

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

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



26202280

Kandidat:
Grega Žvab

Določevanje premikov točk na pregradi Drtiščica

Diplomska naloga št.: 333

Mentor:
izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentor:
mag. Tomaž Gvozdanovič

Ljubljana, 2010

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

| <u>Stran z napako</u> | <u>Vrstica z napako</u> | <u>Namesto</u> | <u>Naj bo</u> |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **GREGA ŽVAB** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»**DOLOČEVANJE PREMIKOV TOČK PREGRADE DRTIŠČICA**«.

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

Ljubljana, 2.2.2011

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

| | |
|------------------------|--|
| UDK: | 528.3:528.5(043.2) |
| Avtor: | Grega Žvab |
| Mentor: | izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič |
| Somentor: | mag. Tomaž Gvozdanović |
| Naslov: | Določevanje premikov točk na pregradi Drtijiščica |
| Oprema: | 53 str., 16 pregl., 12 sl., 46 en., 15 pril. |
| Ključne besede: | redukcija dolžin, izravnava opazovanj, analiza premikov, program Premik, deformacijska analiza, metoda Hannover |

IZVLEČEK

V diplomski nalogi smo predstavili določanje premikov točk pregrade Drtijiščica. Meritve smo izvedli v petih terminskih izmerah v obdobju petih let. V prvem delu diplomske naloge smo predstavili pregrado Drtijiščica, opisali geodetsko mrežo, ki je razvita na pregradi ter prikazali položaj referenčnih in kontrolnih točk na pregradi. Predstavili smo elektronski tahimeter Leica TC 1700, s katerim smo izvedli dolžinska in kotna opazovanja, kjer smo merili horizontalne kote ter zenitne distance. Te meritve so bile osnova za določitev položajnih in vertikalnih koordinat kontrolnih točk na pregradi. Opisali smo postopek izravnave opazovanj po metodi najmanjših kvadratov. Predstavili smo deformacijsko analizo, kjer smo podrobneje opisali metodo Hannover. V drugem delu diplomske naloge smo predstavili pripravo podatkov za izravnavo opazovanj s tremi različnimi programi, in sicer smo s programom BINGO izračunali prostorske koordinate, s programom GEM smo izračunali položajne koordinate, s programom VinWim pa smo izračunali višinske koordinate. Dobljene rezultate izravnave smo nato predstavili v preglednicah, izravnane koordinate pa smo med sabo primerjali. Sledila je analiza relativnih in kumulativnih položajnih ter višinskih premikov s programom PREMIK ter z deformacijsko analizo po metodi Hannover. Na koncu smo naredili še primerjavo rezultatov, ki jih dobimo z obema metodama.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

| | |
|----------------------|--|
| UDC: | 528.3:528.5(043.2) |
| Author: | Grega Žvab |
| Supervisor: | Assoc. Prof. Ph. D. Tomaž Ambrožič |
| Cosupervisor: | M. Sc. Tomaž Gvozdanovič |
| Title: | Determination of the displacements of the barrier Drtijiščica |
| Notes: | 53 p., 16 tab., 12 fig., 46 eq., 15 ann. |
| Key words: | reduction of the length, equalization, analysis of movements, program Premik, strain analysis by the method of Hannover |

ABSTRACT

In the thesis I present the determination of the displacements of the barrier Drtijiščica. Measurements were performed in five epochs and within five-year period. In the first part I presented barrier Drtijiščica, described the geodetic network, which is developed on the barrier, and presented position of the reference and control points on the barrier. I presented an electronic Total Station Leica TC 1700, by which the length and angle of observation, where horizontal angles and zenith distance were measured, were carried out. These measurements were the basis for determining the positional and vertical coordinates of the barrier control points. I described the process of balancing the observations with the method of least squares. I presented a deformation analysis, in which I described the Hannover method in detail. In the second part of the thesis I presented the data preparation for balancing observations with three different programs: with the program BINGO I calculated the spatial coordinates, using the program GEM I calculated the positional coordinates, and using the program VinWim I calculated the altitude coordinates. The results of the equalization are then presented in the tables and the equalization coordinates were compared to each other. This was followed by analysis of the relative and cumulative positional and altitudinal displacements using the program PREMIK, and the deformation analysis with the Hannover method. In the end I made the comparison between the results obtained by both methods.

ZAHVALA

Pri pisanju diplomske naloge z naslovom Določevanje premikov točk na pregradi Drtijiščica, bi se rad zahvalil svojemu mentorju izr. prof. dr. Tomažu Ambrožiču in somentorju mag. Tomažu Gvozdanoviću, ki sta me ves čas pisanja strokovno usmerjala in pomagala z nasveti.

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|-----------|
| 1 UVOD | 1 |
| 2 GRADBENI OBJEKT PREGRADA..... | 3 |
| 2.1 Pregrada Drtijiščica | 3 |
| 2.2 Geodetska mreža | 5 |
| 2.2.1 Splošno | 5 |
| 2.2.2 Geodetska mreža na pregradi Drtijiščica | 6 |
| 2.3 Opazovanja..... | 9 |
| 2.3.1 Tahimeter Leica TC 1700 | 10 |
| 2.3.2 Reflektorji..... | 11 |
| 2.3.3 Dodatni pribor | 12 |
| 2.4 Čas opazovanj..... | 13 |
| 3 GEODETSKE KONTROLNE MERITVE..... | 14 |
| 3.1 Izmera horizontalnih smeri in poševnih dolžin | 14 |
| 3.3 Izravnava opazovanj | 15 |
| 3.4 Deformacijska analiza | 16 |
| 3.4.1 Enostavni postopek testiranja premikov točk..... | 17 |
| 3.4.2 Metoda Hannover..... | 19 |
| 4 GEODETSKE KONTROLNE MERITVE NA PREGRADI DRTIJŠČICA | 29 |
| 4.1 PRIPRAVA PODATKOV | 29 |
| 4.2 Rezultati izravnave 3D..... | 30 |
| 4.3 Rezultati izravnave 2D..... | 32 |
| 4.4 Rezultati izravnave 1D | 34 |
| 4.5 Primerjava rezultatov izravnanih koordinat med programom BINGO ter programoma GEM in VinWim | 36 |
| 4.6 Analiza relativnih ter kumulativnih položajnih premikov s programom PREMIK | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 4.7 Analiza relativnih ter kumulativnih višinskih premikov s programom PREMİK ... | 41 |
| 4.8 Deformacijska analiza 2D | 44 |
| 4.9 Deformacijska analiza 1D | 46 |
| 4.10 Primerjava rezultatov položajnih in višinskih premikov s programom premik ter z metodo Hannover..... | 48 |
| | |
| 5 ZAKLJUČEK..... | 52 |
| | |
| VIRI..... | 54 |
| | |
| PRILOGE | |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Slovenski kataster velikih pregrad | 5 |
| Preglednica 2: Karakteristike inštrumenta Leica TC 1700 | 11 |
| Preglednica 3: Karakteristike reflektorjev Leica GPR-1 in reflektivne nalepke Leica | 12 |
| Preglednica 4: Čas opazovanj na pregradi Drtijiščica..... | 13 |
| Preglednica 5: Analiza natančnosti, položajna ter višinska natančnost točk v izravnavi posameznih izmer | 31 |
| Preglednica 6: Analiza natančnosti, položajna natančnost točk v izravnavah posameznih izmer..... | 33 |
| Preglednica 7: Analiza natančnosti, višinska natančnost točk v izravnavah posameznih izmer..... | 35 |
| Preglednica 8: Primerjava rezultatov izravnanih koordinat 1. terminske izmere med programom BINGO ter programoma GEM in VinWim..... | 36 |
| Preglednica 9: Analiza položajnih premikov kontrolne točke 11 | 37 |
| Preglednica 10: Analiza položajnih premikov referenčne točke 6001 | 39 |
| Preglednica 11: Analiza višinskih premikov kontrolne točke 4 | 41 |
| Preglednica 12: Analiza višinskih premikov referenčne točke 6001 | 43 |
| Preglednica 13: Deformacijska analiza položajnih premikov po metodi Hannover | 45 |
| Preglednica 14: Deformacijska analiza višinskih premikov po metodi Hannover | 47 |
| Preglednica 15: Primerjava rezultatov položajnih premikov s programom PREMİK ter z metodo Hannover med prvo in tretjo terminsko izmero | 49 |
| Preglednica 16: Primerjava rezultatov višinskih premikov s programom PREMİK ter z metodo Hannover med drugo in peto terminsko izmero | 50 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Pregrada Drtiščica | 4 |
| Slika 2: Lokacija pregrade Drtiščica..... | 4 |
| Slika 3: Položaji točk in opazovanja na pregradi Drtiščica..... | 7 |
| Slika 4: Referenčna točka 6003 | 8 |
| Slika 5 : Kontrolna točka 1..... | 9 |
| Slika 6: Leica TC 1700 | 10 |
| Slika 7: Reflektor Leica GPR-1 | 12 |
| Slika 8: Samolepilna reflektivna nalepka Leica | 12 |
| Slika 9 : Podnožje Leica..... | 13 |
| Slika 10: Skica položajnih premikov kontrolnih in referenčnih točk | 40 |
| Slika 11: Prikaz višinskih premikov kontrolne točke 4 | 42 |
| Slika 12 :Prikaz višinskih premikov referenčne točke 6001 | 43 |

1 UVOD

Kontrolne meritve inženirske geodezije, ki vključujejo projektiranje, zakoličevanje, meritve, obdelavo podatkov ter analizo rezultatov, čedalje bolj pridobivajo na pomenu. Zavedati se je treba, da je v okolju na razpolago vedno manj prostora za izgradnjo raznih objektov, kar pa pomeni, da posamezne objekte gradimo tudi na območjih, ki so do nedavnega veljala kot neprimerna za pozidavo.

Z geodetskimi kontrolnimi meritvami se določijo premiki in deformacije merskega objekta. Kontrolne meritve vključujejo projektiranje, zakoličevanje, meritve, obdelavo podatkov in analizo rezultatov ter predstavljajo eno od področij inženirske geodezije. Najpogosteje so merski objekti v inženirski geodeziji grajeni objekti (jezovi, pregrade, mostovi in drugi prometni objekti ter industrijske naprave) in naravni pojavi, kot so plazovi, ledeniki ali tektonske plošče. Osnovna naloga geodetskih kontrolnih meritev je spremljanje izbranih merskih kontrolnih točk objekta, s ciljem zaznavanja in napovedovanja premikov in deformacij. Na osnovi geodetskih kontrolnih meritev lahko opišemo geometrični odnos referenčnih in kontrolnih točk opazovanega objekta glede na izbrano izhodišče, v odvisnosti od časa. Spremembe se nanašajo tako na sam objekt kot tudi na odnose z njegovo okolico. Z geodetskimi postopki ugotavljamo stabilnost referenčnih točk in določamo značilne premike kontrolnih točk (Bogatin, Kogoj, 2006).

Geodetske kontrolne meritve so potrebne vedno, kadar je pomembno poznavanje sprememb oblike objekta in geometričnih sprememb njegovih referenčnih točk. Z določitvijo premikov in deformacij pa je pomembna tudi določitev in upoštevanje vzrokov teh sprememb. Te meritve imajo torej preventivni pomen, predvsem v smislu spremljanja in vzdrževanja grajenih objektov in naprav, kakor tudi naravnih pojavov. Zajem in določitev premikov in deformacij tako vključujeta tri bistvene, med sabo povezane, komponente, in sicer mersko-tehniško komponento, tehniko vrednotenja ter interpretacijo (Bogatin, Kogoj, 2006).

Opazovanje premikov in deformacij na objektih, v našem primeru pregrade Drtijiščica, spada med najbolj zahtevna geodetska dela, saj gre za zahtevne objekte, katerih poškodbe, v najhujšem primeru tudi porušitev, lahko terjajo večjo gmotno škodo in človeške žrtve. Zato se

pri tovrstnih delih zahteva od geodeta visoka natančnost merjenj, uporaba temu primernega inštrumentarija, vestnost, izbira primernega časa in metode opazovanja, pravilne priprave podatkov za nadaljnjo obdelavo, izravnava nadštevilnih opazovanj, izvedba deformacijske analize in razlaga dobljenih rezultatov z upoštevanjem vsega znanja, ki ga imamo.

Pri zahtevnejših geotehničnih objektih je treba računsko prognozo obnašanja objekta primerjati z dejanskim stanjem, predpiše se program opazovanja med samo gradnjo pregrade in tudi po njej, v program opazovanja pa so vključene različne meritve.

V diplomski nalogi smo predstavili pregrado Drtijiščica, opisali geodetsko mrežo, ki je razvita na pregradi, opisali potek dela od priprave podatkov do rezultatov izravnave opazovanj petih terminskih izmer. Temu je sledila analiza kumulativnih in relativnih položajnih ter višinskih premikov s programom PREMIK, na koncu pa še podrobna deformacijska analiza po metodi Hannover.

Namen diplomske naloge je tako primerjava rezultatov položajnih premikov, višinskih premikov in prostorskih premikov, ki jih dobimo s programom PREMIK ter z metodo Hannover za vseh pet terminskih izmer.

2 GRADBENI OBJEKT PREGRADA

Pregrada je gradbeni objekt, ki pregrajuje dolino tako, da za njim nastane zbiralnik. Velika pregrada je po definiciji Svetovnega registra pregrad (ICOLD - International Commission On. Large Dams) vsaka pregrada, ki je višja od 15 m ali vsaka pregrada med 10 in 15 m višine, ki izpolnjuje vsaj enega od spodnjih pogojev (Koren, 2010):

- Dolžina krone ni manjša od 500 m.
- Vsebina zbiralnika, ki ga ustvarja pregrada, ni manjša od 1 milijona m³.
- Maksimalna visoka voda, ki vpliva na pregrado, ni manjša od 2.000 m³/s.
- Pregrada, ki je imela težke pogoje temeljenja, ali
- pregrada, ki je neobičajna konstrukcija.

V Sloveniji je bilo do marca 2010 zgrajenih 42 velikih pregrad, od tega 23 hidroenergetskih, 14 vodnogospodarskih, 2 jalovinski in 3 opuščene velike pregrade. Med hidroenergetskimi pregradami je bila na območju Moravč zgrajena tudi pregrada Drtijiščica, in sicer za nadzor nad poplavami (Koren, 2010).

2.1 Pregrada Drtijiščica

Zemeljska pregrada Drtijiščica, ki jo prikazujemo na Sliki 1, je bila zgrajena leta 2002 za potrebe zadrževanja visoke vode Radomlje in Drtijiščice. Pregrada je sestavljena iz drobljenca na vodni strani in glinenega jedra ter jalovine na suhi strani (Ravnikar Turk, Logar, 2004). Dolžina krone znaša 265 m, širina pregrade na kotu temelja pa je 150 m. Pregrada je visoka 20 m, kar jo po veljavnem pravilniku oz. pravilniku ICOLD uvršča med visoke pregrade. Absolutna višina krone je bila ob izgradnji 357,9 m. Običajna gladina zaježitve je 13,1 m pod koto krone, vendar pa se ob deževjih nivo vode dvigne do višine 3,3 m pod krono pregrade (Ravnikar Turk, Logar, 2004). Temeljna tla so sestavljena iz plasti rahlega, močno stisljivega melja, debeline 3 do 5 metrov, globlje pa se nahajata tektonsko pretrt skrilavec in meljevec. Prostornina pregrade znaša 243.000 m³. Gradnja pregrade je potekala v letih 2001 in 2002. Med gradnjo se je opazovalo posedanje temeljnih tal na 8 mestih, po gradnji pa je bil vzpostavljen sistem opazovanja na površini in v telesu pregrade.



Slika 1: Pregrada Drtijiščica (5. 9. 2010), (<http://www.slocold.si>)

Izgradnja avtoceste v zelo ozki dolini potoka Radomlje je povzročila zmanjšanje poplavne varnosti. S tem namenom se je zgradil 670 m dolg vodni rov premera 4 m, ki povezuje to dolino z dolino potoka Drtijiščice. Visoke vode Radomlje bodo preusmerjene skozi vodni rov v dolino Drtijiščice in regulirane pred zadrževalnikom. Potok Drtijiščica se zliva v potok Radomljo.



Slika 2: Lokacija pregrade Drtijiščica (30.11.2010), (<http://www.geopedia.si>)

Po EUROCODE 7 spada pregrada v geotehnično kategorijo 3. V sklopu pregrade so bili zgrajeni tudi armiranobetonski vtočni objekt, zapornični objekt, talni izpust, preliv, tesnilna zavesa in sistem namakanja habitata za žabe. Preliv (kamen v betonu) je izveden le za primer, da se vtočni objekt zamaši z naplavinami. Zgrajena sta bila tudi dva mostička in več prepustov, ki vodi okoli jezera (Ravnikar Turk, Logar 2004).

Preglednica 1: Slovenski kataster velikih pregrad

| AKUMULACIJSKI BAZEN | |
|---------------------------------------|--|
| Ime: Gradiško jezero | Vodotok: Drtijiščica |
| Prostornina: 5.900.000 m ³ | Površina zajezbe: 290.000 m ² |
| Dolžina zajezbe: 0.48 km | Prispevna površina: ni podatka |
| PRELIVNO POLJE | |
| Tip preliva: prosto prelivanje | Kapaciteta: 84 m ³ /s |

<http://www.slocold.si>

Tri mesece po zgrajeni kroni pregrade se je vzpostavil s projektom predvideni opazovalni sistem na pregradi, tako da je bila ničelna meritev za večino merskih mest izvedena februarja leta 2002. Za vzpostavitev osnovne mreže stebrov za geodetske meritve pa je bilo potrebno dalj časa, tako da je bila ničelna meritev 12 točk izvedena decembra 2002 (Ravnikar Turk, Logar, 2004).

2.2 Geodetska mreža

2.2.1 Splošno

Geodetska mreža je definirana kot množica geodetskih točk, ki so med seboj povezane v geometrijsko figuro (Stopar, 2006). V izbranem koordinatnem sistemu služi kot podlaga za opravljanje nalog geodetske izmere. Točke v geodetski mreži so osnova za nadaljnje meritve (Kogoj, 2006).

Obravnavan objekt ali območje sta predstavljena z nizom točk na objektu ali območju in v njegovi okolici. Točke z meritvami povežemo v geodetsko mrežo. *Referenčne točke* določajo geodetski datum geodetske mreže, medtem ko *točke na objektu* oziroma *kontrolne točke* predstavljajo model objekta. Položaj kontrolnih točk na objektu naj predlagata projektant in geodet, pri čemer projektant pozna obnašanje objekta ob obremenitvi ter kraje, kjer naj bi

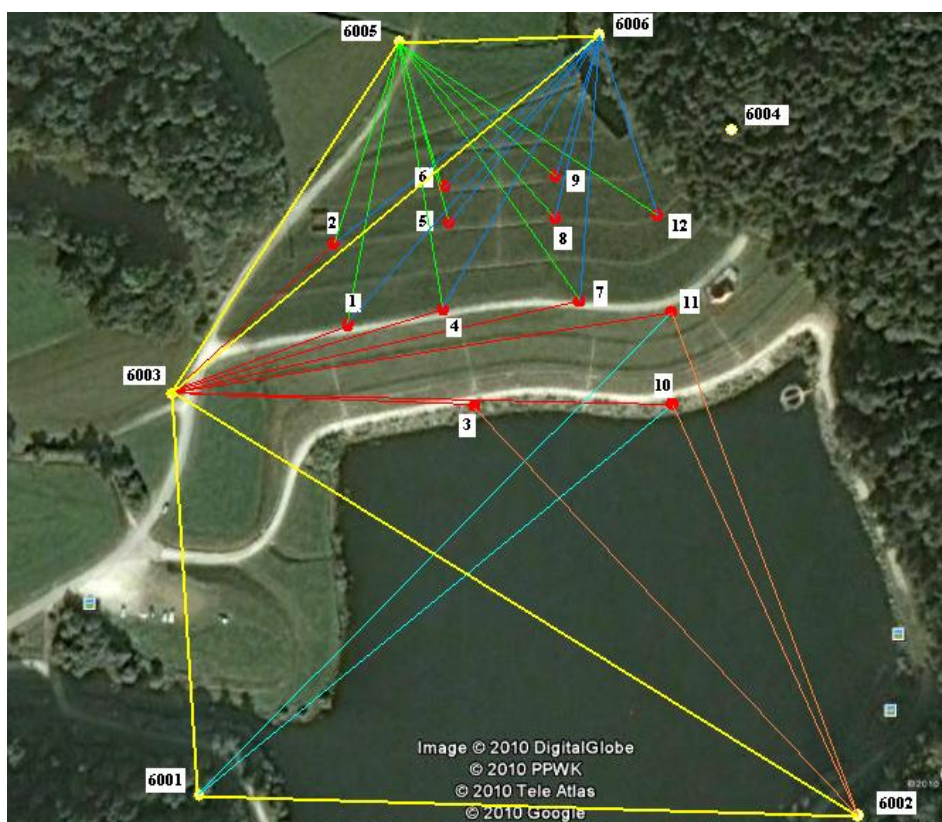
prihajalo do pričakovanih premikov in deformacij, medtem ko geodet pozna inštrumentarij, geodetske merske tehnike in pomen geometrije geodetske mreže (Koler et al., 2010).

Izbira položajev točk je večinoma odvisna od topografije terena in oblike objekta. Točke so trajno označene in stabilizirane na način, ki zagotavlja kakovostno izvedbo meritev in enolične ponovitve terminskih izmer (Savšek et al., 2010).

Geodetska mreža za deformacijsko analizo mora biti projektirana tako, da omogoča določitev premikov z vnaprej zahtevano natančnostjo in zanesljivostjo. Natančnost določitve premikov objektov in tal navadno predpiše naročnik. Od tega je neposredno odvisna metoda izmere, geometrija mreže in natančnost meritev (Koler et al, 2010).

2.2.2 Geodetska mreža na pregradi Drtijiščica

Za potrebe izvajanja geodetskih opazovanj na pregradi Drtijiščica je stabiliziranih 6 referenčnih točk v okolici pregrade (6001, 6002, 6003, 6004, 6005, 6006) ter 12 kontrolnih točk na pregradi (od 1 do 12). Iz referenčne točke 6004 opazovanja nismo izvajali, saj se že pri ničelni meritvi ni opazovalo iz točke 6004, prav tako pa so bile vse vizure iz te točke zaraščene. Geodetske meritve izvajamo v geodetski mreži, v katero so povezane referenčne in kontrolne točke. Izbira položajev točk je odvisna od topografije terena in od lastnosti objekta. Število in razporeditev točk na objektu sta povezana z lastnostmi objekta ter velikostjo in smerjo pričakovanih premikov.



Slika 3: Položaji točk in opazovanja na pregradi Drtijiščica (30. 11. 2010),
(<http://www.earth.google.com>)

Pri stabilizaciji referenčnih točk je treba zagotoviti njihovo stabilnost med meritvami, zato primerna mesta določi geodet skupaj z geologom in gradbenikom. Referenčne točke stabiliziramo z armiranobetonskimi stebri, ki omogočajo enolično in ponovljivo prisilno centriranje inštrumenta in reflektorja. Referenčne točke definirajo koordinatni sistem, v katerem spremljamo premike objekta. Te točke je treba vzpostaviti pred izmero v stabilni okolici, če je le možno enakomerno okoli objekta. Pri spremljanju stabilnosti objekta referenčne točke obravnavamo kot stabilne, vendar pa je treba njihovo stabilnost potrditi z meritvami. Izbira in določanje referenčnih točk mreže sta med najzahtevnejšimi opravili in sta ključnega pomena pri ugotavljanju premikov nestabilnih, kontrolnih točk mreže. Bistvena pri tem je izbira ustreznega kraja postavitve referenčnih točk, stabilizacija teh točk in izvedba centriranja. Ne glede na vrsto geodetske izmere morajo geodetske točke v postopku preučevanja premikov in deformacij ostati stabilne ali pa moramo zanesljivo poznati njihove premike. Stabilizirane morajo biti zunaj območja pričakovanih premikov, hkrati pa čim bližje

obravnavanemu objektu. Tako zagotovimo ustrezno natančnost določitve premikov točk (Savšek et al., 2010).

Nestabilnost referenčnih točk povzroči spremembe datumskih parametrov geodetske mreže med terminskimi izmerami. Sprememba datumskih parametrov pa povzroči, da izračunani premiki med izmerami niso enaki dejanskim premikom, ker so obremenjeni s spremembo geodetskega datuma (Savšek et al., 2010).



Slika 4: Referenčna točka 6003 (30.10.2010), (osebni arhiv)

Za zanesljivo spremljanje premikov objekta stabiliziramo kontrolne točke na objektu, ki značilno predstavijo objekt in njegove kritične predele. Na pregradi Drtijiščica so kontrolne točke enakomerno porazdeljene po vsej pregradi. Kontrolne točke imajo že vgrajene peclje, na katere natakemo reflektor s prizmo (osebni arhiv).



Slika 5 : Kontrolna točka 1 (30.10.2010), (osebni arhiv)

Geodetske mreže za ugotavljanje premikov praviloma ne omogočajo dobrega nadzora nad grobimi pogreški. Poleg izbire ustreznega inštrumenta ter ustrezne izbire metode meritev lahko povečamo natančnost določitve premikov točk s povečanjem števila nadštevilnih meritev in primerno geometrijo geodetske mreže. V primeru, da ne moremo zagotoviti zahtevane natančnosti, je treba poiskati boljšo geometrijo mreže ali pa predpostaviti večjo natančnost merjenih količin (Savšek et al., 2010).

2.3 Opazovanja

Opazovanja so dolžinska in kotna (merjenje horizontalnih kotov ter zenitnih distanc) v časovnih razmikih in te meritve so osnova za določitev položajnih ter višinskih premikov kontrolnih točk obravnavanega objekta. Meritve smo izvajali na 5 referenčnih točkah, vsako kontrolno točko smo opazovali vsaj iz 2 referenčnih točk. Na ta način smo zagotovili zadostno število nadštevilnih opazovanj med referenčnimi točkami.

Opazovanja smo opravili z elektronskim tahimetrom Leica TC 1700. Poleg elektronskega tahimetra smo uporabili še podnožja z nosilci reflektorjev, ki služijo za signalizacijo točk, originalne reflektorje Leica in reflektorske nalepke, pri katerih je potrebno pred odčitkom vnesti v inštrument konstanto 34,4 mm. Uporabili pa smo tudi še merski trak, termometer in

barometer. Poudariti moramo, da mora biti kakovost dodatnega pribora primerljiva z natančnostjo inštrumenta.

2.3.1 Tahimeter Leica TC 1700

Tahimeter Leica TC 1700 se uvršča v družino tahimetrov Leica 1000 in spada med precizne tahimetre. Namenjen je za merjenje mrež višjih redov, za natančne zakoličbe, za merjenje premikov objektov, primeren je za meritve, kjer se zahteva visoka natančnost opazovanj (Ambrožič T., 2004/2005).



Slika 6: Leica TC 1700, (10.9.2010), (<http://www.alibaba.com/countrysearch/TR/leica.html>)

Tehnične lastnosti tahimetra Leica TC 1700 pa so podane v spodnji preglednici.

