahimeter Leica Nova MS50 in digitalni nivelir Leica DNA03) s pripadajočo mersko opremo. Uporabili smo:

Leica TCRA 1105 plus

Kontrolo premikov podpornega zidu geodetsko podjetje izvaja s tahimetrom Leica TCRA 1105 plus (slika 16). Instrument spada med srednje natančne instrumente. Glede na zahtevano natančnost določitve položaja detajlnih točk smo predvidevali, da bo instrument zadovoljil potrebe po natančnosti, a smo ga vseeno želeli preizkusiti. Tehnični podatki instrumenta so navedeni v preglednici 4.



Slika 16: Leica TCRA1105 plus.

Vir: http://statiitotale.ro/web/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=26&Itemid=54.

Preglednica 4: Osnovni tehnični podatki instrumenta (Leica TCRA 1105 plus, 2001).

$\sigma_{ISO-THEO}$	5"
$\sigma_{ISO-EDM}$	2 mm \pm 2 ppm
Doseg merjenja dolžin z uporabo prizme	3000 m
Povečava daljnogleda	30x
Natančnost centriranja (optično grezilo)	1,5 mm na 1,5 m
Teža instrumenta	4,9 kg
Temperaturni razpon, v katerem instrument lahko deluje	-20 °C do + 50 °C

Vir: <http://www.lexysurveying.com/index.php/used-equipment/used-leica-tc1105-5-total-station-2001.html>

Leica Nova MS50

Za potrebe magistrske naloge so bila izvedena tudi neodvisna opazovanja z instrumentom Leica Nova MS50 (slika 17), ki hkrati omogoča tudi opazovanje in določevanje premikov z drugimi tehnologijami (terestrično lasersko skeniranje in bližnjefotogrametrija). Osnovni tehnični podatki instrumenta so navedeni v preglednici 5.



Slika 17: Leica Nova MS50.

Vir: <http://www.plantdesignsolutions.com/wp-content/uploads/2013/08/MS50.jpg>

Preglednica 5: Osnovni tehnični podatki instrumenta (Leica Nova MS50).

$\sigma_{ISO-THEO}$	1"
$\sigma_{ISO-EDM}$	1 mm \pm 1,5 ppm
Doseg merjenja dolžin z uporabo prizme	> 10.000 m
Povečava daljnogleda	30x
Teža instrumenta	7,7 kg
Temperaturni razpon, v katerem instrument lahko deluje	-20 °C do + 50 °C

Vir: <http://www.geoservis.si/produkti/64-tahimetri-za-geodezijo-in-inzenirsko-geodezijo/244-leica-nova-ms50-multistation>

Poleg instrumentarija smo pri izmeri uporabili tudi naslednjo mersko opremo:

- stative s srčnimi vijaki,
- podnožja,
- peclje,

- prizme Leica GPR121,
- žepni merski trak,
- termometer in
- barometer.

Nivelir Leica DNA03

Nivelmanske zanke smo izmerili z digitalnim nivelirjem Leica DNA03 (slika 18), ki omogoča avtomatsko registracijo odčitka na kodirni invar nivelmanski lati in zagotavlja visoko natančnost ($\sigma_{ISO-LEV} = 0,3 ppm \rightarrow$ standardna deviacija kilometra dvojnega nivelmana). Instrument spada med najpreciznejše digitalne nivelirje in je namenjen niveliranju nivelmanskih mrež višjih redov, opazovanju vertikalnih premikov različnih gradbenih objektov, vertikalnih premikov tal ter drugih vertikalnih premikov. Osnovni tehnični podatki instrumenta so navedeni v preglednici 6.



Slika 18: Nivelir Leica DNA03.

Vir: <http://www.geoshop.si/p/4-4-0-2/>.

Preglednica 6: Osnovni tehnični podatki instrumenta (Nivelir Leica DNA03).

Standardni odklon na kilometer dvojnega nivelmana	0,3 mm
Merilni doseg	od 1,8 m do 110 m elektronsko, od 0,6 m optično
Natančnost merjenja razdalje (standardni odklon)	10 mm za $D \leq 20$ m
Povečava daljnogleda	24x

Vir: <http://www.geoservis.si/novosti/98-leicadna>.

Poleg nivelirja smo uporabljali tudi dodatni merski pribor:

- dve precizni invar nivelmanski lati s kodno razdelbo (slika 19), s katerima lahko zagotovimo dovolj natančno čitanje višin. Sestavni del invar kodirne nivelmanske late je dozna libela, s katero lato vertikalno uravnamo,
- dve podnožki ali žabi, na kateri postavljamo nivelmansko lato in
- stativ nivelirja.



Slika 19: Invar nivelmanska lata s kodno razdelbo, ki jo postavljamo na podložko za lato.

Pri obdelavi podatkov smo uporabili naslednjo programsko opremo:

- Microsoft Excel 2013 za izračun razlik med posameznimi opazovanji, odstopanj opazovanj, natančnosti, tabelarično predstavitev rezultatov,
- MATLAB R2013a za izračun redukcij dolžin,
- VimWin za izravnavo višinske mreže,
- GEM4 za izravnavo horizontalne mreže,
- AutoCAD 2015 za izris geodetske mreže in premikov.

2.4 Metoda izmere

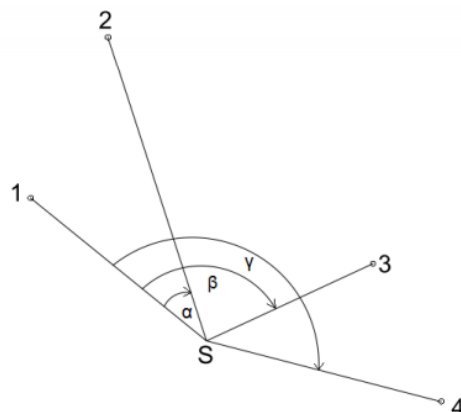
Osnovni nalogi kontrolnih opazovanj, ki jih izvajamo na objektih, sta določitev premikov objekta v horizontalni ali vertikalni ravnini ter določitev spremembe geometrijske oblike objekta. Slednje je največkrat posledica premika objekta v prostoru oziroma deformacij, ki se zgodijo na objektu. Za merjenje premikov lahko uporabimo več geodetskih merskih metod. Izbor posamezne metode je odvisen od vrste konstrukcije, vrste materiala, predvidene natančnosti merjenja, razpoložljivih sredstev in časovnega intervala opazovanj (Vajda, 2005).

V različnih terminskih izmerah smo horizontalne smeri izmerili v 7 do 10 girusih, istočasno tudi zenitne razdalje in poševne dolžine. Za določitev višinskih razlik opazovanih reperjev med terminskimi izmerami smo uporabili metodo geometričnega nivelmana. Trigonometrično višinerstvo in geometrični nivelman sta med seboj neodvisni metodi, pri katerih se uporabljajo različni instrumenti. Metodi omogočata izmero višinskih razlik, ki jih lahko primerjamo med seboj. Uporabljene metode so podrobneje opisane v podpoglavjih 2.4.1, 2.4.2 in 2.4.3.

Za ugotavljanje spremembe položaja geodetskih točk na opornem zidu se je izvedlo več terminskih izmer v različnih časovnih intervalih. Ničelna izmera predstavlja osnovo za določitev premikov na podlagi kasnejših terminskih izmer. Izvedena je bila januarja 2015 pred začetkom izvajanja gradbenih del. Drugo opazovanje je bilo izvedeno aprila 2015 po zasipavanju opornega zidu, tretje opazovanje pa julija 2015. Nadaljnje spremljanje objekta je predvideno še naslednji dve leti v časovnih intervalih, ki jih bo določil statik.

2.4.1 Girusna metoda merjenja horizontalnih smeri

Girusna metoda je najbolj znana metoda merjenja horizontalnih smeri in predstavlja osnovo za druge metode. Zanj je značilno, da merimo več smeri hkrati v obeh krožnih legah (Velikonja, 2012). Princip merjenja po girusni metodi je prikazan na sliki 20.



Slika 20: Princip merjenja horizontalnih kotov po girusni metodi (Velikonja, 2012).

Merske vrednosti registriramo oziroma shranjujemo v instrumentu v različnih formatih. Datoteko z opazovanji smo po koncu opazovanj prenesli na računalnik, obdelamo pa jih lahko v različni programski opremi (Kogoj, 2011).

Za višjo stopnjo avtomatizacije merskega postopka je bil uporabljen sistem avtomatsko prepoznavanje tarče – APT s sistemom avtomatskega viziranja tarče – AVT. AVT je operacija, kjer z uporabo različnih tehnologij, ki vse temeljijo na sprejemanju od reflektorja odbitega elektro magnetnega valovanja (v nadaljevanju EMV) in obdelavi tega odbitega signala, omogoča avtomatizacijo postopka finega viziranja. Instrument oddaja posebno EMV (IR svetloba), ki se na prizmi reflektorja odbije, na osnovi oblike in jakosti odbitega signala pa instrument popravlja smer opazovanja. Instrument definira koordinate centra in na osnovi tipala izračuna center (Kogoj, 2011).

S tahimetrom smo merili na samolepilne odbojne tarče, ki omogočajo odboj svetlobnega žarka vzporedno s smerjo vpadnega žarka. Samolepilne odbojne tarče se uporabljajo za stalno signalizacijo detajlnih točk, lepimo jih na objekt, ki ga opazujemo. Prednost takega načina je nizka cena odbojnih tarč in spremljanje nedostopnih delov objekta. Slabost odbojnih tarč je, da je natančnost opazovanj slabša in da pogosto ne omogočajo postopka APT (Kogoj, 2011). V našem primeru se je izkazalo, da krajše razdalje sistemu APT niso predstavljale težav.

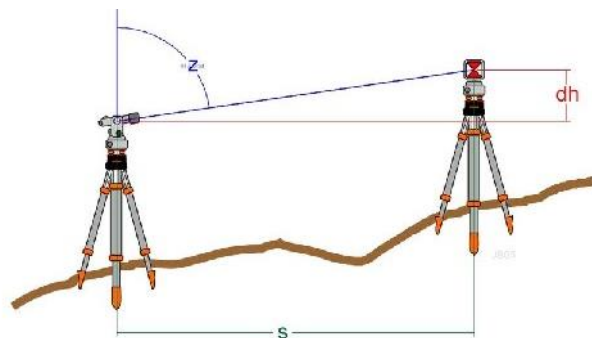
2.4.2 Trigonometrično višinerstvo

Trigonometrično višinerstvo je trigonometrični postopek določanja višinskih razlik na osnovi merjene zenitne razdalje in oddaljenosti med točkama. Princip merjenja je prikazan na sliki 21. Rezultat opazovanj je višinska razlika Δ_H med merjenima točkama, na osnovi katere računamo višine točk v višinskih trigonometričnih mrežah (Kogoj, 2011). Enačba (1) predstavlja izračun višinske razlike Δ_H iz enostransko merjene zenitne razdalje.

$$\Delta_H = S \cdot \cos(z_{T_A}) + \frac{S^2}{2 \cdot R} (1 - k) \sin(z_{T_A}) + i_A - l_B, \quad (1)$$

kjer je:

- S ... poševna dolžina,
- z ... zenitna razdalja,
- R ... radij Zemlje ($R = 6371$ km),
- k ... koeficient refrakcije ($k = 0,13$),
- i ... višina instrumenta,
- l ... višina signala.



Slika 21: Princip merjenja po metodi trigonometričnega višinomerstva.

Vir: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_DAI2/ch01s05.html

2.4.3 Geometrični nivelman

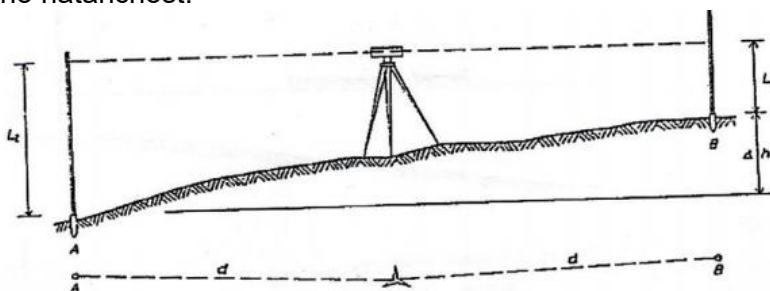
Geometrični nivelman je najbolj natančna metoda za določitev višinskih razlik med dvema točkama. V geodeziji se uporablja za opazovanje najrazličnejših objektov, kontrolo vertikalnih premikov in podobno (Henriques in Casaca, 2001). Princip merjenja je prikazan na sliki 22. Enačba (2) predstavlja izračun višinske razlike Δ_H , ki je enaka razliki odčitkov na latak.

$$\Delta_H = l_z - l_s, \quad (2)$$

kjer je:

- l_z ... latak zadaj,
- l_s ... latak spredaj.

Za določitev vertikalnih premikov podporne stene smo izmerili nivelmansko zanko. Opazovanja smo neodvisno ponovili dvakrat v treh izmerah, nivelirali smo iz sredine z enojnimi odčitki. Za kontrolo smo imeli dva stabilna reperja, spremljali pa smo štiri reperje, vgrajene v opazovani oporni zid. Poprakov pete in metra late ter temperaturnih poprakov nismo upoštevali, ker je bila zahtevana natančnost določitve premika s strani naročnika 2–3 milimetre. Natančnost izmere je bila odvisna od te zahtevane natančnosti, kar pomeni, da upoštevanje poprakov ni bilo potrebno, saj smo že z izbrano metodo izmere in instrumentom zagotovili ustrezno natančnost.



Slika 22: Metoda merjenja – niveliranje iz sredine (Jagodič, 2007).

3 OPIS IZVEDBE OPAZOVANJ

Prvi sestanek, na katerem smo se dogovorili o poteku dela in uporabi ustreznega instrumentarija ter pribora, smo izvedli konec decembra 2014 na sedežu podjetja naročnika, kjer smo si hkrati ogledali tudi delovišče. Stabilizacijo detajlnih točk na objektu in točk geodetske mreže ter ničelno izmero pred zasutjem opornega zidu smo izvedli januarja 2015. Po zasutju opornega zidu smo aprila 2015 izvedli drugo opazovanje, po vseh končanih delih pa julija 2015 še tretje opazovanje. V vseh terminskih izmerah so bile izvedene tudi izmere nivelmanske mreže.

Stojiščne točke so bile izbrane tako, da je bilo iz njih možno izmeriti detajlne točke na celotnem podpornem zidu. Ker je bilo naše delovišče hkrati tudi gradbišče in delovni prostor obstoječe proizvodnje, smo se z vsako izmero posebej prilagajali stanju na terenu. Stojišče je bilo zato vedno izbrano kot prosto. Koordinate posameznih stojišč smo pridobili z navezavo na stabilne točke. Poleg vidnih vizur pa smo se z izborom metode prostega stojišča izognili tudi pogrešku centriranja. Ob vsaki izmeri smo poleg horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin merili tudi temperaturo in tlak. Merjene količine v posamezni izmeri z različnimi instrumenti so predstavljene v nadaljevanju.



Slika 23: Stanje zidu (z zgrajenimi oporami) med ničelno in drugo terminsko izmero.



Slika 24: Eno od stojišč med drugo terminsko izmero.

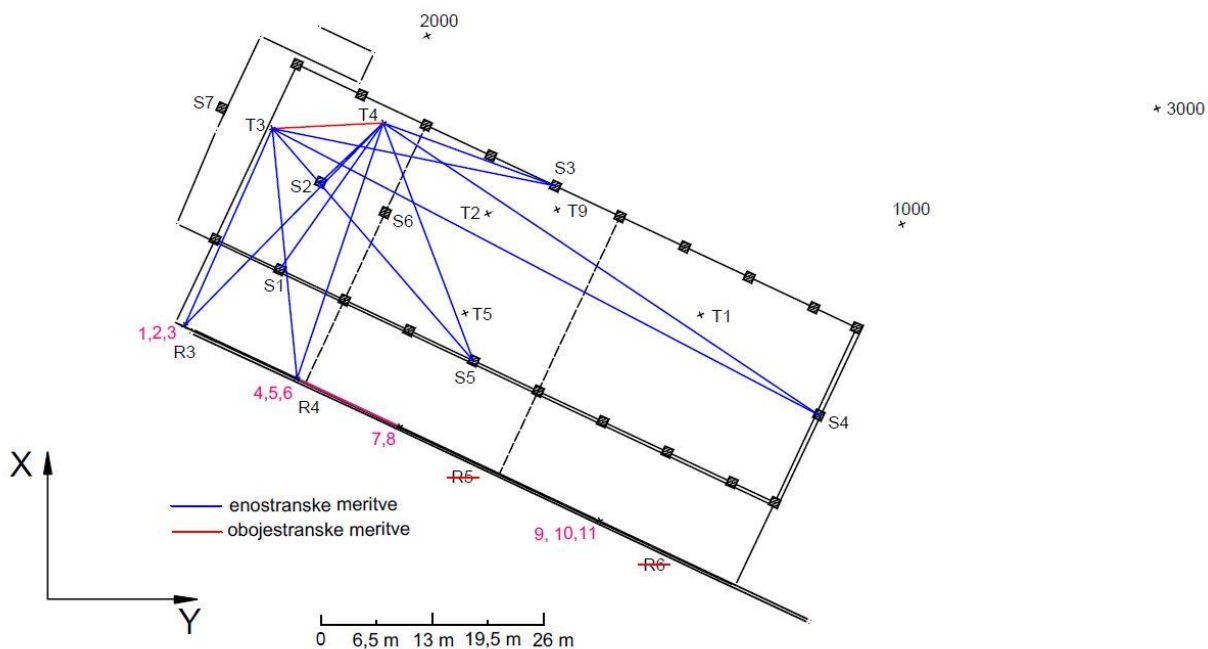
a) Prva oziroma ničelna terminska izmera

Leica Nova MS50

Stojišča in povezave med točkami so predstavljene v preglednici 7 in shematično na sliki 25.

Preglednica 7: Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (ničelna terminska izmera), Leica MS50.

Stojišče	Točke	Stojišče	Točke
T3	T4	T4	S3
	S5		S4
	S1		S5
	4		6
	5		5
	6		4
	1		3
	2		2
	3		1
			S1
			S2
			T3
Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]
9	1013	4	1013



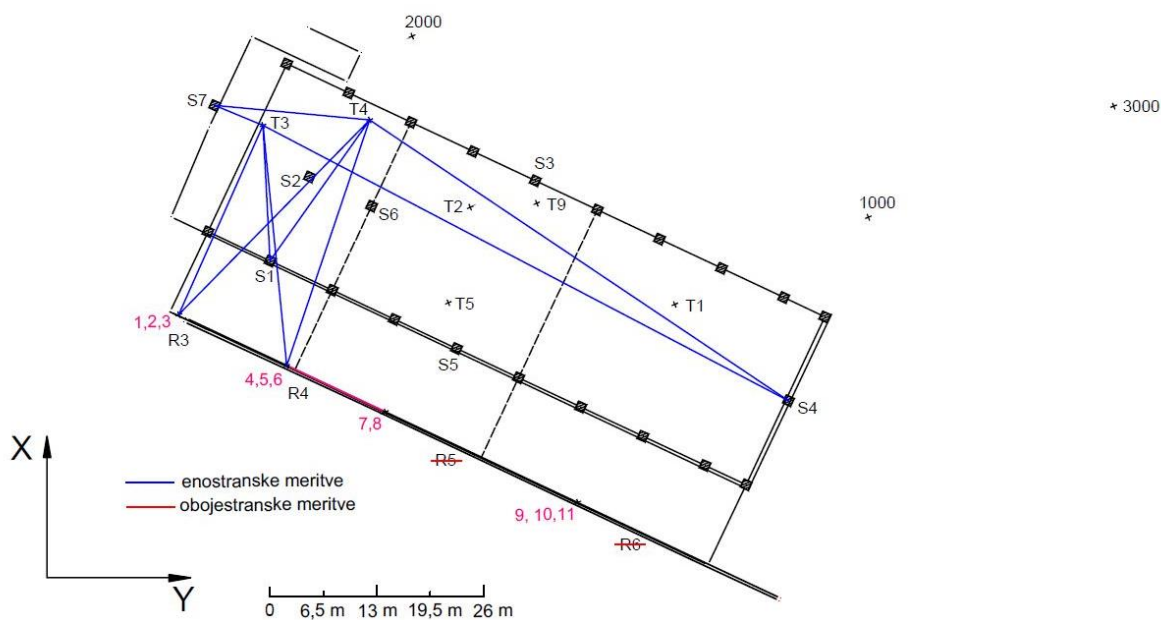
Slika 25: Povezave med točkami v ničelni terminski izmeri (Leica MS50).

Leica TCRA 1105 plus

Stojišča in povezave med točkami so predstavljene v preglednici 8 in shematično na sliki 26.

Preglednica 8: Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (ničelna terminska izmera), Leica TCRA 1105 plus.

