

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:

Horvat, J. 2012. Sanacija nivelmanske mreže za potrebe spremljanja premikov na HE Mariborski otok. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Breznikar, A., somentor Slatinšek, I.): 47 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Horvat, J. 2012. Sanacija nivelmanske mreže za potrebe spremljanja premikov na HE Mariborski otok. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Breznikar, A., co-supervisor Slatinšek, I.): 47 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER GEODEZIJA V
INŽENIRSTVU

Kandidat:

JURČEK HORVAT

**SANACIJA NIVELMANSKE MREŽE ZA POTREBE
SPREMLJANJA PREMICOV NA HE MARIBORSKI
OTOK**

Diplomska naloga št.: 380/GI

**RENOVATION OF LEVELLING NETWORK FOR
MONITORING THE MOVEMENTS ON THE HE
MARIBORSKI OTOK**

Graduation thesis No.: 380/GI

Mentor:

doc. dr. Aleš Breznikar

Predsednik komisije:

viš. pred. mag. Samo Drobne

Somentor:

Iztok Slatinšek, univ. dipl. inžg. geod.

Član komisije:

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Ljubljana, 28. 6. 2012

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Jurček Horvat izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »SANACIJA NIVELMANSKE MREŽE ZA POTREBE SPREMLJANJA PREMICOV NA HE MARIBORSKI OTOK«.

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

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

Ljubljana, 8.6.2012

Jurček Horvat

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.54:627.8(043.2)
Avtor:	Jurček Horvat
Mentor:	doc. dr. Aleš Breznikar
Somentor:	Iztok Slatinšek
Naslov:	Sanacija nivelmanske mreže za potrebe spremljanja premikov na HE Mariborski otok
Obseg in oprema:	47 str., 23 sl., 9 pregl.
Ključne besede:	reper, vertikalni pomik, tehnično opazovanje, digitalni nivelir, nivelmanska mreža, stabilizacija, nivelman, nivelmanska lata

Izveleček:

Družbo Dravskih elektrarn Maribor sestavlja osem hidroelektrarn na reki Dravi. Najnižje ležeča elektrarna, ki tik pred Mariborom stoji še v rečni strugi in izkorišča energetski potencial Drave, je hidroelektrarna Mariborski otok. Hidroelektrarna Mariborski otok spada med visoke pregrade, katere od uporabnika oziroma skrbnika zahtevajo vsakoletno tehnično opazovanje. Ena izmed vsebin tehničnega opazovanja je tudi meritev vertikalnih premikov reperjev, ki je podrobneje opisana v diplomski nalogi. Diplomaska naloga opisuje tudi navezavo lokalne višinske mreže hidroelektrarne Mariborski otok na državno nivelmansko mrežo, katero je bilo potrebno tudi sanirati. Rezultate meritev sem primerjal z dosedanjimi, ki se izvajajo od leta 1969. Na osnovi opazovanj lahko odkrijemo različne nepravilnosti na objektu, katera bi lahko povzročila večjo škodo na objektu samem, oziroma predstavljajo nevarnost za okolico.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.54:627.8(043.2)
Author: Jurček Horvat
Supervisor: Asist. Prof. Aleš Breznikar, Ph. D.
Co-supervisor: Iztok Slatinšek
Title: Renovation of Levelling Network for Monitoring the Movements on the HE Mariborski otok
Notes: 47 p., 23 fig., 9 tab.
Key words: benchmark, vertical movement, technical observation, digital levelling, levelling network, stabilization, level, levelling staff

Abstract:

The company DEM (Dravske elektrarne Maribor) consists of eight hydroelectric power plants on the river Drava. Hydroelectric power plant Mariborski otok is the lowest lying hydroelectric power plant, which still stands near Maribor in the river bed and exploits the energy potential of Drava. Hydroelectric power plant Mariborski otok belongs to a group of high hecks, which need to be yearly technical observed from the user or a caretaker. One of the contents of technical observing is also the measurement of vertical movements of benchmarks, which is described in details in this diploma work. This diploma work also describes the relatedness of the local altitude network of hydroelectric power plant Mariborski otok with the national levelling network, which was needed to be renovated. The results of the measurements were compared to the previous ones which have been carried out since 1969. On the basis of observation we can find numerous deficiencies on the facility, which could cause major injury on the facility itself and they also present a danger to the surroundings.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Alešu Breznikarju in somentorju Iztoku Slatinšku. Velika zahvala gre tudi Marjanu Kirbišu in celotnemu kolektivu Dravskih elektrarn Maribor, ki so mi v času študija nudili marsikatero znanje in ustrezno pomoč.

Posebna zahvala gre vsem mojim najdražjim, ki so me spremljali in podpirali skozi leta mojega študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	TEHNIČNO OPAZOVANJE NA HE MARIBORSKI OTOK	2
2.1	Začetki tehničnega opazovanja na HE Mariborski otok	2
2.2	Pogostost opazovanj	4
2.3	PREDSTAVITEV OBJEKTOV HE MARIBORSKI OTOK	5
2.3.1	Turbinski stebri	5
2.3.2	Pretočna polja	5
2.3.3	Desna obrežna zgradba	5
2.3.4	Leva obrežna zgradba	5
2.3.5	Krilna zidova	6
3	NIVELMANSKE MREŽE	7
3.1	Nivelmanske mreže	7
3.2	Delitev nivelmanskih mrež	7
3.3	Višinske točke in stabilizacija reperjev	9
3.3.1	Normalni reper	9
3.3.2	Fundamentalni reper	9
3.3.3	Ostali reperji	10
3.4	Reperji na HE Mariborski otok	10
4	GEOMETRIČNI NIVELMAN	12
4.1	Opis uporabljenega instrumentarija in opreme	14
4.1.1	Nivelir	14
4.1.2	Nivelmanske late	19
4.1.3	Ostali pribor	21
4.2	Vpliv refrakcije in ukrivljenost Zemlje	23
4.2.1	Vpliv refrakcije	23
4.2.2	Vpliv ukrivljenosti Zemlje	23
4.3	Pogreški pri niveliranju	24

4.4	Opis metode niveliranja	25
5	PROJEKT SANACIJE NIVELMANSKE MREŽE	26
5.1	Pregled dokumentacije in načrtovanje meritev	27
5.2	Stabilizacija novih reperjev	28
5.3	Opis poteka meritev	31
5.4	Težave pri meritvah	34
5.5	Obdelava meritev	35
6	IZRAVNAVA PODATKOV	36
6.1	Uteži pri geometričnem nivelmanu	36
6.2	Srednji pogrešek utežne enote	37
6.3	Opis programa Vim	38
7	REZULTATI MERITEV	41
7.1	Predlog za izbiro izhodiščnih reperjev	44
7.2	Določitev izhodiščnih višin danim reperjem	44
7.3	Izravnavo z danimi izhodiščnimi reperji	45
8	ZAKLJUČEK	47
	VIRI	48

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnične značilnosti digitalnega nivelirja DNA 03	15
Preglednica 2: Popravki metra late	20
Preglednica 3: Popravki pete late	21
Preglednica 4: Izračunani srednji pogreški utežne enote	38
Preglednica 5: Definitivne višine reperjev posamezne serije meritev in razlika med njima	41
Preglednica 6: Primerjava naših izravnanih višin, zadnjih višin merjenj ZAG in višin iz državne višinske mreže	42
Preglednica 7: Izračun izhodiščnih višin reperjema R1 in R402	44
Preglednica 8: Izračunane izhodiščne višine izhodiščnih reperjev	45
Preglednica 9: Nadmorske višine vseh reperjev z oceno natančnosti	45

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Topografija reperja Rx in reperja Ry	3
Slika 2.2: Izhodiščna reperja K3 in K4	3
Slika 2.3: Nizki reper R9 in vertikalno vgrajen kovinski čep reperja 18v	4
Slika 2.4: Prikaz objektov HE Mariborski otok	6
Slika 3.1: Nivelmanska mreža Slovenije (Zupančič, 2008, 1)	8
Slika 3.2: Prikaz nizkega reperja na HE Mariborski otok	11
Slika 3.3: Reper državne mreže – R455	11
Slika 4.1: Osnovni princip nivelmana	12
Slika 4.2: Izmenišča pri niveliranju	13
Slika 4.3: Preizkus glavnega pogoja po Förstner metodi	18
Slika 4.4: Vertikalno postavljena kodirana invar nivelmanska lata na podnožki s stojalom	22
Slika 4.5: Stativ z instrumentom	22
Slika 5.1: Skica makrolokacije reperjev državne mreže HE Mariborski otok	27
Slika 5.2: Novo stabiliziran reper RK400	28
Slika 5.3: Novo stabiliziran reper RK3	29
Slika 5.4: Novo stabiliziran reper RK454	29
Slika 5.5: Vrtanje luknje za stabilizacijo novega reperja	30
Slika 5.6: Pomočnik pri stabilizaciji reperjev in oprema za stabilizacijo	30
Slika 5.7: Skica nivelmanskih linij na HE Mariborski otok	32
Slika 5.8: Figuranta z nivelmanskimi latami	33
Slika 5.9: Problem postavitve late na reper R4 zaradi rastja na objektu	34
Slika 6.1: Program VIM	39
Slika 6.2: Vhodna datoteka 455-452.pod	40

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Začetek delovanja hidroelektrarne Mariborski otok (HE Mariborski otok) sega v leto 1948, ko je začel obratovati prvi agregat. HE Mariborski otok je ena izmed osmih hidroelektrarn, katere spadajo v družbo Dravskih elektrarn Maribor (DEM). HE Mariborski otok je pretočna elektrarna stebrnega tipa in je najnižje ležeča elektrarna, ki tik pred Mariborom stoji še v rečni strugi in izkorišča energetski potencial Drave. Višina pregrade znaša triintrideset metrov in se po definiciji Svetovnega registra pregrad in s slovenskim standardom SIST EN 1997-1: 2005, iz skupine Evrokod 7 uvršča med velike pregrade. To so pregrade, ki presegajo višino petnajst metrov in jih uvrščamo med objekte geotehnične kategorije 3. V to kategorijo sodijo objekti in konstrukcije, ki vključujejo velika tveganja, kot so porušitev, ki lahko povzroči veliko materialno škodo ali ogrožajo življenje (Kogoj in »sod.«, 2011). Da do takšnega tveganja ne bi prišlo, je potrebno izvajati tehnično opazovanje več kot deset let po končani izgradnji, oziroma skozi celotno življenjsko dobo objekta (Evrokod 7, 2005).

Tehnično opazovanje, ki ga realizirajo izvajalci, obsega naslednja dela (Skube, 2006):

- opazovanje poškodb in razpok na objektih,
- meritve razpok in delovanja razpok,
- opazovanja dilatacij,
- geotehnično poročilo,
- koordinacija programa opazovanj,
- meritve vertikalnih pomikov reperjev in
- meritve horizontalnih premikov jezovne zgradbe.

Pomemben del tehničnega opazovanja so meritve vertikalnih pomikov reperjev. Glavni namen meritev vertikalnih pomikov reperjev je ugotovitev stanja in končna analiza posedanja oziroma dviganja objekta. Z rezultati meritev pravočasno odkrijemo nepravilnosti na objektu, katere bi lahko vplivale na okolico ali na objekt.

Namen diplomske naloge je sanacija nivelmanske mreže v okolici HE Mariborski otok, za potrebe spremljanja vertikalnih premikov, saj sedanja nivelmanska mreža ne izpolnjuje zahtev za tovrstno mrežo. Diplomska naloga vsebuje tudi primerjavo rezultatov meritev z dosedanjimi, katera se opravljajo od leta 1969 in jih za DEM opravlja Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG).

2 TEHNIČNO OPAZOVANJE NA HE MARIBORSKI OTOK

2.1 Začetki tehničnega opazovanja na HE Mariborski otok

Začetek tehničnega opazovanja na HE Mariborski otok se prične z letom 1969, ko se je sistem tehničnega opazovanja na podlagi "Projekta tehničnega opazovanja za visoki jez HE Mariborski otok, ZRKM, DN 5207/66, Ljubljana 1969" v celoti vzpostavil. Tehnično opazovanje v celoti in od vsega začetka izvaja ZAG.

Tehnično opazovanje na HE Mariborski otok zajema:

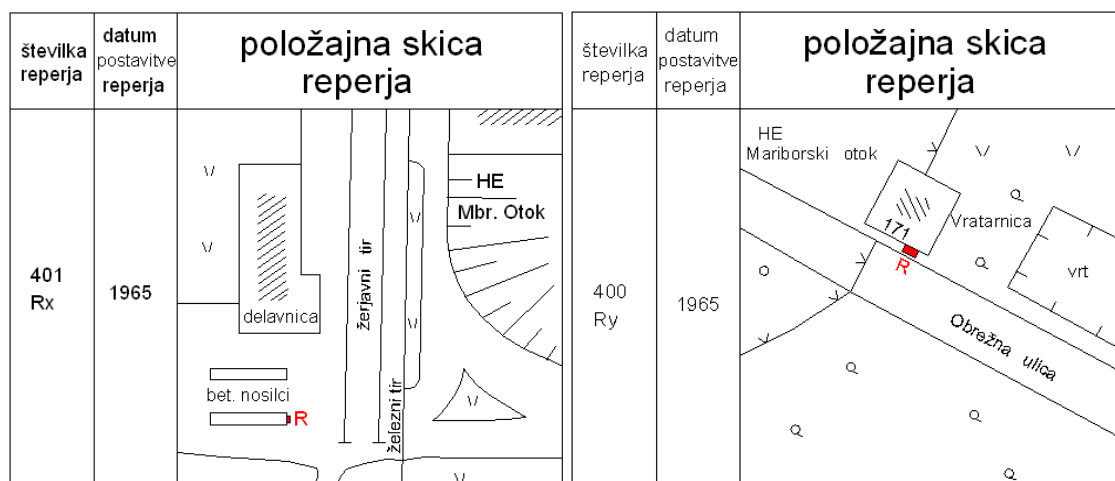
- geodetska opazovanja,
- meritve globin razpok z ultrazvokom,
- vizualni pregled pregradnega objekta z dopolnjevanjem katastra razpok in poškodb,
- pregled kvalitete betonov pregradnega objekta,
- geološko-geomehanski pregled stanja brežin akumulacije in podjezja ter
- opazovanje s pomočjo opazovalnih vrtin.

Geodetska opazovanja obsegajo dva sklopa meritev:

- vertikalne pomike repernih točk in
- horizontalne pomike točk.

V meritve vertikalnih komponent pomikov repernih točk spadajo meritve na kroni turbinskih stebrov, obrežnih stebrih, vzvodnih krilnih zidovih in na upravni stavbi.

Pred pričetkom tehničnega opazovanja leta 1969, so bile leta 1958 izvedene meritve vertikalnih pomikov izbranih točk na pregradi in v bližnji okolici. Leta 1962 pa so bile izvedene tudi prve kontrolne meritve. Meritve je izvajal Geodetski zavod iz Ljubljane. Takrat sta bila kot osnovna reperja vzpostavljena reperja Rx in Ry. Reperja sta bila stabilizirana kot nizka reperja. Rx v betonski podstavek za stavbo delavnice, Ry pa v betonski zid. Reperja sta bila navezana na državno nivelmansko mrežo. Zaradi nestabilnosti reperja Ry, so izhodiščni reper Rx leta 1963 dodatno navezali na reper mestne mreže R43. Reper Rx se je kot višinsko izhodišče uporabljal do leta 1996.



Slika 2.1: Topografija reperja Rx in reperja Ry

Od leta 1970 se kot izhodiščna reperja višinske mreže uporabljata reperja K3 in K4, katera sta vgrajena v gornjo ploskev betonskih stebrov. Stabilizacija je izvedena z vertikalno vgrajenim kovinskim čepom. Po letu 1999 se reper K3 ne uporablja več, reper K4 pa se uporablja še danes.



Slika 2.2: Izhodiščna reperja K3 in K4

V meritvah leta 1958 in prvih kontrolnih meritvah leta 1962 so bili kot detajlni reperji za višinsko geodetsko izmero stabilizirani reperji R0 do R20 (Priloga A). Od začetka tehničnega opazovanja leta 1969 pa so za ugotavljanje višinske stabilnosti objektov hidroelektrarne vključeni še dodatni reperji 0v do 23v (Priloga A). Reperji R1 do R20 so stabilizirani kot nizki reperji s kovinskim čepom. Reperji 0v do 23v so stabilizirani enako kot reperji R0 do R20, ali pa so stabilizirani s kovinskim čepom vgrajenim vertikalno v horizontalno betonsko podlago.



Slika 2.3: Nizki reper R9 in vertikalno vgrajen kovinski čep reperja 18v

Vertikalne in horizontalne meritve pomikov so se izvajale tudi v kontrolnem hodniku. Le-te se od leta 1978 oziroma 1982 ne izvajajo več, saj so meritve kazale, da so vsi pomiki v okviru natančnosti meritev. Od leta 1989 v višinsko izmero niso več vključeni prvotni reperji stabilizirani na spodnjem robu pregrade (R2 do R12).

V prilogi se nahaja skica izhodiščnih in detajlnih reperjev do leta 1969 in situacija izhodiščnih in detajlnih reperjev od leta 1969 do danes (Priloga A).

2.2 Pogostost opazovanj

Od leta 1969, s pričetkom tehničnega opazovanja HE Mariborski otok in do danes, se meritve vertikalnih pomikov izvajajo enkrat na leto v istem letnem času.

V Pravilniku o tehničnem opazovanju visokih jezov iz leta 1966 zasledimo, da mora uporabnik opazovati objekt po Projektu tehničnega opazovanja, razlagati rezultate ter nemudoma obvestiti pristojne institucije o deformacijah in premikih, kateri bi utegnili zmanjšati varno delovanje objekta, ter ogrožati bližnjo okolico in življenje ljudi. Torej v Pravilniku o tehničnem opazovanju visokih jezov zasledimo samo obveznosti upravljava do objekta, nič pa ni opredeljeno, kolikokrat se naj pregradni objekt opazuje v tekočem letu.

Po potrebi se izvajajo tudi izredna opazovanja, ki se opravijo v naslednjih primerih (Skube, 2006):

- po potresu intenzitete VI. stopnje,
- po nastopu drugih večjih naravnih katastrof,

- po obratovalnih nezgodah v elektrarni ali zunaj nje,
- pred večjimi posegi v konstrukcijo objekta in
- po ugotovitvi kakršnihkoli anomalij ali poškodb konstrukcije.

2.3 PREDSTAVITEV OBJEKTOV HE MARIBORSKI OTOK

2.3.1 Turbinski stebri

Turbinski stebri na HE Mariborski otok so trije, nameščeni so v dravsko strugo in si sledijo z zaporednimi številkami od 1 do 3 od levega proti desnemu bregu. Stebri so iz gradbeno konstruktivnega vidika praktično identični oziroma med seboj podobni, ločijo se le v detajlih namestitve opreme. Vsak steber je zasnovan kot nizka zgradba s portalnim žerjavom in betonskim pokrovom na krovu objekta. Na vsakem turbinskem stebru so štiri detajlni reperji.

2.3.2 Pretočna polja

Štiri pretočna polja na HE Mariborski otok so nameščena v dravsko strugo kot del jezovne zgradbe tako, da se s svojimi boki opirajo na turbinske stebre v strugi, na bokih pa na obrežni zgradbi. Polja si sledijo z zaporednimi številkami od 1 do 4 od levega proti desnemu bregu. Pretočna polja imajo reperje na svojih bokih, kjer se opirajo na turbinske stebre ali pa na obrežni zgradbi. Vsako pretočno polje ima tako štiri detajlne reperje, enake kot so na turbinskih stebrih.

2.3.3 Desna obrežna zgradba

Desno obrežna zgradba je večnamenski objekt s centralno montažno dvorano. Na desno obrežni zgradbi so štiri reperji, od tega so trije reperji detajlni, en pa je izhodiščni reper.

2.3.4 Leva obrežna zgradba

Leva obrežna zgradba je zraven funkcije pregradnega objekta imela nalogo prevajanja ribjega življa iz spodnje vode v zgornji akumulacijski bazen (ribja steza). Na levi obrežni zgradbi so štiri reperji.

2.3.5 Krilna zidova

Na gorvodni strani ob obeh bregovih potekata krilna zidova. Oba krilna zidova se naslanjata na obrežne zgradbe ter sta od obrežnih zgradb ločena z dilatacijo. Krilna zidova sta izvedena do vodo nepropustne podlage. Na vsakem krilnem zidu sta dva detajlna reperja.



Slika 2.4: Prikaz objektov HE Mariborski otok

3 NIVELMANSKE MREŽE

3.1 Nivelmanske mreže

Trajno stabilizirane višinske točke so reperji, kateri tvorijo višinsko mrežo, če so povezani med seboj. Če višinsko mrežo navežemo na normalni reper, lahko reperjem določimo absolutno oziroma nadmorsko višino. Reperje med seboj povezujemo z merjenjem višinskih razlik z metodo geometričnega nivelmana. Tako med seboj povezani reperji tvorijo višinsko mrežo, tako imenovano nivelmansko mrežo, oziroma nivelman.