Preglednica 2: Karakteristike inštrumenta Leica TC 1700

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------|
| TC 1700 | | |
| Kotna natančnost (DIN18723) | 1.5" (0.5 mgon) | |
| Resolucija zaslona | 1" (0.3 mgon) | |
| Način merjenja dolžine | Natančnost (DIN18723) | Čas merjenja |
| Standardni način | 2 mm + 2 ppm | 3.0 sec. |
| Hitri način | 3 mm + 2 ppm | 1.5 sec. |
| Precizni način | 1 mm + 2 ppm | 3.0 sec. |
| Sledenje | 5 mm + 2 ppm | 0.3 sec |
| Hitro sledenje | 1 mm + 2 ppm | 3.0 sec |
| Doseg | 1 prizma – 3.5 km | |
| Daljnogled | | |
| Povečava | 30 kratna | |
| Premer objektne leče | 42 mm | |
| Najkrajša vidna razdalja | 1.7 m | |
| Zorni kot | 1° 33' | |
| Lasersko grezilo | | |
| Natančnost centriranja | 1 mm / 1.5 m | |
| Premer laserske pike | 2,5 mm / 1.5 m | |
| Baterija | | |
| NiCd/12 V | | |
| Kapaciteta | 1.1 Ah | |
| Merjenje | 600 kotov in razdalj | |
| Območje temperaturnega delovanja | Od – 20 °C do + 50 °C | |

Vir: TPS1000_System_UserManuel_en, version 2.3, (19.10.2010)

2.3.2 Reflektorji

Pri opazovanju premikov na pregradi smo uporabljali dve vrsti reflektorjev, in sicer originalni reflektor Leica GPR-1 (slika 7) ter samolepilno reflektivno nalepko Leica (slika 8).

Tehnične lastnosti obeh reflektorjev so podane v spodnji preglednici.

Preglednica 3: Karakteristike reflektorjev Leica GPR-1 in reflektivne nalepke Leica

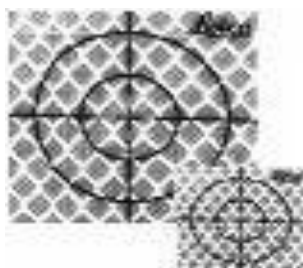
| Reflektor | Adicijska konstanta | Sprejem kota | Običajna natančnost | Doseg merjenja |
|---------------------------|---------------------|--------------|---------------------|----------------|
| Leica GPR-1 | 0 mm | +/- 30° | 1 mm | 3000 m |
| Reflektivna nalepka Leica | 34.4 mm | +/- 42° | 0.5 mm | 60-180 m |

Vir: Geoservis d.o.o., (6.12.2010)



Slika 7: Reflektor Leica GPR-1

(http://www.geoservis.si/main.php?pg=produkti.htm), (5.12.2010)



Slika 8: Samolepilna reflektivna nalepka Leica

(http://www.geoservis.si/main.php?pg=produkti.htm), (5.12.2010)

2.3.3 Dodatni pribor

Dodatni pribor, ki smo ga uporabili pri opazovanjih na referenčne ter kontrolne točke, sestavljajo nosilci reflektorjev, podnožja (slika 9), merski trak in termometer ter barometer, s katerima smo merili meteorološke parametre (temperatura zraka, zračni tlak) na vsakem stojišču.



Slika 9 : Podnožje Leica, (<http://www.geoservis.si/main.php?pg=produkti.htm>), (5.12.2010)

2.4 Čas opazovanj

V preglednici 4 so podani datumi opazovanj na pregradi Drtijiščica za vseh pet terminskih izmer.

Preglednica 4: Čas opazovanj na pregradi Drtijiščica

| Izmera | Datum |
|---------------------|--------------|
| 1. terminska izmera | 5.9.2005 |
| 2. terminska izmera | 16.8.2006 |
| 3. terminska izmera | 14.8.2007 |
| 4. terminska izmera | 11.8.2008 |
| 5. terminska izmera | 12.6.2009 |

Vir: ENS, D.O.O., (3.12.2010)

3 GEODETSKE KONTROLNE MERITVE

3.1 Izmera horizontalnih smeri in poševnih dolžin

Meritve horizontalnih smeri smo izvajali v dveh girusih ter v dveh krožnih legah. Na vsakem stojišču smo izmerili tudi temperaturo ter zračni tlak in njuni vrednosti vpisali v elektronski tahimeter. Na ta način smo izmerili poševne dolžine, popravljene za meteorološke popravke. Vsako kontrolno točko smo opazovali najmanj z dveh referenčnih točk in na ta način imeli zadostno število nadštevilnih opazovanj.

3.2 Trigonometrično višinerstvo

Nadmorske višine referenčnih in kontrolnih točk in s tem vertikalne premike smo izračunali po metodi trigonometričnega višinerstva. Trigonometrično višinerstvo je glede na geometrični nivelman uporabno v težje dostopnih hribovitih območjih, kjer je hitrejša in ekonomičnejša, ima pa omejeno natančnost. V višinskih mrežah ga nadomestimo z geometričnim nivelmanom.

Trigonometrično višinerstvo uporabljamo za (Ambrožič T., 2004/2005):

- določevanje višinskih razlik med trigonometričnimi točkami nižjih redov,
- določevanje višinskih razlik med poligonskimi točkami,
- določevanje višinskih razlik za potrebe inženirske geodezije,
- pri krajših oddaljenostih med točkami in večjih višinskih razlikah,
- določevanje višinskih razlik nedostopnih točk,
- prenos višin na večje oddaljenosti (čez reko, na otok ...),
- določevanje višinskih razlik na razgibanih terenih z velikimi višinskimi razlikami, kjer je natančnost določitve višinskih razlik večja kot pri geometričnem nivelmanu. Visoko natančnost dobimo z merjenjem poševnih dolžin z elektronskimi razdaljmeri.

Osnovni princip:

Izračun višinskih razlik na osnovi enostransko merjene zenitne razdalje in merjene poševne dolžine med točkama:

$$\Delta h_A^B = S_R * \cos Z_A^B + \frac{S_R^2}{2R} * (1 - k) * \sin Z_A^B \quad (1)$$

kjer je,

S_R - poševna dolžina od horizontalne osi inštrumenta do horizontalne osi prizme

Z_A^B - dejansko izmerjena zenitna razdalja iz točke A na točko B

R - polmer ukrivljenosti Zemlje

K - koeficient refrakcije

3.3 Izravnava opazovanj

Horizontalni ter vertikalni položaj referenčnih in kontrolnih točk v posamezni terminski izmeri določimo z izravnavo opazovanj v mreži. Vhodni podatek za izravnavo horizontalne mreže so reducirane sredine dveh girusov in sredine reduciranih dolžin na posameznih stojščih. V redukcijah dolžin smo upoštevali vplive atmosfere, ki smo jih določili na osnovi natančnih meritev temperature in zračnega tlaka.

Vhodni podatek za izravnavo višinske mreže so merjene višinske razlike in horizontalne dolžine, iz katerih izračunamo uteži.

Višinske razlike med točkami smo izračunali po enačbah trigonometričnega višinomerstva iz sredin opazovanih zenitnih razdalj in sredin poševnih dolžin. Pri tem smo upoštevali meteorološki popravek, medtem ko geometričnega in projekcijskega popravka nismo upoštevali, saj se že pri ničelni meritvi nista upoštevala. Na ta način je bila izvedena redukcija horizontalnih dolžin na nivo središča inštrumenta - središča prizme, ni pa bil izveden preračun na Gauss-Kruegerjevo projekcijsko ravnino.

Za skupno prostorsko izravnavo horizontalnih smeri, reduciranih dolžin na nivo središča inštrumenta – središča prizme in zenitnih razdalj, smo uporabili program BINGO.

Za skupno izravnavo horizontalnih smeri in reduciranih dolžin smo uporabili program GEM 3 ver. 4.0. Višinske razlike smo izravnali s programom VimWin ver. 5.1. Opazovanja v vsaki terminski izmeri so izravnanana neodvisno.

Praktično pri vseh geodetskih delih opravimo za izračun koordinat točk več meritev od nujno potrebnih, zato imamo več rešitev matematičnega modela. Optimalno rešitev dobimo po metodi najmanjših kvadratov popravkov opazovanj ($\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} = \min.$). Na ta način dobimo optimalne vrednosti izravnanih koordinat točk in pripadajoče parametre natančnosti določitve koordinat, ki so pomembne količine pri nadaljni obravnavi morebitnih premikov točk (Koler et al., 2010).

3.4 Deformacijska analiza

Naloga deformacijske analize je ugotavljanje premikov in deformacij tal in objektov v prostoru in času. Analiza geodetskih meritev za potrebe deformacijske analize temelji na zadostnem številu stabilnih točk zunaj območja premikov. V osnovi deformacijska analiza rešuje problem ugotavljanja stabilnosti referenčnih točk, ki so domnevno stabilne, in določanja značilnih premikov nestabilnih točk. Za testiranje značilnih premikov se uporabljajo metode statistične analize (Ambrožič, 1996). Obravnavani premiki so lahko zelo majhni, enaki velikostnemu redu natančnosti meritev, zato je treba oceno natančnosti in statistično analizo izvesti zelo skrbno in pazljivo.

Postopek deformacijske analize, ki temelji na geodetskih metodah, v splošnem razdelimo na štiri osnovne faze (Mozetič, Kogoj, Ambrožič, 2006):

V prvi fazi vzpostavimo geodetsko mrežo in pripravimo načrt opazovanj ob upoštevanju zahtevane natančnosti koordinat. V kolikor je tudi deformacijski vzorec znan, ga upoštevamo v načrtu opazovanj.

V drugi fazi se izvede analizo geodetskih opazovanj za vsako terminsko izmero posebej, vključno z odkrivanjem in izločanjem grobo pogrešenih opazovanj. Določimo tudi natančnost opazovanj.

Sledi faza, v kateri izvedemo ločeno izravnavo in odvisno od izbrane metode deformacijske analize tudi skupno izravnavo obravnavanih terminskih izmer z namenom pridobivanja informacij o premikih posameznih točk ter potrditvi stabilnosti skupine referenčnih točk. Rezultat te faze je vektor premikov točk obravnavanega objekta.

V zadnji, četrti fazi, predstavimo deformacijski vzorec s primernim deformacijskim modelom. V testih smo uporabili enostavni postopek testiranja premikov točk ter metodo Hannover, ki smo jih uporabili za ugotavljanje premikov in deformacij na praktičnih primerih geodetskih mrež.

Lahko rečemo, da sta temeljna pogoja za uspešnost deformacijske analize pravilno izbran matematični model izravnave in določanja deformacij ter kakovostne meritve, saj predvsem neodkriti grobi ter sistematični pogreški v opazovanjih in pa tudi slabe ocene a priori varianc pripomorejo k določitvi nerealnih premikov.

3.4.1 Enostavni postopek testiranja premikov točk

Enostavni postopek testiranja premikov točk: po izravnavi in analizi kakovosti rezultatov posamezne terminske izmere izračunamo premike identičnih točk in natančnost določitve premikov točk.

V primerjavi z drugimi metodami deformacijske analize je ta način enostavnejši, zato ga imenujemo enostavni postopek testiranja premikov točk. Razlike položajev točk med dvema terminskima izmerama dajejo popolnoma zadovoljive rezultate oziroma informacije o premikih za potrebe mnogih inženirskih del (nalog). To velja v primeru zadostnega števila stabilnih točk ali če so premiki nekajkrat večji od natančnosti določitve premika (Savšek - Safić et al., 2003). Pri posebnih in zahtevnejših inženirskih delih pa se izvede postopek deformacijske analize po eni izmed znanih metod.

Z enostavnim postopkom testiranja premikov točk dobimo prvo informacijo o dogajanju v obravnavani geodetski mreži. Uporabniku je prepuščena odločitev, da glede na dejansko

tveganje in posledice napačne odločitve presodi, ali je tveganje zanj še sprejemljivo ali ne. Če se uporabnik ne more odločiti, je najbolje, da stabilnost točk ugotovi z metodami deformacijske analize. Seveda se vsaka terminska izmera neodvisno izravna pod predpostavko, da so opazovanja prosta grobih in sistematičnih pogreškov. Izračunati moramo srednje neujemanje dveh terminskih izmer, na podlagi katerega ugotovimo morebitne premike točk mreže.

Postopek testiranja premikov točk v geodetski mreži velja za vmesno fazo med izravnavo posameznih terminskih izmer in podrobno deformacijsko analizo, v našem primeru po metodi Hannover. V osnovi ugotavljamo premik domnevno mirujočih točk in določamo značilne premike točk v geodetski mreži. Te točke med seboj povezujemo v mreže in jih opazujemo v vnaprej določenih terminskih izmerah. V našem primeru smo imeli pet terminskih izmer. Da je prišlo do premika točke med dvema terminskima izmerama, lahko sklepamo samo v primeru, ko gre za identične točke, ki smo jih izmerili v najmanj dveh terminskih izmerah.

V deformacijski analizi posamezno terminsko izmero običajno izravnamo kot prosto mrežo. S tem zagotovimo najboljšo linearno nepristransko oceno neznank in neodvisnost testnih statistik od izbranega datuma mreže (Savšek-Safić, 2004). Po izravnavi najmanj dveh terminskih izmer je mogoče določiti premik točke d in standardno deviacijo premika σ_d . Ti dve količini lahko izračunamo pred podrobno deformacijsko analizo, zato ju je smiselno uporabiti v statističnem testu.

V praksi pri presoji premikov pogosto računamo testno statistiko

$$T = \frac{d}{\sigma_d} \quad (2)$$

Testno statistiko nato primerjamo s kritično vrednostjo glede na izbrano stopnjo značilnosti testa α , v našem primeru ta znaša 5 %.

Testno statistiko testiramo glede na postavljeno ničelno in alternativno hipotezo:

- $H_0 : \mathbf{d} = 0$; točka miruje,
- $H_a : \mathbf{d} \neq 0$; točka se je premaknila.

Če je testna statistika T manjša od kritične vrednosti T_{krit} ob izbrani stopnji značilnosti testa α , je tveganje, da bi zavrnilo ničelno hipotezo, preveliko in v tem primeru premik ni statistično značilen. V primeru, da je testna statistika večja od kritične vrednosti, pa je tveganje, da bi zavrnilo ničelno hipotezo, manjše od izbrane stopnje značilnosti testa α . Za našo lažjo odločitev zato izračunamo dejansko tveganje α_T za zavrnitev ničelne hipoteze. Dejansko tveganje za zavrnitev ničelne hipoteze primerjamo s stopnjo značilnosti testa α (Savšek-Safić et al., 2003):

- $\alpha_T < \alpha$: zavrnemo ničelno hipotezo; premik točke je statistično značilen,
- $\alpha_T > \alpha$: ne zavrnemo ničelne hipoteze; premik ni statistično značilen.

3.4.2 Metoda Hannover

Bistvo metode Hannover je globalni test kongruence ali skladnosti rezultatov izravnave predpostavk in postopka izračuna (Mozetič, 2005).

Predpostavki metode Hannover sta:

- statistično enaka a posteriori referenčna varianca v obeh obravnavanih terminskih izmerah
- v obeh obravnavanih terminskih izmerah se uporabljajo enake približne koordinate točk.

Potek metode Hannover lahko razdelimo na šest faz (Mozetič, Kogoj, Ambrožič, 2006):

1. faza: ločeni izravnavi posameznih terminskih izmer

Ko izravnamo opazovanja v prosti mreži za vsako izmero posebej, izračunamo analizo natančnosti ob predpostavki, da opazovanja med izmerama niso korelirana. Ugotoviti moramo prisotnost grobih pogreškov med opazovanji in jih odstraniti. V našem primeru imamo identične točke, zato transformacija izravnanih koordinat posamezne izmere v datum, ki ga definirajo identične točke, ni potrebna.

Poleg minimalne vsote kvadratov popravkov opazovanj $\mathbf{v}_i^T \mathbf{P}_{u_i} \mathbf{v}_i = \min$ mora biti minimalna tudi vsota kvadratov popravkov približnih vrednosti neznank $\hat{\mathbf{X}}_i^T \hat{\mathbf{X}}_i = \min$. Indeks i označuje posamezno izmero. Rezultat prvega koraka sta torej ocenjena vektorja koordinatnih neznank identičnih točk $\hat{\mathbf{X}}_i$ in a posteriori referenčna varianca enote uteži $\hat{\sigma}_{0_i}^2$ za posamezno izmero.

2. faza: testiranje homogenosti natančnosti opazovanj v dveh terminskih izmerah

Na osnovi rezultatov prvega koraka izračunamo a posteriori referenčni varianci enote uteži. Ugotavljanje homogenosti natančnosti opazovanj v dveh izmerah naredimo s testiranjem naslednje hipoteze (Ambrožič, 2001):

$$H_0: \quad E(\hat{\sigma}_{0_1}^2) = E(\hat{\sigma}_{0_2}^2) = \sigma_0^2 \text{ homogenost natančnosti opazovanj v dveh izmerah in} \quad (3)$$

$$H_1: \quad E(\hat{\sigma}_{0_1}^2) \neq E(\hat{\sigma}_{0_2}^2) \neq \sigma_0^2 \text{ nehomogenost natančnosti opazovanj v dveh izmerah.} \quad (4)$$

Tvorimo testno statistiko

$$T = \frac{\hat{\sigma}_{0_1}^2}{\hat{\sigma}_{0_2}^2} \text{ za } \hat{\sigma}_{0_1}^2 > \hat{\sigma}_{0_2}^2 \text{ oz.} \quad (5)$$

$$T = \frac{\hat{\sigma}_{0_2}^2}{\hat{\sigma}_{0_1}^2} \text{ za } \hat{\sigma}_{0_2}^2 > \hat{\sigma}_{0_1}^2 \quad (6)$$

ki se porazdeljuje po porazdelitvi F s f_1 in f_2 prostostnimi stopnjami, kjer je:

$f_i = n_i - r_i$... število nadštevilnih opazovanj v posamezni izmeri,

n_i ... število opazovanj v posamezni izmeri,

$r_i = \text{rang } \mathbf{A}_i = u_i - d_i$,

u_i ... število koordinatnih neznanek (orientacijske neznanke smo odstranili z redukcijo enačb popravkov!) v posamezni izmeri,

d_i ... defekt datuma = defekt ranga matrike \mathbf{N}_i v posamezni izmeri

Če je testna statistika manjša ali enaka kot kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa α

$$T \leq F_{f_1, f_2, 1-\alpha/2}, \quad (7)$$

potem ne moremo zavrnila ničelne hipoteze (H_0), ki pravi, da sta natančnosti opazovanj v dveh izmerah homogeni.

Če je testna statistika večja od kritične vrednosti pri izbrani stopnji značilnosti testa α

$$T > F_{f_1, f_2, 1-\alpha/2}, \quad (8)$$

potem zavrnilo ničelno hipotezo. To pomeni, da natančnosti opazovanj v dveh izmerah nista homogeni.

V primeru, da ne zavrnilo ničelne hipoteze, izračunamo boljšo oceno za a posteriori referenčno varianco enote uteži, ki predstavlja homogenost natančnosti opazovanj dveh izmer, po naslednji enačbi:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\mathbf{v}_1^T \mathbf{P}_{\mathbf{u}_1} \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2^T \mathbf{P}_{\mathbf{u}_2} \mathbf{v}_2}{f_1 + f_2} = \frac{f_1 \hat{\sigma}_{0_1}^2 + f_2 \hat{\sigma}_{0_2}^2}{f} \quad (9)$$

$$f = f_1 + f_2 \dots \text{skupno število nadštevilnih opazovanj v obeh izmerah} \quad (10)$$

Če ničelno hipotezo zavrnilo, se ocena a posteriori referenčne variance enote uteži ne izračuna in deformacijska analiza se zaključi oziroma prekine.

3. faza: globalni test skladnosti mreže dveh terminskih izmer

Tiste točke, ki niso spremenile svojega položaja v časovnem intervalu med dvema terminskima izmerama, so stabilne točke. Koordinate stabilnih točk dveh terminskih izmer se lahko razlikujejo med seboj le za vrednosti, ki so manjše od natančnosti določitve koordinat. Stabilnost točk določimo s testiranjem naslednje hipoteze (Ambrožič, 2001):

$$H_0: E(\hat{\mathbf{X}}_1) = E(\hat{\mathbf{X}}_2) \quad \text{koordinate točk se med dvema izmerama niso spremenile in} \quad (11)$$

$$H_0: E(\hat{\mathbf{X}}_1) \neq E(\hat{\mathbf{X}}_2) \quad \text{koordinate točk so se med dvema izmerama spremenile} \quad (12)$$

oziroma

$$H_0: E(\mathbf{d}) = 0 \text{ in} \quad (13)$$

$$H_1: E(\mathbf{d}) \neq 0, \quad (14)$$

kjer je:

$\hat{\mathbf{X}}_i$... vektor ocenjenih koordinat posamezne izmere in

$\mathbf{d} = \hat{\mathbf{X}}_2 - \hat{\mathbf{X}}_1$... vektor koordinatnih razlik.

Oceno za a priori referenčno varianco enote uteži σ_0^2 , ki jo označimo θ^2 , lahko izračunamo iz vektorja koordinatnih razlik in pripadajoče matrike kofaktorjev. Ta ocena vsebuje informacijo o premikih točk. θ^2 je neodvisna od $\hat{\sigma}_0^2$, ki jo izračunamo z enačbo (9). Oceno θ^2 imenujemo srednje neujemanje in jo izračunamo z naslednjo enačbo:

$$\theta^2 = \frac{\mathbf{d}^T \mathbf{Q}_{dd}^+ \mathbf{d}}{h}, \quad (15)$$

kjer je:

\mathbf{Q}_{dd}^+ ... psevdoinverzija matrike kofaktorjev koordinatnih razlik in

$$h = \text{rang } \mathbf{Q}_{dd} = \text{rang } (\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{X}}_1 \hat{\mathbf{X}}_1} + \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{X}}_2 \hat{\mathbf{X}}_2}) = \text{rang } \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{X}}_1 \hat{\mathbf{X}}_1} = \text{rang } \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{X}}_2 \hat{\mathbf{X}}_2} = u - d = r,$$

saj imamo identično obliko mreže v obeh izmerah.

Tvorimo testno statistiko

$$T = \frac{\theta^2}{\hat{\sigma}_0^2}, \quad (16)$$

ki se porazdeljuje po porazdelitvi F s h in f prostostnimi stopnjami.

Če je testna statistika manjša ali enaka kot kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa α

$$T \leq F_{h_s, f, 1-\alpha}, \quad (17)$$

potem ne moremo zavrnila ničelne hipoteze, ki pravi, da se koordinate med dvema izmerama niso spremenile.

Če je testna statistika večja od kritične vrednosti pri izbrani stopnji značilnosti testa α

$$T > F_{h_s, f, 1-\alpha}, \quad (18)$$

potem zavrnamo ničelno hipotezo. To pa pomeni, da so se koordinate točk med dvema terminskima izmerama spremenile, v mreži so prisotne tudi nestabilne točke. Premikov točk ne moremo razložiti kot slučajna odstopanja zaradi pogreškov opazovanj, kažejo pa na to, da imamo opraviti s statistično značilnimi premiki točke, dela mreže ali cele mreže.

4. faza: testiranje stabilnosti osnovnih točk mreže

V primeru da zavrnamo ničelno hipotezo (3. faza), pomeni, da imamo v mreži tudi nestabilne točke. Nestabilne točke moramo določiti, in sicer tako, da razdelimo vektor koordinatnih razlik \mathbf{d} na dva dela: na vektor koordinatnih razlik osnovnih točk \mathbf{d}_s in vektor koordinatnih razlik točk na objektu \mathbf{d}_o (Ambrožič, 2001):

$$\mathbf{d} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_s \\ \mathbf{d}_o \end{bmatrix}, \quad (19)$$

Na enak način razdelimo pripadajočo matriko kofaktorjev koordinatnih razlik:

$$\mathbf{Q}_{dd}^+ = \mathbf{P}_{dd} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{ss} & \mathbf{P}_{so} \\ \mathbf{P}_{so} & \mathbf{P}_{oo} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Tvorimo kvadratno formo $\mathbf{d}^T \mathbf{Q}_{dd}^+ \mathbf{d}$, ki jo lahko razcepimo na dva statistično neodvisna dela:

$$\mathbf{d}^T \mathbf{P}_{dd} \mathbf{d} = \mathbf{d}_s^T \bar{\mathbf{P}}_{ss} \mathbf{d}_s + \bar{\mathbf{d}}_o^T \mathbf{P}_{oo} \bar{\mathbf{d}}_o, \text{ kjer je:} \quad (21)$$

$$\bar{\mathbf{d}}_o = \mathbf{d}_o + \mathbf{P}_{oo}^{-1} \mathbf{P}_{os} \mathbf{d}_s \text{ in} \quad (22)$$

$$\bar{\mathbf{P}}_{ss} = \mathbf{P}_{ss} - \mathbf{P}_{so} \mathbf{P}_{oo}^{-1} \mathbf{P}_{os}. \quad (23)$$

Razcepljena kvadratna forma je sestavljena iz dveh delov. Prvi del predstavlja neujemanje osnovnih točk, drugi del pa neujemanje točk na objektu. Srednje neujemanje samo za osnovne točke računamo po naslednji enačbi:

$$\theta_s^2 = \frac{\mathbf{d}_s^T \bar{\mathbf{P}}_{ss} \mathbf{d}_s}{h_s}, \text{ kjer je:} \quad (24)$$

$$h_s = \text{rang } \bar{\mathbf{P}}_{ss} . \quad (25)$$

Tvorimo testno statistiko

$$T = \frac{\theta_s^2}{\hat{\sigma}_0^2} \quad (26)$$

ki se porazdeljuje po porazdelitvi F s h_s in f prostostnimi stopnjami.

Če je testna statistika manjša ali enaka kot kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa α :

$$T \leq F_{h_s, f, 1-\alpha}, \quad (27)$$

potem ne moremo zavrniti ničelno hipotezo, ki pravi, da se koordinate osnovnih točk med dvema izmerama niso spremenile.

Če je testna statistika večja kot kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa α :

$$T > F_{h_s, f, 1-\alpha}, \quad (28)$$

potem zavrnemo ničelno hipotezo, kar pomeni, da so se koordinate osnovnih točk spremenile. V tej fazi še ne moremo določiti, katera osnovna točka ni stabilna, to določimo v naslednji fazi.

5. faza: lokalizacija nestabilnih osnovnih točk mreže

V 4. fazi smo ugotovili, ali so se katere osnovne točke spremenile. V tem koraku jih določimo tako, da vektor koordinatnih točk \mathbf{d}_s razdelimo na dva dela (Ambrožič, 2001):

$$\mathbf{d}_s = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_F \\ \mathbf{d}_B \end{bmatrix}, \text{ kjer je:} \quad (29)$$

\mathbf{d}_F ... vektor koordinatnih razlik osnovnih točk, za katere predpostavimo, da so stabilne, in

\mathbf{d}_B ... vektor koordinatnih razlik osnovne točke, za katero preverjamo, ali se je spremenila.