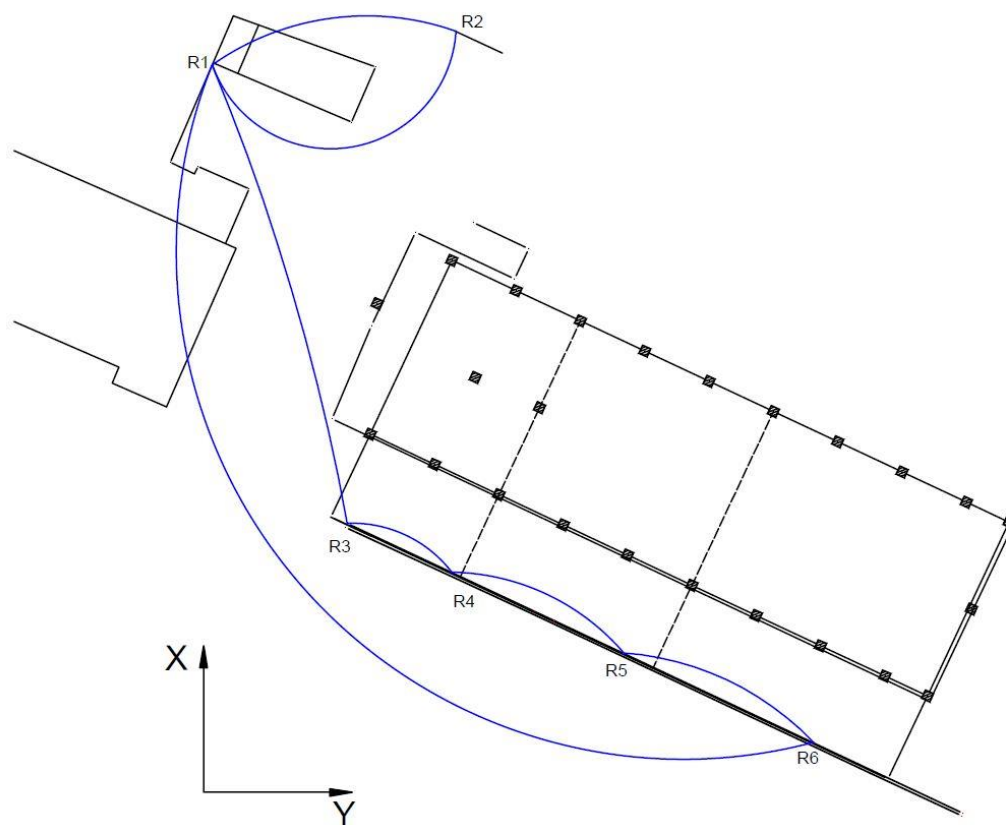
Stojišče	Točke	Stojišče	Točke
T4	4	T3	1
	5		2
	6		3
	1		4
	2		5
	3		6
	S1		S1
	S7		S7
	S4		S4
Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]
5	990	7	990



Slika 26: Povezave med točkami v ničelni terminski izmeri (Leica TCRA 1105 plus).

Leica DNA03

Povezave med merjenimi reperji v času ničelne izmere so predstavljene shematično na sliki 27.



Slika 27: Nivelmanska zanka v ničelni termiski izmeri.

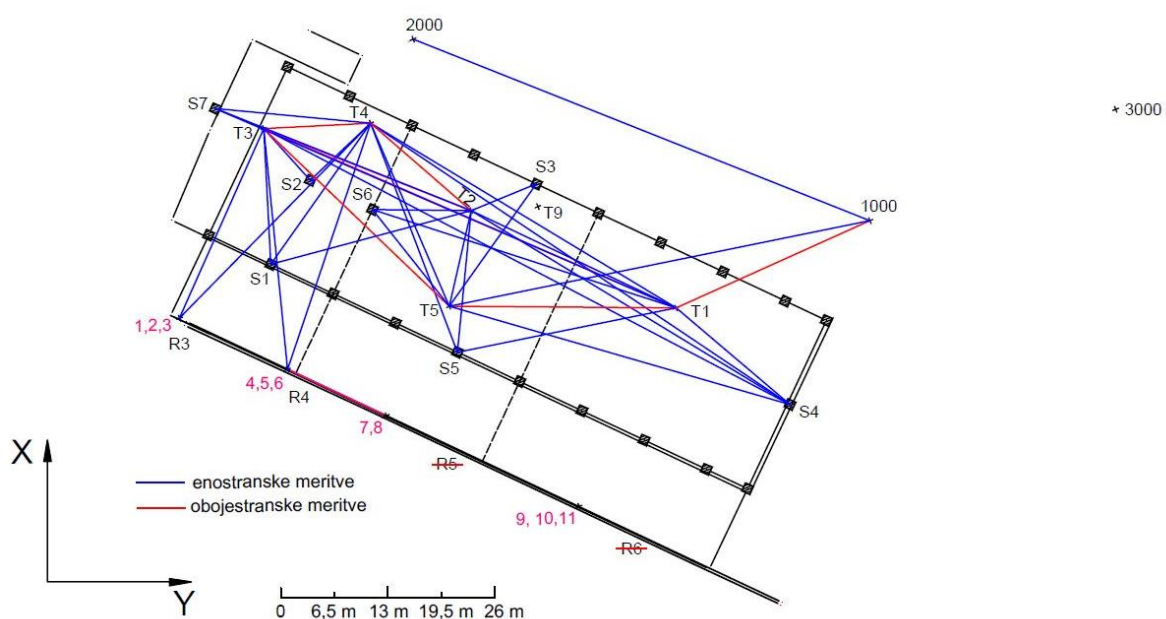
b) Druga terminska izmera

Leica Nova MS50

Stojišča in povezave med točkami so predstavljene v preglednici 9 in shematično na sliki 28.

Preglednica 9: Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (2. terminska izmera, prvi del zidu), Leica MS50.

Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke
T3	T1	T4	T1	T2	T1	T5	T1	T1	T3	1000	T5
	S4		T2		S4		S4		S7		T1
	T5		T5		T5		S6		S6		2000
	S2		S5		S5		S3		S5		
	S1		4		S7		T3		T5		
	6		5		S3				S4		
	5		6		T3				1000		
	4		1		T4						
	S7		2		S6						
	T4		3		S1						
	T2		S1								
	1		S2								
	2		S7								
	3		T3								
			S4								
Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]						
9,3	977	9,5	977	10	977						

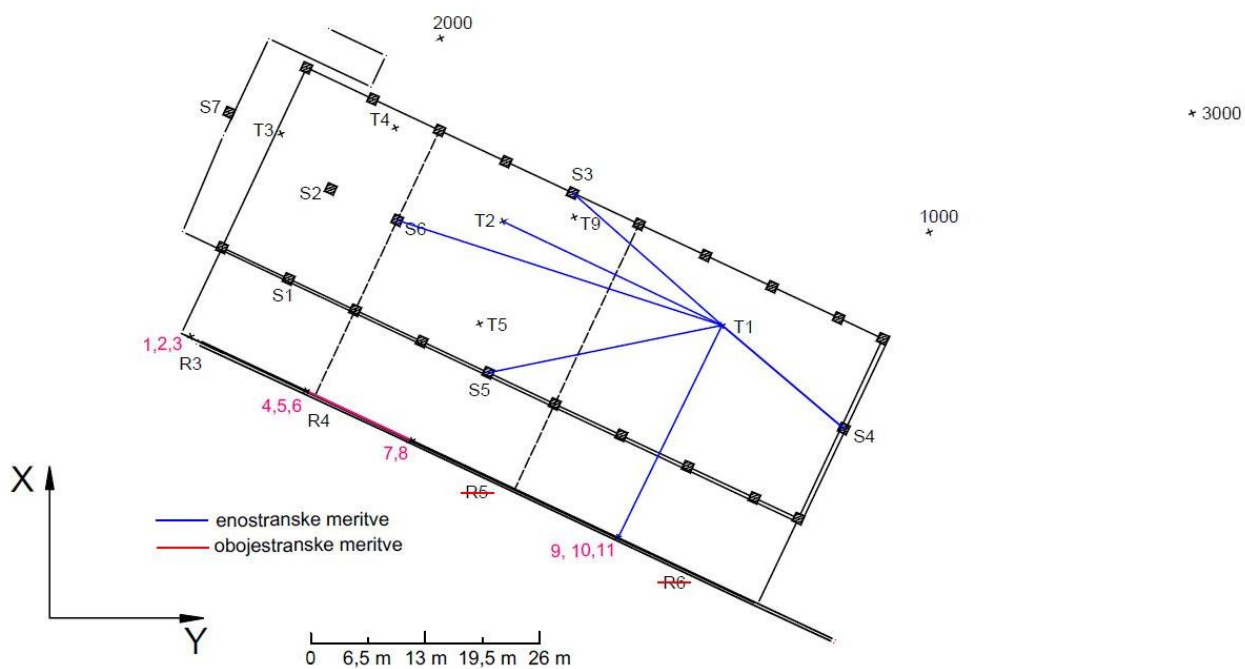


Slika 28: Povezave med točkami v drugi terminski izmeri (Leica MS50).

Stojišča in povezave med točkami so predstavljene v preglednici 10 in shematično na sliki 29.

Preglednica 10: Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (2. terminska izmera, drugi del zidu), Leica MS50.

Stojišče	Točke
A	S4
	11
	10
	9
	8
	7
	S5
	S6
	S3
Temperatura [°C]	Tlak [mbar]
11	983



Slika 29: Povezave med točkami v drugi terminski izmeri, drugi del zidu (Leica MS50).

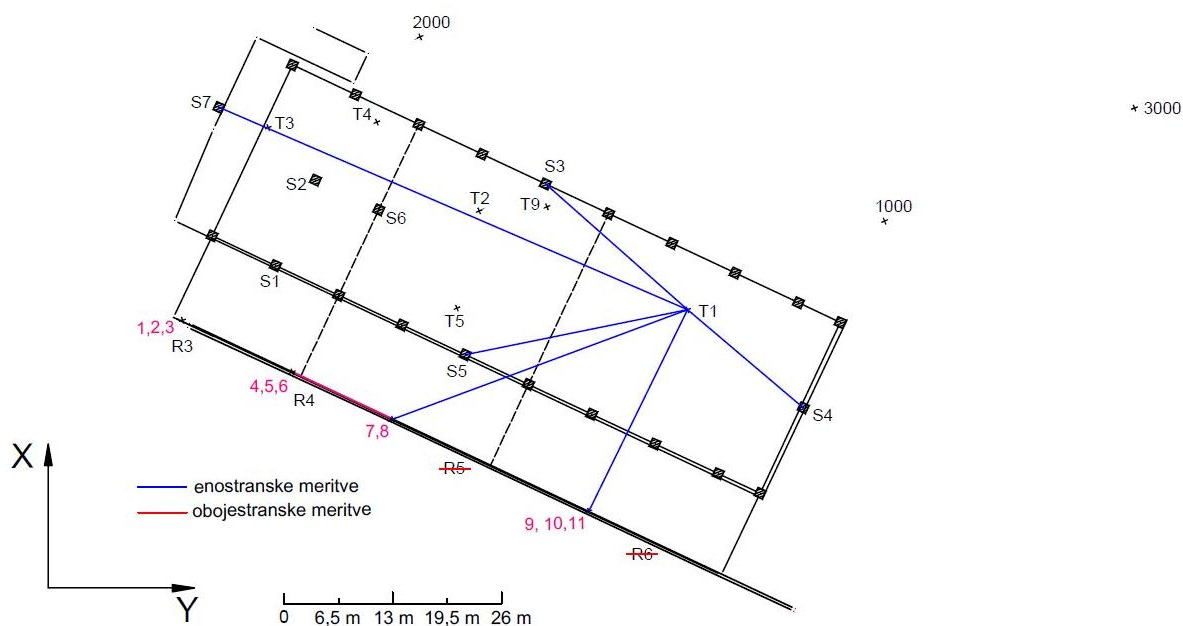
Zaradi postopnega zasipavanja zidu je bil oporni zid v drugi terminski izmeri z instrumentom Leica Nova MS50 posnet v dveh delih.

Leica TCRA 1105 plus

Stojišča in povezave med točkami so predstavljene v preglednici 11 in shematično na sliki 30.

Preglednica 11: Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (2. terminska izmera), Leica TCRA 1105 plus.

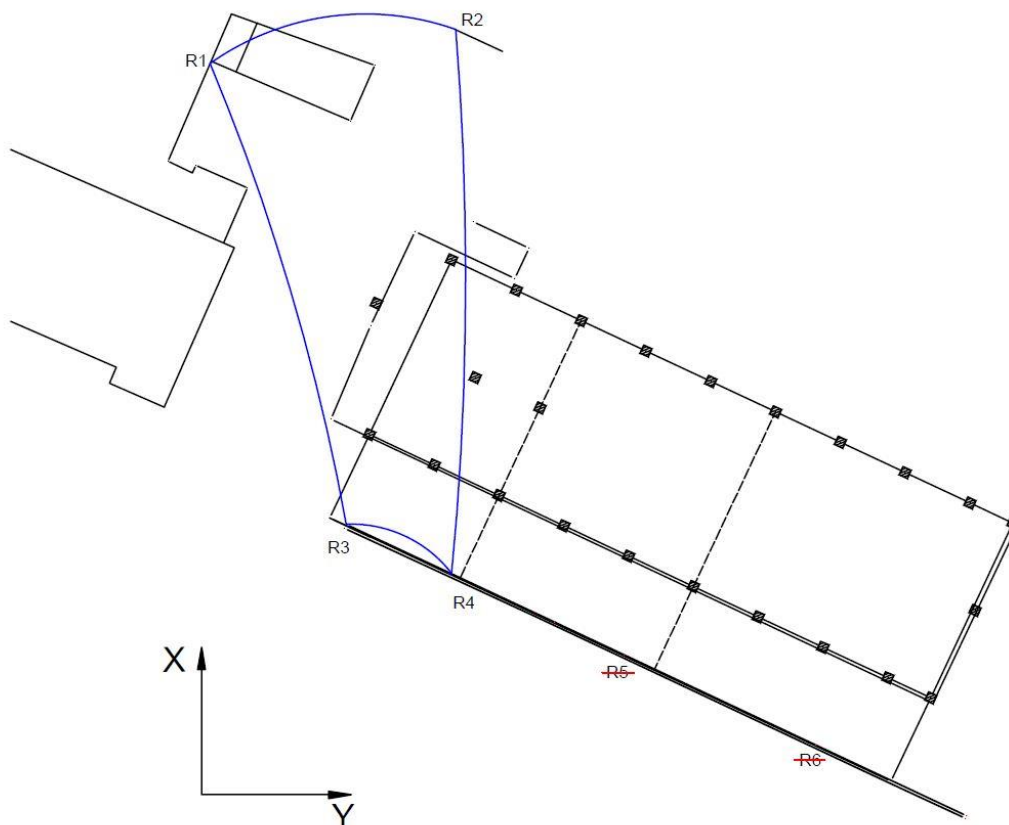
Stojišče	Točke
T1	9
	10
	11
	S5
	S7
	S3
	S4
	7
	8
Temperatura [°C]	Tlak [mbar]
13	1013



Slika 30: Povezave med točkami v drugi terminski izmeri (Leica TCRA 1105 plus).

Leica DNA03

Povezave med merjenimi reperji v času druge izmere so predstavljene shematično na sliki 31.



Slika 31: Nivelmanska zanka v drugi terminski izmeri.

Zaradi dveh uničenih reperjev v času med ničelno in drugo terminsko izmero smo v drugi terminski izmeri merili dva reperja manj.

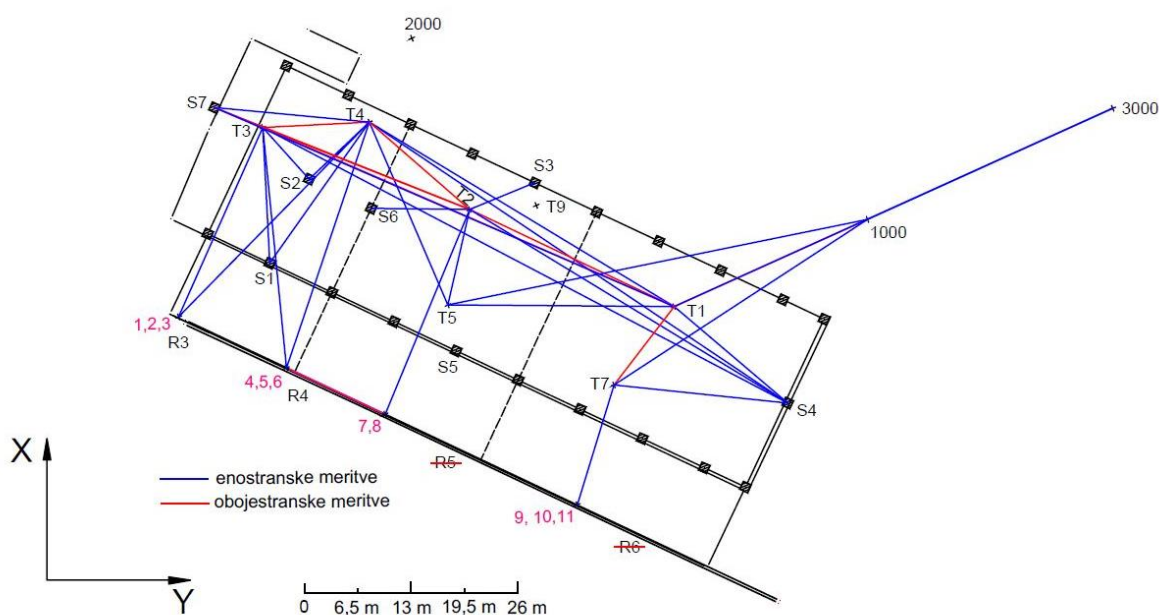
c) Tretja terminska izmera

Leica Nova MS50

Stojišča in povezave med točkami so predstavljene v preglednici 12 in shematično na sliki 32.

Preglednica 12: Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (3. terminska izmera), Leica MS50.

Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke
T3	T1	T4	T1	T2	T1	T1	T2
	T2		T2		S4		T3
	S4		T5		T5		T5
	S2		6		8		S4
	S1		5		7		1000
	6		4		S6		3000
	5		3		S7		T7
	4		2		T3		T1
	3		1		T4		1000
	2		S2		S3		S4
	1		S7				
	S7		S4				
			S1				
Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]
19,8	978	20,4	978	22,2	978		



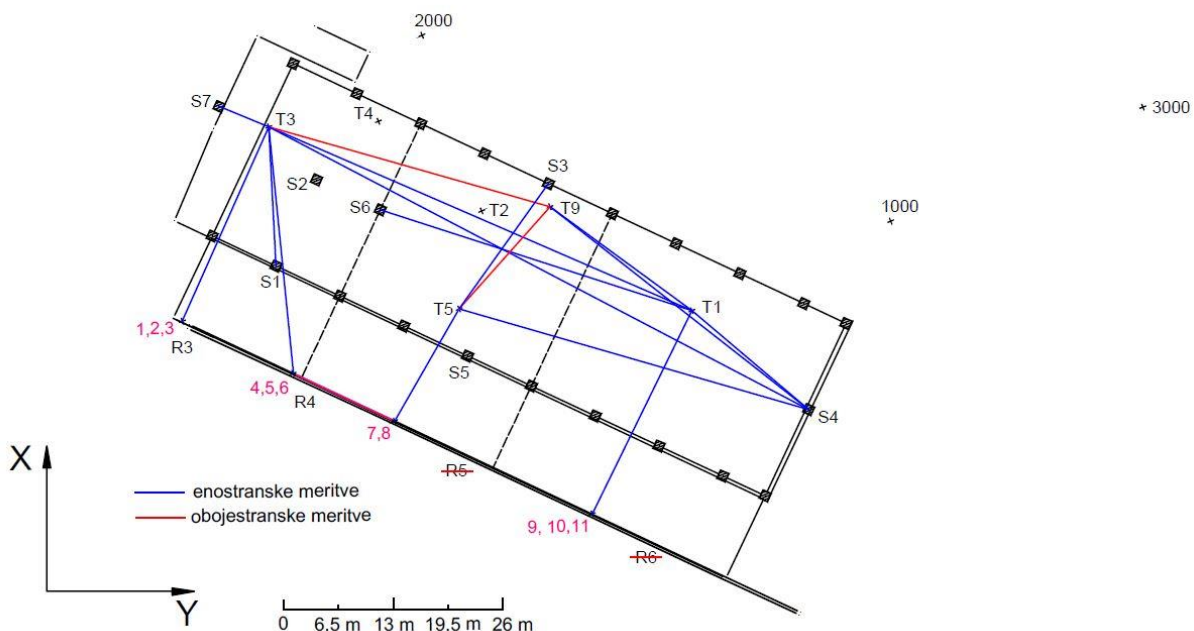
Slika 32: Povezave med točkami v tretji terminski izmeri (Leica MS50).

Leica TCRA 1105 plus

Stojišča in povezave med točkami so predstavljene v preglednici 13 in shematično na sliki 33.

Preglednica 13: Stojišča, merjene točke in meteorološki pogoji (3. terminska izmera), Leica TCRA 1105 plus.

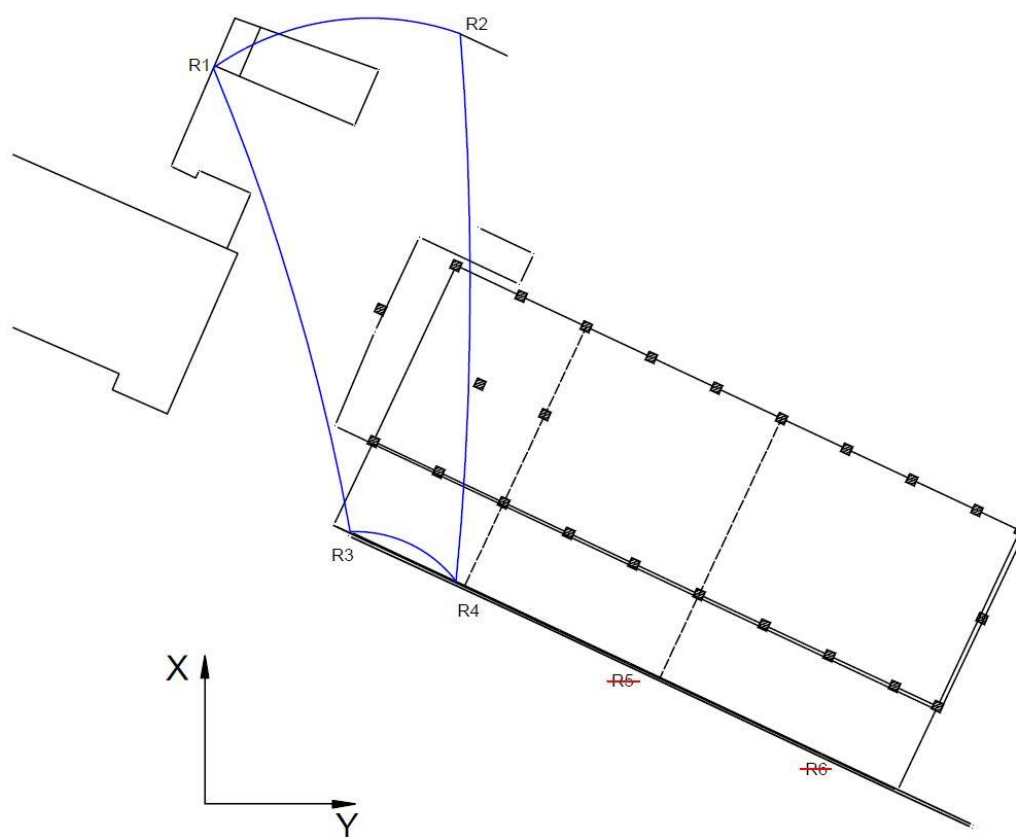
Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke	Stojišče	Točke
T1	S4	T3	T9	T5	S4	T9	T5
	11		S4		8		T3
	10		6		S3		S4
	9		5		T9		
	S6		4		7		
	T3		S1				
	T9		3				
			1				
			S7				
Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]	Temperatura [°C]	Tlak [mbar]
19,3	990	19,5	990			20,5	991



Slika 33: Povezave med točkami v tretji terminski izmeri (Leica TCRA 1105 plus).

