

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER GEODEZIJA

Kandidat:

MARKO KUČAN

GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE

Diplomska naloga št.: **890**

GEODETIC NETWORKS FOR SPECIAL PURPOSES

Graduation thesis No.: **890**

Mentor:
prof. dr. Bojan Stopar

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:
izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Ljubljana, 20. 4. 2012

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Marko Kučan izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Geodetske mreže za posebne namene«.

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

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

Ljubljana, 12. 4. 2012

Marko Kučan

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528:528.3(043.2)
Avtor:	Marko Kučan
Mentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentor:	izr. prof. dr. Dušan Kogoj
Naslov:	Geodetske mreže za posebne namene
Obseg in oprema:	103 str., 36 preg., 24 sl., 15 en., 2 pril.
Ključne besede:	geodetske mreže, GPS, terestrična opazovanja, kombinacija satelitskih in terestričnih opazovanj, izravnave, analize

Izvleček

Diplomska naloga predstavlja problematiko vzpostavitve geodetskih mrež za posebne namene. Glavni cilj naloge, ki je podkrepjen s praktičnim primerom, je prikazati in podrobneje predstaviti metode in postopke vzpostavitve geodetskih mrež za posebne namene s posebnim poudarkom na analizi kakovosti geodetske mreže. Razložen je postopek izdelave, optimizacije in realizacije geodetske mreže ter analiza, izravnava in kriteriji za oceno kakovosti geodetske mreže. V praktičnem delu naloge se ugotavlja kakšne možnosti ponuja GPS, klasična terestrična in kombinacija obeh metod pri vzpostavitvi geodetske mreže. V ta namen so bile izračunane tri mreže, in sicer GPS-mreža, klasična terestrična mreža in kombinirana mreža v dveh epohah zaradi ugotavljanja stabilnosti referenčne točke mareografske postaje Koper. V nalogi so obravnavane prednosti in slabosti posamezne metode ter so podani zaključki, na osnovi katerih naj bi odpravili pomanjkljivosti posameznih metod.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528:528.3(043.2)
Author: Marko Kučan
Supervisor: prof. dr. Bojan Stopar
Cosupervisor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj
Title: Geodetic networks for special purposes
Notes: 103 p., 36 tab., 24 fig., 15 eq., 2 ann.
Key words: geodetic networks, GPS, terrestrial observations, combination of satellite and terrestrial observation, adjustments, analysis

Abstract

This thesis introduces the problem of establishment of geodetic networks for special purposes. The main objective of the thesis, which is supported by practical example, is to show and present the methods and the process of establishment of geodetic networks for special purposes with special emphasis on quality analysis. The project making, optimization, realization, analysis, adjustment and criteria for quality of the geodetic network are described in thesis. In the practical part of the thesis, it is noted the potential of GPS, classic terrestrial and combination of both methods in the establishment of geodetic networks. For this purpose were calculated three networks, the GPS network, classical terrestrial network and combined network in the two epochs to determine the stability of the reference point of tide gauge station Koper. The study discussed the advantages and disadvantages of each method. On the end of the thesis are given conclusions, how to overcome disadvantages of each method.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Bojanu Stoparju in somentorju izr. prof. dr. Dušanu Kogoju, ker sta me s koristnimi nasveti in konstruktivnimi predlogi usmerjala in mi pomagala pri nastajanju diplomske naloge.

Hvala tudi izr. prof. dr. Tomažu Ambrožiču, mag. Oskarju Sterletu in Gašperju Štebetu univ. dipl. inž. geod., ker so si vzeli čas in mi s koristnimi nasveti pomagali pri izdelavi praktičnega dela naloge.

Hvala tudi vsem prijateljem in sošolcem za razburljiva doživetja in sprostitev, zlasti Blažu in Špeli za pomoč, ko sem jo najbolj potreboval.

Hvala mojim staršem, da sta mi omogočila študij, me razumela in verjela vame. Hvala sestri Andrei za brezpogojno podporo. Brez vaše potrpežljivosti in podpore ne bi šlo.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	ZASNOVA GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE	3
3	VZPOSTAVITEV GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE	5
3.1	Projekt geodetske mreže za posebne namene	5
3.1.1	Optimizacija geodetske mreže za posebne namene.....	6
3.1.2	Oblike geodetskih mrež.....	14
3.1.3	Zahtevana natančnost opazovanj.....	19
3.2	Izvedba geodetske mreže za posebne namene	20
3.2.1	Rekognosciranje terena	20
3.2.2	Stabilizacija in signalizacija	21
3.2.3	Instrumentarij in merska oprema.....	24
3.2.4	Izmera mreže s klasičnimi terestričnimi metodami	26
3.2.5	GPS/GNSS izmera	28
4	ANALIZA IN OBDELAVA PODATKOV MERITEV/OPAZOVANJ V GEODETSKI MREŽI.....	31
4.1	Analiza natančnosti opazovanih količin.....	31
4.2	Analiza natančnosti a-priori	33
4.3	Obdelava podatkov po končani izmeri.....	34
4.3.1	Redukcija opazovanih smeri.....	34
4.3.2	Redukcija opazovanih dolžin	35
4.3.3	Redukcija zenitnih razdalj	38
4.3.4	Redukcija opazovanj v Gauss-Kruegerjevo projekcijo	39
4.4	Strategija odkrivanja in eliminiranja grobih pogreškov opazovanj.....	39
4.4.1	Metoda ocene variance iz pravih pogreškov	39
4.4.2	Testiranje skladnosti ponovljenih opazovanj	41
5	IZRAVNAVA GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE	43
5.1	Funkcionalni model izravnave	43
5.1.1	Enačbe popravkov opazovanj.....	45
5.2	Stohastični model izravnave	48
5.3	Zagotovitev geodetskega datuma geodetske mreže	49
5.4	Zagotovitev geodetskega datuma v geodetski mreži za posebne namene.....	51

5.4.1	Določitev datuma z zunanjimi opazovanji.....	51
5.4.2	Določitev datuma z minimalnim številom zunanjih vezi.....	52
5.4.3	Določitev datuma z notranjimi opazovanji – prosta mreža.....	53
5.5	Rešitev Gauss-Markovega modela po metodi najmanjših kvadratov.....	54
5.5.1	Postopek vnosa in obdelave podatkov v programu Leica Geo Office Combined za potrebe izravnave MP Koper	55
5.5.2	Rešitev modela v primeru datuma z minimalnim številom zunanjih vezi	60
5.5.3	Rešitev modela v primeru datuma z notranjimi vezmi	72
5.5.4	Referenčna varianca a-posteriori.....	79
5.6	Odkrivanje grobih pogreškov opazovanj po izravnavi	80
5.6.1	Globalni test modela	80
5.6.2	Baardova metoda ("data snooping").....	82
5.6.3	τ TEST	86
5.6.4	Danska metoda.....	86
6	KRITERIJI ZA OCENO KAKOVOSTI GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE	87
6.1	Kriteriji natančnosti geodetske mreže za posebne namene.....	87
6.1.1	Globalna merila natančnosti.....	87
6.1.2	Lokalna merila natančnosti	89
6.2	Kriteriji zanesljivosti geodetske mreže za posebne namene.....	90
6.2.1	Zunanja zanesljivost mreže.....	91
6.2.2	Notranja zanesljivost mreže	92
6.3	Občutljivost geodetske mreže za posebne namene.....	95
6.4	Ekonomičnost geodetske mreže za posebne namene.....	100
7	ZAKLJUČEK	102
	VIRI.....	104
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2.1: Osnovne lastnosti geodetskih mrež za splošne in posebne namene	4
Preglednica 3.1: Razdelitev problemov optimizacije geodetske mreže na rede	6
Preglednica 3.2: Modeli korelacijskih funkcij	10
Preglednica 3.3: Primeri večciljnega modela optimizacije	13
Preglednica 3.4: Osnovne oblike geodetskih mrež za posebne namene (Paar, 2006).....	14
Preglednica 3.5: Zahtevana relativna natančnost dolžin glede na vrsto inženirskih del	19
Preglednica 3.6: Zahteve IOC v zvezi z geodetsko izmero za potrebe določitve koordinat točk mreže MP Koper	20
Preglednica 3.7: Tehnične lastnosti obeh tipov sprejemnikov uporabljenih v dveh izmerah	25
Preglednica 3.8: Osnovni tehnični podatki elektronskega	26
Preglednica 3.9: Čas izmere in nastavitve izmere za dan 27.01.2006	30
Preglednica 3.10: Čas izmere in nastavitve izmere za dan 27.12.2006	30
Preglednica 4.1: Izrazi za izračun testne statistike za testiranje skladnosti ponovljenih opazovanj	42
Preglednica 5.1: Datumski parametri v odvisnosti od razsežnosti mreže	50
Preglednica 5.2: Geodetska opazovanja in pripadajoče datumске informacije opazovanj.....	50
Preglednica 5.3: Stopnje značilnosti in kritične vrednosti 2 oziroma 3 dimenzionalnega T-testa v odvisnosti od stopnje značilnosti W-testa	59
Preglednica 5.4: Vhodni podatki in nastavitve obdelave GPS mreže MP Koper (januar, 2006).....	62
Preglednica 5.5: Rezultati izravnave GPS mreže MP Koper (januar, 2006)	63
Preglednica 5.6: Vhodni podatki in nastavitve obdelave GPS mreže MP Koper (december, 2006) ...	64
Preglednica 5.7: Rezultati izravnave GPS mreže MP Koper (december, 2006).....	65
Preglednica 5.8: Vhodni podatki in nastavitve obdelave kombinirane mreže MP Koper (januar, 2006)	66
Preglednica 5.9: Rezultati izravnave kombinirane mreže MP Koper (januar, 2006).....	67
Preglednica 5.10: Vhodni podatki in nastavitve obdelave kombinirane mreže MP Koper (december, 2006).....	69
Preglednica 5.11: Rezultati izravnave kombinirane mreže MP Koper (december, 2006).....	70
Preglednica 5.12: Vhodni podatki in nastavitve obdelave klasične terestrične mreže MP Koper (januar 2006)	73
Preglednica 5.13: Rezultati izravnave klasične terestrične mreže MP Koper (januar, 2006).....	74
Preglednica 5.14: Vhodni podatki in nastavitve obdelave klasične terestrične mreže MP Koper (december, 2006).....	76
Preglednica 5.15: Rezultati izravnave klasične terestrične mreže MP Koper (december, 2006)	77
Preglednica 6.1: Vrednosti $\delta 0$ v odvisnosti od izbrane stopnje značilnosti in jakosti testa.....	91

Preglednica 6.2: Notranja in zunanja zanesljivost terestričnih opazovanj.....	94
Preglednica 6.3: Notranja in zunanja zanesljivost GPS opazovanj	94
Preglednica 6.4: Transformacijski parametri in standardne deviacije GPS mreže MP Koper	96
Preglednica 6.5: Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer GPS mreže MP Koper.....	97
Preglednica 6.6: Transformacijski parametri in standardne deviacije klasične terestrične mreže MP Koper.....	97
Preglednica 6.7: Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer klasične terestrične mreže MP Koper	98
Preglednica 6.8: Transformacijski parametri in standardne deviacije kombinirane mreže MP Koper	98
Preglednica 6.9: Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer kombinirane mreže MP Koper	99

KAZALO SLIK

Slika 3.1: Faze vzpostavitve geodetske mreže za posebne namene.....	5
Slika 3.2: Vpliv geodetskega datuma na razporeditev natančnosti geodetske mreže (Ninkov, 1989) ...	7
Slika 3.3: Makro in mikro lokacija obravnavane mreže mareografske postaje Koper	16
Slika 3.4: Oblika GPS mreže MP Koper	17
Slika 3.5: Oblika klasične terestrične mikro mreže MP Koper.....	18
Slika 3.6: Oblika kombinirane mreže MP Koper.....	18
Slika 3.7: Signalizacija točke KOPE za potrebe GPS in klasične terestrične izmere	23
Slika 3.8: Stabilizacija in signalizacija referenčnih točk	23
Slika 3.9: Postavitev in signalizacija pomožnih točk.....	24
Slika 3.10: Leica Geosystems TC2003, (www.nsscana.com).....	26
Slika 4.1: Postopki analize kakovosti geodetske mreže.....	33
Slika 4.2: Redukcija dolžin (Kogoj, 2005)	36
Slika 5.1: Zveza med opazovanimi količinami in neznankami za opazovane smeri	46
Slika 5.2: Določitev parametrov projekcije v programskem paketu Leica Geo Office Combined	56
Slika 5.3: Sprememba vrednosti DOP faktorjev v času izvajanja meritev	57
Slika 5.4: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane GPS mreže MP Koper (januar, 2006).....	63
Slika 5.5: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane GPS mreže MP Koper (december, 2006) .	65
Slika 5.6: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane kombinirane mreže MP Koper (januar, 2006)	68
.....	
Slika 5.7: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane kombinirane mreže MP Koper (december,	71
2006).....	
Slika 5.8: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane klasične mreže MP Koper (januar, 2006) .	75
Slika 5.9: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane klasične mreže MP Koper (december, 2006)	78
.....	
Slika 5.10: Števila nadštevilnosti po posameznih tipih terestričnih opazovanj	85
Slika 5.11: Števila nadštevilnosti po komponentah baznega vektorja	85
Slika 6.1: (a) homogena, (b) izotropna, (c) homogeno izotropna geodetska mreža (Paar, 2006).....	89

1 UVOD

Današnja tehnologija in znanje omogočata gradbenikom izgradnjo zelo kompleksnih industrijskih, hidrotehniških in prometnih infrastrukturnih objektov. V splošnem ti projekti zahtevajo interdisciplinaren pristop, ki med drugimi strokovnjaki vključuje tudi geodete. Delo geodeta je pri izgradnji navedenih objektov pogosto podcenjeno, saj naši rezultati niso vidni oziroma otipljivi, kot je to slučaj pri gradbenikih. Naloga geodeta pri izgradnji zahtevnih objektov vključuje številne naloge kot so topografski prikaz dejanskega stanja na terenu, zakoličba objekta na terenu, geodetske meritve med izgradnjo, vpis objekta v uradne evidence in na koncu spremljanje premikov ter ugotavljanje deformacij. Iz zgoraj naštetega lahko rečemo, da so geodeti prvi, ki pridejo na teren in zadnji z njega odidejo.

Kakovost geodetskih del pri izgradnji navedenih objektov, pa je predvsem odvisna od kakovosti geodetske mreže, saj je geodetska mreža osnova za vsa nadaljnja geodetska dela. Vzpostavitev geodetske mreže je ena izmed zahtevnejših geodetskih nalog, ki iz geodetskega strokovnjaka izčrpa vso njegovo znanje in veščine. Naloga geodeta je, da ob zahtevani natančnosti zagotovi dovolj kakovostno geodetsko mrežo v smislu natančnosti, zanesljivosti, občutljivosti in ekonomičnosti. Slednji kriterij pogosto močno vpliva na ostale. Čeprav so finance tiste, ki so za naročnika najbolj pomembne, se moramo zavedati, da ne smemo zniževati kakovosti izdelka pod primeren nivo zaradi finančnih omejitev.

Diplomska naloga obravnava tematiko vzpostavitve geodetskih mrež v vseh njenih fazah. V uvodnem delu naloge je predstavljen osnovni koncept geodetske mreže in razdelitev geodetskih mrež. Tretje poglavje detajlno opisuje postopek vzpostavitve geodetske mreže za posebne namene, kjer je opisan postopek optimizacije geodetskih mrež, izbira ustrezne stabilizacije in signalizacije točk ter izbira odgovarjajočega instrumentarija in metode izmere. V naslednjem poglavju so opisane redukcije in korekcije merjenih količin in predhodna analiza podatkov meritev, ki naj bi izločila verjetno grobo pogrešena opazovanja pred izravnavo. Izravnavo lahko opravimo šele takrat, ko definiramo geodetski datum. Problematiko geodetskega datuma, izravnavo geodetske mreže in metode odkrivanja grobih pogreškov po izravnavi opisuje peto poglavje. Šesto poglavje predstavlja merila za oceno kakovosti geodetske mreže za posebne namene, kjer so podani kriteriji natančnosti, zanesljivosti, občutljivosti in ekonomičnosti geodetske mreže.

Diplomska naloga vključuje tudi praktični primer. V Kopru je bila pod okriljem Agencije Republike Slovenije za okolje vzpostavljena nova, sodobna mareografska postaja. Če želimo obravnavati

mareografsko postajo kot geodetsko referenčno točko (točko omrežja SIGNAL¹ ter točko višinskega sistema), mora biti referenčna točka mareografske postaje lokalno stabilna oziroma moramo poznati njeno premikanje v času. Zato moramo spremljati horizontalno in višinsko stabilnost referenčne točke mareografske postaje. Za navedene potrebe so bile opravljene GPS, terestrične, nivelmanske in gravimetrične meritve. V diplomski nalogi sta bili obravnavani le terestrična in GPS izmera.

Cilj diplomske naloge je bil ugotoviti, kakšne možnosti ponujata GPS in terestrična izmera ter kombinacija obeh metod pri vzpostavitvi geodetske mreže. Z namenom ugotavljanja stabilnosti referenčne točke mareografske postaje so bile izračunane tri mreže, in sicer GPS-mreža, klasična terestrična mreža in kombinirana mreža v dveh epohah .

V nalogi so obravnavane prednosti in slabosti posamezne metode ter so podani zaključki, na osnovi katerih naj bi odpravili pomanjkljivosti posameznih metod.

¹ SIGNAL, Slovenija-Geodezija-NAvigacija-Lokacija; državno omrežje stalno delujočih GPS-postaj
<http://www.gu-signal.si/>.

2 ZASNOVA GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE

Zasnova geodetske mreže se je prvič pojavila na Nizozemskem v začetku 17. stoletja, ko je leta 1617 nizozemski matematik, fizik in astronom Willebrod Snellius prvič uporabil koncept geodetske mreže za določitev velikosti Zemlje. Dejstvo je, da je koncept geodetske mreže najkvalitetnejša metoda določitve položajev diskretnih točk na zemeljskem površju, ker na manjših delih zemeljskega površja omogoča določitev položaja z zelo visoko kakovostjo. Zaradi naštetega sta vzpostavitev in uporaba geodetskih mrež predmet intenzivnega znanstvenega in strokovnega proučevanja tudi v današnjem času.

Definicijo geodetske mreže lahko opravimo z geometrijskega in fizikalnega vidika. Z geometrijskega vidika se geodetska mreža definira kot konfiguracija treh ali več točk katere so med seboj povezane s terestričnimi, astronomskimi oziroma satelitskimi opazovanji ali kot kombinacija zgoraj naštetih opazovanj (Kuang, 1996). S fizikalnega vidika lahko geodetsko mrežo definiramo kot polje stalnih trajno stabiliziranih geodetskih točk na zemeljskem površju, katerih medsebojni položaj je določen z geodetskimi opazovanji v težnostnem polju Zemlje (Paar, 2006). Geodetsko mrežo uporabljamo za rešitev številnih znanstvenih in strokovnih (praktičnih) nalog. Primer za znanstveno uporabo geodetske mreže je določanje oblike in velikosti Zemlje. Praktični primeri uporabe so vzpostavljanje mreže za potrebe snemanja terena, zakoličbe objektov in za spremljanje premikov in deformacij objektov.

Geodetske mreže lahko razdelimo po številnih kriterijih. Eden izmed njih je razsežnost koordinatnega sistema:

- enorazsežne mreže - 1R (višinske mreže),
- dvorazsežne mreže - 2R (horizontalne mreže) in
- trirazsežne mreže - 3R (prostorske geodetske mreže).

Lahko jih razdelimo glede na metodo izmere:

- terestrične geodetske mreže – med te mreže prištevamo triangulacijske, trilateracijske, poligonske, nivelmanske in ostale mreže, v katerih so koordinate določene s klasičnimi terestričnimi metodami geodetske izmere,
- geodetske GNSS mreže in
- kombinirane geodetske mreže.

Eden izmed najpomembnejših kriterijev je razdelitev geodetskih mrež glede na namen. Pri tem kriteriju mreže lahko delimo na (Novaković, 2004):

- geodetske mreže za splošne namene in
- geodetske mreže za posebne namene.

V preglednici 2.1 so prikazane nekatere razlike med geodetsko mrežo za splošne namene in geodetsko mrežo za posebne namene.

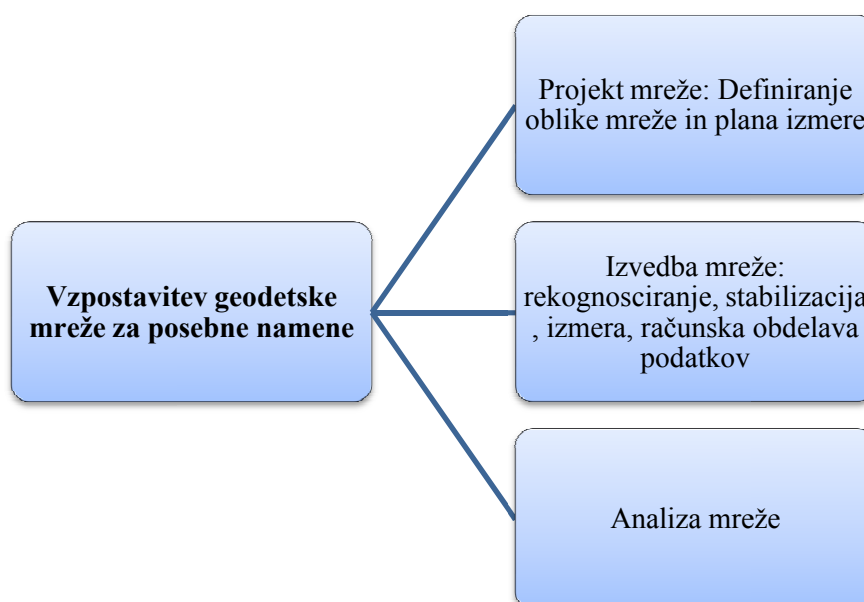
Preglednica 2.1: Osnovne lastnosti geodetskih mrež za splošne in posebne namene

Geodetske mreže za splošne namene	Geodetske mreže za posebne namene
Temeljno načelo vzpostavitve je "iz velikega v malo", pri čemer se slabša točnost mrež nižjih redov.	Vzpostavljajo se na manjšem območju; velikost in oblika mreže so odvisne od namena mreže.
Določanje lege točke je ločeno na horizontalno in višinsko komponento.	Za koordinatni sistem se v splošnem izbere eden od kartezičnih pravokotnih koordinatnih sistemov in primerno izbran geodetski datum.
Uporabljajo se predvsem za detajlno izmero, za znanstvene raziskave ipd.	V splošnem so neodvisne od državnih mrež, načrtovanje mreže je mnogo zahtevnejše (interdisciplinarno delo).
Metode in postopki izmere so predpisani od pristojnih državnih služb.	Zahtevana visoka natančnost.

Na osnovi zgoraj naštetih lastnosti lahko zaključimo, da obstajajo razlike med geodetsko mrežo za splošne namene in geodetsko mrežo za posebne namene. Najbolj pomembna razlika je v zahtevani točnosti geodetske mreže, ki je pri geodetski mreži za posebne namene, v splošnem zelo visoka. Razlog leži v dejstvu, da geodetske mreže za posebne namene vzpostavljamo za potrebe izgradnje kompleksnih industrijskih in hidrotehničnih objektov, ter spremljanje premikov in deformacij objektov. Geodetske mreže za posebne namene so manjših velikosti ter se oblika/geometrija mreže prilagaja namenu za katerega je bila vzpostavljena (predor, most, jez, ipd.). Vzpostavitev geodetske mreže za posebne namene je kompleksna naloga, ki zahteva od geodetskih strokovnjakov veliko izkušenj, znanja in maksimalno pozornost v vseh fazah vzpostavitve geodetske mreže. Vse naštetu pa zahteva znatna finančna sredstva. Zaradi tega je geodetska mreža za posebne namene, v splošnem, kompromis glede kakovosti in cene, vendar kakovost in verodostojnost opazovanj naj ne bi bila vprašljiva, saj drugače lahko povzročimo škodo v finančnem in ekološkem smislu.

3 VZPOSTAVITEV GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE

Vzpostavitev geodetske mreže obsega dela, potrebna, da bi se geodetska mreža lahko uporabila za reševanje ene ali več geodetskih nalog. Pri vzpostavitvi geodetske mreže moramo ločiti dva osnovna segmenta: materialni (fizični) segment in abstraktni segment. Fizično stabilizirane geodetske točke na površju Zemlje so sestavni del materialnega segmenta, medtem ko so matematične funkcije (funkcije, na osnovi katerih sestavimo matematični model geodetske mreže) del abstraktnega segmenta. Vzpostavitev geodetske mreže lahko razdelimo v tri dele, in sicer na projekt mreže, ki obsega definiranje oblike mreže in plana izmere, izvedbo mreže, ki vključuje rekognosciranje, stabilizacijo, izmero in računsko obdelavo podatkov, ter na koncu analiza mreže, ki vključuje odkrivanje in lociranje verjetno grobo pogrešenih opazovanj in analizo kakovosti rezultatov izravnave.