Nivelmanske mreže so samostojne mreže, niso direktno povezane s trigonometrično mrežo. Vseeno pa obstajajo povezave med nivelmansko in trigonometrično mrežo:

- višine izbranih trigonometričnih točk določamo z navezavo na reperje višinske mreže in
- s pomočjo nivelmana določamo obliko geoida, kar potrebujemo pri preračunu položajne mreže.

Tako imajo nivelmanske in trigonometrične mreže isti koordinatni sistem oziroma višinski datum.

3.2 Delitev nivelmanskih mrež

Nivelmanske mreže glede na obseg in namen delimo na državne in lokalne. Državna nivelmanska mreža pokriva ozemlje celotne države. V državni nivelmanski mreži velja, da so absolutne višine točk določene v enotnem koordinatnem sistemu (državnem višinskem koordinatnem sistemu). Izhodišče državnega višinskega koordinatnega sistema je normalni reper. Državna mreža je razdeljena na rede. Lokalna nivelmanska mreža pokriva manjše oziroma lokalno območje. Mreža je običajno vklopljena v državni višinski koordinatni sistem, kar pa ni nujno.

Po Pravilniku o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk, ki ga je maja 1981 izdala Republiška geodetska uprava (RGU), delimo v Sloveniji višinske temeljne mreže na (Vodopivec, 1988):

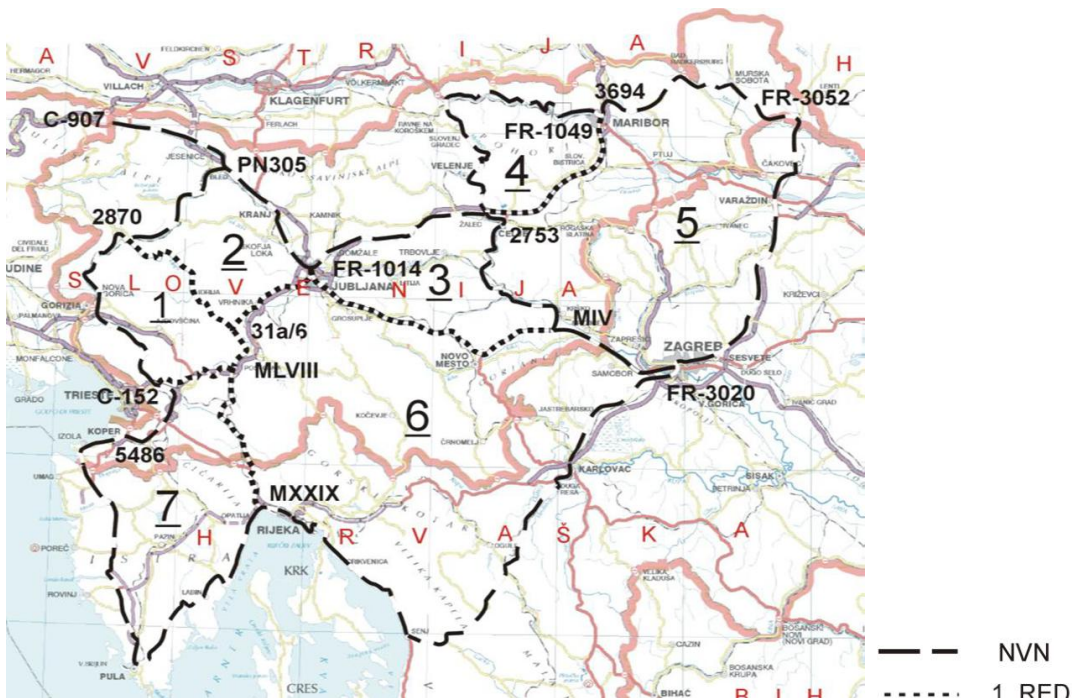
- a) višji red višinske temeljne geodetske mreže, kamor uvrstimo:
 - nivelmansko mrežo z veliko natančnostjo (NVN),
 - nivelmansko mrežo 1. reda,
 - nivelmansko mrežo 2. reda in
 - mestno nivelmansko mrežo 1. reda

b) nižji red višinske temeljne geodetske mreže, kamor uvrstimo:

- nivelmansko mrežo 3. reda,
- nivelmansko mrežo 4. reda in
- mestno nivelmansko mrežo 2. reda.

Mestna nivelmanska mreža je razvita za potrebe mesta. Mreža je po pravilu navezana na državno nivelmansko mrežo. Reperji državne nivelmanske mreže so lahko istočasno reperji mestne nivelmanske mreže. V mestni nivelmanski mreži je za razliko od državne nivelmanske mreže gostota reperjev bistveno večja.

Lokalna nivelmanska mreža je razvita za opazovanje vertikalnih premikov objektov in tal. Mreža je razvita na objektu, katerega opazujemo (nestabilno območje) in na okoliškem stabilnem območju, zaradi navezave na stabilne reperje. Lokalna nivelmanska mreža ima navadno specifično obliko, ki jo pogojuje objekt. Dimenzija mreže je navadno majhna. Mreža je lahko razdeljena na detaljne točke oziroma reperje (točke na objektu, oziroma nestabilne točke) in stabilne točke, ki so izven območja opazovanega objekta. Način in natančnost lokalne mreže predpisuje projekt izmere.



Slika 3.1: Nivelmanska mreža Slovenije (Zupančič, 2008, 1)

3.3 Višinske točke in stabilizacija reperjev

Točke višinske temeljne geodetske mreže se v naravi označijo s postavitvijo trajnega izmeritvenega znamenja – reperja. Točke – reperji višinske temeljne geodetske mreže se praviloma stabilizirajo le z enim izmeritvenim znamenjem (Vodopivec, 1988).

Za stabilizacijo reperjev je po Pravilniku o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981) določena vrsta stabilizacije točk v višinski temeljni geodetski mreži. Uporabljati se smejo samo izmeritvena znamenja predpisanih tipov in materialov.

Po namenu razdelimo reperje v:

1. normalne reperje,
2. fundamentalne reperje in
3. ostale reperje.

3.3.1 Normalni reper

Normalni reperji so kvalitetno stabilizirani reperji z več bočnimi zavarovanji. Služijo kot izhodišče višinske izmere neke države ali večjega območja. Normalni reperji so lahko ob morski obali ali pa v notranjosti, v kolikor teren ob morju ni tektonsko stabilen. Imajo dobro definirano višinsko točko s kovinskim čepom. V primeru poškodbe normalnega reperja, le-tega lahko ponovno vzpostavimo, saj ima reper sistem zavarovanja, t. j. mikronivelmanska mreža z merjenimi vsemi možnimi kombinacijami višinskih razlik.

3.3.2 Fundamentalni reper

Tudi fundamentalni reperji so solidno stabilizirani na geološko stabilnih tleh in imajo poleg osnovnega reperja, ki ni dostopen vsakemu, še t. i. delovni reper. Po pravilu so fundamentalni reperji vsi vozliščni reperji v NVN. Višino teh reperjev določimo z navezavo na normalni reper z NVN. Fundamentalni reper predstavlja zavarovanje višinske mreže, zato so ti reperji izhodišča za vse precizne izmere na lokalnih območjih. V Sloveniji imamo sedemnajst fundamentalnih reperjev, ki so enakomerno porazdeljeni po celotni državi.

3.3.3 Ostali reperji

Ti reperji so trajno stabilizirane višinske točke, ki jih v vsakdanji praksi uporabljamo za višinsko navezavo, katerokoli višinsko izmero ali pa jih uporabimo za potrebe geodezije v inženirstvu. Dostopni so vsakomur, saj so običajno vzdani v objekte, mostove, skale. Za stabilizacijo takšnega reperja pazimo, da je objekt, v katerega vzdamo reper, lokalno stabilen, varen pred uničenjem in enostavno dostopen. Poznamo tri vrste teh reperjev. Visoki reperji so stabilizirani približno 1.2 do 1.8 metra nad tlemi v vertikalno steno. Višinska točka je sredina luknjice. Možna je direktna navezava na reper z viziranjem v sredino luknjice reperja ali pa potrebujemo posebno merilo, saj nivelmanske late običajno ne moremo postaviti tako visoko. Nizki reperji so vsidrani v vertikalno steno približno 0.5 metra nad tlemi. Višinska točka je najvišja točka čepa. Na nizki reper postavimo nivelmansko lato. Talni reper uporabljamo vzdolž nivelmanskega vlaka, kadar ni primerne objekta za stabilizacijo nizkega ali visokega reperja. Višinska točka je vrh čepa. Na reper postavimo nivelmansko lato.

3.4 Reperji na HE Mariborski otok

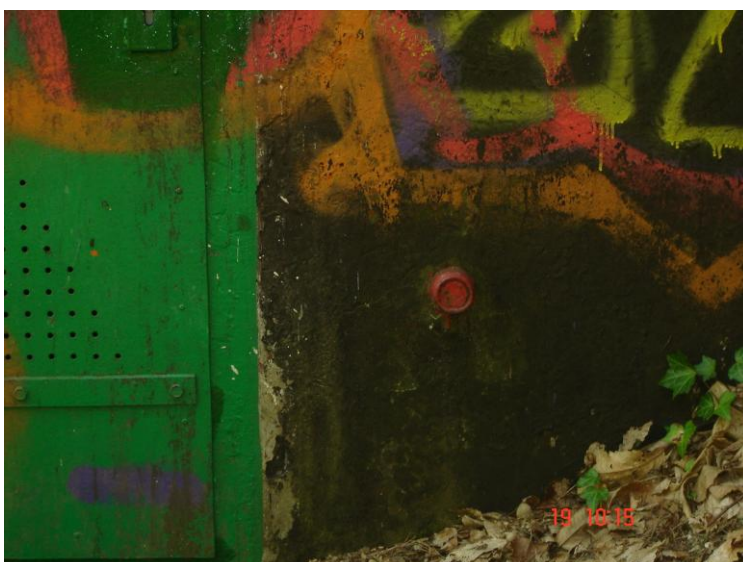
Na območju HE Mariborski otok je vzpostavljena lokalna višinska geodetska mreža, za potrebe spremljanja vertikalnih premikov, levo in desno od pregrade, pa so gorvodno in dolvodno v smeri reke Drave reperji državne nivelmanske mreže.

Lokalna nivelmanska mreža je sestavljena iz sedemindvajsetih reperjev. V lokalni višinski mreži ni bilo potrebe po stabiliziranju novih reperjev. Na pregradi hidroelektrarne in na ostalih objektih je stabiliziran večji niz reperjev, ki predstavljajo detajlne točke za višinsko geodetsko izmero. Reperji na pregradi in objektih so stabilizirani na dva načina. Uporabljen je klasični način stabilizacije nizkega reperja in stabilizacija s kovinskim čepom vgrajenim vertikalno v horizontalno betonsko podlago. Stabilizacija reperjev je trajna (življenjska doba objekta) in je izvedena z lepilom ali katerim drugim povezovalnim materialom.



Slika 3.2: Prikaz nizkega reperja na HE Mariborski otok

Od pregrade in ostalih objektov levo in desno je gorvodno in dolvodno razvita državna nivelmanska mreža. Sestavlja jo devet reperjev, od katerih so trije stabilizirani na novo, saj so bili pri pregledu terena uničeni. Reperji so stabilizirani na klasični način nizkega reperja s kovinskim čepom, vgrajenim v vertikalno betonsko ali granitno steno ali pa so vgrajeni na klasičen način talnega reperja s kovinskim čepom, vgrajenim v betonsko ali granitno dno določenega objekta.

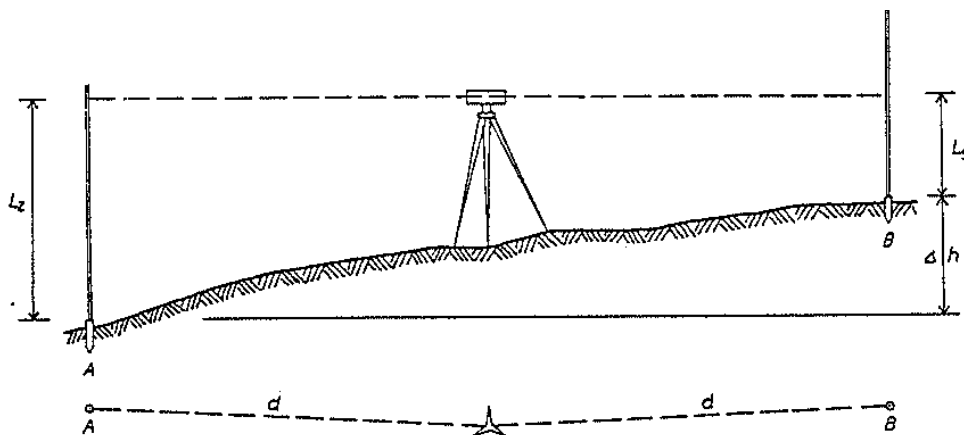


Slika 3.3: Reper državne mreže – R455

4 GEOMETRIČNI NIVELMAN

Geometrični nivelman je skupina geodetskih del, katerih cilj je določitev višinskih razlik med izbranimi točkami (Ambrožič, 2007/2008). Če te točke navežemo na reper, kateri ima podano višino, tem točkam določimo absolutno višino oziroma nadmorsko višino. Geometrični nivelman je najnatančnejša geodetska operacija za merjenja višinskih razlik iz dveh razlogov. Prvi je ta, da je merski postopek v osnovi enostaven, drugi razlog pa je, da je teorija nivelmana izdelana do podrobnosti. Geometrični nivelman se uporablja v znanstvene namene (določanje oblike geoida, merjenje vertikalnih premikov zemeljske skorje, merjenje za napovedovanje potresov ...), uporablja pa se tudi pri natančnih nalogah inženirske geodezije (precizne višinske izmere in zakoličbe, opazovanje objektov v času gradnje in po njej, zakoličbe pri montaži strojev in naprav ...).

Pri geometričnem nivelmanu višinsko razliko določamo s pomočjo nivelirja. Nivelir je geodetski instrument, ki zagotavlja horizontalno vizurno os. Višinsko razliko med dvema točkama dobimo tako, da čitamo razdelbo na vertikalno postavljeni nivelmanski lati. Lati stojita vsaka na svoji strani instrumenta.



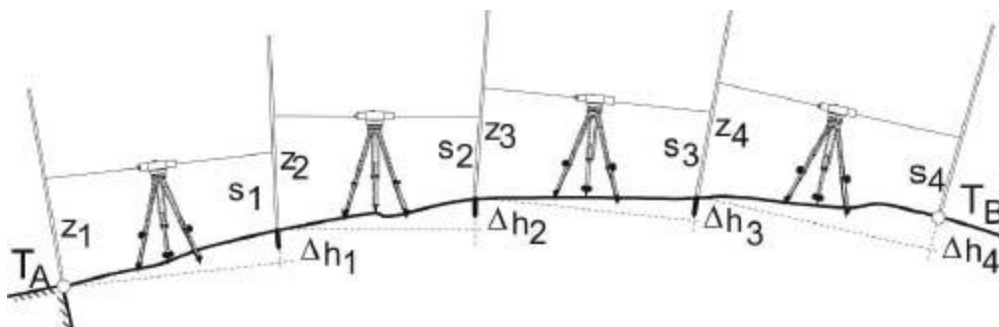
Slika 4.1: Osnovni princip nivelmana

$$\Delta h_A^B = l_A - l_B \quad (4.1)$$

Vrednosti l_A in l_B sta odčitka nanivelmanskih latic A in B.

Pri veliki oddaljenosti med dvema točkama in pri veliki višinski razliki določamo višinsko razliko s pomočjo izmenišč, kar pomeni, da razdaljo med merjenima točkama razdelimo na kratke odseke.

Izmenišče je vmesna točka med merjenima točkama. Na izmenišče se postavi nivelmansko lato. Vmesna točka mora biti trda in se ne sme vdirati pod težo nivelmanske late. Za izmenišče ali vmesno točko uporabljamo železne podložke oziroma »žabe«.



Slika 4.2: Izmenišča pri niveliranju

$$\Delta h_A^B = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \dots + \Delta h_n \quad (4.2)$$

Glede na zahtevo po določitvi višin višinskih točk (reperjev) in zahtevano natančnost pri uporabi geometričnega nivelmana upoštevamo zahteve, ki jih določa Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk iz leta 1981. Te zahteve so (Kogoj in »sod.«, 2011):

1. Uporabiti je potrebno metodo dvojnega nivelmana: nivelirati v obeh smereh, kar pomeni, da je vsaka nivelmanska linija nivelirana dvakrat.
2. Nivelirati je potrebno iz sredine z maksimalno dopustno razliko med dolžino vizure nazaj in naprej 1 m.
3. Maksimalna dolžina vizure je 30 m.
4. Zaradi močnejšega vpliva vertikalne refrakcije v prizemnih plasteh, ki zmanjšuje natančnost niveliranja, je potrebno upoštevati predpisano minimalno višino vizure nad tlemi 60 cm.
5. Uporabiti je potrebno nivelir, ki omogoča kontinuirano čitanje.
6. Uporabljati je potrebno komparirane precizne invar nivelmanske late.
7. Pred niveliranjem v višinski mreži je potrebno dnevno izvesti preizkus nivelirja za nehorizontalnost vizurne osi. Postopek izvedemo neposredno pred meritvami in sicer po ustrezni aklimatizaciji instrumenta na temperaturo okolice. Preizkus instrumenta se ne sme izvajati v času sončevega obsevanja, izvedemo ga torej ali zgodaj zjutraj ali v oblačnem in hladnem vremenu ali v senci.

8. Niveliranje se lahko izvaja v primernih vremenskih razmerah: zgodaj zjutraj ali pozno popoldne v sončnem in vročem vremenu oziroma v oblačnem in hladnem vremenu lahko ves dan.
9. Navezavo na višinske mreže na domnevno višinsko mirujoče reperje je potrebno izvesti z metodo čitanja na dveh nivelmanskih latah v zaporedju ZSSZ (zadaj-spredaj-spredaj-zadaj). Izmera višinske mreže znotraj objekta je lahko izvedena z zaporedjem čitanja ZS (zadaj-spredaj) na dveh nivelmanskih latah.
10. Izmera težje dostopnih reperjev, ki jih težko vključimo v nivelmanski vlak, je lahko izvedena po principu detajlnega nivelmana. To predvsem pomeni, da ne upoštevamo pravila niveliranja iz sredine. Vpliv nehorizontalnosti vizurne osi in ukrivljenosti Zemlje upoštevamo naknadno (če to ni izvedeno že avtomatsko pri samem merjenju).

4.1 Opis uporabljenega instrumentarija in opreme

4.1.1 Nivelir

4.1.1.1 Opis nivelirja

Nivelir je optično – mehanski instrument, v današnjem času kompleksni elektronski instrument. Najpomembnejša funkcija nivelirja je zagotovitev horizontalne vizure. Nivelirje delimo glede na natančnost in glede na način zagotavljanja horizontalnosti vizurne osi. Natančnost instrumenta je ponavadi najpomembnejša, saj se po njej odločamo pri izbiri instrumenta. Natančnost nivelirja je podana z dvema parametroma, ki sta vezana tudi na vrsto nivelmanske late (navadna, invar). Natančnost pri merjenju določa standardna deviacija kilometra dvojnega nivelmana. Pri podajanju natančnosti se proizvajalci sklicujejo na standardizirana postopka preizkusa instrumenta DIN 18723-2 ali ISO 8322-2 (Kogoj, Stopar, 2009).

Razdelitev glede na natančnost:


- nivelirji nizke natančnosti ($\sigma_0\Delta h > 10$ mm/km),
- nivelirji srednje natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 10$ mm/km),
- nivelirji visoke natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 3$ mm/km),
- precizni nivelirji zelo visoke natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 1$ mm/km) in
- precizni nivelirji najvišje natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 0.5$ mm/km).

Razdelitev glede na način zagotavljanja horizontalnosti vizurne osi:

- nivelirji z nivelacijsko libelo,
- nivelirji s kompenzatorjem:
 - klasični kompenzacijski nivelirji,
 - laserski elektronski kompenzacijski nivelirji in
 - digitalni elektronski kompenzacijski nivelirji.

Meritve smo izvedli s preciznim digitalnim nivelirjem Leica DNA 03, serijska številka 339669 njegove tehnične značilnosti pa so predstavljene v preglednici 1.