Leica DNA03

Povezave med merjenimi reperji v času tretje izmere so predstavljene shematično na sliki 34.



Slika 34: Nivelmanska zanka v tretji terminski izmeri.

4 OBDELAVA OPAZOVANJ

Po izvedbi terenskih opazovanj smo ocenjevali natančnost merskih rezultatov z namenom iskanja grobih in sistematičnih pogreškov, ocene izpolnjevanja kriterija zahtevane natančnosti in računanja uteži (Kogoj, 2011).

Vse tri terminske izmere horizontalne in vertikalne mreže so bile najprej izravnane kot proste. Prosto mrežo izravnamo za kontrolo stabilnosti danih točk. Po izboru stabilnih točk, ki določajo geodetski datum mreže, je sledila izravnava vpete mreže, s katero določimo premike točk iz razlik koordinat. Uporabljen je bil postopek posredne izravnave opazovanj po metodi najmanjših kvadratov, ki je predstavljen v nadaljevanju magistrskega dela.

4.1 Priprava opazovanj za izravnavo

Vrednosti opazovanj, ki jih prenesemo iz instrumenta, brez predhodne obdelave niso primerne za nadaljnje računanje. To so definitivne vrednosti opazovanih horizontalnih smeri med točkami, katerih koordinate računamo. Iz niza opazovanj s pomočjo različnih postopkov izločamo sistematične in grobe pogreške in ocenjujemo natančnost pred izravnavo. Z uporabo sodobnih instrumentov pogosto večji del tega postopka poteka avtomatsko (Kogoj, 2011).

Opazovanja horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in dolžin so bila izvedena v več girusih, zato je bilo treba izračunati njihove srednje vrednosti. Srednje vrednosti zenitnih razdalj so bile uporabljene pri redukciji dolžin na izbrani nivo in pri izračunu višinskih razlik po metodi trigonometričnega višinomerstva.

Izračun sredin girusov merjenih horizontalnih smeri in ocena natančnosti

Srednje vrednosti opazovanih horizontalnih smeri so bile izračunane po enačbi:

$$\alpha_{j,k} = \frac{\alpha_{j,k I} + (\alpha_{j,k II} + 180^\circ)}{2}, \quad (3)$$

kjer je:

- α_I ... opazovanja v prvi krožni legi,
- α_{II} ... opazovanja v drugi krožni legi,
- $j = I, \dots, n$... število girusov,
- $k = I, \dots, m$... število smeri.

Opazovane horizontalne smeri so bile reducirane na prvo opazovano smer:

$$\alpha'_{j,k} = \alpha_{j,k} - \alpha_{j,I} \quad (4)$$

V nadaljevanju smo izračunali aritmetično sredino opazovanih horizontalnih smeri med posameznimi girusi:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n}{n}, \quad (5)$$

kjer so:

- $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n \dots$ srednje vrednosti horizontalnih smeri v posameznem girusu.

Sledila je ocena natančnosti merjenja horizontalnih smeri po standardu ISO 17123-3. Najprej smo izračunali razlike aritmetične sredine in reducirane horizontalne smeri:

$$d_{j,k} = \bar{\alpha}_k - \alpha'_{j,k} \quad (6)$$

Popravki za posamezen girus (r):

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j, \quad (7)$$

kjer smo \bar{d}_j izračunali po enačbi:

$$\bar{d}_j = \frac{\sum_{k=1}^m d_{j,k}}{m}. \quad (8)$$

Enačba za izračun vsote kvadratov popravkov za vsako stojišče:

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m r_{j,k}^2. \quad (9)$$

Število prostostnih stopenj, ki je odvisno od števila girusov in smeri, smo izračunali po naslednji enačbi:

$$v = (n-1)(m-1). \quad (10)$$

Empirični standardni odklon σ_n smeri $\alpha'_{j,k}$, merjene v enem girusu v obeh krožnih legah:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} \text{ in} \quad (11)$$

empirični standardni odklon merjenih horizontalnih smeri v n girusih:

$$\sigma_{n \text{ girusov}} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}. \quad (12)$$

V preglednicah 14 in 15 so prikazane ocene natančnosti opazovanih horizontalnih smeri na vseh stojiščih v vseh terminskih izmerah. Horizontalne smeri so bile pri izmeri z instrumentom Leica Nova MS50 ($\sigma_{Hz,ISO\ 17123-3} = 1''$) boljše od deklarirane natančnosti. Deklarirane natančnosti za instrument Leica TCRA 1105 plus ($\sigma_{Hz,ISO\ 17123-3} = 5''$) pri merjenju horizontalnih smeri nismo dosegli.

Preglednica 14: Ocene natančnosti opazovanj horizontalnih smeri po ISO 17123-3 za instrument Leica Nova MS50.

	Izmera 1	Izmera 2	Izmera 3
Stojišče	$\sigma_{Hz,ISO\ 17123-3} ['']$		
T1	/	0,5	0,7
T2	/	0,5	0,5
T3	0,5	0,5	0,5
T4	0,5	0,5	0,6
T5	/	0,5	/
T7	/	/	0,5
1000	/	0,4	0,8
3000	/	0,5	/
A	/	0,7	/

Preglednica 15: Ocene natančnosti opazovanj horizontalnih smeri po ISO 17123-3 za instrument Leica TCRA 1105 plus.

	Izmera 1	Izmera 2	Izmera 3
Stojišče	$\sigma_{Hz,ISO\ 17123-3} ['']$		
T1	/	0,9	6,2
T3	2,4	/	5,8
T4	7,3	/	/
T5	/	/	6,3
T9	/	/	2,0

Izračun sredin girusov merjenih zenitnih razdalj in ocena natančnosti

Srednje vrednosti opazovanih zenitnih razdalj so bile izračunane po enačbi:

$$z_{j,k} = \frac{z_{j,kI} + (z_{j,kII} + 180^\circ)}{2}, \tag{13}$$

kjer je:

- z_I ... opazovanja v prvi krožni legi,

- z_{II} ... opazovanja v drugi krožni legi,
- $j = 1, \dots, n$... število girusov,
- $k = 1, \dots, m$... število merjenih zenitnih razdalj.

V nadaljevanju smo izračunali aritmetično sredino opazovanih zenitnih razdalj med posameznimi girusi:

$$\bar{z} = \frac{z_1 + z_2 + \dots + z_n}{n}, \quad (14)$$

kjer so:

- $z_1 + z_2 + \dots + z_n$... srednje vrednosti zenitnih razdalj v posameznem girusu.

Tako kot za horizontalne smeri smo tudi za zenitne razdalje izračunali oceno natančnosti po standardu ISO 17123-3.

Popravki za posamezen girus (r):

$$r_{j,k} = z'_{j,k} - \bar{z}_j. \quad (15)$$

Enačba za izračun vsote kvadratov popravkov za vsako stojišče:

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m r_{j,k}^2. \quad (16)$$

Število prostostnih stopenj, ki je odvisno od števila girusov in smeri, smo izračunali po naslednji enačbi:

$$v = (n-1)(m-1). \quad (17)$$

Empirični standardni odklon σ_n smeri $z'_{j,k}$, merjene v enem girusu v obeh krožnih legah:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} \text{ in} \quad (18)$$

empirični standardni odklon merjenih zenitnih razdalj v n girusih:

$$\sigma_{n \text{ girusov}} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}. \quad (19)$$

V preglednicah 16 in 17 so prikazane ocene natančnosti opazovanih zenitnih razdalj na vseh stojščih v vseh terminskih izmerah. Zenitne razdalje so bile v vseh izmerah pri obeh instrumentih izmerjene z natančnostjo, ki je boljša od deklarirane vrednosti.

Preglednica 16: Ocene natančnosti opazovanj zenitnih razdalj po ISO 17123-3 za instrument Leica Nova MS50.

	Izmera 1	Izmera 2	Izmera 3
Stojišče	$\sigma_{V,ISO\ 17123-3}$ ["]		
T3	0,6	0,7	0,7
T4	0,6	0,6	0,7
T2	/	0,5	0,6
T5	/	0,7	/
T1	/	0,6	0,6
1000	/	0,6	0,9
3000	/	0,6	/
A	/	0,6	/
T7	/	/	0,9

Preglednica 17: Ocene natančnosti opazovanj zenitnih razdalj po ISO 17123-3 za instrument Leica TCRA 1105 plus.

	Izmera 1	Izmera 2	Izmera 3
Stojišče	$\sigma_{V,ISO\ 17123-3}$ ["]		
T1	/	0,7	2,1
T3	2,4	/	2,6
T4	3,3	/	/
T5	/	/	1,7
T9	/	/	2,4

Izračun sredin merjenih poševnih dolžin in ocena natančnosti

Srednje vrednosti opazovanih dolžin so bile izračunane po enačbi:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,kI} + x_{j,kII}}{2}, \quad (20)$$

kjer je:

- x_I ... opazovanja v prvi krožni legi,
- x_{II} ... opazovanja v drugi krožni legi,

- $j = 1, \dots, n$... število girusov,
- $k = 1, \dots, m$... število merjenih dolžin.

V nadaljevanju smo izračunali aritmetično sredino opazovanih dolžin med posameznimi girusi:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (21)$$

kjer so:

- $x_1 + x_2 + \dots + x_n$... srednje vrednosti dolžin v posameznem girusu,

Oceno natančnosti za dolžine se določa po standardu ISO 17123-4.

Popravki za posamezen girus (r):

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_j. \quad (22)$$

Enačba za izračun vsote kvadratov popravkov za vsako stojišče:

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m r_{j,k}^2. \quad (23)$$

Empirični standardni odklon σ_n :

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} \text{ in} \quad (24)$$

empirični standardni odklon merjenih dolžin v n girusih (notranja natančnost):

$$\sigma_{n \text{ girusov}} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}. \quad (25)$$

V preglednicah 18 in 19 so prikazane ocene natančnosti merjenih poševnih dolžin na vseh stojščih v vseh terminskih izmerah. Poševne dolžine so bile izmerjene bolje od deklarirane natančnosti $\sigma_{d,ISO 17123-4} = 1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$ tahimetra Leica Nova MS50 in deklarirane natančnosti $\sigma_{d,ISO 17123-4} = 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ tahimetra Leica TCRA 1105 plus.

Preglednica 18: Ocene natančnosti opazovanj dolžin po ISO 17123-4 za instrument Leica Nova MS50.

	Izmera 1	Izmera 2	Izmera 3
Stojišče	$\sigma_{d,ISO 17123-4}$ [mm]		
T3	0,05	0,06	0,05
T4	0,06	0,04	0,06
T2	/	0,12	0,04
T5	/	0,03	/
T1	/	0,03	0,03
1000	/	0,04	0,04
3000	/	0,16	/
A	/	0,01	/
T7	/	/	0,04

Preglednica 19: Ocene natančnosti opazovanj dolžin po ISO 17123-4 za instrument Leica TCRA 1105 plus.

	Izmera 1	Izmera 2	Izmera 3
Stojišče	$\sigma_{d,ISO 17123-4}$ [mm]		
T3	0,30	/	0,17
T4	0,16	/	/
T1	/	0,37	0,22
T5	/	/	0,19
T9	/	/	0,25

Ugotovili smo, da so bile vse merjene količine, razen horizontalnih smeri v ničelni in tretji izmeri pri tahimetru Leica TCRA 1105 plus, izmerjene z deklarirano natančnostjo instrumentov.

4.2 Redukcija dolžin

Izmerjene dolžine med opazovanimi točkami je pred nadaljnjo uporabo zaradi različnih vplivov treba reducirati. S postopkom redukcije dolžin smo popravili merske vrednosti dolžin.

Redukcije delimo na tri skupine (Kogoj in Savšek, 2011):

- redukcija z znanimi nadmorskimi višinami,
- redukcija z merjeno zenitno razdaljo,
- redukcija na projekcijsko ravnino.

Enačbe za redukcijo dolžin so povzete po Kogoj (2005) ter Kogoj in Savšek (2011).

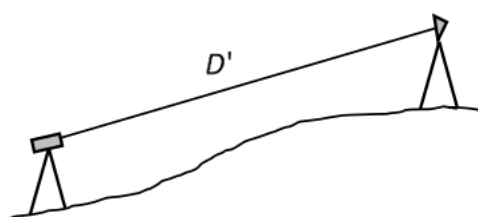
4.2.1 Pogrešek določitve ničelne točke razdaljemera in reflektorja

Merjeno dolžino D' smo popravili za vpliv pogreška določitve ničelne točke razdaljemera in reflektorja.

$$D_a = D' \cdot k_m + k_a, \quad (26)$$

kjer je:

- D' ... merjena dolžina, ki jo prikaže instrument,
- k_m ... multiplikacijska konstanta razdaljemera in prizme (nastavljeno s kalibracijo na pooblaščenem servisu, vrednost 1),
- k_a ... adicijska konstanta razdaljemera in prizme (določeno z ustrezno preizkusno metodo, pri poenostavitvah vrednost 0).



Slika 35: Merjena dolžina D' , ki jo prikaže instrument in jo moramo popraviti (Kogoj in Savšek, 2011).

4.2.2 Meteorološki popravki

Meteorološki pogoji (t - temperatura, p - tlak, e - vlažnost zraka) vplivajo na optično gostoto medija (zraka), skozi katerega potuje EMV. S spremembo meteoroloških pogojev se spremeni hitrost širjenja EMV. Velikost vpliva je odvisna tudi od dolžine. Pri dolžinah, manjših od 500 m, je vpliv neznamen, s povečevanjem razdalje pa se veča. Za izračun merimo meteorološke parametre (pri razdaljemeru, pri reflektorju ali celo vmes). Redukcija za meteorološke vplive

lahko poteka z izračunom, s tabelami proizvajalca ali z vstavljanjem vrednosti meteoroloških parametrov v instrument.

d) Prvi popravek hitrosti

Dejstvo je, da je optična pot za dejanske in referenčne pogoje enaka:

$$D_I = \frac{n_0}{n_D} D_a. \quad (27)$$

Izmerjena dolžina D_a se nanaša na nominalni (referenčni) lomni količnik n_0 , ki ga poda proizvajalec pri nekaterih nominalnih pogojih merjenja:

$$n_0 = n(\lambda_{Neff}, t_0, p_0, e_0). \quad (28)$$

Običajno je podana valovna dolžina nosilnega valovanja (λ_{Neff}) – efektivna valovna dolžina EOR. Lomni količnik n_0 za referenčno atmosfero izračunamo po enačbi Barrel-Sears:

$$n_0 = 1 + \frac{n_G - 1}{1 + \alpha \cdot t_0} \cdot \frac{p_0}{1013.25} \cdot \frac{4,1 \cdot 10^{-3}}{1 + \alpha \cdot t_0} \cdot e_0, \quad (29)$$

kjer je:

- n_G ... grupni lomni količnik svetlobe,
- t_0 ... temperatura [°C],
- p_0 ... zračni tlak [hPa],
- e_0 ... delni tlak vodne pare [hPa],
- α ... razteznostni koeficient zraka ($\alpha = 1/273.16$ [1/°C]).

Vpliv delnega tlaka vodne pare je majhen. Pri izbranih srednjih meteoroloških pogojih bi v primeru, da tlaka ne upoštevamo, povzročili relativni pogrešek dolžine približno 0,3 ppm.

Grupni lomni količnik (nekega ozkega spektra svetlobe) računamo na podlagi efektivne valovne dolžine λ_{Neff} z izrazom:

$$(n_G - 1) \cdot 10^6 = A + 3 \cdot \frac{B}{\lambda_{Neff}^2} + 5 \cdot \frac{C}{\lambda_{Neff}^4}. \quad (30)$$

A , B in C so empirično določene konstante, ki veljajo za normalno atmosfero ($t = 0$ °C, $p = 1013,25$ hPa, $e = 0$ hPa). Vrednosti konstant so predstavljene v preglednici 20.

Preglednica 20: Vrednosti konstant A, B in C.

avtor	območje	A	B	C
IAG (1999)	$650 \text{ nm} < \lambda_{Neff} < 850 \text{ nm}$	287,6155	1,62887	0,01360

Med izmero dolžine v atmosferi vladajo pogoji, ki so drugačni od nominalnih. Zato velja za pogoje merjenja dejanski lomni količnik n_D . Njegova vrednost se določi na osnovi izmerjenih meteoroloških parametrov (t, p, e) po znanih, empirično določenih enačbah.

$$n_D = n(\lambda_{Neff}, t, p, e), \quad (31)$$

$$n_D = 1 + \frac{n_G - 1}{1 + \alpha \cdot t} \cdot \frac{p}{1013.25} - \frac{4,1 \cdot 10^{-3}}{1 + \alpha \cdot t} \cdot e. \quad (32)$$

Z upoštevanjem prvega popravka hitrosti smo popravili dolžino D_a :

$$D = \frac{n_0}{n_D} \cdot D_a = D_a + k_n. \quad (33)$$

Pri prvem popravku hitrosti je bil uporabljen dejanski lomni količnik n_D , ki predstavlja srednjo vrednost lomnih količnikov. Le-ti so izračunani iz meteoroloških parametrov na začetni in končni točki merjene dolžine. Pri tem smo predpostavili, da se vrednost dejanskega lomnega količnika spreminja linearno. Ker pa sprememba lomnega količnika zaradi spremembe višine vizure nad fizično površino Zemlje ni linearna, je v praksi treba izračunati tudi drugi popravek hitrosti. Njegov vpliv je pametno uporabljati pri daljših dolžinah (> 65 km), v našem primeru pa smo ga zanemarili, saj za naše dolžine predstavlja zelo majhen popravek.

4.2.3 Geometrični popravki

e) Popravek zaradi ukrivljenosti merskega žarka

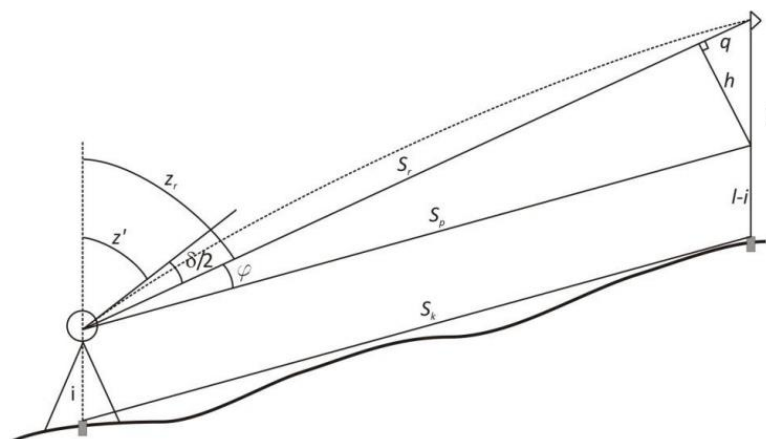
Izmerjena dolžina zaradi refrakcije predstavlja dolžino prostorske krivulje. Treba je določiti dolžino pripadajoče tetive S_r , ki jo izračunamo z naslednjo enačbo:

$$S_r = D_2 - k^2 \cdot \frac{D_2^3}{24 \cdot R^2}. \quad (34)$$

- D_2 ... merjena dolžina, popravljena za instrumentalne popravke ter prvi in drugi popravek hitrosti [m].

f) Redukcija zaradi vertikalne ekscentricitete – redukcija na nivo točk (kamen – kamen)

Redukcija vertikalne ekscentricitete – redukcija na nivo točk (kamen – kamen) poteka po dveh postopkih, odvisna pa je od danih oziroma merjenih vrednosti. V našem primeru smo uporabili postopek, ki upošteva merjene zenitne razdalje med točkama.



Slika 36: Izračun dolžine na nivoju točk ob merjeni zenitni razdalji (Kogoj in Savšek, 2011).

Izračun poteka po enačbi:

$$S_p = S_r - (l-i) \cdot \cos(z_r) + \frac{[(l-i) \cdot \sin(z_r)]^2}{2 \cdot S_r}, \quad (35)$$

$$z_r = z' + \frac{S_r}{2R} \cdot k, \quad (36)$$

kjer je:

- z' ... merjena zenitna razdalja,
- z_r ... reducirana zenitna razdalja za vpliv refrakcije,
- i ... višina instrumenta [m],
- l ... višina signala na točki [m].