Enako razdelimo pripadajočo matriko kofaktorjev koordinatnih razlik osnovnih točk:

$$\bar{\mathbf{P}}_{ss} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{FF} & \mathbf{P}_{FB} \\ \mathbf{P}_{FB} & \mathbf{P}_{BB} \end{bmatrix}. \quad (30)$$

Tvorimo kvadratno formo $\mathbf{d}_s^T \bar{\mathbf{P}}_{ss} \mathbf{d}_s$ in jo razcepimo na dva statistično neodvisna dela, podobno kot v prejšnjem koraku:

$$\mathbf{d}_s^T \bar{\mathbf{P}}_{ss} \mathbf{d}_s = \mathbf{d}_F^T \bar{\mathbf{P}}_{FF} \mathbf{d}_F + \bar{\mathbf{d}}_B^T \mathbf{P}_{BB} \bar{\mathbf{d}}_B, \quad (31)$$

kjer je:

$$\bar{\mathbf{d}}_B = \mathbf{d}_B + \mathbf{P}_{BB}^{-1} \mathbf{P}_{BF} \mathbf{d}_F \text{ in} \quad (32)$$

$$\bar{\mathbf{P}}_{FF} = \mathbf{P}_{FF} - \mathbf{P}_{FB} \mathbf{P}_{BB}^{-1} \mathbf{P}_{BF}. \quad (33)$$

Srednje neujemanje izračunamo za vsako osnovno točko, za katero preverjamo, ali se je premaknila z naslednjo enačbo:

$$\theta_j^2 = \frac{\bar{\mathbf{d}}_{B_j}^T \mathbf{P}_{BB_j} \bar{\mathbf{d}}_{B_j}}{h_{B_j}} \quad (j = 1, 2, \dots, k), \text{ kjer je:} \quad (34)$$

$$h_{B_j} = \text{rang } \mathbf{P}_{BB_j} = m, \quad (35)$$

m ... število koordinate točke j (za enorazsežne mreže je $m = 1$, za dvorazsežno mrežo je $m = 2$) in

k ... število osnovnih točk, za katere smo predpostavili, da so se spremenile oz. premaknile.

Določitev nestabilnih točk opravimo po naslednjem postopku:

- V prvem izračunu θ_1^2 postavimo koordinatni razliki prve osnovne točke, za katero preverjamo, ali se je premaknila, v vektor \mathbf{d}_B . Koordinatne razlike vseh drugih $k - 1$ osnovnih točk postavimo v vektor \mathbf{d}_F .
- Izračun srednjega neujemanja θ_j^2 ponovimo še $k - 1$ krat.
- Poiščemo največje srednje neujemanje $\theta_{\max}^2 = \max \theta_j^2 \quad (j = 1, 2, \dots, k)$ in za točko, na katero se to ujemanje nanaša, privzamemo, da je nestabilna. To točko prestavimo iz

seznama osnovnih točk, za katere smo predpostavili, da so stabilne, v seznam nestabilnih točk oz. točk na objektu.

- Izračunamo še srednje neujemanje z naslednjo enačbo:

$$\theta_{\text{Rest}}^2 = \frac{\mathbf{d}_F^T \bar{\mathbf{P}}_{FF} \mathbf{d}_F}{h_F}, \text{ kjer je:} \quad (36)$$

$$h_F = \text{rang } \bar{\mathbf{P}}_{FF} = h - m. \quad (37)$$

- Tvorimo testno statistiko

$$T = \frac{\theta_{\text{Rest}}^2}{\hat{\sigma}_0^2} \quad (38)$$

ki se porazdeljuje po porazdelitvi F s h_F in f prostostnimi stopnjami.

- Če je testna statistika manjša ali enaka kot kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa α

$$T \leq F_{h_s, f, 1-\alpha}, \quad (39)$$

potem ne moremo zavrniti ničelne hipoteze (glej 3. fazo), ki pravi, da se koordinate vseh ostalih $k - 1$ osnovnih točk med dvema izmerama niso spremenile. Postopek določitve nestabilnih točk prekinemo.

- Če je testna statistika večja kot kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa α

$$T > F_{h_s, f, 1-\alpha}, \quad (40)$$

potem zavrnemo ničelno hipotezo, kar pomeni, da je med $k - 1$ osnovnimi točkami, za katere smo predpostavili, da so stabilne, vsaj še ena nestabilna. Postopek določitve moramo torej še najmanj enkrat ponoviti.

6. faza: ugotavljanje premikov točk na objektu

Testiranje premikov točk na objektu opravimo tako, da vektor koordinatnih razlik \mathbf{d} , razdelimo na dva dela. Prvi del je vektor koordinatnih razlik osnovnih točk \mathbf{d}_F , ki smo jih v

prejšnjem koraku določili za stabilne. Drugi del je vektor koordinatnih razlik osnovnih točk \mathbf{d}_o , ki smo jih v prejšnjem koraku določili kot nestabilne (Ambrožič, 2001):

$$\mathbf{d} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_F \\ \mathbf{d}_O \end{bmatrix}. \quad (41)$$

Na enak način razdelimo pripadajočo matriko kofaktorjev koordinatnih razlik:

$$\mathbf{Q}_{dd}^{-1} = \mathbf{P}_{dd} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{FF} & \mathbf{P}_{OF} \\ \mathbf{P}_{OF} & \mathbf{P}_{OO} \end{bmatrix}. \quad (42)$$

Srednje neujemanje samo za točke na objektu izračunamo z naslednjo enačbo:

$$\theta_o^2 = \frac{\bar{\mathbf{d}}_o^T \mathbf{P}_{oo} \bar{\mathbf{d}}_o}{h_o}, \text{ kjer je:} \quad (43)$$

$$\bar{\mathbf{d}}_o = \mathbf{d}_o + \mathbf{P}_{oo}^{-1} \mathbf{P}_{of} \mathbf{d}_F \text{ in} \quad (44)$$

$h_o = \text{rang } \mathbf{P}_{oo} \dots$ število elementov vektorja \mathbf{d}_o .

Tvorimo testno statistiko

$$T = \frac{\theta_o^2}{\hat{\sigma}_o^2} \quad (45)$$

ki se porazdeljuje po porazdelitvi F s h_f in f prostostnimi stopnjami.

Testna statistika bi morala biti vedno večja od kritične vrednosti značilnosti testa, saj testiramo nestabilne točke. Če je torej statistika večja kot kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa α

$$T > F_{h_s, f, 1-\alpha}, \quad (46)$$

potem zavrnemo ničelno hipotezo (glej 3. fazo), kar pomeni, da so se koordinate nestabilnih točk in točk na objektu med dvema izmerama spremenile.

Prednosti deformacijske analize po metodi Hannover so (Kolar, 2004):

- Ni potreben enak plan opazovanj v obeh izmerah.
- Ni potrebno opraviti iste vrste opazovanj v obeh izmerah.
- Ni potrebno imeti enakega števila opazovanj v obeh izmerah.
- Ni potrebno imeti geodetske mreže identične oblike v obeh izmerah, vendar moramo koordinatne neznanke neidentičnih točk pred inverzijo ustrezno odstraniti in
- ni potrebno opraviti stroge analize, če ugotovimo, da je premik točke petkrat večji od pripadajočega standardnega odstopanja.

Poznamo tudi dve omejitvi tega postopka oziroma metode (Kolar, 2004):

- V obeh izmerah moramo imeti statistično enaki a posteriori referenčni varianci enote uteži.
- V obeh izmerah moramo imeti iste približne koordinate točk.

4 GEODETSKE KONTROLNE MERITVE NA PREGRADI DRTIŠČICA

4.1 Priprava podatkov

Ko smo opazovanja predhodno obdelali (izračunali aritmetične sredine horizontalnih smeri in reducirali dolžine za meteorološke popravke, izračunali aritmetične sredine zenitnih razdalj in višinske razlike med točkami), smo pripravili vhodne datoteke, in sicer za 3D-izravnavo s programom *BINGO*, za 2D-izravnavo s programom *GEM 3* ter 1D-izravnavo s programom *VinWin*.

Program BINGO, verzija 5.5, februar 2009, avtor Erwin J. Kruck.

BINGO je sodoben in učinkovit program za aerotriangulacijo, kot tudi za terestrično fotogrametrijo in tridimenzionalno izravnavo geodetskih mrež. Prvotni namen razvoja programa BINGO v letih okrog leta 1980 je bila izravnavo fotogrametričnih geodetskih mrež za inženirske aplikacije fotogrametrije. Iz tega razloga je bil poseben poudarek na "strogem" matematičnem modelu izravnave, prilagodljivi možnosti uporabe funkcij in diferenciranem stohastičnem modelu. Preden smo zagnali program BINGO, smo naredili vhodno datoteko GEOIN.DAT. Vhodni podatki za 3D-izravnavo s programom BINGO so približne koordinate referenčnih in kontrolnih točk, poševne dolžine, opazovane smeri ter zenitne distance, podati pa je treba še radij Zemlje in koeficient refrakcije. Obliko vhodne datoteke programa BINGO s podatki imamo predstavljeno v prilogi A. Izhodna datoteka programa je datoteka z rezultati (ITERA.DAT).

Program GEM 3, verzija 4.0, december 2007, avtorja Tomaž Ambrožič in Goran Turk.

Vhodni podatki za 2D-izravnavo s programom GEM 3, pri katerem gre za posredno izravnavo opazovanj po metodi najmanjših kvadratov, so približne položajne koordinate referenčnih in kontrolnih točk, podatki o opazovanjih, srednji pogrešek utežne enote smeri v sekundah σ_s , srednji pogrešek utežne enote dolžine v metrih σ_d , natančnost izpisa smeri in smernih kotov, natančnost izpisa koordinat in podatek, ali se izvede redukcija orientacijskih neznank. Obliko vhodne datoteke programa GEM 3 s podatki imamo predstavljeno v prilogi B.

Ko imamo pripravljeno vhodno datoteko, lahko poženemo program in dobimo izhodno datoteko z rezultati *.GEM, datoteko za izračun premikov *.KOO ter datoteko za deformacijsko analizo po metodi Hannover *.DAH.

Program VimWin, verzija 5.1, oktober 2007, avtorja Tomaž Ambrožič in Goran Turk.

Za 1D-izravnavo s programom VimWin smo pripravili vhodno datoteko s podatki o višinah referenčnih in kontrolnih točk ter s podatki o višinskih razlikah. Obliko vhodne datoteke programa VimWin s podatki imamo predstavljeno v prilogi C.

Ko smo pripravili vhodno datoteko, poženemo program, kjer dobimo izhodno datoteko za rezultate *.REZ, datoteko za deformacijsko analizo po metodi Hannover *.DEF in datoteko za izračun ocene natančnosti premika *.KOO.

4.2 Rezultati izravnave 3D

Rezultate izravnave v horizontalni in višinski mreži primerjamo med seboj, pri čemer nas zanimajo spremembe prostorskih koordinat referenčnih in kontrolnih točk med petimi izmerami.

Spremembe koordinat ocenjujemo na osnovi geometrije mreže, inštrumentarija, metode izmere ter datuma horizontalne in višinske mreže.

Izhodna datoteka z rezultati (bingo.lis) vsebuje:

- približne koordinate referenčnih in kontrolnih točk,
- pregled merjenih dolžin,
- pregled opazovanih smeri,
- pregled merjenih zenitnih distanc,
- izravnane vrednosti koordinat referenčnih in kontrolnih točk ter srednji pogreški σ_x , σ_y in σ_z ,
- vrednosti testa referenčne variance.

Rezultati 3D-izravnave posamezne terminske izmere, izračunani s programom BINGO, so podani v prilogi D, kjer so predstavljeni analiza natančnosti, test referenčne variance ter

položajna in višinska natančnost točk vseh petih terminskih izmer, v naslednji preglednici pa podajamo le bistvene rezultate vseh izravnav terminskih izmer.

Preglednica 5: Analiza natančnosti, položajna ter višinska natančnost točk v izravnavi posameznih izmer

| Analiza natančnosti 3D-izravnave | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Test referenčne variance | 1. Izmera | 2. Izmera | 3. Izmera | 4. Izmera | 5. Izmera |
| Dolžine in koordinatne razlike | 1.03 | 1.01 | 1.04 | 1.00 | 1.01 |
| Kotna opazovanja | 1.04 | 1.01 | 0.98 | 1.01 | 0.98 |
| Zenitne distance | 0.95 | 1.01 | 0.97 | 1.01 | 0.98 |
| <hr/> | | | | | |
| σ_x max [mm], št. točke | 2.1, (6001) | 3.2, (6001) | 2.6, (6001) | 1.3, (6001) | 2.1, (6001) |
| σ_y max [mm], št. točke | 1.7, (6002) | 2.2, (6002) | 1.8, (6002) | 1.5, (3) | 1.9, (3) |
| σ_z max [mm], št. točke | 4.0, (6001) | 3.9, (6001) | 2.0, (6001) | 7.3, (6001) | 2.2, (11) |

σ_x ... srednji pogrešek (standardna deviacija) v smeri osi x

σ_y ... srednji pogrešek (standardna deviacija) v smeri osi y

σ_z ... srednji pogrešek (standardna deviacija) v smeri osi z

Test referenčne variance: $\hat{\sigma}_0^2 / \sigma_0^2$

$\hat{\sigma}_0^2$... referenčna varianca a posteriori

σ_0^2 ... referenčna varianca a priori

Iz preglednic, ki so podane v prilogi, in iz preglednice 5 lahko vidimo, da je maksimalen srednji pogrešek največkrat izračunan na točki 6001, in sicer po osi X in Z. To pripisujemo neugodni geometriji geodetske mreže, saj je bilo iz točke 6001 vizirano samo na dve kontrolni točki, in sicer na točko 11 ter na točko 10, na katero so se v drugi terminski izmeri vršila samo kotna opazovanja, kot med opazovano smerjo na točko 11 in med opazovano smerjo na točko

10 pa je relativno majhen. Rezultati 1. ter 4. terminske izmere kažejo na izračunane malo večje srednje pogreške na točki 6001 po osi Z. Po pregledu opazovanj vzrokov za večje srednje pogreške 1. ter 4. terminske izmere nismo našli. Ugotovili pa smo, da je v 3. terminski izmeri pri odčitku višinske razlike iz točke 6001 na točko 10 prisoten grobi pogrešek. Zato smo to opazovanje izločili iz nadaljnjih izračunov. Srednji pogreški predvsem v 3. ter 5. terminski izmeri pa so primerljivi med seboj.

4.3 Rezultati izravnave 2D

Rezultate izravnave v horizontalni mreži primerjamo med seboj, pri čemer nas zanimajo spremembe položajnih koordinat referenčnih ter kontrolnih točk med petimi terminskimi izmerami.

Izhodna datoteka z rezultati (*. gem) vsebuje:

- seznam približnih koordinat novih točk,
- pregled opazovanj,
- popravke približnih vrednosti neznank,
- izravnane vrednosti koordinat in analiza natančnosti,
- pregled opazovanih smeri,
- pregled merjenih dolžin.

Rezultati 2D-izravnave posamezne terminske izmere, izračunani s programom GEM 3, so predstavljeni v prilogi E. V preglednici 6 je predstavljena le analiza natančnosti položajnih koordinat točk za vseh pet terminskih izmer.

Preglednica 6: Analiza natančnosti, položajna natančnost točk v izravninah posameznih izmer

| Analiza natančnosti 2D-izravnave | | | | | |
|---|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
| | Izmera | Izmera | Izmera | Izmera | Izmera |
| $\hat{\sigma}_0$ | 0.98515 | 1.04034 | 1.00417 | 1.02940 | 1.01193 |
| σ_p max [mm] | 2.1 | 3.8 | 2.6 | 1.9 | 2.8 |
| σ_p min [mm] | 0.9 | 1.5 | 1.1 | 0.8 | 1.2 |
| σ_p sred [mm] | 1.3 | 2.2 | 1.6 | 1.2 | 1.8 |
| Točka | σ_p [mm] | | | | |
| 1 | 1.0 | 1.7 | 1.3 | 0.9 | 1.4 |
| 2 | 1.0 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 1.5 |
| 3 | 1.5 | 2.6 | 2.1 | 1.8 | 2.3 |
| 4 | 1.0 | 1.7 | 1.3 | 0.9 | 1.4 |
| 5 | 1.1 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 1.6 |
| 6 | 0.9 | 1.8 | 1.3 | 0.8 | 1.4 |
| 7 | 1.1 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 1.6 |
| 8 | 1.1 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 1.6 |
| 9 | 1.0 | 1.8 | 1.3 | 0.8 | 1.4 |
| 11 | 1.6 | 2.8 | 2.2 | 1.7 | 2.2 |
| 12 | 1.3 | 2.2 | 1.7 | 1.2 | 1.9 |
| 6001 | 2.1 | 3.8 | 2.6 | 1.7 | 2.7 |
| 6002 | 1.9 | 3.3 | 2.4 | 1.9 | 2.8 |
| 6003 | 0.9 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.3 |
| 6005 | 0.9 | 1.5 | 1.1 | 0.8 | 1.2 |
| 6006 | 1.0 | 1.7 | 1.2 | 0.9 | 1.4 |

- $\hat{\sigma}_0$... a posteriori srednji pogrešek (standardna deviacija) utežne enote
- $\sigma_p = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$... položajni pogrešek
- σ_p max ... največji položajni pogrešek
- σ_p min ... najmanjši položajni pogrešek
- σ_p sred ... srednji položajni pogrešek

Iz preglednice lahko razberemo analizo natančnosti posameznih izmer. V vseh izmerah se vrednost a posteriori referenčne standardne deviacije enote uteži $\hat{\sigma}_0$ približa vrednosti 1. Tako ocenjujemo, da smo dobro izbrali srednji pogrešek utežne enote smeri σ_s in srednji

pogrešek utežne enote dolžine σ_d . Kot lahko vidimo, je vrednost položajnega pogreška največja v 2. terminski izmeri (3.8 mm), in sicer na referenčni točki 6001, medtem ko je najmanjša vrednost položajnega pogreška v 4. terminski izmeri, in sicer na kontrolnih točkah 6 in 9 ter na referenčni točki 6005. Razlog za največji položajni pogrešek na točki 6001 je neugodna geometrija geodetske mreže. Med preostalimi izmerami se vrednost minimalnega in srednjega položajnega pogreška zelo malo spreminja, medtem ko se vrednost maksimalnega položajnega pogreška spreminja malo bolj. Med opazovanji ni opaziti grobih pogreškov.

4.4 Rezultati izravnave 1D

Kot rezultat izravnave dobimo statistično najverjetnejše vrednosti višin točk s pripadajočo oceno natančnosti višin. Rezultati izravnave so podlaga za nadaljnjo obravnavo morebitnih premikov točk.

Rezultati 1D-izravnave, ki smo jih dobili s programom VinWim, so predstavljeni v prilogi F. V preglednici 7 je predstavljena analiza natančnosti višinskih koordinat točk za vseh pet terminskih izmer.

Preglednica 7: Analiza natančnosti, višinska natančnost točk v izravninah posameznih izmer

| Izmera | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|------------------|---|------------|------------|------------|------------|
| $\hat{\sigma}_0$ | 0.00664 | 0.00461 | 0.00383 | 0.00318 | 0.00584 |
| Točka | Srednji pogrešek višine σ_h [mm] | | | | |
| 1 | 1.4 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 1.2 |
| 2 | 1.3 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 1.2 |
| 3 | 2.1 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 1.9 |
| 4 | 1.4 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 1.2 |
| 5 | 1.6 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 1.4 |
| 6 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 1.3 |
| 7 | 1.5 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 1.3 |
| 8 | 1.6 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 1.4 |
| 9 | 1.5 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 1.3 |
| 11 | 2.3 | 1.6 | 1.4 | 1.1 | 2.1 |
| 12 | 1.6 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 1.4 |
| 6001 | 4.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 3.6 |
| 6002 | 2.7 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 2.4 |
| 6003 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.9 |
| 6005 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.9 |
| 6006 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.9 |

$\hat{\sigma}_0$... srednji pogrešek (standardna deviacija) utežne enote

Iz preglednice lahko vidimo, da je srednji pogrešek utežne enote najmanjši v četrti izmeri in je primerljiv s tretjo izmero, medtem ko je v preostalih treh terminskih izmerah nekoliko večji. Srednji pogreški določitve višin točk se ne razlikujejo kaj dosti med terminskimi izmerami za vsako posamezno točko, nekoliko odstopa le referenčna točka 6001, kjer je v vseh terminskih izmerah srednji pogrešek višine maksimalen. To pripisujemo temu, da so dolžine na kontrolne točke daljše kot pri drugih opazovanjih, ravno tako pa se je iz te točke vršilo malo opazovanj. Med opazovanji sicer nismo odkrili prisotnosti grobih pogreškov, z izjemo kontrolne točke 10, ki smo jo odstranili iz opazovanj, saj smo pri višinskih opazovanjih ugotovili prisotnost grobo pogrešenih meritev v prvi in tretji terminski izmeri.

4.5 Primerjava rezultatov izravnanih koordinat med programom BINGO ter programoma GEM in VinWim

Da bi lahko natančneje vedeli, kakšne rezultate nam podajo programi, s katerimi smo vršili izravnavo, smo izravnane prostorske koordinate kontrolnih in referenčnih točk vseh petih terminskih izmer primerjali med seboj.

Preglednica 8: Primerjava rezultatov izravnanih koordinat 1. terminske izmere med programom BINGO ter programoma GEM in VinWim

| 1. terminska izmera | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|
| Točka | BINGO | | | GEM | | VinWim |
| | X [m] | Y [m] | Z [m] | Y [m] | X [m] | H [m] |
| 1 | 113274.1178 | 477898.6637 | 358.1928 | 477898.6631 | 113274.1179 | 358.1927 |
| 2 | 113305.4495 | 477886.9071 | 350.7533 | 477886.9066 | 113305.4496 | 350.7535 |
| 3 | 113242.4594 | 477957.2343 | 347.1075 | 477957.2336 | 113242.4600 | 347.1075 |
| 4 | 113286.0943 | 477936.0172 | 357.7544 | 477936.0166 | 113286.0944 | 357.7545 |
| 5 | 113318.6792 | 477929.4686 | 350.7637 | 477929.4680 | 113318.6793 | 350.7636 |
| 6 | 113334.6611 | 477924.3352 | 347.2156 | 477924.3348 | 113334.6611 | 347.2151 |
| 7 | 113297.9087 | 477996.9107 | 357.7792 | 477996.9114 | 113297.9099 | 357.7797 |
| 8 | 113329.6631 | 477984.4214 | 350.8487 | 477984.4210 | 113329.6628 | 350.8488 |
| 9 | 113346.0868 | 477981.4090 | 347.4214 | 477981.4087 | 113346.0866 | 347.4218 |
| 11 | 113291.5546 | 478035.2474 | 358.0938 | 478035.2468 | 113291.5549 | 358.0934 |
| 12 | 113329.7636 | 478023.8110 | 350.8852 | 478023.8107 | 113329.7631 | 350.8851 |
| 6001 | 113073.4070 | 477860.4905 | 354.7268 | 477860.4901 | 113073.4072 | 354.7254 |
| 6002 | 113101.5115 | 478145.6003 | 354.3023 | 478145.5986 | 113101.5121 | 354.3029 |
| 6003 | 113235.0328 | 477828.5199 | 360.9426 | 477828.5196 | 113235.0332 | 360.9429 |
| 6005 | 113399.6259 | 477904.0339 | 345.0602 | 477904.0340 | 113399.6261 | 345.0605 |
| 6006 | 113408.4858 | 478003.2204 | 342.0529 | 478003.2205 | 113408.4857 | 342.0530 |

Iz preglednice 8 lahko vidimo, da v 1. terminski izmeri med izravnanimi koordinatami po osi X, po osi Y in po osi Z ni večjih razlik. Primerjava rezultatov preostalih terminskih izmer je podana v prilogi G.

4.6 Analiza relativnih ter kumulativnih položajnih premikov s programom PREMIK

Izračun oziroma določitev premikov smo naredili s programom PREMIK, verzija 2.0, avtorji Tomaž Ambrožič, Goran Turk, Bojan Stopar. Preden smo zagnali program PREMIK, smo morali pripraviti datoteke *.KOO (te datoteke nam je pripravil program GEM 3) in datoteko s seznamom imen datotek s koordinatami točk *.PRE .

Program naredi datoteko *.SEZ, v kateri so izpisane koordinatne razlike posameznih točk med terminskimi izmerami (med datotekami s koordinatami točk), smerni koti in premiki točk z natančnostjo ter statistična analiza posameznih premikov.

V preglednici 9 je predstavljena analiza relativnih in kumulativnih položajnih premikov kontrolne točke 11 med 5 terminskimi izmerami. Analiza relativnih in kumulativnih položajnih premikov preostalih kontrolnih točk pa je predstavljena v prilogi H.

Preglednica 9: Analiza položajnih premikov kontrolne točke 11

| Točka | 11 | | Relativni premik | | | | Kumulativni premik | | | |
|------------------|-------------|-------------|------------------|-------|-----------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|---|
| | IZMERE | Y [m] | X [m] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | |
| 1.termin. izmera | 478035.2468 | 113291.5549 | | | | | | | | |
| | | | 1.2 | 81 | 2.0 | | | | | |
| 2.termin. izmera | 478035.2485 | 113291.5543 | | | | | | | | |
| | | | 2.8 | 23 | 2.5 | | 3.6 | 39 | 1.9 | |
| 3.termin. izmera | 478035.2505 | 113291.5546 | | | | | | | | |
| | | | 5.2 | 87 | 2.2 | | 8.1 | 68 | 1.8 | * |
| | | | | | | | 6.9 | 65 | 2.2 | * |
| 4.termin. izmera | 478035.2572 | 113291.5571 | | | | | | | | |
| | | | 2.8 | 148 | 2.5 | | 9.0 | 86 | 2.0 | * |
| | | | | | | | 7.8 | 86 | 2.4 | * |
| | | | | | | | 7.0 | 107 | 2.5 | |
| 5.termin. izmera | 478035.2567 | 113291.5561 | | | | | | | | |

d – premik

ν - smerni kot premika

σ_d - natančnost premika

Iz preglednice 9 lahko razberemo, da pri kontrolni točki 11 nedvoumno odkrijemo statistično značilen premik ($d > 3 \sigma_d$) med terminskimi izmerami 1-4, 2-4, 1-5 ter 2-5. Med terminskima izmerama 1-4 lahko vidimo, da je vrednost testne statistike $T = 4.6219$ večja od njene kritične vrednosti $T_{\text{krit}} = 2.4273$, zato ni nikakršnega tveganja za zavrnitev ničelne hipoteze, saj je $\alpha_T = 0.00$. Med terminskima izmerama 3-5 je sicer vrednost dejanskega tveganja (1.66 %) manjša od izbrane stopnje značilnosti testa $\alpha = 5 \%$, pa je vseeno premik premajhen ($d < 3 \sigma_d$), da lahko trdimo, da je statistično značilen. Med preostalimi terminskimi izmerami je vrednost testne statistike manjša od njene kritične vrednosti oziroma je dejansko tveganje za zavrnitev ničelne hipoteze na domnevno mirujočih točkah večje od 5.60 %.