Slika 3.1: Faze vzpostavitve geodetske mreže za posebne namene

Vsi deli vzpostavitve so v vzročno-posledičnem odnosu in šele z integralnim pristopom lahko pridobimo ustrezen rezultat. Med kriterije, ki povezujejo vse dele vzpostavitve mreže štejemo želeno natančnost in zanesljivost.

3.1 Projekt geodetske mreže za posebne namene

Projekt mreže določa optimalno konfiguracijo mreže, optimalno razporeditev opazovanj v mreži, optimalno natančnost opazovanj in optimalno ceno vzpostavitve in vzdrževanja geodetske mreže. Pri tem mislimo na določanje optimalnega števila točk in njihovega položaja. Ta del vzpostavitve mreže lahko imenujemo tudi faza načrtovanja oziroma projektiranja mreže. Projektiranje mreže mora biti

izvedeno tako, da izpolni svoj namen in zastavljena merila točnosti, se pravi geodetska mreža mora biti realizirana v zadovoljivem časovnem roku in hkrati mora biti tudi s ekonomskega vidika najcenejša.

Glede na predhodno navedene zahteve je potrebno določiti optimalni projekt geodetske mreže, ki naj bi zadovoljil štiri osnovne zahteve: zanesljivost, občutljivost, natančnost in ekonomičnost mreže.

3.1.1 Optimizacija geodetske mreže za posebne namene

Projektiranje geodetskih mrež v zadnjih 30-ih letih izvajamo s t.i. postopki optimizacije geodetskih mrež. Osnovni namen postopka optimizacije geodetske mreže je vnaprej določiti optimalen geodetski datum, optimalno geometrijo geodetske mreže, izbiro optimalnih tipov opazovanj in njihovo optimalno razporeditev, izbiro optimalne natančnosti opazovanj ter izboljšati morebitne slabše dele geodetske mreže. To naj bi skupaj vodilo v optimalno izpolnitev vnaprej postavljenih kriterijev kakovosti geodetske mreže, ki naj bi jih izpolnili z minimalnim naporom in minimalnimi stroški.

Znanost sprva ni našla odgovora na vprašanje, kako vse optimizacijske probleme rešiti z enim matematičnim algoritmom, zato si je pomagala z več povezanimi analitičnimi postopki, ki so reševali posamezne probleme optimizacije drugega za drugim. Posamezni problemi optimizacije geodetskih mrež so razdeljeni na rede (Ninkov, 1989):

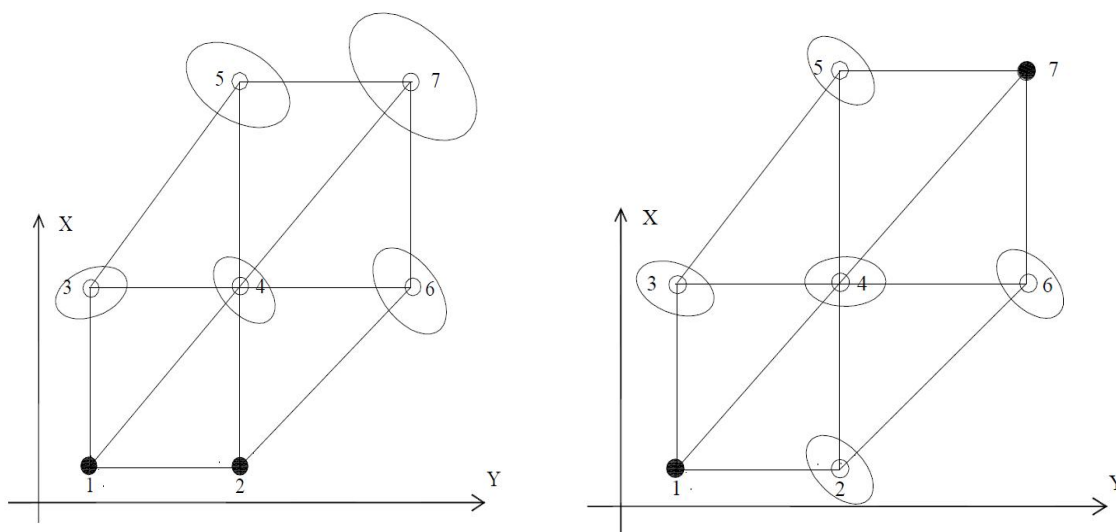
- optimizacija ničelnega reda,
- optimizacija prvega reda,
- optimizacija drugega reda in
- optimizacija tretjega reda.

Preglednica 3.1: Razdelitev problemov optimizacije geodetske mreže na rede

Red optimizacije	Dani parametri	Iskani parametri
ničelni	\mathbf{B}, \mathbf{P}	$\Delta, \mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$
prvi	$\mathbf{P}, \mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$	\mathbf{B}
drugi	$\mathbf{B}, \mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$	\mathbf{P}
tretji	$\mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$	\mathbf{B}, \mathbf{P} (delno)

Optimizacija ničelnega reda

Z optimizacijo ničelnega reda določamo optimalni datum geodetske mreže. Določitev le-tega je odvisna od vrste in namena geodetske mreže. Optimalen datum je tisti, v katerem so nove točke pridobile tiste vrednosti položajne natančnosti, katere so vnaprej določene z različnimi razpoložljivimi kriteriji za določitev položajne natančnosti. Glede na predhodno določene zahteve natančnosti bo le en geodetski datum ustrezal potrebam in namenu geodetske mreže. Na spodnjih slikah je razvidno kako lahko izbira geodetskega datuma vpliva na natančnost geodetske mreže. Na levi strani slike 3.2 je prikazana 2R geodetska mreža, kjer je datum določen s točkama 1 in 2. Desna stran slike 3.2 pa prikazuje enako geodetsko mrežo, vendar je datum definiran s točkama 1 in 7.



Slika 3.2: Vpliv geodetskega datuma na razporeditev natančnosti geodetske mreže (Ninkov, 1989)

Kot optimalno rešitev problema določitve geodetskega datuma lahko razumemo optimalno rešitev za matriko kofaktorjev neznank ($\mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$) ali za vektor neznank (Δ), pri čemer sta matrika koeficientov enačb popravkov (\mathbf{B}) ali matrika uteži opazovanj (\mathbf{P}) znani. Nekatere od osnovnih zahtev, ki jih je potrebno izpolniti pri optimizaciji ničelnega reda sta:

$$\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v} = \min,$$

in

$$\Delta^T \cdot \Delta = \min.$$

Praktično izvajanje optimizacije ničelnega reda je dokaj preprosto. To lahko zaključimo iz dejstva, da so algoritmi, ki se uporabljajo dokaj enostavni in znani, ter so pogosto avtomatizirani.

Optimizacija prvega reda

Izhodišče optimizacije prvega reda je dejstvo, da je število točk v mreži že prej določeno. Optimizacijo prvega reda obravnavamo kot problem določitve optimalne geometrije geodetske mreže. Hkrati določamo tudi plan opazovanj. Se pravi, z optimizacijo prvega reda iščemo optimalno matriko koeficientov enačb popravkov (**B**), poznamo pa matriko uteži opazovanj (**P**) in matriko kofaktorjev neznank ($\mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$). V postopku določitve optimalne matrike **B** imamo omejene možnosti, saj na obliko mreže zlasti vplivajo oblika in dimenzije objekta in konfiguracija terena. GPS – mreža nima tega problema, saj pri tej vrsti mreže ni potrebno, da so točke mreže med seboj vidne. Čeprav geodetsko mrežo sestavljajo vse njene točke, pri optimizaciji prvega reda ni nujno, da so vse točke predmet optimizacije.

Optimizacija drugega reda

Število in položaji točk v geodetski mreži so pri optimizaciji drugega reda znani in imamo tudi določen geodetski datum mreže. S tem smo določili nespremenljive parametre matematičnega modela geodetske mreže, oziroma smo določili matriko koeficientov enačb popravkov (**B**) in matriko kofaktorjev neznank ($\mathbf{Q}_{\Delta\Delta}$). Iščemo pa optimalno matriko uteži opazovanj (**P**). Temeljna težava optimizacije drugega reda leži v odgovoru na vprašanje: na kakšen način konkretne vrednosti v optimalni matriki uteži opazovanj "pretvoriti" v konkretne načine in metodologije izvedbe različnih vrst opazovanj. Se pravi, težava niso matematični algoritmi ampak določitev načina izmere, ki bo omogočal doseganje z optimizacijo določene natančnosti opazovanj. Vrednosti v optimalni matriki uteži opazovanj je potrebno uporabiti za določitev ustrezne metode meritev, ustreznega instrumentarija, števila ponovitev različnih vrst meritev itn.

Optimizacija tretjega reda

Optimizacija tretjega reda pomeni optimizacijo že realiziranih geodetskih mrež. To dosežemo z dodajanjem ali odvzemanjem točk in / ali opazovanj. Ker matrika koeficientov enačb popravkov (**B**) in matrika uteži opazovanj (**P**) modelirajo že realizirano mrežo, jih obravnavamo kot delno proste parametre. Pod delno prosti mislimo na dodajanje novih točk in / ali opazovanj v geodetsko mrežo, kar ima za posledico povečanje kakovosti že obstoječe mreže.

Obstajajo tri različni matematični modeli za rešitev problema optimizacije tretjega reda (Ninkov, 1989):

- dinamični model,
- statični model in

- model s hibridno normo.

Dinamični model daje optimalne rešitve uteži dodatno planiranih meritev v optimizirani geodetski mreži.

Statični model omogoča pridobitev optimalnih uteži dodatno planiranih meritev, pod pogojem, da se uteži že planiranih meritev v že realizirani mreži ne spremenijo.

Model s hibridno normo je sestavljen iz dveh različnih delov, in sicer en del vsebuje popravke iz približka inverzne matrike kriterijev, drugi pa kvadratno formo spremembe uteži že planiranih opazovanj.

Matrike kriterijev

Matrike kriterijev v procesu optimizacije geodetskih mrež nadomeščajo realne variančno-kovariančne matrike in služijo kot idealne matrike, kar pomeni, da matrika kriterija predstavlja optimalno natančnost neznank v načrtovani geodetski mreži. Matrika kriterija mora izpolniti določene zahteve o natančnosti geodetske mreže, katere postavimo pri načrtovanju oziroma optimizaciji. Matriko kriterija v postopkih optimizacije pogosteje uporabljamo kot skalarne kriterije natančnosti (A-, D-, E-, N- in S-optimalni kriteriji, ki so bolj podrobno obravnavani v poglavju 6.1.1).

Optimalni kriterij natančnosti geodetske mreže lahko zapišemo (Kuang, 1996):

$$\|\Sigma_{\Delta\Delta} - C_{\Delta}\| = \min,$$

kjer je:

- $\Sigma_{\Delta\Delta}$variančno-kovariančna matrika koordinatnih neznank in
- C_{Δ}matrika kriterija koordinatnih neznank.

Splošni koncept načrtovanja matrike kriterija v dvorazsežnih geodetskih mrežah temelji na teoriji stohastičnih procesov, z uporabo korelacijskih funkcij koordinat točk katerih argumenti so dolžine med točkama mreže (Ninkov, 1989). Modeli korelacijskih funkcij so različni. Lahko uporabljamo (Ninkov, 1989):

- Gaussovo korelacijsko funkcijo,
- eksponentno korelacijsko funkcijo,
- Besselovo korelacijsko funkcijo,
- Meisslovo korelacijsko funkcijo,
- Baardovo korelacijsko funkcijo in

- eksponentno-kosinusno korelacijsko funkcijo.

V preglednici 3.2 so predstavljeni modeli korelacijskih funkcij, ki se lahko uporabljajo pri sestavljanju matrike kriterija.

Preglednica 3.2: Modeli korelacijskih funkcij

Funkcija	Naziv funkcije
$C(r) = \sigma^2 \cdot e^{-\left(\frac{r}{d}\right)^2}$	Gaussova korelacijska funkcija
$C(r) = \sigma^2 \cdot e^{-\frac{r}{d}}$	Eksponentna korelacijska funkcija
$C(r) = \sigma^2 \cdot \frac{r}{d} \cdot K_1 \cdot \left(\frac{r}{d}\right)$	Besselova korelacijska funkcija
$C(r) = \sigma^2 - \gamma^2 \cdot r \cdot \ln\left(1 + \frac{r}{d}\right)$	Meisslova korelacijska funkcija
$C(r) = \sigma^2 - \gamma^2 \cdot r$	Baardova korelacijska funkcija
$C(r) = \sigma^2 \cdot e^{-\frac{r}{d}} \cdot \cos(\beta \cdot r)$	Eksponentno-kosinusna korelacijska funkcija
kjer je: <ul style="list-style-type: none"> – d.....karakteristična dolžina – K_1.....modificirana Besselova funkcija – γ^2.....pozitivna konstanta – β.....fazni kot funkcije 	

Potrebno je omeniti, da v geodetskih mrežah vrednost karakteristične dolžine d predstavlja globalno konstanto za celo mrežo in njena vrednost mora biti enaka ali manjša od vrednosti najkrajše dolžine r med dvema točkama v geodetski mreži ($d \leq r_{\min}$).

Na osnovi vrednosti korelacijskih funkcij lahko sestavimo ustrezno matriko kriterija. Uporabljamo več različnih postopkov, in sicer (Kuang, 1996):

- Taylor-Karmanov postopek in
- postopek prilagoditve že sestavljene variančno-kovariančne matrike neznan.

Tako sestavljena matrika kriterija (ki jo določimo po kateremkoli postopku) je regularna matrika in jo uporabljamo v optimizaciji geodetskih mrež. Če jo uporabljamo v optimizaciji prostih mrež, jo moramo transformirati v singularno matriko. Druga lastnost tako sestavljene matrike kriterija je, da so

neodvisne od načrtovanega plana meritev. Obstaja tudi drugi način določitve matrike kriterija, kjer so te odvisne od načrtovanega plana meritev, natančnosti načrtovanih opazovanj in načrtovane natančnosti neznank. Ta matrika kriterija ustreza variančno-kovariančni matriki koordinatnih neznank (Ninkov, 1989).

STRATEGIJE REŠEVANJA PROBLEMOV OPTIMIZACIJE

Za doseg cilja optimizacije geodetske mreže imamo na voljo naslednje metode oziroma pristope (Mozetič in Stopar, 2008):

- metodo s poskušanjem (angl.: "trial and error method") in
- analitično metodo (angl.: "analytical method"):
 - enociljna metoda (angl.: "single-objective optimization") in
 - večciljna metoda (angl.: "multi-objective optimization").

Metoda optimizacije geodetskih mrež s poskušanjem

Ta metoda je, v kombinaciji z izkušnjami, primerna za reševanje problemov optimizacije prvega, drugega in tretjega reda. To metodo lahko razdelimo na naslednje korake (Mozetič, Stopar, 2008):

- 1. korak:** Določimo položaje točk, zahtevano natančnost in zanesljivost načrtovane geodetske mreže.
- 2. korak:** Določimo plan opazovanj na osnovi rekognosciranja terena in razpoložljivega instrumentarija.
- 3. korak:** Izračunamo variančno-kovariančno matriko neznank $\Sigma_{\Delta\Delta}$ začetne variante geodetske mreže, ki smo jo oblikovali v 1. in 2. koraku. Izračunamo vrednosti kriterijev (meril) kakovosti geodetske mreže (natančnost, zanesljivost).
- 4. korak:** Če so izračunane vrednosti kriterijev kakovosti geodetske mreže podobne tistim, ki smo jih določili v 1. koraku, nadaljujemo z naslednjim korakom. V nasprotnem primeru spremenimo plan opazovanj, kar pomeni, da dodamo ali odstranimo opazovanja in povečamo ali zmanjšamo uteži opazovanj. Vrnemo se na 3. korak.
- 5. korak:** Izračunamo stroške vzpostavitve načrtovane geodetske mreže in premislimo o možnosti vrnitve na 2. korak, da bi ponovili postopek z drugačnim tipom geodetske mreže. Postopek končamo, ko mislimo, da smo dosegli optimalno načrtovano geodetsko mrežo.

Če za reševanje problemov optimizacije geodetskih mrež uporabimo to metodo, položaje točk geodetske mreže, ki so določeni v 1. koraku, redko spreminjamo. Zato se največkrat ta metoda skrči na reševanje problemov optimizacije drugega reda. Pri optimizaciji klasične terestrične geodetske mreže se optimizacija s poskušanjem rešuje s kombinacijo optimizacij različnih redov. Najpogosteje ta problem rešujemo z zgostitvijo mreže (največkrat je problem oblike mreže primanjkljaj povezav, ki jih realiziramo le z novimi stojiščnimi točkami, spreminjanjem števila danih točk, spreminjanjem števila povezav v mreži ipd.). Slabost omenjene metode je velika količina vloženega dela za končni rezultat, ki pa najbrž nikoli ni povsem optimalen.

Analitične metode optimizacije geodetskih opazovanj

Analitične metode predstavljajo sodobnejši pristop, saj slonijo na matematičnih algoritmih za reševanje posameznih problemov optimizacije geodetskih opazovanj. Matematični algoritem zagotavlja oblikovanje rešitve optimizacije geodetske mreže ob upoštevanju zahtevane kakovosti, ki je v matematičnem smislu in glede na izbrane kriterije optimalna (Kuang, 1996). V postopkih optimizacije se kot kriteriji kakovosti geodetske mreže uporabljajo natančnost, zanesljivost in stroški vzpostavitve geodetske mreže. Če vse kriterije obravnavamo hkrati, govorimo o večciljni analitični metodi, če pa kriterije obravnavamo posamično, govorimo o enociljni analitični metodi. Ciljno funkcijo, ki jo v postopku optimizacije minimiziramo ali maksimiziramo, zapišemo z izrazom (3.1).

Matematično je optimizacija določanje minimuma ali maksimuma ciljne funkcije pod določenimi omejitvami. V primeru optimizacije geodetske mreže ciljna funkcija predstavlja kakovost geodetske mreže. Za optimalno načrtovano geodetsko mrežo lahko zapišemo naslednjo ciljno funkcijo (Mozetič in Stopar, 2008):

$$\alpha_n + \alpha_z + \alpha_s^{-1} = \max, \quad (3.1)$$

kjer imajo oznake naslednje pomene:

α_n natančnost,

α_z zanesljivost in

α_s stroški.

Izraz (3.1) predstavlja večciljni model optimizacije geodetskih mrež. Če posameznemu členu ciljne funkcije, podane v izrazu (3.1), povečamo vrednost do neskončnosti, dobimo tri značilne primere ciljnih funkcij, ki predstavljajo tri enociljne modele optimizacije.

V prvem primeru je optimizirana natančnost, medtem ko moramo preveriti zanesljivost in stroške vzpostavitve geodetske mreže. V drugem primeru je optimizirana zanesljivost, medtem ko moramo

preveriti natančnost in stroške vzpostavitve geodetske mreže. V tretjem primeru so optimizirani stroški, medtem ko moramo preveriti natančnost in zanesljivost geodetske mreže.

Preglednica 3.3: Primeri večciljnega modela optimizacije

1. primer	2. primer	3. primer
$\alpha_n \rightarrow \infty$	$\alpha_z \rightarrow \infty$	$\alpha_s \rightarrow \infty$
natančnost = max	zanesljivost = max	stroški = min
zanesljivost \geq konstanta	natančnost \geq konstanta	natančnost \geq konstanta
stroški \leq konstanta	stroški \leq konstanta	zanesljivost \geq konstanta

Analitično metodo optimizacije geodetske mreže razdelimo na naslednje korake (Mozetič in Stopar, 2008):

- 1. korak:** Določimo ciljne funkcije za kriterije kakovosti geodetske mreže.
- 2. korak:** Določimo kriterije kakovosti geodetske mreže (zahtevana natančnost, zanesljivost in stroški).
- 3. korak:** Določimo začetno geometrijo geodetske mreže (začetni položaji točk in začetni plan opazovanj) in fizične omejitve (datum geodetske mreže in izvedljivost).
- 4. korak:** Določimo matematični model optimizacije na osnovi izbranega optimalnega kriterija kakovosti geodetske mreže.
- 5. korak:** Rešimo matematične modele, kjer sta rešitev optimizirani matriki **B** in **P**.
- 6. korak:** Analiziramo rezultate. Primerjamo doseženo kakovost z zahtevano kakovostjo geodetske mreže.
- 7. korak:** Dokončno oblikujemo plan opazovanj, kar pomeni, da opazovanja katerih uteži imajo vrednost nič izločimo iz plana opazovanj, saj ta opazovanja ničesar ne prispevajo k natančnosti geodetske mreže. Za ostala opazovanja izračunamo njihovo natančnost in izberemo instrumentarij, ki omogoča doseganje izračunane optimalne natančnosti opazovanj. Sledi še primerjava kakovosti

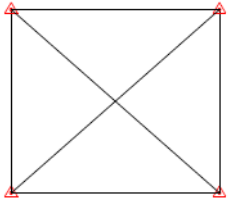
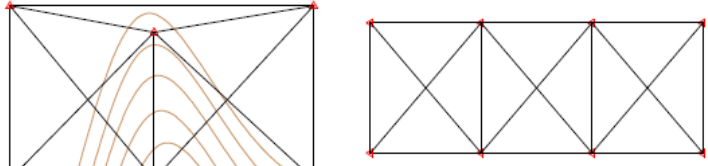
geodetske mreže, določene na osnovi dokončnega plana opazovanj, z zahtevano kakovostjo geodetske mreže (iz 2. koraka).

Čeprav imajo navedene metode optimizacije za cilj določanje položaja točk geodetske mreže s optimalno natančnostjo, zanesljivostjo in ekonomičnostjo, niso popolnoma idealne in imajo določene slabosti. Pomembno je poudariti, da obstaja odvisnost med posameznimi redi optimizacije, kar lahko vidimo iz tega, da so parametri matematičnega modela v nekaterih redih fiksni, v drugih pa hkrati prosti in obratno. Včasih je težko tudi optimizirane vrednosti dejansko realizirati. Najboljši primer je problem realizacije idealne matrike uteži. Minimiziranje ali maksimiziranje kriterijev kakovosti omogoča načrtovanje takšne geodetske mreže, ki bo optimalna v smislu zahtevane natančnosti ocenjevanih količin v geodetski mreži in bo omogočala iskanje grobih pogreškov v opazovanjih ter, da bodo stroški vzpostavitve mreže sprejemljivi. Različni kriteriji kakovosti geodetske mreže bodo bolj podrobno obravnavani v kasnejših poglavjih.

3.1.2 Oblike geodetskih mrež

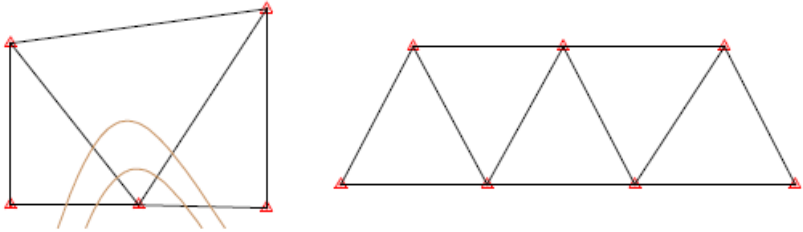
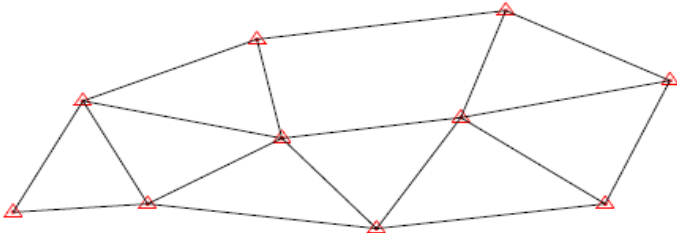
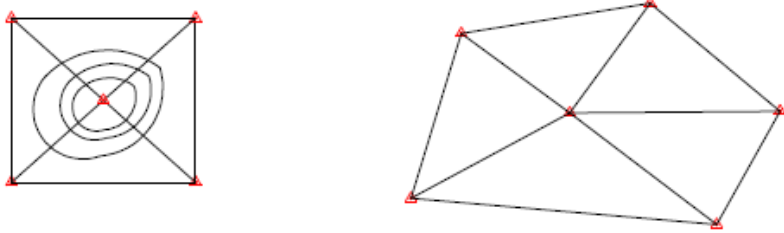
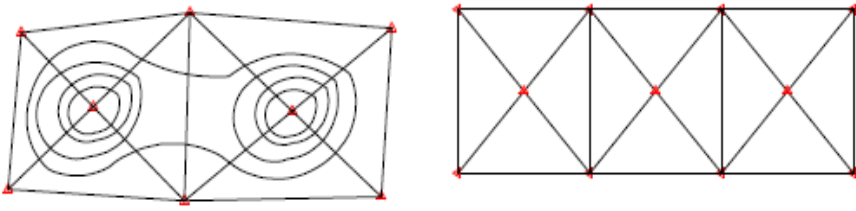
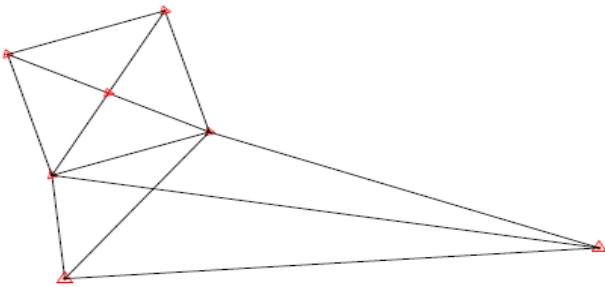
S postopki optimizacije oziroma s pridobljenimi optimalnimi parametri konfiguracije mreže in definiranim planom izmere je uspešno definiran projekt mreže. Nekatere osnovne oblike geodetskih mrež za posebne namene so prikazane v preglednici 3.4.