Dolžino na nivoju višine instrumenta, ki je vzporedna poševni dolžini na nivoju točk, moramo teoretično reducirati še na ta nivo. Redukcija je posledica konvergence vertikal skozi krajni točki dolžine. Dolžino kamen – kamen se izračuna po naslednji enačbi:

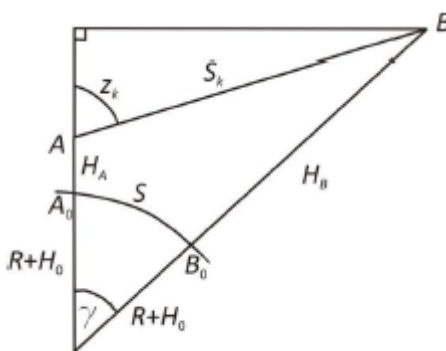
$$S_k = S_p - \frac{i \cdot S_p}{R}. \quad (37)$$

4.2.4 Projekcijski popravki

Izračun in upoštevanje projekcijskih popravkov pomeni prehod s prostorske poševne dolžine na nivoju točk na sferni lok in nato v izbrano projekcijsko ravnino. Možna sta dva postopka izračuna – prvi ob znanih nadmorskih višinah točk in drugi ob merjenih zenitnih razdaljah. V našem primeru smo uporabili postopek, ki upošteva merjene zenitne razdalje med točkama.

g) Horizontiranje in redukcija na skupni nivo (ničelni nivo)

Redukcija z merjeno zenitno razdaljo – postopna redukcija

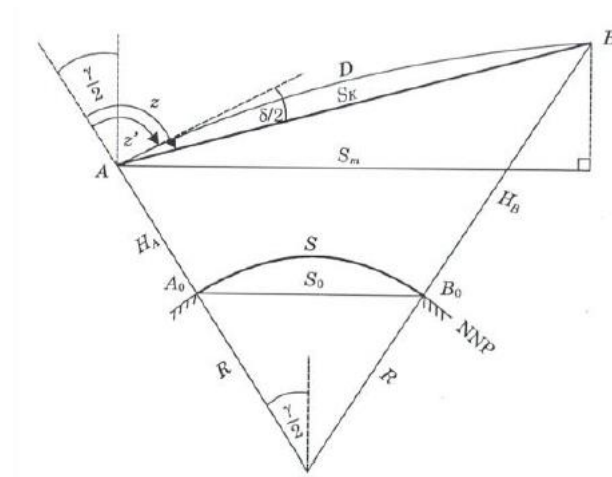


Slika 37: Redukcija na ničelni nivo (Kogoj in Savšek, 2011).

$$S = (R + H_0) \arctan \frac{S_r \cdot \sin(z_r)}{R + H_A + i + S_r \cdot \cos(z_r)}, \quad (38)$$

kjer je

- H_0 ... višina računskega nivoja.



Slika 38: Postopna redukcija (Kogoj in Savšek, 2011).

$$S_m = S_r \cdot \sin(z' + \varepsilon), \quad (39)$$

$$\varepsilon = \frac{S_k}{2R} \cdot (k - \sin z'), \quad (40)$$

kjer je

- z' ... merjena zenitna razdalja.

Redukcija na izbrani ničelni nivo:

$$S_0 = S_m \cdot \frac{R + H_0}{R + H_0 + H_m}, \quad (41)$$

kjer je:

$$H_m = (H_A - H_0) + \frac{S_k \cdot \cos(z_k)}{2}. \quad (42)$$

4.3 Izravnava geodetske mreže

4.3.1 Izravnava po metodi najmanjših kvadratov

V geodeziji za izravnavo trigonometričnih mrež poznamo posredni in pogojni način, s katerima dobimo enake rezultate. Danes se uporablja predvsem posredni način. Pri posredni izravnavi nastopajo tri vrste količin (merjene, dane in iskane količine). Merjene in dane točke so osnova za izračun izravnanih koordinat novih točk. Splošen način povezave opazovanj in količin, ki nas zanimajo, imenujemo model. V geodeziji to predstavlja matematičen model. Določiti moramo najmanjše število elementov, ki jih potrebujemo za enolično določitev modela (Kogoj, 2011).

Spodnja razlaga je povzeta po Kogoju (2011).

Če imamo minimalno število opazovanj, je nujno potrebno število opazovanj; $N = u$:

- matematični model je enolično določen,
- izračunamo približne vrednosti iskanih količin,
- opazovanja lahko še vedno vsebujejo grobe pogreške,
- natančnost ocene iskanih količin ni možna.

Če imamo nadštevilna opazovanja; $N - u > 0$; $N > u$:

- opazovanj imamo več, kot je nujno potrebnih za rešitev matematičnega modela,
- imamo več rešitev matematičnega modela, zato si moramo izbrati kriterij izbora modela; odločimo se za optimalno rešitev,
- enolično optimalno rešitev matematičnega modela v primeru nadštevilnih opazovanj dobimo z metodo najmanjših kvadratov (v nadaljevanju MNK) popravkov merjenih količin,
- postopek izračuna iskanih količin ter izračuna natančnosti ocene po MNK imenujemo izravnava.

Pri geodetskih opazovanjih običajno izvajamo nadštevilna opazovanja, s čimer zagotavljamo skladnost opazovanj s pogoji, ki jih morajo ta opazovanja izpolniti.

Matematični model delimo na:

- funkcijski model, ki predstavlja funkcijske povezave med količinami, ki nastopajo v izravnavi,
- stohastični model, ki določa predpostavke o vrsti porazdelitve opazovanj (to so natančnosti oziroma uteži) in njihovi medsebojni odvisnosti (korelaciji).

Cilji izravnave so matematična definicija trigonometrične mreže, določitev najverjetnejših vrednosti iskanih količin in izračun natančnosti ocene iskanih količin (in posredno tudi merjenih količin).

Glede na vrsto funkcionalnega modela ločimo:

- posredni način izravnave:
 - o univerzalen za različne primere trigonometričnih mrež, zato je možna računalniška obdelava,
 - o enostaven za izračun natančnosti ocene iskanih in merjenih količin.
- pogojni način izravnave:
 - o v preteklosti uporabljen za izravnavo mreže I. reda,
 - o uporabljal se je za primere, ko je merjeno le eno nadštevilno opazovanje (primer višinski poligon),
 - o uporabljal se je v posebnih primerih.

h) Postopek posredne izravnave:

Postopek posredne izravnave je povzet po Kogoj (2011) in Stopar (2010):

1. priprava podatkov opazovanj za izravnavo (predhodna računanja),
2. definiranje merjenih in iskanih količin,
3. definiranje funkcijskega modela oz. funkcijske odvisnosti merjene in iskane količine

$$F_n \equiv \hat{l}_n - g_n(x_1, x_2, \dots, x_u) = 0, \quad (43)$$

kjer je:

- \hat{l}_n ... izravnane vrednosti opazovanj,

- $g_n \dots$ nelinearne funkcije, s katerimi matematično povežemo neznanke in opazovanja,
- $x_u \dots$ neznanke v modelu,

4. linearizacija enačb popravkov:

$$F_i \equiv l_i + v_i - g_i(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{u0}) + \frac{\partial F_i}{\partial x_u} \delta x_u = 0, \quad (44)$$

kjer je:

- $x_{10} \dots$ približne vrednosti neznank, dobljene iz opazovanj,
 - $g_i(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{u0}) \dots$ izračunana vrednost funkcije g_i s približnimi vrednostmi neznank,
 - $\frac{\partial F_i}{\partial x_u} \dots$ parcialni odvodi funkcije F_i po vseh neznankah (izračuni s približnimi vrednostmi neznank),
 - $\delta x_u \dots$ popravki približnih vrednosti neznank, katerih vrednosti ne poznamo in jih računamo v postopku izravnave,
5. izračun približnih vrednosti neznank x_0 ,
6. izračun vrednosti funkcije F za približne vrednosti neznank

$$F^0 = F(x_0), \quad (45)$$

7. definicija stohastičnega modela

- $P \dots$ matrika uteži

8. sestava normalnih enačb

$$N = A^T \cdot P \cdot A, \text{ kjer je:} \quad (46)$$

- $N \dots$ matrika koeficientov normalnih enačb,
- $P \dots$ matrika uteži,
- $A \dots$ matrika enačb popravkov,

$$n = A^T \cdot P \cdot f, \text{ kjer je:} \quad (47)$$

- $n \dots$ vektor prostih členov,
- $f \dots$ vektor odstopanj,

9. rešitev sistema normalnih enačb

$$x = -N^{-1} \cdot n, \quad (48)$$

kjer je:

- x ... vektor neznank,

$$N^{-1} = Q_{xx}, \quad (49)$$

$$\Sigma_{xx} = \sigma_0^2 \cdot Q_{xx} \quad (50)$$

10. izračun popravkov merjenih količin

$$v = A \cdot x + f, \quad (51)$$

Izračun vrednosti iskanih količin:

$$\hat{x} = x_0 + \delta x, \quad (52)$$

kjer je:

- x_0 ... vektor približnih vrednosti neznank,

11. ocena natančnosti opazovanj:

Osnovni kriterij za natančnost opazovanj je referenčni standardni odklon oziroma standardna deviacija enote uteži oziroma srednji pogrešek utežne enote:

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-u}} = \sqrt{\frac{v^T \cdot P \cdot v}{n-u}}, \quad (53)$$

$$\Sigma_{ii} = \sigma_0^2 \cdot Q_{ii}, \quad (54)$$

$$\sigma_i = \frac{\sigma_0}{\sqrt{P_i}}. \quad (55)$$

$\hat{\sigma}_0$ nam pove:

- če so v mreži merjene istovrstne količine in če imajo vsa opazovanja utež 1, potem je referenčni standardni odklon $\hat{\sigma}_0$ (a posteriori) merilo za natančnost opazovanj,
- če so v mreži merjene istovrstne količine, ki imajo različno utežene merjene vrednosti, je $\hat{\sigma}_0$ merilo za kvaliteto a priori ocene natančnosti opazovanj (čim bližje je $\hat{\sigma}_0$ vrednosti, tem boljše so določene uteži opazovanj),

- če so v mreži opazovanja različne vrste, je $\hat{\sigma}_0$ merilo za oceno razmerja uteži med skupinami opazovanj (naj bo čim bližje 1).

Natančnost neznank:

$$\Sigma_{xx} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot Q_{xx} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot \begin{bmatrix} q_{xx} & q_{xy} \\ q_{yx} & q_{yy} \end{bmatrix}, \quad (56)$$

kjer je:

- Σ_{xx} ... kovariančna matrika neznank,
- Q_{xx} ... matrika kofaktorjev neznank.

4.3.2 Geodetski datum

Na osnovi izravnane mreže in uporabe metod deformacijske analize je mogoče v mreži identificirati stabilne točke. Da lahko določimo položaje opazovanih točk v enotnem koordinatnem sistemu in jih med posameznimi terminskimi izmerami tudi primerjamo, morajo biti v mreži najmanj tri stabilne referenčne točke v celotnem obdobju opazovanj. Te točke definirajo geodetski datum v vseh terminskih izmerah. Pri terestrični izmeri se za določitev geodetskega datuma običajno uporabi vse stabilne referenčne točke (Bartol - Lekšan, 2010).

Geodetski datum je definiran kot najmanjše število parametrov, ki so potrebni za enolično določitev novih koordinat točk v geodetski mreži glede na predhodno definiran koordinatni sistem. Problem geodetskega datuma izhaja iz dejstva, da običajna geodetska opazovanja (notranja opazovanja oziroma notranje količine – dolžine, horizontalne smeri in zenitne razdalje) omogočajo določitev samo relativnih koordinat točk mreže. Koordinate točk v predhodno definiranem koordinatnem sistemu pa predstavljajo zunanja opazovanja oziroma zunanje količine (astronomske, elipsoidne in kartezične koordinate točk v globalnem koordinatnem sistemu) in nimajo neposrednega vpliva na notranjo geometrijo geodetske mreže oziroma na relativne položaje točk v geodetski mreži. To pomeni, da na osnovi klasičnih geodetskih opazovanj, brez dodatnih informacij o geodetskem datumu, ne moremo pridobiti koordinat točk v predhodno definiranem koordinatnem sistemu (Marjetič in Stopar, 2007).

Problem definiranja geodetskega datuma geodetske mreže nastopa v različnih primerih, predvsem pa pri vzpostavitvi geodetskih mrež za najnatančnejše naloge, na primer geodetske mreže za potrebe deformacijske analize. Z navezavo take mreže na državni koordinatni sistem bi bili primorani privzeti dane koordinate točk v državnem koordinatnem sistemu, ki bi po kakovosti določitve zaostajale za koordinatami točk, določenimi v okviru lokalne geodetske

mreže. Za računanje koordinat točk v okviru deformacijske analize definiramo geodetski datum lokalnega koordinatnega sistema, v katerem nato spremljamo spremembo lege točk v mreži. Pri vzpostavitvi lokalne geodetske mreže za deformacijsko analizo pred prvo določitvijo koordinat točk v mreži najprej definiramo geodetski datum, ki se v osnovi ne razlikuje od določitve datuma v večjih geodetskih mrežah (Marjetič in Stopar, 2007).

4.3.3 Izravnava proste mreže

Če nobene točke ne obravnavamo kot dane, potem govorimo o izravnavi proste mreže (Marjetič in Stopar, 2007). Geodetske mreže, v katerih datum ni strogo definiran, se imenujejo proste mreže (Šepetavc, 2008). V našem primeru smo vsako terminsko izmero najprej izravnali kot prosto, s čimer smo določili domnevno stabilne točke. Za stabilne so bile določene tiste točke, kjer razlika koordinatnih razlik po x, y in H v ničelni in drugi terminski izmeri ni bila statistično značilno različna glede na koordinate ničelne izmere.

V našem primeru smo kot dane točke v izravnavi uporabili točke S1, S2, S3 in S4. Te točke so definirale geodetski datum osnovne mreže. Koordinate danih točk so predstavljene v preglednici 21.

Preglednica 21: Točke, ki so definirale enoten geodetski datum v vseh terminskih izmerah.

Točka	y [m]	x [m]	H [m]
S1	1004,0736	986,0003	340,66543
S2	1001,1248	996,3936	340,66547
S3	1021,3606	1012,3478	340,70135
S4	1060,1545	1012,2769	343,16059

Naša mreža je bila definirana v lokalnem koordinatnem sistemu z izhodiščem v točki T3 s koordinatami (1000, 1000, 339), kjer višina predstavlja približno nadmorsko višino.

4.3.4 Izravnava horizontalne mreže

V postopku izravnave geodetske mreže smo uporabili programsko orodje GEM4 (Ambrožič, Turk in Jamšek, ver. 4.0, 2005), ki vrednosti izravnava po postopku posredne izravnave po metodi najmanjših kvadratov. V izravnavi nastopajo opazovanja in neznanke, ki predstavljajo koordinate novih točk.

Za uporabo programa smo najprej pripravili vhodno datoteko (*.pod), za katero smo potrebovali sredine girusov horizontalnih smeri posameznih stojišč, reducirane dolžine, natančnost opazovanj in približne horizontalne koordinate točk.

V nadaljevanju sta bili uporabljeni dve datoteki (*.koo in *.gem). Datoteka *.koo vsebuje izravnane koordinate in elemente matrike kofaktorjev neznank, *.gem pa rezultate izravnave. Rezultati izravnave, ki so pomembni za nas, so:

- izravnane vrednosti horizontalnih koordinat (y, x) točk mreže,
- ocene natančnosti ($\sigma_y, \sigma_x, \sigma_p$) in
- elipse pogreškov a, b, θ .

V našem primeru neznanke v prostoru predstavljajo točke 1–11.

Leica Nova MS50

Rezultati izravnav za instrument Leica Nova MS50 so predstavljeni v preglednicah 22, 23, 24 in 25. V preglednicah so zbrane izravnane koordinate točk, njihove natančnosti ($\sigma_y, \sigma_x, \sigma_p$) in elementi elips pogreškov a, b in θ .

- Ničelna izmera

Preglednica 22: Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži ničelne terminske izmere (Leica Nova MS50).

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
1	1000,197	973,881	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2	178
2	1000,197	973,890	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2	178
3	1000,195	973,889	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2	178
4	1013,611	977,571	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	152
5	1013,609	977,580	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	152
6	1013,600	977,598	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	152

- Druga izmera

Preglednica 23: Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži druge terminske izmere (Leica Nova MS50).

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
1	1000,197	973,879	0,6	2,0	2,1	2,0	0,6	175
2	1000,197	973,892	0,6	2,0	2,1	2,0	0,6	175
3	1000,195	973,887	0,6	2,0	2,1	2,0	0,6	175
4	1013,612	977,571	1,1	1,7	2,0	1,9	0,5	149
5	1013,612	977,577	1,1	1,7	2,0	1,9	0,5	149
6	1013,599	977,598	1,1	1,7	2,0	1,9	0,5	149

Preglednica 24: Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži druge terminske izmere, drugi del. (Leica Nova MS50).

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
7	1025,856	980,951	0,8	1,3	1,5	1,4	0,4	150
8	1025,875	980,991	0,8	1,3	1,5	1,4	0,4	150
9	1049,738	987,535	1,0	0,5	1,2	1,2	0,1	116
10	1049,737	987,535	1,0	0,5	1,2	1,2	0,1	116
11	1049,731	987,557	1,0	0,5	1,2	1,2	0,1	116

Zaradi postopnega zasipavanja zidu je bil oporni zid v drugi terminski izmeri posnet v dveh delih, a gre pri obeh opazovanjih za opazovanja v obdobju druge izmere. Prvi del opazovanj je prikazan v preglednici 23, drugi del pa v preglednici 24.

- Tretja izmera

Preglednica 25: Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži tretje terminske izmere (Leica Nova MS50).

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
1	1000,193	973,880	0,3	0,5	0,6	0,5	0,3	4
2	1000,192	973,890	0,3	0,5	0,6	0,5	0,3	4
3	1000,191	973,887	0,3	0,5	0,6	0,5	0,3	4
4	1013,608	977,569	0,4	0,5	0,6	0,6	0,3	144
5	1013,612	977,582	1,1	1,1	1,6	1,5	0,3	133
6	1013,598	977,597	0,4	0,5	1,6	0,6	0,3	144

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 25

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
7	1025,855	980,948	0,4	1,5	1,6	1,5	0,2	167
8	1025,860	980,986	0,4	1,5	1,6	1,5	0,2	167
9	1049,737	987,532	1,0	1,3	1,6	1,6	0,5	144
10	1049,735	987,535	1,0	1,3	1,6	1,6	0,5	144
11	1049,730	987,556	1,0	1,3	1,6	1,6	0,5	144

V vsaki naslednji izravnavi so približne koordinate točk predstavljale koordinate iz izravnane mreže prejšnje terminske izmere. Če primerjamo rezultate vseh terminskih izmer, ugotovimo, da so natančnosti v vseh terminskih izmerah približno enake.

Leica TCRA 1105 plus

Rezultati izravnave za instrument Leica TCRA 1105 plus so predstavljeni v preglednicah 26, 27 in 28. V njih so izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, njihove natančnosti ($\sigma_y, \sigma_x, \sigma_p$) in elementi elips pogreškov a, b in θ . Zaradi postopnega zasipavanja zidu je bil v ničelni izmeri posnet le en del zidu, v drugi izmeri pa še preostali del. Prvi del opazovanj je prikazan v preglednici 26, drugi del pa v preglednici 27.

- Ničelna izmera

Preglednica 26: Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži prve terminske izmere (Leica TCRA 1105 plus).

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
1	1000,195	973,880	3,6	4,9	6,1	5,8	1,7	146
2	1000,193	973,891	3,6	4,9	6,1	5,8	1,7	146
3	1000,192	973,887	3,6	4,9	6,1	5,8	1,7	146
4	1013,610	977,570	4,3	3,6	5,7	5,6	0,7	130
5	1013,609	977,578	4,3	3,6	5,7	5,6	0,7	130
6	1013,597	977,599	4,4	3,6	5,7	5,6	0,7	130

- Druga izmera

Preglednica 27: Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži druge terminske izmere (Leica TCRA 1105 plus).

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
7	1025,858	980,950	0,6	1,1	1,3	1,2	0,2	28
8	1025,876	980,989	0,6	1,1	1,3	1,2	0,2	28
9	1049,739	987,535	0,5	1,1	1,2	1,1	0,4	167
10	1049,739	987,536	0,5	1,1	1,2	1,1	0,4	167
11	1049,733	987,557	0,5	1,1	1,2	1,1	0,4	167

- Tretja izmera

Preglednica 28: Izravnane vrednosti horizontalnih koordinat točk, natančnosti in elementov elips pogreškov v vpeti mreži tretje terminske izmere (Leica TCRA 1105 plus).

Točka	y [m]	x [m]	σ_y [mm]	σ_x [mm]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
1	1000,195	973,879	3,0	4,3	5,2	5,0	1,4	147
3	1000,194	973,887	3,0	4,3	5,2	5,0	1,4	147
4	1013,611	977,569	3,6	3,2	4,8	4,8	0,6	147
5	1013,608	977,577	3,6	3,2	4,8	4,8	0,6	131
6	1013,596	977,598	3,6	3,2	4,8	4,8	0,6	131
7	1025,853	980,943	2,4	4,0	4,7	4,2	2,1	131
8	1025,874	980,985	2,4	4,0	4,7	4,2	2,1	159
9	1049,741	987,536	2,6	3,6	4,4	3,7	2,3	159
10	1049,733	987,536	2,6	3,6	4,4	3,7	2,3	159
11	1049,727	987,559	2,6	3,6	4,4	3,7	2,3	159

V vsaki naslednji izravnavi so približne koordinate točk predstavljale koordinate iz izravnane mreže prejšnje terminske izmere. Če primerjamo rezultate vseh terminskih izmer, ugotovimo, da so natančnosti v ničelni in tretji terminski izmeri približno enake, v drugi izmeri pa so nekoliko boljše oziroma celo primerljive izmeram z instrumentom Leica Nova MS50.

4.3.5 Izravnava višinske mreže

Merjene višinske razlike smo izravnali v programu VimWin (ver. 5.1, okt 07), avtorja Tomaža Ambrožiča in Gorana Turka.

Program VimWin temelji na posredni izravnavi po metodi najmanjših kvadratov. Pripravili smo vhodno datoteko *.pod, ki vsebuje višine danih točk (D), približne višine novih točk (N) in opazovanja (O – merjene višinske razlike in dolžine med točkami).