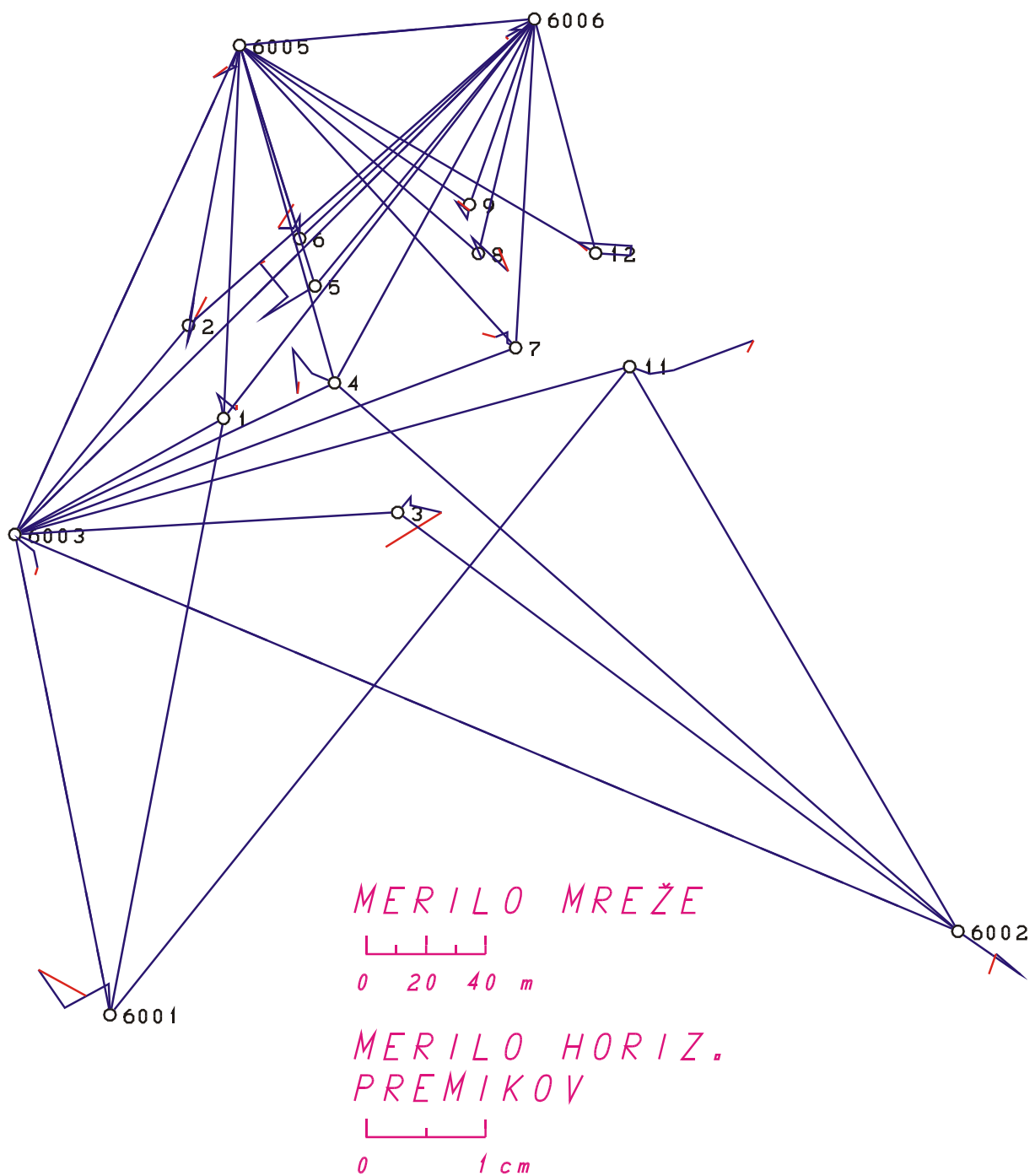
Iz analize položajnih premikov kontrolnih točk lahko vidimo, da je prišlo do statistično značilnih premikov na točkah 5 ter 11, medtem ko je pri točki 2 odkrit premik samo med izmerama tri in pet. Za ostale točke pa ne moremo trditi, da so se premaknile.

V preglednici 10 je predstavljena analiza relativnih in kumulativnih položajnih premikov referenčne točke 6001 med 5 terminskimi izmerami, kjer lahko vidimo, da program PREMIK ni zaznal nobenih premikov. Analiza relativnih in kumulativnih položajnih premikov preostalih referenčnih točk pa je predstavljena v prilogi I.

Preglednica 10: Analiza položajnih premikov referenčne točke 6001

| Točka | 6001 | | Relativni premik | | | | Kumulativni premik | | | |
|---------------------|------------|------------|------------------|-------|-----------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|--|
| | IZMERE | Y [m] | X [m] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | |
| 1.termin. izmera | 477860.487 | 113073.408 | | | | | | | | |
| | | | 2.7 | 8 | 3.3 | | | | | |
| 2.termin. izmera | 477860.487 | 113073.408 | | | | | | | | |
| | | | 2.6 | 249 | 2.2 | | 2.7 | 312 | 3.3 | |
| 3.termin. izmera | 477860.487 | 113073.408 | | | | | | | | |
| | | | 3.3 | 295 | 3.3 | | 5.9 | 303 | 2.9 | |
| | | | | | | | 5.4 | 275 | 2.8 | |
| 4.termin. izmera | 477860.487 | 113073.408 | | | | | | | | |
| | | | 3.7 | 136 | 3.6 | | 2.5 | 282 | 2.7 | |
| | | | | | | | 3.6 | 232 | 2.3 | |
| | | | | | | | 1.4 | 197 | 2.8 | |
| 5.termin. izmera | 477860.487 | 113073.408 | | | | | | | | |

Izračunane velikosti premikov referenčnih točk se gibljejo od 0.3 do 5.9 mm, natančnost premika σ_d pa od 1.1 do 3.6 mm. Iz dobljenih rezultatov, ki jih je izračunal program PREMİK, lahko vidimo, da pri nobeni referenčni točki ni zaznal premika. Pri točki 6003 med terminskimi izmerami 1-3, 1-4, 1-5, pri točki 6005 med terminskima izmerama 1-4 ter pri točki 6006 med terminskimi izmerami 1-4, 1-5 je vrednost testne statistike večja od njene kritične vrednosti, pri tem pa je vrednost dejanskega tveganja manjša od izbrane stopnje značilnosti testa $\alpha = 5 \%$, vendar pa je premik premajhen ($d < 3\sigma_d$), da lahko trdimo, da je statistično značilen.



Slika 10: Skica položajnih premikov kontrolnih in referenčnih točk

4.7 Analiza relativnih ter kumulativnih višinskih premikov s programom PREMIK

Računana kritična vrednost testne statistike pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$ znaša $T_{krit} = 1.960$. Da lahko rečemo, da je premik statistično značilen, moramo računati dejansko tveganje α_T za zavrnitev oziroma za ne zavrnitev ničelne hipoteze (Savšek-Safić et al, 2003).

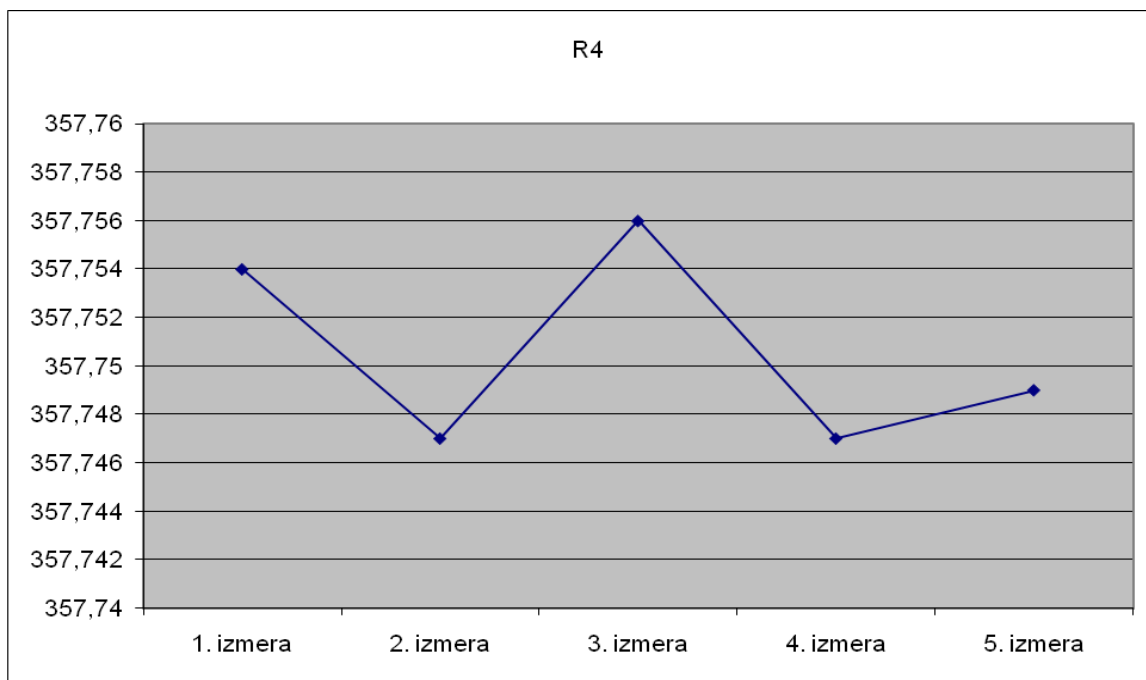
V preglednici 11 so predstavljeni rezultati analize višinskih premikov kontrolne točke 4 izračunani s programom PREMIK, kjer lahko vidimo, da je prišlo do statistično značilnih premikov med terminskimi izmerami 1-2, 2-3, 3-4, 1-4 ter 3-5. Zaključimo lahko, da se s kontrolno točko 4 v višinskem smislu nekaj dogaja.

Preglednica 11: Analiza višinskih premikov kontrolne točke 4

| Točka | 4 | Relativni premik | | | | Kumulativni premik | | | | | |
|------------------|----------|------------------|------|---------|-----------------|--------------------|--------------|---------|-----------------|--------------|--------------|
| | | IZMERE | H[m] | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | $3*\sigma_d$ | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | $3*\sigma_d$ |
| 1.termin. izmera | 357.7545 | | | | | | | | | | |
| | | | | -7.0 | 1.7 | 0.0 | * | | | | |
| 2.termin. izmera | 357.7475 | | | | | | | | | | |
| | | | | 8.2 | 1.3 | 0.0 | * | 1.1 | 1.6 | 48.51 | |
| 3.termin. izmera | 357.7556 | | | | | | | | | | |
| | | | | -8.4 | 1.1 | 0.0 | * | -7.3 | 1.6 | 0.0 | * |
| | | | | | | | | -0.3 | 1.2 | 82.77 | |
| 4.termin. izmera | 357.7472 | | | | | | | | | | |
| | | | | 1.8 | 1.4 | 19.67 | | -5.4 | 1.9 | 0.39 | |
| | | | | | | | | 1.6 | 1.6 | 32.22 | |
| | | | | | | | | -6.6 | 1.5 | 0.0 | * |
| 5.termin. izmera | 357.7490 | | | | | | | | | | |

Iz analize višinskih premikov kontrolnih točk (priloga J) lahko vidimo, da je pri vseh kontrolnih točkah prišlo do statistično značilnih premikov med terminskimi izmerami. V primeru kontrolnih točk 1, 3, 5, 7, 8, 9, 11 in 12 je med nekaterimi terminskimi izmerami

vrednost dejanskega tveganja manjša od naše stopnje izbranosti testa, vendar pa je premik premajhen, da lahko rečemo, da je statistično značilen. Še posebej izstopata kontrolni točki 6 in 12, kjer je program PREMİK v večini primerov zaznal statistično značilen premik, medtem ko je pri kontrolni točki 11 prišlo do statistično značilnega premika samo med terminskima izmerama 2-3.



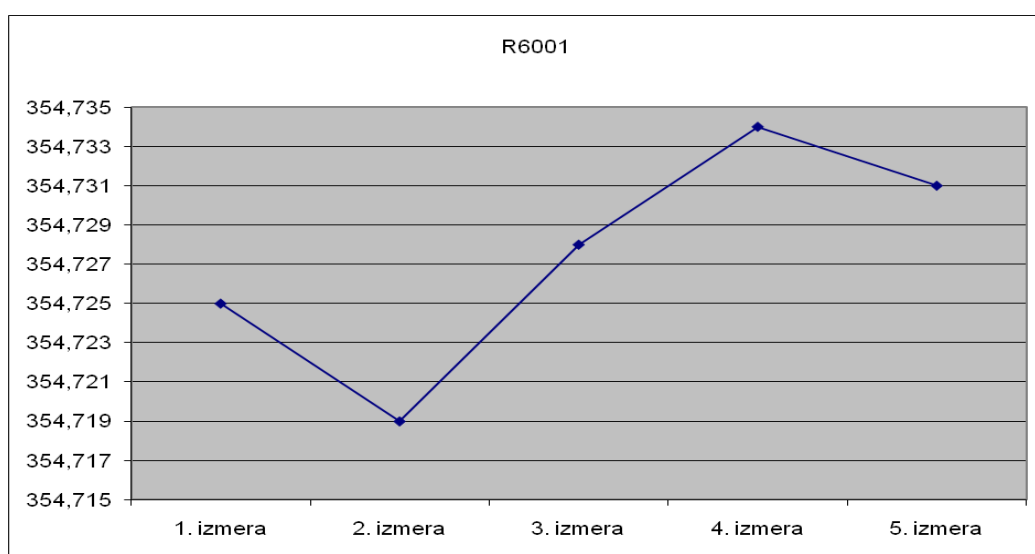
Slika 11: Prikaz višinskih premikov kontrolne točke 4

V preglednici 12 so predstavljeni rezultati analize višinskih premikov referenčne točke 6001, kjer lahko vidimo, da je prišlo do statistično značilnih premikov med terminskima izmerama 2-4. Vrednost testne statistike T znaša 4.3785, njena kritična vrednost pri naši izbrani stopnji značilnosti testa T_{krit} pa znaša 1.9600. Pri dejanskem tveganju, ki znaša $\alpha_T = 0.0\%$, lahko brez tveganja zavrnilo ničelno hipotezo. Med ostalimi terminskimi izmerami pa ni prišlo do statistično značilnih premikov, saj je vrednost testne statistike manjša od njene kritične vrednosti.

Preglednica 12: Analiza višinskih premikov referenčne točke 6001

| Točka | 6001 | Relativni premik | | | | Kumulativni premik | | | | | |
|------------------|----------|------------------|------|---------|-----------------|--------------------|----------------|---------|-----------------|--------------|----------------|
| | | IZMERE | H[m] | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | $3^* \sigma_d$ | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | $3^* \sigma_d$ |
| 1.termin. izmera | 354.7254 | | | | | | | | | | |
| | | | | -6.4 | 4.9 | 19.01 | | | | | |
| 2.termin. izmera | 354.7190 | | | | | | | | | | |
| | | | | 8.7 | 3.6 | 1.72 | 2.3 | 4.6 | 62.50 | | |
| 3.termin. izmera | 354.7277 | | | | | | | | | | |
| | | | | 6.2 | 3.0 | 3.95 | 8.5 | 4.5 | 5.64 | | |
| | | | | | | | 14.9 | 3.4 | 0.0 | * | |
| 4.termin. izmera | 354.7339 | | | | | | | | | | |
| | | | | -2.7 | 4.0 | 49.84 | 5.8 | 5.4 | 28.20 | | |
| | | | | | | | 12.2 | 4.5 | 0.71 | | |
| | | | | | | | 3.5 | 4.2 | 41.02 | | |
| 5.termin. izmera | 354.7312 | | | | | | | | | | |

V prilogi K lahko vidimo, da je tudi pri ostalih referenčnih točkah prišlo do statistično značilnih premikov med terminskimi izmerami, še posebej pri kontrolnih točkah 6005 ter 6006, kjer v obeh primerih nismo zaznali premika le med terminskimi izmerami 1-2 in 4-5.



Slika 12: Prikaz višinskih premikov referenčne točke 6001

4.8 Deformacijska analiza 2D

Izračun smo naredili s programom DAH, verzija 2.0, junij 1997, avtor Tomaž Ambrožič. Preden smo zagnali program, smo naredili datoteko s skupnimi podatki za deformacijsko analizo in datoteke s podatki o posamezni terminski izmeri.

Oblika datoteke s skupnimi podatki za deformacijsko analizo (ime.def):

- * P - ime datoteke s podatki predhodne terminske izmere
- * T - ime datoteke s podatki tekoče terminske izmere
- * D - dimenzija mreže (vrednost 2 pri analizi položajnih premikov)
- * A - stopnja značilnosti testa α
- * O - začetno število osnovnih točk
- * K – konec

Vhodno datoteko za program DAH smo dobili s programom GEM 3.

V preglednici 13 predstavljamo rezultate deformacijske analize položajnih premikov točk, izračunane po metodi Hannover, kjer je izračunan srednji pogrešek utežne enote za vseh 5 terminskih izmer, testna statistika T v primeru testiranja homogene natančnosti ter v primeru globalnega testa stabilnosti za relativen in kumulativen položajni premik med terminskimi izmerami, vključen pa je tudi rezultat ničelne hipoteze globalnega testa stabilnosti.

Preglednica 13: Deformacijska analiza položajnih premikov po metodi Hannover

| IZMERE | Srednji pogrešek utežne enote m_0 | RELATIVNO | | KUMULATIVNO | | Ničelna hipoteza globalnega testa stabilnosti | Ničelna hipoteza testiranja homogene natančnosti |
|------------------|-------------------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|---|--|
| | | Testna statistika T Testiranje homogene natančnosti | Globalni test stabilnosti | Testna statistika T Testiranje homogene natančnosti | Globalni test stabilnosti | | |
| 1.termin. izmera | 0.98515 | | | | | 1-2: ne zavrremo | 1-2: ne zavrremo |
| | | 1.115 | 1.628 | | | | |
| 2.termin. izmera | 1.04034 | | | | | 2-3: ne zavrremo | 2-3: ne zavrremo |
| | | 1.073 | 1.023 | 1.039 | 3.346 | 1-3: zavrremo | 1-3: ne zavrne. |
| 3.termin. izmera | 1.00417 | | | | | 3-4: zavrremo | 3-4: ne zavrremo |
| | | 1.051 | 3.720 | 1.092 | 6.766 | 1-4: zavrremo | 1-4: ne zavrne. |
| | | | | 1.021 | 2.615 | 2-4: zavrremo | 2-4: ne zavrne. |
| 4.termin. izmera | 1.02940 | | | | | 4-5: ne zavrremo | 4-5: ne zavrremo |
| | | | | 1.055 | 4.269 | 1-5: zavrremo | 1-5: ne zavrne. |
| | | 1.035 | 0.787 | 1.057 | 1.630 | 2-5: ne zavrne. | 2-5: ne zavrne. |
| | | | | 1.016 | 2.063 | 3-5: zavrremo | 3-5: ne zavrne. |
| 5.termin. izmera | 1.01193 | | | | | | |

Deformacijska analiza položajnih premikov je pokazala stabilnost referenčnih in kontrolnih točk med terminskimi izmerami 1-2, 2-3, 2-5 ter 4-5. V omenjenih primerih je v fazi testiranja homogene natančnosti testna statistika manjša ali enaka, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5 \%$, zato ne moremo zavrni ničelne hipoteze, kar pomeni, da natančnost dveh terminskih izmer ni nehomogena. Globalni test stabilnosti točk mreže nam v omenjenih primerih pokaže, da je izračunana testna statistika manjša ali enaka, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5 \%$, zato ne moremo zavrni ničelne hipoteze, kar pomeni, da se koordinate točk med omenjenimi terminskimi izmerami niso spremenile, deformacijska analiza pa je s tem končana.

V ostalih primerih (1-3, 1-4, 2-4, 3-4, 1-5, 3-5) testiranja homogene natančnosti pa je testna statistika večja, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5 \%$, zato zavrnamo ničelno hipotezo, in sicer natančnost dveh terminskih izmer ni homogena, deformacijska analiza je zato končana.

4.9 Deformacijska analiza 1D

Izračun smo naredili s programom DAH, verzija 2.0, junij 1997, avtor Tomaž Ambrožič. Preden smo zagnali program, smo naredili datoteko s skupnimi podatki za deformacijsko analizo in datoteke s podatki o posamezni terminski izmeri.

Oblika datoteke s skupnimi podatki za deformacijsko analizo (ime.def):

- * P - ime datoteke s podatki predhodne terminske izmere
- * T - ime datoteke s podatki tekoče terminske izmere
- * D - dimenzija mreže (vrednost 1 pri analizi višinskih premikov)
- * A - stopnja značilnosti testa α
- * O - začetno število osnovnih točk
- * K - konec

Vhodno datoteko za program DAH smo dobili s programom VimWin.

Rezultate deformacijske analize višinskih premikov točk, izračunane po metodi Hannover, predstavljamo v preglednici 14.

Preglednica 14: Deformacijska analiza višinskih premikov po metodi Hannover

| IZMERE | Srednji pogrešek utežne enote m_0 | RELATIVNO | | KUMULATIVNO | | Ničelna hipoteza globalnega testa stabilnosti | Ničelna hipoteza testiranja homogene natančnosti |
|------------------|-------------------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|---|--|
| | | Testna statistika T Testiranje homogene natančnosti | Globalni test stabilnosti | Testna statistika T Testiranje homogene natančnosti | Globalni test stabilnosti | | |
| 1.termin. izmera | 0.00664 | | | | | 1-2: zavrnilo | 1-2: ne zavrnilo |
| | | 2.075 | 2.474 | | | | |
| 2.termin. izmera | 0.00461 | | | | | 2-3: zavrnilo | 2-3: ne zavrnilo |
| | | 1.449 | 5.757 | 3.006 | - | | |
| 3.termin. izmera | 0.00383 | | | | | 3-4: zavrnilo | 3-4: ne zavrnilo |
| | | 1.451 | 5.464 | 4.360 | - | | |
| | | | | 2.102 | 12.112 | 2-4: zavrnilo | 2-4: ne zavrnilo. |
| 4.termin. izmera | 0.00318 | | | | | - | 4-5: zavrnilo |
| | | | | 1.293 | 10.434 | 1-5: zavrnilo | 1-5: ne zavrnilo. |
| | | 3.373 | - | 1.605 | 6.141 | 2-5: zavrnilo | 2-5: ne zavrnilo. |
| | | | | 2.325 | 1.412 | 3-5: ne zavrnilo. | 3-5: ne zavrnilo. |
| 5.termin. izmera | 0.00584 | | | | | | |

Kot lahko vidimo iz preglednice 14, je deformacijska analiza višinskih premikov pokazala homogeno natančnost dveh terminskih izmer in nespremenjene koordinate točk med dvema terminskima izmerama le v primeru izmer 3-5. V omenjenem primeru je v fazi testiranja homogene natančnosti testna statistika manjša ali enaka, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$, zato ne moremo zavrnilo ničelne hipoteze, kar pomeni, da natančnost dveh terminskih izmer ni nehomogena. Globalni test stabilnosti točk mreže nam v omenjenem primeru pokaže, da je izračunana testna statistika manjša ali enaka, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$, zato ne moremo zavrnilo ničelne hipoteze, kar pomeni, da se koordinate točk med omenjenimi terminskimi izmerami niso spremenile, deformacijska analiza pa je s tem končana.

Vzemimo za primer deformacijsko analizo višinskih premikov po metodi Hannover med terminskima izmerama 1-2. V primeru testiranja homogene natančnosti je testna statistika manjša ali enaka, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$, zato ne moremo zavrni ničelne hipoteze, to pa pomeni, da natančnost dveh terminskih izmer ni nehomogena. Globalni test stabilnosti točk mreže med prvo in drugo terminsko izmero pa je pokazal, da je izračunana testna statistika večja, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$, zato zavrne ničelno hipotezo, kar pomeni, da so se koordinate točk med prvo in drugo terminsko izmero spremenile. V fazi testiranja stabilnosti osnovnih točk zavrne ničelno hipotezo, kar pomeni, da imamo v mreži tudi nestabilne točke. V fazi identifikacije nestabilnih osnovnih točk je program izločil referenčno točko 6005, v zadnji fazi pa je program DAH izvedel testiranje premikov točk na objektu ter določil referenčno točko 6005 kot nestabilno. Izračunana testna statistika je v tej fazi večja od kritične vrednosti pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$, zato zavrne ničelno hipotezo, kar pomeni, da so se koordinate točk na objektu med terminskima izmerama 1-2 spremenile, deformacijska analiza pa je s tem končana. Podobno lahko obravnavamo deformacijsko analizo višinskih premikov med terminskimi izmerami 2-3, 3-4, 2-4, 1-5 ter 2-5.

Med terminskimi izmerami 1-3, 1-4, 4-5 pa je v primeru testiranja homogene natančnosti testna statistika večja, kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$, zato zavrne ničelno hipotezo, saj nehomogenih izmer ne moremo primerjati med seboj.

4.10 Primerjava rezultatov položajnih in višinskih premikov s programom PREMIK ter z metodo Hannover

Da bi lahko bolj zanesljivo vedeli, kaj se dogaja s posamezno točko v položajnem in višinskem smislu, smo na koncu naredili še primerjavo rezultatov položajnih in višinskih premikov med terminskimi izmerami, ki smo jih dobili s programom PREMIK ter z metodo Hannover.

Primerjava rezultatov položajnih premikov med prvo in tretjo terminsko izmero je predstavljena v preglednici 15, primerjava rezultatov višinskih premikov med prvo in drugo terminsko izmero pa v preglednici 16.

Preglednica 15: Primerjava rezultatov položajnih premikov s programom PREMİK ter z metodo Hannover med prvo in tretjo terminsko izmero

| Izmera 1-3 | | | | | | | |
|-------------|----------|-----------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | | |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | STABIL. | σ_y [mm] | σ_x [mm] | STABIL. |
| 1 | 1.5 | 23 | 1.3 | DA | -0.50 | 2.00 | DA |
| 2 | 2.4 | 173 | 1.4 | DA | -0.10 | -1.40 | DA |
| 3 | 1.7 | 324 | 1.8 | DA | 1.10 | 0.60 | DA |
| 4 | 3.6 | 306 | 1.4 | DA | -2.70 | 2.70 | NE |
| 5 | 1.6 | 266 | 1.3 | DA | -2.30 | -0.90 | DA |
| 6 | 0.6 | 0 | 1.5 | DA | -0.50 | 0.90 | DA |
| 7 | 1.8 | 3 | 1.6 | DA | -0.70 | 1.30 | DA |
| 8 | 1.7 | 0 | 1.7 | DA | -0.50 | 1.30 | DA |
| 9 | 1.3 | 328 | 1.5 | DA | -1.10 | 0.20 | DA |
| 11 | 3.6 | 39 | 1.9 | DA | 3.70 | -0.30 | DA |
| 12 | 3.4 | 54 | 1.5 | DA | 4.37 | 1.04 | NE |
| 6001 | 2.7 | 312 | 3.3 | DA | -3.80 | 0.60 | DA |
| 6002 | 1.7 | 107 | 2.0 | DA | 5.20 | -3.60 | DA |
| 6003 | 3.5 | 133 | 1.3 | DA | 2.01 | -3.19 | NE |
| 6005 | 2.0 | 189 | 1.1 | DA | 0.31 | -1.70 | NE |
| 6006 | 1.7 | 260 | 1.3 | DA | -1.30 | -0.90 | DA |

Med terminskima izmerama 1-3 je pri deformacijski analizi po metodi Hannover prišlo do premika kontrolnih točk 4 in 12 ter do premika referenčnih točk 6003 in 6005, medtem ko program PREMİK pokaže, da so vse točke stabilne.