Preglednica 3.4: Osnovne oblike geodetskih mrež za posebne namene (Paar, 2006)

OBLIKA REFERENTNE MREŽE	OPIS
	<p>Geodetski štirikotnik:</p> <p>Je najpreprostejša oblika geodetske mreže, katera se predvsem uporablja na manjših območjih. Zaradi svoje prilagodljivosti se pogosto uporablja pri izgradnji predorov, jezov ipd.</p>
	<p>Dvojni geodetski štirikotnik ali veriga štirikotnikov:</p> <p>Postavljajo se pri izgradnji linijskih objektov (ceste, železniške proge ipd.).</p>

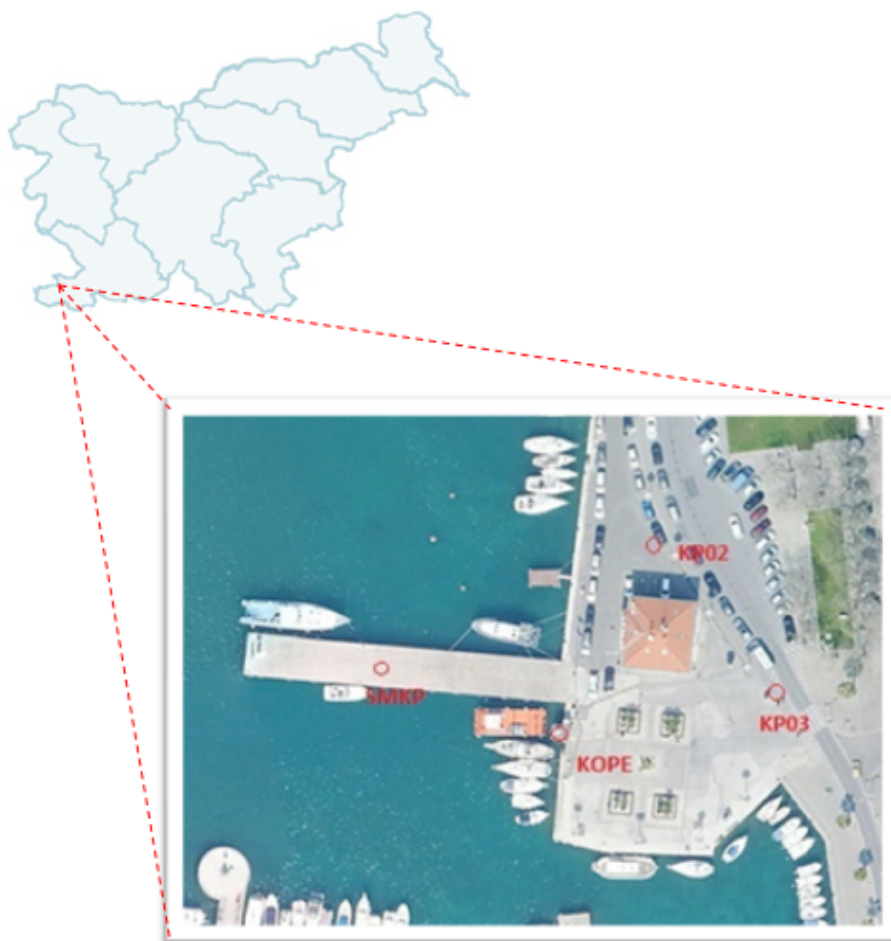
se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 3.4

	<p>Veriga trikotnikov:</p> <p>Uporablja se pri izgradnji linijskih objektov kot so ceste, predori ipd.</p>
	<p>Klasična trigonometrična mreža:</p> <p>Uporablja se predvsem na velikem gradbišču ali v urbanih območjih (mesta).</p>
	<p>Centralni sistem:</p> <p>se uporablja pri objektih kateri se nahajajo na večjem območju. Nastanejo, če dodamo eno centralno točko geodetskemu četverkotniku.</p>
	<p>Dvojni centralni sistem ali veriga centralnih sistemov:</p> <p>Nastanejo s povezovanjem dveh ali več centralnih sistemov. Uporabljamo jih za podolgovate in kompleksnejše objekte</p>
	<p>Kombinacija različnih oblik mreže:</p> <p>Predvsem je odvisna od oblike objekta. Nastane kot kombinacija različnih sistemov. Najpogosteje je to kombinacija štirikotnika in centralnega sistema.</p>

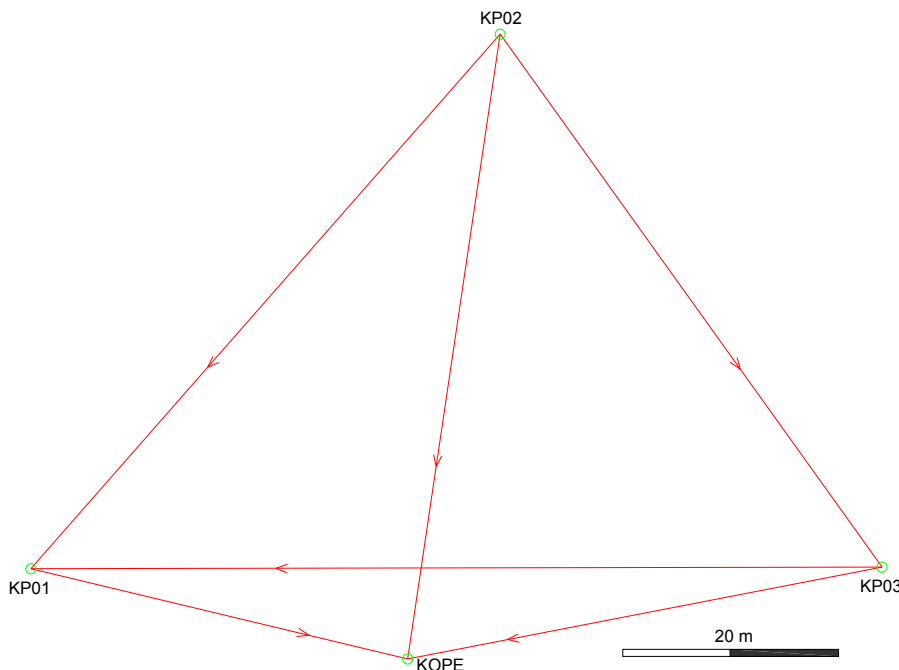
Geodetska mreža za posebne namene se praviloma razvija okoli objekta, zato je potrebno poskrbeti, da točke geodetske mreže postavimo tako, da objekt ne predstavlja oviro pri viziranju opazovanih točk.

Za potrebe ugotavljanja stabilnosti referenčne točke mareografske postaje (KOPE), ki se nahaja na vrhu droga nad mareografsko postajo je bila vzpostavljena lokalna mikro geodetska mreža, katero sestavljajo točke KOPE, KP01, KP02 in KP03. Lokalna mikro geodetska mreža je bila opazovana z GPS-metodo izmere in s klasično terestrično metodo. GPS-izmera je bila opravljena iz dveh razlogov. Prvi razlog je povezava mikro mreže z ETRS89 koordinatnim sistemom, drugi razlog pa je spremljanje stabilnosti referenčne točke mareografske postaje glede na širše območje slovenske Obale. Terestrična geodetska mreža oziroma triangulacijsko-trilateracijska mikromreža omogoča določitev lokalne stabilnosti horizontalnega in višinskega položaja referenčne točke mareografske postaje. Slika 3.3 prikazuje makro in mikro lokacijo obravnavane mreže.



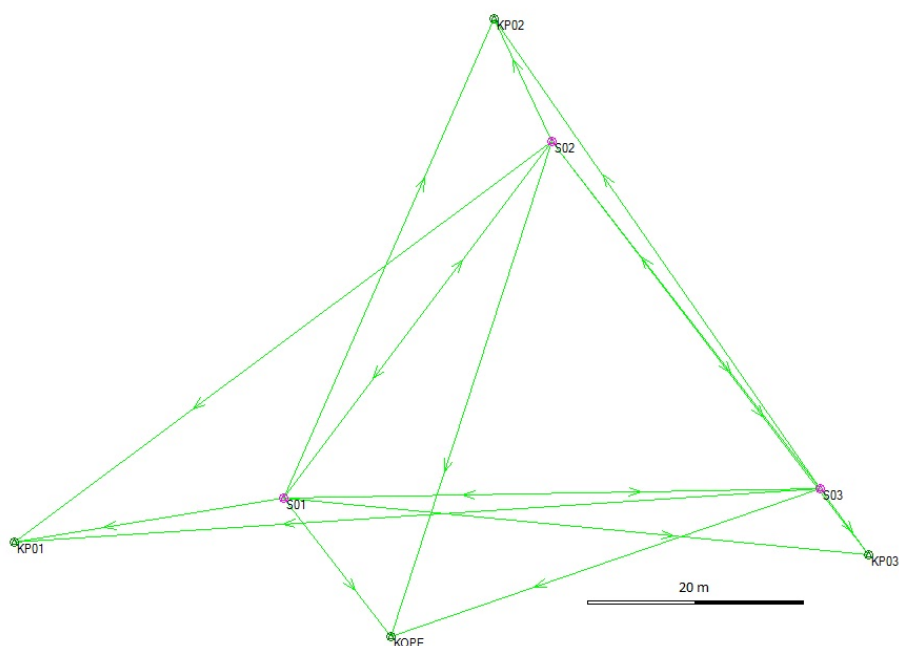
Slika 3.3: Makro in mikro lokacija obravnavane mreže mareografske postaje Koper

GPS mrežo mareografske postaje Koper (v nadaljnjem besedilu: MP Koper) sestavljajo 4 točke. GPS točka KOPE je locirana na sami MP Koper in je del slovenske mreže permanentnih GPS postaj – SIGNAL. Tri točke, in sicer KP01, KP02 in KP03 so vzpostavljene na ožjem območju MP Koper in predstavljajo kontrolne točke za ugotavljanje lokalne stabilnosti območja na katerem se nahaja MP Koper. Slika 3.4 prikazuje obliko GPS mreže MP Koper in bazne vektorje med točkami.



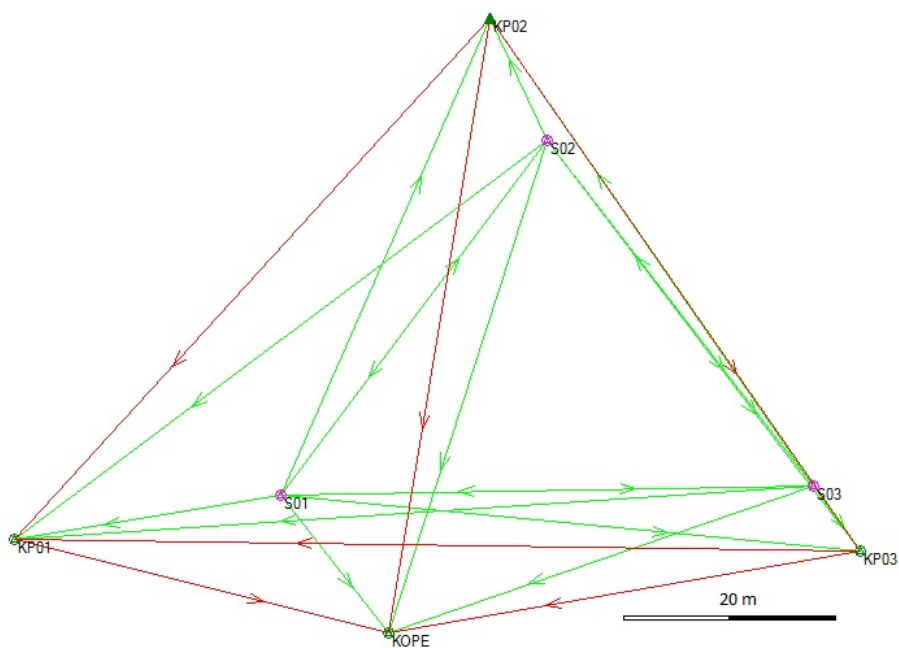
Slika 3.4: Oblika GPS mreže MP Koper

Klasično terestrično lokalno mikromrežo MP Koper sestavlja 7 točk. Točke KOPE, KP01, KP02 in KP03 imajo enak pomen kot pri GPS mreži. Dodatno so stabilizirane 3 pomožne točke S01, S02 in S03, na katerih so bile izvedene meritve. Vse točke so med seboj povezane z maksimalnim številom možnih povezav in tvorijo zaključene like, ki zagotavljajo zanesljivo ugotavljanje in izločanje grobo pogrešenih opazovanj, hkrati pa zagotavljajo zahtevano in homogeno natančnost določitve prostorskih koordinat točk. Oblika mreže MP Koper, to je položaj točk v mreži in medsebojne povezave, je razvidna iz slike 3.5.



Slika 3.5: Oblika klasične terestrične mikro mreže MP Koper

Kombinirano mrežo MP Koper sestavlja 7 točk. Vse točke imajo enak pomen kot pri klasični terestrični mreži. V kombinirani mreži so privzete vse opazovane smeri, dolžine in zenitne razdalje iz terestrične mreže, ter so v mrežo dodatno vključeni še bazni vektorji iz GPS mreže. Na sliki 3.6 je razvidna oblika kombinirane mreže MP Koper. Z rdečo barvo so označeni bazni vektorji, z zeleno barvo pa klasična terestrična opazovanja.



Slika 3.6: Oblika kombinirane mreže MP Koper

3.1.3 Zahtevana natančnost opazovanj

Pri izdelavi projekta geodetske mreže za posebne namene se po navadi govori o visoki natančnosti, o zahtevah projektanta in o doseženi natančnosti mreže s strani geodetskega izvajalca. Nihče pa točno ne ve, kako visoko natančnost je potrebno doseči, in tudi ne koliko znaša. Težava je v tem, da v Sloveniji ne obstajajo ustrezni pravilniki oziroma standardi, ki bi določali potrebno natančnost oziroma kakšno natančnost je potrebno doseči za določeno vrsto geodetskih del.

Standardne relativne natančnosti je mogoče najti v tuji literaturi, kjer so te točno določene za različne vrste geodetskih del. V ZDA je bila tako leta 1990 ustanovljena organizacija FGDC (*Federal Geographic Data Committee*) z glavnim namenom sprejemanja pravilnikov o uporabi geoprostorskih podatkov. Leta 2002 so izdali pravilnik *Geospatial Positioning Accuracy Standards – PART 4: Standards for Architecture, Engineering, Construction (A/E/C) and Facility Management*, ki predstavlja standarde za arhitekturo, inženirska dela in upravljanje s prostorom.

Potrebno je omeniti, da je relativna natančnost geodetskih mrež za posebne namene pomembnejša od absolutne, saj nam ta mreža služi za potrebe enega objekta, kjer nas zanimajo predvsem relativni odnosi (položaji) med točkami mreže ter položaji med točkami mreže in objekta. Po zgoraj navedenem pravilniku se natančnost geodetske mreže za posebne namene lahko izrazi s pomočjo relativne natančnosti. Položajna natančnost geodetske mreže za posebne namene mora biti dvakrat večja od zahtevane položajne natančnosti izvedbe objekta, ob stopnji zaupanja 95% (FGDC, 2002).

Razmerje standardnega odklona dolžine in dolžine imenujemo relativna natančnost (σ_d/d) dolžine. To se pravi, da pripadajoči standardni odklon dolžine, ki ga dobimo po izravnavi delimo z dolžino in zapišemo v obliki razmerja. Standardi, vezani na relativno natančnost se razlikujejo v odvisnosti od namena, za katero je geodetska mreža vzpostavljena. Razpon relativne natančnosti je med 1:2500 pa vse do 1:100000 za mreže, katere se vzpostavljajo za različna inženirska dela. Preglednica 3.5 prikazuje zahtevano minimalno relativno natančnost dolžin v odvisnosti od vrste inženirskih del za katera se mreža vzpostavlja (FGDC, 2002).

Preglednica 3.5: Zahtevana relativna natančnost dolžin glede na vrsto inženirskih del

Vrsta inženirskih del	Relativna natančnost
gradnja manjših prometnic, parkov ipd.	1:2500-1:5000
gradnja avtocest, manjših mostov, predorov..	1:5000-1:10000
gradnja srednjih mostov in predorov, jezov	1:10000-1:50000
gradnja velikih mostov in predorov	1:50000-1:100000

Za potrebe praktičnega dela naloge v zvezi z natančnostjo izvajanja geodetskih izmer za potrebe določitve koordinat MP Koper, so v preglednici 3.6 podane zahteve s strani IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission – Manuals and Guides 14: Manual on Sea level Measurement and Interpretation – Volume III – Reappraisals and Recommendations as of the year 2000, UNESCO, 2002) (Geodetski inštitut Slovenije, 2006).

Preglednica 3.6: Zahteve IOC v zvezi z geodetsko izmero za potrebe določitve koordinat točk mreže MP Koper

Merska tehnika	Dolžina: Natančnost
Niveliranje nivelmanske zanke mareografske postaje	0 – 1 km: < 1 mm
Niveliranje na širšem območju	1 – 10 km: < 1 cm
GPS izmera na širšem območju	1 – 10 km: < 1 cm
Absolutna gravimetrična izmera v bližini mareografske postaje	< 2 μ gal
GPS izmera na točkah v bližini mareografske postaje	< 1 cm

Pomanjkljivost podanih zahtev s strani IOC je, da nikjer ni podana zahtevana natančnost klasičnih terestričnih meritev.

3.2 Izvedba geodetske mreže za posebne namene

Pod terminom izvedba geodetske mreže razumemo dejansko realizacijo načrtovane mreže na terenu. Izvedba geodetske mreže vključuje postopke rekognosciranja terena, stabilizacijo točk, izvajanje geodetskih meritev in izravnavo opazovanj v geodetski mreži. Postopki izvedbe mreže se med seboj razlikujejo glede na razsežnost mreže (horizontalne, višinske, prostorske) ter tudi glede samega načina izmere (klasična ali GNSS izmera).

3.2.1 Rekognosciranje terena

Rekognosciranje terena za potrebe geodetske izmere je vedno zelo dobrodošlo. S postopkom rekognosciranja terena določamo najboljše položaje točk mreže. Le-ti so odvisni od številnih zahtev (medsebojna vidnost, oddaljenost od objekta, ipd.) in konfiguracije terena (stabilnost tal, višina in gostota vegetacije, ipd.). Če gre za izmero klasične geodetske mreže je smiselno, da točke postavimo tako, da bodo med seboj vidne. Pri GNSS izmeri ni nujno, da je zagotovljena medsebojna vidnost med točkami, je pa zaželeno, da je horizont okrog točke čim bolj "čist" (brez visokih dreves, stavb,

ipd.). Pri izbiri optimalnega položaja novih točk moramo upoštevati tudi trajnost položaja, oziroma izbirati taka mesta, da bodo točke čim bolj stabilne v daljšem časovnem obdobju.

Moramo pa tudi upoštevati, da:

- se nove točke ne smejo nahajati v bližini oddajnikov, visokonapetostnih daljnovodov ipd.,
- moramo zagotoviti čim boljšo dostopnost do točke (če je le možno, da lahko dostopamo do točke z avtomobilom) in
- naj se točke nahajajo na javnih površinah zaradi neomejenega (neoviranega) dostopa do točke.

V praksi pa pogosto ne moremo izpolniti vseh zgoraj naštetih pogojev. Če se nahajamo v situaciji, da ne moremo izpolniti nekaterih od naštetih pogojev, moramo posebno pozornost posvetiti načinu stabilizacije točk (Paar, 2006).

3.2.2 Stabilizacija in signalizacija

Zanesljiva stabilizacija točk geodetske mreže predstavlja osnovo za vse vrste geodetskih meritev, ki se bodo na njih izvajale (zakoličba objekta, spremljanje premikov, ipd.). Zaradi številnih vplivov (notranjih in zunanjih Zemljinih sil, ...) površina Zemlje ni absolutno stabilna. Tako tudi geodetske točke postavljene na takem terenu niso absolutno stabilne. Zaželeno je, da so stabilne točke zares stabilne, vendar teoretično ni nobena točka na površini Zemlje popolnoma stabilna (Stopar in Vodopivec, 1990).

V praksi srečujemo vrsto različnih načinov stabilizacije geodetskih točk, od najenostavnejših pa vse do masivnih temeljev z betonskimi stebri in sistemom za prisilno centriranje. Vsak način stabilizacije ima svoje dobre in tudi slabe lastnosti. Izbran način stabilizacije točke naj bi zagotavljal:

- lastno (lokalno) stabilnost,
- možnost prisilnega centriranja,
- da je točka fizično in vizualno čim manj moteča v naravnem okolju ali na objektu in
- čim manjše stroške gradnje.

Le redki so primeri, kjer so vsi navedeni pogoji izpolnjeni. Običajno se poslužujemo kompromisov, tako da v dani situaciji dosežemo optimalno rešitev (Vodopivec in Kogoj 2005). Najbolj pogost način stabilizacije je z betonskim stebrom.

Običajno so to okrogli armirano betonski stebri, premera od 30 cm do 40 cm, nadzemne višine od 130 cm do 150 cm. Steber je dodatno zaščiten z betonsko cevjo in vmesnim praznim prostorom, ki ga zapolnjuje toplotni izolator. To daje stebri veliko temperaturno odpornost, saj predstavlja zaščito pred

zunanjimi vplivi, predvsem Soncem, ki povzroča velike temperaturne spremembe. Nosilec stebra je masiven, kompakten betonski temelj, katerega dimenzije so odvisne od vrste podlage. Temelj stebra lahko predstavlja tudi naravna skala, v katero je steber usidran. V gornjo ploskev stebra je vzidan sistem, ki omogoča prisilno centriranje. Običajno je to posebna centrarna kovinska plošča, ki ima vgrajen srčni vijak, na katerega privijemo trinožni podstavek instrumenta izbranega proizvajalca. Prisilno centriranje je lahko prirejeno uporabi posebnih vmesnikov za instrumente nekaterih proizvajalcev.

Dobri lastnosti tega načina stabilizacije sta predvsem:

- velika lastna stabilnost točke ob kakovostni izvedbi stabilizacije in
- zagotovljeno natančno prisilno centriranje (pogrešek centriranja manjši od 0,1 mm).

Slabe lastnosti stabilizacije točke z betonskim stebrom pa so:

- velika masa – možnost lokalnega premika,
- možnost nagiba, ki se odraža kot premik točke,
- poseg v okolje, točka lahko predstavlja fizično oviro in je vizualno moteča,
- stalna višina, ki jo glede na višino opazovalca ni mogoče spreminjati in
- večji materialni stroški in stroški izdelave.

Vidimo, da ima ta način stabilizacije poleg dobrih tudi vrsto slabih lastnosti (Vodopivec in Kogoj 2005).