Preglednica 1: Tehnične značilnosti digitalnega nivelirja DNA 03

	
<p>Natančnost (točnost)</p> <p>Elektronska meritev z invar lato s standardno lato</p> <p>Optična meritev</p> <p>Meritev dolžine</p>	<p>standardni odklon km dvojnega nivelmana (ISO 17123-2)</p> <p style="text-align: right;">0.3 mm</p> <p style="text-align: right;">1.0 mm</p> <p style="text-align: right;">2.0 mm</p> <p style="text-align: right;">1cm / 20 m (500 ppm)</p>
<p>Mersko območje</p> <p>Elektronska meritev</p> <p>Optična meritev</p>	<p style="text-align: right;">1.8 m – 110 m</p> <p style="text-align: right;">od 0.6 m</p>
<p>Kompenzator</p> <p>Tip</p> <p>Delovno področje</p> <p>Natančnost</p>	<p style="text-align: center;">nihalo z magnetnim dušenjem</p> <p style="text-align: center;">± 10'</p> <p style="text-align: center;">0.3"</p>
<p>Shranjevanje podatkov</p> <p>Vgrajen pomnilnik</p> <p>Dodatni pomnilnik</p>	<p style="text-align: center;">6000 meritev ali 1650 stojišč</p> <p style="text-align: center;">PCMCIA kartica (ATA – Flash, SRAM)</p>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 1

Temperaturno območje	
Delo	-20 °C do +50 °C
Shranjevanje	-40 °C do +70 °C
Čas meritve	3 s
Povečava daljnogleda	24 x
Zaslón	LCD, 8 x 24 znakov
Teža (z baterijo GEB 111)	2.8 kg

4.1.1.2 Preizkus delovanja nivelirja

Za pravilno delovanje mora nivelir izpolnjevati določene pogoje. Pomembni so 3 osnovni pogoji, ki jih lahko sami rektificiramo in jih upoštevamo pred izvedbo meritev. Ti pogoji so (Vodopivec, 1988):

- vrtilna os nivelirja mora biti navpična in pravokotna na libelo,
- prečna nit nitnega križa mora biti vodoravna in
- vizurna os daljnogleda mora biti vzporedna z glavno tangento na nivelmansko libelo (oz. vizurna os daljnogleda mora biti ob uravnani dozni libeli vzporedna z osjo kompenzatorja).

Glede na to, da smo meritve opravili s preciznim digitalnim nivelirjem, je bil za nas najbolj pomemben zadnji pogoj oziroma glavni pogoj. Prva dva pogoja prideta v poštev predvsem pri starejših nivelirjih, ki še nimajo kompenzacijske libele, ampak še imajo cevno libelo.

Pri najnatančnejših meritvah preizkušamo digitalne precizne nivelirje pred vsakim začetkom meritev ("vsako jutro").

- a) Vrtilna os nivelirja mora biti navpična in pravokotna na libelo

Da preizkusimo prvi pogoj, najprej nivelir horizontiramo z dozno libelo, nato pa daljnogled nivelirja postavimo v smer dveh vznožnih vijakov in libelo precizno vrhunimo. Nivelir nato zasukamo za 180°. Nastali odklon na libeli predstavlja dvojno vrednost nevertikalnosti Z osi. Polovico tega odklona odpravimo z vznožnimi vijaki, s tem postavimo Z os navpično in preostalo polovico s korekcijskimi vijaki libele, s čimer postavimo glavno tangento libele v vodoravni položaj (Vodopivec, 1988).

Pri digitalnih nivelirjih je značilno, da vizurne osi ne horizontiramo s pomočjo nivelmanske libele, ampak avtomatsko s pomočjo kompenzatorja. Namen kompenzatorja v nivelirju je, da pri nagnjenem nivelirju spremeni pot horizontalnega žarka tako, da pade točno na nitni križ. Če je nagnjenost nivelirja izven delovanja kompenzatorja, je izvedba meritve onemogočena (Skube, 2006).

b) Prečna nit nitnega križa mora biti vodoravna

Da smo prekontrolirali, ali je prečna nit res vodoravna, smo nivelir postavili 30 – 40 m pred zid in ga dobro horizontirali. Na zidu smo si izbrali dobro vidno točko in jo navizirali z levim koncem prečne niti v vidnem polju. Nato smo z mikrometrskim vijakom premikali daljnogled v vodoravni smeri toliko časa, da je prišla navizirana točka na desni konec prečne niti, pri tem pa je morala prečna nit ves čas tangirati izbrano točko. Če ta pogoj ni bil izpolnjen, moramo s korekcijskimi vijaki nitni križ zasukati za toliko, da postane prečna nit vodoravna (Vodopivec, 1988).

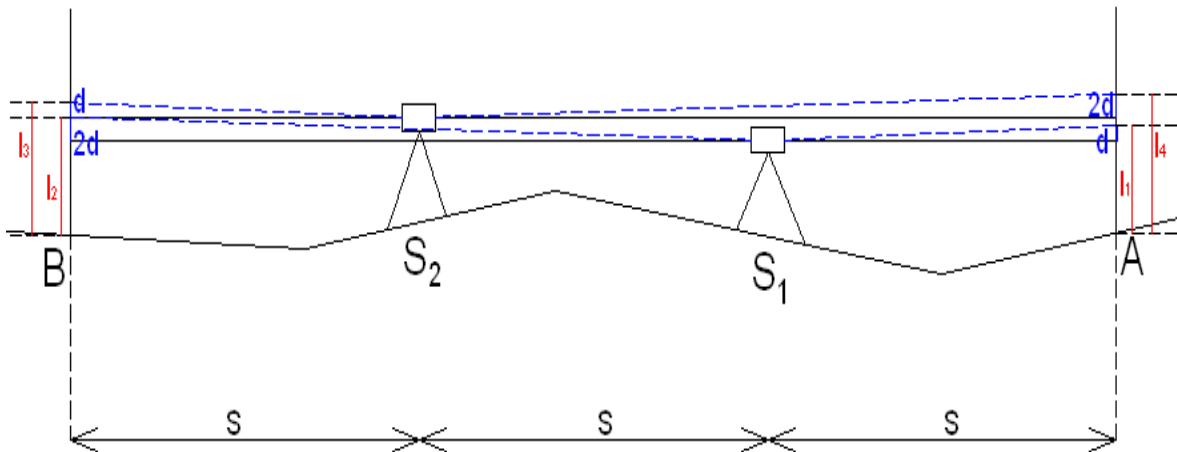
c) Vizurna os daljnogleda mora biti ob uravnani dozni libeli vzporedna z osjo kompenzatorja ali preizkus nehorizontalnosti vizurne osi

Tretji pogoj imenujemo tudi glavni pogoj, saj najbolj vpliva na natančnost meritev (Vodopivec, 1988). Vsi digitalni nivelirji imajo kot del programske opreme možnost izbire ustrezne metode za preizkus glavnega pogoja. Nivelir Leica DNA 03, s katerim smo opravili meritve, omogoča preizkus glavnega pogoja po metodah:

- Kukkamäki način,
- Förstner način in
- Näbauer način.

Nivelir avtomatsko izračuna kot nehorizontalnosti vizurne osi Δ , ta vrednost se vnese v pomnilnik inštrumenta in nato to vrednost nivelir upošteva pri niveliranju, če to zahtevamo.

Pred vsako serijo smo izvedli preizkus po metodi Förstnerja. Za to metodo je potrebno na čimbolj ravnem terenu zakoličiti 4 točke na razdalji 20 m.



Slika 4.3: Preizkus glavnega pogoja po Förstner metodi

Najprej postavimo nivelir na točko S_1 in čitamo na lati na točki A odčitek l_1 in na lati v točki B odčitek l_2 . Nato nivelir prestavimo v točko S_2 in čitamo na laticah odčitka l_3 in l_4 . Višinsko razliko med točkama A in B lahko izračunamo:

$$\Delta h_A^B = l'_1 - l'_2 \quad (4.3)$$

$$\Delta h_A^B = l'_4 - l'_3 \quad (4.4)$$

l'_1, l'_2, l'_3, l'_4 so pravi odčitki na laticah pri horizontalni vizuri. Ker sta obe enačbi enaki, lahko pišemo:

$$l'_4 - l'_3 = l'_1 - l'_2 \quad (4.5)$$

$$l'_4 = (l'_1 - l'_2) + l'_3 \quad (4.6)$$

Prave odčitke nadomestimo z dejanskimi po enačbah:

$$l'_1 = l_1 - \Delta \quad (4.7)$$

$$l'_2 = l_2 - 2\Delta \quad (4.8)$$

$$l'_3 = l_3 - \Delta \quad (4.9)$$

$$l'_4 = l_4 - 2\Delta \quad (4.10)$$

Če vstavimo enačbe (4.7), (4.8), (4.9) in (4.10) v enačbo (4.6), dobimo:

$$l'_4 = (l_1 - l_2) + l_3 \quad (4.11)$$

Če vstavimo enačbo (4.11) v enačbo (4.10), dobimo pogrešek nehorizontalnosti vizurne osi. Čeprav smo nivelirali iz sredine, smo opravili preizkus po metodi Förstner, pred začetkom meritev. Rezultate smo shranili v pomnilnik nivelirja.

4.1.2 Nivelmanske late

4.1.2.1 Opis nivelmanskih lat

Precizne nivelmanske late so sestavljene iz okvirja, ki je lahko kovinski (aluminij – novejša izvedba lat) ali lesen (dobro obdelan les – starejša izvedba lat). Na obeh koncih okvirja sta kovinski plošči (zgoraj je zaščita, spodaj je tako imenovana "peta late"). Po sredini okvirja je žleb, v katerega je napet invar trak, kjer je nanešena razdelba. Širina traku je od 20 do 40 mm, debelina pa približno 1 mm. Invar trak je na spodnji strani togo vpet, na zgornji strani pa je vpet preko vzmeti. Tak način vpetja kompenzira vpliv spremembe dolžine nosilca na invar trak. Trak je vpet s predpisano silo 100 N.

Nivelmanska lata ima kodirano razdelbo. Slika kodirane razdelbe late pade preko delilca žarka na fotodetektor. Ta spremeni sliko v analogni video signal, ki se nato ojači in digitalizira. Ta signal je digitalni merski signal. Sledi izrednotenje (določitev vrednosti odčitka na lati). Digitalni merski signal se primerja z referenčnim signalom, ki je vprogramirana koda celotne razdelbe late. Nivelir določa najboljšo povezavo merskega in referenčnega signala. Kot rezultat dobimo odčitek na lati in oddaljenost instrumenta od late (Ambrožič, 2007/2008).

Pri meritvah smo uporabljali invar kodni nivelmanski lati – 3 m (GPCL3) (slika 4.4).

4.1.2.2 Komparacija

Posebno poglavje pri preciznih meritvah za zagotovitev visoke natančnosti predstavljajo tudi nivelmanske late. Tudi lata ima konstrukcijske pomanjkljivosti, zato se za resno in natančno delo zahteva komparirana nivelmanska lata. Komparacija nivelmanske late omogoča določitev slučajnega in sistematičnega pogreška razdelbe late, popravka prve črtice razdelbe late in nepravokotnosti pete late. Na osnovi teh parametrov korigiramo merske vrednosti. V Sloveniji imamo edini komparator nivelmanskih lat na Katedri za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani.

Vsekakor je najvažnejša kontrola slučajnega in sistematičnega pogreška razdelbe late. Slučajni pogrešek je posledica netočne šablone, s katero so nanašali razdelbo, ali pa lokalne deformacije invar traku zaradi udarcev, na katere je invar zelo občutljiv (Vodopivec, 1988). Slučajni pogrešek je majhen,

presegel naj ne bi velikosti 0.01 mm. Pogreška ni mogoče eliminirati z metodo dela, računsko pa jih tudi ne moremo upoštevati. Teoretično se pri velikem številu meritev njihov vpliv na končni rezultat zmanjša (Kogoj, Stopar, 2009).

Sistematični pogrešek je lahko posledica prav tako predolge ali prekratke šablone, lahko pa je tudi posledica staranja invar traku, ali pa sprememb v sili zatezanja traku (Vodopivec, 1988). Sistematični pogrešek imenujemo tudi pogrešek dolžine metra late, celo multiplikacijska konstanta late. Velikost razdelbe na lati ni enaka nominalni vrednosti, pojavi se neka razlika, velikost razlike je sorazmerna z dolžino razdelbe, kar prikazuje enačba 4.12:

$$l = l' \times (l + m_0), \quad (4.12)$$

kjer so:

- l ... pravi odčitek,
- l' ... dejanski odčitek in
- m_0 ... popravek metra late.

Faktor $km = l + m_0$ predstavlja multiplikacijsko konstanto popravka metra late.

Preglednica 2: Popravki metra late

NAZIV LATE	POPRAVEK METRA LATE (m_0)
GPCL3 (33168)	6,04 +/- 0,18 ppm
GPCL3 (35190)	3,82 +/- 0,15 ppm

Pogrešek začetne črtice late ali adicijska konstanta late je razdalja med peto late in ničelno razdelbo črtice late. Če pri niveliranju uporabljamo le eno lato in če imamo le reperje brez luknjic, se nam ta pogrešek sam po sebi eliminira. To velja tudi, če imamo dve lati in imamo sodo število stojišč nivelirja in če seveda tudi sedaj ni reperja z luknjico (Vodopivec, 1988).

Peta late mora biti pravokotna na razdelbo late. Razlog za pogrešek začetne črtice razdelbe late je v izdelavi late. Invar trak je na koncu vpet v ohišje, razdelba invar traku pa se začne 5 – 10 cm od pete late. Prva črtica razdelbe mora biti odmaknjena od pete late za točno določeno nominalno vrednost (enačba 4.13).

$$l = l' + l_0, \quad (4.13)$$

kjer je l_0 popravek začetne črtice razdelbe late (adicijska konstanta) ali popravek pete late.

Preglednica 3: Popravki pete late

NAZIV LATE	POPRAVEK PETE LATE (l_0)
GPCL3 (33168)	0,017 +/- 0,004 mm
GPCL3 (35190)	-0,018 +/- 0,004 mm

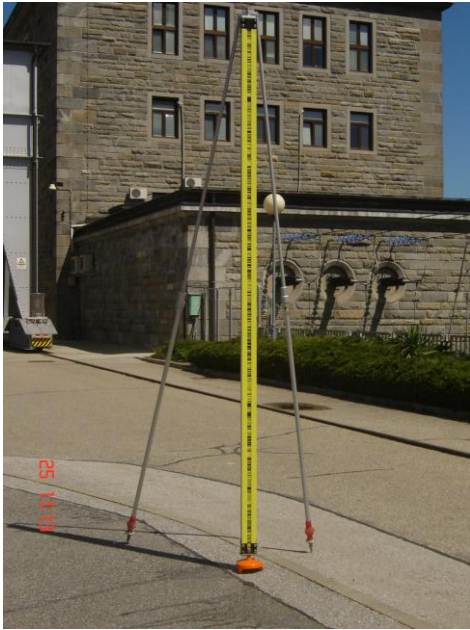
Poročilo o kalibraciji nivelmanskih lat je med prilogami (Priloga B).

4.1.3 Ostali pribor

Za izvedbo meritev nista dovolj instrument in precizna nivelmanska lata, ampak smo uporabili še ostalo opremo:

- stativ,
- dve stojali za late,
- podnožke in
- termometer.

Precizno nivelmansko lato smo postavljali na posebne podnožke ali tako imenovane "žabe". Podnožka mora zagotavljati določeno mesto postavljanja late. Za postavitev nivelmanskih lat smo uporabili stojalo, s katerim smo lato postavili vertikalno. Instrument smo postavili na stativ.



Slika 4.4: Vertikalno postavljena kodirana invar nivelmanska lata na podnožki s stojalom



Slika 4.5: Stativ z instrumentom

4.2 Vpliv refrakcije in ukrivljenost Zemlje

4.2.1 Vpliv refrakcije

Glede na to, da pri geometričnem nivelmanu poteka vizura v tako imenovanih prizemnih plasteh, kjer ne velja več normalna porazdelitev toplote, v odvisnosti od višine, pride do sprememb v gostoti zraka in s tem do loma žarkov.

Znano je, da se ozračje ne segreva indirektno s sončnimi žarki, ampak ti najprej segrejejo tla in potem se ozračje segreje od tal. Tako so zračne plasti v bližini tal toplejše, kot bi bile v normalnih okoliščinah, zato se ukrivljenost vizurne osi povečuje, čim bližje je tlom. Refrakcijska krivulja je konveksna proti površini Zemlje, ker je spodnji sloj v prizemnih plasteh redkejši kot zgornji in zato se povečuje odčitek na lati. Vpliv refrakcije zelo zmanjšamo z niveliranjem iz sredine, z niveliranjem po primerni podlagi, z izbiro primerne načina merjenja in z izbiro primerne časa meritev (Ambrožič, 2007/2008).

Pravilna izbira poti niveliranja je ena izmed metod, s katero zmanjšujemo vpliv refrakcije. Velika nagnjenost ima velik vpliv, zato, če se da, izberemo ugodnejšo pot.

Vertikalni temperaturni gradient lahko zmanjšamo z izbiro načina in časa meritev, zato je bilo potrebno nivelirati vsaj 60 cm nad tlemi. Najugodnejši čas niveliranja je dopoldne 1 uro pred sončnim vzhodom do začetka trepetanja slike in popoldne pol ure po sončnem zahodu, ko trepetanje preneha.

Vpliv refrakcije zmanjšamo tudi s čim krajšimi vizurami (25 – 30 m pri digitalnih nivelirjih) in z izbiro primerne podlage niveliranja (izogibamo se segretim asfaltnim podlagam).

4.2.2 Vpliv ukrivljenosti Zemlje

Vpliv ukrivljenosti zemeljske površine v večini odpravimo z niveliranjem iz sredine. Glavni vzrok za nastanek pogreška ukrivljenosti zemeljske površine je v nehorizontalnosti smeri zemeljske težnosti v različnih točkah. Posledica tega pogreška so odčitki na latah, ki so zato preveliki. Ker so razdalje med instrumentom in lato relativno kratke, lahko uporabimo kar enačbo, ki jo uporabljamo za trigonometrično višinomerstvo (enačba 4.14):

$$\delta h = \frac{s^2}{2R} \tag{4.14}$$

Če pogledamo za primer, koliko je pogrešek pri razdalji $S = 30$ m, ugotovimo, da je že $\delta h = 0,07$ mm. Glede na to, da smo nivelirali iz sredine, je pogrešek eliminiran, oziroma zanemarljivo majhen. Tako bi lahko v praksi uporabili večje razdalje, ampak so potem le-te omejene z ostalimi pogreški. Zato nismo nikoli merili na večji razdalji od 25 m.

4.3 Pogreški pri niveliranju

Že v poglavju 4.1.2.2 je opisan postopek komparacije nivelmanskih lat in prikazan postopek izračuna popravka pete late in razdelbe late. Pri geometričnem nivelmanu je potrebno tekom meritev meriti tudi temperaturo. Merjeno temperaturo upoštevamo pri izračunu temperaturnega pogreška. Pogrešek je majhen in ima sistematičen značaj. Določen je temperaturni koeficient late α , ki je podan tovarniško ali pa je določen s komparacijo. Temperaturni pogrešek je določen z enačbo:

$$\Delta l_t = \alpha \times (T - T_0), \quad (4.15)$$

kjer so:

- α ... linearni razteznostni koeficient late,
- T ... dejanska temperatura in
- $T_0 = 20^\circ\text{C}$... referenčna temperatura.

Vrednost za linearni razteznostni koeficient late je med $0.5 - 0.8$ ppm/ $^\circ\text{C}$.

Če sedaj upoštevamo vse tri popravke, popravek višinske razlike izračunamo po enačbi:

$$\Delta h = l_0 + \Delta h' \cdot [1 + (m_0 + \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}], \quad (4.16)$$

kjer so:

- Δh ... prava višinska razlika,
- l_0 ... popravek pete late,
- $\Delta h'$... izmerjena višinska razlika [m] in
- m_0 ... popravek razdelbe late.

Popravek merjene višinske razlike zaradi popravka metra para lat, popravka pete late in temperaturnega popravka ima zelo majhen vpliv, saj se njegova vrednost giblje pod stotinko milimetra. Vzrok za minimalne popravke so majhne višinske razlike med reperji in majhne razlike med dejanskimi in referenčnimi temperaturami.

4.4 Opis metode niveliranja

Geometrični nivelman je najnatančnejša geodetska metoda višinomerstva in je eden najnatančnejših geodetskih merskih postopkov (metod). Višinsko razliko med dvema točkama določimo s pomočjo nivelirja, ki zagotavlja horizontalno vizurno linijo in čitanja razdelbe na nivelmanskih latah, ki sta postavljeni vertikalno na teh dveh točkah. Metodo uporabljamo pri določanju višin višinskih geodetskih točk (reperjev), ki jih povezujemo v višinske oziroma nivelmanske geodetske mreže, višin točk v lokalnih inženirskih mrežah. Metoda pa je nenadomestljiva pri natančnih meritvah višinskih deformacij in premikov objektov (detajlni nivelman), ter natančnih višinskih zakoličbah pri gradnji objektov.