Iz primerjave rezultatov lahko vidimo, da tako program PREMİK kot deformacijska analiza po metodi Hannover pokažeta, da je prišlo med terminskimi izmerami 1-4, 2-4, 1-5 ter 3-5 do premika kontrolnih in referenčnih točk (glej prilogo N). Premik kontrolnih točk med terminskima izmerama 1-2 in 2-5 je bil pokazan samo s programom PREMİK, premik kontrolnih in referenčnih točk med terminskima izmerama 1-3 ter 3-4 pa je bil zaznan samo pri deformacijski analizi po metodi Hannover. Med terminskima izmerama 2-3 ter 4-5 pa ni prišlo do statistično značilnih premikov, ker je testna statistika manjša ali enaka kot je kritična vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5 \%$. V tem primeru nismo mogli zavrniti

ničelne hipoteze, kar pomeni, da se koordinate točk med dvema terminskima izmerama niso spremenile.

Med terminskima izmerama 1-4 je deformacijska analiza pokazala premik kontrolnih točk 5, 8, 11 in premik referenčnih točk 6001, 6003, 6005, program PREMIK pa pokaže, da je točka 5 nestabilna, druge točke pa stabilne.

Med terminskima izmerama 1-5 sta tako deformacijska analiza kot program PREMIK pokazala premik kontrolnih točk 5 in 11, medtem ko je nestabilnost referenčnih točk 6003, 6005 in 6006 pokazala samo deformacijska analiza.

Med terminskima izmerama 3-4 je deformacijska analiza pokazala premik kontrolnih točk 5, 8, 11 in 12, medtem ko so s programom PREMIK vse točke stabilne.

Preglednica 16: Primerjava rezultatov višinskih premikov s programom PREMIK ter z metodo Hannover med drugo in peto terminsko izmero

| Izmera 2-5 | | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | |
| | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | Stabil. | σ_Z [mm] | Stabil. |
| 1 | 3.1 | 1.5 | 4.05 | DA | 3.1 | DA |
| 2 | 2.8 | 1.5 | 5.87 | DA | 2.8 | DA |
| 3 | 6.9 | 2.4 | 0.36 | DA | 6.9 | DA |
| 4 | 1.6 | 1.6 | 32.22 | DA | 1.5 | DA |
| 5 | 2.2 | 1.8 | 22.37 | DA | 2.2 | DA |
| 6 | 5.9 | 1.7 | 0.05 | NE | 5.9 | DA |
| 7 | 1.4 | 1.7 | 38.67 | DA | 1.5 | DA |
| 8 | 4.1 | 1.8 | 1.99 | DA | 4.1 | DA |
| 9 | 4.4 | 1.7 | 0.81 | DA | 4.4 | DA |
| 11 | 2.2 | 2.6 | 40.62 | DA | 2.2 | DA |
| 12 | 5.7 | 1.8 | 0.18 | NE | 5.7 | DA |
| 6001 | 12.2 | 4.5 | 0.71 | DA | 12.2 | DA |
| 6002 | 5.0 | 3.0 | 9.70 | DA | 5.0 | DA |
| 6003 | 8.4 | 1.2 | 0.0 | NE | 5.3 | NE |
| 6005 | 5.5 | 1.1 | 0.0 | NE | 5.5 | DA |
| 6006 | 9.1 | 1.1 | 0.0 | NE | 5.3 | NE |

Iz preglednice 16 lahko vidimo, da analiza s programom PREMİK, med terminskima izmerama 2-5, obravnava kontrolni točki 6 in 12 ter referenčne točke 6003, 6005 in 6006 kot nestabilne. Podrobna deformacijska analiza po metodi Hannover pa pokaže nestabilnost kontrolnih točk 6003 in 6006. V primeru kontrolnih točk 1, 3, 8, 9 in referenčne točke 6001 lahko vidimo, da je testna statistika večja od kritične vrednosti in da je dejansko tveganje za zavrnitev ničelne hipoteze manjše od stopnje značilnosti testa $\alpha = 5\%$, vendar pa je premik točke manjši od trikratne vrednosti natančnosti premika, zato premika ne odkrijemo, ker ni statistično značilen.

Iz primerjave rezultatov višinskih premikov med preostalimi terminskimi izmerami lahko vidimo, da so med terminskimi izmerami 1-2, 2-3, 3-4, 1-5 ter 2-4 obravnavane nestabilne točke tako s programom PREMİK kot tudi z deformacijsko analizo po metodi Hannover (glej prilogo O). Med terminskima izmerama 3-5 pokaže program PREMİK nestabilnost kontrolnih točk 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12 in referenčnih točk 6005, 6006, medtem ko deformacijska analiza po metodi Hannover obravnava vse točke kot stabilne. Med terminskimi izmerami 1-3, 1-4 in 4-5 pa primerjava rezultatov višinskih premikov ni možna, saj smo pri deformacijski analizi po metodi Hannover s testiranjem homogenosti natančnosti dveh terminskih izmer ugotovili, da je testna statistika večja od kritične vrednosti pri izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$. To je pomenilo, da smo zavrnilo ničelno hipotezo, natančnost dveh terminskih izmer ni homogena. Deformacijsko analizo smo zato prekinili oziroma končali.

5 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo predstavili določitev položajnih in višinskih premikov na pregradi Drtijiščica. Premike smo določili na dva načina, in sicer z enostavnim postopkom s programom PREMIK in z deformacijsko analizo po metodi Hannover s programom DAH.

Pred postopkom določitve premikov smo izvedli izravnavo proste mreže vseh petih terminskih izmer tako, da smo izračunali prostorske in položajne ter višinske koordinate točk mreže. Posvetili smo se tudi odkrivanju in izločanju morebitnih grobih pogreškov med opazovanji. Kot rezultat izravnave smo dobili izravnane koordinate točk, natančnost izravnanih koordinat točk in analizo natančnosti opazovanj v posameznih terminskih izmerah. Tako enostavni postopek kot tudi podrobno deformacijsko analizo za ugotavljanje stabilnosti točk v mreži je bilo možno izvesti samo v položajnem in višinskem smislu, saj program BINGO, s katerim smo izravnali prostorske koordinate, ne izpiše celotne kovariančne matrike. Ta je namreč potrebna za izvedbo deformacijske analize.

Enostavni postopek testiranja premikov točk velja v primeru zadostnega števila stabilnih točk ali če so premiki nekajkrat večji od natančnosti določitve premika. V primeru, da se posameznik glede na dejansko tveganje za zavrnitev ničelne hipoteze, ki pravi, da je točka stabilna, ne more odločiti, ali je tveganje zanj še sprejemljivo ali ne, pa je najbolje, da se stabilnost točk ugotovi po eni izmed metod deformacijske analize. Pri posebnih in zahtevnejših inženirskih delih se izvede postopek deformacijske analize, v našem primeru smo uporabili metodo Hannover. Za to metodo veljata dve predpostavki, in sicer statistično enaka a posteriori referenčna varianca v obeh obravnavanih terminskih izmerah in uporaba enakih približnih koordinat točk v obeh obravnavanih terminskih izmerah. V primeru, da teh dveh predpostavk ne izpolnjujemo, izvedba celotne deformacijske analize ni možna.

Po izračunu izravnanih prostorskih koordinat je v vseh terminskih izmerah izračunan največji srednji pogrešek po X in Z osi na referenčni točki 6001, po izračunu izravnanih položajnih koordinat je izračunan maksimalni položajni pogrešek v prvih treh terminskih izmerah na

referenčni točki 6001, rezultati izravnanih višinskih koordinat pa nam pokažejo maksimalen srednji pogrešek višine na referenčni točki 6001 v vseh terminskih izmerah. To pripisujemo predvsem neugodni geometriji geodetske mreže. Dodatna opazovanja iz referenčne točke 6004 bi geometrijo mreže zagotovo izboljšala.

V diplomski nalogi smo računali relativne ter kumulativne položajne in višinske premike ob izbrani stopnji značilnosti testa $\alpha = 5\%$. Izračuni nam pokažejo, da se vrednosti položajnih premikov gibljejo med 0.3 in 5.9 mm, premik pa je zaznan samo na kontrolnih točkah 2, 5 in 11. Povsem drugačna slika pa je pri višinskih premikih, kjer se vrednosti izračunanih višinskih premikov gibljejo med 0.4 in 14.9 mm, do statistično značilnih premikov pa je prišlo pri vseh točkah. Lahko rečemo, da se metoda trigonometričnega višinomerstva pri določitvi višinskih premikov ni izkazala za najbolj zanesljivo. Uporaba metode geometričnega nivelmana bi nam verjetno dala zanesljivejše rezultate. Pri postopku ugotavljanja stabilnosti točk v položajnem smislu s podrobnejšo deformacijsko analizo po metodi Hannover so se izkazale za stabilne kontrolne točke 1, 3, 6, 7, 9 in referenčna točka 6002. V višinskem smislu pa je program DAH izračunal kot nestabilno točko samo kontrolno točko 4, medtem ko se je pri referenčnih točkah izkazala za stabilno samo točka 6002.

Da bi dobili bolj jasno sliko o tem, kaj se s točkami na pregradi dogaja, smo naredili še primerjavo rezultatov, ki smo jih dobili z enostavnim postopkom testiranja premikov točk in s podrobnejšo deformacijsko analizo. Predvsem pri primerjavi višinskih premikov lahko vidimo, da nam ti dve metodi dajeta precej različne rezultate, saj je program PREMIK izračunal, da je pri vseh točkah prišlo do statistično značilnih premikov, program DAH pa je izračunal kot nestabilno samo kontrolno točko 4, medtem ko je pri domnevno stabilnih referenčnih točkah stabilna samo točka 6002.

Zaključimo lahko, da v našem primeru ne dobimo povsem jasnega odgovora na to, s katero metodo bi bilo primerneje določiti premike točk na pregradi. Za lažjo odločitev bi bilo prav gotovo smiselno narediti primerjavo še s katero od preostalih uveljavljenih metod določanja stabilnosti točk.

VIRI

- Ambrožič, T. 2004/2005. Zapiski predavanj pri predmetu Geodezija 2, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 119 str.
- Ambrožič, T. 2001. Deformacijska analiza po postopku Hannover, Geodetski vestnik 45, 1-2: 38-53.
- Ambrožič, T., Turk, G. 2004. Navodila za uporabo programa ViM ver. 4.1, nov. 2004. Interna izdaja.
- Ambrožič, T., Turk, G. 1997. Navodila za uporabo programa GeM3 ver. 3.1, mar. 1997. Interna izdaja.
- Ambrožič, T., Turk, G., Stopar, B. 2007. Navodila za uporabo programa PremikWin1 ver. 1.0, okt. 2007. Interna izdaja.
- Ambrožič, T. 1996. Navodila za uporabo programa DAH ver. 1.0, jun. 1996. Interna izdaja.
- Bogatin, S., Kogoj D. 2006. Pregled modelov vrednotenja geodetskih kontrolnih meritev, Geodetski vestnik 50, 2: 201-210.
- Breščak, M., 2006. Zasnova baze geodetskih točk, Geodetski vestnik 50, 2: 248-257.
- Koler, B., Savšek, S., Ambrožič, T., Sterle, O., Stopar, B., Kogoj, D. 2010. Realizacije geodezije v geotehniki, Geodetski vestnik 54, 3: 450-468.
- Savšek-Safić, S., Ambrožič, T., Stopar, B., Turk, G. 2003. Ugotavljanje premikov točk v geodetski mreži, Geodetski vestnik 47, 1-2: 7-17.

- Leica TPS – System 1000. 2003. User manual, version 2.3, English. Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland: 240-243.

ELEKTRONSKI VIRI

- Berdajs, A., Ulbl, M. 2010. Inženirska geodezija,
http://www.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Inzenirska_geodezija-Ulbl_Berdajs.pdf
(2.9.2010).
- Geopedia - interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije,
<http://www.geopedia.si/> (30.11.2010).
- Leica TC 1700,
<http://www.alibaba.com/countrysearch/TR/leica.html> (10.9.2010).
- Mozetič, B., Kogoj, D., Ambrožič, T. 2006. Uporabnost izbranih metod deformacijske analize na praktičnih primerih geodetskih mrež,
<http://www.dlib.si/v2/StreamFile.aspx?URN=URN:NBN:SI:doc...id...> (30.9.2010).
- Pribor,
<http://www.geoservis.si/main.php?pg=produkti.htm> (5.12.2010).
- Savšek-Safić, S. 2004. Testiranje premikov točk v geodetski mreži s simulacijami,
http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2004/SZGG_04_Savsek.pdf (5.11.2010).
- Savšek, S., Ambrožič, T., Kogoj, D., Koler, B., Sterle, O., Stopar, B. 2010. Geodezija v geotehniki, Geodetski vestnik 54-1_031-045,
http://www.geodetski-vestnik.com/54/1/gv54-1_031-045.pdf (12.9.2010).
- Sedej, A., Širca, A., Ravnikar Turk, M. 2010. Varnost pregrad v Sloveniji, zbornik prispevkov,
http://www.slocold.si/zbornik/Z_12.pdf (5.9.2010).

- Slovenski kataster velikih pregrad,
<http://www.slocold.si> (10.5.2010).

PRILOGE

PRILOGA A: Oblika vhodne datoteke programa BINGO s podatki (geoin.dat)

* Point coordinates:

* -----

*

C Control points (for datum reference)

C

< Point_No > < X > < Y > < Z > < S_X > < S_Y > < S_Z >

CONT 1 113274.12 477898.66 358.26 0.01 0.01 0.01

.

. n

*

C Approximate coordinates for object points

C < Point_No > < X > < Y > < Z >

CORD 6001 113073.41 477860.49 354.56

.

. n

*

*

* Survey measurements:

* -----

*

C Distances horizontal or three-dimensional

C < Station > < Target > < d > < s_d >

C

DIS3 6001 11 279.536 0.0015

.

. n n

C

C

C Set of directions (geodetic rotation)

C < Station > < Target > < dir > < s_dir >

C < Target > < dir > < s_dir >

SEDI 6003 6005 0.0000 0.0007

.

. n n

C

C Zenith distances

C < Station > < Target > < z > < s_z > < i-t >

C

ZEDI 6001 11 99.2342 0.0012

```
.      ....      ....      ....      ....  
.      n      n      ....      ....  
C  
C Earth radius and refraction coefficient (for correcting zenith distances)  
C <_EARTH_RAD._><_REF.CO_>  
CONS 6380000.      0.13  
*  
END  
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
```

PRILOGA B: Oblika datoteke programa GEM 3 s podatki (*.POD)

*N seznam približnih koordinat Novih točk

'ime_točke' y_koordinata x_koordinata

...

*O podatki o Opazovanjih

1 'stoj' 'vizu' stop min sek utež_s grupa

... in/ali

2 'stoj' 'vizu' dolž utež_d

... in/ali

3 'stoj' 'vizu' stop min sek utež_s dolž utež_d grupa

...

*PS

1.8

*PD

0.0013

*is

se

*ik

dm

*ro

da

*Konec

PRILOGA C: Oblika datoteke programa VimWin s podatki (*.POD)

*natancnost_izpisa

*N

'ime_reper' višina

...

*E

'enota_dolžin'

*O

'ime_reper_zadaj' 'ime_reper_spredaj' mer_viš_razlika mer_dolžina

...

*K

PRILOGA D: Analiza natančnosti, položajna ter višinska natančnost točk v izravnavi petih terminskih izmer

| Analiza natančnosti 3D-izravnave 1. terminske izmere | | | |
|--|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Test referenčne variance | Dolžine in koordinatne razlike | Kotna opazovanja | Zenitne distance |
| | 1.03 | 1.04 | 0.95 |
| | σ_x max [mm] | σ_y max [mm] | σ_z max [mm] |
| | 2.1 | 1.7 | 4.0 |
| Točka | σ_x [mm] | σ_y [mm] | σ_z [mm] |
| 1 | 0.8 | 0.9 | 1.3 |
| 2 | 0.9 | 0.7 | 1.3 |
| 3 | 1.3 | 1.3 | 2.2 |
| 4 | 0.9 | 0.9 | 1.5 |
| 5 | 1.1 | 0.8 | 1.5 |
| 6 | 0.9 | 0.7 | 1.3 |
| 7 | 1.1 | 0.8 | 1.6 |
| 8 | 1.2 | 0.8 | 1.5 |
| 9 | 1.1 | 0.7 | 1.3 |
| 11 | 1.4 | 1.3 | 2.8 |
| 12 | 1.4 | 0.8 | 1.6 |
| 6001 | 2.1 | 1.4 | 4.0 |
| 6002 | 1.8 | 1.7 | 2.7 |
| 6003 | 0.9 | 0.7 | 1.0 |
| 6005 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 6006 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |

| Analiza natančnosti 3D-izravnave 2. terminske izmere | | | |
|--|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Test referenčne variance | Dolžine in koordinatne razlike | Kotna opazovanja | Zenitne distance |
| | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| | σ_x max [mm] | σ_y max [mm] | σ_z max [mm] |
| | 3.2 | 2.2 | 3.9 |
| Točka | σ_x [mm] | σ_y [mm] | σ_z [mm] |
| 1 | 1.1 | 1.2 | 0.9 |
| 2 | 1.3 | 1.0 | 0.9 |
| 3 | 1.8 | 1.7 | 1.5 |
| 4 | 1.2 | 1.2 | 1.0 |
| 5 | 1.4 | 1.1 | 1.0 |
| 6 | 1.4 | 1.0 | 0.9 |
| 7 | 1.4 | 1.1 | 1.1 |
| 8 | 1.5 | 1.1 | 1.0 |
| 9 | 1.4 | 1.0 | 0.9 |
| 11 | 2.1 | 1.8 | 2.0 |
| 12 | 1.8 | 1.1 | 1.1 |
| 6001 | 3.5 | 2.1 | 3.9 |
| 6002 | 2.5 | 2.2 | 2.3 |
| 6003 | 1.3 | 0.9 | 0.7 |
| 6005 | 0.9 | 1.2 | 0.7 |
| 6006 | 1.2 | 1.3 | 0.7 |

| Analiza natančnosti 3D-izravnave 3. terminske izmere | | | |
|--|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Test referenčne variance | Dolžine in koordinatne razlike | Kotna opazovanja | Zenitne distance |
| | 1.04 | 0.98 | 0.97 |
| | σ_x max [mm] | σ_y max [mm] | σ_z max [mm] |
| | 2.6 | 1.8 | 2.0 |
| Točka | σ_x [mm] | σ_y [mm] | σ_z [mm] |
| 1 | 1.1 | 1.1 | 0.7 |
| 2 | 1.2 | 0.9 | 0.7 |
| 3 | 1.5 | 1.7 | 1.1 |
| 4 | 1.1 | 1.1 | 0.7 |
| 5 | 1.4 | 1.0 | 0.8 |
| 6 | 1.3 | 0.9 | 0.7 |
| 7 | 1.3 | 1.1 | 0.8 |
| 8 | 1.4 | 0.9 | 0.7 |
| 9 | 1.3 | 0.9 | 0.7 |
| 11 | 1.7 | 1.7 | 1.4 |
| 12 | 1.7 | 1.0 | 0.8 |
| 6001 | 2.6 | 1.6 | 2.0 |
| 6002 | 1.8 | 1.8 | 1.4 |
| 6003 | 1.2 | 0.8 | 0.5 |
| 6005 | 0.9 | 1.1 | 0.5 |
| 6006 | 1.0 | 1.1 | 0.5 |

| Analiza natančnosti 3D-izravnave 4. terminske izmere | | | |
|--|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Test referenčne variance | Dolžine in koordinatne razlike | Kotna opazovanja | Zenitne distance |
| | 1.00 | 1.01 | 1.01 |
| | σ_x max [mm] | σ_y max [mm] | σ_z max [mm] |
| | 1.3 | 1.5 | 7.3 |
| Točka | σ_x [mm] | σ_y [mm] | σ_z [mm] |
| 1 | 0.6 | 0.7 | 2.5 |
| 2 | 0.8 | 0.6 | 2.4 |
| 3 | 0.7 | 1.5 | 4.0 |
| 4 | 0.6 | 0.6 | 2.7 |
| 5 | 0.8 | 0.5 | 2.8 |
| 6 | 0.7 | 0.4 | 2.6 |
| 7 | 0.7 | 0.6 | 2.9 |
| 8 | 0.7 | 0.5 | 2.7 |
| 9 | 0.7 | 0.5 | 2.5 |
| 11 | 0.9 | 1.2 | 5.1 |
| 12 | 1.0 | 0.7 | 2.9 |
| 6001 | 1.3 | 0.8 | 7.3 |
| 6002 | 1.1 | 1.1 | 5.0 |
| 6003 | 0.8 | 0.6 | 1.9 |
| 6005 | 0.6 | 0.5 | 1.9 |
| 6006 | 0.7 | 0.6 | 2.0 |

| Analiza natančnosti 3D-izravnave 5. terminske izmere | | | |
|--|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Test referenčne variance | Dolžine in koordinatne razlike | Kotna opazovanja | Zenitne distance |
| | 1.01 | 0.98 | 0.98 |
| | σ_x max [mm] | σ_y max [mm] | σ_z max [mm] |
| | 2.1 | 1.9 | 2.2 |
| Točka | σ_x [mm] | σ_y [mm] | σ_z [mm] |
| 1 | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.2 | 0.9 | 1.0 |
| 3 | 1.2 | 1.9 | 1.8 |
| 4 | 1.0 | 0.9 | 1.1 |
| 5 | 1.3 | 0.8 | 1.2 |
| 6 | 1.2 | 0.7 | 1.1 |
| 7 | 1.2 | 0.9 | 1.3 |
| 8 | 1.3 | 0.8 | 1.2 |
| 9 | 1.1 | 0.7 | 1.0 |
| 11 | 1.5 | 1.6 | 2.2 |
| 12 | 1.6 | 1.0 | 1.3 |
| 6001 | 2.1 | 1.6 | 2.2 |
| 6002 | 1.7 | 1.8 | 1.9 |
| 6003 | 1.1 | 0.7 | 0.8 |
| 6005 | 0.8 | 0.9 | 0.7 |
| 6006 | 1.0 | 0.9 | 0.8 |

PRILOGA E: Analiza natančnosti, položajna natančnost točk v izravnavi petih terminskih izmer

| Analiza položajne natančnosti točk 1. terminske izmere | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|-----------------|
| Točka | σ_y [mm] | σ_x [mm] | σ_p [mm] | a [mm] | b [mm] | ϑ [°] |
| 1 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 0.7 | 0.7 | 96 |
| 2 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 2 |
| 3 | 1.1 | 1.0 | 1.5 | 1.1 | 1.0 | 60 |
| 4 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 0.7 | 0.7 | 132 |
| 5 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 170 |
| 6 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 171 |
| 7 | 0.7 | 0.8 | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 7 |
| 8 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 1 |
| 9 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0 |
| 11 | 1.1 | 1.2 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 156 |
| 12 | 0.7 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 0.7 | 175 |
| 6001 | 1.1 | 1.8 | 2.1 | 1.9 | 1.0 | 158 |
| 6002 | 1.3 | 1.4 | 1.9 | 1.5 | 1.2 | 40 |
| 6003 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 159 |
| 6005 | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | 58 |
| 6006 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 0.9 | 0.4 | 130 |

| Analiza položajne natančnosti točk 2. terminske izmere | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|-----------------|
| Točka | σ_y [mm] | σ_x [mm] | σ_p [mm] | a [mm] | b [mm] | ϑ [°] |
| 1 | 1.3 | 1.2 | 1.7 | 1.3 | 1.2 | 103 |
| 2 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 179 |
| 3 | 1.9 | 1.8 | 2.6 | 1.9 | 1.7 | 54 |
| 4 | 1.2 | 1.2 | 1.7 | 1.3 | 1.2 | 130 |
| 5 | 1.1 | 1.5 | 1.9 | 1.5 | 1.1 | 171 |
| 6 | 1.0 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 1.0 | 171 |
| 7 | 1.2 | 1.4 | 1.9 | 1.4 | 1.2 | 8 |
| 8 | 1.1 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.1 | 1 |
| 9 | 1.0 | 1.4 | 1.8 | 1.4 | 1.0 | 180 |
| 11 | 1.9 | 2.1 | 2.8 | 2.2 | 1.8 | 155 |
| 12 | 1.1 | 1.9 | 2.2 | 1.9 | 1.1 | 175 |
| 6001 | 2.0 | 3.2 | 3.8 | 3.4 | 1.7 | 158 |
| 6002 | 2.3 | 2.4 | 3.3 | 2.6 | 2.1 | 37 |
| 6003 | 0.9 | 1.3 | 1.6 | 1.4 | 0.9 | 164 |
| 6005 | 1.2 | 1.0 | 1.5 | 1.3 | 0.8 | 58 |
| 6006 | 1.3 | 1.2 | 1.7 | 1.5 | 0.8 | 130 |

| Analiza položajne natančnosti točk 3. terminske izmere | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|-----------------|
| Točka | σ_y [mm] | σ_x [mm] | σ_p [mm] | a [mm] | b [mm] | ϑ [°] |
| 1 | 1.0 | 0.9 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 58 |
| 2 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 0.7 | 18 |
| 3 | 1.7 | 1.2 | 2.1 | 1.7 | 1.2 | 79 |
| 4 | 0.9 | 0.9 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 22 |
| 5 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 177 |
| 6 | 0.7 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 0.7 | 176 |
| 7 | 0.9 | 1.1 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 3 |
| 8 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 0 |
| 9 | 0.7 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 0.7 | 2 |
| 11 | 1.6 | 1.5 | 2.2 | 1.6 | 1.5 | 127 |
| 12 | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.5 | 0.8 | 170 |
| 6001 | 1.3 | 2.3 | 2.6 | 2.3 | 1.2 | 163 |
| 6002 | 1.7 | 1.7 | 2.4 | 1.7 | 1.7 | 52 |
| 6003 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 179 |
| 6005 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 56 |
| 6006 | 0.9 | 0.9 | 1.2 | 1.1 | 0.6 | 132 |

| Analiza položajne natančnosti točk 4. terminske izmere | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|-----------------|
| Točka | σ_y [mm] | σ_x [mm] | σ_p [mm] | a [mm] | b [mm] | ϑ [°] |
| 1 | 0.7 | 0.6 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 51 |
| 2 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 0.5 | 28 |
| 3 | 1.6 | 0.8 | 1.8 | 1.6 | 0.8 | 85 |
| 4 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 37 |
| 5 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 1 |
| 6 | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.4 | 180 |
| 7 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 0.7 | 20 |
| 8 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 6 |
| 9 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 12 |
| 11 | 1.4 | 0.9 | 1.7 | 1.4 | 0.9 | 77 |
| 12 | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 0.7 | 168 |
| 6001 | 0.8 | 1.5 | 1.7 | 1.5 | 0.8 | 177 |
| 6002 | 1.4 | 1.3 | 1.9 | 1.7 | 0.9 | 129 |
| 6003 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 21 |
| 6005 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 29 |
| 6006 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 5 |

| Analiza položajne natančnosti točk 5. terminske izmere | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|-----------------|
| Točka | σ_y [mm] | σ_x [mm] | σ_p [mm] | a [mm] | b [mm] | ϑ [°] |
| 1 | 1.0 | 0.9 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 62 |
| 2 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 23 |
| 3 | 1.8 | 1.4 | 2.3 | 1.8 | 1.4 | 81 |
| 4 | 0.9 | 1.0 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 29 |
| 5 | 0.9 | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 0.9 | 178 |
| 6 | 0.8 | 1.2 | 1.6 | 1.2 | 0.8 | 176 |
| 7 | 1.0 | 1.2 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 4 |
| 8 | 0.8 | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 0.8 | 180 |
| 9 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 1 |
| 11 | 1.6 | 1.6 | 2.2 | 1.7 | 1.5 | 127 |
| 12 | 1.0 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 0.9 | 169 |
| 6001 | 1.8 | 2.1 | 2.7 | 2.3 | 1.5 | 146 |
| 6002 | 2.0 | 1.9 | 2.8 | 2.3 | 1.5 | 47 |
| 6003 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 0.8 | 5 |
| 6005 | 1.0 | 0.7 | 1.2 | 1.0 | 0.6 | 61 |
| 6006 | 1.0 | 0.9 | 1.4 | 1.2 | 0.7 | 132 |