Za potrebe izmere MP Koper so bile točke stabilizirane na sledeči način (Geodetski inštitut Slovenije, 2006):

- točka KOPE je stabilizirana na vrhu droga nad mareografsko postajo, kjer je nameščena GPS antena. Točka je definirana z vijakom, ki omogoča pritvje GPS antene in prizme proizvajalca Leica



Slika 3.7: Signalizacija točke KOPE za potrebe GPS in klasične terestrične izmere

- točke KP01, KP02 in KP03 so stabilizirane z valjastim drogom iz medenine, vgrajenim v betonsko ploščad. Vrh točke sega do nivoja betona. Na vrhu droga je luknja z metričnim navojem, v katerega privijemo nastavek za anteno GPS ali nastavek za prizmo proizvajalca Leica za potrebe terestrične izmere. Oblika in način stabilizacije točke omogoča prisilno centriranje nastavka za anteno GPS oziroma prizmo.



Slika 3.8: Stabilizacija in signalizacija referenčnih točk

- pomožne točke S01, S02 in S03 so stabilizirane z navadnim čepom z luknjico, vgrajenim v asfalt oziroma beton. Položaj točk je izbran tako, da bodo iz teh točk vidne vse ostale točke (KOPE, KP01, KP02 in KP03) in seveda, da bodo vidne tudi med seboj.



Slika 3.9: Postavitev in signalizacija pomožnih točk

3.2.3 Instrumentarij in merska oprema

Uporabljena merska oprema ima znaten vpliv na natančnost in zanesljivost geodetske mreže. Dejstvo je, da se geodetski merski instrumentarij neprestano razvija. Posledica razvoja je tudi večanje natančnosti. Elektronski instrumenti pogosto z elektroniko in vgrajenimi programskimi rešitvami zagotavljajo pravilnost delovanja instrumenta. Mehanske in optične rešitve so manj natančne, manj stabilne, pogosto pa tudi poenostavljene. Konstrukcijska stabilnost takih instrumentov v času je slabša (Vodopivec in Kogoj 2005). Podatki in informacije o velikosti pogreškov instrumentov so po navadi že navedeni v njihovih specifikacijah. Čeprav nam je informacija o natančnosti merske opreme dostopna, je zaradi navedenih dejstev smiselno pred vsako visoko natančno izmero opraviti kalibracijo merske opreme. Kalibracija ali umerjanje je skupek operacij, ki v določenih pogojih postavljajo razmerje med vrednostmi, ki jih kaže merilo ali merilni sistem, ali vrednostmi, ki jih predstavlja materializirana mera ali referenčni material, in pripadajočimi vrednostmi, realiziranimi z etaloni (Motaln, 2009).

Za potrebe GPS izmere MP Koper so bili uporabljeni naslednji GPS sprejemniki (Geodetski inštitut Slovenije, 2006):

- Sprejemnik mareografske postaje KOPE je Leica GRX1200, ki zagotavlja natančen in stabilen sprejem GPS signala. GPS antena je "choke ring" antena Leica AT504 z "radome" kupolo oziroma zaščito. Antena zagotavlja minimalno spreminjanje faznega centra v času meritev.

- Na ostalih točkah so uporabljeni sprejemniki Trimble 4000SSI/SSE s Trimble Compact L1/L2wGP oziroma Trimble L1/L2 Geodetic anteno. Oba tipa sprejemnikov z omenjenima antenama spadata med kakovostne geodetske GPS sprejemnike, ki zagotavljajo najnatančnejša GPS opazovanja.

Tehnične lastnosti sprejemnikov so prikazane v preglednici 3.7.

Preglednica 3.7: Tehnične lastnosti obeh tipov sprejemnikov uporabljenih v dveh izmerah

Sprejemnik	LEICA GRX1200	TRIMBLE 4000SSI/ TRIMBLE 4000SSE
frekvenca / kanali	12 L1 + 12 L2	9 L1 + 9 L2
interval registracije	0.05 s – 300 s	0.5 s – 900 s
rtk / dgps	DA / DA	DA / DA
atmosferski pogoji	-40°C – +65°C; do 100% vlage	-20°C – +55°C ;do 100% vlage
natančnost meritev	Kodna opazovanja: 20mm Fazna opazovanja: 0.2 mm	ni podatka
natančnost (naknadna obdelava)	H: 3mm + 0.5 ppm V: 6mm + 0.5 ppm	H: 5mm + 1 ppm V: 10mm + 1 ppm

Za terestrično izmero je uporabljen precizni instrument in dodatni pribor, ki skupaj zagotavljajo ustrezno natančnost izmere (Geodetski inštitut Slovenije, 2006).

- Za merjenje horizontalnih kotov, zenitnih razdalj in dolžin je bil izbran precizni elektronski tahimeter Leica Geosystems TC2003. Modulacijska frekvenca in adicijska konstanta razdaljemera tahimetra ter indeksni in kolimacijski pogrešek teodolita tahimetra so bili kontrolirani na pooblaščenem servisu skladno s preizkusno metodo definirano s strani proizvajalca. Instrument je brezhiben in ustreza deklarirani natančnosti.

Preglednica 3.8: Osnovni tehnični podatki elektronskega tahimetra Leica Geosystems TC2003



Slika 3.10: Leica Geosystems TC2003, (www.nsscana.com)

Instrument	
Območje delovanja	-20°C do +50°C
Dozna libela	8' / 2 mm
Alhidadna libela	30" / 2 mm
Teodolit	
Povečava daljnogleda	30 x
Premer objektiva	42 mm
Najkrajša razdalja	0.9 m
Način čitanja na krogih	dinamična metoda
Standardni odklon – DIN 18723	0.15 mgon (0.5")
Razdaljemer	
Nosilno valovanje	0.850 µm
Merska frekvenca	50 MHz / 3 m
Referenčni pog. n_0, p_0, t_0	1.0002818, 1013.25hPa, 12°C
Doseg	2.5 km / 1 prizma, 5 km / 3 prizme
Standardni odklon a [mm]; b [mm]	1 mm; 1ppm

- Poleg elektronskega tahimetra je bil uporabljen še dodatni pribor, ki služi za centriranje instrumenta, signalizacijo opazovalnih točk in merjenje meteoroloških parametrov
 - originalni reflektorji Leica Wild,
 - podnožja z nosilci reflektorjev,
 - precizni aspiracijski psihrometer in
 - digitalni barometer Paroscientific, model št. 760-16B, št. 70472.

3.2.4 Izmera mreže s klasičnimi terestričnimi metodami

Glede na vrsto opravljenih meritev razlikujemo triangulacijske (merimo smeri), trilateracijske (merimo dolžine) geodetske mreže in kombinacijo obeh. Za merjenje smeri in dolžin uporabljamo merski instrumentarij, ki ga sestavljata elektronski tahimeter in reflektor. Ker v geodetski mreži za posebne namene zahtevamo visoko natančnost in zanesljivost, je potrebno sistematične pogreške skrbno določiti in glede na njihovo naravo zmanjšati z justiranjem instrumenta, eliminirati z izbiro

ustrezne metode dela ali pa računsko upoštevati. Zato moramo biti pri izvajanju meritev pozorni pri centriranju instrumenta, merjenju temperature in tlaka. Pogrešek centriranja zmanjšamo s t.i. postopkom prisilnega centriranja ter na ta način lahko dosežemo natančnost centriranja od 0,1 mm.

Horizontalne in vertikalne kote merimo večkrat v obeh krožnih legah. Priporočeno se je izogibati območij v katerih se temperatura bistveno razlikuje od temperature okolja (npr. stavbe). Idealni vremenski pogoji pa so v oblačnem vremenu ob šibkem vetru. Če se meritve izvajajo v sončnem in toplen dnevu, je potrebno instrument zaščititi s senčnikom.

Dolžine merimo v določenem številu serij z določenim številom ponovitev v posamezni seriji. Izmeriti pa moramo tudi meteorološke parametre, to je temperaturo, tlak in vlažnost zraka.

Terestrična izmera v MP Koper je potekala na sledeči način (Geodetski inštitut Slovenije, 2006):

- horizontalni koti so merjeni po girusni metodi v treh girusih,
- poševne dolžine, trikrat obojestransko med pomožnimi točkami in trikrat enostransko na točke KOPE, KP01, KP02 in KP03,
- zenitne razdalje v treh ponovitvah, obojestransko med pomožnimi točkami in enostransko na točke KOPE, KP01, KP02 in KP03.

Terestrična izmera MP Koper je bila večkrat izmerjena, vendar so za potrebe diplomske naloge izbrani le dve terminski izmeri in sicer kot prvo terminsko izmero smo vzeli meritev izvedeno 31. januarja 2006 in drugo izvedeno 21. decembra 2006.

3.2.5 GPS/GNSS izmera

GPS (*Global Positioning System*) je bil razvit in vzpostavljen z namenom, da poda odgovor na vprašanje: "*kakšen je točen čas, kakšen je položaj in kakšna je hitrost in smer gibanja*" hitro, točno in poceni kjerkoli na ali v bližini Zemlje in v kateremkoli trenutku (Staudinger, 1999).

Vse metode GPS izmere, ki jih uporabljamo v geodeziji, temeljijo na faznih opazovanjih. Vse metode so tudi metode za določanje relativnega položaja, ker le te omogočajo doseganje natančnosti, ki je primerna za uporabo v geodeziji. Po drugi delitvi pa delimo metode GPS izmere tudi na način izvedbe meritev: ali sprejemnik med izmero miruje, ali pa se sprejemnik premika po določenem območju. Po tej delitvi obstajata med metodami GPS izmere samo dve metodi in sicer statična in kinematična metoda (Stopar in Pavlovčič-Prešeren, 2007). Slednja ne bo podrobneje opisana, saj jo ne uporabljamo pri izmeri geodetske mreže za posebne namene.

Pri statični GPS izmeri opazovanja trajajo tipično od 30 do 120 min in temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov v času opazovanj. Statično izmero običajno izvajajo s številom sprejemnikov, ki je manjše od števila točk. Zato jo izvedemo v več serijah. Rezultat statične izmere so bazni vektorji med točkami. Občutno zmanjšanje časa opazovanj satelitov (do 20 min) dosežemo, če uporabimo t.i. hitro statično metodo GPS izmere. Ta metoda je v vseh bistvenih lastnostih enaka statični metodi izmere. Pojavila se je z razvojem algoritmov za učinkovito, hitro in zanesljivo določitev neznanega začetnega števila celih valov, ob uporabi različnih tipov opazovanj in različnih kombinacij teh opazovanj (Stopar in Pavlovčič-Prešeren, 2007).

Skrbno planiranje GPS izmere običajno omogoča izvedbo GPS izmere brez večjih težav. Tehnologija GPS omogoča izvedbo opazovanj brez upoštevanja nekaterih pomembnih dejavnikov, kot so vremenski pogoji in medsebojna vidnost točk. Geodetske mreže za posebne namene pa načrtujemo tako, da izpolnjujejo pogoje tako za GPS kot za klasične terestrične meritve. To pomeni, da moramo zagotoviti medsebojno vidnost točk. Pomembno se je tudi izogibati območjem z visoko vegetacijo, gosto pozidavo in ovirami, ki lahko otežujejo ali onemogočajo izvedbo GPS izmere, ali so močan izvor večpotja (ang. "multipath").

Med pripravo statične GPS izmere moramo predvideti (Stopar in Pavlovčič-Prešeren, 2007):

- namen in cilj izmere, predvsem pa zahtevano natančnost položajev točk,
- število in položaj referenčnih in novih točk v mreži,
- število in razporeditev GPS satelitov v času izmere,
- število in tip GPS sprejemnikov,

- trajanje opazovanj,
- logistično pripravo izmere,
- način obdelave opazovanj in
- lastnosti programske opreme za obdelavo opazovanj.

Pred samo izvedbo meritev je priporočljivo izvesti pripravljala dela, ki kot pri klasični terestrični izmeri vključujejo rekognosciranje in stabilizacijo točk. Pred odhodom na teren je priporočljivo tudi preveriti:

- stanje GPS sprejemnika, antene, baterije in kablov in
- stanje spomina, zagotoviti dovolj prostora za shranjevanje podatkov (prenosni računalnik).

Eden izmed ključnih faktorjev so baterije. Prekinitve opazovanja slabo vplivajo na potek meritev in kasnejšo obdelavo podatkov.

Med samo izvedbo pa moramo biti pozorni da:

- preverjamo stanje sprejemnika, spomina in baterije,
- v sprejemnik pravilno vpišemo potrebne podatke (ime točke, višino antene, ipd.),
- v terenski zapisnik vpišemo čas začetka in konca opazovanj, ime točke in operaterja, tip in serijsko številko sprejemnika in antene, višino antene, opis stabilizacije ter opis meteoroloških pogojev v katerih so izvedena opazovanja.

Za korektno izvedbo GPS izmere morajo biti vse skupine na terenu dobro pripravljene in medsebojno usklajene. Pri sami izvedbi meritev so najpogostejše napake pri merjenju višine antene. Zaradi tega je višino potrebno izmeriti večkrat ter v terenski zapisnik narisati skico merjenja višine antene.

Tudi v primeru GPS izmere MP Koper je bilo opravljeno več terminskih izmer. Izmed njih sta izbrani le dve terminski izmeri, ki sta "najbolj blizu", v smislu časovnega intervala, opravljenim terestričnim izmeram. Tako sta izbrani dve epohi, in sicer: 27. januar 2006 in 27. december 2006.

Pri izmeri je bil nastavljen interval registracije opazovanj na 15 s in višinski kot 0° . Spodnje preglednice detajlno predstavljajo parametre GPS izmere na vseh točkah GPS mreže MP Koper. Podatki o časih so podani v GPS (UTS+14s) času, kjer lokalni čas pridobimo, če UTC času prištejemo 1 uro pozimi oziroma 2 uri poleti (Geodetski inštitut Slovenije, 2006).

Preglednica 3.9: Čas izmere in nastavitve izmere za dan 27.01.2006

TOČKA	ZAČETNA EPOHA	KONČNA EPOHA	INTERVAL REGISTRACIJE	MINIMALNI VIŠINSKI KOT
KOPE	08:00:00	17:29:45	15s	5°
KP01	07:35:45	15:42:00	15s	0°
KP02	07:14:15	15:56:15	15s	0°
KP03	07:24:15	15:48:45	15s	0°

Preglednica 3.10: Čas izmere in nastavitve izmere za dan 27.12.2006

TOČKA	ZAČETNA EPOHA	KONČNA EPOHA	INTERVAL REGISTRACIJE	MINIMALNI VIŠINSKI KOT
KOPE	00:00:00	23:59:45	15s	5°
KP01	05:58:15	18:08:15	15s	0°
KP02	05:48:45	18:14:30	15s	0°
KP03	06:04:15	18:01:00	15s	0°

GPS antene so bile na vseh točkah (razen KOPE) postavljene na posebne kovinske nastavke z navojem na spodnjem delu, ki se ga privije v jeklen drog, ki predstavlja fizično stabilizacijo točke. Jekleni nastavek dolžine 0.6000 m ima, kovinsko ploščo, s katero je mogoče GPS anteno poljubno orientirati. Na ta način so bile vse antene prisilno centrirane. GPS antena permanentne postaje KOPE je stabilizirana na vrhu karbonske cevi droga na objektu-hišici mareografske postaje.

4 ANALIZA IN OBDELAVA PODATKOV MERITEV/OPAZOVANJ V GEODETSKI MREŽI

Za uspešno načrtovanje in realizacijo geodetske mreže, je potrebno poznati različne postopke analiz geodetskih mrež, kot so predhodna analiza opazovanj, izravnava geodetske mreže in analiza kakovosti rezultatov izravnave. S predhodno analizo določamo doseženo natančnost oziroma vsakemu opazovanju dodeljemo utež, ki jo izračunamo na osnovi predvidene natančnosti. Izbira se odgovarjajoči instrumentarij, število in vrsta meritev. Na osnovi rezultatov predhodne analize lahko s pomočjo simulacije naredimo različne variante projekta geodetske mreže in potem izberemo tisto, ki najbolj ustreza postavljenim kriterijem. Naslednji korak je realizacija geodetske mreže na terenu. Po opravljeni terenski izmeri, vrednosti opazovanj ustrezno popravimo - upoštevamo korekcije (meteorološke, instrumentalne) in redukcije (redukcija dolžin) opazovanih količin ter skušamo hkrati ugotoviti prisotnost in odstraniti morebitne grobe in sistematične pogreške. Z izravnavo geodetske mreže dobimo najboljše ocene iskanih koordinat točk. Na koncu sledi *a-posteriori* analiza natančnosti tako pridobljenih rezultatov.

Analizo geodetske mreže sestavljajo (Novaković, 2004):

- uvajanje korekcij in redukcij opazovanih količin,
- analiza natančnosti opazovanih količin – *a-priori*,
- odkrivanje in odstranitev grobih in sistematičnih pogreškov (ugotavljamo ali meritve izpolnjujejo določene pogoje, npr. vsota kotov v trikotniku ipd.),
- izravnava geodetske mreže z metodo najmanjših kvadratov,
- odkrivanje in odstranitev morebitnih grobih pogreškov, ki naj bi bili majhni po svoji velikosti, z ustreznimi statističnimi testi in
- analiza natančnosti dobljenih rezultatov – *a-posteriori*.

4.1 Analiza natančnosti opazovanih količin

Vsaka meritev je obremenjena z različnimi pogreški, katerih velikost je odvisna od številnih razlogov. Predvsem je treba razlikovati pojma točnost in natančnost. Točnost predstavlja stopnjo ujemanja merjenih vrednosti z resnično (dejansko) vrednostjo opazovane količine. Natančnost predstavlja stopnjo medsebojne skladnosti ponovljenih opazovanj iste količine (Novaković, 2004). Če so razlike ponovljenih meritev majhne, rečemo, da so meritve natančne, kar še ne pomeni, da so meritve točne. Recimo, da so merjenja obremenjena le s slučajnimi pogreški ter hkrati natančna (majhni slučajni pogreški) in zanesljiva (odstranjeni so morebitni grobi in sistematični pogreški). Takrat lahko namesto

termina natančnost uporabimo termin točnost. Se pravi opazovanja so točna takrat, ko so hkrati natančna in zanesljiva (Novaković, 2004).

S standardnim odklonom opazovanja je določen kriterij natančnosti in predstavlja merilo uspešnosti načrtovanja in kakovosti izvedbe geodetske mreže. Natančnost je odvisna le od porazdelitve slučajnih pogreškov (ne nanaša se na dejansko/pravo vrednost merjene količine) in je zato potrebno uvesti dodatne informacije, ki bodo omogočile bolj objektivno oceno o doseženi kakovosti mreže. Sposobnost odkrivanja in lociranja grobih in sistematičnih pogreškov v opazovanjih brez uvajanja dodatnih informacij v matematični model, ter tudi ocena njihove velikosti, se nanaša na zanesljivost geodetske mreže. Zanesljivost je ob natančnosti drugi najpomembnejši kriterij za oceno kakovosti geodetske mreže.

Pri analizi natančnosti opazovanih količin razlikujemo dva osnovna postopka analize:

- analiza natančnosti *a-priori* in
- analiza natančnosti *a-posteriori*.

A-priori analizo delamo preden sploh gremo na teren, kjer iščemo in evidentiramo vse možne vire in vplive pogreškov, izbiramo odgovarjajoči instrument in vrsto meritev na osnovi zahtevane natančnosti.

Analizo točnosti *a-posteriori* delamo v dveh stopnjah: po opravljenih meritvah in po izravnavi. *A-posteriori* analiza po opravljenih meritvah analizira natančnost pridobljenih rezultatov merjenja, najpogosteje na osnovi pogojev, ki jih morajo opazovanja izpolniti (pogoji izhajajo iz geometrijskih in fizikalnih lastnosti) ali pa na osnovi skladnosti ponovljenih opazovanj. *A-posteriori* analiza nam nakazuje na doseženo natančnost merjenja, katera je odvisna le od vrednosti opazovanih količin in geometrije geodetske mreže. Po izravnavi geodetske mreže nam *a-posteriori* analiza podaja doseženo natančnost opazovanj in ocenjenih koordinat točk geodetske mreže. Namen *a-posteriori* analize je pridobivanje popolne informacije o variancah in kovariancah vseh tipov opazovanj ter ocenjenih neznank. Potek analize geodetske mreže je prikazan na sliki 4.1.



Slika 4.1: Postopki analize kakovosti geodetske mreže

4.2 Analiza natančnosti *a-priori*

A-priori ocena natančnosti meritev se nanaša na oceno velikosti vseh možnih pogreškov, ki se lahko pojavijo med izvajanjem meritev. Preden lahko ocenimo *a-priori* natančnost merjenja je potrebno klasificirati pogreške. V geodetski znanosti so pogreški običajno razdeljeni v tri skupine: grobi, sistematični in slučajni pogreški. Vsaka izmed naštetih skupin ima značilne lastnosti in zakonitosti. Viri pogreškov so lahko številni, vendar moramo kljub temu, glede na poznavanje lastnosti in zakonitosti pojavljanja pogreškov, v okviru analize natančnosti *a-priori* določiti nekatere od osnovnih elementov natančnosti merjenja.

A-priori oceno natančnosti sestavljajo (Kuang, 1996):

- izbira vrste in metode meritev,
- identificiranja vseh virov pogreškov (grobi, sistematični, slučajni),
- analiza vpliva vsakega pogreška na skupno natančnost opazovanih količin in
- izračun skupnega vpliva pogreškov na vrednost opazovane količine, s pomočjo zakona o prenosu varianc in kovarianc.

Pogreške delimo glede na izvor in sicer poznamo tri skupine pogreškov (Kogoj, 2005):

- objektivni (vpliv okolja),
- instrumentarij (nepopolnost instrumenta) in
- subjektivni (neizurjenost in/ali malomarnost operaterja).

Sistematične pogreške lahko izločimo s kalibracijo instrumenta, izbiro primerne metode merjenja (girusna metoda, niveliranje iz sredine, merjenje v različnem času ipd.) ali pa izvedemo dodatne meritve meteoroloških parametrov (temperature, tlaka, delni tlak vodne pare ipd.).

4.3 Obdelava podatkov po končani izmeri

4.3.1 Redukcija opazovanih smeri

Kotna opazovanja s stojiščne točke na vizirane točke se nanašajo na težiščnico v stojiščni točki - opazovanja so izvedena v lokalnem astronomskem koordinatnem sistemu. Naš cilj je predstaviti opazovane smeri v ravnine kartografske projekcije.

Pri redukciji opazovanih smeri upoštevamo odklon navpičnice pri dveh popravkih, ki ju imenujemo popravek zaradi odklona navpičnice in predstavljata razširjeno Laplacejevo enačbo za popravek astronomskega azimuta. Označimo ju s C_1 in C_2 (Stopar, 2010):

$$\begin{aligned} C_1 &= -\eta_i \cdot \tan \varphi_i, \\ C_2 &= -(\xi_i \cdot \sin A_{ij} - \eta_i \cdot \cos A_{ij}) \cdot \cot z_{ij}, \end{aligned} \quad (4.1)$$

kjer je:

η_i ... komponenta odklona navpičnice točke i v smeri 1. vertikala,

ξ_i ... komponenta odklona navpičnice točke i v smeri meridijana,

z_{ij} ... zenitna razdalja, opazovana v točki i proti točki j in

A_{ij} ... astronomski azimut

Iz enačbe (4.1) je očitno, da je popravek C_1 odvisen le od geodetske širine stojišča in odklona navpičnice. Kadar v matematičnem modelu uporabimo opazovane kote, se ta popravek eliminira. Popravek C_2 je odvisen od odklona navpičnice, azimuta opazovane smeri in zenitne razdalje do vizirane točke. Velikost popravka lahko znaša tudi do 0,5", z večanjem višinskega kota pa hitro narašča. S popravkoma C_1 in C_2 reduciramo vrednost opazovanega azimuta, horizontalnega kota ali opazovane smeri z navpičnice na normalo. S tema popravkoma upoštevamo vpliv geometrije težnostnega polja Zemlje na opazovan azimut, horizontalni kot ali opazovano smer.

Sedaj moramo reducirane smeri v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu, reducirati še na geodetsko krivuljo med stojščem in vizirano točko. Slednjo redukcijo delamo zaradi geometrije elipsoida. Prva redukcija je zaradi višine vizirane točke oziroma dvojnosti normalnih presekov. Popravek označimo s C_3 (Stopar, 2010):

$$C_3 = \frac{h_j}{2M_m} \cdot e^2 \cdot \sin 2\alpha_{ij} \cdot \cos^2 \varphi_m,$$

kjer so:

$$\varphi_m = \frac{\varphi_i + \varphi_j}{2}, \quad M_m = \frac{M_i + M_j}{2}, \quad M_i(\varphi) = \frac{a(1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \cos^2 \varphi)^3}}.$$

Velikost popravka C_3 lahko doseže tudi okoli 0,15".