Glede na zahtevano natančnost so tudi s pravilnikom predpisane zahteve izmere kot so maksimalna dolžina vizure, število ponovitev, čas niveliranja, dopustna odstopanja idr. Pri merjenju je potrebno zagotoviti dvojnost in izbrati način, s katerim eliminiramo nekatere vplive okolja. Najbolj primerna metoda je niveliranje iz sredine, pomembna pa je tudi izbira vrste lat, zaporedje čitanja, izbira poti, višina vizure, itd.

Pri geometričnem nivelmanu, ob uporabi digitalnega nivelirja, poznamo predvsem dodatne objektivne pogreške pa tudi občutne sistematične vplive, ki kvarijo natančnost meritev. Vpliv ukrivljenosti Zemlje in nehorizontalnost vizurne osi eliminiramo z niveliranjem iz sredine. Večji del vpliva nivelmanske refrakcije odpravimo z niveliranjem iz sredine in izbiro poti in časa niveliranja. Vpliv posedanja lat in stativa zmanjšamo z zaporedjem čitanja na latah in niveliranjem v obeh smereh. Pri digitalnih nivelirjih se pojavljajo dodatni specifični pogreški, kot posledica zunanjih vplivov. Problem pogosto predstavljata ne idealna osvetljenost late in tresenje tal (Kogoj, Stopar, 2009).

Za metodo niveliranja iz sredine je torej najbolj pomembno, da instrument postavimo v sredino med obema postavljenima latama, torej, da je razdalja od ene late do instrumenta čim bolj enaka razdalji druge late do instrumenta. S to metodo eliminiramo večino pogreškov, ki nastanejo pri meritvah. Sam digitalni nivelir nam omogoča več funkcij meritev. Sam sem uporabil klasično metodo čitanja: lata zadaj – lata spredaj, lahko pa bi uporabili tudi metodo čitanja (BFFB), kar pomeni, da bi čitali na lato zadaj, potem dvakrat na lato spredaj in na koncu še enkrat na lato zadaj. S to metodo bi odstranili vpliv posedanja instrumenta. Te metode nismo uporabili predvsem zato, ker je pri tako obsežnih meritvah postopek dolgotrajen.

5 PROJEKT SANACIJE NIVELMANСКE MREŽE

Za projektiranje nivelmanske mreže veljajo pravila oziroma zahteve, ki jih predpisuje pravilnik:

a) navezava višinske mreže:

- nivelmanska mreža visoke natančnosti je navezana na normalni reper,
- mestna nivelmanska mreža je navezana na fundamentalni reper,
- lokalne nivelmanske mreže na izhodiščni reper in
- mreže nižjih redov so navezane na mrežo istega ali višjega reda.

b) način razvijanja višinske mreže:

- nivelmanska mreža visoke natančnosti in mestna nivelmanska mreža 1. reda se razvija v obliki nivelmanskih zank, ki jih sestavljajo višinski poligoni oziroma vlaki,
- na določenih razdaljah, ki jih predpisuje pravilnik, se v nivelmanskih poligonih stabilizirajo fundamentalni reperji za zavarovanje višinske mreže in
- nivelmanske mreže nižjih redov se razvijajo v obliki nivelmanskih poligonov oziroma vlakov, ki so navezane na reperje višjega ali istega reda.

V diplomski nalogi smo morali določiti dobro razvito izhodiščno mrežo. Izhodiščna mreža mora biti sestavljena iz minimalno dveh (priporočljivo treh) izhodiščnih reperjev izven vplivnega območja elektrarne. Ko smo imeli razvito izhodiščno mrežo višinskih točk, smo na njo navezali posebno lokalno nivelmansko mrežo za spremljanje premikov na objektu.

Pri samem projektiranju višinske mreže je koristno upoštevati tudi prostorski plan področja, da bodo reperji tam, kjer jih bomo potrebovali, izogibamo se strmim vzponom in spustom, v mrežo vključimo obstoječe reperje, itd.

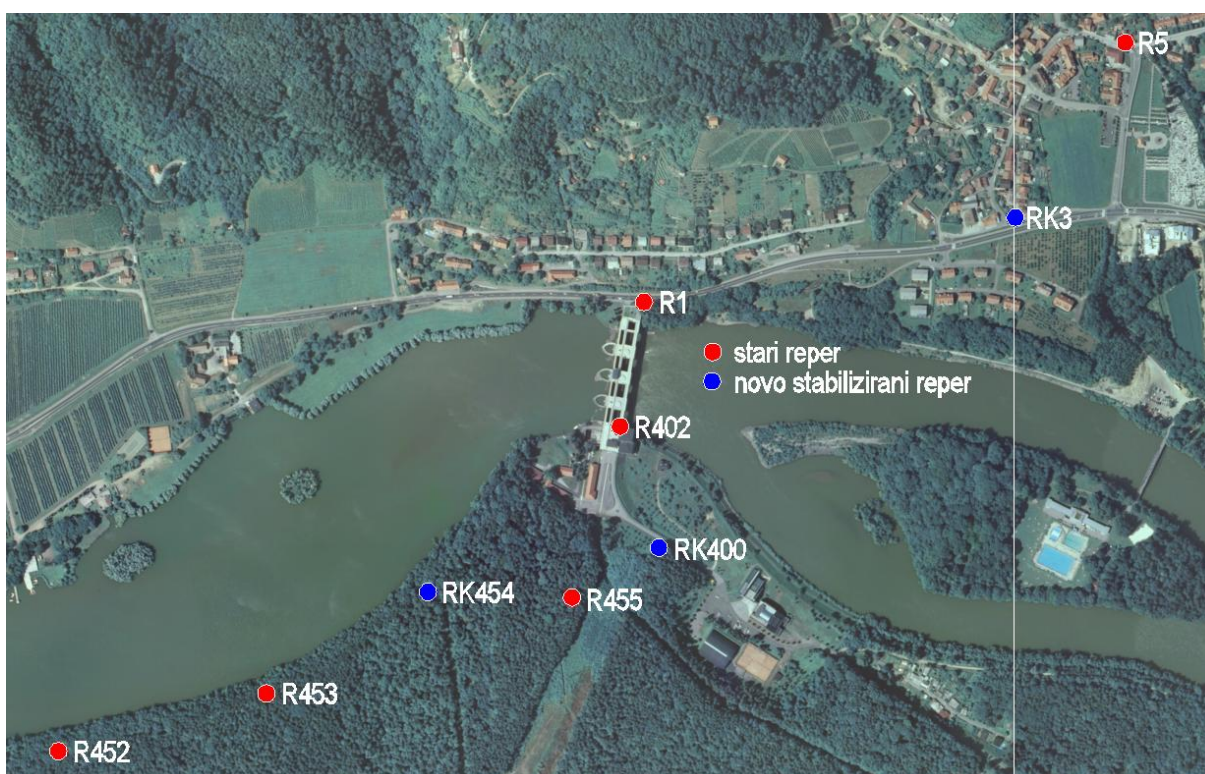
Vsebina projekta nivelmanske mreže pa naj vsebuje:

- skico nivelmanske mreže na topografski podlagi,
- način stabilizacije novih višinskih točk,
- opis uporabljenega instrumentarija, pribora in uporabljene metode izmere,
- opis izračuna iskanih količin,
- predhodna ocena natančnosti določitve višin novih reperjev in
- dodatno vsebino.

5.1 Pregled dokumentacije in načrtovanje meritev

Na samem začetku dela, smo pridobili vso razpoložljivo dokumentacijo o dosedanjih meritvah tehničnega opazovanja na HE Mariborski otok. Celotno dokumentacijo smo pregledali in določili katere reперje bomo vključili v meritev. Zbrali smo vse topografije vseh reперjev in si jih ogledali na terenu. V lokalni višinski mreži smo ugotovili, da ne manjka noben reпер in nebo potrebne stabilizacije novih reперjev. V državni višinski mreži pa smo ugotovili, da bo potrebno stabilizirati tri nove reперje.

Sestavili smo ustrezno skico, kjer so bile podane makrolokacije reперjev državne in lokalne mreže v območju HE Mariborski otok. Stari reперji državne mreže so označeni z enakimi številkami kot v državni mreži, reперji lokalne mreže pa s številkami in s črko v. Novo stabilizirani reперji v državni mreži so prevzeli staro ime reперja, le da so pridobili pred številko reперja veliko črko K. Na osnovi sestavljenе skice smo lahko predhodno sestavili zanke in nivelmanske linije.



Slika 5.1: Skica makrolokacije reперjev državne mreže HE Mariborski otok

Skica reперjev lokalne mreže HE Mariborski otok se nahaja v prilogi (Priloga A).

5.2 Stabilizacija novih reperjev

Po pregledani dokumentaciji in načrtovanju meritev smo morali na novo stabilizirati tri nove reperje v državni nivelmanski mreži. Uničeni so bili stari reperji R400, R3 in R454. Tako smo morali stabilizirati 3 nove reperje. Njihova stabilizacija je predstavljala problem, saj se reperji nahajajo na mestih, kjer nismo imeli dostopa elektrike. Kot prvega smo stabilizirali nov reper RK400. Stabilizirali smo ga v bunker, ki stoji v bližini HE Mariborski otok in je namenjen za evakuiranje delavcev pred večjimi nesrečami.



Slika 5.2: Novo stabiliziran reper RK400

Približno teden dni po stabilizaciji RK400 smo stabilizirali še preostala dva reperja. Najprej smo sanirali stari reper R3, ki je bil stabiliziran v objekt, vendar je bil le-ta spremenjen in tako je bil uničen tudi reper. Nov reper RK3 smo postavili v bližini starega reperja v oddaljenosti 5 m. Stabilizirali smo ga v betonski kamen, ki služi kot zavarovanje terase.



Slika 5.3: Novo stabiliziran reper RK3

Kot zadnjega smo sanirali reper R454, ki je bil stabiliziran v bunker v gozdu ob poti, ki vodi od HE Mariborski otok proti Čolnarni. Na bunkerju je še viden znak, kjer je bil stabiliziran stari reper, novi reper RK454 pa smo stabilizirali kakšnih 0.3 m vstran in 0.2 m nižje.



Slika 5.4: Novo stabiliziran reper RK454

Za samo stabiliziranje novih reperjev smo uporabili:

- agregat za ustvarjanje električne energije,
- udarno oziroma vrtno kladivo s svedrom polmera 22 mm,
- stenske reperje,

- Nivedur S, s katerim smo nove reperje utrdili v izvrtano luknjo in
- vodo ter lonček za mešanje mase.



Slika 5.5: Vrtanje luknje za stabilizacijo novega reperja



Slika 5.6: Pomočnik pri stabilizaciji reperjev in oprema za stabilizacijo

Topografija vseh reperjev je priložena v prilogi (Priloga C).

5.3 Opis poteka meritev

Meritve smo izvedli dvakrat in s tem zagotovili, da so meritve brez grobih pogreškov, sami pa smo imeli kontrolo nad zanesljivostjo meritev. Prve meritve so potekale 23. in 24. marca, druge meritve pa 25. in 26. aprila. Izvajale so se med 9. in 17. uro.

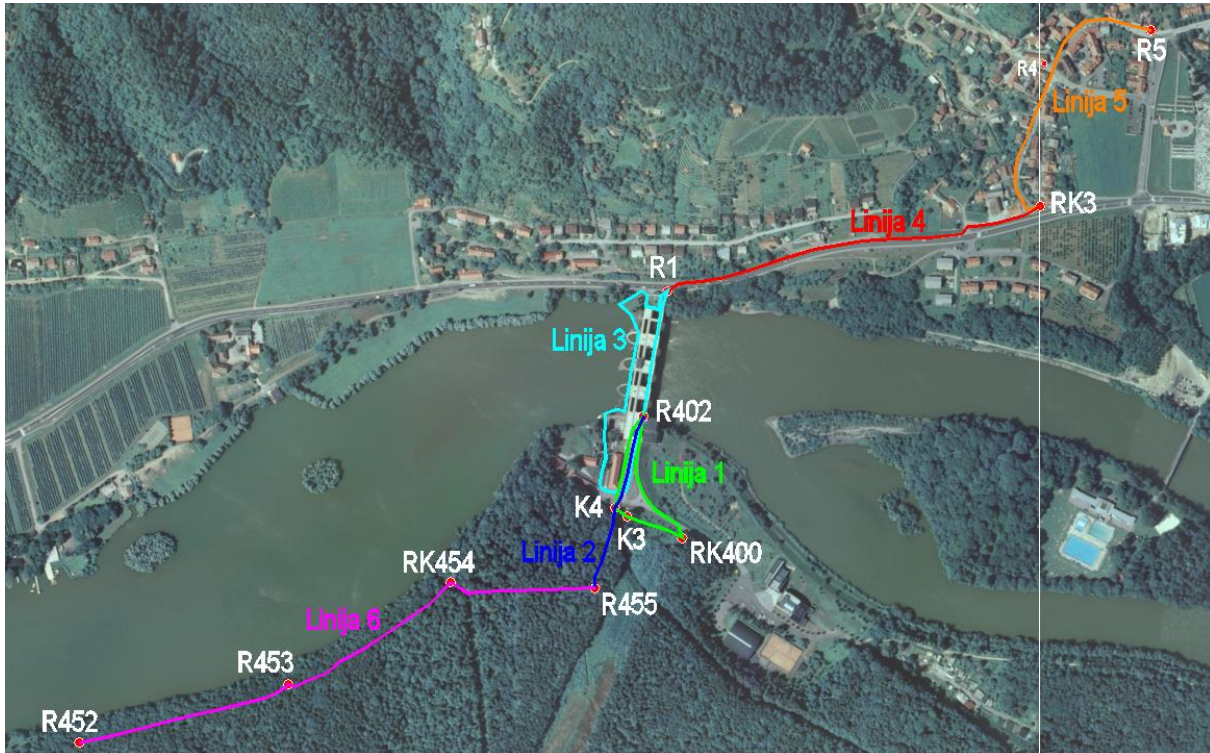
Zjutraj, ko smo prispeli na Mariborski otok, smo najprej sestavili lati in stojala ter dali instrument na stativ, saj je bilo zunaj precej hladneje kot v avtomobilu in zato je bila potrebna aklimatizacija instrumenta.

V času aklimatizacije instrumenta smo najprej preizkusili vertikalnost kodnih nivelmanskih lat. Obe lati (GPCL3) smo postavili vertikalno s pomočjo stojal in s teodolitom preverili vertikalnost. Iz primerne razdalje smo vizirali na lato iz dveh smeri. Ko smo z vijakom spuščali vizuro od zgornjega dela k spodnjemu delu late, je vertikalna nit nitnega križa morala tangirati rob late. V primeru odstopanja smo lato postavili vertikalno tako, da je vertikalna nit nitnega križa pri spuščanju vizure sovpadala z robom late.

Po aklimatizaciji instrumenta in preizkusu vertikalnosti nivelmanskih lat je sledil preizkus glavnega pogoja instrumenta (Förstnerjeva metoda), ki je že opisan v poglavju 4.1.1.2. Po opravljenem preizkusu instrumenta in vertikalnosti nivelmanskih lat smo pričeli z meritvami. Pričeli smo na danem reperju R402, nivelirali do novega reperja RK400, zajeli še reperja na opazovalnem stebru K3 in reper na opazovalnem stebru K4 in nivelirali do R402 in po isti poti nazaj. Tako smo zaprli nivelmansko zanko. Potem smo nivelirali od reperja R402 do reperja R455 in nazaj. V tej liniji smo tudi zajeli reper na opazovalnem stebru K4. V tretji liniji smo prav tako pričeli na reperju R402, šli čez most, kjer smo zajeli vse detaljne reperje HE Mariborski otok do reperja R1 državne mreže, nato po spodnji vtočni strani prelivnih polj nivelirali do reperja R402 in po isti poti nazaj do reperja R402, kjer smo nivelmansko zanko zaključili. Ker v zadnji zanki nismo morali zajeti vseh reperjev na spodnji – vtočni strani, smo potem šli nazaj na vsak vtok in zajeli preostale reperje z navezavo na prej izmerjene reperje.

Drugi dan smo prav tako zjutraj preizkusili vertikalnost lat in instrumenta. Instrument smo tudi aklimatizirali. Meritve smo pričeli na reperju R1 državne mreže in nivelirali do novega reperja RK3 in nazaj. Nato smo nivelirali od danega reperja R5 državne mreže do reperja R4 in do novega reperja RK3 in nazaj. Zaradi težav z merjenjem smo reper R4 izpustili iz meritev. Kot zadnjo linijo smo

nivelirali po gozdu. Od reperja R455 državne mreže do novega reperja RK454 in reperjev R453, R452 državne mreže in prav tako nazaj.



Slika 5.7: Skica nivelmanskih linij na HE Mariborski otok

Figuranta sta morala biti zelo pazljiva pri postavitvi late na reper, saj je potrebno vedeti, da postavitvev late na reper ni optimalna. Reper je vzidan v vertikalno steno, lata je visoka in nerodna, ponekod so tudi ovire. Operater je dodatno preverjal vertikalnost late z vertikalno nitjo nitnega križa.



Slika 5.8: Figuranta z nivelmanskimi latami

Določitev višinske razlike na večji oddaljenosti zahteva postavitev začasnih višinskih točk. Imenujemo jih izmenišča, ki smo jih stabilizirali s podnožko. Pri tem smo pazili, da smo podnožko postavili na dobro stabilnem terenu (beton in asfalt). Pri meritvi višinske razlike med dvema reperjema smo, ne glede na število uporabljenih izmenišč, postavili identično lato. S tem smo eliminirali pogrešek začetka razdelbe late. Nastavitev programa v nivelirju omogoča trikratno meritev z vsakim pritiskom na gumb, na koncu pa se izračuna povprečna vrednost meritve, ki se upošteva pri izračunu višinske razlike. Ob prevelikih odstopanjih instrument javi napako in meritev je potrebno ponoviti (najpogosteje ob neenakomerni osvetlitvi late in prevelikih oddaljenostih late od instrumenta).

Kontrolo grobih pogreškov smo izvajali z niveliranjem v zaključenih zankah, medtem ko smo poligon nivelirali vedno v dveh smereh (tja in nazaj), s tem smo se izognili slepim poligonom.

Vse podatke o meritvah, razen temperature, ki smo si jo zapisovali, smo beležili v instrument. Podatke smo kasneje prenesli na PCMCIA kartico in nato na računalnik.

5.4 Težave pri meritvah

Največja težava se je pojavila pri niveliranju preko mostu HE Mariborski otok, saj so bili v pogonu vsi trije agregati in s tem je bilo tresenje tal precej veliko. Meritve smo morali ponoviti večkrat. Težave smo imeli tudi pri niveliranju od reperja R1 do novega reperja RK3, kjer smo nivelirali ob precej prometni cesti Dravograd – Maribor. Promet je ustvarjal veter in s tem povzročil nestabilnost late. Pri nivelmanskem vlaklu od reperja R5 do reperja R4 in RK3 smo imeli težavo pri reperju R4, saj late nismo mogli postaviti čisto vertikalno zaradi rastja, ki raste po objektu, zato smo reper R4 izločili iz meritev. V večji meri smo se morali sami prilagajati, izbirati daljše poti in posledično smo postavili več izmenišč kot bi jih postavili v normalnih pogojih. Izogibali smo se niveliranju iz krajišča, saj bi pri obdelavi podatkov morali upoštevati dodatne sistematične vplive, predvsem nehorizontalnost vizurne osi, ukrivljenost Zemlje, refrakcijo in nestabilnost vizure.



Slika 5.9: Problem postavitve late na reper R4 zaradi rastja na objektu

5.5 Obdelava meritev

Meritve so obremenjene s pogreški, ki nastanejo kot posledica uporabljenega instrumentarija, delovnega okolja in meteoroloških vplivov. Njihov vpliv je pred izravnavo potrebno zmanjšati, oziroma izračunati njihove vrednosti.

V poglavju 4.1.2.2 je opisan in prikazan postopek izračuna popravka pete late in razdelbe late, v poglavju 4.3 pa je opisan postopek izračuna temperaturnega popravka.

6 IZRAVNAVA PODATKOV

Podobno kot vse vrste geodetskih meritev lahko tudi nivelmanske mreže izravnamo po metodi najmanjših kvadratov na način pogojnih ali na način posrednih opazovanj. V obeh primerih moramo dobiti popolnoma enake rezultate. Zaradi raznolikosti terena ni mogoče projektirati mrežo enako velikih zank. Zato je nujno potrebno določiti uteži, da lahko odstopanja čim bolj pravilno porazdelimo merjenim vrednostim (Vodopivec, 1988).