PRILOGA F: Analiza natančnosti, višinska natančnost točk v izravnavi petih terminskih izmer

| Izravnane nadmorske višine točk 1. terminske izmere | | | | |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| Točka | Približna višina [m] | Popravek višine [mm] | Definitivna višina [m] | Srednji pogrešek višine [mm] |
| 1 | 358.1928 | -0.1 | 358.1927 | 1.4 |
| 2 | 350.7533 | 0.2 | 350.7535 | 1.3 |
| 3 | 347.1075 | 0.0 | 347.1075 | 2.1 |
| 4 | 357.7544 | 0.1 | 357.7545 | 1.4 |
| 5 | 350.7637 | -0.1 | 350.7636 | 1.6 |
| 6 | 347.2156 | -0.5 | 347.2151 | 1.3 |
| 7 | 347.2156 | 0.5 | 357.7797 | 1.5 |
| 8 | 350.8487 | 0.1 | 350.8488 | 1.6 |
| 9 | 347.4214 | 0.4 | 347.4218 | 1.5 |
| 11 | 358.0938 | -0.4 | 358.0934 | 2.3 |
| 12 | 350.8852 | -0.1 | 350.8851 | 1.6 |
| 6001 | 354.7268 | -1.4 | 354.7254 | 4.0 |
| 6002 | 354.3023 | 0.6 | 354.3029 | 2.7 |
| 6003 | 360.9426 | 0.3 | 360.9429 | 1.0 |
| 6005 | 345.0602 | 0.3 | 345.0605 | 0.9 |
| 6006 | 342.0529 | 0.1 | 342.0530 | 1.0 |

| Izravnane nadmorske višine točk 2. terminske izmere | | | | |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| Točka | Približna višina [m] | Popravek višine [mm] | Definitivna višina [m] | Srednji pogrešek višine [mm] |
| 1 | 358.1872 | 0.3 | 358.1875 | 0.9 |
| 2 | 350.7526 | -0.4 | 350.7522 | 0.9 |
| 3 | 347.1030 | 0.4 | 347.1034 | 1.5 |
| 4 | 357.7473 | 0.2 | 357.7475 | 1.0 |
| 5 | 350.7584 | 0.1 | 350.7585 | 1.1 |
| 6 | 347.2099 | 0.1 | 347.2100 | 1.1 |
| 7 | 357.7737 | 0.3 | 357.7740 | 1.0 |
| 8 | 350.8432 | 0.0 | 350.8432 | 1.1 |
| 9 | 347.4163 | 0.2 | 347.4165 | 1.0 |
| 11 | 358.0874 | 0.6 | 358.0880 | 1.6 |
| 12 | 350.8798 | -0.2 | 350.8796 | 1.1 |
| 6001 | 354.7196 | -0.6 | 354.7190 | 2.8 |
| 6002 | 354.3000 | 0.7 | 354.3007 | 1.9 |
| 6003 | 360.9422 | 1.0 | 360.9412 | 0.7 |
| 6005 | 345.0589 | 0.1 | 345.0590 | 0.7 |
| 6006 | 342.0506 | -0.7 | 342.0499 | 0.7 |

| Izravnane nadmorske višine točk 3. terminske izmere | | | | |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| Točka | Približna višina [m] | Popravek višine [mm] | Definitivna višina [m] | Srednji pogrešek višine [mm] |
| 1 | 358.1971 | -0.2 | 358.1969 | 0.8 |
| 2 | 350.7617 | -0.1 | 350.7616 | 0.8 |
| 3 | 347.1143 | -0.9 | 347.1134 | 1.2 |
| 4 | 357.7553 | 0.3 | 357.7556 | 0.8 |
| 5 | 350.7663 | -0.2 | 350.7661 | 0.9 |
| 6 | 347.2223 | -0.1 | 347.2222 | 0.9 |
| 7 | 357.7826 | -0.3 | 357.7823 | 0.9 |
| 8 | 350.8546 | 0.0 | 350.8546 | 0.9 |
| 9 | 347.4268 | 0.2 | 347.4270 | 0.9 |
| 11 | 358.0959 | -1.2 | 358.0947 | 1.4 |
| 12 | 350.8917 | -0.1 | 350.8916 | 1.0 |
| 6001 | 354.7282 | -0.5 | 354.7277 | 2.3 |
| 6002 | 354.3103 | -0.8 | 354.3095 | 1.6 |
| 6003 | 360.9519 | 0.0 | 360.9519 | 0.6 |
| 6005 | 345.0696 | 1.8 | 345.0714 | 0.6 |
| 6006 | 342.0625 | 2.2 | 342.0647 | 0.6 |

| Izravnane nadmorske višine točk 4. terminske izmere | | | | |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| Točka | Približna višina [m] | Popravek višine [mm] | Definitivna višina [m] | Srednji pogrešek višine [mm] |
| 1 | 358.1899 | 1.2 | 358.1911 | 0.7 |
| 2 | 350.7551 | 0.9 | 350.7560 | 0.6 |
| 3 | 347.1059 | 3.4 | 347.1093 | 1.0 |
| 4 | 357.7460 | 1.2 | 357.7472 | 0.7 |
| 5 | 350.7629 | -0.9 | 350.7620 | 0.8 |
| 6 | 347.2166 | -1.1 | 347.2155 | 0.7 |
| 7 | 357.7800 | -5.4 | 357.7746 | 0.7 |
| 8 | 350.8487 | -0.8 | 350.8479 | 0.8 |
| 9 | 347.4209 | -0.9 | 347.4200 | 0.7 |
| 11 | 358.0903 | 1.6 | 358.0919 | 1.1 |
| 12 | 350.8851 | -0.7 | 350.8844 | 0.8 |
| 6001 | 354.7370 | -3.1 | 354.7339 | 1.9 |
| 6002 | 354.3035 | 4.1 | 354.3076 | 1.3 |
| 6003 | 360.9482 | 3.0 | 360.9512 | 0.5 |
| 6005 | 345.0666 | -1.6 | 345.0650 | 0.5 |
| 6006 | 342.0586 | -1.0 | 342.0576 | 0.5 |

| Izravnane nadmorske višine točk 5. terminske izmere | | | | |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| Točka | Približna višina [m] | Popravek višine [mm] | Definitivna višina [m] | Srednji pogrešek višine [mm] |
| 1 | 358.1909 | -0.3 | 358.1906 | 1.2 |
| 2 | 350.7548 | 0.2 | 350.7550 | 1.2 |
| 3 | 347.1099 | 0.4 | 347.1103 | 1.9 |
| 4 | 357.7487 | 0.3 | 357.7490 | 1.2 |
| 5 | 350.7608 | -0.1 | 350.7607 | 1.4 |
| 6 | 347.2160 | -0.1 | 347.2159 | 1.3 |
| 7 | 357.7754 | 0.1 | 357.7755 | 1.3 |
| 8 | 350.8476 | -0.3 | 350.8473 | 1.4 |
| 9 | 347.4212 | -0.3 | 347.4209 | 1.3 |
| 11 | 358.0902 | 0.0 | 358.0902 | 2.1 |
| 12 | 350.8857 | -0.4 | 350.8853 | 1.4 |
| 6001 | 354.7314 | -0.2 | 354.7312 | 3.6 |
| 6002 | 354.3054 | 0.3 | 354.3057 | 2.4 |
| 6003 | 360.9494 | 0.2 | 360.9496 | 0.9 |
| 6005 | 345.0645 | 0.0 | 345.0645 | 0.9 |
| 6006 | 342.0588 | 0.1 | 342.0589 | 0.9 |

PRILOGA G: Primerjava rezultatov izravnanih koordinat druge, tretje, četrte ter pete terminske izmere med programom BINGO ter programoma GEM in VinWim

| 2. terminska izmera | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|
| Točka | BINGO | | | GEM | | VinWim |
| | X [m] | Y [m] | Z [m] | Y [m] | X [m] | H [m] |
| 1 | 113274.1187 | 477898.6633 | 358.1872 | 477898.6629 | 113274.1191 | 358.1875 |
| 2 | 113305.4512 | 477886.9075 | 350.7526 | 477886.9070 | 113305.4515 | 350.7522 |
| 3 | 113242.4609 | 477957.2356 | 347.1030 | 477957.2347 | 113242.4613 | 347.1034 |
| 4 | 113286.0949 | 477936.0153 | 357.7473 | 477936.0147 | 113286.0952 | 357.7475 |
| 5 | 113318.6761 | 477929.4638 | 350.7584 | 477929.4637 | 113318.6767 | 350.7585 |
| 6 | 113334.6631 | 477924.3351 | 347.2100 | 477924.3348 | 113334.6630 | 347.2100 |
| 7 | 113297.9098 | 477996.9108 | 357.7736 | 477996.9107 | 113297.9103 | 357.7740 |
| 8 | 113329.6624 | 477984.4214 | 350.8432 | 477984.4212 | 113329.6625 | 350.8432 |
| 9 | 113346.0853 | 477981.4090 | 347.4163 | 477981.4085 | 113346.0854 | 347.4165 |
| 11 | 113291.5542 | 478035.2488 | 358.0874 | 478035.2485 | 113291.5543 | 358.0880 |
| 12 | 113329.7629 | 478023.8138 | 350.8799 | 478023.8136 | 113329.7629 | 350.8796 |
| 6001 | 113073.4097 | 477860.4906 | 354.7196 | 477860.4900 | 113073.4098 | 354.7190 |
| 6002 | 113101.5096 | 478145.6022 | 354.3000 | 478145.6015 | 113101.5101 | 354.3007 |
| 6003 | 113235.0325 | 477828.5203 | 360.9422 | 477828.5199 | 113235.0328 | 360.9412 |
| 6005 | 113399.6241 | 477904.0336 | 345.0589 | 477904.0334 | 113399.6244 | 345.0590 |
| 6006 | 113408.4846 | 478003.2188 | 342.0506 | 478003.2186 | 113408.4848 | 342.0499 |

| 3. terminska izmera | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|
| Točka | BINGO | | | GEM | | VinWim |
| | X [m] | Y [m] | Z [m] | Y [m] | X [m] | H [m] |
| 1 | 113274.1191 | 477898.6635 | 358.1971 | 477898.6626 | 113274.1199 | 358.1969 |
| 2 | 113305.4474 | 477886.9072 | 350.7617 | 477886.9065 | 113305.4482 | 350.7616 |
| 3 | 113242.4609 | 477957.2334 | 347.1143 | 477957.2347 | 113242.4606 | 347.1134 |
| 4 | 113286.0968 | 477936.0139 | 357.7553 | 477936.0131 | 113286.0972 | 357.7556 |
| 5 | 113318.6787 | 477929.4665 | 350.7663 | 477929.4657 | 113318.6784 | 350.7661 |
| 6 | 113334.6615 | 477924.3350 | 347.2223 | 477924.3343 | 113334.6620 | 347.2222 |
| 7 | 113297.9118 | 477996.9116 | 357.7826 | 477996.9107 | 113297.9112 | 357.7823 |
| 8 | 113329.6641 | 477984.4211 | 350.8546 | 477984.4205 | 113329.6641 | 350.8546 |
| 9 | 113346.0870 | 477981.4082 | 347.4268 | 477981.4076 | 113346.0868 | 347.4270 |
| 11 | 113291.5572 | 478035.2495 | 358.0959 | 478035.2505 | 113291.5546 | 358.0947 |
| 12 | 113329.7643 | 478023.8140 | 350.8917 | 478023.8137 | 113329.7637 | 350.8916 |
| 6001 | 113073.4095 | 477860.4884 | 354.7282 | 477860.4863 | 113073.4078 | 354.7277 |
| 6002 | 113101.5117 | 478145.6022 | 354.3103 | 478145.6038 | 113101.5085 | 354.3095 |
| 6003 | 113235.0306 | 477828.5225 | 360.9519 | 477828.5212 | 113235.0318 | 360.9519 |
| 6005 | 113399.6238 | 477904.0339 | 345.0696 | 477904.0337 | 113399.6243 | 345.0714 |
| 6006 | 113408.4850 | 478003.2191 | 342.0625 | 478003.2192 | 113408.4848 | 342.0647 |

| 4. terminska izmera | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|
| Točka | BINGO | | | GEM | | VinWim |
| | X [m] | Y [m] | Z [m] | Y [m] | X [m] | H [m] |
| 1 | 113274.1183 | 477898.6645 | 358.1899 | 477898.6642 | 113274.1186 | 358.1911 |
| 2 | 113305.4501 | 477886.9076 | 350.7551 | 477886.9072 | 113305.4503 | 350.7560 |
| 3 | 113242.4601 | 477957.2378 | 347.1059 | 477957.2373 | 113242.4600 | 347.1093 |
| 4 | 113286.0933 | 477936.0139 | 357.7460 | 477936.0135 | 113286.0935 | 357.7472 |
| 5 | 113318.6812 | 477929.4636 | 350.7629 | 477929.4634 | 113318.6812 | 350.7620 |
| 6 | 113334.6619 | 477924.3332 | 347.2166 | 477924.3330 | 113334.6620 | 347.2155 |
| 7 | 113297.9110 | 477996.9100 | 357.7800 | 477996.9097 | 113297.9108 | 357.7746 |
| 8 | 113329.6614 | 477984.4236 | 350.8487 | 477984.4235 | 113329.6613 | 350.8479 |
| 9 | 113346.0862 | 477981.4088 | 347.4209 | 477981.4087 | 113346.0861 | 347.4200 |
| 11 | 113291.5576 | 478035.2572 | 358.0903 | 478035.2572 | 113291.5571 | 358.0919 |
| 12 | 113329.7643 | 478023.8093 | 350.8851 | 478023.8092 | 113329.7640 | 350.8844 |
| 6001 | 113073.4117 | 477860.4849 | 354.7370 | 477860.4841 | 113073.4110 | 354.7339 |
| 6002 | 113101.5118 | 478145.6021 | 354.3035 | 478145.6018 | 113101.5102 | 354.3076 |
| 6003 | 113235.0300 | 477828.5221 | 360.9482 | 477828.5215 | 113235.0304 | 360.9512 |
| 6005 | 113399.6232 | 477904.0317 | 345.0666 | 477904.0318 | 113399.6234 | 345.0650 |
| 6006 | 113408.4843 | 478003.2180 | 342.0586 | 478003.2181 | 113408.4842 | 342.0576 |

| 5. terminska izmera | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|
| Točka | BINGO | | | GEM | | VinWim |
| | X [m] | Y [m] | Z [m] | Y [m] | X [m] | H [m] |
| 1 | 113274.1190 | 477898.6645 | 358.1909 | 477898.6642 | 113274.1190 | 358.1906 |
| 2 | 113305.4516 | 477886.9081 | 350.7548 | 477886.9081 | 113305.4520 | 350.7550 |
| 3 | 113242.4576 | 477957.2330 | 347.1099 | 477957.2326 | 113242.4571 | 347.1103 |
| 4 | 113286.0944 | 477936.0137 | 357.7487 | 477936.0136 | 113286.0945 | 357.7490 |
| 5 | 113318.6822 | 477929.4639 | 350.7608 | 477929.4638 | 113318.6814 | 350.7607 |
| 6 | 113334.6638 | 477924.3342 | 347.2160 | 477924.3343 | 113334.6640 | 347.2159 |
| 7 | 113297.9116 | 477996.9084 | 357.7754 | 477996.9086 | 113297.9111 | 357.7755 |
| 8 | 113329.6631 | 477984.4230 | 350.8476 | 477984.4227 | 113329.6632 | 350.8473 |
| 9 | 113346.0869 | 477981.4079 | 347.4212 | 477981.4077 | 113346.0869 | 347.4209 |
| 11 | 113291.5574 | 478035.2562 | 358.0902 | 478035.2567 | 113291.5561 | 358.0902 |
| 12 | 113329.7640 | 478023.8097 | 350.8857 | 478023.8100 | 113329.7633 | 350.8853 |
| 6001 | 113073.4082 | 477860.4891 | 354.7314 | 477860.4881 | 113073.4088 | 354.7312 |
| 6002 | 113101.5100 | 478145.6005 | 354.3054 | 478145.6012 | 113101.5085 | 354.3057 |
| 6003 | 113235.0297 | 477828.5219 | 360.9494 | 477828.5213 | 113235.0298 | 360.9496 |
| 6005 | 113399.6241 | 477904.0328 | 345.0645 | 477904.0330 | 113399.6243 | 345.0645 |
| 6006 | 113408.4838 | 478003.2183 | 342.0588 | 478003.2183 | 113408.4840 | 342.0589 |

PRILOGA H: Analiza položajnih premikov kontrolnih točk

| Točka | 1 | | Relativni premik | | | Kumulativni premik | | | |
|------------------|-------------|-------------|------------------|-------|-----------|--------------------|-------|-----------|-----------------|
| | IZMERE | Y [m] | X [m] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] |
| 1.termin. izmera | 477898.6631 | 113274.1179 | | | | | | | |
| | | | 1.1 | 0 | 1.4 | | | | |
| 2.termin. izmera | 477898.6629 | 113274.1191 | | | | | | | |
| | | | 0.7 | 63 | 1.7 | 1.5 | 23 | 1.3 | |
| 3.termin. izmera | 477898.6626 | 113274.1199 | | | | | | | |
| | | | 1.4 | 146 | 1.5 | 1.4 | 82 | 1.3 | |
| | | | | | | 1.7 | 123 | 1.7 | |
| 4.termin. izmera | 477898.6642 | 113274.1186 | | | | | | | |
| | | | 0.8 | 330 | 1.5 | 1.3 | 48 | 1.3 | |
| | | | | | | 1.0 | 101 | 1.8 | |
| | | | | | | 0.6 | 141 | 1.6 | |
| 5.termin. izmera | 477898.6642 | 113274.1190 | | | | | | | |

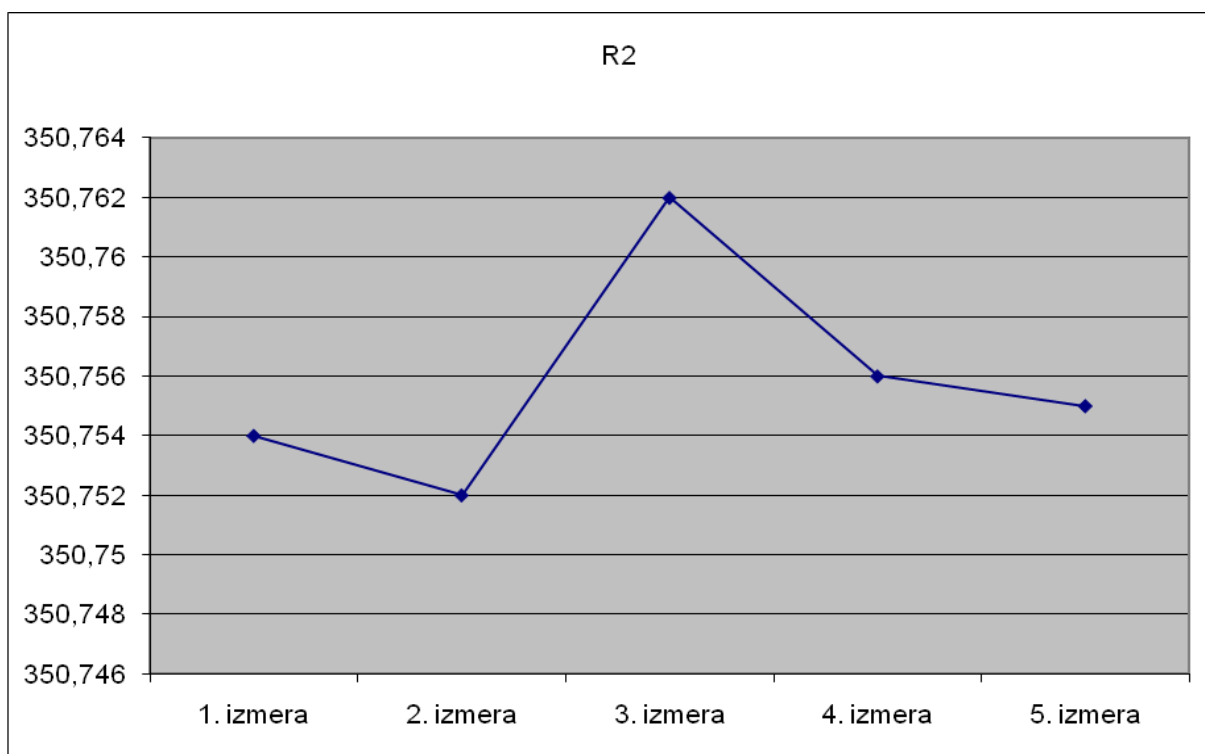
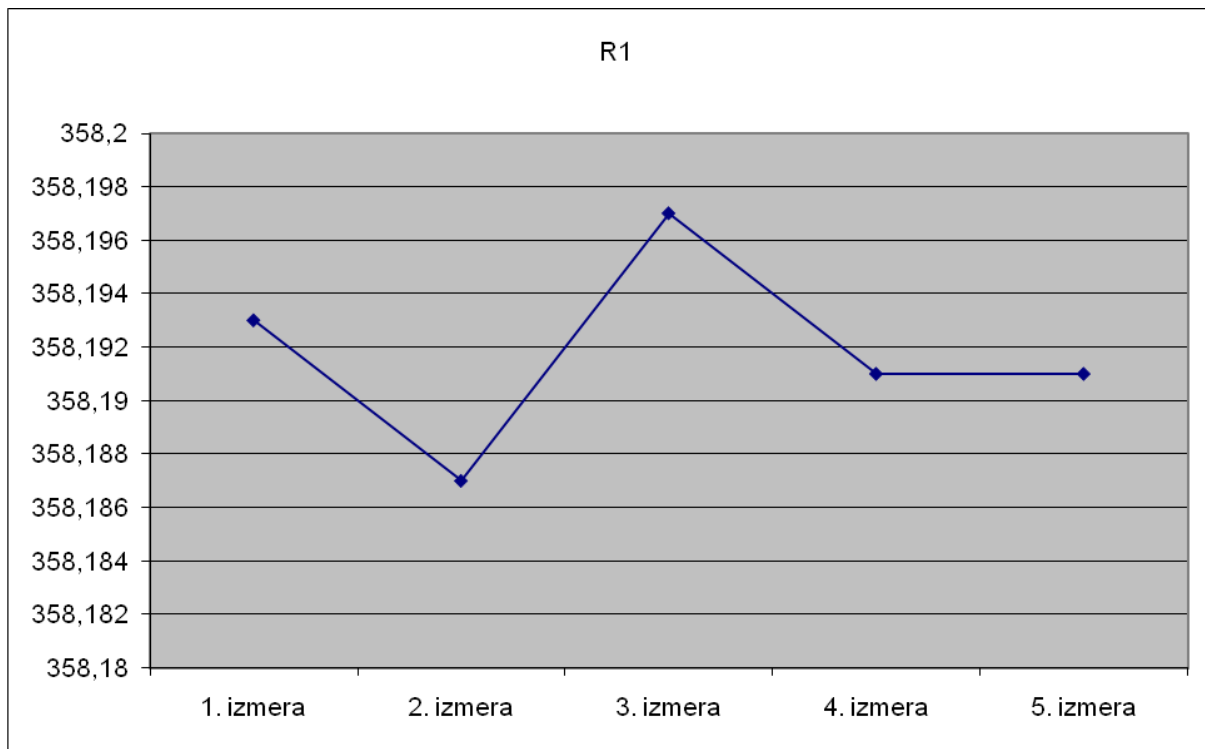
| Točka | 2 | | Relativni premik | | | Kumulativni premik | | | |
|------------------|-------------|-------------|------------------|-------|-----------|--------------------|-------|-----------|-----------------|
| | IZMERE | Y [m] | X [m] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] |
| 1.termin. izmera | 477886.9066 | 113305.4496 | | | | | | | |
| | | | 2.0 | 18 | 1.5 | | | | |
| 2.termin. izmera | 477886.9070 | 113305.4515 | | | | | | | |
| | | | 0.7 | 63 | 1.7 | 2.4 | 173 | 1.4 | |
| 3.termin. izmera | 477886.9065 | 113305.4482 | | | | | | | |
| | | | 3.3 | 12 | 1.6 | 1.3 | 51 | 1.2 | |
| | | | | | | 1.2 | 160 | 1.7 | |
| 4.termin. izmera | 477886.9072 | 113305.4503 | | | | | | | |
| | | | 2.2 | 24 | 1.6 | 3.4 | 34 | 1.4 | |
| | | | | | | 1.6 | 55 | 1.6 | |
| | | | | | | 5.4 | 17 | 1.7 | * |
| 5.termin. izmera | 477886.9081 | 113305.4520 | | | | | | | |