Po opravljeni izravnavi pridobimo štiri izhodne datoteke (Zupančič, 2008):

- *.rez vsebuje rezultate izravnave (enačbe popravkov višinskih razlik, izračunani popravki višinskih razlik, a posteriori ocena natančnosti (srednji pogrešek utežne enote) in izravnane višine novih reperjev z oceno natančnosti določitve),
- *.koo vhodna datoteka za nadaljnjo analizo premikov,
- *.def vsebuje matriko normalnih enačb (za proste mreže za deformacijsko analizo) in je vhodna datoteka za nadaljnjo analizo premikov z metodami deformacijske analize,
- *.str vsebuje seznam izravnanih koordinat v mreži, popravke koordinat ter elemente matrike kofaktorjev Q in je vhodna datoteka za transformacijo S.

Tako kot pri horizontalni izmeri smo tudi višinsko mrežo najprej izravnali kot prosto, s čimer smo določili domnevno stabilne točke, le-te pa v nadaljevanju uporabili kot dane višine pri izravnavi vpete mreže. Za približno višino je bila določena višina 339,00 m, ki predstavlja približno koto terena. V našem primeru nas absolutno določene višine namreč ne zanimajo, dovolj so relativni odnosi med posameznimi točkami.

Leica Nova MS50

V preglednici 29 so prikazane izravnane vrednosti višin točk in ocene natančnosti (σ_H) vseh treh terminskih izmer za instrument Leica Nova MS50.

Preglednica 29: Prikaz izravnanih vrednosti višin točk in ocen natančnosti vseh treh izmer (Leica Nova MS50).

Točka	Ničelna izmera		Druga izmera		Tretja izmera	
	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]
1	339,688	1,00	339,689	0,53	339,685	0,87
2	342,611	0,78	342,613	0,53	342,613	0,68
3	344,113	0,78	344,115	0,53	344,116	0,69
4	339,709	0,77	339,712	0,53	339,711	0,69

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 29

Točka	Ničelna izmera		Druga izmera		Tretja izmera	
	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]
5	342,608	0,78	342,611	0,54	342,610	0,69
6	344,178	0,95	344,181	0,54	344,182	0,70
7	/	/	339,701	0,90	339,701	0,85
8	/	/	343,447	0,91	343,447	0,85
9	/	/	339,685	1,07	339,684	0,74
10	/	/	341,431	1,07	341,430	0,75
11	/	/	343,461	1,07	343,462	0,76

Če primerjamo vse tri terminske izmere, ugotovimo, da se natančnosti med izmerami niso kaj dosti spreminjale. Višine točk so določene z natančnostjo, boljšo od 1,1 mm.

Leica TCRA 1105 plus

Rezultati izravnave za instrument Leica TCRA 1105 plus so predstavljeni v preglednici 30. V njih so zbrani podatki izravnanih vrednosti višin točk in ocene natančnosti (σ_H) vseh treh terminskih izmer.

Preglednica 30: Prikaz izravnanih vrednosti višin točk in ocen natančnosti vseh treh izmer (Leica TCRA 1105 plus).

Točka	Ničelna izmera		Druga izmera		Tretja izmera	
	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]	H [m]	σ_H [mm]
1	339,688	0,74	/	/	339,685	4,47
2	342,613	0,75	/	/	/	/
3	344,115	0,75	/	/	344,114	4,50
4	339,711	0,75	/	/	339,709	4,68
5	342,610	0,75	/	/	342,609	4,69
6	344,181	0,75	/	/	344,181	4,70
7	/	/	339,700	0,37	339,703	3,70
8	/	/	343,445	0,37	343,449	3,74
9	/	/	339,684	0,37	339,685	3,96
10	/	/	341,430	0,37	341,428	3,96
11	/	/	343,461	0,37	343,459	3,98

Če primerjamo vse tri terminske izmere, ugotovimo, da so bile natančnosti v ničelni in drugi izmeri precej boljše kot v tretji, kjer so višine točk določene z natančnostjo od 4,0 do 4,8 mm. Vzrok je slabša kakovost merjenih kotov in dolžin v tej terminski izmeri. Natančnosti ničelne in druge izmere so primerljive tistim z instrumentom Leica Nova MS50. Višine točk v teh dveh izmerah so določene z natančnostjo, boljšo od 0,8 mm.

5 IZRAČUN IN ANALIZA PREMIKOV

5.1 Izračun horizontalnih in vertikalnih premikov

Ob izvedbi ničelne izmere smo pridobili položaje točk pred zasipavanjem. Ugotavljanje premikov je bilo mogoče šele po drugi izmeri, ko smo lahko izračunali vektorje premikov in njihove natančnosti, kar je predstavljalo osnovo za določitev statistično značilnih premikov. Pri tem smo torej ugotovili, ali je na opornem zidu prišlo do nagiba oziroma poseda in kolikšen je ta premik.

Opis izračuna horizontalnih in vertikalnih premikov je povzet po Savšek-Safić (2008) in Urbančič (2010).

Za izračun premikov opazovanih točk potrebujemo dve terminski izmeri. Posamezno točko opazujemo v času t in $t + \Delta t$, premik obravnavane točke d v ravnini pa izračunamo po naslednji enačbi:

$$d = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} = \sqrt{(y_{t+\Delta t} - y_t)^2 + (x_{t+\Delta t} - x_t)^2}. \quad (57)$$

Vertikalni premik reperjev oziroma točk med dvema terminskima izmerama je določen po enačbi:

$$\Delta_H = H_{t+\Delta t} - H_t, \quad (58)$$

kjer sta:

- Δ_H ... vertikalni premik reperja med dvema terminskima izmerama,
- $H_t, H_{t+\Delta t}$... višina reperja v času izmere t oziroma $t + \Delta t$.

Testne statistike za testiranje premikov običajno poleg izračunanih premikov vključujejo tudi natančnost ocene premikov. Končni izraz za varianco horizontalnega premika točke oziroma standardno deviacijo je:

$$\sigma_d^2 = \left(\frac{\Delta y}{d}\right)^2 \cdot (\sigma_{y_t}^2 + \sigma_{y_{t+\Delta t}}^2) + 2 \cdot \frac{\Delta y}{d} \cdot \frac{\Delta x}{d} \cdot (\sigma_{y_t x_t} + \sigma_{y_{t+\Delta t} x_{t+\Delta t}}) + \left(\frac{\Delta x}{d}\right)^2 \cdot (\sigma_{x_t}^2 + \sigma_{x_{t+\Delta t}}^2), \quad (59)$$

za varianco vertikalnega premika točke pa:

$$\sigma_{\Delta_H}^2 = \sigma_{H_t}^2 + \sigma_{H_{t+\Delta t}}^2. \quad (60)$$

Izračunani vrednosti uporabimo še v statističnem testu. Testno statistiko za horizontalne premike izračunamo na podlagi enačbe:

$$T = \frac{d}{\sigma_d}, \quad (61)$$

testno statistiko za vertikalne premike pa na podlagi enačbe:

$$T = \frac{\Delta_H}{\sigma_{\Delta_H}}. \quad (62)$$

Enačba predstavlja razmerje med premikom točke in standardno deviacijo premika. Tako dobimo prvo informacijo o skladnosti obravnavane mreže v dveh terminskih izmerah. Po izravnavi najmanj dveh terminskih izmer lahko izračunamo premike in natančnosti premikov za vsako posamezno točko (Savšek-Safić, Ambrožič, Kogoj idr., 2006).

Testno statistiko testiramo glede na postavljeno ničelno in alternativno hipotezo:

Horizontalni premiki:

- $H_0 : d = 0$; pomeni, da se točka v obdobju dveh terminskih izmer ni premaknila (premika ni bilo, ker je vektor premika nič),
- $H_0 : d \neq 0$; pomeni, da se je točka v obdobju dveh terminskih izmer premaknila.

Vertikalni premiki:

- $H_0 : \Delta_H = 0$; pomeni, da se točka v obdobju dveh terminskih izmer ni premaknila (premika ni bilo, ker je vektor premika nič),
- $H_0 : \Delta_H \neq 0$; pomeni, da se je točka v obdobju dveh terminskih izmer premaknila.

Vrednost testne statistike T primerjamo s kritično vrednostjo glede na izbrano stopnjo značilnosti testa α . V primeru, ko je testna statistika T manjša od kritične vrednosti ob izbrani stopnji značilnosti testa α , zaključimo, da premik ni statistično značilen. Če je vrednost testne statistike T večja od kritične vrednosti porazdelitvene funkcije, pa zaključimo, da je obravnavani premik statistično značilen.

V našem primeru smo testno statistiko določili na osnovi podane stopnje značilnosti, kjer razlika višin med terminskima izmerama presega trikratno vrednost natančnosti določitve razlike višin:

$$\Delta_H > 3 \cdot \sigma_{\Delta_H} \quad (63)$$

oziroma v primeru horizontalnih premikov, kjer premik med terminskima izmerama presega trikratno vrednost natančnosti določitve premika:

$$d > 3 \cdot \sigma_d. \quad (64)$$

Če slednje velja, potem se je reper oziroma točka premaknila.

Premiki točk so v našem primeru določeni relativno glede na izhodiščne točke na stebrih.

5.2 Rezultati izračuna horizontalnih premikov

V preglednicah 31 in 32 so predstavljeni rezultati izračuna stabilnosti točk. Predstavljene so spremembe koordinat posameznih točk druge oziroma tretje izmere glede na ničelno terminsko izmero ter premiki točk (d). Izhodne datoteke pri horizontalni izravnavi (*gem) vsebujejo tudi podatke o položajnih natančnostih, s katerimi se izračunajo variance in standardni odkloni horizontalnih premikov. Stabilnost posamezne točke se določa po enačbi 63. Če je premik točke večji od trikratne vrednosti natančnosti določitve premika, lahko statistično značilno trdimo, da točka ni stabilna oziroma se je premaknila. V nasprotnem primeru pa lahko statistično značilno trdimo, da je točka stabilna.

Leica Nova MS50

Preglednica 31: Prikaz razlike v položajih v dveh merjenjih, natančnost merjenja in premiki.

Točka	Δ_y [mm]	Δ_x [mm]	d [mm]	σ_d [mm]	Testna statistika T	Statistična analiza stabilnosti detajlnih točk v mreži ($3 \cdot \sigma_d$)	Statistično značilen premik? ($\sigma_d > 3 \cdot \sigma_d$)
1	4,1	1,8	4,48	0,44	10,278	1,307	DA
2	4,5	0,0	4,50	0,36	12,481	1,082	DA
3	3,6	2,1	4,17	0,47	8,807	1,420	DA
4	2,7	2,2	3,48	0,59	5,889	1,774	DA
5	-3,0	-1,9	3,55	1,16	3,061	3,480	DA
6	2,4	1,8	3,00	0,58	5,145	1,307	DA
7	1,0	3,3	3,45	1,92	1,799	5,752	NE
8	14,4	4,5	15,09	1,04	14,522	3,117	DA
9	1,6	2,6	3,05	1,40	2,183	4,196	NE
10	2,0	0,7	2,12	1,41	1,501	4,236	NE
11	0,7	1,0	1,22	1,40	0,872	4,200	NE
S1	0,3	0,5	0,58	0,35	1,669	1,048	NE
S2	0,5	0,5	0,71	1,24	0,569	3,729	NE
S3	0,2	-0,4	0,45	1,79	0,250	5,360	NE
S4	0,0	-0,6	0,60	0,67	0,894	2,012	NE

Horizontalni premiki točk S1, S2, S3 in S4 niso statistično značilni, zato so te točke primerne za dane točke. Za točke 7, 9, 10 in 11 horizontalni premiki niso statistično značilni, saj testna statistika T pri teh točkah ne preseže kritičnih vrednosti. Med posameznimi opazovanji v obdobju spremljanja lahko zasledimo statistično značilne horizontalne premike detajlnih točk 1, 2, 3, 4, 5 in 6 velikostnega reda največ 4,5 mm. Taki premiki so bili pričakovani. Izjema je

detajlna točka 8, pri kateri se je zgodil statistično značilen premik velikosti 15,1 mm, kar je trikrat večji premik kot na ostalih točkah. Detajlna točka 6, ki je na isti višini kot detajlna točka 8 in njej najbližja, se je premaknila le za 3 mm, detajlna točka 7, ki je pod detajlno točko 8, se je premaknila za 3,5 mm. Natančnost določitve horizontalnih premikov detajlnih točk je med 0,35 mm in 1,92 mm. Instrument Leica Nova MS50 je v tem primeru zadovoljil naše potrebe po spremljanju premikov na obravnavanem zidu.

Leica TCRA 1105 plus

Preglednica 32: Prikaz razlike v položajih v dveh merjenjih, natančnost merjenja in premiki.

Točka	Δ_y [mm]	Δ_x [mm]	d [mm]	σ_d [mm]	Testna statistika T	Statistična analiza stabilnosti točk v mreži ($3 \cdot \sigma_d$)	Statistično značilen premik? ($\sigma_d > 3 \cdot \sigma_d$)
1	-0,3	1,0	1,04	9,02	0,116	27,070	NE
3	-1,5	0,5	1,58	4,25	0,372	12,759	NE
4	-1,4	1,5	2,05	6,64	0,309	19,914	NE
5	0,8	1,0	1,28	6,96	0,184	20,878	NE
6	0,9	0,5	1,03	5,17	0,199	15,511	NE
7	5,5	6,3	8,87	3,55	2,496	10,663	NE
8	2,1	3,7	4,92	3,87	1,271	11,616	NE
9	-1,6	-1,5	2,42	3,12	0,775	9,372	NE
10	5,3	-0,9	5,38	2,69	2,002	8,056	NE
11	6,9	-1,9	6,87	2,75	2,498	8,248	NE

Detajlni točki 2 ni bilo mogoče določiti premika, ker je bila s tem instrumentom opazovana samo v ničelni izmeri. Rezultati opazovanj detajlnih točk 1–11 kažejo na horizontalne premike do 8,9 mm. Natančnost določitve horizontalnih premikov detajlnih točk je med 2,7 mm in 9,0 mm, kar pomeni, da instrument v našem primeru ni zadovoljil potreb po spremljanju premikov na obravnavanem zidu glede na zahteve naročnika. Rezultati opazovanj so slabši od pričakovanih, horizontalni premiki pa na nobeni točki niso statistično značilni. Razlog je verjetno v izboru instrumenta in merske opreme. Tako lahko zaključimo, da z opazovanjem samolepilnih odbojnih tarč z instrumentom Leica TCRA 1105 plus v našem primeru ni mogoče spremljati horizontalnih premikov na obravnavanem objektu.

5.3 Rezultati izračuna vertikalnih premikov

V preglednici 33 so prikazani vertikalni premiki in natančnosti določitve vertikalnih premikov za instrument Leica Nova MS50, v preglednici 34 pa za instrument Leica TCRA 1105 plus med ničelno in drugo oziroma tretjo terminsko izmero. Stabilnost posamezne točke se določa po enačbi 64. Če je premik točke večji od trikratne vrednosti natančnosti določitve premika, lahko statistično značilno trdimo, da točka ni stabilna oziroma se je premaknila. V nasprotnem primeru pa lahko statistično značilno trdimo, da je točka stabilna.

Leica Nova MS50

Preglednica 33: Vertikalni premiki in natančnost določitve premikov (Leica Nova MS50).

Točka	Δ_H – višinska razlika [mm]	σ_{Δ_H} [mm]	$\Delta_H > 3 \cdot \sigma_{\Delta_H}$
1	-2,50	1,33	NE
2	-2,24	1,04	NE
3	-3,19	1,04	DA
4	-1,83	1,03	NE
5	-1,95	1,04	NE
6	-1,92	1,18	NE
7	0,47	1,24	NE
8	-0,91	1,25	NE
9	0,93	1,30	NE
10	0,74	1,31	NE
11	-0,73	1,31	NE
S1	0,34	0,89	NE
S2	-0,54	0,78	NE
S3	0,42	0,82	NE
S4	0,76	0,96	NE

Vertikalni premiki točk S1, S2, S3 in S4 na stebrih niso statistično značilni, zato so te točke primerne za dane točke. Rezultati opazovanj detajlnih točk 1–11 v preglednici 33 prikazujejo vertikalne premike, a je samo za točko 3 zaznan statistično značilen premik; 3,2 mm poseda. Ostale točke so statistično značilno stabilne. Vrednosti vertikalnih premikov znašajo od 0,47 do 3,19 mm. Z instrumentom Leica Nova MS50 smo tako tudi tukaj zaznali predviden posed zidu z natančnostjo določitve premikov točk, boljše od 1,33 mm, kar pomeni, da je instrument zadovoljil naše potrebe po spremljanju premikov na obravnavanem zidu glede na zahteve naročnika.

Leica TCRA 1105 plus**Preglednica 34: Vertikalni premiki in natančnost določitve premikov (Leica TCRA 1105 plus).**

Točka	Δ_H – višinska razlika [mm]	σ_{Δ_H} [mm]	$\Delta_H > 3 \cdot \sigma_{\Delta_H}$
1	-3,37	4,53	NE
3	-0,58	4,56	NE
4	-1,59	4,74	NE
5	-1,11	4,75	NE
6	0,06	4,76	NE
7	3,12	5,23	NE
8	4,16	5,26	NE
9	1,35	5,42	NE
10	-1,78	5,42	NE
11	-1,38	5,43	NE

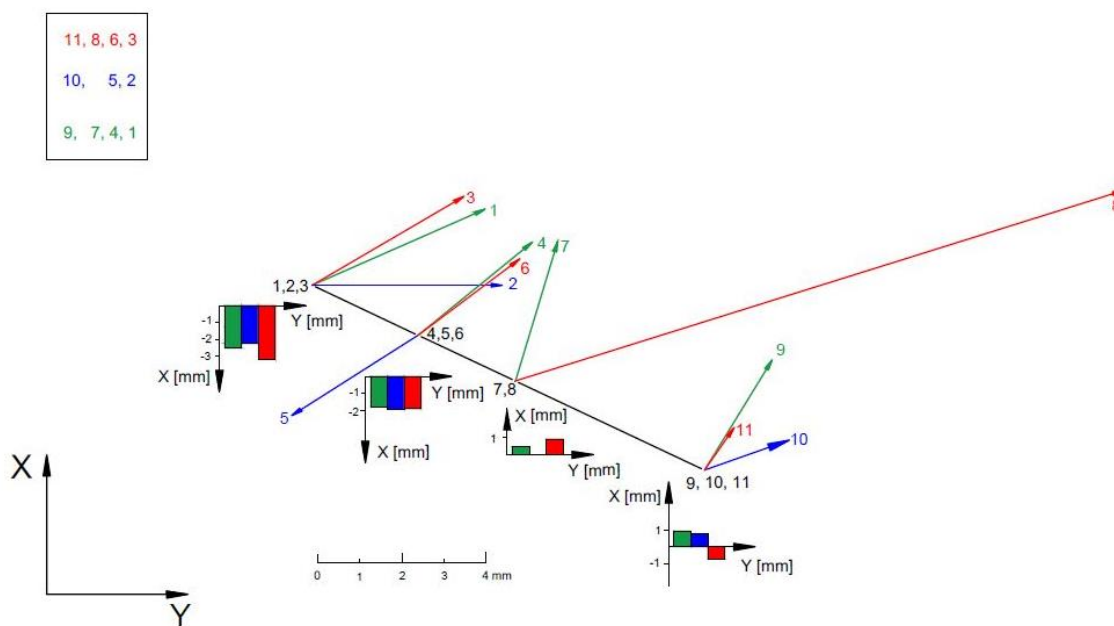
Rezultati opazovanj so slabši od pričakovanih, saj vertikalni premiki na nobeni točki niso statistično značilni. Vrednosti vertikalnih premikov znašajo od 0,06 do 4,16 mm, premiki pa so bili določeni z natančnostjo, boljšo od 5,43 mm, kar pomeni, da instrument v našem primeru ni zadovoljil potreb po spremljanju premikov na obravnavanem zidu glede na zahteve naročnika. Z opazovanjem samolepilnih odbojnih tarč z instrumentom Leica TCRA 1105 plus nismo zaznali statistično značilnih vertikalnih premikov.

Za lažjo predstavbo dobljenih rezultatov sta v podpoglavju 5.4 predstavljena dva izrisa horizontalnih in vertikalnih premikov za vsak instrument posebej. V poglavju 5.5 pa so še dodatno predstavljene razlike med koordinatami istih detajlnih točk, ki smo jih pridobili z obema instrumentoma.

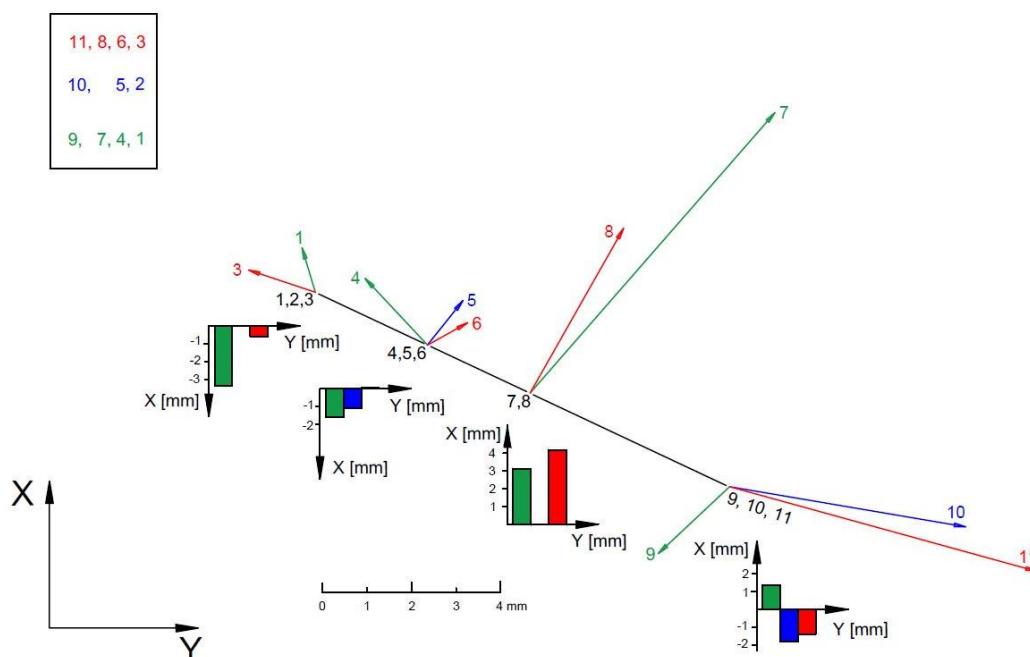
5.4 Grafični prikaz premikov točk

Na sliki 39 je prikazana skica vektorjev horizontalnih premikov točk, izmerjenih z instrumentom Leica Nova MS50, na sliki 40 pa z instrumentom Leica TCRA 1105 plus med ničelno in tretjo terminsko izmero. V grafikonih na slikah so prikazani vertikalni premiki detajlnih točk.