Z C_4 označimo popravek zaradi nesovpadanja med geodetsko krivuljo in normalnim presekom (Stopar, 2010):

$$C_4 = \frac{e^2 \cdot D_{ij}^2 \cdot \cos^2 \varphi_m \cdot \sin 2\alpha_{ij}}{12M_m \cdot N_m}.$$

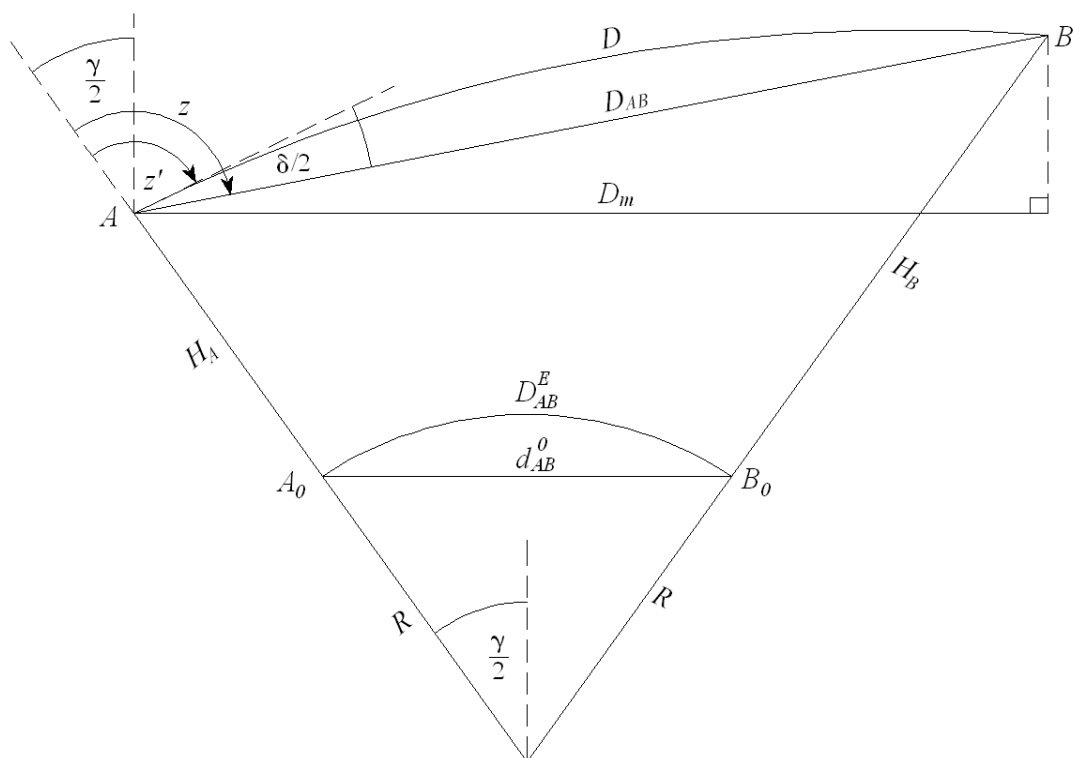
Za poljubno orientirano smer β in reducirano smer na elipsoidu β^E tako lahko zapišemo (Sterle, 2007):

$$\beta^E = \beta + C_1 + C_2 + C_3 + C_4.$$

Za potrebe diplomske naloge nismo upoštevali odklona navpičnice. Razlog za to je predvsem ta, da so dolžine v mreži kratke in nimamo strmih vizur. Čeprav v diplomski nalogi niso upoštevani odkloni navpičnice, vseeno menimo, da se v praksi pri meritvah, kjer je zahtevana zelo visoka natančnost ta vpliv upošteva.

4.3.2 Redukcija opazovanih dolžin

Opazovano dolžino med dvema točkama v prostoru nad elipsoidom popravimo za vse meteorološke in instrumentalne popravke, ter dolžino reduciramo na nivo točk na terenu oziroma na dolžino kamen-kamen (Kogoj, 2005). Nato dolžino kamen-kamen reduciramo na tetivo elipsoida. V večini primerov se ta redukcija opravi na podlagi elipsoidnih višin točk, torej je potrebno na točkah poznati elipsoidno višino, ali pa ortometrično in geoidno višino (Sterle, 2007; Stopar, 1995). Druga možnost je redukcija s pomočjo opazovanih zenitnih razdalj (Kogoj, 2005). S tetive elipsoida je potrebno dolžino reducirati še na geodetsko krivuljo na površini elipsoida. V nadaljevanju bomo predstavili postopno redukcijo dolžin, v primeru, kadar imamo merjeno zenitno razdaljo.



Slika 4.2: Redukcija dolžin (Kogoj, 2005)

kjer so:

H_A in H_B ... nadmorski višini,

z' ... opazovana zenitna razdalja,

$\delta/2$... refrakcijski kot,

γ ... središčni kot,

D_{AB} ... prostorska dolžina med točko A in točko B ,

D_{AB}^E ... dolžina geodetske krivulje med točko A in točko B in

d_{AB}^0 ... dolžina elipsoidne tetive med točko A in točko B

Naklonske in višinske redukcije so izvedene v dveh ločenih korakih. Postopek izpeljave je posebej primeren za podrobno obravnavo napak izračuna (Kogoj, 2005).

1.korak – horizontiranje

Slika 4.2 prikazuje dolžino D_m na srednji nadmorski višini $H_m = (H_A + H_B)/2$, kjer je:

$$D_m = D_{AB} \cdot \sin\left(z - \frac{\gamma}{2}\right).$$

Z opazovano zenitno razdaljo z' in refrakcijskim kotom $\delta/2$ sledi zaradi (Kogoj, 2005):

$$z = z' + \frac{\delta}{2},$$

odnos

$$D_m = D_{AB} \cdot \sin\left(z' + \frac{\delta}{2} - \frac{\gamma}{2}\right),$$

ali

$$D_m = D_{AB} \cdot \sin(z' + \varepsilon),$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{2} - \frac{\gamma}{2},$$

se izračuna s pomočjo:

$$\frac{\gamma}{2} = \frac{D_{AB}}{2R} \cdot \sin z', \quad z' \approx z,$$

$$\frac{\delta}{2} = \frac{D_{AB}}{2R} \cdot k,$$

k ... refrakcijski koeficient.

Iz tega sledi:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{2} - \frac{\gamma}{2} = \frac{D_{AB}}{2R} (k - \sin z').$$

2.korak – redukcija na rotacijski elipsoid

Dolžino elipsoidne tetive d_{AB}^0 izračunamo kot (Kogoj, 2005):

$$d_{AB}^0 = D_m \cdot \left(\frac{R}{R + H_m}\right).$$

Dolžino geodetske krivulje izračunamo iz izraza (Kogoj, 2005):

$$D_{AB}^E = d_{AB}^0 + k_R = d_{AB}^0 + \frac{d_{AB}^0{}^3}{24R^2},$$

k_R ... redukcija zaradi ukrivljenosti Zemlje.

4.3.3 Redukcija zenitnih razdalj

Zenitno razdaljo merimo z namenom določitve višinske razlike med točkama ali pa samo zato, da bomo lahko poševno dolžino horizontirali oziroma reducirali na horizont (Kogoj, 2005). Pri redukciji merjene zenitne razdalje moramo upoštevati:

- vpliv vertikalne refrakcije in
- vpliv odklona navpičnice.

Vertikalna refrakcija je posledica spreminjajočih se optičnih lastnosti zraka. Zaradi svoje nekonstantnosti in nedoločljivosti lahko pogrešek, ki se zaradi tega pojavlja, zmanjšamo, ne moremo pa ga odpraviti. Vizura ne potuje po premici, ampak po optično najkrajši poti, imenovani refrakcijska krivulja. Obliko refrakcijske krivulje teoretično lahko ugotovimo, le če bi merili lomni količnik vzdolž vizure, vendar je to praktično neizvedljivo. Zaradi tega so nujne poenostavitve (Kogoj, 2008):

- vrednost refrakcijskega kota je določena na osnovi praktičnih raziskav in je za izbrano območje dogovorjena vrednost,
- pri praktičnem delu upoštevamo približno vrednost refrakcijskega kota,
- refrakcijsko krivuljo aproksimiramo z delom krožnega loka in
- refrakcijska kota sta na krajnih točkah ob istem času enaka.

Refrakcijski kot izračunamo iz izraza (Kogoj, 2008):

$$\frac{\delta}{2} = \frac{\gamma}{2} \cdot k.$$

Merjeno vrednost zenitne razdalje popravimo za vrednost refrakcijskega kota (glej sliko 4.2):

$$z = z' + \frac{\gamma}{2} \cdot k.$$

Vpliv vertikalne refrakcije zmanjšamo z uporabo obojestranskih meritev ter zmanjšanjem oddaljenosti med točkami (postavitve vmesnih točk, metoda preskoka).

Odklon navpičnice predstavlja kot med normalo na referenčni elipsoid in težiščnico na ekvipotencialno ploskev v izbrani točki. Odklon navpičnice določimo (Kogoj, 2008):

- klasični način z opazovanjem nebesnih teles,
- klasične terestrične meritve primerjamo z rezultati, ki jih dobimo z GNSS metodo izmere in
- gravimetrične meritve.

Rezultat vseh treh načinov je vrednost odklona v dveh pravokotnih smereh:

- η ... komponenta odklona navpičnice v smeri 1. vertikala in
- ξ ... komponenta odklona navpičnice v smeri meridijana.

Odklon navpičnice je največji v goratih območjih. V visokogorju so te vrednosti lahko enormno visoke, tudi do 100 mgon (Kogoj, 2008).

4.3.4 Redukcija opazovanj v Gauss-Kruegerjevo projekcijo

Obdelava opazovanj se lahko izvrši na površini elipsoida, lahko pa opazovanja reduciramo v ravnino projekcije in mrežo izravnamo v ravnini. Redukcija opazovanj v ravnini projekcije pomeni redukcijo merjenih smeri, kotov, zenitnih razdalj in dolžin na daljico med točkama v ravnini projekcije. Ob reduciranih opazovanjih bi morali reducirati tudi natančnost opazovanih količin, a se to v praksi ne upošteva (Stopar, 1995).

4.4 Strategija odkrivanja in eliminiranja grobih pogreškov opazovanj

Po končani izmeri in uvajanju korekcij in redukcij, je potrebno pred izravnavo narediti predhodno analizo opazovanj. S predhodno analizo ugotavljamo, če med opazovanji obstajajo grobi pogreški, ki bi lahko zmanjšali zanesljivost opazovanj ter posledično tudi točnost geodetske mreže. Za predhodno analizo opazovanj se najpogosteje uporabljajo metode ocene variance iz pravih pogreškov in testiranje skladnosti ponovljenih opazovanj.

4.4.1 Metoda ocene variance iz pravih pogreškov

Nadštevilna opazovanja omogočajo ugotavljanje skladnosti opazovanj s pogoji, ki jih morajo izpolniti opazovanja. Pogoji izhajajo iz geometrijskih in fizikalnih lastnosti problemov. Ker so opazovanja obremenjena s slučajnimi pogreški, je pričakovana vrednost pravih pogreškov v pogojno enačbo vključenih opazovanj enaka nič. To dejstvo uporabljamo pri statističnih testih za odkrivanje prisotnosti grobih pogreškov v opazovanjih.

S statistični testi ugotavljamo lastnosti porazdelitve verjetnosti populacije na osnovi porazdelitve verjetnosti vzorca. Trditev s katero opredelimo parametre porazdelitve verjetnosti je statistična hipoteza. Ničelna hipoteza H_0 je trditev, s katero parametrom porazdelitve verjetnosti dodelimo

določene predpostavljene vrednosti. Vsaka ničelna hipoteza ima neskončno alternativnih hipotez H_1 . Odločitev, ki temelji na statističnih testih, sloni na primerjavi vrednosti testne statistike na osnovi podatkov opazovanj z odgovarjajočo kritično vrednostjo. Kritično vrednost izračunamo na osnovi porazdelitve verjetnosti testne statistike, ob izbrani stopnji značilnosti testa.

Odstopanje, ki se pojavi zaradi neizpolnitve pogojev, ki jih morajo izpolniti opazovanja linearna funkcija, zapišemo kot:

$$\Delta_i = C_0 + \sum_{j=1}^m c_j l_j = C_0 + \mathbf{c}^T \mathbf{l},$$

kjer je:

$\mathbf{c} = [c_1, c_2, \dots, c_m]^T$ numerični koeficienti,

$\mathbf{l} = [l_1, l_2, \dots, l_m]^T$ opazovanja in

C_0 konstanta.

Če je funkcija nelinearna, pogojno enačbo zapišemo kot:

$$\Delta_i = \Delta_i^0 + \sum_{j=1}^m \frac{\partial f}{\partial l_j} \delta l_j,$$

kjer je:

$$\mathbf{c} = \left[\frac{\partial f}{\partial l_1}, \frac{\partial f}{\partial l_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial l_m} \right]^T.$$

Ničelno hipotezo sestavimo, ker ugotavljamo ali je pravi pogrešek Δ_i v pogojni enačbi normalno porazdeljen s srednjo vrednostjo enako nič.

$$H_0 : E(\Delta_i) = 0.$$

Testno statistiko Y_i za pravi pogrešek Δ_i zapišemo kot:

$$Y_i = \frac{\Delta_i}{\sigma_{\Delta_i}},$$

kjer je:

σ_{Δ_i} standardna deviacija pravega pogreška Δ_i (izračunamo jo z uporabo zakona o prenosu varianc in kovarianc, če je kovariančna matrika opazovanj (Σ_{ll}) znana).

V primeru, ko kovariančna matrika opazovanj (Σ_{ll}) ni zanesljivo znana jo ocenimo na osnovi opazovanj. Ocenjena vrednost standardne deviacije pravega pogreška (odstopanja v pogojni enačbi) je:

$$\hat{\sigma}_{\Delta_i} = \hat{\sigma}_0 \cdot \sqrt{\mathbf{c}^T \mathbf{Q}_{II} \mathbf{c}} ,$$

kjer je:

\mathbf{Q}_{II} matrika kofaktorjev opazovanja in

$\hat{\sigma}_0$ referenčna standardna deviacija a-posteriori (lahko jo določimo na osnovi istega niza opazovanj ali iz neodvisnih podatkov).

Ničelno hipotezo zavrnemo, odvisno od načina določitve $\hat{\sigma}_0$:

- za prvi primer jo zavrnemo, če velja : $|Y_i| > \tau_{1-\alpha}(r)$ in
- za drugi primer jo zavrnemo, če velja : $|Y_i| > t_{1-\alpha}(r)$.

kjer je:

r število prostostnih stopenj, na osnovi katerih je določena referenčna standardna deviacija in

α stopnja značilnosti testa.

V prvem primeru se testna statistika Y_i porazdeljuje po τ - porazdelitvi, v drugem pa po t-porazdelitvi.

V praksi odstopanja v pogojni enačbi, ki so dvakrat večja od standardne deviacije, obravnavamo glede na morebitno prisotnost verjetno grobo pogrešenih opazovanj.

Obstajajo analitično in empirično pridobljena t.i. dovoljena odstopanja za različne tipe opazovanj v geodeziji. Kot primer lahko omenimo t.i. Ferrerovo formulo. Pri zapiranju figur v geodetski mreži je znana prava vrednost vsote kotov v trikotniku (180°). Vrednost pravega pogreška Δ_i je znana in jo lahko zapišemo kot (Paar, 2006):

$$\Delta_i = (\beta_{i1} + \beta_{i2} + \beta_{i3}) - 180^\circ.$$

Če so neodvisni koti merjeni z enako natančnostjo, potem lahko varianco pravega pogreška zapišemo kot:

$$\sigma_{\beta}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta_i^2}{3N} ,$$

kjer je:

N število neodvisno merjenih kotov.

4.4.2 Testiranje skladnosti ponovljenih opazovanj

Prava vrednost opazovane količine l , v splošnem, ni znana. Zato opazovanja iste količine primerjamo med seboj. Če z l_i označimo i-to opazovanje, z \bar{l} označimo oceno vrednosti opazovane količine

(srednja vrednost opazovanj v vzorcu) in z n označimo število ponovljenih meritev, lahko varianco niza ponovljenih meritev iste količine izračunamo iz izraza (Stopar, 2010):

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2.$$

Ničelno hipotezo definiramo kot:

$$H_0 : l_i \text{ je skladno z drugimi opazovanji.}$$

Testno statistiko Y izberemo glede na to ali poznamo srednjo vrednost (μ) in standardno deviacijo (σ) populacije ali ne. V preglednici 4.1 so podani vsi možni primeri glede na to ali poznamo μ in σ .

Preglednica 4.1: Izrazi za izračun testne statistike za testiranje skladnosti ponovljenih opazovanj

	μ - znana	μ - neznan
σ - znana	$Y_1 = \frac{l_i - \mu}{\sigma}$	$Y_2 = \frac{l_i - \bar{l}}{\sigma \sqrt{\frac{n-1}{n}}}$
σ - neznan	$Y_3 = \frac{l_i - \mu}{s}$	$Y_4 = \frac{l_i - \bar{l}}{s \sqrt{\frac{n-1}{n}}}$

V primerih kadar poznamo standardno deviacijo populacije (σ), testni statistiki Y_1 in Y_2 pripadata standardni normalni porazdelitvi. Ob dani stopnji značilnosti testa (α) opazovanje l_i ($i=1, \dots, n$) obravnavamo kot skladno z drugimi opazovanji l_j ($j \neq i, j=1, \dots, n$), če velja:

$$|Y_1| \text{ ali } |Y_2| \leq N(0,1)_{1-\alpha}.$$

Če pa standardne deviacije populacije ne poznamo, uporabimo testni statistiki Y_3 ali Y_4 , glede na to ali poznamo srednjo vrednost populacije ali ne. V primeru, ko s^2 ocenimo iz neodvisnih podatkov se testni statistiki Y_3 in Y_4 porazdeljujeta po t-porazdelitvi z $n-1$ prostostnimi stopnjami. Ničelno hipotezo ne zavrnamo, če velja:

$$|Y_3| \text{ ali } |Y_4| \leq t_{1-\alpha}(n-1).$$

Če varianco vzorca (s^2) ocenimo iz podatkov vzorca, sta testni statistiki Y_3 in Y_4 porazdeljeni po τ -porazdelitvi s $n-1$ prostostnimi stopnjami. Ničelno hipotezo ne zavrnamo, če velja:

$$|Y_3| \text{ ali } |Y_4| \leq \tau_{1-\alpha}(n-1).$$

5 IZRAVNAVA GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE

Splošna zveza, ki povezuje opazovanja s količinami, ki nas zanimajo, v splošnem ni neposredno merljiva. V geodeziji so relacije med opazovanji in količinami, ki nas zanimajo, naslonjene na določene matematične ali fizikalne zakone. Definicija problema zahteva sestavo ustreznega matematičnega modela iz katerega bomo pridobili vrednosti količin, ki nas zanimajo. V primeru, ko imamo nadštevilna opazovanja, moramo za enolično rešitev problema uporabiti izravnavo. Obstajajo različne metode na podlagi katerih se s postopki izravnave določajo vrednosti iskanih količin. V geodeziji je v splošnem uporabljena izravnava po metodi najmanjših kvadratov. Metodo najmanjših kvadratov je prvi uporabil Gauss.

Obstaja več tehnik izravnave po metodi najmanjših kvadratov, ki zagotavljajo enake rezultate za rešitev istega problema. V geodeziji se za izravnavo geodetskih mrež za posebne namene uporablja posredna izravnava, ki jo v literaturi imenujejo tudi Gauss-Markov model izravnave. To je linearni matematični model, ki ga sestavljata:

- funkcionalni model in
- stohastični model.

5.1 Funkcionalni model izravnave

Funkcionalni model predstavlja poenostavitev nekega realnega stanja s stališča matematične oziroma fizikalne predstavitve (funkcijski model), kot tudi s stališča statistične predstavitve realnosti (stohastični model) (Sterle, 2007). Funkcijski model predstavlja matematične povezave med opazovanimi količinami (smeri, dolžine...) in neznankami, katerih vrednosti skušamo oceniti (koordinate). Zvezo med opazovanimi količinami in neznankami lahko v splošnem zapišemo kot:

$$\begin{aligned}\hat{l}_1 &= F_1(\widehat{X}_1\widehat{Y}_1, \widehat{X}_2\widehat{Y}_2, \dots, \widehat{X}_u\widehat{Y}_u) \\ \hat{l}_2 &= F_2(\widehat{X}_1\widehat{Y}_1, \widehat{X}_2\widehat{Y}_2, \dots, \widehat{X}_u\widehat{Y}_u) \quad . \\ &\dots \\ \hat{l}_n &= F_n(\widehat{X}_1\widehat{Y}_1, \widehat{X}_2\widehat{Y}_2, \dots, \widehat{X}_u\widehat{Y}_u)\end{aligned}$$

Funkcija F je v splošnem nelinearna, zato je potrebno za oceno neznank po metodi najmanjših kvadratov (MNK) enačbo linearizirati. Linearizacija poteka po opazovanjih in neznankah v okolici opazovanih vrednosti (vektor \mathbf{l}) s prirastkom popravkov opazovanj (vektor \mathbf{v}) in približnih vrednosti neznank s prirastkom popravkov približnih vrednosti neznank (δ_{x0}, δ_{y0}).

$$\begin{aligned}\widehat{X}_1 &= X_1^0 + \delta_{X_1^0} & \widehat{Y}_1 &= Y_1^0 + \delta_{Y_1^0} \\ \widehat{X}_2 &= X_2^0 + \delta_{X_2^0} & \widehat{Y}_2 &= Y_2^0 + \delta_{Y_2^0}\end{aligned}$$

$$\dots$$

$$\widehat{X}_u = X_u^0 + \delta_{X_u^0} \quad \widehat{Y}_u = Y_u^0 + \delta_{Y_u^0} .$$

Z razvojem funkcij v Taylorjevo vrsto dobimo linearizirano obliko zgornjih enačb, kjer člene višjih stopenj od prve zanemarimo:

$$\hat{l}_1 = l_1 + v_1 = F_1^0 + \left(\frac{\partial F_1}{\partial X_1}\right) \delta_{X_1^0} + \left(\frac{\partial F_1}{\partial Y_1}\right) \delta_{Y_1^0} + \dots$$

$$\hat{l}_2 = l_2 + v_2 = F_2^0 + \left(\frac{\partial F_2}{\partial X_2}\right) \delta_{X_2^0} + \left(\frac{\partial F_2}{\partial Y_2}\right) \delta_{Y_2^0} + \dots .$$

$$\dots$$

$$\hat{l}_n = l_n + v_n = F_n^0 + \left(\frac{\partial F_n}{\partial X_u}\right) \delta_{X_u^0} + \left(\frac{\partial F_n}{\partial Y_u}\right) \delta_{Y_u^0} + \dots$$

Vzroki za linearizacijo so trije, in sicer:

- kompliciranost nelinearnega modela,
- rešitev nelinearnega modela po MNK lahko ustreza lokalnemu in ne globalnemu minimumu vsote kvadratov popravkov opazovanj,
- stohastični model lahko rešimo z uporabo zakona o prenosu varianc in kovarianc

Posledica linearizacije je, da je nujno potrebno poznavanje dobrih približnih vrednosti neznank. Lineariziran funkcijski model rešimo z iterativnim postopkom.

Če zgornje izraze zapišemo v matrični obliki, dobimo:

$$\mathbf{v} + \mathbf{B}\mathbf{\Delta} = \mathbf{f} , \tag{5.1}$$

kjer je:

$$\mathbf{l} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{bmatrix} , \quad \mathbf{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_n \end{bmatrix} , \quad \mathbf{\Delta} = \begin{bmatrix} \delta_{X_1^0} \\ \delta_{Y_1^0} \\ \dots \\ \delta_{X_u^0} \\ \delta_{Y_u^0} \end{bmatrix} , \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial X_1} & \frac{\partial F_1}{\partial Y_1} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial X_u} & \frac{\partial F_n}{\partial Y_u} \\ & \ddots & & & \\ & & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial X_u} & \frac{\partial F_n}{\partial Y_u} \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{f} = \mathbf{d} - \mathbf{l} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{bmatrix} .$$

l ... vektor opazovanj velikosti ($n \times 1$),

v ... vektor popravkov opazovanj velikosti ($n \times 1$),

Δ ... vektor neznank velikosti ($u \times 1$),

B ... matrika koeficientov enačb popravkov velikosti ($n \times u$),

f ... vektor odstopanj enačb popravkov velikosti ($n \times 1$),

d ... vektor velikosti ($n \times 1$),

n ... število opazovanj in

u ... število koordinatnih neznank.