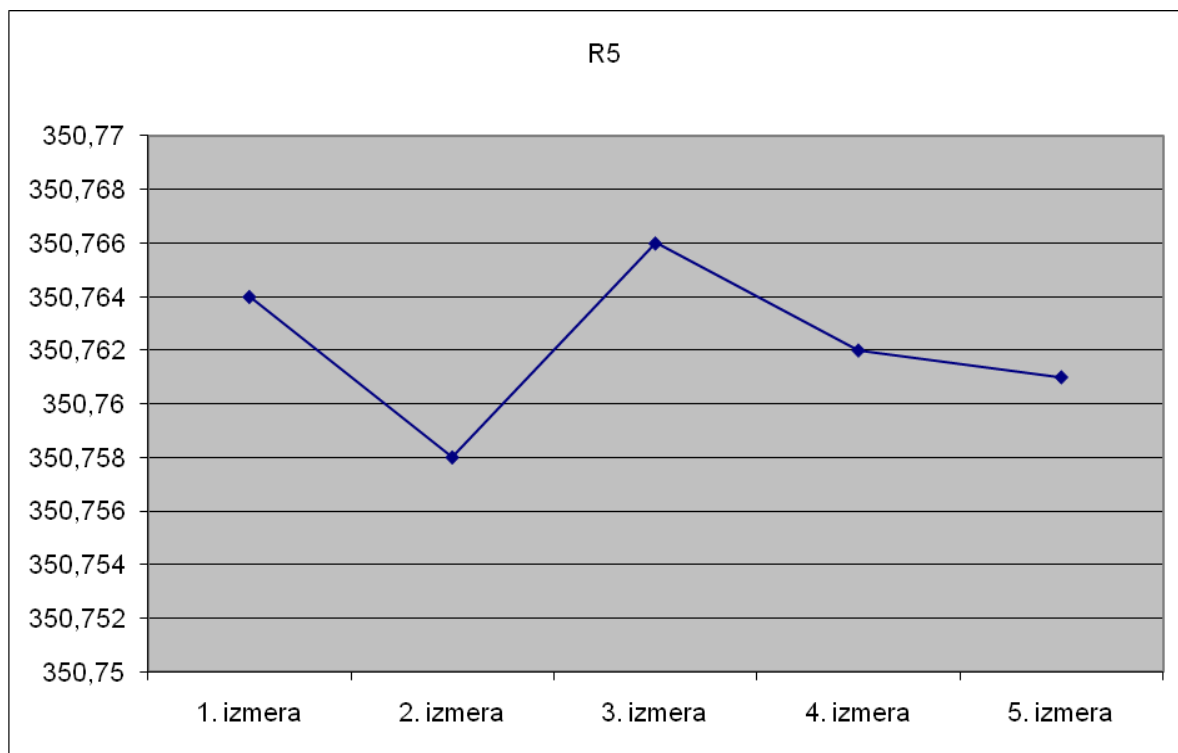
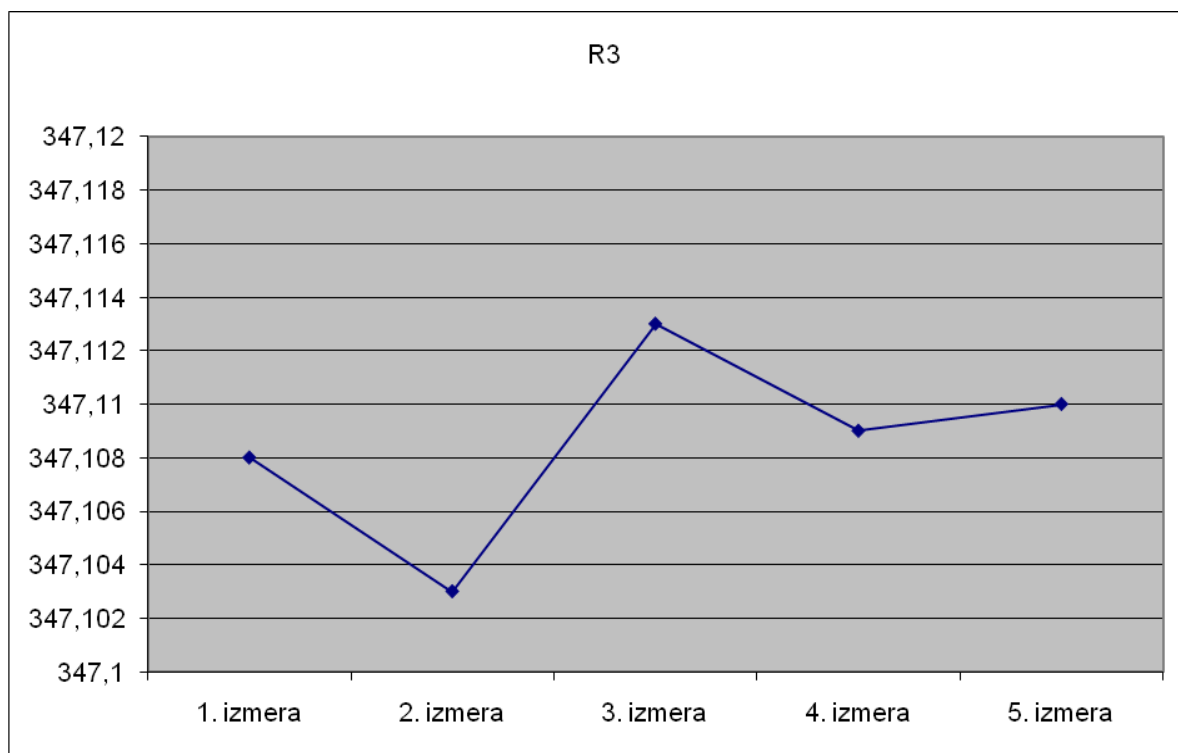
PRILOGA I: Analiza položajnih premikov referenčnih točk

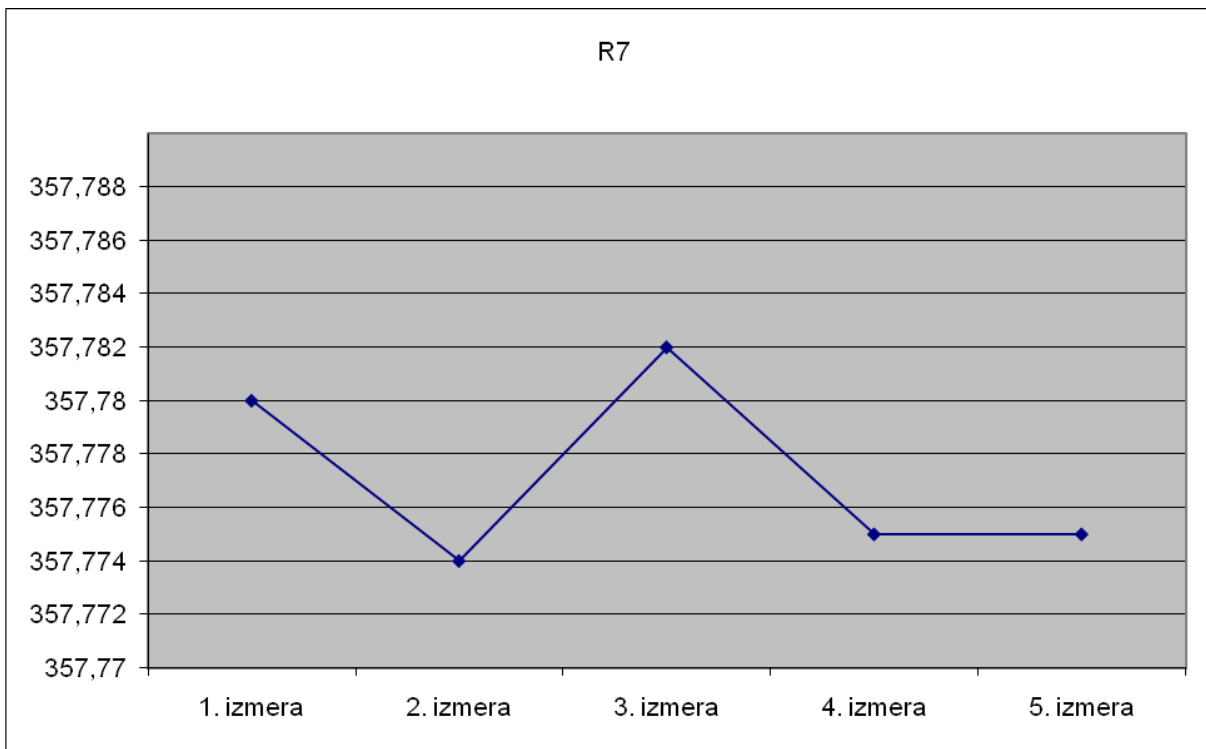
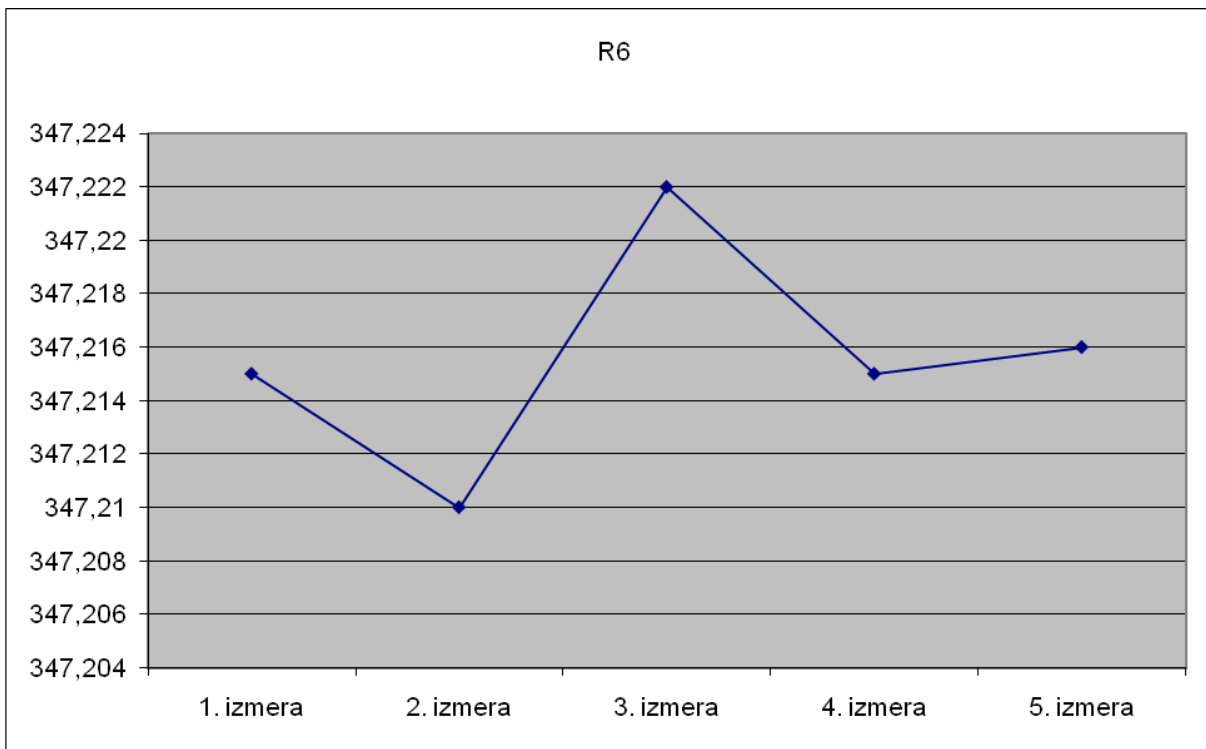
| Točka | 6002 | | Relativni premik | | | Kumulativni premik | | | |
|------------------|-------------|-------------|------------------|-------|-----------|--------------------|-------|-----------|-----------------|
| | IZMERE | Y [m] | X [m] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] |
| 1.termin. izmera | 478145.5986 | 113101.5121 | | | | | | | |
| | | | 2.1 | 115 | 2.2 | | | | |
| 2.termin. izmera | 478145.6015 | 113101.5101 | | | | | | | |
| | | | 0.5 | 323 | 2.6 | 1.7 | 107 | 2.0 | |
| 3.termin. izmera | 478145.6038 | 113101.5085 | | | | | | | |
| | | | 0.7 | 56 | 2.9 | 2.2 | 93 | 2.1 | |
| | | | | | | 0.9 | 21 | 3.1 | |
| 4.termin. izmera | 478145.6018 | 113101.5102 | | | | | | | |
| | | | 1.1 | 232 | 3.5 | 1.5 | 122 | 1.8 | |
| | | | | | | 0.6 | 279 | 2.9 | |
| | | | | | | 0.4 | 225 | 3.6 | |
| 5.termin. izmera | 478145.6012 | 113101.5085 | | | | | | | |

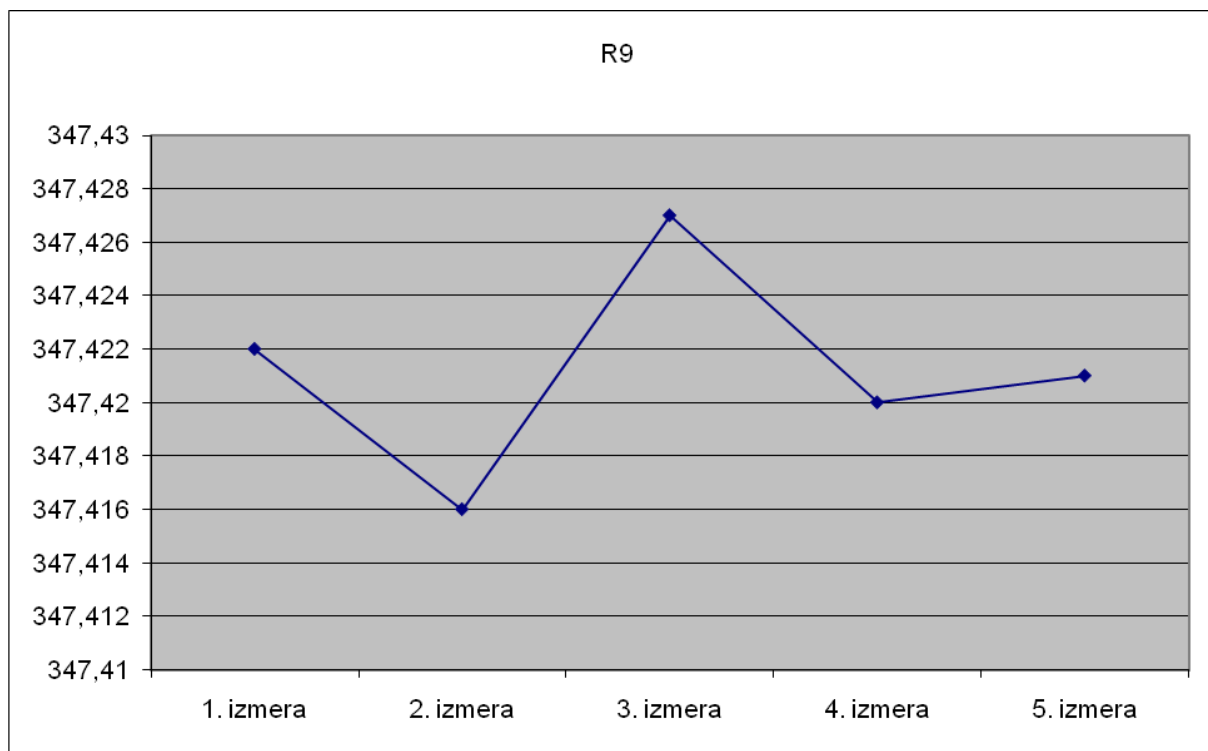
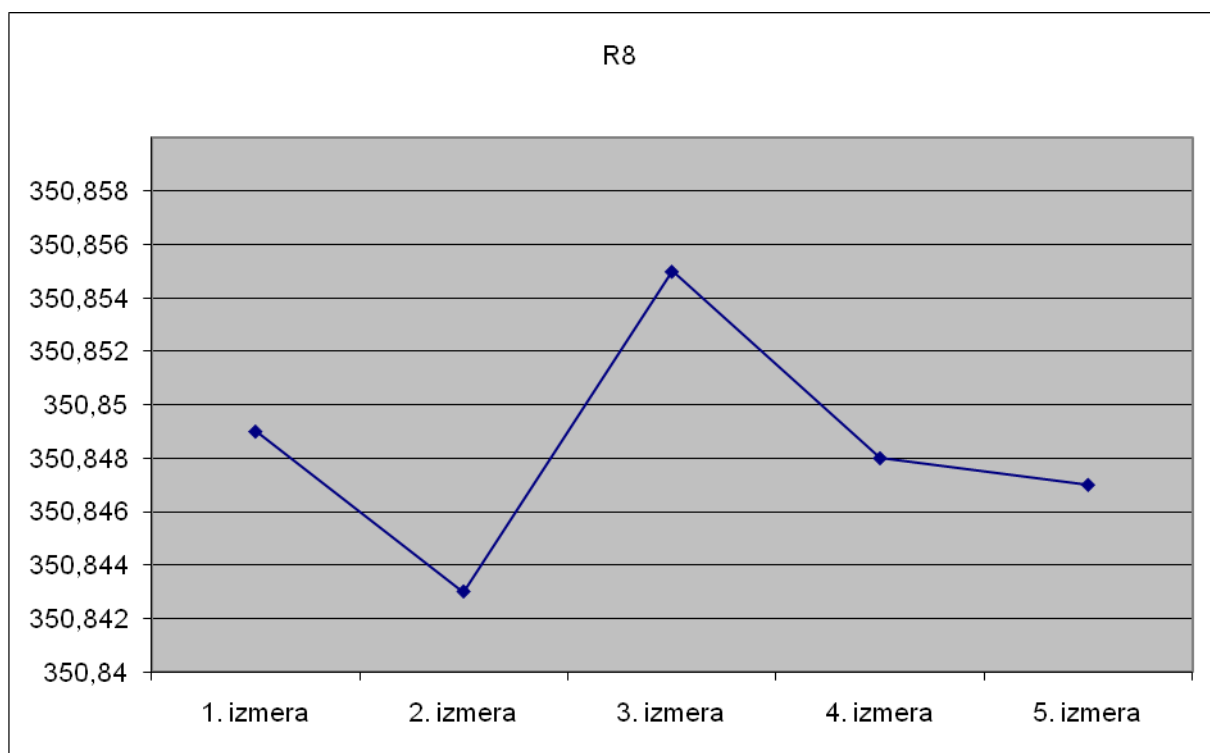
| Točka | 6003 | | Relativni premik | | | Kumulativni premik | | | |
|------------------|-------------|-------------|------------------|-------|-----------|--------------------|-------|-----------|-----------------|
| | IZMERE | Y [m] | X [m] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] | d[mm] | ν [°] | σ_d [mm] |
| 1.termin. izmera | 477828.5196 | 113235.0332 | | | | | | | |
| | | | 0.6 | 141 | 1.5 | | | | |
| 2.termin. izmera | 477828.5199 | 113235.0328 | | | | | | | |
| | | | 2.9 | 131 | 1.7 | 3.5 | 133 | 1.3 | |
| 3.termin. izmera | 477828.5212 | 113235.0318 | | | | | | | |
| | | | 1.3 | 219 | 1.3 | 3.8 | 152 | 1.3 | |
| | | | | | | 3.2 | 154 | 1.8 | |
| 4.termin. izmera | 477828.5215 | 113235.0304 | | | | | | | |
| | | | 0.4 | 45 | 1.3 | 3.7 | 146 | 1.4 | |
| | | | | | | 3.1 | 147 | 1.8 | |
| | | | | | | 0.9 | 216 | 1.4 | |
| 5.termin. izmera | 477828.5213 | 113235.0298 | | | | | | | |

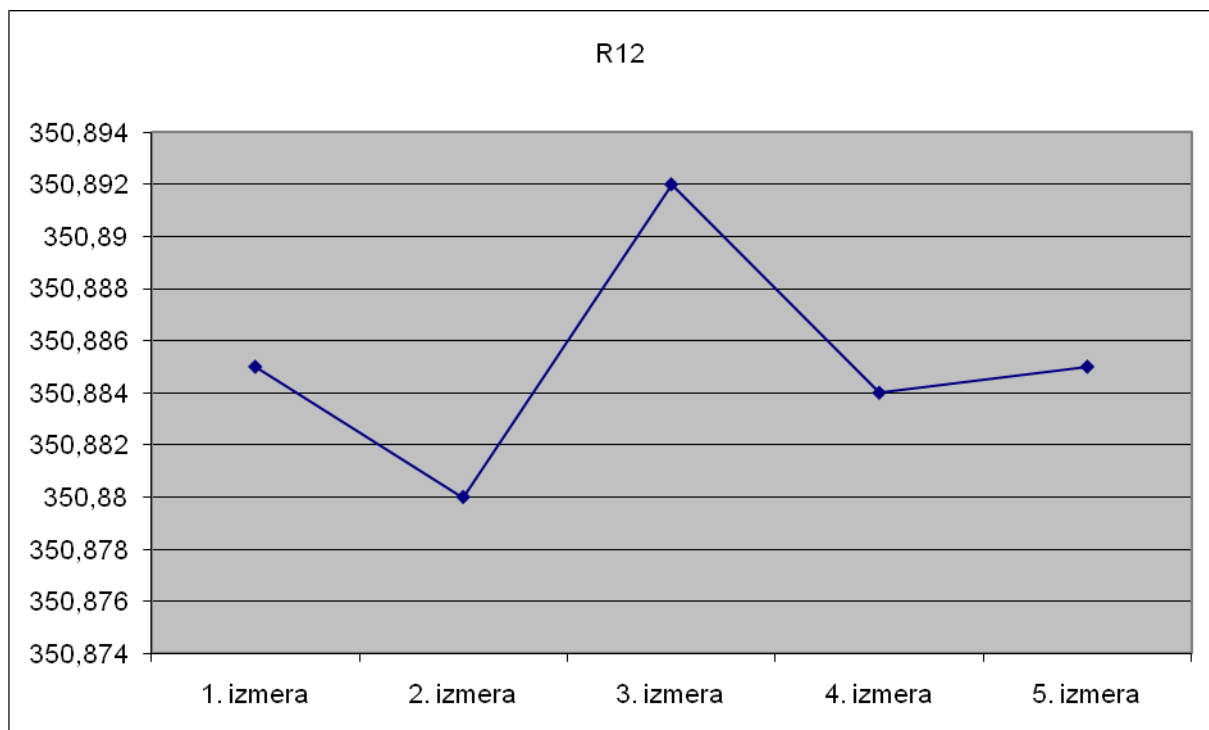
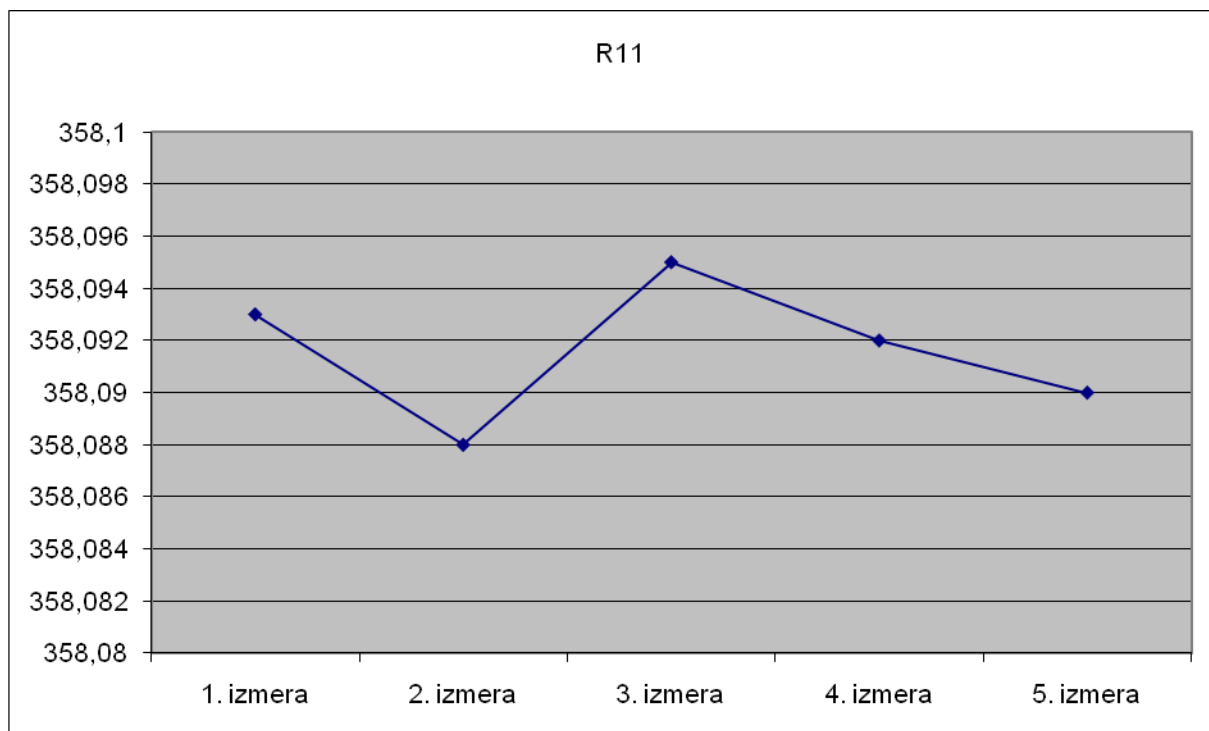
PRILOGA L: Prikaz višinskih premikov kontrolnih točk