Kot lahko vidimo na slikah, vektorji horizontalnih premikov istih točk, posnetih z različnima instrumentoma, niso usklajeni, medtem ko višinsko sicer so (razen točka 10), a se razlikujejo v velikosti poseda.



Slika 39: Skica vektorjev premikov točk med ničelno in drugo terminsko izmero (Leica Nova MS50).



Slika 40: Skica vektorjev premikov točk med ničelno in drugo terminsko izmero (Leica TCRA 1105 plus).

5.5 Razlike med koordinatami detajlnih točk, pridobljenih z dvema instrumentoma

Za dodaten prikaz opazovanj in rezultatov izmer nas je zanimalo tudi, kolikšne so razlike med koordinatami detajlnih točk, ki smo jih pridobili z različno natančnima instrumentoma Leica Nova MS50 in Leica TCRA 1105 plus. V preglednicah 35, 36 in 37 so prikazane razlike koordinat vseh treh izmer.

Ničelna izmera

Preglednica 35: Razlike koordinat detajlnih točk, merjenih z obema instrumentoma - ničelna izmera.

Točka	Δ_Y [mm]	Δ_X [mm]	Δ_H [mm]
1	2,0	1,7	-0,5
2	4,0	-1,1	-1,3
3	2,6	1,6	-1,9
4	1,2	1,4	-1,7
5	0,8	1,9	-1,8
6	2,8	-0,4	-3,1

Druga izmera

Preglednica 36: Razlike koordinat detajlnih točk, merjenih z obema instrumentoma - druga izmera.

Točka	Δ_Y [mm]	Δ_X [mm]	Δ_H [mm]
7	-2,4	1,3	1,4
8	-1,1	1,6	1,2
9	-1,1	-0,1	1,3
10	-1,6	-0,3	1,6
11	-2,8	-0,4	0,6

Tretja izmera

Preglednica 37: Razlike koordinat detajlnih točk, merjenih z obema instrumentoma - tretja izmera.

Točka	Δ_Y [mm]	Δ_X [mm]	Δ_H [mm]
1	-2,4	0,9	0,3
2	/	/	/
3	-2,5	0,0	1,8
4	-2,9	0,7	1,7
5	4,6	4,8	1,3

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 37

Točka	Δ_Y [mm]	Δ_X [mm]	Δ_H [mm]
6	1,3	-1,7	1,5
7	2,3	4,8	-2,2
8	-13,3	1,5	-2,0
9	-4,6	-4,2	-1,0
10	1,7	-1,9	2,6
11	3,1	-3,3	2,8

S primerjavo rezultatov, pridobljenih z obema instrumentoma, ugotovimo, da se odstopanja v posamezni izmeri v horizontalni smeri gibljejo od 0,0 do 13,3 mm (tretja izmera točki 3 in 8) in od 0,3 do 3,1 mm v vertikalni smeri (tretja izmera točke 1 in prva izmera točke 6). Večji del odstopanj v horizontalni in vertikalni smeri je velikostnega reda od 1,0 do 2,5 mm. Če primerjamo rezultate za vsako posamezno terminsko izmero, so vrednosti v preglednici 35 v ničelni izmeri od 0,4 do 4,0 mm v horizontalni smeri, v vertikalni smeri pa od 0,5 do 3,1 mm. V drugi terminski izmeri (preglednica 36) so vrednosti od 0,1 do 2,8 mm v horizontalni smeri, v vertikalni smeri pa od 0,6 do 1,6 mm. V tretji terminski izmeri (preglednica 37) so vrednosti od 0,0 do 13,3 mm v horizontalni smeri, v vertikalni smeri pa od 0,3 do 2,8 mm. Primerjava rezultatov med posameznimi izmerami v absolutnem smislu kaže na odstopanja od 0,1 do 12,2 mm v horizontalni smeri (točka 8) in od 0,8 do 4,6 mm v vertikalni smeri (točki 1 in 6).

5.6 Obdelava opazovanj geometričnega nivelmana

Navodila za obdelavo opazovanj so povzeta po Zupančič (2008).

Dopustno odstopanje merjene višinske razlike, merjene v obe smeri, je odvisno od dolžine nivelmanske linije in se za geometrični nivelman izračuna po enačbi, ki jo navaja Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981):

$$\Delta_{dop[mm]} = 2 \cdot \sqrt{d_{[km]} + 0,04 \cdot d_{[km]}^2}, \quad (65)$$

za dopustno odstopanje merjene višinske razdalje pri zapiranju zanke pa po enačbi, ki jo ravno tako navaja pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981):

$$\Delta_{dop[mm]} = 4 \cdot \sqrt{d_{[km]} + 0,04 \cdot d_{[km]}^2}, \quad (66)$$

kjer je:

- d ... dolžina nivelmanske linije v kilometrih.

V preglednici 38 so prikazana dopustna in dejanska odstopanja zank ter odstopanja pri niveliranju v obeh smereh v treh terminskih izmerah. Dolžina zank se v terminskih izmerah razlikuje, saj so nam med projektom uničili kar dva vgrajena reperja, zato sta bili zadnji dve nivelmanski zanki krajši.

Preglednica 38: Prikaz dopustnih in dejanskih odstopanj pri zapiranju zank v treh izmerah.

Terminska izmera	Dolžina zanke d [m]	Dejansko odstopanje zanke $\Delta_{dejansko}$ [mm]	Dovoljeno odstopanje zanke Δ_{dop} [mm]	Dovoljeno odstopanje pri niveliranju v obeh smereh Δ_{dop} [mm]
0. izmera	351,2	-0,65	1,19	2,39
1. izmera	193,7	0,09	0,88	1,77
2. izmera	190,7	0,33	0,88	1,75

Kot lahko vidimo v preglednici 38, smo zadostili zahtevam Pravilnika o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk glede zapiranja zanke in niveliranja v obeh smereh, ki pravi, da je vsota vseh višinskih razlik v zanki enaka nič oziroma manjša glede na dovoljeno odstopanje. V našem primeru je bilo odstopanje zank v vseh izmerah manjše od dovoljenega odstopanja. Med posameznimi izmerami smo spremljali tudi stabilnost reperjev R1 in R2. V preglednici 39 so prikazane višinske razlike med reperjema R1 in R2 v vseh treh izmerah. Višinska razlika med reperjema v vseh treh izmerah znaša -5,69 mm, s čimer smo potrdili domnevo, da sta reper R1 kot izhodiščni reper in reper R2 kot zavarovanje oziroma kontrolni reper stabilna in tako primerna za izhodiščna reperja.

Preglednica 39: Izmerjene višinske razlike med reperjema R1 in R2 v treh terminskih izmerah.

Višinska razlika Δ_H	0. izmera [mm]	1. izmera [mm]	2. izmera [mm]
R1 – R2	-5,693	-5,692	-5,694

5.7 Ocena natančnosti merjenih višinskih razlik

Rezultat ocene so natančnosti merjenih višinskih razlik na utežno enoto. Ta je najpogosteje 1 km, pri lokalnih mrežah manjšega obsega tudi 100 m. Natančnost izračunanih višinskih razlik ocenjujemo pred izravnavo (a priori) in po izravnavi (a posteriori). Primerjava ocene natančnosti višinskih razlik z zahtevano vrednostjo za določen tip nivelmanske mreže nam predstavlja primernost opazovanj za nadaljnji izračun.

Enačba za oceno natančnosti izračunanih višinskih razlik pred izravnavo (a priori):

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \left[\frac{f \cdot f}{d_z} \right]}, \quad (67)$$

kjer je:

- σ_z ... ocena natančnosti iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank,
- f ... odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke,
- d_z ... dolžina nivelmanske zanke v km,
- n ... število nivelmanskih zank.

V preglednici 40 so prikazane a priori ocene natančnosti iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank za vse tri terminske izmere.

Preglednica 40: A priori ocena natančnosti iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank za vse tri izmere.

Terminska izmera	σ_z [mm]
Ničelna izmera	1,10
Druga izmera	0,22
Tretja izmera	0,76

Če primerjamo natančnosti višinskih razlik z zahtevano vrednostjo za naš tip nivelmanske mreže, lahko potrdimo, da so opazovanja primerna za nadaljnji izračun.

5.8 Izravnava in ocena natančnosti geometričnega nivelmana

Nivelmansko mrežo smo ravno tako kot trigonometrično višinsko mrežo izravnali v programu VimWin. Več o programu je bilo predstavljeno v poglavju 4.3.5 Izravnava višinske mreže.

V vhodni datoteki *.pod smo podali višine navezovalnih reperjev (d – dani reperji), približne višine novih reperjev (n – novi reperji), opazovanja (o – merjene višinske razlike in dolžine nivelmanskih linij).

Reper 1 in 2 sta bila izhodiščna reperja, reperji R3, R4, R5 in R6 pa so bili kot kontrolni reperji vgrajeni v podporni zid. Reperja R5 in R6 sta bila med gradbenimi deli uničena. Dani reper je predstavljal reper R1, ki smo mu vnaprej določili višino 100 m, reper R2 pa je predstavljal kontrolni reper. Višine reperjev niso preračunane v višinski sistem geodetske mreže. Rezultat izravnave so izravnane vrednosti višin petih novih reperjev in ocene natančnosti določitve letih.

Enačba za oceno natančnosti izračunanih višinskih razlik po izravnavi (a posteriori):

$$\sigma_0^2 = \frac{[p \cdot v \cdot v]}{r}, \quad (68)$$

kjer je:

- σ_0 ... standardna deviacija popravkov višinskih razlik,
- p ... uteži merjenih višinskih razlik,
- v ... popravki višinskih razlik po izravnavi,
- r ... število nadštevilnih opazovanj.

V preglednici 41 so prikazane a posteriori ocene natančnosti nivelmanskih mrež oziroma ocene natančnosti po izravnavi (σ_0).

Preglednica 41: A posteriori ocena natančnosti nivelmanske mreže vseh treh izmer.

Terminska izmera	σ_0 [mm]
Ničelna izmera	1,10
Druga izmera	0,17
Tretja izmera	0,76

Ocene natančnosti znašajo manj kot 1,1 mm. Glede na vrsto mreže, uporabljeno metodo merjenja in instrumentarij lahko sklepamo, da so nivelmanske mreže ustrezne kakovosti.

V preglednici 42 so podane višine in natančnosti določitve višin.

Preglednica 42: Zbrane višine reperjev in natančnosti določitve posamezne višine.

Reper	H [m] - 1	σ_H [mm] - 1	H [m] - 2	σ_H [mm] - 2	H [m] - 3	σ_H [mm] - 3
R1	100,0000	dani reper				
R2	99,4308	dani reper				
R3	100,1632	0,27	100,1612	0,03	100,1614	0,15
R4	100,1505	0,30	100,1483	0,03	100,1488	0,16
R5	99,8482	0,32	/	/	/	/
R6	99,8039	0,32	/	/	/	/

Natančnosti določitve posamezne višine so manjše od 0,32 mm, kar pomeni, da je instrument zadovoljil potrebe po spremljanju premikov na obravnavanem zidu glede na zahteve naročnika.

5.9 Določitev vertikalnih premikov in analiza natančnosti

Določitev vertikalnih premikov reperjev in definiranje stabilnih točk nivelmanske mreže je možna na osnovi razlik višin reperjev med terminskimi izmerami in natančnostjo določitve te višinske razlike (Urbančič, 2010). Postopek izračuna je bil predstavljen že v podpoglavju 5.1 Izračun horizontalnih in vertikalnih premikov. V našem primeru smo vertikalne premike lahko določili samo pri treh reperjih.

Testne statistike za testiranje premikov poleg izračunanih premikov vključujejo tudi natančnost ocene premikov. Končni izraz za varianco oziroma standardno deviacijo vertikalnega premika točke je:

$$\sigma_{\Delta H}^2 = \sigma_{H_t}^2 + \sigma_{H_{t+\Delta t}}^2, \quad (69)$$

kjer je:

- $\sigma_{\Delta H}^2$... varianca vertikalnega premika točke,
- $\sigma_{H_t}^2$, $\sigma_{H_{t+\Delta t}}^2$ varianca višine reperja v času izmere t oziroma $t + \Delta t$.

Vertikalni premiki in natančnosti določitve vertikalnih premikov med posameznimi izmerami so predstavljeni v preglednicah 43, 44 in 45.

Ničelna izmera

Preglednica 43: Vertikalni premiki, ocena natančnosti določitve vertikalnega premika in statistična analiza stabilnosti reperjev v mreži med ničelno in drugo izmero.

Reper	Δ_H [mm]	$\sigma_{\Delta H}$	$\Delta_H > 3 \cdot \sigma_{\Delta H}$
	0–2. izmera	[mm]	0–2. izmera
R2	-0,03	0,23	NE
R3	2,00	0,27	DA
R4	2,26	0,30	DA

Druga izmera

Preglednica 44: Vertikalni premiki, ocena natančnosti določitve vertikalnega premika in statistična analiza stabilnosti reperjev v mreži med drugo in tretjo izmero.

Reper	Δ_H [mm]	$\sigma_{\Delta H}$	$\Delta_H > 3 \cdot \sigma_{\Delta H}$
	2–3. izmera	[mm]	2–3. izmera
R2	0,21	0,14	NE
R3	-0,19	0,15	NE
R4	-0,48	0,16	NE

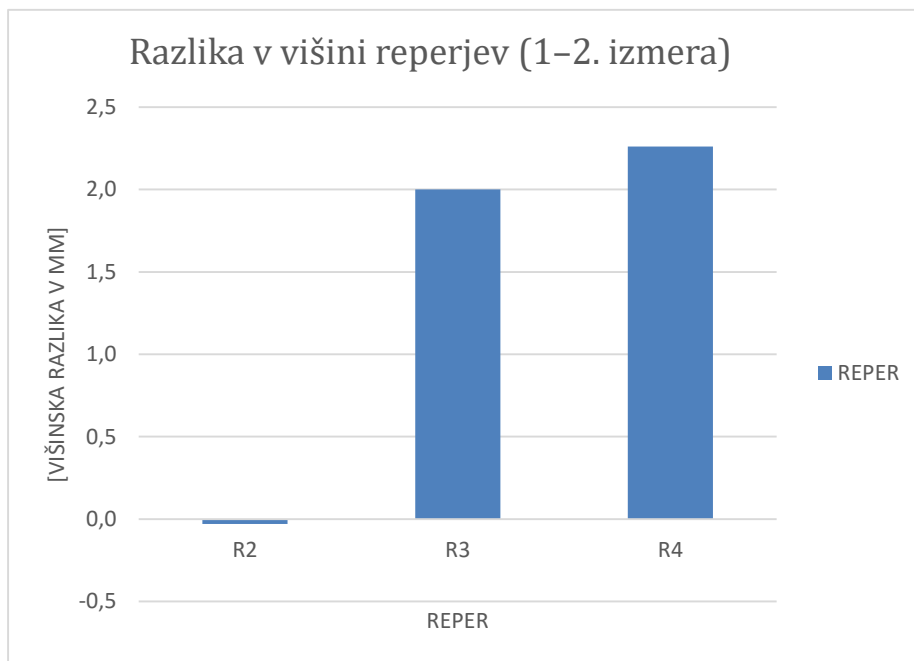
Tretja izmera

Preglednica 45: Vertikalni premiki, ocena natančnosti določitve vertikalnega premika in statistična analiza stabilnosti reperjev v mreži med ničelno in tretjo izmero.

Reper	Δ_H [mm]	$\sigma_{\Delta H}$	$\Delta_H > 3 \cdot \sigma_{\Delta H}$
	0–3. izmera	[mm]	0–3. izmera
R2	0,18	0,27	NE
R3	1,81	0,31	DA
R4	1,78	0,34	DA

Med ničelno in drugo izmero se je zgodil statistično značilen premik velikosti 2,00 mm pri reperju R3 in 2,26 mm pri reperju R4, medtem ko kasneje statistično značilnih premikov ni bilo več. Z instrumentom Leica DNA03 smo zaznali predviden posed zidu z natančnostjo določitve premikov točk boljše od 0,34 mm, kar pomeni, da je instrument v našem primeru zadovoljil potrebe po spremljanju premikov na obravnavanem zidu glede na zahteve naročnika.

Za lažjo predstavo so premiki reperjev predstavljeni tudi v grafikonu 1.



Grafikon 1: Razlika v višini reperjev (1–2. terminska izmera)

Z izvedbo opazovanj po metodi geometričnega nivelmana smo tako pridobili višinske razlike treh vgrajenih reperjev, s čimer smo pridobili tudi podatke o posedu zidu. Če nam med našimi izmerami ne bi uničili dveh reperjev, bi imeli podatek o posedanju celotnega zidu, tako pa imamo samo podatke o posedu dveh reperjev, ki sta postavljena na prvi tretjini zidu. Rezultat posedanja preostalega dela zidu smo pridobili samo z merjenjem z instrumentom Leica Nova MS50.

5.10 Primerjava metode trigonometričnega višinomerstva in geometričnega nivelmana

Z instrumentom Leica DNA03 smo določili vertikalne premike z natančnostjo, boljšo od 0,34 mm, pri trigonometričnem višinomerstvu pa take premike z natančnostjo, boljšo od 1,1 mm. Metoda geometričnega nivelmana se je izkazala za najhitrejšo od vseh obravnavanih metod, a z njo lahko pridobimo samo višinsko koordinato.

Reper R3 je na opornem zidu nad detajlnimi točkami 1, 2 in 3. Premik reperja R3 znaša 2,00 mm, medtem ko se je detajlna točka 1 premaknila za 2,5 mm, detajlna točka 2 za 2,24 mm in detajlna točka 3 za 3,2 mm. Reper R4 se na opornem zidu nahaja nad detajlnimi točkami 4, 5 in 6. Premik reperja R4 znaša 2,26 mm, medtem ko se je detajlna točka 4 premaknila za 1,83 mm, detajlna točka 5 za 1,95 mm in detajlna točka 6 za 1,92 mm.

6 SKLEPNE UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK

Umetni objekti so pogosto obremenjeni s silami, ki povzročajo njihovo deformacijo oziroma premike v prostoru. Ob premiku oziroma deformaciji objekta se opravi geodetska izmera v določenih časovnih presledkih, ko geodeti z najrazličnejšimi postopki skušajo določiti premike.

V tej magistrski nalogi smo z več zaporednimi izmerami skušali ugotoviti, ali je ob obremenitvi opornega zidu prišlo do nagiba oziroma poseda in kolikšni so ti premiki. V nalogi smo obravnavali tri terminske izmere z različnimi metodami merjenja: trigonometrično višinomerstvo in geometrični nivelman za določitev vertikalnih premikov in girusna metoda merjenja horizontalnih smeri in dolžin, na osnovi katerih so izračunane horizontalne koordinate točk na objektu. Za izvedbo geometričnega nivelmana smo uporabili digitalni nivelir Leica DNA03. Preostala opazovanja smo opravili s tahimetroma Leica Nova MS50 in Leica TCRA 1105 plus. Ugotovili smo, da je ob obremenitvi opornega zidu prišlo do predvidenega nagiba oziroma poseda in določili velikost premika.

Z izvedbo opazovanj po metodi geometričnega nivelmana smo določili premike na osnovi višin reperjev, ki so jih imeli reperji v različnih terminskih izmerah. Ugotovili smo, da sta reperja R1 in R2 stabilna in tako primerna za izhodiščna reperja. Rezultati kažejo, da se je pri reperjih R3 in R4 med ničelno in drugo izmero zgodil statistično značilen premik, medtem ko kasneje statistično značilnih premikov ni bilo več. Predhodno smo bili obveščeni, da je reper R6 vgrajen v del zidu, kjer bodo zgradili dodatno ojačitev, zato smo ga prestavili. Naknadno je bil uničen tudi prestavljen reper. Poleg reperja R6 je bil med ničelno in drugo terminsko izmero uničen tudi reper R5, zato nam zanj ni uspelo pridobiti dovolj podatkov za določevanje premikov.

Na podlagi rezultatov opazovanj, ki smo jih pridobili s tahimetrom Leica Nova MS50, smo ugotovili, da je med posameznimi izmerami v geodetski mreži prišlo do statistično značilnih horizontalnih premikov detajlnih točk od 1 do 6 ter 8, do statistično značilnega vertikalnega premika pa samo pri točki 3. Ostale točke so statistično značilno stabilne. Največji horizontalni premik detajlne točke je po naših izračunih 4,5 mm, določili smo ga z natančnostjo 0,36 mm, vertikalni premik pa 3,2 mm, ki smo ga določili z natančnostjo 1,04 mm. Rezultati opazovanj kažejo, da je prišlo do manjšega nagiba in poseda opornega zidu od predvidenega enega centimetra. K temu so lahko pripomogle dodatno zgrajene ojačitve na dnu zidu, ki so jih zgradili v času opazovanj.