6.1 Uteži pri geometričnem nivelmanu

Utež katerega koli merjenega elementa je poznana kot obratno proporcionalna kvadratu srednjega pogreška.

$$p = \frac{k}{m^2} \quad (6.1)$$

Pri določitvi višinske razlike med dvema reperjema moramo običajno postaviti nivelir, saj smo na eni strani omejeni z dolžino nivelmanske late in na drugi strani z maksimalno dolžino vizure. Instrument moramo večkrat postaviti, pri vsaki postavitvi pa napravimo določen pogrešek pri določitvi višinske razlike med stojiščema lat. Z vsakim stojiščem nivelirja določimo višinske razlike na razdalji $2d$. Celotna razdalja S med dvema reperjema tako vsebuje n stojišč.

$$S = 2n \times d \quad (6.2)$$

Skupni pogrešek višinske razlike dobimo tako, da srednje pogreške na posameznem stojišču kvadratično seštejemo.

$$M^2 = m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2 \quad (6.3)$$

Na podlagi dejstva, da na vseh stojiščih uporabljamo isti nivelir in iste late, da je operater isti in da so na vseh stojiščih približno enaki meteorološki pogoji, lahko predpostavimo, da bodo tudi vsi srednji pogreški približno enaki, zato lahko zapišemo:

$$\begin{aligned} m_1 &= m_2 = \dots = m_n = m \\ M^2 &= n \times m^2 \end{aligned} \quad (6.4)$$

n – število stojišč nivelirja med obema reperjema, ki ga lahko izračunamo iz enačbe:

$$n = \frac{s}{2 \times d} \quad (6.5)$$

Prejšnjo enačbo vstavimo v enačbo 6.4 in dobimo:

$$M^2 = \frac{s}{2 \times d} \times m^2 \quad (6.6)$$

Ta pogrešek višinske razlike vstavimo v enačbo 6.1 in dobimo:

$$p = \frac{k \times 2 \times d}{s \times m^2} \quad (6.7)$$

Predpostavimo, da je srednji pogrešek na enem stojišču konstanten, prav tako pa tudi maksimalna dolžina vizure. Tako si lahko izberemo vrednost proporcionalnostne konstante k : $k = \frac{m^2}{2 \times d}$ in tako dobimo enačbo za izračun uteži:

$$p = \frac{1}{s} \quad (6.8)$$

Vidimo, da so uteži pri geometričnem nivelmanu enake recipročni vrednosti dolžine nivelmanske linije med reperji. Pri stalni dolžini vizur je utež nivelmanskega vlaka enaka:

$$p = \frac{1}{n} \quad (6.9)$$

Pri izračunu smo uporabili izračun uteži po enačbi 6.8, kar pomeni, da večjo utež pridobijo tiste višinske razlike med reperji, katerih oddaljenost med reperjema je krajša. Predpostavimo lahko torej, da so višinske razlike na daljših razdaljah med reperji obremenjene z večjim pogreškom višinske razlike kot na krajših razdaljah (Vodopivec, 1988).

6.2 Srednji pogrešek utežne enote

Precizni nivelman obvezno niveliramo v obeh smereh, saj tako na podlagi razlik, dobljenih na ta način, lahko ocenimo srednji pogrešek višinskih razlik. Najboljša pa je ocena na podlagi popravkov opazovanj dobljenih iz izravnave, ki jo prikazuje enačba 6.10:

$$\hat{\sigma}_0 = \mp \sqrt{\frac{[pvv]}{n-u}}, \quad (6.10)$$

kjer so:

p ... utež opazovanja

v ... popravek opazovanja

n ... število opazovanj

u ... število potrebnih opazovanj za enolično določitev rezultatov

Srednje pogreške utežne enote (standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana) smo izračunali po enačbi 6.10. Rezultati prve, druge, skupne serije meritev in končne izravnave so podane v preglednici 4.

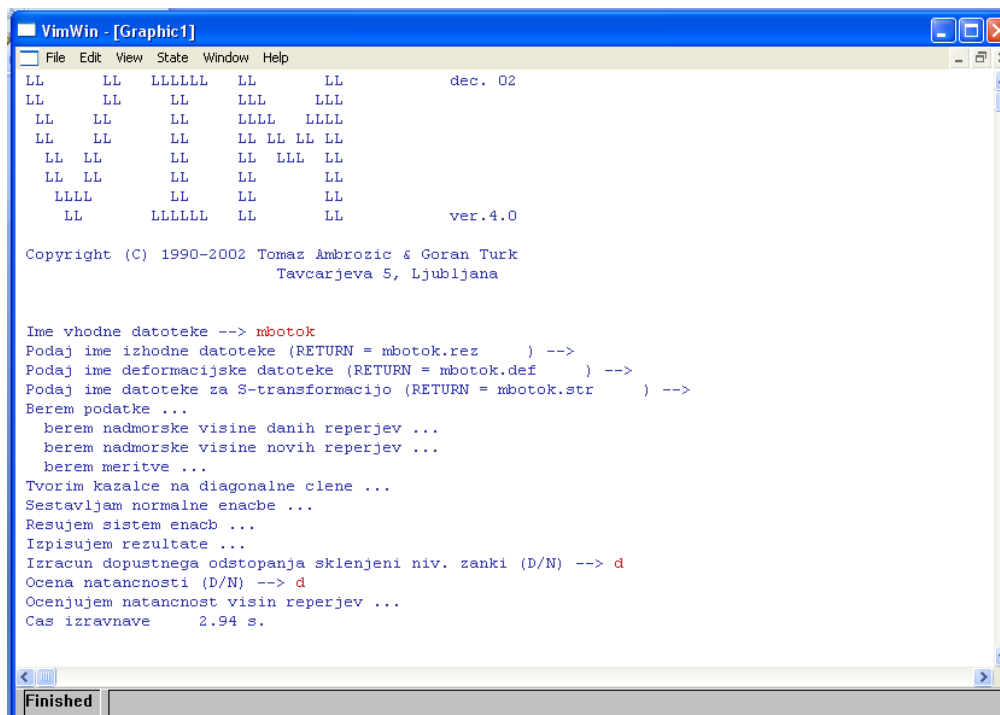
Preglednica 4: Izračunani srednji pogreški utežne enote

Serijski meritev	Ocena natančnosti [mm/km]
1. serija (23. in 24. 3.)	0,29
2. serija (25. in 26. 4.)	0,39
Obe seriji skupaj	0,34
Končna izravnava	0,23

Na osnovi srednjega pogreška utežne enote lahko sklepamo na splošno natančnost nivelmanske mreže. Dokler se $\hat{\sigma}_0$ giblje v okviru enega milimetra, lahko trdimo, da so meritve zanesljive in bodo omogočale realen prikaz premikov reperjev na objektih.

6.3 Opis programa Vim

Izravnavo nivelmanske mreže smo izvedli s pomočjo programa VIM (ver. 4.0, dec. 02), avtorjev Tomaža Ambrožiča in Gorana Turka.



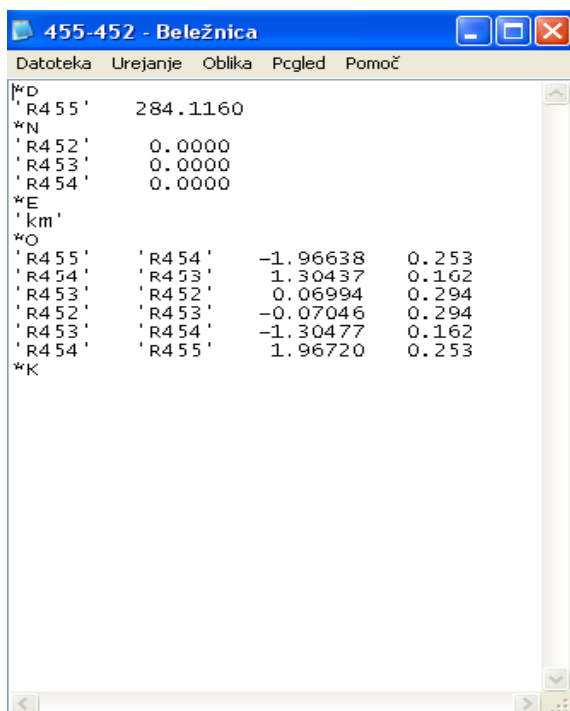
```
LL LL LLLLLL LL LL dec. 02
LL LL LL LLL LLL
LL LL LL LLLL LLLL
LL LL LL LL LL LL LL
LL LL LL LL LLL LL
LL LL LL LL LL
LLLL LL LL
LL LLLLLL LL LL ver.4.0

Copyright (C) 1990-2002 Tomaz Ambrozic & Goran Turk
Tavcarjeva 5, Ljubljana

Ime vhodne datoteke --> mbotok
Podaj ime izhodne datoteke (RETURN = mbotok.rez ) -->
Podaj ime deformacijske datoteke (RETURN = mbotok.def ) -->
Podaj ime datoteke za S-transformacijo (RETURN = mbotok.str ) -->
Berem podatke ...
berem nadmorske visine danih reperjev ...
berem nadmorske visine novih reperjev ...
berem meritve ...
Tvorim kazalce na diagonalne clene ...
Sestavljam normalne enacbe ...
Resujem sistem enacb ...
Izpisujem rezultate ...
Izracun dopustnega odstopanja sklenjeni niv. zanki (D/N) --> d
Ocena natančnosti (D/N) --> d
Ocenjujem natančnost visin reperjev ...
Cas izravnave 2.94 s.
```

Slika 6.1: Program VIM

Program VIM temelji na posredni izravnavi po metodi najmanjših kvadratov. Preden program VIM zaženemo, moramo pripraviti datoteko s podatki o danih in novih višinah točk, podatke o opazovanjih (merjene višinske razlike in dolžine med reperji) ter določiti enoto. Datoteka mora biti zapisana s končnico *pod* (*.pod). Merjene višinske razlike morajo biti že popravljene za popravek metra para lat, popravek pete lat in temperaturni popravek. Program nam izračuna tudi uteži opazovanj po enačbi 6.8.



Slika 6.2: Vhodna datoteka 455-452.pod

Ko program VIM zaženemo, sledimo njegovim navodilom, kot rezultat pa dobimo tri izhodne datoteke. Izhodne datoteke programa VIM so:

- *ime.rez* ... v njej so rezultati izravnave,
- *ime.def* ... je vhodna datoteka za morebitno nadaljnjo deformacijsko analizo in
- *ime.str* ... je vhodna datoteka za morebitno nadaljnjo transformacijo S.

Nas je najbolj zanimala izhodna datoteka z rezultati izravnave, v kateri so izravnane višine novih reperjev, izravnane višinske razlike, natančnost določitve višin višinskih točk in srednji pogrešek utežne enote.

7 REZULTATI MERITEV

Po izračunanih sredinah višinskih razlik in upoštevanih popravkih metra late, pete late in temperaturnega popravka smo vsako serijo meritev izravnali posebej. Kot izhodiščni reper pri obeh izravninah smo vzeli reper R402, ki je stabiliziran v upravni zgradbi HE Mariborski otok, saj smo predpostavili, da je najbolj siguren, saj je stabiliziran že od samega začetka tehničnega opazovanja. Z izravnavo dobljene definitivne višine reperjev in ocene natančnosti določitve le-teh, smo vstavili v tabelo in primerjali višine vsake serije meritev skupaj (Priloga D). Na osnovi izračunanih razlik med njimi smo ugotovili, ali so naše meritve dobre ali bo potrebno meritev ponoviti.

Preglednica 5: Definitivne višine reperjev posamezne serije meritev in razlika med njima

Številka reperja	1. serija meritev [m]	2. serija meritev [m]	Razlika (2.-1.) [m]
R1=Rz	273,0188	273,0190	0,0001
RK3	280,7206	280,7211	0,0002
R5	286,9611	286,9615	0,0002
R402=R9	273,2094	273,2094	0,0000
R452	283,5221	283,5208	-0,0007
R453	283,4519	283,4503	-0,0008
RK454	282,1473	282,1462	-0,0005
R455	284,1141	284,1133	-0,0004
RK400	273,6443	273,6445	0,0001
K3	273,7055	273,7055	0,0000
K4	273,8554	273,8551	-0,0001
1h	274,5842	274,5842	0,0000
5h	274,6227	274,6226	-0,0001
0v	273,2111	273,2111	0,0000
2v	273,0168	273,0168	0,0000
3v	268,9060	268,9062	0,0001
4v	273,1700	273,1699	-0,0001
5v	268,9110	268,9112	0,0001
6v	272,9906	272,9905	0,0000
7v	268,9057	268,9058	0,0000
8v	273,1302	273,1301	0,0000
9v	268,8940	268,8941	0,0000
10v	273,0411	273,0410	0,0000
11v	268,8854	268,8856	0,0001

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 5

12v	273,0764	273,0763	0,0000
13v	268,8829	268,8831	0,0001
14v	273,0492	273,0491	0,0000
15v	268,8834	268,8835	0,0001
16v	272,9973	272,9973	0,0000
17v	268,9295	268,9297	0,0001
18v	268,9560	268,9562	0,0001
19v	268,9546	268,9547	0,0000
20v	268,9179	268,9180	0,0001
21v	273,1547	273,1547	0,0000
23v	273,3178	273,3180	0,0001

Iz tabele je razvidno, da so si višine zelo podobne. Večje razlike v višinah so pri reperjih državne mreže do 0,8 mm. Višine reperjev lokalne mreže so skorajda enake. Razlike med njimi so največ 0,1 mm. Na osnovi takšnih meritev lahko sklepamo, da so meritve dobre in da v mreži ni prisotnih morebitnih grobo pogrešenih opazovanj.

Nato smo izračunali sredine višinskih razlik med prvo in drugo serijo meritev. Višinske razlike smo podali v vhodno datoteko in jo izravnali. Prav tako smo za izhodiščni reper vzeli R402 in dobili izravnane definitivne višine ter njihove ocene natančnosti (Priloga E). Ko smo imeli izravnane višine, smo sestavili tabelo in v njej primerjali višine reperjev dobljenih od zadnjih meritev Zavoda za gradbeništvo Slovenije (ZAG), naše izravnane višine in višine iz državne višinske mreže.

Preglednica 6: Primerjava naših izravnanih višin, zadnjih višin merjenj ZAG in višin iz državne višinske mreže

Reper	DIPLOMA [m]	ZAG [m]	Razlika (ZAG-Diploma) [m]	Državna mreža [m]	Razlika (drž-diploma) [m]	Razlika (drž-ZAG) [m]
R1	273,0189	273,0233	0,0044	273,0170	-0,0019	-0,0063
RK3	280,7208	/	/	/	/	
R5	286,9613	/	/	286,9709	0,0096	
R402	273,2094	273,2136	0,0042	273,2094	0	-0,0042
R452	283,5215	/	/	283,5215	0	
R453	283,4511	/	/	283,4506	-0,0005	
RK454	282,1467	/	/	/	/	
R455	284,1137	/	/	284,1160	0,0023	
RK400	273,6444	/	/			

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 6

K3	273,7055	273,7099	0,0044			
K4	273,8552	273,8598	0,0046			
1h	274,8542	/	/			
5h	274,6226	/	/			
0v	273,2111	273,2149	0,0038			
2v	273,0168	273,0205	0,0037			
3v	268,9061	268,9101	0,0040			
4v	273,1699	273,1727	0,0028			
5v	268,9111	268,9162	0,0051			
6v	272,9905	272,9936	0,0031			
7v	268,9058	268,9098	0,0040			
8v	273,1302	273,1334	0,0032			
9v	268,8941	268,8976	0,0035			
10v	273,0410	273,0439	0,0029			
11v	268,8855	268,8892	0,0037			
12v	273,0763	273,0796	0,0033			
13v	268,8830	268,8865	0,0035			
14v	273,0491	273,0525	0,0034			
15v	268,8835	268,8880	0,0045			
16v	272,9973	273,0011	0,0038			
17v	268,9296	268,9341	0,0045			
18v	268,9561	268,9605	0,0044			
19v	268,9547	268,9587	0,0040			
20v	268,9180	268,9221	0,0041			
21v	273,1547	273,1595	0,0048			
23v	273,3179	273,3218	0,0039			

Iz primerjave najprej opazimo razliko med našo višino in višino državne mreže reperja R5. Sklepamo lahko, da je do takšne razlike prišlo zaradi velike razdalje niveliranja in predvsem zato, ker smo nivelirali v strmi breg. Zelo majhna je možnost, da bi se stavba, v katero je reper stabiliziran, posedla za takšno vrednost.

Ostale razlike med našimi meritvami in državnim višinskim sistemom se gibljejo od -1,9 mm za reper R1 in do 2,3 mm za reper R455, ostali reperji pa so skorajda enake višine kot v državnem višinskem sistemu.

ZAG v svojih meritvah zajema dva reperja državne mreže. To sta reper R1, ki ga poimenujejo Rz in R402, njihov R9. Pri svojih meritvah dobijo veliko razliko med obema reperjema državne višinske mreže in ZAG. Le-ta pri reperju R1 znaša -6,3 mm in -4,2 mm pri reperju R402. Ni podatka od kod in kako so določili podane višine.

Razlika med našimi merjenimi višinami in zadnjimi merjenimi višinami od ZAG se giblje okrog 4 mm. Eni imajo večjo razliko, drugi manjšo. Največja razlika je pri reperju 5v, kjer znaša razlika 5,1 mm, najmanjša pa 2,8 mm pri reperju 4v. Do takšne razlike je prišlo predvsem zaradi tega, ker smo mi izhajali iz izhodišča – reper R402, uporabili metodo niveliranja iz sredine in celotno mrežo povezali z obojestranskim niveliranjem nivelmanskih linij in zapiranjem linij v nivelmanske zanke. Iz poročila ZAG lahko razberemo le, da uporabljajo digitalni nivelir Leica DNA 03, o metodi meritev in o izhodišču pa ne zapišejo nič.

7.1 Predlog za izbiro izhodiščnih reperjev

Glede na razliko naših višin reperjev in reperjev državne mreže smo morali določiti izhodiščne reperje. Izhodiščnim reperjem se bodo določile absolutne višine, ki se bodo uporabljale kot izhodišče ob tehničnem opazovanju. Za zagotovitev stabilnega višinskega izhodišča je ustrezno uporabiti več izhodiščnih točk – najmanj dve, optimalno tri. Ti reperji pa morajo biti bolj ali manj oddaljeni od opazovanega objekta in medsebojno povezani v mrežo, ki omogoča kontrolo njihove stabilnosti.

Po pregledu razlik med višinami naših reperjev in reperjev državne mreže se za predlog za izhodiščne reperje podajo reperji R402, R1, RK400, RK454 in RK3. Za te reperje se odločimo, ker so razporejeni na levi in na desni strani od pregrade, reperji RK400, RK454 in RK3 so od pregrade oddaljeni, ostala dva sta v bližini pregrade. Vsi izhodiščni reperji so trajno stabilizirani po metodi stabiliziranja nizkega reperja.

7.2 Določitev izhodiščnih višin danim reperjem

Za končno izravnavo smo morali na novo predlaganim izhodiščnim reperjem določiti izhodiščne višine. Le-te smo določili tako, da smo razliko -1,9 mm med našo višino in državno višino reperja R1 razpolovili in eno polovico odšteli reperju R1, drugo pa reperju R402. Tako smo dobili sledeče višine:

Preglednica 7: Izračun izhodiščnih višin reperjema R1 in R402

Reper	Stara višina [m]	Nova – izhodiščna višina [m]
R1	273,0189	273,0180
R402	273,2094	273,2085

Potem smo na osnovi dveh danih izhodiščnih reperjev določili še izhodiščne višine ostalim trem reperjem. To smo izvedli z izravnavo s programom Vim.

Preglednica 8: Izračunane izhodiščne višine izhodiščnih reperjev

Reper	Stara višina [m]	Nova – izhodiščna višina [m]
RK3	280,7208	280,7199
RK400	273,6444	273,6435
RK454	282,1467	282,1458

Izhodna datoteka izravnave izhodišča *izhodisce.rez* je v prilogi F.

Rezultat izravnave izhodiščnih reperjev so nove izhodiščne višine, ki se povprečno razlikujejo za -0,9 mm od starih višin. Zaključimo lahko, da se vsem izhodiščnim reperjem spremeni stara višina od nove za -0,9 mm.

7.3 Izravnava z danimi izhodiščnimi reperji

Na koncu, ko smo imeli podane absolutne višine vseh petih izhodiščnih reperjev, smo izvedli izravnavo in določili višine vsem ostalim reperjem. To smo prav tako izvedli s programom Vim.