V smislu Gauss-Markovega modela lahko enačbo (5.1) zapišemo kot (Sterle, 2007):

$$E(\mathbf{l}) = -\mathbf{B}\mathbf{A} \quad \text{in} \quad D(\mathbf{l}) = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{P}^{-1},$$

kjer je:

$E(\cdot)$... operator pričakovane vrednosti,

$D(\cdot)$... operator razpršenosti,

σ_0^2 ... referenčna varianca a-priori in

\mathbf{P} ... matrika uteži opazovanj.

5.1.1 Enačbe popravkov opazovanj

Datumske informacije v določenem tipu opazovanj nam predstavljajo odvisnost opazovane količine od parametrov transformacije (premik, zasuk in merilo) (Stopar, 2010). V 3-razsežnem prostoru lahko opazujemo:

- horizontalne smeri: β_{ij} , na stojšču i proti točki j ,
- poševne dolžine: d_{ij} med točkama i in j in
- zenitne razdalje: z_{ij} med točkama i in j .

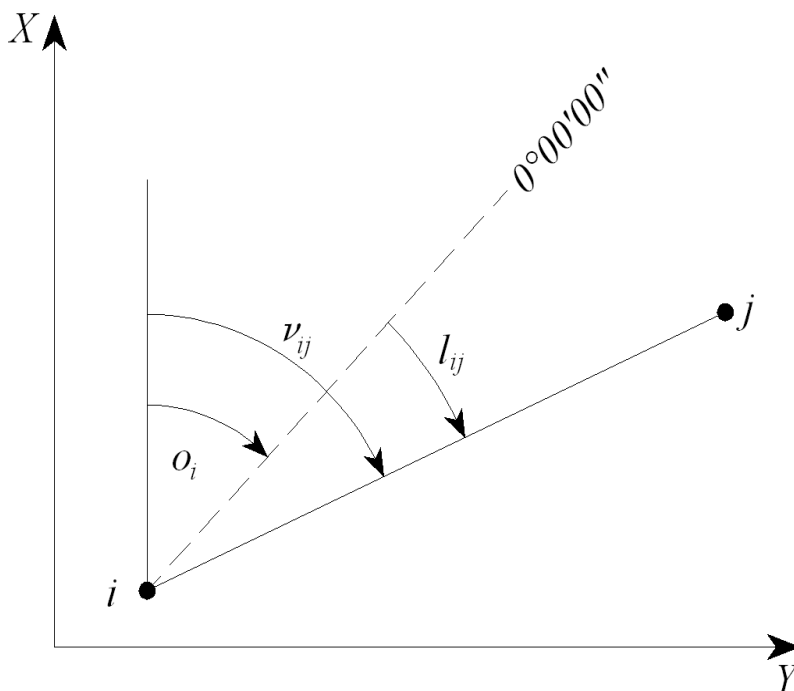
V primeru satelitskih opazovanj imamo:

- GNSS vektor in
- absolutni položaji točk GNSS.

HORIZONTALNE SMERI

Če z o_i označimo približni orientacijski kot in z δo njegov popravek, potem lahko pišemo izraz smernega kota v_{ij} na točki i proti točki j :

$$v_{ij} = l_{ij} + v_{ij} + o_i + \delta o_i. \tag{5.2}$$



Slika 5.1: Zveza med opazovanimi količinami in neznankami za opazovane smeri

Smerni kot lahko izrazimo tudi kot funkcijo koordinat točk i in j .

$$v_{ij} = \arctan\left(\frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}\right)$$

Če v zgornji izraz vstavimo v enačbo (5.2) in ga preuredimo, dobimo funkcijsko zvezo med opazovanimi smermi in neznankami:

$$F_i: l_{ij} + v_{ij} = \arctan\left(\frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}\right) - o_i - \delta o_i$$

Funcijsko zvezo lineariziramo in dobimo:

$$v_{ij} = -\delta o_i + a_i \delta x_i + b_i \delta y_i + a_j \delta x_j + b_j \delta y_j + f_{ij} \quad (5.3)$$

Koeficienti a_n ($n = i, j$) predstavljajo parcialne odvode enačbe (5.3) po spremenljivki x_n in b_n parcialne odvode po y_n . Dolžina (d_{ij0}) in smerni kot (v_{ij0}) so izračunani iz približnih vrednosti koordinat točk.

Koeficienti imajo obliko:

$$a_i = \frac{\sin v_{ij0}}{d_{ij0}}, \quad b_i = \frac{\cos v_{ij0}}{d_{ij0}},$$

$$a_j = -a_i, \quad b_j = -b_i,$$

$$f_{ij} = v_{ij0} - (l_{ij} + o_i).$$

Enačba (5.3) predstavlja enačbo popravka za smer iz nove točke proti novi točki. Če je ena od točk (i ali j) dana točka, potem so ustrezni odvodi po koordinatah teh točk enaki nič in enačba (5.3) dobi ustrezno krajšo obliko.

POŠEVNE DOLŽINE

Poševno dolžino d_{ij} med točko i in točko j zapišemo kot:

$$\hat{d}_{ij} - \sqrt{(\hat{x}_j - \hat{x}_i)^2 + (\hat{y}_j - \hat{y}_i)^2 + (\hat{z}_j - \hat{z}_i)^2} = 0. \quad (5.4)$$

Z linearizacijo sestavimo linearizirano enačbo popravkov, ki ima obliko:

$$v_{d_{ij}} + c_i \delta_{x_i} + d_i \delta_{y_i} + e_i \delta_{z_i} + c_j \delta_{x_j} + d_j \delta_{y_j} + e_j \delta_{z_j} = d_{ij0} - d_{ij}$$

Koeficienti c_n ($n = i, j$) predstavljajo parcialne odvode enačbe (5.4) po spremenljivki x_n , d_n parcialne odvode po y_n , e_n parcialne odvode po z_n in d_{ij0} približno vrednost dolžine, izračunane iz približnih vrednosti koordinat. Koeficienti imajo obliko:

$$c_i = \frac{x_j - x_i}{d_{ij0}}, \quad d_i = \frac{y_j - y_i}{d_{ij0}}, \quad e_i = \frac{z_j - z_i}{d_{ij0}}, \\ c_j = -c_i, \quad d_j = -d_i, \quad e_j = -e_i.$$

ZENITNE RAZDALJE

Zenitno razdaljo z_{ij} s točke i proti točki j zapišemo kot:

$$z_{ij} - \operatorname{arccot} \left(\frac{\hat{z}_j - \hat{z}_i}{\sqrt{(\hat{x}_j - \hat{x}_i)^2 + (\hat{y}_j - \hat{y}_i)^2}} \right) = 0. \quad (5.5)$$

Z linearizacijo sestavimo linearizirano enačbo popravkov, ki ima obliko:

$$v_{z_{ij}} + f_i \delta_{x_i} + g_i \delta_{y_i} + h_i \delta_{z_i} + f_j \delta_{x_j} + g_j \delta_{y_j} + h_j \delta_{z_j} = z_{ij0} - z_{ij}.$$

Koeficienti f_n ($n = i, j$) predstavljajo parcialne odvode enačbe (5.5) po spremenljivki x_n , g_n parcialne odvode po y_n , h_n parcialne odvode po z_n in z_{ij0} približno vrednost zenitne razdalje, izračunane iz približnih vrednosti koordinat.

Koeficienti imajo obliko:

$$e_i = -K \cdot (x_j - x_i), \quad f_i = -K \cdot (y_j - y_i), \quad g_i = -\frac{d_{ij0}}{d_{ij0}^2 + (z_j - z_i)^2}$$

$$e_j = -e_i \quad , \quad f_j = -f_i \quad , \quad g_j = -g_i \quad ,$$

kjer je:

$$K = \frac{z_j - z_i}{d_{ij0}^2 \cdot (d_{ij0}^2 (z_j - z_i)^2)} .$$

ABSOLUTNI POLOŽAJ GNSS

Vključitev rezultatov obdelave opazovanj GNSS v geodetsko mrežo, kjer so bila izvedena terestrična opazovanja, pomeni uvedbo psevdopazovanj v funkcionalni model (Sterle, 2007). Enačbi popravkov psevdopazovanj (\hat{y}_i^G in \hat{x}_i^G) za določeno točko i sta linearni in izhajata iz oblike:

$$\begin{aligned} \hat{y}_i^G - \hat{y}_{i0} &= 0 \quad , \\ \hat{x}_i^G - \hat{x}_{i0} &= 0 \quad . \end{aligned}$$

Z upoštevanjem popravkov opazovanj in približnih vrednosti, lahko zgornji enačbi zapišemo v končni obliki:

$$\begin{aligned} v_{yi} - \delta_{yi0} &= y_{i0} - y_i^G \quad , \\ v_{xi} - \delta_{xi0} &= x_{i0} - x_i^G \quad . \end{aligned}$$

V primeru podanih vektorjev GNSS med dvema točkama i in j , enačbo popravkov za opazovan vektor sestavimo z ustrezno razliko enačb popravkov za absolutne položaje, pridobljene z GNSS. Razvidno je, da na ta način podajamo vezi med neznankami z določenimi natančnostmi (Sterle, 2007).

5.2 Stohastični model izravnave

Iz izkušenj vemo, da so opazovanja podvržena različnim vplivom. Vplivi se kažejo s spreminjanjem vrednosti opazovane količine ob ponavljanju opazovanja. Spreminjanje vrednosti opazovane količine lahko, ali pa tudi ne, pripišemo določenim fizičnim vzrokom. Kadar ne moremo pripisati spreminjanja vrednosti opazovane količine nobenemu zunanjemu vzroku, sprejmemo dejstvo, da je statistično spreminjanje vrednosti izmerjene količine osnovna lastnost opazovanj. Stohastični model predstavljajo predpostavke o statističnih lastnostih spremenljivk vključenih v model. Iz statistične obravnave opazovanj izhaja zahteva, da opazovanja obravnavamo kot slučajne spremenljivke, kjer moramo poleg numerične vrednosti poznati tudi njene statistične lastnosti. Navedene lastnosti se v glavnem izražajo s pomočjo matrike uteži opazovanj (\mathbf{P}) in variančno-kovariančne matrike opazovanj ($\mathbf{\Sigma}_{\Pi}$). Če s σ_0^2 označimo referenčno varianco opazovanj, je stohastični model definiran z izrazom:

$$\mathbf{P} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{\Sigma}_{\Pi}^{-1} .$$

Pomembno je omeniti, da se pri sestavi stohastičnega modela geodetske mreže opazovanja običajno obravnavajo kot nekorelirana. Takrat je matrika uteži opazovanj diagonalna matrika z utežmi na glavni diagonali. Utež predstavlja pomembnost opazovanja v matematičnem modelu izravnave. Višja utež predstavlja višjo natančnost in obratno.

5.3 Zagotovitev geodetskega datuma geodetske mreže

Geodetski datum v splošnem predstavlja niz datumskih parametrov. Ti parametri definirajo povezavo med poljubnim terestričnim pravokotnim kartezičnim koordinatnim sistemom (osi xyz), s pripadajočim referenčnim elipsoidom s krivočrtnimi geodetskimi koordinatami ($\phi\lambda h$), in globalnim terestričnim pravokotnim kartezičnim koordinatnim sistemom (osi XYZ) oziroma s telesom Zemlje (Sterle, 2007; Stopar, 1995). Datumski parametri morajo enolično določati povezavo med elipsoidom in globalnim terestričnim koordinatnim sistemom in določajo velikost, obliko, položaj in orientacijo elipsoida (Sterle, 2007; Stopar, 1995). Problem geodetskega datuma izhaja iz dejstva, da geodetska opazovanja (horizontalne smeri, dolžine, zenitne razdalje...) omogočajo določitev samo relativnih položajev točk, lika, figure, ne omogočajo pa določitev lege/položaja v koordinatnem sistemu. Zaradi tega smo uvedli pojma zunanja in notranja opazovanja. Zunanja opazovanja omogočajo določitev lege/položaja v koordinatnem sistemu (npr. koordinate točk). Notranja opazovanja (geodetska opazovanja) pa omogočajo določitev notranje geometrije lika/figure. Pri določanju geodetskega datuma je pomemben pogoj, da naj praviloma zunanja opazovanja ne bi vplivala na geometrijo mreže, oziroma relativni položaj točk naj bi bil določen izključno z geodetskimi opazovanji (Stopar, 1995). Zaradi tega je potrebno vedeti kateri parametri so odvisni in kateri neodvisni od izbire datuma geodetske mreže.

Koordinatni sistem je določen z lego koordinatnega izhodišča, orientacijo koordinatnih osi in z merilom. Osnovni datumski parametri geodetske mreže so premiki, zasuki in merilo. Datumski parametri predpostavljajo enako obliko prostorov definiranih z zunanjimi in notranjimi opazovanji. V splošnem naj bi bil geodetski datum določen tako, da je število danih količin enako defektu datuma (Stopar, 1995), datum naj ne bi bil predoločen in ne poddoločen. V vsaki mreži je možno enostavno določiti defekt datuma mreže, ki predstavlja število potrebnih danih količin za enolično določitev koordinat nove točke.

Z določenim datumom nimamo napetosti v mreži, kar pomeni, da z danimi količinami ne posegamo v geometrijo mreže, kakor so jo določila notranja opazovanja.

Preglednica 5.1: Datumski parametri v odvisnosti od razsežnosti mreže

RAZSEŽNOST MREŽE	VRSTA MREŽE	DATUMSKI PARAMETRI		DEFEKT DATUMA
1R	nivelmanska mreža	1 translacija	t_z	1
2R	triangulacijska mreža	2 premika 1 zasuk 1 merilo	t_x, t_y ω_z s	4
	trilateracijska mreža	2 premika 1 zasuk	t_x, t_y ω_z	3
3R	geodetska mreža brez opazovanih dolžin	3 premiki 3 zasuki 1 merilo	t_x, t_y, t_z $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ s	7

Datumske informacije opazovanih količin so podane v preglednici 5.2. Razvidno je, da sama terestrična opazovanja ne zagotavljajo datuma in je vedno potrebno definirati vsaj 2 datumski parametra z zunanjimi opazovanji ali z dodatnimi notranjimi opazovanji. V preteklosti se je opazovalo tudi astronomske koordinate točk v mreži za lociranje mreže v ravnini projekcije (na površini elipsoida). V primeru satelitskih opazovanj pa le-ta vsebujejo vse datumske informacije.

Preglednica 5.2: Geodetska opazovanja in pripadajoče datumske informacije opazovanj

OPOZOVANE KOLIČINE	DATUMSKI PARAMETRI						
	PREMIK			ZASUK			MERILO
	t_x	t_y	t_z	ω_x	ω_y	ω_z	s
dolžina	-	-	-	-	-	-	+

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 5.2

hor. kot/hor. smer	-	-	-	-	-	-	-
azimut	-	-	-	-	-	+	-
zenitna razdalja	-	-	-	+	+	-	-
višinske razlike	-	-	-	-	+	+	+
astronomsko določene koordinate	+	+	-	-	-	-	+
bazni vektor	-	-	-	+	+	+	+
absolutno določen položaj z GNSS opazovanji	+	+	+	-	-	-	+

5.4 Zagotovitev geodetskega datuma v geodetski mreži za posebne namene

V postopku določanja položajev točk v geodetski mreži na podlagi terestričnih opazovanj se nam defekt datuma kaže v singularnosti sistema normalnih enačb v postopku posredne izravnave po MNK (Sterle, 2007). Problem datuma se lahko pojavi v primerih, ko vključujemo opazovanja, ki so bolj natančna kot položaji danih točk v mreži, ko sploh nimamo podatka o danih točkah ali imamo samo približne položaje točk v mreži. V takih primerih je primerneje vse točke v mreži obravnavati kot nove in zagotoviti datum na drugačen način. (Sterle, 2007; Stopar, 1995).

5.4.1 Določitev datuma z zunanjimi opazovanji

Tekom vzpostavitve geodetske mreže je najpogostejši način definiranja geodetskega datuma, da privzamemo koordinate že obstoječe geodetske mreže in na ta način zagotovimo datumske parametre nove mreže. Kot je že navedeno v prvem poglavju, je natančnost geodetske mreže za posebne namene v splošnem večja od natančnosti že obstoječe mreže (npr. astrogeodetske mreže Slovenije). Prav tako, če prevzamemo že obstoječe koordinate točk in jih vključimo v geodetsko mrežo za posebne namene se lahko zgodi, da imamo geodetski datum predoločen oziroma, da zunanja opazovanja vplivajo na notranjo geometrijo geodetske mreže, kar pa lahko vodi v degradacijo opazovanj in do vprašanja o kakovosti novodoločenih koordinat. Slabost tako določenega datuma je v tem, da so lahko zunanja opazovanja draga in velikokrat nenatančna.

5.4.2 Določitev datuma z minimalnim številom zunanjih vezi

Datum lahko zagotovimo tako, da med neznane količine uvedemo določene vezi, ki jih morajo neznanke izpolnjevati, kjer tako datumske parametre določimo kot funkcijo približnih koordinat točk geodetske mreže. Število veznih enačb mora biti enako defektu datuma mreže, kar pomeni, da bomo lahko geodetski datum mreže določili enolično. Vezi, ki jih sestavimo, so lahko absolutne ali relativne. Defekt geodetskega datuma odstranimo z modeliranjem datumskih parametrov ali opazovanj z veznimi enačbami. Premik geodetske mreže (t_x, t_y, t_z) določimo tako, da definiramo eno izmed točk kot dano (npr. točka i). Vezna enačba je sestavljena tako, da privzete koordinate točke po izravnavi ne pridobijo popravka, oziroma, da velja (Stopar, 2010):

$$\delta_{x_i} = 0, \quad \delta_{y_i} = 0, \quad \delta_{z_i} = 0.$$

Zasuk okoli z osi ω_z definiramo tako, da določimo eno smer (npr. s točke i na točko j , ki je lahko opazovana ali pa ne) kot dano, torej se po izravnavi ne sme spremeniti (Stopar, 2010).

$$a_i \cdot \delta_{x_i} + b_i \cdot \delta_{y_i} + a_j \cdot \delta_{x_j} + b_j \cdot \delta_{y_j} = 0.$$

Zasuka okoli osi x in y (ω_x, ω_y) odpravimo tako, da dve zenitni razdalji (npr. s točke i na j in s točke k na m , ki sta lahko opazovani, ali pa ne) definiramo kot dani, torej se po izravnavi ne smeta spremeniti (Stopar, 2010).

$$e_i \cdot \delta_{x_i} + f_i \cdot \delta_{y_i} + g_i \cdot \delta_{z_i} + e_j \cdot \delta_{x_j} + f_j \cdot \delta_{y_j} + g_j \cdot \delta_{z_j} = 0.$$

$$e_k \cdot \delta_{x_k} + f_k \cdot \delta_{y_k} + g_k \cdot \delta_{z_k} + e_m \cdot \delta_{x_m} + f_m \cdot \delta_{y_m} + g_m \cdot \delta_{z_m} = 0.$$

Merilo geodetske mreže s definiramo tako, da razdaljo med dvema točkama (npr. s točke i na točko j , ki je lahko opazovana ali pa ne) določimo kot dano, torej se po izravnavi ne sme spremeniti (Stopar, 2010).

$$c_i \cdot \delta_{x_i} + d_i \cdot \delta_{y_i} + c_j \cdot \delta_{x_j} + d_j \cdot \delta_{y_j} = 0.$$

Koeficiente $a_i, a_j, b_i, \dots, g_j$ predstavljajo parcialni odvodi, ki so definirani v poglavju 5.1.1.

Matrično vseh 7 gornjih enačb lahko zapišemo v obliki (Stopar, 2010):

$$\mathbf{D}^T \cdot \mathbf{\Delta} = 0,$$

kjer je:

\mathbf{D} datumska matrika in

$\mathbf{\Delta}$ vektor popravkov približnih vrednosti neznank – koordinat točk geodetske mreže.

Datumska matrika \mathbf{D}^T ima obliko (Stopar, 2010):

$$\mathbf{D}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & & & & \dots & & \dots \\ 0 & 1 & 0 & & & & \dots & & \dots \\ 0 & 0 & 1 & & & & \dots & & \dots \\ a_i & b_i & 0 & \dots & a_j & b_j & 0 & & \dots \\ e_i & f_i & g_i & \dots & e_j & f_j & g_j & & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & e_k & f_k & g_k & \dots & e_m & f_m & g_m & \dots \\ c_i & d_i & 0 & \dots & c_j & d_j & 0 & & \dots & & & & & & & \dots \end{bmatrix} .$$

Datumska matrika \mathbf{D}^T ima zgornjo obliko, če nimamo opazovane nobene količine, ki bi vsebovala kakršnokoli datumsko informacijo. V primeru, da z opazovanji lahko zagotovimo določen datumski parameter, potem črtamo odgovarjajočo vrstico iz datumske matrike \mathbf{D}^T . Torej, če opazujemo dolžine, imamo merilo določeno z merjenimi dolžinami in lahko odstranimo zadnjo vrstico.

5.4.3 Določitev datuma z notranjimi opazovanji – prosta mreža

V določenih primerih ne moremo zagotoviti stabilnosti nobene točke tako, da ne moremo privzeti nobene točke kot dane. Enako lahko rečemo za določeno smer, dolžino ali določeni zenitni razdalji. V takšni situaciji govorimo o izravnavi proste mreže. Namesto koordinat točke mreže, kakega azimuta ali kake razdalje, se notranje vezi nanašajo na neko fiktivno točko, na nek fiktivni azimut, neko fiktivno dolžino v mreži. Če povežemo približne koordinate in izravnane koordinate točk s 7-parametrično transformacijo, tako postavimo tri pogoje, ki morajo veljati za ocenjene popravke (Stopar, 2010):

- težišče mreže (povprečje približnih koordinat točk v mreži) po izravnavi se ne sme spremeniti,
- mreža se glede na težišče ne sme zasukati in
- merilo mreže se po izravnavi ne sme spremeniti.

Matematično pridobimo vezne enačbe, ki zagotavljajo izpolnitev notranjih vezi, iz enačb podobnostne transformacije, ki zagotavlja, da je vsota kvadratov razlik med približnimi in ocenjenimi vrednostmi koordinatnih neznank najmanjša možna:

$$\mathbf{\Delta}^T \mathbf{\Delta} = \min .$$

S prvo alinejo smo definirali položaj mreže in jo lahko zagotovimo s tremi enačbami (Stopar, 2010):

$$\sum_{i=1}^n \delta_{x_i} = 0 \quad , \quad \sum_{i=1}^n \delta_{y_i} = 0 \quad , \quad \sum_{i=1}^n \delta_{z_i} = 0 .$$

Drugo alinejo, ki definira zasuk mreže, tudi zagotovimo s tremi enačbami (Stopar, 2010):

$$\sum_{i=1}^n (-(z_i - z_S) \cdot \delta_{y_i} + (y_i - y_S) \cdot \delta_{z_i}) = 0,$$

$$\sum_{i=1}^n ((z_i - z_S) \cdot \delta_{x_i} + (x_i - x_S) \cdot \delta_{z_i}) = 0,$$

$$\sum_{i=1}^n (-(y_i - y_S) \cdot \delta_{x_i} + (x_i - x_S) \cdot \delta_{y_i}) = 0.$$

Tretjo alinejo, ki definira merilo mreže, zagotovimo z eno enačbo (Stopar, 2010):

$$\sum_{i=1}^n ((x_i - x_S) \cdot \delta_{x_i} + (y_i - y_S) \cdot \delta_{y_i}) + (z_i - z_S) \cdot \delta_{z_i} = 0.$$

V zgornjih enačbah predstavljajo količine x_S, y_S, z_S koordinate težišča mreže.

Matrično vseh 7 gornjih enačb lahko zapišemo v obliki (Stopar, 2010):

$$\mathbf{H}^T \cdot \Delta = 0$$

Datumska matrika \mathbf{H}^T ima obliko (Stopar, 2010):

$$\mathbf{H}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -(z_1 - z_S) & (y_1 - y_S) & \dots & 0 & -(z_n - z_S) & (y_n - y_S) \\ (z_1 - z_S) & 0 & -(x_1 - x_S) & \dots & (z_n - z_S) & 0 & -(x_n - x_S) \\ -(y_1 - y_S) & (x_1 - x_S) & 0 & \dots & -(y_n - y_S) & (x_n - x_S) & 0 \\ (x_1 - x_S) & (y_1 - y_S) & (z_1 - z_S) & \dots & (x_n - x_S) & (y_n - y_S) & (z_n - z_S) \end{bmatrix}.$$

Prve tri vrstice v matriki \mathbf{H}^T podajajo zahtevo, da se mreža po izravnavi ne premakne, četrta, peta in šesta vrstica zahtevo, da se mreža ne zasuka, in sedma, da ostane merilo mreže nespremenjeno. Če smo v mreži že opazovali katero od količin, izbrišemo ustrezno vrstico v matriki \mathbf{H}^T .