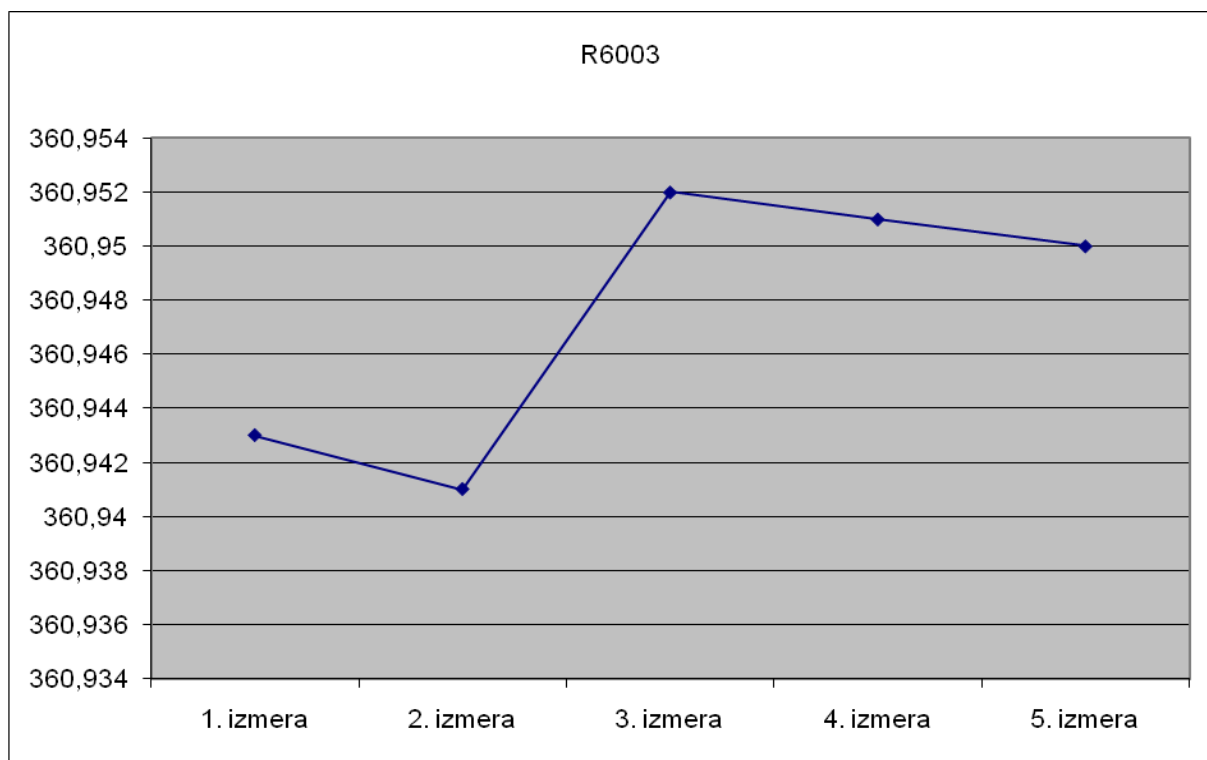


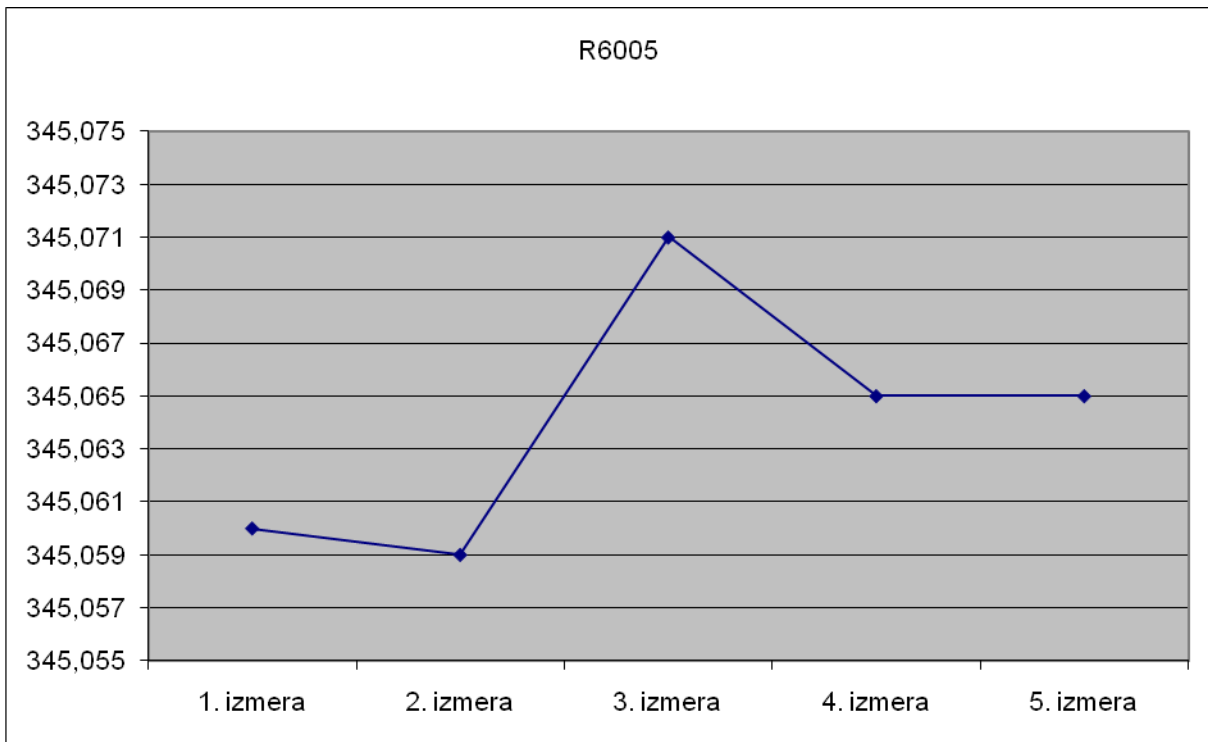






PRILOGA M: Prikaz višinskih premikov referenčnih točk





PRILOGA N: Primerjava rezultatov položajnih premikov s programom PREMİK ter z metodo Hannover med terminskimi izmerami 1-2, 1-3, 2-3, 1-4, 2-4, 3-4, 1-5, 2-5, 3-5, 4-5

| Izmera 1-2 | | | | | |
|------------|----------|-----------|-----------------|-----------|----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabilna | Stabilna |
| 1 | 1.2 | 351 | 1.4 | DA | DA |
| 2 | 1.9 | 12 | 1.5 | DA | DA |
| 3 | 1.7 | 40 | 2.2 | DA | DA |
| 4 | 2.1 | 293 | 1.5 | DA | DA |
| 5 | 5.0 | 239 | 1.4 | <i>NE</i> | DA |
| 6 | 1.9 | 0 | 1.6 | DA | DA |
| 7 | 0.8 | 300 | 1.4 | DA | DA |
| 8 | 0.4 | 146 | 1.6 | DA | DA |
| 9 | 1.2 | 189 | 1.6 | DA | DA |
| 11 | 1.8 | 109 | 2.3 | DA | DA |
| 12 | 2.9 | 94 | 1.3 | DA | DA |
| 6001 | 2.6 | 358 | 3.7 | DA | DA |
| 6002 | 3.5 | 125 | 2.4 | DA | DA |
| 6003 | 0.5 | 143 | 1.5 | DA | DA |
| 6005 | 1.8 | 199 | 1.3 | DA | DA |
| 6006 | 2.1 | 245 | 1.1 | DA | DA |

| Izmera 1-3 | | | | | | | |
|-------------|----------|-----------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | | |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabil. | σ_y [mm] | σ_x [mm] | Stabil. |
| 1 | 1.5 | 23 | 1.3 | DA | -0.50 | 2.00 | DA |
| 2 | 2.4 | 173 | 1.4 | DA | -0.10 | -1.40 | DA |
| 3 | 1.7 | 324 | 1.8 | DA | 1.10 | 0.60 | DA |
| 4 | 3.6 | 306 | 1.4 | DA | -2.70 | 2.70 | <i>NE</i> |
| 5 | 1.6 | 266 | 1.3 | DA | -2.30 | -0.90 | DA |
| 6 | 0.6 | 0 | 1.5 | DA | -0.50 | 0.90 | DA |
| 7 | 1.8 | 6 | 1.3 | DA | -0.70 | 1.30 | DA |
| 8 | 1.7 | 0 | 1.7 | DA | -0.50 | 1.30 | DA |
| 9 | 1.3 | 328 | 1.5 | DA | -1.10 | 0.20 | DA |
| 11 | 3.6 | 39 | 1.9 | DA | 3.70 | -0.30 | DA |
| 12 | 3.4 | 54 | 1.4 | DA | 4.37 | 1.04 | <i>NE</i> |
| 6001 | 2.7 | 312 | 3.3 | DA | -3.80 | 0.60 | DA |
| 6002 | 1.7 | 107 | 2.0 | DA | 5.20 | -3.60 | DA |
| 6003 | 3.5 | 133 | 1.3 | DA | -1.30 | -0.90 | <i>NE</i> |
| 6005 | 2.0 | 189 | 1.1 | DA | 0.31 | -0.70 | <i>NE</i> |
| 6006 | 1.7 | 260 | 1.3 | DA | -1.30 | -0.90 | DA |

| Izmera 2-3 | | | | | |
|------------|----------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabilna | Stabilna |
| 1 | 0.7 | 63 | 1.7 | DA | DA |
| 2 | 4.3 | 184 | 1.8 | DA | DA |
| 3 | 1.6 | 256 | 1.5 | DA | DA |
| 4 | 1.6 | 317 | 1.7 | DA | DA |
| 5 | 3.7 | 45 | 1.7 | DA | DA |
| 6 | 1.5 | 184 | 2.0 | DA | DA |
| 7 | 1.6 | 27 | 1.9 | DA | DA |
| 8 | 1.7 | 357 | 2.1 | DA | DA |
| 9 | 2.3 | 345 | 2.0 | DA | DA |
| 11 | 2.8 | 23 | 2.5 | DA | DA |
| 12 | 1.9 | 0 | 2.6 | DA | DA |
| 6001 | 2.6 | 249 | 2.2 | DA | DA |
| 6002 | 0.5 | 323 | 2.6 | DA | DA |
| 6003 | 2.9 | 131 | 1.7 | DA | DA |
| 6005 | 0.5 | 143 | 1.1 | DA | DA |
| 6006 | 0.5 | 37 | 1.1 | DA | DA |

| Izmera 1-4 | | | | | | | |
|-------------|------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | | |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabil. | σ_y [mm] | σ_x [mm] | Stabil. |
| 1 | 1.4 | 82 | 1.3 | DA | 1.10 | 0.70 | DA |
| 2 | 1.3 | 51 | 1.2 | DA | 0.60 | 0.70 | DA |
| 3 | 2.0 | 63 | 1.9 | DA | 3.70 | 0.00 | DA |
| 4 | 3.5 | 301 | 1.3 | DA | -3.10 | -0.90 | DA |
| 5 | 4.1 | 290 | 1.3 | NE | -3.58 | 1.81 | NE |
| 6 | 2.1 | 305 | 1.2 | DA | -1.80 | 0.90 | DA |
| 7 | 0.7 | 262 | 1.2 | DA | -1.70 | 0.90 | DA |
| 8 | 1.6 | 60 | 1.3 | DA | 3.61 | -1.62 | NE |
| 9 | 0.1 | 45 | 1.3 | DA | 0.00 | -0.50 | DA |
| 11 | 8.1 | 68 | 1.8 | DA | 8.70 | 2.43 | NE |
| 12 | 1.6 | 308 | 1.6 | DA | -1.50 | 0.90 | DA |
| 6001 | 5.9 | 303 | 2.9 | DA | -6.43 | 5.37 | NE |
| 6002 | 2.2 | 93 | 2.1 | DA | 3.20 | -1.90 | DA |
| 6003 | 3.8 | 152 | 1.5 | DA | 1.99 | -2.81 | NE |
| 6005 | 3.1 | 216 | 1.3 | DA | 0.69 | -4.24 | NE |
| 6006 | 2.9 | 252 | 1.1 | DA | -2.40 | -1.50 | DA |

| Izmera 2-4 | | | | | | | |
|-------------|----------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | | |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabil. | σ_y [mm] | σ_x [mm] | Stabil. |
| 1 | 1.7 | 123 | 1.7 | DA | 1.30 | -0.50 | DA |
| 2 | 1.2 | 169 | 1.7 | DA | 0.20 | -1.20 | DA |
| 3 | 1.5 | 127 | 2.2 | DA | 2.60 | -1.30 | DA |
| 4 | 1.5 | 307 | 1.7 | DA | -1.20 | -1.70 | DA |
| 5 | 4.1 | 4 | 1.9 | DA | -0.30 | 4.50 | DA |
| 6 | 2.0 | 243 | 1.4 | DA | -1.80 | -1.00 | DA |
| 7 | 0.5 | 191 | 1.9 | DA | -1.00 | 0.50 | DA |
| 8 | 1.5 | 58 | 1.6 | DA | 2.30 | -1.20 | DA |
| 9 | 1.2 | 9 | 1.9 | DA | 0.20 | 0.70 | DA |
| 11 | 6.9 | 65 | 2.2 | NE | 8.08 | 2.70 | NE |
| 12 | 4.2 | 282 | 1.6 | DA | -4.40 | 1.10 | DA |
| 6001 | 5.4 | 275 | 2.8 | DA | -9.15 | 2.53 | NE |
| 6002 | 0.9 | 21 | 3.1 | DA | 0.30 | 0.10 | DA |
| 6003 | 3.2 | 154 | 1.8 | DA | 1.60 | -2.40 | DA |
| 6005 | 1.5 | 233 | 1.7 | DA | -1.60 | -1.00 | DA |
| 6006 | 0.8 | 256 | 1.4 | DA | -0.50 | -0.60 | DA |

| Izmera 3-4 | | | | | | | |
|------------|----------|-----------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | | |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabil. | σ_y [mm] | σ_x [mm] | Stabil. |
| 1 | 1.4 | 146 | 1.5 | DA | 1.60 | -1.30 | DA |
| 2 | 3.3 | 12 | 1.6 | DA | 0.70 | 2.10 | DA |
| 3 | 2.8 | 100 | 2.1 | DA | 2.60 | -0.60 | DA |
| 4 | 0.3 | 198 | 1.5 | DA | 0.40 | -3.70 | DA |
| 5 | 2.7 | 303 | 1.7 | DA | -2.00 | 3.87 | NE |
| 6 | 1.8 | 289 | 1.4 | DA | -1.30 | 0.00 | DA |
| 7 | 2.1 | 203 | 1.8 | DA | -1.00 | -0.40 | DA |
| 8 | 1.7 | 123 | 1.6 | DA | 3.20 | -2.27 | NE |
| 9 | 1.3 | 141 | 1.6 | DA | 1.10 | -0.70 | DA |
| 11 | 5.2 | 87 | 2.2 | DA | 7.44 | 2.08 | NE |
| 12 | 4.2 | 256 | 1.5 | DA | -4.42 | 0.18 | NE |
| 6001 | 3.3 | 295 | 3.3 | DA | -2.20 | 3.20 | DA |
| 6002 | 0.7 | 56 | 2.9 | DA | -2.00 | 1.70 | DA |
| 6003 | 1.3 | 219 | 1.3 | DA | 0.30 | -1.40 | DA |
| 6005 | 1.6 | 252 | 1.6 | DA | -1.90 | -0.90 | DA |
| 6006 | 1.3 | 241 | 1.1 | DA | -1.10 | -0.60 | DA |

| Izmera 1-5 | | | | | | | |
|-------------|------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | | |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabil. | σ_y [mm] | σ_x [mm] | Stabil. |
| 1 | 1.3 | 48 | 1.3 | DA | 1.10 | 1.10 | DA |
| 2 | 3.4 | 34 | 1.4 | DA | 1.50 | 2.40 | DA |
| 3 | 3.1 | 230 | 2.2 | DA | -1.00 | -2.90 | DA |
| 4 | 3.5 | 292 | 1.4 | DA | -3.00 | -0.10 | DA |
| 5 | 4.6 | 283 | 1.4 | NE | -3.91 | 0.84 | NE |
| 6 | 3.5 | 353 | 1.6 | DA | -0.50 | 2.90 | DA |
| 7 | 2.5 | 299 | 1.4 | DA | -2.80 | 1.20 | DA |
| 8 | 1.7 | 31 | 1.7 | DA | 1.70 | 0.40 | DA |
| 9 | 2.1 | 309 | 1.4 | DA | -1.00 | 0.30 | DA |
| 11 | 9.0 | 86 | 2.0 | NE | 8.80 | 3.16 | NE |
| 12 | 0.8 | 310 | 1.8 | DA | -0.70 | 0.20 | DA |
| 6001 | 2.5 | 282 | 2.7 | DA | -2.00 | 1.60 | DA |
| 6002 | 1.5 | 122 | 1.8 | DA | 2.60 | -3.60 | DA |
| 6003 | 3.7 | 146 | 1.3 | DA | 2.61 | -4.33 | NE |
| 6005 | 1.8 | 214 | 1.4 | DA | -1.63 | -3.04 | NE |
| 6006 | 3.1 | 257 | 1.3 | DA | -2.66 | -2.07 | NE |

| Izmera 2-5 | | | | | |
|------------|----------|-----------|-----------------|-----------|----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabilna | Stabilna |
| 1 | 1.0 | 101 | 1.8 | DA | DA |
| 2 | 1.6 | 55 | 1.6 | DA | DA |
| 3 | 4.8 | 218 | 2.7 | DA | DA |
| 4 | 1.6 | 285 | 1.7 | DA | DA |
| 5 | 3.7 | 355 | 2.1 | DA | DA |
| 6 | 1.5 | 340 | 2.0 | DA | DA |
| 7 | 1.8 | 297 | 1.7 | DA | DA |
| 8 | 1.7 | 28 | 2.1 | DA | DA |
| 9 | 2.8 | 328 | 1.9 | DA | DA |
| 11 | 7.8 | 86 | 2.4 | NE | DA |
| 12 | 3.4 | 277 | 1.7 | DA | DA |
| 6001 | 3.6 | 232 | 2.3 | DA | DA |
| 6002 | 0.6 | 279 | 2.9 | DA | DA |
| 6003 | 3.1 | 147 | 1.8 | DA | DA |
| 6005 | 0.4 | 284 | 1.6 | DA | DA |
| 6006 | 1.0 | 270 | 1.8 | DA | DA |

| Izmera 3-5 | | | | | | | |
|------------|----------|-----------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|---------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | | |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabil. | σ_y [mm] | σ_x [mm] | Stabil. |
| 1 | 0.6 | 141 | 1.6 | DA | 1.60 | -0.90 | DA |
| 2 | 5.4 | 17 | 1.7 | NE | 1.96 | 4.88 | NE |
| 3 | 3.7 | 202 | 2.5 | DA | -2.10 | -3.50 | DA |
| 4 | 0.9 | 207 | 1.6 | DA | 0.50 | -2.70 | DA |
| 5 | 3.1 | 291 | 1.7 | DA | -1.90 | 3.00 | DA |
| 6 | 2.9 | 352 | 2.0 | DA | 0.00 | 2.00 | DA |
| 7 | 2.4 | 255 | 1.7 | DA | -2.10 | -0.10 | DA |
| 8 | 0.9 | 103 | 1.5 | DA | 2.20 | -0.90 | DA |
| 9 | 0.9 | 283 | 1.4 | DA | 0.10 | 0.10 | DA |
| 11 | 7.0 | 107 | 2.5 | DA | 7.08 | 1.16 | NE |
| 12 | 3.7 | 246 | 1.7 | DA | -3.70 | -0.40 | DA |
| 6001 | 1.4 | 197 | 2.8 | DA | 1.80 | 1.00 | DA |
| 6002 | 0.4 | 225 | 3.6 | DA | -2.60 | 0.00 | DA |
| 6003 | 0.9 | 216 | 1.4 | DA | 0.10 | -2.00 | DA |
| 6005 | 0.9 | 306 | 1.2 | DA | -0.70 | 0.00 | DA |
| 6006 | 1.4 | 253 | 1.4 | DA | -0.90 | -0.80 | DA |

| Izmera 4-5 | | | | | |
|------------|----------|-----------|-----------------|----------|----------|
| Točka | PREMIK | | | | Stabilna |
| | d [mm] | ν [°] | σ_d [mm] | Stabilna | Stabilna |
| 1 | 0.8 | 330 | 1.5 | DA | DA |
| 2 | 2.2 | 24 | 1.6 | DA | DA |
| 3 | 5.1 | 235 | 2.4 | DA | DA |
| 4 | 0.6 | 211 | 1.5 | DA | DA |
| 5 | 0.7 | 236 | 1.6 | DA | DA |
| 6 | 2.6 | 29 | 1.7 | DA | DA |
| 7 | 2.0 | 311 | 1.6 | DA | DA |
| 8 | 0.9 | 324 | 1.9 | DA | DA |
| 9 | 2.1 | 305 | 1.6 | DA | DA |
| 11 | 2.8 | 148 | 2.5 | DA | DA |
| 12 | 0.9 | 126 | 2.0 | DA | DA |
| 6001 | 3.7 | 136 | 3.6 | DA | DA |
| 6002 | 1.1 | 232 | 3.5 | DA | DA |
| 6003 | 0.4 | 45 | 1.3 | DA | DA |
| 6005 | 1.3 | 39 | 1.6 | DA | DA |
| 6006 | 0.3 | 315 | 2.1 | DA | DA |

PRILOGA O: Primerjava rezultatov višinskih premikov s programom PREMİK ter z metodo Hannover med terminskimi izmerami 1-2, 2-3, 3-4, 1-5, 2-4, 3-5

| Izmera 1-2 | | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|--------------|---------|-----------------|---------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | |
| | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | Stabil. | σ_z [mm] | Stabil. |
| 1 | -5.2 | 1.7 | 0.17 | NE | -5.2 | DA |
| 2 | -1.3 | 1.6 | 42.02 | DA | -1.3 | DA |
| 3 | -4.1 | 2.5 | 10.46 | DA | -4.1 | DA |
| 4 | -7.0 | 1.7 | 0.0 | NE | -7.0 | DA |
| 5 | -5.1 | 2.0 | 0.95 | DA | -5.1 | DA |
| 6 | -5.1 | 1.7 | 0.22 | NE | -5.1 | DA |
| 7 | -5.7 | 1.8 | 0.16 | NE | -5.7 | DA |
| 8 | -5.6 | 1.9 | 0.34 | DA | -5.6 | DA |
| 9 | -5.3 | 1.8 | 0.34 | DA | -5.3 | DA |
| 11 | -5.4 | 2.8 | 5.59 | DA | -5.4 | DA |
| 12 | -5.5 | 2.0 | 0.55 | DA | -5.5 | DA |
| 6001 | -6.4 | 4.9 | 19.01 | DA | -6.4 | DA |
| 6002 | -2.2 | 3.3 | 49.11 | DA | -2.2 | DA |
| 6003 | -1.6 | 1.2 | 17.63 | DA | -1.7 | DA |
| 6005 | -1.4 | 1.2 | 21.55 | DA | 3.5 | NE |
| 6006 | -3.2 | 1.2 | 0.81 | DA | -3.1 | DA |

| Izmera 2-3 | | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|--------------|---------|-----------------|---------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | |
| | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | Stabil. | σ_z [mm] | Stabil. |
| 1 | 9.5 | 1.2 | 0.0 | NE | 9.4 | DA |
| 2 | 9.4 | 1.2 | 0.0 | NE | 9.4 | DA |
| 3 | 10.0 | 1.9 | 0.0 | NE | 10.0 | DA |
| 4 | 8.2 | 1.3 | 0.0 | NE | 8.1 | DA |
| 5 | 7.6 | 1.5 | 0.0 | NE | 7.6 | DA |
| 6 | 12.2 | 1.4 | 0.0 | NE | 12.2 | DA |
| 7 | 8.3 | 1.3 | 0.0 | NE | 8.3 | DA |
| 8 | 11.4 | 1.4 | 0.0 | NE | 11.4 | DA |
| 9 | 10.5 | 1.3 | 0.0 | NE | 10.5 | DA |
| 11 | 6.7 | 2.1 | 0.16 | NE | 6.7 | DA |
| 12 | 12.0 | 1.5 | 0.0 | NE | 12.0 | DA |
| 6001 | 8.7 | 3.6 | 1.72 | DA | 8.7 | DA |
| 6002 | 8.8 | 2.4 | 0.03 | NE | 8.8 | DA |
| 6003 | 10.6 | 0.9 | 0.0 | NE | 10.7 | DA |
| 6005 | 12.4 | 0.9 | 0.0 | NE | 2.4 | NE |
| 6006 | 14.9 | 0.9 | 0.0 | NE | 4.7 | NE |

| Izmera 3-4 | | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | |
| | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | Stabil. | σ_z [mm] | Stabil. |
| 1 | -5.9 | 1.0 | 0.0 | NE | -5.8 | DA |
| 2 | -5.6 | 1.0 | 0.0 | NE | -5.6 | DA |
| 3 | -4.0 | 1.6 | 1.10 | DA | -4.1 | DA |
| 4 | -8.4 | 1.1 | 0.0 | NE | -8.4 | DA |
| 5 | -4.1 | 1.2 | 0.07 | NE | -4.1 | DA |
| 6 | -6.7 | 1.1 | 0.0 | NE | -6.7 | DA |
| 7 | -7.7 | 1.1 | 0.0 | NE | -7.7 | DA |
| 8 | -6.6 | 1.2 | 0.0 | NE | -6.7 | DA |
| 9 | -7.0 | 1.1 | 0.0 | NE | -7.0 | DA |
| 11 | -2.8 | 1.8 | 11.79 | DA | -2.8 | DA |
| 12 | -7.2 | 1.2 | 0.0 | NE | -7.2 | DA |
| 6001 | 6.2 | 3.0 | 3.95 | DA | 6.2 | DA |
| 6002 | -1.9 | 2.0 | 35.49 | DA | -1.9 | DA |
| 6003 | -0.7 | 0.8 | 37.59 | DA | 5.2 | NE |
| 6005 | -6.4 | 0.7 | 0.0 | NE | -6.4 | NE |
| 6006 | -7.1 | 0.7 | 0.0 | NE | -7.1 | NE |

| Izmera 1-5 | | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | |
| | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | Stabil. | σ_z [mm] | Stabil. |
| 1 | -2.1 | 1.8 | 25.51 | DA | -2.1 | DA |
| 2 | 1.5 | 1.8 | 39.26 | DA | 1.5 | DA |
| 3 | 2.8 | 2.8 | 32.07 | DA | 2.8 | DA |
| 4 | -5.4 | 1.9 | 0.39 | DA | -5.5 | DA |
| 5 | -2.9 | 2.1 | 18.08 | DA | -2.9 | DA |
| 6 | 0.8 | 1.9 | 67.22 | DA | 0.8 | DA |
| 7 | -4.3 | 2.0 | 3.10 | DA | -4.2 | DA |
| 8 | -1.5 | 2.1 | 48.21 | DA | -1.5 | DA |
| 9 | -0.9 | 2.0 | 66.27 | DA | -0.9 | DA |
| 11 | -3.2 | 3.1 | 29.83 | DA | -3.2 | DA |
| 12 | 0.2 | 2.2 | 91.97 | DA | 0.2 | DA |
| 6001 | 5.8 | 5.4 | 28.20 | DA | 5.8 | DA |
| 6002 | 2.8 | 3.6 | 43.69 | DA | 2.8 | DA |
| 6003 | 6.8 | 1.3 | 0.0 | NE | 8.0 | NE |
| 6005 | 4.0 | 1.3 | 0.15 | NE | 5.4 | NE |
| 6006 | 5.9 | 1.3 | 0.0 | NE | 7.4 | NE |

| Izmera 2-4 | | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|--------------|---------|-----------------|---------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER | |
| | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | Stabil. | σ_z [mm] | Stabil. |
| 1 | 3.6 | 1.2 | 0.18 | NE | 3.6 | DA |
| 2 | 3.8 | 1.1 | 0.08 | NE | 3.8 | DA |
| 3 | 5.9 | 1.8 | 0.09 | NE | 5.9 | DA |
| 4 | -0.3 | 1.2 | 82.77 | DA | -4.1 | NE |
| 5 | 3.5 | 1.4 | 1.06 | DA | 3.5 | DA |
| 6 | 5.5 | 1.3 | 0.0 | NE | 5.5 | DA |
| 7 | 0.6 | 1.3 | 62.07 | DA | 0.6 | DA |
| 8 | 4.7 | 1.3 | 0.04 | NE | 4.7 | DA |
| 9 | 3.4 | 1.3 | 0.61 | DA | 3.5 | DA |
| 11 | 3.9 | 2.0 | 4.78 | DA | 3.9 | DA |
| 12 | 4.9 | 1.4 | 0.05 | NE | 4.8 | DA |
| 6001 | 14.9 | 3.4 | 0.0 | NE | 11.0 | NE |
| 6002 | 6.9 | 2.3 | 0.23 | NE | 6.9 | DA |
| 6003 | 9.9 | 0.9 | 0.0 | NE | 6.3 | NE |
| 6005 | 6.0 | 0.8 | 0.0 | NE | 2.1 | NE |
| 6006 | 7.8 | 0.8 | 0.0 | NE | 3.9 | NE |

| Izmera 3-5 | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|--------------|---------|----------|
| Točka | PREMIK | | | | HANNOVER |
| | dh [mm] | σ_d [mm] | α_T % | Stabil. | Stabilna |
| 1 | -6.3 | 1.4 | 0.0 | NE | DA |
| 2 | -6.6 | 1.4 | 0.0 | NE | DA |
| 3 | -3.1 | 2.2 | 16.80 | DA | DA |
| 4 | -6.6 | 1.5 | 0.0 | NE | DA |
| 5 | -5.4 | 1.7 | 0.15 | NE | DA |
| 6 | -6.3 | 1.6 | 0.01 | NE | DA |
| 7 | -6.8 | 1.6 | 0.0 | NE | DA |
| 8 | -7.3 | 1.7 | 0.0 | NE | DA |
| 9 | -6.1 | 1.6 | 0.01 | NE | DA |
| 11 | -4.5 | 2.5 | 6.90 | DA | DA |
| 12 | -6.3 | 1.7 | 0.03 | NE | DA |
| 6001 | 3.5 | 4.2 | 41.02 | DA | DA |
| 6002 | -3.8 | 2.8 | 18.22 | DA | DA |
| 6003 | -2.2 | 1.1 | 4.03 | DA | DA |
| 6005 | -6.9 | 1.0 | 0.0 | NE | DA |
| 6006 | -5.8 | 1.0 | 0.0 | NE | DA |