Preglednica 9: Nadmorske višine vseh reperjev z oceno natančnosti

Reper	Nadmorska višina [m]	Ocena natančnosti [mm]
K3	273,7046	0,0
K4	273,8543	0,0
R455	284,1128	0,1
R453	283,4502	0,1
R452	283,5215	0,2
R5	286,9604	0,1
16v	272,9964	0,0
14v	273,0482	0,0
12v	273,0754	0,0
10v	273,0401	0,0

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 9

8v	273,1293	0,0
6v	273,9896	0,0
4v	273,1690	0,0
2v	273,0159	0,0
0v	273,2102	0,0
23v	273,3170	0,0
18v	268,9552	0,1
17v	268,9287	0,1
3v	268,9052	0,1
7v	268,9048	0,1
11v	268,8846	0,1
15v	268,8826	0,1
19v	268,9537	0,1
20v	268,9170	0,1
21v	273,1538	0,0
1h	274,5833	0,1
5h	274,6217	0,0
13v	268,8821	0,1
9v	268,8931	0,1
5v	268,9102	0,1

Izhodna datoteka končne izravnave opazovanj *mbotok.rez* je priložena v prilogi G.

V rezultatu končne izravnave so podane definitivne višine reperjev in njihove ocene natančnosti.

Višine reperjev končne izravnave ob uporabi 5 danih reperjev se od predhodne izravnave, ko smo uporabili le en dani reper in višino danega reperja iz državne višinske mreže, razlikujejo za -0,9 mm. Za toliko smo zmanjšali tudi vse izhodiščne reperje, saj smo jih izravnali na podlagi danega reperja R1 in R402.

Na osnovi uporabljenega instrumentarija in metode dela lahko sklenemo, da je višinska mreža na HE Mariborski otok ustrezne kvalitete. Glede na primerjavo z ZAG lahko rečemo, da je zelo pomembno izhodišče višinske mreže, saj dobimo bistveno drugačne rezultate, kot pa če nimamo izhodišča, s katerega bi lahko izhajali.

8 ZAKLJUČEK

Kot del tehničnega opazovanja štejemo meritve vertikalnih pomikov reperjev, s katerimi ugotovimo stanje posedanja oziroma dviganja objekta. Prav to je tudi cilj diplomske naloge, saj le tako dobimo vpogled na dogajanje na samem objektu HE Mariborski otok.

V okviru naloge je bilo najprej potrebno analizirati stanje državne in lokalne višinske mreže. Ugotovljeno je bilo, da je v državni mreži devet reperjev, od tega smo morali tri na novo stabilizirati, v lokalni mreži pa je sedemindvajset reperjev. Lokalne mreže ni bilo potrebno sanirati.

Meritve so bile izvedene s preciznim digitalnim nivelirjem Leica DNA 03. Instrument po navodilih proizvajalca zagotavlja natančnost 3 mm/km dvojnega nivelmana in parom kompariranih invar nivelmanskih lat Leica GPCL3 s kodirano razdelbo. Pri meritvah je bila uporabljena še dodatna oprema, kot je stativ za postavitvev instrumenta, stojali za postavitvev nivelmanskih lat, dve podložki in termometer. Glede na to, da so vse meritve v geodeziji obremenjene s pogreški, smo tudi sami imeli opravka z njimi. Pogreške je bilo potrebno popraviti za ustrezne popravke pred izravnavo. Merjene višinske razlike sem popravil za popravek pete in razdelbe late ter temperaturni popravek. Celotno izravnavo sem izvedel v programu Vim, ki temelji na posredni izravnavi po metodi najmanjših kvadratov. V izhodni datoteki programa Vim, sem dobil podano oceno natančnosti merjenih višinskih razlik in nadmorske višine novih reperjev. Ocena natančnosti merjenih višinskih razlik po izravnavi znaša 0,23 mm/km, kar nam pove, da je višinska mreža na HE Mariborski otok ustrezne kakovosti, glede na metodo dela in uporabljen instrumentarij.

Sama diplomska naloga ni namenjena sama sebi, ampak je namenjena tako naročniku, izvajalcu in vsem ostalim kot informacija. Za vse je seveda najbolj pomembno 7. poglavje, kjer so predstavljeni rezultati z interpretacijo.

S sanacijo nivelmanske mreže na HE Mariborski otok so Dravske elektrarne Maribor po dolgem času dobile višinsko mrežo, ki bo osnova za tehnično opazovanje vertikalnih pomikov reperjev, vsa geodetska dela in nadaljnje posege v prostor.

VIRI

Uporabljeni viri:

Horvat, J. 2008. Geodezija 2 - zapiski iz predavanj pri dr. Tomažu Ambrožiču v š.l. 2007/2008 na Univerzi v Ljubljani, Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana: loč. pag.

Kogoj, D., Ambrožič, T., Savšek, S., Marjetič, A., Kregar, K., Stegenšek, B., 2011. Posodobitev geodetskega tehničnega opazovanja pregradnega objekta HE Mariborski otok. Projektna naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 66 f.

Kogoj, D., Stopar, B. Geodetska izmera. 2009 Strokovni izpit po zakonu o geodetski dejavnosti. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 37 str.

www.izs.si/index.php?id=164/geodetske_izmere (Pridobljeno 12.3.2011.)

Skube, K. 2006. Vertikalni premiki reperjev na objektih NE Krško med leti 2002-2006. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, geodetska smer (samozaložba K. Skube): 76 str.

Vodopivec, F. 1988. Precizni nivelman. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 154 str.

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

Ostali viri:

Čuš, I., Kirbiš, M., 2011. Priloga h koncesijski pogodbi za rabo reke Drave za proizvodnjo električne energije. Mapa 7/verzija 1. Maribor, Dravske elektrarne Maribor: loč. pag.

Ostojčić, A., 2011. Poročilo št. P 814/10-680-9 o geodetskih meritvah deformacij HE Mariborski otok. Ljubljana, Zavod za gradbeništvo Ljubljana: loč. pag.

Pravilnik o tehničnem opazovanju visokih jezov. UL SFRJ 7/1966.

Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. UL SRS 18-980/1981.

SIST EN 1997-1: 2005 – Evrokod: Geotehnično projektiranje – Del 1: Splošna pravila.

Stergaršek, A., Boštjančič, J., Koren, V., idr. 1969. Projekt tehničnega opazovanja za visoki jez HE Mariborski otok. Ljubljana, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij: loč. pag.

KAZALO PRILOG

Priloga A: Skica situacije reperjev pred letom 1969 in skica lokalnih reperjev od leta 1969 do danes

Priloga B: Poročilo o kalibraciji nivelmanskih lat

Priloga C: Topografije državnih in lokalnih reperjev

Priloga D: Izhodna datoteka programa Vim – Izravnava 1. in 2. serije meritev

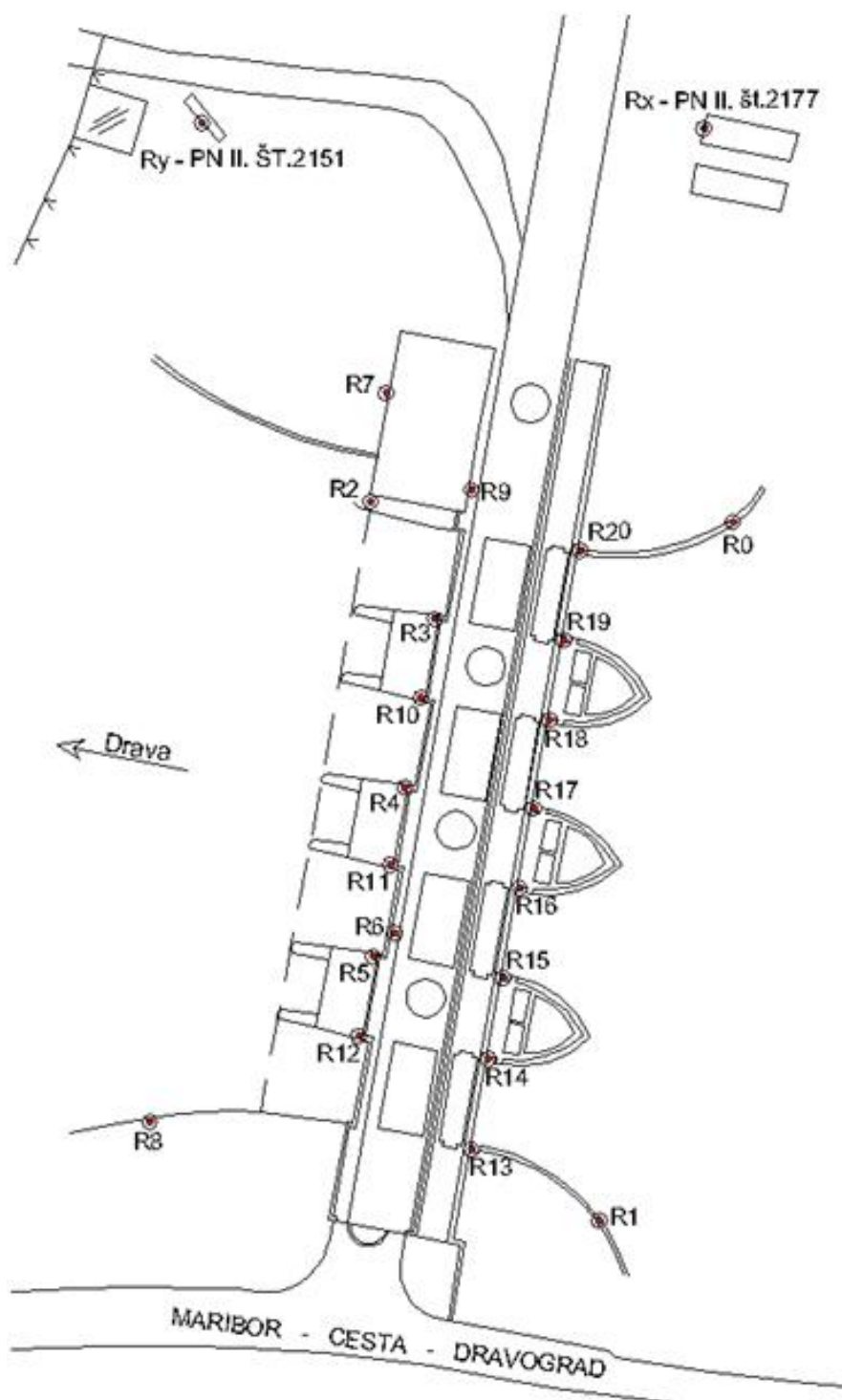
Priloga E: Izhodna datoteka programa Vim – Skupna izravnava 1. in 2. serije meritev

Priloga F: Izhodna datoteka programa Vim – Izravnava izhodišč

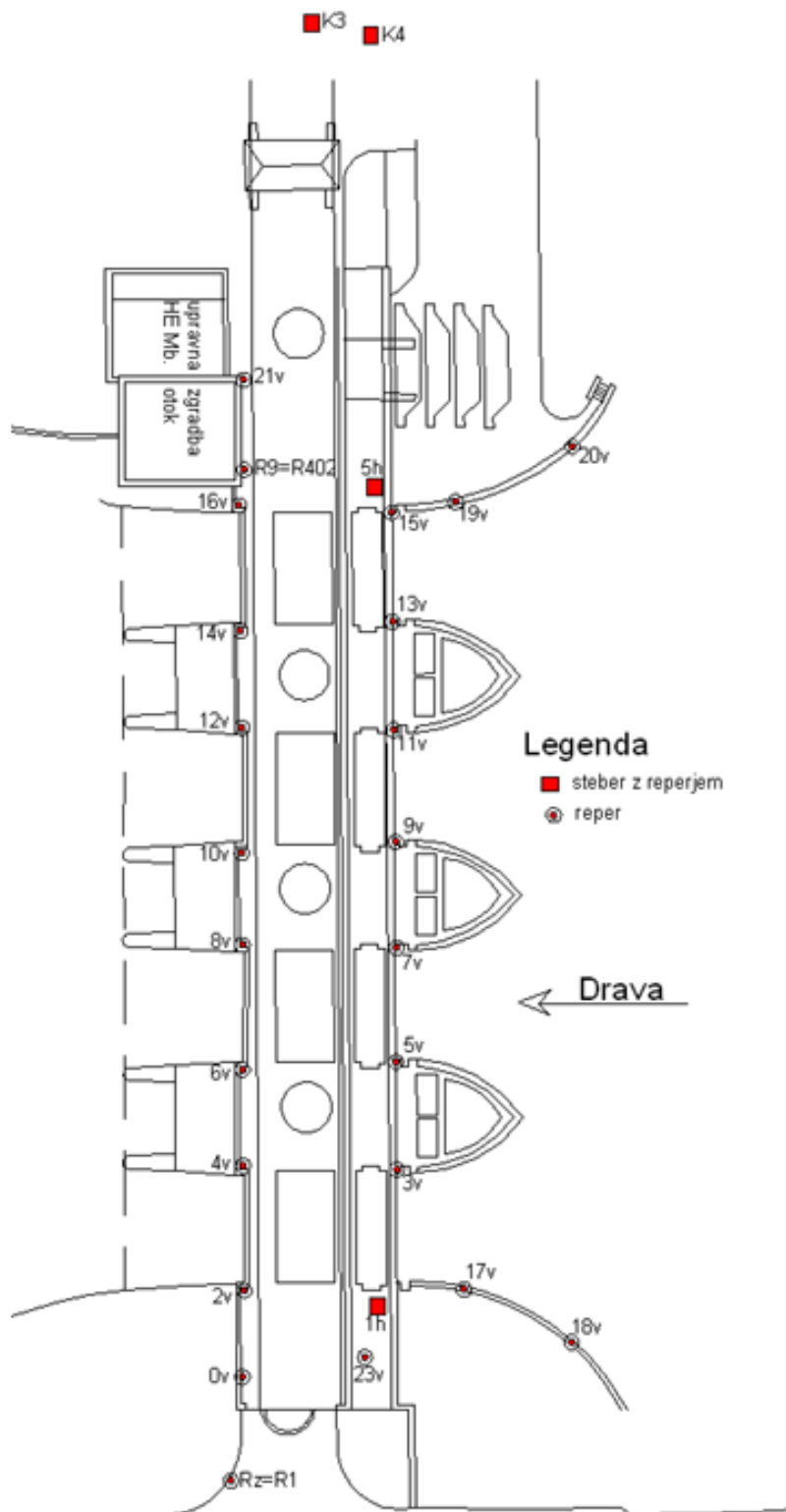
Priloga G: Izhodna datoteka programa Vim – Končna izravnava z izhodišči in novimi reperji

**Priloga A: SKICA SITUACIJE REPERJEV PRED LETOM 1969 IN SKICA LOKALNIH
REPERJEV OD LETA 1969 DO DANES**

Skica situacije reperjev pred letom 1969



Skica situacije lokalnih reperjev od leta 1969 do danes



Priloga B: POROČILO O KALIBRACIJI NIVELMANSKIH LAT

POROČILO O KALIBRACIJI

Merilo: **komparator MSGL001, FGG KG**

ločljivost 0.001 mm
nazivna točnost 0.003 mm

certifikat št. **A359/00**

SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne
od 09.04.2002

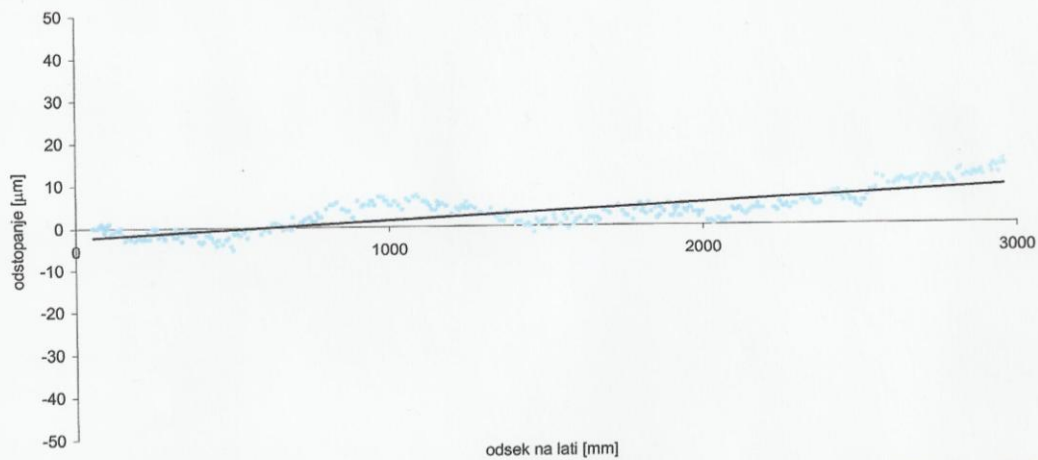
Kalibracija številka: **148-2/2008**

Invar lata (tip, št.): **LEICA GPCL3 35190**
Št. merjenih črt razdelbe: 339

Datum kalibracije: **10.03.2008**
Naročilo:

DOLOČITEV MERILA RAZDELBE

horizontalni položaj late



Popravek razdelbe late $m_0 = 3,82 \pm 0,15 \text{ ppm}$

$T_0 = 20 \text{ °C}$

Popravek pete late $l_0 = -0,018 \pm 0,004 \text{ mm}$

Popravek odčitka na lati

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

L' odčitek na lati [m]

α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]

T temperatura late [°C]

Operator

Ljubljana, 19.03.2008

Pregledal

Predstojnik Katedre za geodezijo



UNIVERZA V LJUBLJANI / FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Oddelek za geodezijo, Katedra za geodezijo

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

POROČILO O KALIBRACIJI

Merilo: **komparator MSGL001, FGG KG**

ločljivost 0.001 mm
nazivna točnost 0.003 mm

certifikat št. **A359/00**

SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne
od 09.04.2002

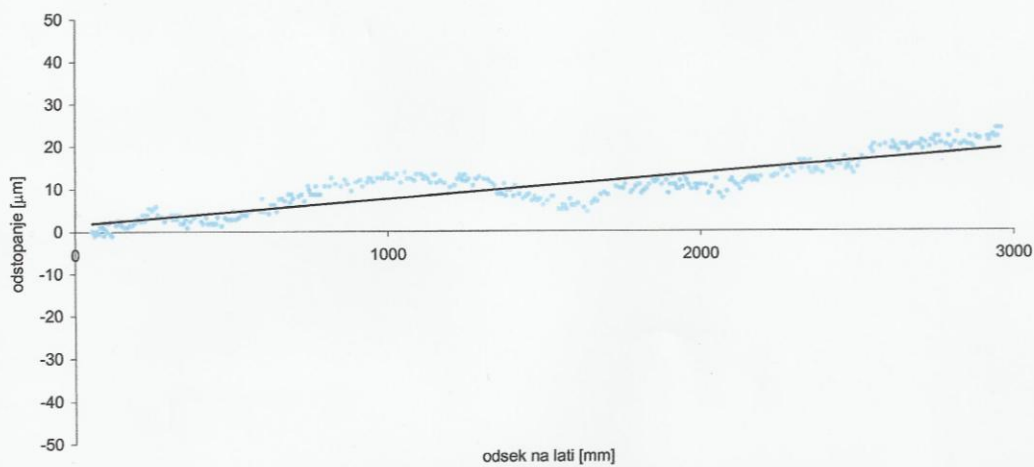
Kalibracija številka: **145-1/2007**

Invar lata (tip, št.): **LEICA GPCL3 33168**
Št. merjenih črt razdelbe: 339

Datum kalibracije: **26.10.2007**
Naročilo:

DOLOČITEV MERILA RAZDELBE

horizontalni položaj late



Popravek razdelbe late $m_0 = 6,04 \pm 0,18 \text{ ppm}$ $T_0 = 20 \text{ °C}$

Popravek pete late $l_0 = 0,017 \pm 0,004 \text{ mm}$

Popravek odčitka na lati

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

L' odčitek na lati [m]

α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]

T temperatura late [°C]

Operater

Ljubljana, 29.10.2007

Pregledal

Predstojnik Katedre za geodezijo



UNIVERZA V LJUBLJANI FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Oddelek za geodezijo, Katedra za geodezijo

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

Priloga C: TOPOGRAFIJE DRŽAVNIH IN LOKALNIH REPERJEV

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
1	1965	<p>Dravograd - cesta - Maribor</p> <p>vratar</p> <p>vrt</p> <p>He. Mbr. Otok</p>

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
RK3	2012	<p>Kamnica</p> <p>dovozna pot</p> <p>2</p> <p>Gostilna</p> <p>1</p> <p>R</p> <p>Dravograd - cesta - Maribor</p>

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
5	1965	<p>Kamnica - cesta - Maribor</p>

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
402	1965	<p>Drava →</p> <p>HE Mrb. Otok</p> <p>Uprava HE</p> <p>Žerjavni tir</p> <p>Žel. tir</p>

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
452	1965	<p>Diagram showing the location of marker 452. The marker is a red square labeled 'R' on a curved line. The line is labeled 'Limbuš' on the left and 'elektrana' on the right. Distances from the marker are 1.80 to the left and 1.85 to the right. Other features include 'kost', 'bor', and 'gd'.</p>

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
453	1965	<p>Drava - Brest. jez.</p> <p>Diagram showing the location of marker 453. The marker is a red square labeled 'R' on a curved line. The line is labeled 'Limbuš' on the left and 'He. Mbr. Otok' on the right. A 'bet. bunker' is located above the marker. A 'pot' (path) is shown below the marker. Other features include 'gd'.</p>