5.5 Rešitev Gauss-Markovega modela po metodi najmanjših kvadratov

Oceno neznank določimo po posredni izravnavi po MNK na podlagi enačb popravkov. Matrični zapis Gauss-Markovega modela zapišemo kot:

$$E(\mathbf{I}) = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_G \\ \mathbf{B}_\beta \\ \mathbf{B}_d \end{bmatrix} \cdot \Delta, \quad D(\mathbf{I}) = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} \mathbf{P}_G^{-1} & & 0 \\ & \mathbf{P}_\beta^{-1} & \\ 0 & & \mathbf{P}_d^{-1} \end{bmatrix}.$$

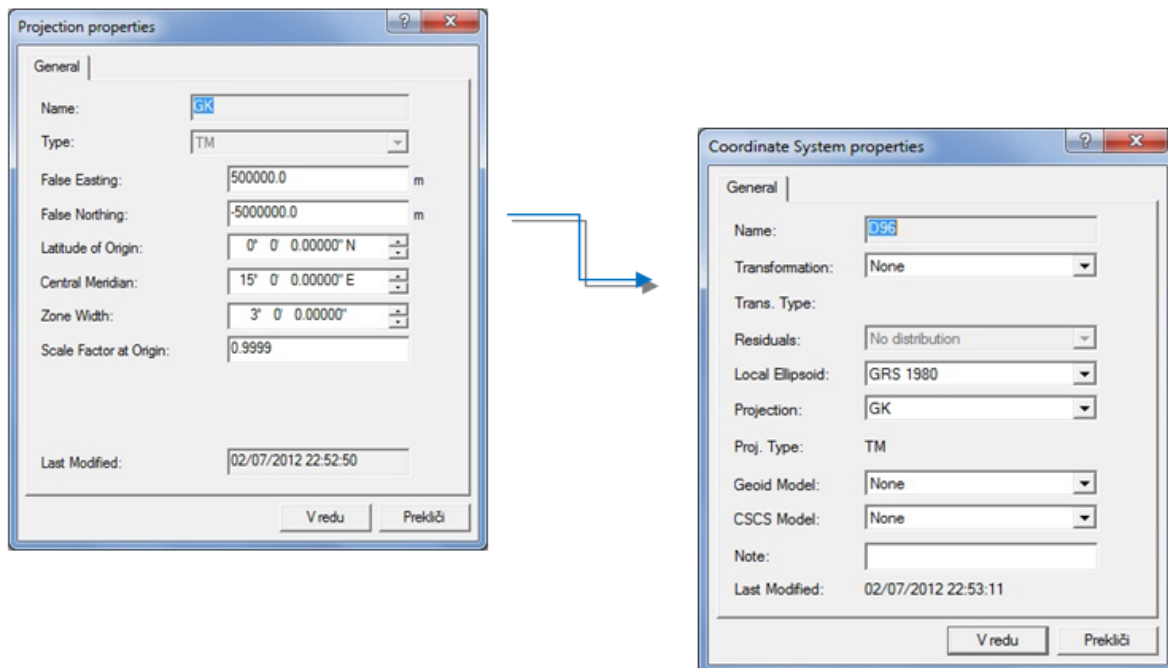
V zgornji enačbi se indeks G nanaša na psevdopazovanja GNSS, β na opazovane kote in d na opazovane dolžine. Psevdopazovanja predstavljajo približne vrednosti neznank (koordinat točk mreže), ki jim pripišemo stohastične lastnosti. Vrednosti neznank, ki jih v izravnavi predstavimo kot opazovanja, lahko določimo na podlagi približnih vrednosti neznank, ali na podlagi predhodno izvedene izravnave, ki je potekala na podlagi istega matematičnega modela z drugimi opazovanji (Sterle, 2007). Razvidno je tudi, da opazovanja GNSS v matematičnem modelu upoštevamo na nivoju že obdelanih podatkov in pridobljenih vrednosti koordinat ter pripadajočih standardnih odklonov. Skupna obdelava opazovanj GNSS (fazna opazovanja) in terestričnih opazovanj se v praksi ne izvaja. Problem je v tem, da bi skupna izravnavna faznih opazovanj GNSS in terestričnih opazovanj preveč zakomplicirala matematični model izravnave geodetske mreže.

5.5.1 Postopek vnosa in obdelave podatkov v programu Leica Geo Office Combined za potrebe izravnave MP Koper

Za potrebe obdelave podatkov in izravnave geodetske mreže MP Koper smo uporabili programski paket Leica Geo Office Combined. Navedeni programski paket omogoča izravnavo višinskih, horizontalnih in prostorskih geodetskih mrež. Program omogoča tudi predhodno analizo podatkov opazovanj ter analizo rezultatov izravnave. V program je vgrajena tudi opcija izravnave geodetske mreže, katere opazovanja so pridobljena z različnimi geodetskimi metodami, kot so npr. klasična terestrična opazovanja in GPS opazovanja. Predhodna obdelava podatkov, izravnavna in analiza natančnosti po izravnavi v celoti poteka v programskem paketu MOVE3², ki je vgrajen v Leica Geo Office Combined. Preden smo začeli vnašati podatke v program, je bilo potrebno nastaviti odgovarjajoči geodetski datum. To smo storili tako, da smo v meniju *Coordinate Systems* določili projekcijo in nato ustrezen koordinatni sistem. Za projekcijo smo izbrali prečno Mercatorjevo projekcijo, kjer kot srednji meridian cone izberemo 15° ter definiramo širino cone, ki v našem primeru znaša 3°. Faktor modulacije je bil 0.9999. Vsem koordinatam smo nato ustrezno dodali / odzeli 500000m oziroma -5000000m. V zavihku *Coordinate System properties* smo izbrali ustrezen elipsoid (GRS80³) in že prej določeno kartografsko projekcijo. Spodnji sliki prikazujeta določitev parametrov projekcije in koordinatnega sistema.

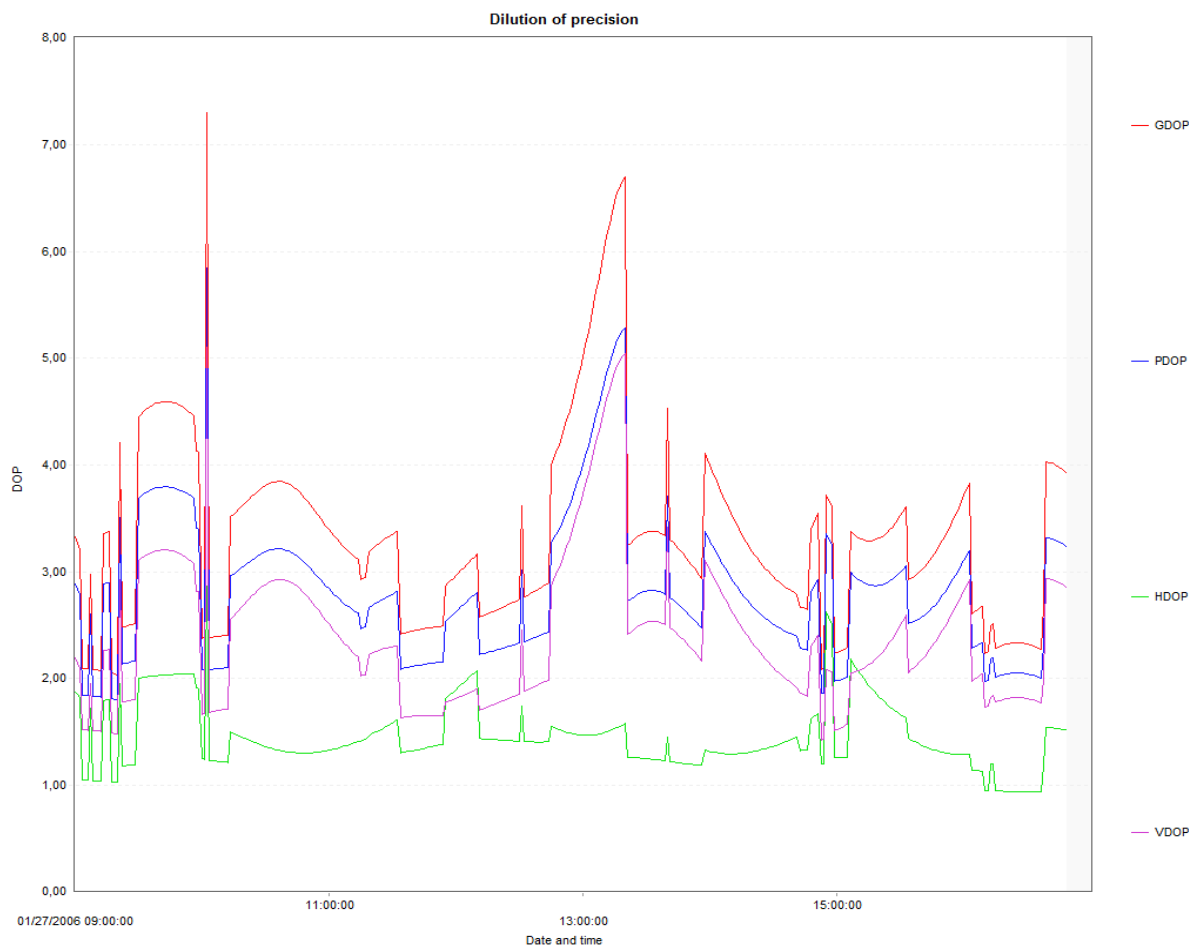
² MOVE3 je programski paket, ki ga je razvilo podjetje Grontmij iz Holandije; <http://www.MOVE3.com>

³ Geodetic Reference System; parametre elipsoida najdemo na: http://en.wikipedia.org/wiki/GRS_80



Slika 5.2: Določitev parametrov projekcije v programskem paketu Leica Geo Office Combined

Pri vnosu in obdelavi podatkov GPS izmere smo najprej vnesli kalibracijske parametre za uporabljene antene. Nato smo uvozili opazovanja in precizne efemeride. Program ponuja možnost avtomatske in ročne obdelave baznih vektorjev. V meniju *GPS-Proc* → *Processing Parameters* smo nastavili parametre za obdelavo baznih vektorjev, kot so: minimalni višinski kot (izbran je bil 15°), vrsto efemerid (*precise*), rešitev NŠCV (izbrali smo *fixed*), model troposfere (Hopfield) in vključili smo opcijo za izračun vseh baznih vektorjev, čeprav bi morali mrežo izravnati le na podlagi linearno neodvisnih vektorjev. Po obdelavi baznih vektorjev moramo preveriti kakovost vsakega baznega vektorja. Cenilke kakovosti so: PDOP, VDOP, HDOP, GDOP in standardni odkloni koordinat točk. Geometrijo razporeditve satelitov opisuje faktor DOP (ang. Dilution of Precision). GDOP in PDOP (ang. Geometric and Position DOP) sta meri geometrične in pozicijske kakovosti, povezani z geometrijo konstelacije satelitov in z velikostjo neželenih vplivov na strani uporabnika. Priporoča se čim manjša vrednost PDOP-a med opazovanji (manj od 4), kajti vrednost 1 predstavlja teoretično idealen primer, kjer naj konstelacija satelitov ne bi povečala napake določitve položaja bolj kot jo omogoča kakovost samih opazovanj. HDOP vrednosti se poslabšajo, če se sateliti nahajajo visoko na nebu, medtem ko se VDOP vrednosti poslabšajo, če se sateliti približujejo horizontu. Slika 5.3 prikazuje spreminjanje vrednosti DOP faktorjev v času trajanja meritev. Iz slike je razvidno, da so večino časa DOP faktorji manjši od 4, kar ugodno vpliva na natančnost meritev.



Slika 5.3: Sprememba vrednosti DOP faktorjev v času izvajanja meritev

Po odločitvi, katere vektorje bomo vključili v obdelavo, nadaljujemo z naslednjim korakom – izravnavo opazovanj. Preden začnemo izravnavo je bilo potrebno nastaviti parametre, na osnovi katerih se bo izvedla izravnava. V zavihku *Adjustment* → *Configuration* → *General Parameters* lahko programu povemo kaj želimo, in sicer:

- Število iteracij, v katerih se bo izvedla izravnava, in kriterij za zaustavitev iterativnega postopka. Kriterij je bil izbran tako, da se koordinate točk ne razlikujejo več kot 0.1 mm v dveh zaporednih iteracijah.
- Natančnosti posamezne vrste opazovanj. Za horizontalne smeri in zenitne razdalje je bila določena standardna deviacija 0,3 mgon, za dolžine 0,001 m ter za bazne vektorje 0,005 m. Standardna deviacija dolžin je bila privzeta iz tehničnih podatkov instrumenta (glej preglednico 3.8), medtem ko so bile standardne deviacije horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in baznih vektorjev določene v dogovoru z mentorjem.
- Izbiramo stopnjo značilnosti testa α_0 in jakost testa $1-\beta$. Za α_0 smo izbrali vrednost 0,001, za $1-\beta$ pa 0,9

- Izbiramo razsežnost mreže. V našem primeru smo izvajali le izravnavo 3R geodetskih mrež. Program pa lahko 3R geodetsko mrežo na osnovi merjene poševne dolžine in zenitne razdalje izračuna tudi v 2R prostoru.
- Program ponuja dve možnosti izravnave, kadar katero izmed točk v mreži obravnavamo kot dano. Prva možnost je, da dane točke v izravnavi privzamemo kot absolutno točne (*Constrained Adjustment*), lahko pa v program vnesemo standardne deviacije koordinat danih točk in jih nato program v izravnavi ustrezno upošteva (*Weighted Constrained Adjustment*).
- Določimo verjetnost, za katero bodo določene elipse pogreškov. V našem primeru smo uporabili standardno elipso pogreškov, kar pomeni, da je verjetnost, da se prava vrednost položaja točke nahaja znotraj elipse pogreškov 39,4%.

Program Leica Geo Office Combined ima vgrajene 3 statistične teste, in sicer:

- F – test,
- W – test in
- T – test.

F – test

F – test je v bistvu enak kot globalni test modela, ki je podrobneje opisan v poglavju 5.6.1, le da se namesto χ^2 porazdelitve uporablja F – porazdelitev (MOVE3, 2012).

W – test

W – test je popolnoma enak Baardovi metodi ("data snooping") (glej poglavje 5.6.2). Z F – testom ga povezuje izbrana jakost testa $1-\beta$. Kadar imamo določeno stopnjo značilnosti testa α_0 in jakost testa $1-\beta$, je stopnja značilnosti F – testa (α) močno odvisna od števila nadštevilnosti v geodetski mreži. Ker opravimo oba testa z isto stopnjo jakosti testa ($1-\beta$) se bo stopnja značilnosti α povečala (MOVE3, 2012).

T – test

Značilnost W – testa je ta, da je enodimenzionalen in sloni na predpostavki, da je v vektorju opazovanj samo eno opazovanje grobo pogrešeno. Navedena hipoteza je dobra za opazovanja kot so dolžine, zenitne razdalje, višinske razlike ipd. Pri baznih vektorjih pa ni zadostno testirati le posamezne komponente baznega vektorja, ampak je treba testirati bazni vektor kot celoto. Za ta namen je predviden T – test, ki je lahko 3 ali 2 dimenzionalen. Pomembno je poudariti, da za T – test izberemo enako jakost testa ($1-\beta$) kot za F- in W- test, vendar z lastno stopnjo značilnosti testa (α). V spodnji

preglednici so dane kritične vrednosti v odvisnosti od izbrane stopnje značilnosti α_0 (W – test) za primer 3 in 2 dimenzionalnega testa (MOVE3, 2012).

Preglednica 5.3: Stopnje značilnosti in kritične vrednosti 2 oziroma 3 dimenzionalnega T-testa v odvisnosti od stopnje značilnosti W-testa

Stopnja značilnosti testa α_0 (W – test)	0,001	0,010	0,050	2 – dimenziona -lni test
Stopnja značilnosti testa α	0,003	0,022	0,089	
Kritična vrednost T - testa	5,91	3,81	2,42	
Stopnja značilnosti testa α_0 (W – test)	0,001	0,010	0,050	3 – dimenziona -lni test
Stopnja značilnosti testa α	0,005	0,0037	0,129	
Kritična vrednost T - testa	4,24	2,83	1,89	

Izravnava GPS opazovanj je potekala na dveh nivojih. Najprej smo v izravnavo vključili vse točke MP Koper (KOPE, KP01, KP02 in KP03) in dodatno še dve točki omrežja SIGNAL (ILIR – Ilirska Bistrica in NOVG – Nova Gorica), ki sta bili v postopku izravnave dani. Nato smo izvedli izravnavo GPS mreže in pridobili koordinate točk MP Koper. To smo naredili zato, da smo določili dobre približne koordinate z dokaj visoko natančnostjo, to pomeni z vsaj nekaj centimetrovsko natančnostjo.

Z dobrimi približnimi koordinatami lahko izračunamo ocenjene položaje točk MP Koper. V program smo sedaj uvozili podatke o antenah, precizne efemeride in opazovanja. Točko KP02 smo označili kot dano. Ostalim točkam smo dodelili izravnane vrednosti koordinat iz prejšnjega koraka in smo jih obravnavali kot nove točke. Geodetski datum smo določili na podlagi minimalnega števila zunanjih vezi. Nato smo izvedli izravnavo GPS mreže MP Koper in dobili ocenjene koordinate točk. Enak postopek smo ponovili tudi za drugo terminsko izmero.

Rezultati izravnave obeh terminskih izmer so predstavljeni v poglavju 5.5.2.

Pri obdelavi terestričnih opazovanj izravnava poteka na enak način, kot je to opisano pri obdelavi GPS opazovanj. Terestrična opazovanja smo ročno vnašali, saj so bila opazovanja privzeta iz že opravljenih

meritev. Ker gre za prostorsko 3R mrežo, smo v program vnašali poševne dolžine, horizontalne smeri in zenitne razdalje. Pomembno je omeniti, da so bile dolžine že reducirane za meteorološke vplive.

Kot približne koordinate točk MP Koper so bile uporabljene izravnane koordinate iz drugega koraka obdelave GPS opazovanj. V primeru izravnave klasične terestrične mreže smo mrežo izravnali kot prosto mrežo, oziroma smo geodetski datum določili na osnovi notranjih opazovanj. Enak postopek smo ponovili tudi za drugo terminsko izmero.

Rezultati izravnave obeh terminskih izmer so predstavljeni v poglavju 5.5.3.

Obdelava podatkov kombinirane mreže je potekala tako, da smo v program vnesli že obdelane bazne vektorje in vsa terestrična opazovanja. Kot približne vrednosti koordinat točk smo vzeli izravnane koordinate iz drugega koraka obdelave GPS opazovanj. Točko KP02 smo privzeli kot dano ter datum določili na podlagi minimalnega števila zunanjih vezi. Nato je sledila izravnava kombinirane mreže MP Koper, kjer smo na koncu pridobili ocenjene koordinate točk. Enak postopek smo ponovili tudi za drugo terminsko izmero.

Rezultati izravnave obeh terminskih izmer so predstavljeni v poglavju 5.5.2.

5.5.2 Rešitev modela v primeru datuma z minimalnim številom zunanjih vezi

Rešitev funkcionalnega modela je v primeru datuma zagotovljenega z minimalnim številom vezi, dana z:

- Sistem normalnih enačb:

$$\mathbf{N} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{B}, \quad \mathbf{t} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{f} .$$

- Popravki približnih vrednosti neznank:

$$\Delta = \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \cdot \mathbf{t}, \quad \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} = (\mathbf{N} + \mathbf{D} \cdot \mathbf{D}^T)^{-1} - \mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{D} \mathbf{D}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T .$$

- Popravki opazovanj in izravnana opazovanja:

$$\mathbf{v} = \mathbf{f} - \mathbf{B} \cdot \Delta, \quad \hat{\mathbf{l}} = \mathbf{l} + \mathbf{v} .$$

- Matrika nadštevilnosti:

$$\mathbf{R} = \mathbf{I}_{n \times n} - \mathbf{B} \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \cdot \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} = \mathbf{Q}_{\mathbf{v}\mathbf{v}} \cdot \mathbf{P} .$$

Rešitev stohastičnega modela ja dana z:

- Referenčna varianca *a-posteriori*:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}}{n - n_0} .$$

- Matrika kofaktorjev in kovariančna matrika vektorja popravkov neznank:

$$\mathbf{Q}_{\Delta\Delta} = (\mathbf{N} + \mathbf{D} \cdot \mathbf{D}^T)^{-1} - \mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{D} \mathbf{D}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \rightarrow \boldsymbol{\Sigma}_{\Delta\Delta} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} .$$

- Matrika kofaktorjev in kovariančna matrika vektorja popravkov:

$$\mathbf{Q}_{\mathbf{v}\mathbf{v}} = \mathbf{Q} - \mathbf{B} \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \cdot \mathbf{B}^T \rightarrow \boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{v}\mathbf{v}} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{\mathbf{v}\mathbf{v}} .$$

- Matrika kofaktorjev in kovariančna matrika vektorja izravnanih opazovanj:

$$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{i}}\hat{\mathbf{i}}} = \mathbf{Q} - \mathbf{Q}_{\mathbf{v}\mathbf{v}} \rightarrow \boldsymbol{\Sigma}_{\hat{\mathbf{i}}\hat{\mathbf{i}}} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{i}}\hat{\mathbf{i}}} .$$

Izravnava GPS mreže MP Koper

- Izravnava GPS mreže MP Koper (januar, 2006)

Preglednica 5.4: Vhodni podatki in nastavitve obdelave GPS mreže MP Koper (januar, 2006)

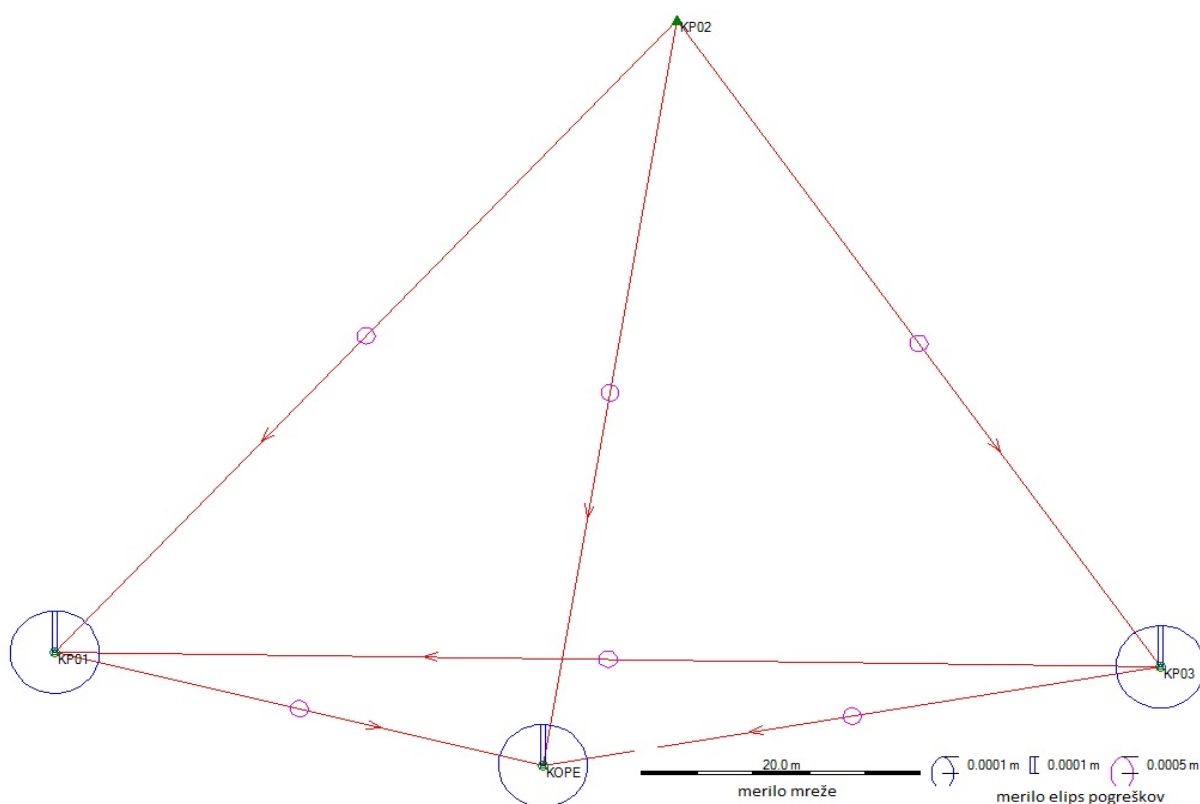
Pregled podatkov in nastavitve obdelave geodetske mreže	
Dimenzija geodetske mreže	3 razsežna (prostorska)
Način ocene neznank	metoda najmanjših kvadratov
Zagotovitev geodetskega datuma	minimalno število zunanjih vezi
Število točk v mreži	danih točk : 1 (KP02) novih točk: 3 (KOPE, KP01 in KP03)
Število vseh neznank v mreži	9 koordinatnih neznank
Število vseh opazovanj v mreži	opazovanih komponent vektorjev: 18
Število nadštevilnih opazovanj	9
Sigma a-priori baznega vektorja	0,005 m
Sigma a-priori (GPS)	10
Podane stopnje verjetnosti in vrednosti statistik	stopnja zaupanja pregleda opazovanj: 0,999 stopnja zaupanja elipse pogreškov: 39,4 % stopnja zaupanja višin : 68,3 % kritična vrednost W-testa: 3,29 kritična vrednost T-testa (2R): 6,01 kritična vrednost T-testa (3R): 4,29
Rezultati obdelave geodetske mreže	
Število iteracij	1
Globalni test	vrednost testne statistike: 0,00 kritična vrednost: 1,99
Uporabljena referenčna varianca v modelu	a-posteriori
Povprečna nadštevilnost	0,50

V preglednici 5.5 so predstavljene približne vrednosti koordinat točk, izravnane vrednosti koordinat točk, standardne deviacije posameznih koordinat ter parametri standardne elipse pogreškov. Vse vrednosti so podane v metrih.