Vertikalni premiki oziroma posedi določeni po metodi trigonometričnega višinomerstva in geometričnega nivelmana so po velikosti med seboj skladni. Pri trigonometričnem višinomerstvu so posedi velikosti od 0,5 do 3,2 mm, določili smo jih z natančnostjo, boljšo od 1,1 mm, pri geometričnem nivelmanu pa so posedi velikosti od 2,0 do 2,3 mm, ki smo jih določili z natančnostjo, boljšo od 0,34 mm.

Rezultati opazovanj, ki smo jih pridobili s tahimetrom Leica TCRA 1105 plus, so slabši od pričakovanih, saj tako horizontalni kot vertikalni premiki v nobeni detajlni točki niso statistično značilni. Če primerjamo rezultate, ki smo jih pridobili z instrumentoma Leica Nova MS50 in Leica TCRA 1105 plus, ugotovimo, da so odstopanja v horizontalni smeri od 0,0 do 13,3 mm, v vertikalni smeri pa od 0,3 do 3,1 mm. Večji del odstopanj v horizontalni in vertikalni smeri je velikostnega reda od 1 do 2,5 mm.

Začetno hipotezo, ki govori o tem, da bomo zaznali premik opornega zidu z izbranimi metodami merjenja, lahko le delno potrdimo. Statistično značilen premik smo namreč z metodo geometričnega nivelmana in klasično geodetsko izmero s tahimetrom Leica Nova MS50 zaznali, s tahimetrom Leica TCRA 1105 plus pa ne. Hipotezo, s katero smo predpostavili, da je z različnimi metodami spremljanja deformacij mogoče priti do podobno kvalitetnih rezultatov, lahko ravno tako le delno potrdimo, saj z instrumentom Leica TCRA 1105 plus nismo uspeli pridobiti dovolj kvalitetnih rezultatov, medtem ko smo z ostalimi metodami pridobili približno enako kvalitetne. Tudi tretjo hipotezo lahko le delno potrdimo, saj smo glede na predvideno centimetrsko posedanje in enak nagib kljub neoptimalni geometriji geodetske mreže zaradi omejenih prostorskih možnosti koordinate točk določili z natančnostjo reda velikosti 2–3 mm, vendar samo s tahimetrom Leica Nova MS50 in digitalnim nivelirjem Leica DNA03.

Ugotovili smo, da so vse metode merjenja, ki so obravnavane v magistrski nalogi, primerne za spremljanje premikov in deformacij na opornem zidu, potrebna je le dovolj kvalitetna merska oprema in instrumentarij. Za spremljanje poseda in velikosti deformacij so se samolepilne odbojne tarče izkazale za dovolj dober izbor detajlnih točk, vendar ne v kombinaciji s slabšim instrumentarijem. Za najhitrejšo metodo merjenja se je izkazal geometrični nivelman, s katerim pa pridobimo le višinske spremembe detajlnih točk.

Pri izvajanju opazovanj ni šlo vse po načrtu. Soočali smo se s težavami, ki jih je vnaprej težko predvideti. Glavni problem je bila pomanjkljiva oziroma slaba komunikacija med naročnikom in ostalimi izvajalci. V času izvajanja izmer je bilo uničenih kar nekaj geodetskih točk, ki so bile del geodetske mreže. Uničene točke smo opazili šele ob ponovni termiski izmeri. Opazovanj zato nismo mogli izvajati po planu, ves čas pa smo se morali prilagajati dani situaciji.

Drugo težavo so predstavljale ovire na delovišču. Pri vsaki ponovitvi opazovanj so bili v napoto različni stroji, proizvodni delavci in ostali zunanji delavci. Če se je le dalo, smo se jim poskušali izogniti, a nam je prilagajanje vzelo precej več časa, kot smo vnaprej predvideli.

Tretja stvar, ki jo je treba omeniti, je oblika geodetske mreže. Zaradi ovir med stojščem in opazovanim zidom določitev geodetske mreže ni bila idealna. Glede na dano situacijo smo mrežo poskušali postaviti čim bolj optimalno, a se je z vsako uničeno točko geometrija poslabšala. Pri izmerah smo tako uporabili le predhodno stabilizirane geodetske točke, ki so

ostale cele. Pri posameznih opazovanjih odstranitve nekaterih ovir ni bila možna, zato smo bili primorani izmeriti samo vidne točke geodetske mreže.

Pri tej magistrski nalogi torej ne gre zgolj za izvedbo opazovanj, njihovo obdelavo in pridobitev zahtevanih rezultatov izmer, temveč tudi za prikaz dejanskega stanja na terenu. Magistrska naloga prikazuje razliko med teoretičnim znanjem in praktičnim geodetskim delom na terenu. Kljub vsem pravilom vsa na terenu niso izvedljiva in je potrebno stalno prilagajanje stanju na terenu. S tako zahtevnim projektom se do sedaj še nisem srečala, iz njega pa sem se ogromno naučila. Obenem pa se sedaj še bolj zavedam, da se nekaterih dogodkov med opazovanji ne da vnaprej v celoti predvideti, nam pa v takih situacijah pridejo prav izkušnje, ki sem jih sama komaj začela pridobivati. Kljub vsem težavam pa smo nalogo uspešno izpeljali do konca. Rezultati opazovanj kažejo na izvedbo opazovanj z ustrezno natančnostjo, ki je zadovoljila tudi zahteve in pričakovanja naročnika.

VIRI

Bartol - Lekšan, U. 2010. Merjenje horizontalnih premikov in deformacij z geodetskimi terestričnimi metodami. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Bartol - Lekšan): 96 str.

Božič, S. 2009. Ugotavljanje premikov premostitvenih objektov z geodetskimi metodami na primeru mostu Freimann. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Božič): 65 str.

Capra, A., Bertacchini E., Castagnetti C., idr. 2015. Recent approaches in geodesy and geomatics for structures monitoring. *Geodesy and geomatics to the edge* 26: 53-61.

Digitalis Tankönyvtar. 2010. Princip merjenja po metodi trigonometričnega višinomerstva. http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_DAI2/ch01s05.html
(Pridobljeno 11. 12. 2015.)

FLT Geosystems. 2012. Tehnični podatki odbojnih tarč Leica. <http://fltgeosystems.com/surveying-accessories/reflective-targets/leica-gzm30-retro-reflective-target-20-no-763533-lca763533/> (Pridobljeno 10. 12. 2015.)

Geo Servis. 2012. Leica DNA. <http://www.geoservis.si/novosti/98-leicadna> (Pridobljeno 10. 12. 2015.)

Geo Servis. 2012. Leica Nova MultiStation MS50. <http://www.geoservis.si/produkti/64-tahimetri-za-geodezijo-in-inzenirsko-geodezijo/244-leica-nova-ms50-multistation>
(Pridobljeno 08. 11. 2015.)

Geoshop. 2014. Leica DNA. <http://www.geoshop.si/p/4-4-0-2/> (Pridobljeno 10. 12. 2015.)

Geoshop. 2014. Stenski reper - medenina. <http://www.geoshop.si/p/2-6-7-1/Stenski-reper-medenina> (Pridobljeno 15. 02. 2016.)

Henriques, M.J., Casaca J. 2001. Monitoring vertical displacements by means of geometric levelling. *Historical Constructions*: 403–412.

Jagodič, S. 2007. Sanacija nivelmanskega poligona 2–21 (Ljubljana – Zidani Most). Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Jagodič): 35 str.

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

Kogoj, D., Savšek, S. 2011. Precizna klasična geodetska izmera. Zapiski predavanj in vaj za študijsko leto 2010/11. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (neobjavljeno gradivo).

Lexy surveying. 2012. Osnovni tehnični podatki instrumenta Leica TCRA 1105 plus. <http://www.lexysurveying.com/index.php/used-equipment/used-leica-tc1105-5-total-station-2001.html> (Pridobljeno 10. 12. 2015.)

Marjetič, A., Stopar, B. 2007. Geodetski datum in S-transformacija. Geodetski vestnik 51, 3: 549–564.

Plant design solution. 2015. Leica Nova MS50. <http://www.plantdesignsolutions.com/wp-content/uploads/2013/08/MS50.jpg> (Pridobljeno 03. 03. 2015.)

Radić, Z. 2011. Geomehanska analiza AB podpornega zidu z upoštevanjem seizmičnih vplivov. Diplomsko naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba Z. Radić): 114 str.

RGU 1981. Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. Uradni list SRS št. 18/1981.

Savšek, S. 2002. Ugotavljanje premikov z metodami deformacijske analize. Ljubljana, UL, FGG, Oddelek za geodezijo: <http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2002/Savsek2002.pdf> (Pridobljeno 28. 12. 2014.)

Savšek-Safić, S. 2008. Spremljanje stabilnosti Nuklearne elektrarne Krško. Ljubljana, UL, FGG, Oddelek za geodezijo: http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2008/SZZG2008_Savsek.pdf (Pridobljeno 21. 11. 2015.)

Savšek-Safić, S., Ambrožič, A., Kogoj, D., idr. 2006. Geodezija v geotehnikih. Geodetski vestnik 54, 1: 1–45.

Setan, H., Singh, R. 2001. Deformation analysis of a geodetic monitoring network. Geomatica 55, 3: 1-16.

Statii Totale. 2012. Leica TCRA 1105 plus. http://statiitotale.ro/web/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=26&Itemid=54 (Pridobljeno 10. 12. 2015.)

Stopar, B. 2010. GNSS v geodeziji. Zapiski predavanj za študijsko leto 2010/11. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (neobjavljeno gradivo).

Surveying Equipment. 2015. Samolepilne odbojne tarče Leica. <http://www.surveyingequipment.com/product/leica-60mm-x-60mm-retro-targets/> (Pridobljeno 03. 03. 2015.)

Šepetavc, K. 2008. Izmere terestričnih geodetskih mrež na območju Krškega polja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba K. Šepetavc): 100 str.

Šimic, J. 2013. Analiza izvajanja geodetsko inženirskih del v geodetskih podjetjih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Šimic): 40 str.

Trunk, J. 2005. Določitev premikov točk v geodetski mreži po metodi Karlsruhe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Trunk): 71 str.

Urbančič, T. 2010. Določitev vertikalnih premikov v višinski geodetski mreži na območju Ljubljanske kotline. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Urbančič): 73 str.

Vajda, J. 2013. Metode merjenja vertikalnih premikov in deformacij pri obremenilnem preizkusu viadukta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Vajda): 95 str.

Velikonja, M. 2012. Od rezultatov merjenja do podatkov za izravnavo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Velikonja): 47 str.

Zemljak, M. 2006. Določitev premikov točk v geodetski mreži po postopku Delft. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Zemljak): 68 str.

Zupančič, P. 2008. Sanacija mestne nivelmanske mreže Trbovlje. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Zupančič): 43 str.

SEZNAM PRILOG

- PRILOGA A: Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 1. izmere za instrument Leica Nova MS50
- PRILOGA B: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 1. izmere za instrument Leica Nova MS50
- PRILOGA C: Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 2. izmere za instrument Leica Nova MS50
- PRILOGA D: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere prvega dela zidu za instrument Leica Nova MS50
- PRILOGA E: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere drugega dela zidu za instrument Leica Nova MS50
- PRILOGA F: Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 3. izmere za instrument Leica Nova MS50
- PRILOGA G: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 3. izmere za instrument Leica Nova MS50
- PRILOGA H: Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 1. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus
- PRILOGA I: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 1. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus
- PRILOGA J: Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 2. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus
- PRILOGA K: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus
- PRILOGA L: Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 3. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus
- PRILOGA M: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 3. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus
- PRILOGA N: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 1. izmere za instrument Leica DNA 03
- PRILOGA O: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere za instrument Leica DNA 03
- PRILOGA P: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 3. izmere za instrument Leica DNA 03

PRILOGA A:

Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 1. izmere za instrument Leica Nova MS50

```
*d
S1 1004.0780 986.0020
S2 1001.1290 996.3970
S3 1021.3650 1012.3470
S4 1060.1530 1012.2730
*n
1 1000.1960 973.8810
2 1000.1960 973.8900
3 1000.1940 973.8890
4 1013.6110 977.5710
5 1013.6090 977.5800
6 1013.6000 977.5980
S5 1026.8840 992.3120
T4 1006.0000 1000.0000
T3 993.0960 1000.0000
*o
1 T4 S3 64 20 47.200 1.00 1 DA
1 T4 S4 90 21 37.700 1.00 1 DA
1 T4 S5 123 20 24.600 1.00 1 DA
1 T4 6 174 23 29.500 1.00 1 DA
1 T4 5 174 23 4.200 1.00 1 DA
1 T4 4 174 23 13.900 1.00 1 DA
1 T4 3 205 39 58.800 1.00 1 DA
1 T4 2 205 39 45.200 1.00 1 DA
1 T4 1 205 39 30.800 1.00 1 DA
1 T4 S1 200 56 59.300 1.00 1 DA
1 T4 S2 246 38 25.900 1.00 1 DA
1 T4 T3 283 7 51.900 1.00 1 DA
1 T3 T4 1 29 2.700 1.00 1 DA
1 T3 S5 14 18 1.700 1.00 1 DA
1 T3 S1 53 22 7.100 1.00 1 DA
1 T3 4 49 2 5.700 1.00 1 DA
1 T3 5 49 1 34.400 1.00 1 DA
1 T3 6 49 0 58.500 1.00 1 DA
1 T3 1 76 16 28.300 1.00 1 DA
1 T3 2 76 16 12.500 1.00 1 DA
1 T3 3 76 16 28.800 1.00 1 DA
2 T4 S3 19.71105 1.0000 DA
2 T4 S4 55.52614 1.0000 DA
2 T4 S5 22.25528 1.0000 DA
2 T4 6 23.65486 1.0000 DA
2 T4 5 23.67844 1.0000 DA
2 T4 4 23.68577 1.0000 DA
2 T4 3 26.74922 1.0000 DA
2 T4 2 26.74504 1.0000 DA
2 T4 1 26.75579 1.0000 DA
2 T4 S1 14.12891 1.0000 DA
2 T4 S2 6.05848 1.0000 DA
2 T4 T3 12.90403 1.0000 DA
2 T3 T4 12.90403 1.0000 DA
2 T3 S5 34.65270 1.0000 DA
2 T3 S1 17.79106 1.0000 DA
2 T3 4 30.39639 1.0000 DA
2 T3 5 30.39011 1.0000 DA
2 T3 6 30.36727 1.0000 DA
2 T3 1 27.06671 1.0000 DA
2 T3 2 27.05616 1.0000 DA
2 T3 3 27.05915 1.0000 DA
*PS
1
*PD
.0015
*IK
DM
*IS
DE
*Konec
```

PRILOGA B:**Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 1. izmere za instrument Leica Nova MS50**

```
*5
*d
'S1' 340.66543
'S2' 340.66547
'S3' 340.70135
'S4' 343.16059
*n
'T4' 0.000
'T3' 0.000
'1' 0.000
'2' 0.000
'3' 0.000
'4' 0.000
'5' 0.000
'6' 0.000
'S5' 0.000
*E
'km'
*o
T4 S3 1.70135 0.020
T4 S4 4.16059 0.056
T4 S5 1.70118 0.022
T4 6 5.17755 0.024
T4 5 3.60742 0.024
T4 4 0.70845 0.024
T4 3 5.11378 0.027
T4 2 3.61164 0.027
T4 1 0.68777 0.027
T4 S1 1.66254 0.014
T4 S2 1.66764 0.006
T4 T3 -0.00032 0.013
T3 T4 -0.00047 0.013
T3 S5 1.70114 0.035
T3 S1 1.66064 0.018
T3 4 0.70973 0.030
T3 5 3.60871 0.031
T3 2 3.61040 0.027
T3 3 5.11201 0.028
*k
```


PRILOGA C:

Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 2. izmere za instrument Leica Nova MS50

```
*5
*d
S3 1021.3630 1012.3480
S4 1060.1530 1012.2742
*n
A 1021.1770 1002.0510
B 1041.9180 1010.6930
S5 1026.8839 992.3131
S6 1009.1034 998.2108
7 1025.8560 980.9510
8 1025.8750 980.9900
9 1049.7390 987.5350
10 1049.7370 987.5360
11 1049.7310 987.5570
*o
1 A S4 206 56 12.700 1.00 1 DA
1 A 11 248 32 55.200 1.00 1 DA
1 A 10 248 34 38.600 1.00 1 DA
1 A 9 248 34 38.700 1.00 1 DA
1 A 8 299 3 37.800 1.00 1 DA
1 A 7 299 7 56.300 1.00 1 DA
1 A S5 281 15 56.900 1.00 1 DA
1 A S6 23 59 47.600 1.00 1 DA
1 A S3 132 40 23.600 1.00 1 DA
1 A B 199 0 57.100 1.00 1 DA
2 A S4 40.29456 1.0000 DA
2 A 11 32.02173 1.0000 DA
2 A 10 32.03697 1.0000 DA
2 A 9 32.03852 1.0000 DA
2 A 8 21.57900 1.0000 DA
2 A 7 21.61314 1.0000 DA
2 A S5 11.28754 1.0000 DA
2 A S6 12.67142 1.0000 DA
2 A S3 10.29888 1.0000 DA
2 A B 22.46922 1.0000 DA
*PS
.6
*PD
.001
*IK
DM
*IS
DE
*Konec
```

PRILOGA D:**Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere prvega dela za instrument Leica Nova****MS50**

```

*5
*d
'S3' 340.70135
'S4' 343.16059
*n
'T1' 0.000
'T2' 0.000
'T3' 0.000
'T4' 0.000
'T5' 0.000
'1000' 0.000
'2000' 0.000
'3000' 0.000
'S5' 0.000
'S6' 0.000
'S7' 0.000
'S8' 0.000
'1' 0.000
'2' 0.000
'3' 0.000
'4' 0.000
'5' 0.000
'6' 0.000
*E
*o
'km'
'o
'T1' 'T3' -0.17050 0.05232
'T1' 'S7' 1.27496 0.05784
'T1' 'S6' 1.30950 0.03707
'T1' 'S5' 1.27522 0.02598
'T1' 'T5' -0.04425 0.01513
'T1' 'S4' 3.73403 0.01724
'T1' '1000' -0.41182 0.02474
'T2' 'T1' 0.04321 0.02425
'T2' 'T5' -0.00033 0.01935
'T2' 'S5' 1.31825 0.01536
'T2' 'S7' 1.31993 0.03363
'T2' 'S8' 0.89963 0.02080
'T2' 'S3' 1.31935 0.00668
'T2' 'T3' -0.12575 0.02809
'T2' 'T4' 0.00088 0.01524
'T2' 'S6' 1.35330 0.01339
'T3' 'T1' 0.16812 0.05232
'T3' 'S4' 3.90368 0.06867
'T3' 'T5' 0.12438 0.04444
'T3' 'S1' 1.41015 0.00797
'T3' '6' 4.92363 0.02850
'T3' '5' 3.35398 0.02830
'T3' '4' 0.45453 0.02811
'T3' 'S7' 1.44537 0.00570
'T3' 'S8' 1.02465 0.01144
'T3' 'T4' 0.12632 0.01315
'T3' 'T2' 0.12450 0.02809
'T3' '1' 0.43168 0.02413
'T3' '2' 3.35648 0.02435
'T3' '3' 4.85706 0.02461
'T4' 'T1' 0.04140 0.03949
'T4' 'T2' -0.00173 0.01524
'T4' 'T5' -0.00199 0.03309
'T4' 'S5' 1.31896 0.02444
'T4' '4' 0.32869 0.02693
'T4' '5' 3.22784 0.02711
'T4' '6' 4.79821 0.02732
'T4' '1' 0.30558 0.02959
'T4' '2' 3.22947 0.02975
'T4' '3' 4.73166 0.02996
'T4' 'S2' 1.28325 0.00782
'T4' 'S7' 1.31874 0.01867

```

'T4'	'S8'	0.89817	0.00693
'T4'	'T3'	-0.12657	0.01315
'T4'	'S4'	3.77751	0.05606
'T5'	'T1'	0.04356	0.01513
'T5'	'S4'	3.77867	0.02667
'T5'	'S6'	1.35398	0.02866
'T5'	'S3'	1.31858	0.02159
'T5'	'T3'	-0.12666	0.04444
'T5'	'1000'	-0.36819	0.03985
'1000'	'T5'	0.36601	0.03985
'1000'	'T1'	0.41009	0.02474
'1000'	'2000'	-0.14353	0.05719
'1000'	'3000'	-0.42974	0.03139

*k

PRILOGA E:**Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere drugega dela zidu za instrument Leica****Nova MS50**

```
*5
*d
'S3' 340.70135
'S4' 343.16059
*n
'S5' 0.000
'S6' 0.000
'A' 0.000
'B' 0.000
'11' 0.000
'10' 0.000
'9' 0.000
'8' 0.000
'7' 0.000
*E
'km'
*o
'A' 'S4' 3.75468 0.04047
'A' '11' 4.05567 0.03228
'A' '10' 2.02541 0.03210
'A' '9' 0.27927 0.03204
'A' '8' 4.04073 0.02195
'A' '7' 0.29550 0.02162
'A' 'S5' 1.29618 0.01136
'A' 'S6' 1.33058 0.01274
'A' 'S3' 1.29511 0.01038
'A' 'B' 0.03497 0.02247
*k
```

PRILOGA F:

Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 3. izmere za instrument Leica Nova MS50