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
RK454	2012	

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
455	1965	

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
RK400	2012	

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica lokalnih reperjev
0v 2v 17v 18v 23v 1h	1959 in 1969	

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica lokalnih reperjev
3v 4v 5v 6v 7v 8v 9v 10v	1959 in 1969	

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica reperja
12v 14v 16v 21v	1959 in 1969	

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica lokalnih reperjev
11v 13v 15v 19v 20v 5h	1959 in 1969	

številka reperja	datum postavitve reperja	položajna skica lokalnih reperjev
K3 K4	1969	

Priloga D: IZHODNA DATOTEKA VIM – IZRAVNAVA 1. IN 2. SERIJE MERITEV

Izravnava 1. serije meritev

Izravnava VIšinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.4.0, dec. 02

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: mbotok.pod

Ime datoteke za rezultate: mbotok.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: mbotok.def

Ime datoteke za S-transformacijo: mbotok.str

Datum: 1. 6.2012

Čas: 13:24:41

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R402	273.2094	Dani reper
RKy	0.0000	Novi reper
RK3	0.0000	Novi reper
RK4	0.0000	Novi reper
R455	0.0000	Novi reper
R454	0.0000	Novi reper
R453	0.0000	Novi reper
R452	0.0000	Novi reper
R3	0.0000	Novi reper
R5	0.0000	Novi reper
16v	0.0000	Novi reper
14v	0.0000	Novi reper
12v	0.0000	Novi reper
10v	0.0000	Novi reper
8v	0.0000	Novi reper
6v	0.0000	Novi reper
4v	0.0000	Novi reper
2v	0.0000	Novi reper
0v	0.0000	Novi reper
R1	0.0000	Novi reper
23v	0.0000	Novi reper
18v	0.0000	Novi reper
17v	0.0000	Novi reper
3v	0.0000	Novi reper
7v	0.0000	Novi reper
11v	0.0000	Novi reper
15v	0.0000	Novi reper
19v	0.0000	Novi reper
20v	0.0000	Novi reper
21v	0.0000	Novi reper
1h	0.0000	Novi reper
5h	0.0000	Novi reper
13v	0.0000	Novi reper
9v	0.0000	Novi reper
5v	0.0000	Novi reper

Število vseh reperjev = 35
Število danih reperjev = 1
Število novih reperjev = 34

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R402	16v	-0.2121	0.0160
16v	14v	0.0519	0.0220
14v	12v	0.0272	0.0150
12v	10v	-0.0353	0.0220
10v	8v	0.0892	0.0150
8v	6v	-0.1396	0.0220
6v	4v	0.1794	0.0150
4v	2v	-0.1532	0.0220
2v	0v	0.1943	0.0140
0v	R1	-0.1922	0.0280
R1	23v	0.2990	0.0440
23v	18v	-4.3617	0.0600
18v	17v	-0.0266	0.0180
17v	3v	-0.0235	0.0330
3v	7v	-0.0003	0.0380
7v	11v	-0.0203	0.0380
11v	15v	-0.0020	0.0380
15v	19v	0.0712	0.0180
19v	20v	-0.0367	0.0210
20v	21v	4.2369	0.2210
21v	R402	0.0548	0.0210
R402	RKy	0.4348	0.2120
RKy	RK3	0.0612	0.1050
RK3	RK4	0.1498	0.0260
RK4	R402	-0.6460	0.1400
R455	R454	-1.9668	0.2530
R454	R453	1.3046	0.1620
R453	R452	0.0702	0.2940
R5	R3	-6.2405	0.4230
R1	R3	7.7017	0.5490
R402	RK4	0.6459	0.1380
RK4	R455	10.2588	0.1170
R402	5h	1.4132	0.0370
13v	11v	0.0025	0.0180
9v	7v	0.0117	0.0180
5v	3v	-0.0050	0.0180
0v	1h	1.3731	0.0320

Število opazovanj = 37

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Koefficienti			Utež
			a1	a2	f	
1	R402	16v	0.	-1.	272.9973	62.5000
2	16v	14v	-1.	1.	-0.0519	45.4545
3	14v	12v	-1.	1.	-0.0272	66.6667
4	12v	10v	1.	-1.	-0.0353	45.4545
5	10v	8v	-1.	1.	-0.0892	66.6667
6	8v	6v	1.	-1.	-0.1396	45.4545
7	6v	4v	-1.	1.	-0.1794	66.6667
8	4v	2v	1.	-1.	-0.1532	45.4545
9	2v	0v	-1.	1.	-0.1943	71.4286
10	0v	R1	1.	-1.	-0.1922	35.7143
11	R1	23v	-1.	1.	-0.2990	22.7273
12	23v	18v	1.	-1.	-4.3617	16.6667
13	18v	17v	1.	-1.	-0.0266	55.5556
14	17v	3v	1.	-1.	-0.0235	30.3030
15	3v	7v	1.	-1.	-0.0003	26.3158
16	7v	11v	1.	-1.	-0.0203	26.3158
17	11v	15v	1.	-1.	-0.0020	26.3158
18	15v	19v	-1.	1.	-0.0712	55.5556
19	19v	20v	1.	-1.	-0.0367	47.6190
20	20v	21v	-1.	1.	-4.2369	4.5249
21	21v	R402	-1.	0.	273.1547	47.6190
22	R402	RKy	0.	1.	*****	4.7170
23	RKy	RK3	-1.	1.	-0.0612	9.5238
24	RK3	RK4	-1.	1.	-0.1498	38.4615
25	RK4	R402	1.	0.	*****	7.1429
26	R455	R454	1.	-1.	-1.9668	3.9526
27	R454	R453	-1.	1.	-1.3046	6.1728
28	R453	R452	-1.	1.	-0.0702	3.4014
29	R5	R3	1.	-1.	-6.2405	2.3641
30	R1	R3	-1.	1.	-7.7017	1.8215
31	R402	RK4	0.	1.	*****	7.2464
32	RK4	R455	-1.	1.	-10.2588	8.5470
33	R402	5h	0.	1.	*****	27.0270
34	13v	11v	-1.	1.	-0.0025	55.5556
35	9v	7v	-1.	1.	-0.0117	55.5556
36	5v	3v	1.	-1.	-0.0050	55.5556
37	0v	1h	-1.	1.	-1.3731	31.2500

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1	R402	16v	-0.2121	0.0000	-0.2121
2	16v	14v	0.0519	0.0000	0.0519
3	14v	12v	0.0272	0.0000	0.0272
4	12v	10v	-0.0353	0.0000	-0.0353
5	10v	8v	0.0892	0.0000	0.0892
6	8v	6v	-0.1396	0.0000	-0.1396
7	6v	4v	0.1794	0.0000	0.1794

8	4v	2v	-0.1532	0.0000	-0.1532
9	2v	0v	0.1943	0.0000	0.1942
10	0v	R1	-0.1922	0.0000	-0.1922
11	R1	23v	0.2990	0.0000	0.2990
12	23v	18v	-4.3617	0.0000	-4.3618
13	18v	17v	-0.0266	0.0000	-0.0266
14	17v	3v	-0.0235	0.0000	-0.0235
15	3v	7v	-0.0003	0.0000	-0.0003
16	7v	11v	-0.0203	0.0000	-0.0203
17	11v	15v	-0.0020	0.0000	-0.0020
18	15v	19v	0.0712	0.0000	0.0712
19	19v	20v	-0.0367	0.0000	-0.0367
20	20v	21v	4.2369	-0.0001	4.2368
21	21v	R402	0.0548	0.0000	0.0547
22	R402	RKy	0.4348	0.0000	0.4349
23	RKy	RK3	0.0612	0.0000	0.0612
24	RK3	RK4	0.1498	0.0000	0.1498
25	RK4	R402	-0.6460	0.0000	-0.6459
26	R455	R454	-1.9668	0.0000	-1.9668
27	R454	R453	1.3046	0.0000	1.3046
28	R453	R452	0.0702	0.0000	0.0702
29	R5	R3	-6.2405	0.0000	-6.2405
30	R1	R3	7.7017	0.0000	7.7017
31	R402	RK4	0.6459	0.0000	0.6459
32	RK4	R455	10.2588	0.0000	10.2588
33	R402	5h	1.4132	0.0000	1.4132
34	13v	11v	0.0025	0.0000	0.0025
35	9v	7v	0.0117	0.0000	0.0117
36	5v	3v	-0.0050	0.0000	-0.0050
37	0v	1h	1.3731	0.0000	1.3731

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00029$

Izračunano odstopanje = ***** mm ($s = 3.283$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 1.9$ mm
 - mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 3.9$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
RKy	0.0000	273.6443	273.6443	0.0001
RK3	0.0000	273.7055	273.7055	0.0001
RK4	0.0000	273.8554	273.8554	0.0001
R455	0.0000	284.1141	284.1141	0.0001
R454	0.0000	282.1473	282.1473	0.0002
R453	0.0000	283.4519	283.4519	0.0002
R452	0.0000	283.5221	283.5221	0.0003
R3	0.0000	280.7206	280.7206	0.0002
R5	0.0000	286.9611	286.9611	0.0003

16v	0.0000	272.9973	272.9973	0.0000
14v	0.0000	273.0492	273.0492	0.0001
12v	0.0000	273.0764	273.0764	0.0001
10v	0.0000	273.0411	273.0411	0.0001
8v	0.0000	273.1302	273.1302	0.0001
6v	0.0000	272.9906	272.9906	0.0001
4v	0.0000	273.1700	273.1700	0.0001
2v	0.0000	273.0168	273.0168	0.0001
0v	0.0000	273.2111	273.2111	0.0001
R1	0.0000	273.0188	273.0188	0.0001
23v	0.0000	273.3178	273.3178	0.0001
18v	0.0000	268.9560	268.9560	0.0001
17v	0.0000	268.9295	268.9295	0.0001
3v	0.0000	268.9060	268.9060	0.0001
7v	0.0000	268.9057	268.9057	0.0001
11v	0.0000	268.8854	268.8854	0.0001
15v	0.0000	268.8834	268.8834	0.0001
19v	0.0000	268.9546	268.9546	0.0001
20v	0.0000	268.9179	268.9179	0.0001
21v	0.0000	273.1547	273.1547	0.0000
1h	0.0000	274.5842	274.5842	0.0001
5h	0.0000	274.6227	274.6227	0.0001
13v	0.0000	268.8829	268.8829	0.0001
9v	0.0000	268.8940	268.8940	0.0001
5v	0.0000	268.9110	268.9110	0.0001

Izravnava 2. serije meritev

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

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

Datum: 1. 6.2012
Čas: 12:49:55

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

```
=====
```

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R402	273.2094	Dani reper
RKy	0.0000	Novi reper
RK3	0.0000	Novi reper
RK4	0.0000	Novi reper
R455	0.0000	Novi reper
R454	0.0000	Novi reper
R453	0.0000	Novi reper
R452	0.0000	Novi reper

R3	0.0000	Novi reper
R5	0.0000	Novi reper
16v	0.0000	Novi reper
14v	0.0000	Novi reper
12v	0.0000	Novi reper
10v	0.0000	Novi reper
8v	0.0000	Novi reper
6v	0.0000	Novi reper
4v	0.0000	Novi reper
2v	0.0000	Novi reper
0v	0.0000	Novi reper
R1	0.0000	Novi reper
23v	0.0000	Novi reper
18v	0.0000	Novi reper
17v	0.0000	Novi reper
3v	0.0000	Novi reper
7v	0.0000	Novi reper
11v	0.0000	Novi reper
15v	0.0000	Novi reper
19v	0.0000	Novi reper
20v	0.0000	Novi reper
21v	0.0000	Novi reper
1h	0.0000	Novi reper
5h	0.0000	Novi reper
13v	0.0000	Novi reper
9v	0.0000	Novi reper
5v	0.0000	Novi reper

Število vseh reperjev = 35
Število danih reperjev = 1
Število novih reperjev = 34

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

=====			
Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R402	16v	-0.2121	0.0160
16v	14v	0.0518	0.0220
14v	12v	0.0272	0.0150
12v	10v	-0.0353	0.0220
10v	8v	0.0891	0.0150
8v	6v	-0.1396	0.0220
6v	4v	0.1794	0.0150
4v	2v	-0.1531	0.0220
2v	0v	0.1943	0.0140
0v	R1	-0.1921	0.0280
R1	23v	0.2990	0.0440
23v	18v	-4.3617	0.0600
18v	17v	-0.0266	0.0180
17v	3v	-0.0235	0.0330
3v	7v	-0.0003	0.0380
7v	11v	-0.0203	0.0380
11v	15v	-0.0020	0.0380

15v	19v	0.0712	0.0180
19v	20v	-0.0367	0.0210
20v	21v	4.2368	0.2210
21v	R402	0.0548	0.0210
R402	RKy	0.4351	0.2120
RKy	RK3	0.0610	0.1050
RK3	RK4	0.1496	0.0260
RK4	R402	-0.6457	0.1400
R455	R454	-1.9672	0.2530
R454	R453	1.3041	0.1620
R453	R452	0.0705	0.2940
R5	R3	-6.2404	0.4230
R1	R3	7.7021	0.5490
R402	RK4	0.6457	0.1380
RK4	R455	10.2582	0.1170
R402	5h	1.4132	0.0370
13v	11v	0.0025	0.0180
9v	7v	0.0117	0.0180
5v	3v	-0.0050	0.0180
0v	1h	1.3731	0.0320

Število opazovanj = 37

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 R402	16v	0.	-1.	272.9973	62.5000
2 16v	14v	-1.	1.	-0.0518	45.4545
3 14v	12v	-1.	1.	-0.0272	66.6667
4 12v	10v	1.	-1.	-0.0353	45.4545
5 10v	8v	-1.	1.	-0.0891	66.6667
6 8v	6v	1.	-1.	-0.1396	45.4545
7 6v	4v	-1.	1.	-0.1794	66.6667
8 4v	2v	1.	-1.	-0.1531	45.4545
9 2v	0v	-1.	1.	-0.1943	71.4286
10 0v	R1	1.	-1.	-0.1921	35.7143
11 R1	23v	-1.	1.	-0.2990	22.7273
12 23v	18v	1.	-1.	-4.3617	16.6667
13 18v	17v	1.	-1.	-0.0266	55.5556
14 17v	3v	1.	-1.	-0.0235	30.3030
15 3v	7v	1.	-1.	-0.0003	26.3158
16 7v	11v	1.	-1.	-0.0203	26.3158
17 11v	15v	1.	-1.	-0.0020	26.3158
18 15v	19v	-1.	1.	-0.0712	55.5556
19 19v	20v	1.	-1.	-0.0367	47.6190
20 20v	21v	-1.	1.	-4.2368	4.5249
21 21v	R402	-1.	0.	273.1547	47.6190
22 R402	RKy	0.	1.	*****	4.7170
23 RKy	RK3	-1.	1.	-0.0610	9.5238

24	RK3	RK4	-1.	1.	-0.1496	38.4615
25	RK4	R402	1.	0.	*****	7.1429
26	R455	R454	1.	-1.	-1.9672	3.9526
27	R454	R453	-1.	1.	-1.3041	6.1728
28	R453	R452	-1.	1.	-0.0705	3.4014
29	R5	R3	1.	-1.	-6.2404	2.3641
30	R1	R3	-1.	1.	-7.7021	1.8215
31	R402	RK4	0.	1.	*****	7.2464
32	RK4	R455	-1.	1.	-10.2582	8.5470
33	R402	5h	0.	1.	*****	27.0270
34	13v	11v	-1.	1.	-0.0025	55.5556
35	9v	7v	-1.	1.	-0.0117	55.5556
36	5v	3v	1.	-1.	-0.0050	55.5556
37	0v	1h	-1.	1.	-1.3731	31.2500

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1	R402	16v	-0.2121	0.0000	-0.2121
2	16v	14v	0.0518	0.0000	0.0518
3	14v	12v	0.0272	0.0000	0.0272
4	12v	10v	-0.0353	0.0000	-0.0353
5	10v	8v	0.0891	0.0000	0.0891
6	8v	6v	-0.1396	0.0000	-0.1396
7	6v	4v	0.1794	0.0000	0.1794
8	4v	2v	-0.1531	0.0000	-0.1531
9	2v	0v	0.1943	0.0000	0.1943
10	0v	R1	-0.1921	0.0000	-0.1921
11	R1	23v	0.2990	0.0000	0.2990
12	23v	18v	-4.3617	0.0000	-4.3617
13	18v	17v	-0.0266	0.0000	-0.0266
14	17v	3v	-0.0235	0.0000	-0.0235
15	3v	7v	-0.0003	0.0000	-0.0003
16	7v	11v	-0.0203	0.0000	-0.0203
17	11v	15v	-0.0020	0.0000	-0.0020
18	15v	19v	0.0712	0.0000	0.0712
19	19v	20v	-0.0367	0.0000	-0.0367
20	20v	21v	4.2368	-0.0002	4.2366
21	21v	R402	0.0548	0.0000	0.0547
22	R402	RKy	0.4351	0.0000	0.4351
23	RKy	RK3	0.0610	0.0000	0.0610
24	RK3	RK4	0.1496	0.0000	0.1496
25	RK4	R402	-0.6457	0.0000	-0.6457
26	R455	R454	-1.9672	0.0000	-1.9672
27	R454	R453	1.3041	0.0000	1.3041
28	R453	R452	0.0705	0.0000	0.0705
29	R5	R3	-6.2404	0.0000	-6.2404
30	R1	R3	7.7021	0.0000	7.7021
31	R402	RK4	0.6457	0.0001	0.6457
32	RK4	R455	10.2582	0.0000	10.2582
33	R402	5h	1.4132	0.0000	1.4132
34	13v	11v	0.0025	0.0000	0.0025

35	9v	7v	0.0117	0.0000	0.0117
36	5v	3v	-0.0050	0.0000	-0.0050
37	0v	1h	1.3731	0.0000	1.3731

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00039$

Izračunano odstopanje = ***** mm ($s = 3.283$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \text{SQRT}(s+0.04 \cdot s^2) = 1.9$ mm
 - mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \text{SQRT}(s+0.04 \cdot s^2) = 3.9$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
RKy	0.0000	273.6445	273.6445	0.0001
RK3	0.0000	273.7055	273.7055	0.0001
RK4	0.0000	273.8551	273.8551	0.0001
R455	0.0000	284.1133	284.1133	0.0002
R454	0.0000	282.1462	282.1462	0.0003
R453	0.0000	283.4503	283.4503	0.0003
R452	0.0000	283.5208	283.5208	0.0004
R3	0.0000	280.7211	280.7211	0.0003
R5	0.0000	286.9615	286.9615	0.0004
16v	0.0000	272.9973	272.9973	0.0000
14v	0.0000	273.0491	273.0491	0.0001
12v	0.0000	273.0763	273.0763	0.0001
10v	0.0000	273.0410	273.0410	0.0001
8v	0.0000	273.1301	273.1301	0.0001
6v	0.0000	272.9905	272.9905	0.0001
4v	0.0000	273.1699	273.1699	0.0001
2v	0.0000	273.0168	273.0168	0.0001
0v	0.0000	273.2111	273.2111	0.0001
R1	0.0000	273.0190	273.0190	0.0001
23v	0.0000	273.3180	273.3180	0.0002
18v	0.0000	268.9562	268.9562	0.0002
17v	0.0000	268.9297	268.9297	0.0002
3v	0.0000	268.9062	268.9062	0.0002
7v	0.0000	268.9058	268.9058	0.0002
11v	0.0000	268.8856	268.8856	0.0002
15v	0.0000	268.8835	268.8835	0.0002
19v	0.0000	268.9547	268.9547	0.0002
20v	0.0000	268.9180	268.9180	0.0002
21v	0.0000	273.1547	273.1547	0.0001
1h	0.0000	274.5842	274.5842	0.0002
5h	0.0000	274.6226	274.6226	0.0001
13v	0.0000	268.8831	268.8831	0.0002
9v	0.0000	268.8941	268.8941	0.0002
5v	0.0000	268.9112	268.9112	0.0002

**Priloga E: IZHODNA DATOTEKA PROGRAMA VIM – SKUPNA IZRAVNAVA 1. IN 2.
SERIJE MERITEV**

Izravnava VIšinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.4.0, dec. 02

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: mbotok.pod

Ime datoteke za rezultate: mbotok.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: mbotok.def

Ime datoteke za S-transformacijo: mbotok.str

Datum: 1. 6.2012

Čas: 13:54: 4

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R402	273.2094	Dani reper
RK400	0.0000	Novi reper
K3	0.0000	Novi reper
K4	0.0000	Novi reper
R455	0.0000	Novi reper
R454	0.0000	Novi reper
R453	0.0000	Novi reper
R452	0.0000	Novi reper
R3	0.0000	Novi reper
R5	0.0000	Novi reper
16v	0.0000	Novi reper
14v	0.0000	Novi reper
12v	0.0000	Novi reper
10v	0.0000	Novi reper
8v	0.0000	Novi reper
6v	0.0000	Novi reper
4v	0.0000	Novi reper
2v	0.0000	Novi reper
0v	0.0000	Novi reper
R1	0.0000	Novi reper
23v	0.0000	Novi reper
18v	0.0000	Novi reper
17v	0.0000	Novi reper
3v	0.0000	Novi reper
7v	0.0000	Novi reper
11v	0.0000	Novi reper
15v	0.0000	Novi reper
19v	0.0000	Novi reper
20v	0.0000	Novi reper
21v	0.0000	Novi reper
1h	0.0000	Novi reper
5h	0.0000	Novi reper
13v	0.0000	Novi reper
9v	0.0000	Novi reper
5v	0.0000	Novi reper

Število vseh reperjev = 35

Število danih reperjev = 1

Število novih reperjev = 34

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R402	16v	-0.2121	0.0160
16v	14v	0.0519	0.0220
14v	12v	0.0272	0.0150
12v	10v	-0.0353	0.0220
10v	8v	0.0891	0.0150
8v	6v	-0.1396	0.0220
6v	4v	0.1794	0.0150
4v	2v	-0.1531	0.0220
2v	0v	0.1943	0.0140
0v	R1	-0.1921	0.0280
R1	23v	0.2990	0.0440
23v	18v	-4.3617	0.0600
18v	17v	-0.0266	0.0180
17v	3v	-0.0235	0.0330
3v	7v	-0.0003	0.0380
7v	11v	-0.0203	0.0380
11v	15v	-0.0020	0.0380
15v	19v	0.0712	0.0180
19v	20v	-0.0367	0.0210
20v	21v	4.2369	0.2210
21v	R402	0.0548	0.0210
R402	RK400	0.4350	0.2120
RK400	K3	0.0611	0.1050
K3	K4	0.1497	0.0260
K4	R402	-0.6459	0.1400
R455	R454	-1.9670	0.2530
R454	R453	1.3044	0.1620
R453	R452	0.0704	0.2940
R5	R3	-6.2405	0.4230
R1	R3	7.7019	0.5490
R402	K4	0.6458	0.1380
K4	R455	10.2585	0.1170
R402	5h	1.4132	0.0370
13v	11v	0.0025	0.0180
9v	7v	0.0117	0.0180
5v	3v	-0.0050	0.0180
0v	1h	1.3731	0.0320

Število opazovanj = 37

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper	Reper	Koeficienti
-----------	-------	-------------

op. zadaj	spredaj	a1	a2	f	Utež
1 R402	16v	0.	-1.	272.9973	62.5000
2 16v	14v	-1.	1.	-0.0519	45.4545
3 14v	12v	-1.	1.	-0.0272	66.6667
4 12v	10v	1.	-1.	-0.0353	45.4545
5 10v	8v	-1.	1.	-0.0891	66.6667
6 8v	6v	1.	-1.	-0.1396	45.4545
7 6v	4v	-1.	1.	-0.1794	66.6667
8 4v	2v	1.	-1.	-0.1531	45.4545
9 2v	0v	-1.	1.	-0.1943	71.4286
10 0v	R1	1.	-1.	-0.1921	35.7143
11 R1	23v	-1.	1.	-0.2990	22.7273
12 23v	18v	1.	-1.	-4.3617	16.6667
13 18v	17v	1.	-1.	-0.0266	55.5556
14 17v	3v	1.	-1.	-0.0235	30.3030
15 3v	7v	1.	-1.	-0.0003	26.3158
16 7v	11v	1.	-1.	-0.0203	26.3158
17 11v	15v	1.	-1.	-0.0020	26.3158
18 15v	19v	-1.	1.	-0.0712	55.5556
19 19v	20v	1.	-1.	-0.0367	47.6190
20 20v	21v	-1.	1.	-4.2369	4.5249
21 21v	R402	-1.	0.	273.1547	47.6190
22 R402	RK400	0.	1.	*****	4.7170
23 RK400	K3	-1.	1.	-0.0611	9.5238
24 K3	K4	-1.	1.	-0.1497	38.4615
25 K4	R402	1.	0.	*****	7.1429
26 R455	R454	1.	-1.	-1.9670	3.9526
27 R454	R453	-1.	1.	-1.3044	6.1728
28 R453	R452	-1.	1.	-0.0704	3.4014
29 R5	R3	1.	-1.	-6.2405	2.3641
30 R1	R3	-1.	1.	-7.7019	1.8215
31 R402	K4	0.	1.	*****	7.2464
32 K4	R455	-1.	1.	-10.2585	8.5470
33 R402	5h	0.	1.	*****	27.0270
34 13v	11v	-1.	1.	-0.0025	55.5556
35 9v	7v	-1.	1.	-0.0117	55.5556
36 5v	3v	1.	-1.	-0.0050	55.5556
37 0v	1h	-1.	1.	-1.3731	31.2500

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1 R402	16v	-0.2121	0.0000	-0.2121
2 16v	14v	0.0519	0.0000	0.0519
3 14v	12v	0.0272	0.0000	0.0272
4 12v	10v	-0.0353	0.0000	-0.0353
5 10v	8v	0.0891	0.0000	0.0891
6 8v	6v	-0.1396	0.0000	-0.1396
7 6v	4v	0.1794	0.0000	0.1794
8 4v	2v	-0.1531	0.0000	-0.1531
9 2v	0v	0.1943	0.0000	0.1943

10	0v	R1	-0.1921	0.0000	-0.1922
11	R1	23v	0.2990	0.0000	0.2990
12	23v	18v	-4.3617	0.0000	-4.3617
13	18v	17v	-0.0266	0.0000	-0.0266
14	17v	3v	-0.0235	0.0000	-0.0235
15	3v	7v	-0.0003	0.0000	-0.0003
16	7v	11v	-0.0203	0.0000	-0.0203
17	11v	15v	-0.0020	0.0000	-0.0020
18	15v	19v	0.0712	0.0000	0.0712
19	19v	20v	-0.0367	0.0000	-0.0367
20	20v	21v	4.2369	-0.0001	4.2367
21	21v	R402	0.0548	0.0000	0.0547
22	R402	RK400	0.4350	0.0000	0.4350
23	RK400	K3	0.0611	0.0000	0.0611
24	K3	K4	0.1497	0.0000	0.1497
25	K4	R402	-0.6459	0.0000	-0.6458
26	R455	R454	-1.9670	0.0000	-1.9670
27	R454	R453	1.3044	0.0000	1.3044
28	R453	R452	0.0704	0.0000	0.0704
29	R5	R3	-6.2405	0.0000	-6.2405
30	R1	R3	7.7019	0.0000	7.7019
31	R402	K4	0.6458	0.0000	0.6458
32	K4	R455	10.2585	0.0000	10.2585
33	R402	5h	1.4132	0.0000	1.4132
34	13v	11v	0.0025	0.0000	0.0025
35	9v	7v	0.0117	0.0000	0.0117
36	5v	3v	-0.0050	0.0000	-0.0050
37	0v	1h	1.3731	0.0000	1.3731

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00034$

Izračunano odstopanje = ***** mm ($s = 3.283$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

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

- mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 3.9$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
RK400	0.0000	273.6444	273.6444	0.0001
K3	0.0000	273.7055	273.7055	0.0001
K4	0.0000	273.8552	273.8552	0.0001
R455	0.0000	284.1137	284.1137	0.0001
R454	0.0000	282.1467	282.1467	0.0002
R453	0.0000	283.4511	283.4511	0.0003
R452	0.0000	283.5215	283.5215	0.0003
R3	0.0000	280.7208	280.7208	0.0003
R5	0.0000	286.9613	286.9613	0.0004
16v	0.0000	272.9973	272.9973	0.0000
14v	0.0000	273.0491	273.0491	0.0001

12v	0.0000	273.0763	273.0763	0.0001
10v	0.0000	273.0410	273.0410	0.0001
8v	0.0000	273.1302	273.1302	0.0001
6v	0.0000	272.9905	272.9905	0.0001
4v	0.0000	273.1699	273.1699	0.0001
2v	0.0000	273.0168	273.0168	0.0001
0v	0.0000	273.2111	273.2111	0.0001
R1	0.0000	273.0189	273.0189	0.0001
23v	0.0000	273.3179	273.3179	0.0001
18v	0.0000	268.9561	268.9561	0.0001
17v	0.0000	268.9296	268.9296	0.0001
3v	0.0000	268.9061	268.9061	0.0001
7v	0.0000	268.9058	268.9058	0.0001
11v	0.0000	268.8855	268.8855	0.0001
15v	0.0000	268.8835	268.8835	0.0001
19v	0.0000	268.9547	268.9547	0.0001
20v	0.0000	268.9180	268.9180	0.0001
21v	0.0000	273.1547	273.1547	0.0000
1h	0.0000	274.5842	274.5842	0.0001
5h	0.0000	274.6226	274.6226	0.0001
13v	0.0000	268.8830	268.8830	0.0002
9v	0.0000	268.8941	268.8941	0.0002
5v	0.0000	268.9111	268.9111	0.0002

Priloga F: IZHODNA DATOTEKA PROGRAMA VIM – IZRAVNAVA IZHODIŠČ

Izravnava VIšinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.4.0, dec. 02

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: izhodisce.pod

Ime datoteke za rezultate: izhodisce.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: izhodisce.def

Ime datoteke za S-transformacijo: izhodisce.str

Datum: 2. 6.2012

Čas: 0: 1: 9

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R1	273.0180	Dani reper
R402	273.2085	Dani reper
RK3	280.7208	Novi reper
RK400	273.6444	Novi reper
RK454	282.1467	Novi reper

Število vseh reperjev = 5

Število danih reperjev = 2

Število novih reperjev = 3

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R1	RK3	7.7019	0.5490
R402	RK400	0.4350	0.2120
R402	RK454	8.9373	0.5080
R402	R1	-0.1904	0.1910

Število opazovanj = 4

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koefficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 R1	RK3	0.	1.	0.0009	1.8215
2 R402	RK400	0.	1.	0.0010	4.7170
3 R402	RK454	0.	1.	0.0009	1.9685
4 R402	R1	0.	0.	0.0001	5.2356

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1 R1	RK3	7.7019	0.0000	7.7019
2 R402	RK400	0.4350	0.0000	0.4350
3 R402	RK454	8.9373	0.0000	8.9373
4 R402	R1	-0.1904	-0.0001	-0.1905

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00028$

Izračunano odstopanje = ***** mm ($s = 1.460$ km).

Dopustna odstopanja v nivelmanskem vlaklu:

- niv. mreža 1. reda $f = \pm 1.5 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 1.9$ mm
- niv. mreža 2. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 2.5$ mm
- niv. mreža 3. reda $f = \pm 5 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 6.2$ mm
- niv. mreža 4. reda $f = \pm 8 \cdot \sqrt{s+0.06 \cdot s^2} = 10.1$ mm
- mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 2.5$ mm
- mestna niv. mreža 2. reda $f = \pm 3 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 3.7$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
RK3	280.7208	-0.0009	280.7199	0.0002
RK400	273.6444	-0.0010	273.6435	0.0001
RK454	282.1467	-0.0009	282.1458	0.0002

**Priloga G: IZHODNA DATOTEKA PROGRAMA VIM – KONČNA IZRAVNAVA Z
IZHODIŠČI IN NOVIMI REPERJI**

Izravnava VIšinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.4.0, dec. 02

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: mbotok.pod

Ime datoteke za rezultate: mbotok.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: mbotok.def

Ime datoteke za S-transformacijo: mbotok.str

Datum: 2. 6.2012

Čas: 0:23:57

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
R402	273.2085	Dani reper
R1	273.0180	Dani reper
RK3	280.7199	Dani reper
RK400	273.6435	Dani reper
RK454	282.1458	Dani reper
K3	273.7055	Novi reper
K4	273.8552	Novi reper
R455	284.1137	Novi reper
R453	283.4511	Novi reper
R452	283.5215	Novi reper
R5	286.9613	Novi reper
16v	272.9973	Novi reper
14v	273.0491	Novi reper
12v	273.0763	Novi reper
10v	273.0410	Novi reper
8v	273.1302	Novi reper
6v	272.9905	Novi reper
4v	273.1699	Novi reper
2v	273.0168	Novi reper
0v	273.2111	Novi reper
23v	273.3179	Novi reper
18v	268.9561	Novi reper
17v	268.9296	Novi reper
3v	268.9061	Novi reper
7v	268.9058	Novi reper
11v	268.8855	Novi reper
15v	268.8835	Novi reper
19v	268.9547	Novi reper
20v	268.9180	Novi reper
21v	273.1547	Novi reper
1h	274.5842	Novi reper
5h	274.6226	Novi reper
13v	268.8830	Novi reper
9v	268.8941	Novi reper
5v	268.9111	Novi reper

Število vseh reperjev = 35

Število danih reperjev = 5

Število novih reperjev = 30

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R402	16v	-0.2121	0.0160
16v	14v	0.0519	0.0220
14v	12v	0.0272	0.0150
12v	10v	-0.0353	0.0220
10v	8v	0.0891	0.0150
8v	6v	-0.1396	0.0220
6v	4v	0.1794	0.0150
4v	2v	-0.1531	0.0220
2v	0v	0.1943	0.0140
0v	R1	-0.1921	0.0280
R1	23v	0.2990	0.0440
23v	18v	-4.3617	0.0600
18v	17v	-0.0266	0.0180
17v	3v	-0.0235	0.0330
3v	7v	-0.0003	0.0380
7v	11v	-0.0203	0.0380
11v	15v	-0.0020	0.0380
15v	19v	0.0712	0.0180
19v	20v	-0.0367	0.0210
20v	21v	4.2369	0.2210
21v	R402	0.0548	0.0210
R402	RK400	0.4350	0.2120
RK400	K3	0.0611	0.1050
K3	K4	0.1497	0.0260
K4	R402	-0.6459	0.1400
R455	RK454	-1.9670	0.2530
RK454	R453	1.3044	0.1620
R453	R452	0.0704	0.2940
R5	RK3	-6.2405	0.4230
R1	RK3	7.7019	0.5490
R402	K4	0.6458	0.1380
K4	R455	10.2585	0.1170
R402	5h	1.4132	0.0370
13v	11v	0.0025	0.0180
9v	7v	0.0117	0.0180
5v	3v	-0.0050	0.0180
0v	1h	1.3731	0.0320

Število opazovanj = 37

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper	Reper	Koeficienti
-----------	-------	-------------

op.	zadaj	spredaj	a1	a2	f	Utež
1	R402	16v	0.	-1.	-0.0009	62.5000
2	16v	14v	-1.	1.	-0.0001	45.4545
3	14v	12v	-1.	1.	0.0000	66.6667
4	12v	10v	1.	-1.	0.0000	45.4545
5	10v	8v	-1.	1.	0.0001	66.6667
6	8v	6v	1.	-1.	0.0000	45.4545
7	6v	4v	-1.	1.	0.0000	66.6667
8	4v	2v	1.	-1.	0.0000	45.4545
9	2v	0v	-1.	1.	0.0000	71.4286
10	0v	R1	1.	0.	0.0009	35.7143
11	R1	23v	0.	1.	0.0009	22.7273
12	23v	18v	1.	-1.	0.0001	16.6667
13	18v	17v	1.	-1.	-0.0001	55.5556
14	17v	3v	1.	-1.	0.0000	30.3030
15	3v	7v	1.	-1.	0.0000	26.3158
16	7v	11v	1.	-1.	0.0000	26.3158
17	11v	15v	1.	-1.	0.0000	26.3158
18	15v	19v	-1.	1.	0.0000	55.5556
19	19v	20v	1.	-1.	0.0000	47.6190
20	20v	21v	-1.	1.	-0.0002	4.5249
21	21v	R402	-1.	0.	-0.0010	47.6190
22	R402	RK400	0.	0.	0.0000	4.7170
23	RK400	K3	0.	1.	0.0009	9.5238
24	K3	K4	-1.	1.	0.0000	38.4615
25	K4	R402	1.	0.	0.0008	7.1429
26	R455	RK454	1.	0.	0.0009	3.9526
27	RK454	R453	0.	1.	0.0009	6.1728
28	R453	R452	-1.	1.	0.0000	3.4014
29	R5	RK3	1.	0.	0.0009	2.3641
30	R1	RK3	0.	0.	0.0000	1.8215
31	R402	K4	0.	1.	0.0009	7.2464
32	K4	R455	-1.	1.	0.0000	8.5470
33	R402	5h	0.	1.	0.0009	27.0270
34	13v	11v	-1.	1.	0.0000	55.5556
35	9v	7v	-1.	1.	0.0000	55.5556
36	5v	3v	1.	-1.	0.0000	55.5556
37	0v	1h	-1.	1.	0.0000	31.2500

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št.	Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1	R402	16v	-0.2121	0.0000	-0.2121
2	16v	14v	0.0519	0.0000	0.0519
3	14v	12v	0.0272	0.0000	0.0272
4	12v	10v	-0.0353	0.0000	-0.0353
5	10v	8v	0.0891	0.0000	0.0891
6	8v	6v	-0.1396	0.0000	-0.1396
7	6v	4v	0.1794	0.0000	0.1794
8	4v	2v	-0.1531	0.0000	-0.1531
9	2v	0v	0.1943	0.0000	0.1943

10	0v	R1	-0.1921	0.0000	-0.1922
11	R1	23v	0.2990	0.0000	0.2990
12	23v	18v	-4.3617	0.0000	-4.3617
13	18v	17v	-0.0266	0.0000	-0.0266
14	17v	3v	-0.0235	0.0000	-0.0235
15	3v	7v	-0.0003	0.0000	-0.0003
16	7v	11v	-0.0203	0.0000	-0.0203
17	11v	15v	-0.0020	0.0000	-0.0020
18	15v	19v	0.0712	0.0000	0.0712
19	19v	20v	-0.0367	0.0000	-0.0367
20	20v	21v	4.2369	-0.0001	4.2367
21	21v	R402	0.0548	0.0000	0.0547
22	R402	RK400	0.4350	0.0000	0.4350
23	RK400	K3	0.0611	0.0000	0.0611
24	K3	K4	0.1497	0.0000	0.1497
25	K4	R402	-0.6459	0.0000	-0.6458
26	R455	RK454	-1.9670	0.0000	-1.9670
27	RK454	R453	1.3044	0.0000	1.3044
28	R453	R452	0.0704	0.0000	0.0704
29	R5	RK3	-6.2405	0.0000	-6.2405
30	R1	RK3	7.7019	0.0000	7.7019
31	R402	K4	0.6458	0.0000	0.6458
32	K4	R455	10.2585	0.0000	10.2585
33	R402	5h	1.4132	0.0000	1.4132
34	13v	11v	0.0025	0.0000	0.0025
35	9v	7v	0.0117	0.0000	0.0117
36	5v	3v	-0.0050	0.0000	-0.0050
37	0v	1h	1.3731	0.0000	1.3731

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00023$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
K3	273.7055	-0.0009	273.7046	0.0000
K4	273.8552	-0.0009	273.8543	0.0000
R455	284.1137	-0.0009	284.1128	0.0001
R453	283.4511	-0.0009	283.4502	0.0001
R452	283.5215	-0.0010	283.5205	0.0002
R5	286.9613	-0.0009	286.9604	0.0001
16v	272.9973	-0.0010	272.9964	0.0000
14v	273.0491	-0.0009	273.0482	0.0000
12v	273.0763	-0.0009	273.0754	0.0000
10v	273.0410	-0.0009	273.0401	0.0000
8v	273.1302	-0.0009	273.1293	0.0000
6v	272.9905	-0.0009	272.9896	0.0000
4v	273.1699	-0.0009	273.1690	0.0000
2v	273.0168	-0.0009	273.0159	0.0000
0v	273.2111	-0.0009	273.2102	0.0000
23v	273.3179	-0.0009	273.3170	0.0000
18v	268.9561	-0.0009	268.9552	0.0001

17v	268.9296	-0.0009	268.9287	0.0001
3v	268.9061	-0.0009	268.9052	0.0001
7v	268.9058	-0.0009	268.9048	0.0001
11v	268.8855	-0.0009	268.8846	0.0001
15v	268.8835	-0.0010	268.8826	0.0001
19v	268.9547	-0.0010	268.9537	0.0001
20v	268.9180	-0.0010	268.9170	0.0001
21v	273.1547	-0.0009	273.1538	0.0000
1h	274.5842	-0.0009	274.5833	0.0001
5h	274.6226	-0.0009	274.6217	0.0000
13v	268.8830	-0.0009	268.8821	0.0001
9v	268.8941	-0.0010	268.8931	0.0001
5v	268.9111	-0.0010	268.9102	0.0001