*5								
*d								
S1	1004.0781	986.0020						
S2	1001.1296	996.3975						
S3	1021.3615	1012.3500						
S4	1060.1530	1012.2742						
*n								
S6	1009.0992	998.2109						
S7	988.0998	995.2149						
T1	1043.3149	1012.3868						
T2	1019.9425	1005.9504						
T3	993.3158	997.0115						
T4	1002.9005	1000.1601						
T5	1033.7203	994.8588						
T7	1044.1707	995.0576						
1000	1053.8580	1034.7690						
3000	1067.1768	1063.1888						
1	1000.1984	973.8760						
2	1000.1978	973.8862						
3	1000.1967	973.8830						
4	1013.6174	977.5676						
5	1013.6112	977.5892						
6	1013.6066	977.5948						
7	1025.8561	980.9503						
8	1025.8617	980.9883						
9	1049.7280	987.5231						
10	1049.7263	987.5257						
11	1049.7212	987.5467						
*o								
1	T3	T1	359	59	59.400	1.00	1	DA
1	T3	T2	358	32	7.800	1.00	1	DA
1	T3	S4	4	13	33.800	1.00	1	DA
1	T3	S2	21	35	15.300	1.00	1	DA
1	T3	S1	62	44	25.400	1.00	1	DA
1	T3	6	60	49	56.200	1.00	1	DA
1	T3	5	60	49	57.800	1.00	1	DA
1	T3	4	60	51	24.700	1.00	1	DA
1	T3	3	90	31	29.500	1.00	1	DA
1	T3	2	90	31	12.800	1.00	1	DA
1	T3	1	90	31	32.600	1.00	1	DA
1	T3	S7	178	5	11.700	1.00	1	DA
1	T4	T1	359	59	56.900	1.00	1	DA
1	T4	T2	358	3	58.400	1.00	1	DA
1	T4	T5	26	35	49.800	1.00	1	DA
1	T4	6	81	27	22.800	1.00	1	DA
1	T4	5	81	27	12.200	1.00	1	DA
1	T4	4	81	27	39.500	1.00	1	DA
1	T4	3	112	42	48.200	1.00	1	DA
1	T4	2	112	42	41.900	1.00	1	DA
1	T4	1	112	42	29.900	1.00	1	DA
1	T4	S2	132	2	44.700	1.00	1	DA
1	T4	S7	178	21	21.100	1.00	1	DA
1	T4	S4	4	55	9.900	1.00	1	NE
1	T4	S1	102	4	48.900	1.00	1	DA
1	T2	T1	359	59	59.800	1.00	1	DA
1	T2	S4	6	27	18.300	1.00	1	DA
1	T2	T5	54	14	7.600	1.00	1	DA
1	T2	8	92	3	33.500	1.00	1	DA
1	T2	7	92	5	27.500	1.00	1	DA
1	T2	S6	159	52	54.200	1.00	1	DA
1	T2	S7	176	46	49.800	1.00	1	NE
1	T2	T3	176	50	22.200	1.00	1	DA
1	T2	T4	176	37	53.100	1.00	1	DA
1	T2	S3	297	54	2.700	1.00	1	DA
1	T1	T2	0	0	0.600	1.00	1	DA
1	T1	T3	358	18	12.600	1.00	1	DA
1	T1	T5	314	5	28.700	1.00	1	DA
1	T1	S4	195	46	31.900	1.00	1	DA
1	T1	1000	130	37	12.700	1.00	1	DA
1	T1	3000	130	33	2.300	1.00	1	DA

1	T1	T7	282	34	7.100	1.00	1	DA
1	T7	T1	359	59	57.600	1.00	1	DA
1	T7	1000	16	32	15.700	1.00	1	DA
1	T7	S4	45	41	48.700	1.00	1	DA
1	T7	11	146	21	44.000	1.00	1	DA
1	T7	10	146	24	49.000	1.00	1	DA
1	T7	9	146	24	52.300	1.00	1	DA
1	1000	T1	244	52	59.700	1.00	1	NE
1	1000	T5	246	26	2.500	1.00	1	NE
1	1000	3000	64	46	24.300	1.00	1	NE
2	T3	T1	52.32217			1.0000		DA
2	T3	T2	28.09073			1.0000		DA
2	T3	S4	68.56408			1.0000		DA
2	T3	S2	7.84018			1.0000		DA
2	T3	S1	15.39397			1.0000		DA
2	T3	6	28.07314			1.0000		DA
2	T3	5	28.09744			1.0000		DA
2	T3	4	28.10391			1.0000		DA
2	T3	3	24.12339			1.0000		DA
2	T3	2	24.11967			1.0000		DA
2	T3	1	24.13191			1.0000		DA
2	T3	S7	5.51203			1.0000		DA
2	T4	T1	42.23573			1.0000		DA
2	T4	T2	18.00264			1.0000		DA
2	T4	T5	31.28222			1.0000		DA
2	T4	6	24.96677			1.0000		DA
2	T4	5	24.99112			1.0000		DA
2	T4	4	24.99928			1.0000		DA
2	T4	3	26.40882			1.0000		DA
2	T4	2	26.40535			1.0000		DA
2	T4	1	26.41743			1.0000		DA
2	T4	S2	4.15506			1.0000		DA
2	T4	S7	15.60021			1.0000		DA
2	T4	S4	58.52655			1.0000		NE
2	T4	S1	14.20521			1.0000		DA
2	T2	T1	24.25179			1.0000		DA
2	T2	S4	40.70790			1.0000		DA
2	T2	T5	17.69658			1.0000		DA
2	T2	8	25.65426			1.0000		DA
2	T2	7	25.68999			1.0000		DA
2	T2	S6	13.32210			1.0000		DA
2	T2	S7	33.60169			1.0000		NE
2	T2	T3	28.09041			1.0000		DA
2	T2	T4	18.00263			1.0000		DA
2	T2	S3	6.55503			1.0000		DA
2	T1	T2	24.25199			1.0000		DA
2	T1	T3	52.32251			1.0000		DA
2	T1	T5	19.99150			1.0000		DA
2	T1	S4	16.83216			1.0000		DA
2	T1	1000	24.73715			1.0000		DA
2	T1	3000	56.12490			1.0000		DA
2	T1	T7	17.34188			1.0000		DA
2	T7	T1	17.34158			1.0000		DA
2	T7	1000	40.86322			1.0000		DA
2	T7	S4	23.48208			1.0000		DA
2	T7	11	9.33922			1.0000		DA
2	T7	10	9.35916			1.0000		DA
2	T7	9	9.36227			1.0000		DA
2	1000	T1	24.73710			1.0000		NE
2	1000	T5	44.70804			1.0000		NE
2	1000	3000	31.38782			1.0000		NE

*PS

2

*PD

.003

*IK

DM

*IS

DE

*Konec

PRILOGA G:

Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 3. izmere za instrument Leica Nova MS50

```
*5
*d
'S1' 340.66543
'S2' 340.66547
'S3' 340.70135
'S4' 343.16059
*n
'T1' 0.000
'T2' 0.000
'T3' 0.000
'T4' 0.000
'T5' 0.000
'T6' 0.000
'T7' 0.000
'1000' 0.000
'3000' 0.000
'S7' 0.000
'S6' 0.000
'1' 0.000
'2' 0.000
'3' 0.000
'4' 0.000
'5' 0.000
'6' 0.000
'7' 0.000
'8' 0.000
'9' 0.000
'10' 0.000
'11' 0.000
*E
'km'
*o
'T3' 'T1' 0.084845627 0.052322650
'T3' 'T2' 0.030250284 0.028090964
'T3' 'S2' 1.414774282 0.007966867
'T3' 'S1' 1.413313316 0.015458842
'T3' '6' 4.932044975 0.028503342
'T3' '5' 3.359458919 0.028297808
'T3' '4' 0.460229540 0.028107908
'T3' '3' 4.866053062 0.024609483
'T3' '2' 3.362849600 0.024353183
'T3' '1' 0.398290074 0.024135400
'T3' 'S7' 1.451619704 0.005700014
'T4' 'T1' 0.056700333 0.042236117
'T4' 'T2' 0.001986632 0.018002792
'T4' 'T5' 0.133601937 0.031282767
'T4' '6' 4.903062473 0.025443883
'T4' '5' 3.331305106 0.025212400
'T4' '4' 0.432343964 0.025003233
'T4' '3' 4.837076531 0.026848383
'T4' '2' 3.334621974 0.026615308
'T4' 'S2' 1.386131465 0.004380200
'T4' 'S7' 1.423022665 0.015665117
'T4' 'S4' 3.882584870 0.058655717
'T4' 'S1' 1.385179866 0.014272708
'T2' 'T1' 0.054443066 0.024252050
'T2' 'T5' 0.131131752 0.017697217
'T2' '8' 4.165702466 0.025990492
'T2' '7' 0.419096250 0.025693625
'T2' 'S6' 1.454268736 0.013401350
'T2' 'S7' 1.420821654 0.033632000
'T2' 'T3' -0.032455231 0.028090658
'T2' 'T4' -0.003506915 0.018002783
'T2' 'S3' 1.419368333 0.006706992
'T1' 'T2' -0.056194560 0.024252250
'T1' 'T3' -0.088102769 0.052323008
'T1' 'T5' 0.075812804 0.019991808
'T1' 'T6' -0.060094812 0.017496200
'T1' 'S4' 3.824535577 0.017261333
'T1' '1000' -0.375602027 0.024740200
```

'T1'	'3000'	-0.60888289	0.056128650
'T1'	'T7'	-0.054486461	0.017342108
'T7'	'T1'	0.053055203	0.017341800
'T7'	'1000'	-0.322011038	0.040864808
'T7'	'11'	4.179124381	0.010231700
'T7'	'10'	2.147395877	0.009602433
'T7'	'9'	0.401065778	0.009370933
'1000'	'T1'	0.374163416	0.024740133
'1000'	'T5'	0.450259855	0.044710683
'1000'	'3000'	-0.233568077	0.031388942

*k

PRILOGA H:

Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 1. izmere za instrument Leica TCRA 1105

plus

```
*d
S1 1004.0736 986.0003
S4 1060.1545 1012.2769
*n
1 1000.1926 973.8796
2 1000.1921 973.8899
3 1000.1910 973.8867
4 1013.6083 977.5692
5 1013.6123 977.5819
6 1013.6081 977.5773
S7 988.1004 995.2124
T4 1002.3500 1005.5680
*o
1 T4 4 142 31 45.000 1.00 1 DA
1 T4 5 142 31 31.300 1.00 1 DA
1 T4 6 142 31 52.700 1.00 1 DA
1 T4 1 168 19 41.000 1.00 1 DA
1 T4 2 168 20 3.100 1.00 1 DA
1 T4 3 168 20 4.300 1.00 1 DA
1 T4 S1 159 23 47.300 1.00 1 DA
1 T4 S7 218 24 54.900 1.00 1 DA
1 T4 S4 67 50 0.000 1.00 1 DA
2 T4 4 30.17990 1.0000 DA
2 T4 5 30.17199 1.0000 DA
2 T4 6 30.14884 1.0000 DA
2 T4 1 31.76179 1.0000 DA
2 T4 2 31.75070 1.0000 DA
2 T4 3 31.75404 1.0000 DA
2 T4 S1 19.64409 1.0000 DA
2 T4 S7 17.60817 1.0000 DA
2 T4 S4 58.19336 1.0000 DA
*PS
4
*PD
.005
*IK
DM
*IS
DE
*Konec
```

```
*d
S1 1004.0736 986.0003
S4 1060.1545 1012.2769
*n
1 1000.1926 973.8796
2 1000.1921 973.8899
3 1000.1910 973.8867
4 1013.6083 977.5692
5 1013.6123 977.5819
6 1013.6081 977.5773
S7 988.1004 995.2124
T3 993.3170 997.0070
*o
1 T3 4 219 4 26.500 1.00 1 DA
1 T3 5 219 3 51.300 1.00 1 DA
1 T3 6 219 2 56.700 1.00 1 DA
1 T3 1 248 44 40.900 1.00 1 DA
1 T3 2 248 44 26.200 1.00 1 DA
1 T3 3 248 44 43.600 1.00 1 DA
1 T3 S1 220 57 8.200 1.00 1 DA
1 T3 S7 336 20 12.900 1.00 1 DA
1 T3 S4 162 26 37.100 1.00 1 DA
2 T3 4 28.10040 1.0000 DA
2 T3 5 28.09372 1.0000 DA
2 T3 6 28.07106 1.0000 DA
2 T3 1 24.12598 1.0000 DA
```

L

2	T3	2	24.11478	1.0000	DA
2	T3	3	24.11857	1.0000	DA
2	T3	S1	15.39030	1.0000	DA
2	T3	S7	5.50790	1.0000	DA
2	T3	S4	68.56030	1.0000	DA

*PS

4

*PD

.005

*IK

DM

*IS

DE

*Konec

PRILOGA I:

Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 1. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus

```
*5
*d
'S1' 340.66543
'S4' 343.16059
*n
'T3' 0.000
'T4' 0.000
'S7' 0.000
'1' 0.000
'2' 0.000
'3' 0.000
'4' 0.000
'5' 0.000
'6' 0.000
*E
'km'
*o
T3 4 0.43272 0.02810
T3 5 3.33197 0.02829
T3 6 4.90259 0.02850
T3 1 0.41050 0.02413
T3 2 3.33476 0.02434
T3 3 4.83742 0.02460
T3 S1 1.38588 0.01545
T4 4 0.32169 0.03018
T4 5 3.22040 0.03034
T4 6 4.79135 0.03053
T4 1 0.29880 0.03176
T4 2 3.22286 0.03191
T4 3 4.72512 0.03210
T4 S1 1.27316 0.01969
T4 S7 1.31215 0.01766
T4 S4 3.77098 0.05832
*k
```

PRILOGA J:**Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 2. izmere za instrument Leica TCRA 1105****plus**

*d

S3	1021.3606	1012.3478
S4	1060.1545	1012.2769

*n

7	1025.8548	980.9480
8	1025.8604	980.9860
9	1049.7366	987.5319
10	1049.7349	987.5345
11	1049.7298	987.5555
S5	1026.8837	992.3128
S7	988.1004	995.2124
T1	1043.3229	1012.3877

*o

1	T1	9	359	59	49.900	1,00	1	DA
1	T1	10	359	59	54.200	1,00	1	DA
1	T1	11	359	59	51.600	1,00	1	DA
1	T1	S5	53	46	52.000	1,00	1	DA
1	T1	S7	87	11	23.700	1,00	1	DA
1	T1	S3	104	21	44.900	1,00	1	DA
1	T1	S4	284	51	16.500	1,00	1	DA
1	T1	7	43	31	19.300	1,00	1	DA
1	T1	8	43	31	39.400	1,00	1	DA
2	T1	9	25.67016			1,0000		DA
2	T1	10	25.66909			1,0000		DA
2	T1	11	25.64709			1,0000		DA
2	T1	S5	25.95091			1,0000		DA
2	T1	S7	57.82597			1,0000		DA
2	T1	S3	21.96709			1,0000		DA
2	T1	S4	16.83111			1,0000		DA
2	T1	7	35.96620			1,0000		DA
2	T1	8	35.92359			1,0000		DA

*PS

4

*PD

.005

*IK

DM

*IS

DE

*Konec

PRILOGA K:

Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus

```
*5
*d
'S3' 340.70135
'S4' 343.16059
*n
'T1' 0.000
'T2' 0.000
'S5' 0.000
'S7' 0.000
'7' 0.000
'8' 0.000
'9' 0.000
'10' 0.000
'11' 0.000
*E
'km'
*o
T1 9 0.30122 0.02567
T1 10 2.04706 0.02575
T1 11 4.07831 0.02597
T1 S5 1.31838 0.02598
T1 S3 1.31805 0.02201
T1 S4 3.77795 0.01725
T1 7 0.31676 0.03597
T1 8 4.06214 0.03615
T2 9 0.27535 0.03712
T2 10 2.02118 0.03717
T2 11 4.05237 0.03732
T2 7 0.29218 0.02619
T2 8 4.03757 0.02647
T2 S5 1.29371 0.01649
T2 S7 1.29257 0.03114
T2 S3 1.29344 0.00783
*k
```

PRILOGA L:**Vhodna datoteka za horizontalno izravnavo 3. izmere za instrument Leica TCRA 1105****plus**

*d

S1	1004.0736	986.0003
S3	1021.3606	1012.3478
S4	1060.1545	1012.2769

*n

1	1000.1926	973.8796
3	1000.1910	973.8867
4	1013.6083	977.5692
5	1013.6123	977.5819
6	1013.6081	977.5773
7	1025.8548	980.9480
8	1025.8604	980.9860
9	1049.7366	987.5319
10	1049.7349	987.5345
11	1049.7298	987.5555
S6	1009.0981	998.2088
S7	988.1004	995.2124
T1A	1044.9040	1009.7710
T3A	992.6330	998.1110
T5A	1023.1540	995.3650
T9	1023.4410	1010.8740

*o

1	T1A	S4	129	7	46.900	1.00	1	DA
1	T1A	11	216	10	3.600	1.00	1	DA
1	T1A	10	216	9	48.300	1.00	1	DA
1	T1A	9	216	8	38.700	1.00	1	DA
1	T1A	S6	300	30	30.298	1.00	1	DA
1	T1A	T3A	305	49	50.500	1.00	1	DA
1	T1A	T9	321	20	3.400	1.00	1	DA
1	T3A	T9	25	59	52.500	1.00	1	DA
1	T3A	S4	36	39	20.700	1.00	1	DA
1	T3A	6	92	52	57.500	1.00	1	DA
1	T3A	5	92	53	47.100	1.00	1	DA
1	T3A	4	92	54	13.300	1.00	1	DA
1	T3A	S1	95	8	6.100	1.00	1	DA
1	T3A	3	121	10	23.500	1.00	1	DA
1	T3A	1	121	10	31.400	1.00	1	DA
1	T3A	S7	195	54	14.400	1.00	1	DA
1	T5A	S4	182	37	58.400	1.00	1	DA
1	T5A	8	286	29	34.600	1.00	1	DA
1	T5A	S3	111	10	55.600	1.00	1	DA
1	T5A	T9	118	15	52.800	1.00	1	DA
1	T5A	7	286	36	15.100	1.00	1	DA
1	T9	T5A	82	33	14.800	1.00	1	DA
1	T9	T3A	148	59	22.800	1.00	1	DA
1	T9	S4	349	18	24.500	1.00	1	DA
2	T1A	S4	15.45542			1.0000		DA
2	T1A	11	22.74092			1.0000		DA
2	T1A	10	22.76419			1.0000		DA
2	T1A	9	22.76620			1.0000		DA
2	T1A	S6	37.62661			1.0000		DA
2	T1A	T3A	53.55514			1.0000		DA
2	T1A	T9	21.48874			1.0000		DA
2	T3A	T9	33.34559			1.0000		DA
2	T3A	S4	68.99041			1.0000		DA
2	T3A	6	29.32816			1.0000		DA
2	T3A	5	29.35109			1.0000		DA
2	T3A	4	29.35963			1.0000		DA
2	T3A	S1	16.65947			1.0000		DA
2	T3A	3	25.37537			1.0000		DA
2	T3A	1	25.38352			1.0000		DA
2	T3A	S7	5.37832			1.0000		DA
2	T5A	S4	40.68289			1.0000		DA
2	T5A	8	14.62983			1.0000		DA
2	T5A	S3	17.07758			1.0000		DA
2	T5A	T9	15.51171			1.0000		DA
2	T5A	7	14.66651			1.0000		DA
2	T9	T5A	15.51274			1.0000		DA

2	T9	T3A	33.34560	1.0000	DA
2	T9	S4	36.74045	1.0000	DA

*PS
2.8
*PD
.0036
*IK
DM
*IS
DE
*Konec

PRILOGA M:**Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 3. izmere za instrument Leica TCRA 1105 plus**

```
*5
*d
'S1' 340.66543
'S3' 340.70135
'S4' 343.16059
*n
'T1A' 0.000
'T3A' 0.000
'T5A' 0.000
'T9' 0.000
'S6' 0.000
'S7' 0.000
'1' 0.000
'3' 0.000
'4' 0.000
'5' 0.000
'6' 0.000
'7' 0.000
'8' 0.000
'9' 0.000
'10' 0.000
'11' 0.000
*E
'km'
*o
T1A S4 3.87938 0.01593
T1A 11 4.17950 0.02312
T1A 10 2.14788 0.02287
T1A 9 0.40517 0.02277
T1A S6 1.45343 0.03766
T1A T3A -0.02799 0.05356
T1A T9 0.05865 0.02149
T3A T9 0.09203 0.03335
T3A S4 3.91546 0.06910
T3A 6 4.93259 0.02974
T3A 5 3.36064 0.02954
T3A 4 0.46117 0.02936
T3A S1 1.41387 0.01672
T3A 3 4.86629 0.02584
T3A 1 0.43684 0.02539
T3A S7 1.45158 0.00557
T5A S4 3.89219 0.04087
T5A 8 4.17851 0.01521
T5A S3 1.43010 0.01714
T5A T9 0.07079 0.01551
T5A 7 0.43208 0.01467
T9 T5A -0.06297 0.01551
T9 T3A -0.08913 0.03335
*k
```


PRILOGA N: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 1. izmere za instrument Leica DNA03

```
*5
*d
'R1' 100.00000
*n
'R2' 0.00000
'R3' 0.00000
'R4' 0.00000
'R5' 0.00000
'R6' 0.00000
*E
'km'
*o
'R1' 'R2' -0.56925 0.043314005
'R1' 'R3' 0.16309 0.077025095
'R3' 'R4' -0.01275 0.032747900
'R4' 'R5' -0.30248 0.043870690
'R5' 'R6' -0.04430 0.032055765
'R6' 'R1' 0.19578 0.165498615
*k
```

PRILOGA O: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 2. izmere za instrument Leica DNA03

```
*5
*d
'R1' 100.00000
*n
'R2' 0.00000
'R3' 0.00000
'R4' 0.00000
*E
'km'
*o
'R1' 'R2' -0.56920 0.04574092
'R2' 'R4' 0.71754 0.06898184
'R4' 'R3' 0.01297 0.02100308
'R3' 'R1' -0.16122 0.05802304
'R1' 'R3' 0.16122 0.05802304
*k
```

PRILOGA P: Vhodna datoteka za višinsko izravnavo 3. izmere za instrument Leica DNA03

```
*5
*d
'R1' 100.00000
*n
'R2' 0.00000
'R3' 0.00000
'R4' 0.00000
*E
'km'
*o
'R4' 'R3' 0.01269 0.01790171
'R3' 'R1' -0.16132 0.05876228
'R1' 'R2' -0.56935 0.04885111
'R2' 'R4' 0.71831 0.06514204
*k
```