Preglednica 5.5: Rezultati izravnave GPS mreže MP Koper (januar, 2006)

Točka	Približne vrednosti	Izravnane vrednosti	Standardne deviacije	Parametri std. elipse pogreškov
	E N h	E N h	σ_E σ_N σ_h	a b θ
KOPE	400408,4153	400408,4154	0,0002	0,0002
	46146,0225	46146,0226	0,0002	0,0002
	52,7672	52,7672	0,0002	3°
KP01	400373,6304	400373,6304	0,0002	0,0002
	46154,7580	46154,7580	0,0002	0,0002
	45,9669	45,9670	0,0002	90°
KP03	400452,4375	400452,4374	0,0002	0,0002
	46153,6180	46153,6179	0,0002	0,0002
	46,2001	46,2001	0,0002	3°
KP02 - dana				

Spodnja slika prikazuje GPS mrežo MP Koper, kjer so prikazane absolutne in relativne elipse pogreškov ter natančnost višin.



Slika 5.4: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane GPS mreže MP Koper (januar, 2006)

- Izravnava GPS mreže MP Koper (december, 2006)

Preglednica 5.6: Vhodni podatki in nastavitve obdelave GPS mreže MP Koper (december, 2006)

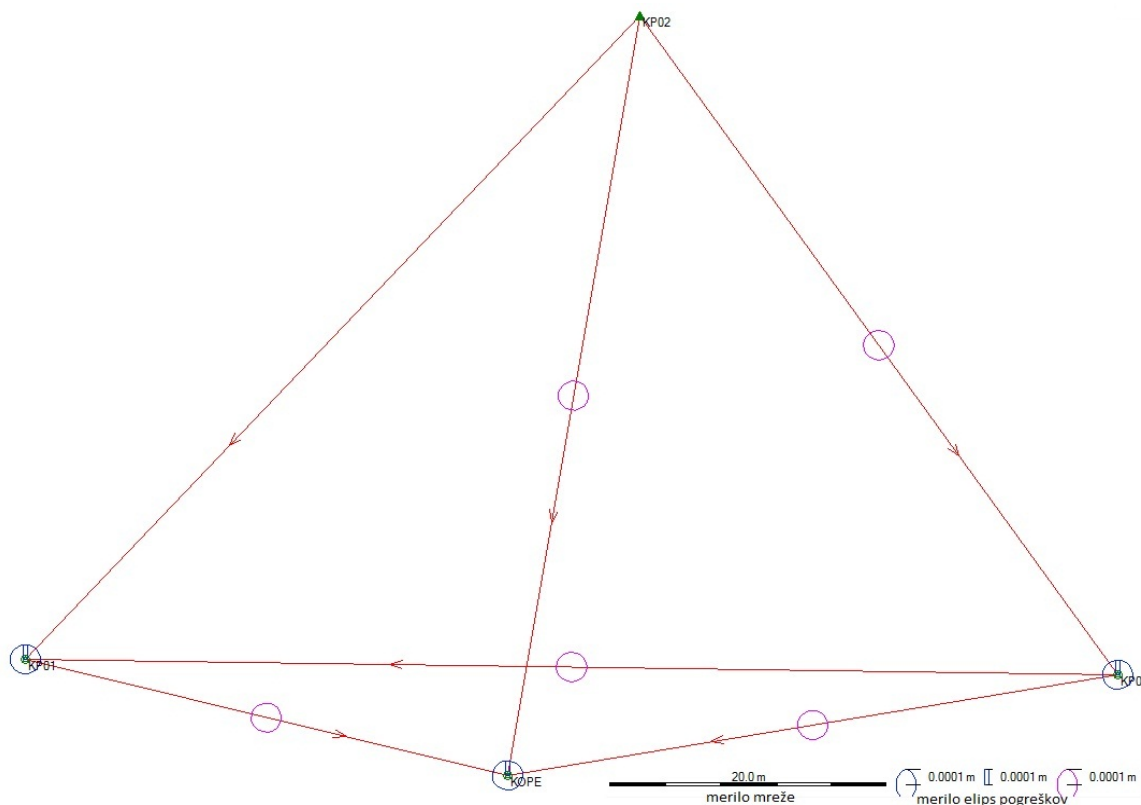
Pregled podatkov in nastavitve obdelave geodetske mreže	
Dimenzija geodetske mreže	3 razsežna (prostorska)
Način ocene neznank	metoda najmanjših kvadratov
Zagotovitev geodetskega datuma	minimalno število zunanjih vezi
Število točk v mreži	danih točk : 1 (KP02) novih točk: 3 (KOPE, KP01 in KP03)
Število vseh neznank v mreži	9 koordinatnih neznank
Število vseh opazovanj v mreži	opazovanih komponent vektorjev: 18
Število nadštevilnih opazovanj	9
Sigma a-priori baznega vektorja	0,005 m
Sigma a-priori (GPS)	10
Podane stopnje verjetnosti in vrednosti statistik	stopnja zaupanja pregleda opazovanj: 0,999 stopnja zaupanja elipse pogreškov: 39,4 % stopnja zaupanja višin : 68,3 % kritična vrednost W-testa: 3,29 kritična vrednost T-testa (2R): 6,01 kritična vrednost T-testa (3R): 4,29
Rezultati obdelave geodetske mreže	
Število iteracij	1
Globalni test	vrednost testne statistike: 0,00 kritična vrednost: 1,99
Uporabljena referenčna varianca v modelu	a-posteriori
Povprečna nadštevilnost	0,50

V preglednici 5.7 so predstavljene približne vrednosti koordinat točk, izravnane vrednosti koordinat točk, standardne deviacije posameznih koordinat ter parametri standardne elipse pogreškov. Vse vrednosti so podane v metrih.

Preglednica 5.7: Rezultati izravnave GPS mreže MP Koper (december, 2006)

Točka	Približne vrednosti	Izravnane vrednosti	Standardne deviacije	Parametri std. elipse pogreškov
	E N h	E N h	σ_E σ_N σ_h	a b θ
KOPE	400408,4215	400408,4216	0,0001	0,0001
	46146,0277	46146,0277	0,0001	0,0001
	52,7788	52,7789	0,0001	90°
KP01	400373,6333	400373,6333	0,0001	0,0002
	46154,7598	46154,7597	0,0001	0,0002
	45,9783	45,9784	0,0001	3°
KP03	400452,4428	400452,4428	0,0001	0,0002
	46153,6231	46153,6232	0,0001	0,0002
	46,2128	46,2128	0,0001	90°
KP02 - dana				

Spodnja slika prikazuje GPS mreže MP Koper, kjer so prikazane absolutne in relativne elipse pogreškov ter natančnost višin.



Slika 5.5: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane GPS mreže MP Koper (december, 2006)

Izravnavna kombinirane mreže MP Koper

- Izravnavna kombinirane mreže MP Koper (januar, 2006)

Preglednica 5.8: Vhodni podatki in nastavitve obdelave kombinirane mreže MP Koper (januar, 2006)

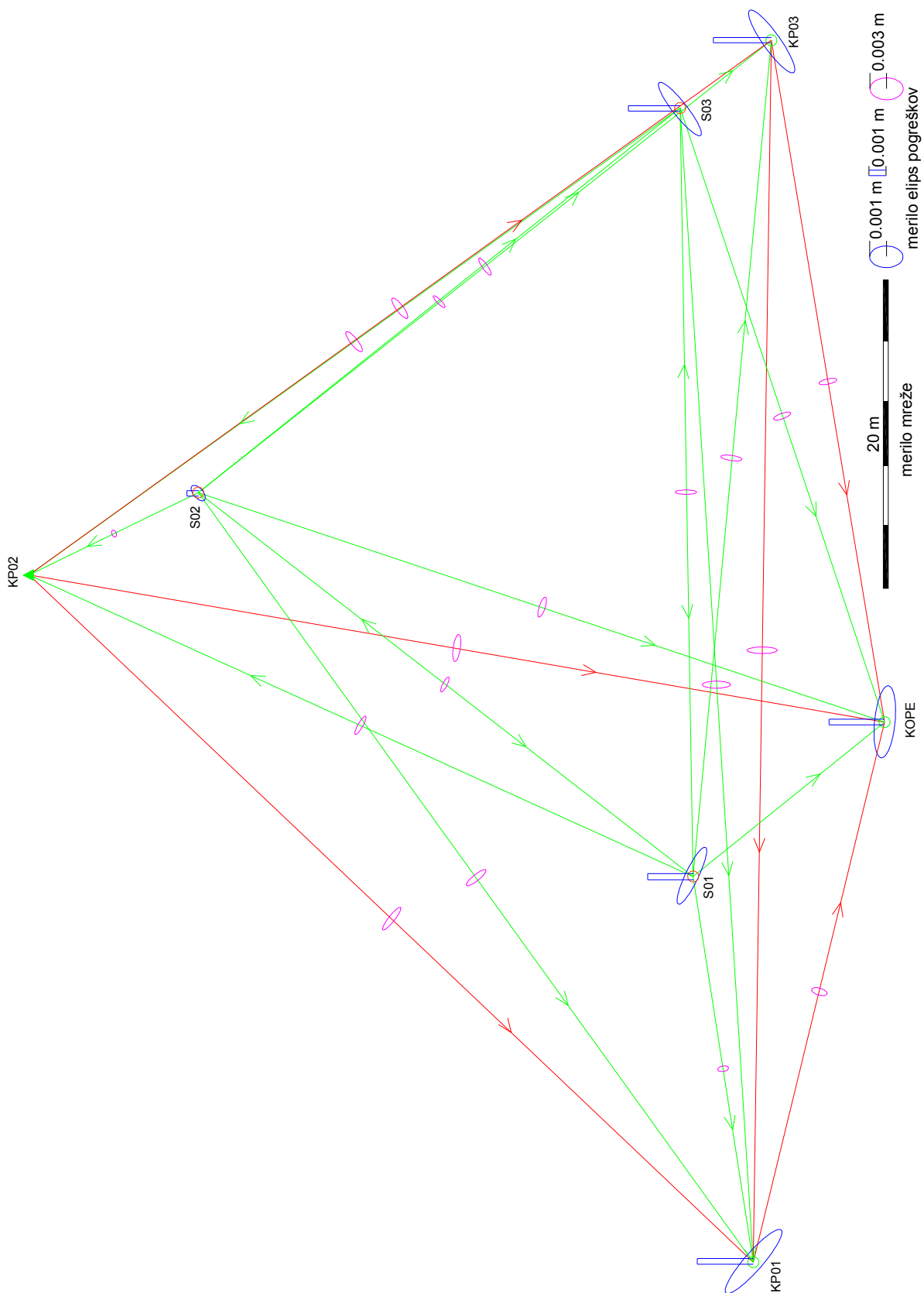
Pregled podatkov in nastavitve obdelave geodetske mreže	
Dimenzija geodetske mreže	3 razsežna (prostorska)
Način ocene neznank	metoda najmanjših kvadratov
Zagotovitev geodetskega datuma	minimalno število zunanjih vezi
Število točk v mreži	danih točk : 1 (KP02) novih točk: 6 (KOPE, KP01, KP03, S01, S02 in S03)
Število vseh neznank v mreži	18 koordinatnih neznank 3 orientacijske neznanke
Število vseh opazovanj v mreži	opazovanih komponent vektorjev: 18 opazovanih prostorskih dolžin: 18 opazovanih zenitnih razdalj: 17 opazovanih horizontalnih smeri: 18
Število nadštevilnih opazovanj	50
Sigma a-priori opazovanj	bazni vektor: 0,005 m prostorske dolžine: 0,001 m zenitne razdalje: 0,3 mgon horizontalne smeri: 0,3 mgon
Sigma a-priori (GPS)	10
Podane stopnje verjetnosti in vrednosti statistik	stopnja zaupanja pregleda opazovanj: 0,999 stopnja zaupanja elipse pogreškov: 39,4 % stopnja zaupanja višin : 68,3 % kritična vrednost W-testa: 3,29 kritična vrednost T-testa (2R): 6,01 kritična vrednost T-testa (3R): 4,29
Rezultati obdelave geodetske mreže	
Število iteracij	1
Globalni test	vrednost testne statistike: 1,00 kritična vrednost: 1,09
Uporabljena referenčna varianca v modelu	a-posteriori
Povprečna nadštevilnost	0,67

V preglednici 5.9 so predstavljene približne vrednosti koordinat točk, izravnane vrednosti koordinat točk, standardne deviacije posameznih koordinat ter parametri standardne elipse pogreškov. Vse vrednosti so podane v metrih.

Preglednica 5.9: Rezultati izravnave kombinirane mreže MP Koper (januar, 2006)

Točka	Približne vrednosti	Izravnane vrednosti	Standardne deviacije	Parametri std. elipse pogreškov
	E N h	E N h	σ_E σ_N σ_h	a b θ
KOPE	400408,4153 46146,0225 52,7672	400408,4152 46146,0278 52,7665	0,0020 0,0006 0,0031	0,0020 0,0005 279°
KP01	400373,6304 46154,7580 45,9669	400373,6264 46154,7658 45,9677	0,0018 0,0015 0,0032	0,0023 0,0005 311°
KP03	400452,4375 46153,6180 46,2001	400452,4412 46153,6264 46,2007	0,0017 0,0013 0,0032	0,0021 0,0005 54°
S01	400398,4774 46158,9236 47,6297	400398,4768 46158,9231 47,6302	0,0016 0,0007 0,0025	0,0017 0,0003 294°
S02	400423,1953 46191,8741 47,9554	400423,1953 46191,8737 47,9559	0,0004 0,0004 0,0007	0,0004 0,0003 58°
S03	400448,0217 46159,7682 47,8462	400448,0217 46159,7673 47,8470	0,0015 0,0011 0,0028	0,0018 0,0004 53°
KP02 - dana				

Slika 5.6 prikazuje kombinirano mrežo MP Koper, kjer so prikazane absolutne in relativne elipse pogreškov ter natančnost višin.



Slika 5.6: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane kombinirane mreže MP Koper (januar, 2006)

- Izravnava kombinirane mreže MP Koper (december, 2006)

Preglednica 5.10: Vhodni podatki in nastavitve obdelave kombinirane mreže MP Koper (december, 2006)

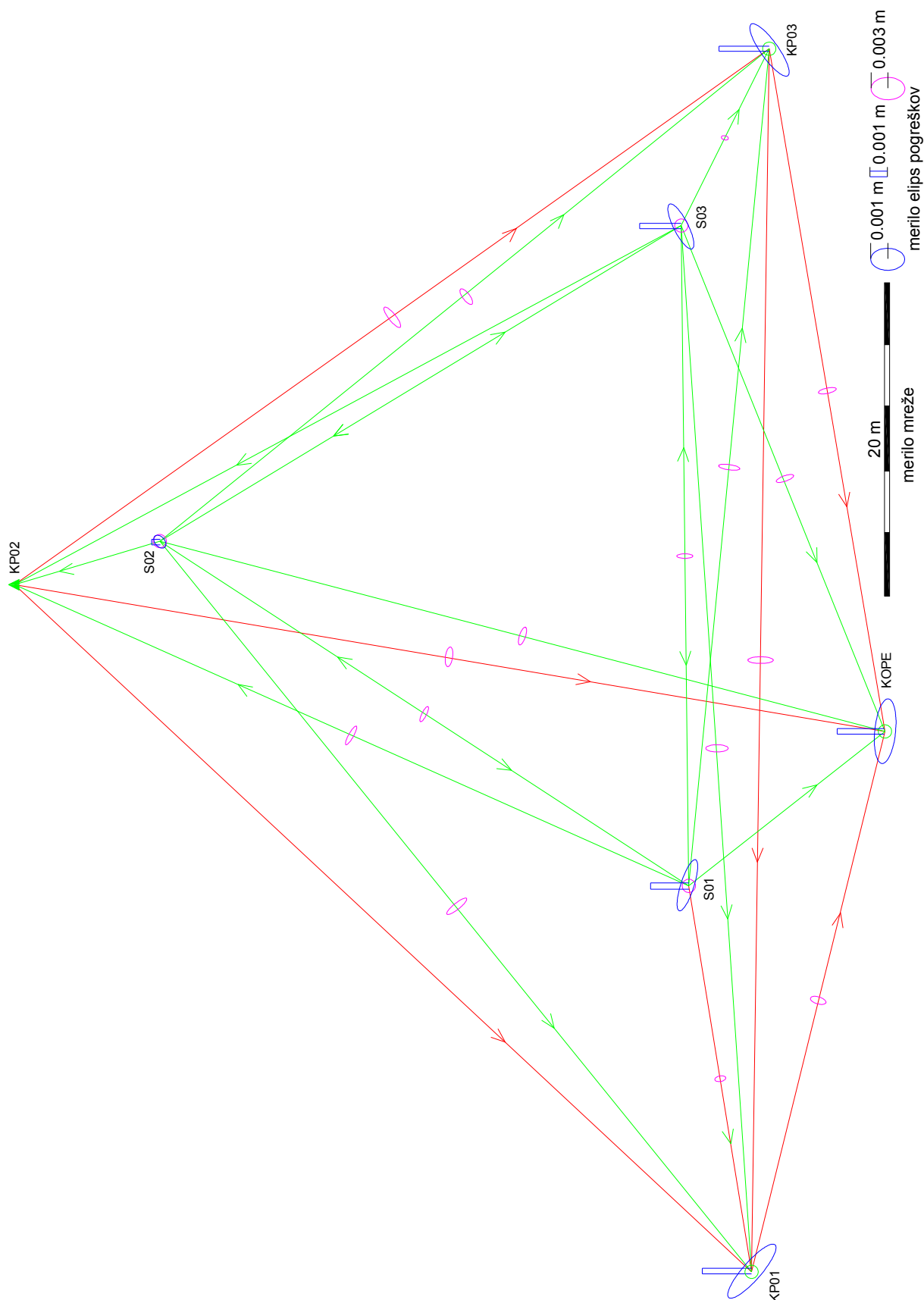
Pregled podatkov in nastavitve obdelave geodetske mreže	
Dimenzija geodetske mreže	3 razsežna (prostorska)
Način ocene neznank	metoda najmanjših kvadratov
Zagotovitev geodetskega datuma	minimalno število zunanjih vezi
Število točk v mreži	danih točk : 1 (KP02) novih točk: 6 (KOPE, KP01, KP03, S01, S02 in S03)
Število vseh neznank v mreži	18 koordinatnih neznank 3 orientacijske neznanke
Število vseh opazovanj v mreži	opazovanih komponent vektorjev: 18 opazovanih prostorskih dolžin: 18 opazovanih zenitnih razdalj: 16 opazovanih horizontalnih smeri: 16
Število nadštevilnih opazovanj	47
Sigma a-priori opazovanj	bazni vektor: 0,005 m prostorske dolžine: 0,001 m zenitne razdalje: 0,3 mgon horizontalne smeri: 0,3 mgon
Sigma a-priori (GPS)	10
Podane stopnje verjetnosti in vrednosti statistik	stopnja zaupanja pregleda opazovanj: 0,999 stopnja zaupanja elipse pogreškov: 39,4 % stopnja zaupanja višin : 68,3 % kritična vrednost W-testa: 3,29 kritična vrednost T-testa (2R): 6,01 kritična vrednost T-testa (3R): 4,29
Rezultati obdelave geodetske mreže	
Število iteracij	1
Globalni test	vrednost testne statistike: 0,73 kritična vrednost: 1,10
Uporabljena referenčna varianca v modelu	a-posteriori
Povprečna nadštevilnost	0,66

V preglednici 5.11 so predstavljene približne vrednosti koordinat točk, izravnane vrednosti koordinat točk, standardne deviacije posameznih koordinat ter parametri standardne elipse pogreškov. Vse vrednosti so podane v metrih.

Preglednica 5.11: Rezultati izravnave kombinirane mreže MP Koper (december, 2006)

Točka	Približne vrednosti	Izravnane vrednosti	Standardne deviacije	Parametri std. elipse pogreškov
	E N h	E N h	σ_E σ_N σ_h	a b θ
KOPE	400408,4215 46146,0277 52,7788	400408,4230 46146,0238 52,7790	0,0017 0,0006 0,0027	0,0017 0,0005 279°
KP01	400373,6333 46154,7598 45,9783	400373,6295 46154,7635 45,9797	0,0015 0,0013 0,0027	0,0020 0,0004 312°
KP03	400452,4428 46153,6231 46,2128	400452,4434 46153,6267 46,2144	0,0015 0,0011 0,0028	0,0018 0,0004 54°
S01	400398,4806 46158,9211 47,5596	400398,4784 46158,9213 47,5606	0,0013 0,0007 0,0021	0,0014 0,0004 294°
S02	400420,6664 46193,5993 47,5199	400420,6658 46193,6005 47,5205	0,0003 0,0004 0,0005	0,0004 0,0003 354°
S03	400441,1050 46159,4656 47,5909	400441,1031 46159,4649 47,5930	0,0013 0,0008 0,0023	0,0015 0,0004 60°
KP02 - dana				

Slika 5.7 prikazuje kombinirano mrežo MP Koper, kjer so prikazane absolutne in relativne elipse pogreškov ter natančnost višin.



Slika 5.7: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane kombinirane mreže
MP Koper (december, 2006)

5.5.3 Rešitev modela v primeru datuma z notranjimi vezmi

Rešitev funkcionalnega modela je dana z:

- Sistem normalnih enačb:

$$\mathbf{N} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{B}, \quad \mathbf{t} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{f} .$$

- Popravki približnih vrednosti neznank:

$$\mathbf{Q}_{\Delta\Delta} = (\mathbf{N} + \mathbf{H} \cdot \mathbf{H}^T)^{-1} - \mathbf{H} (\mathbf{H}^T \mathbf{H} \mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T .$$

- Popravki opazovanj in izravnana opazovanja:

$$\mathbf{v} = \mathbf{f} - \mathbf{B} \cdot \Delta, \quad \hat{\mathbf{l}} = \mathbf{l} + \mathbf{v} .$$

- Matrika nadštevilnosti:

$$\mathbf{R} = \mathbf{I}_{n \times n} - \mathbf{B} \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \cdot \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} = \mathbf{Q}_{vv} \cdot \mathbf{P} .$$

Rešitev stohastičnega modela ja dana z:

- Referenčna varianca *a-posteriori*:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}}{n - n_0} .$$

- Matrika kofaktorjev in kovariančna matrika vektorja popravkov neznank:

$$\Sigma_{\Delta\Delta} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} .$$

- Matrika kofaktorjev in kovariančna matrika vektorja popravkov:

$$\mathbf{Q}_{vv} = \mathbf{Q} - \mathbf{B} \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \cdot \mathbf{B}^T \rightarrow \Sigma_{vv} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{vv} .$$

- Matrika kofaktorjev in kovariančna matrika vektorja izravnanih opazovanj:

$$\mathbf{Q}_{\text{il}} = \mathbf{Q} - \mathbf{Q}_{vv} \rightarrow \Sigma_{\text{il}} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{\text{il}} .$$

Izravnava klasične terestrične mreže MP Koper

- Izravnava klasične terestrične mreže MP Koper (januar, 2006)

Preglednica 5.12: Vhodni podatki in nastavitve obdelave klasične terestrične mreže MP Koper (januar 2006)

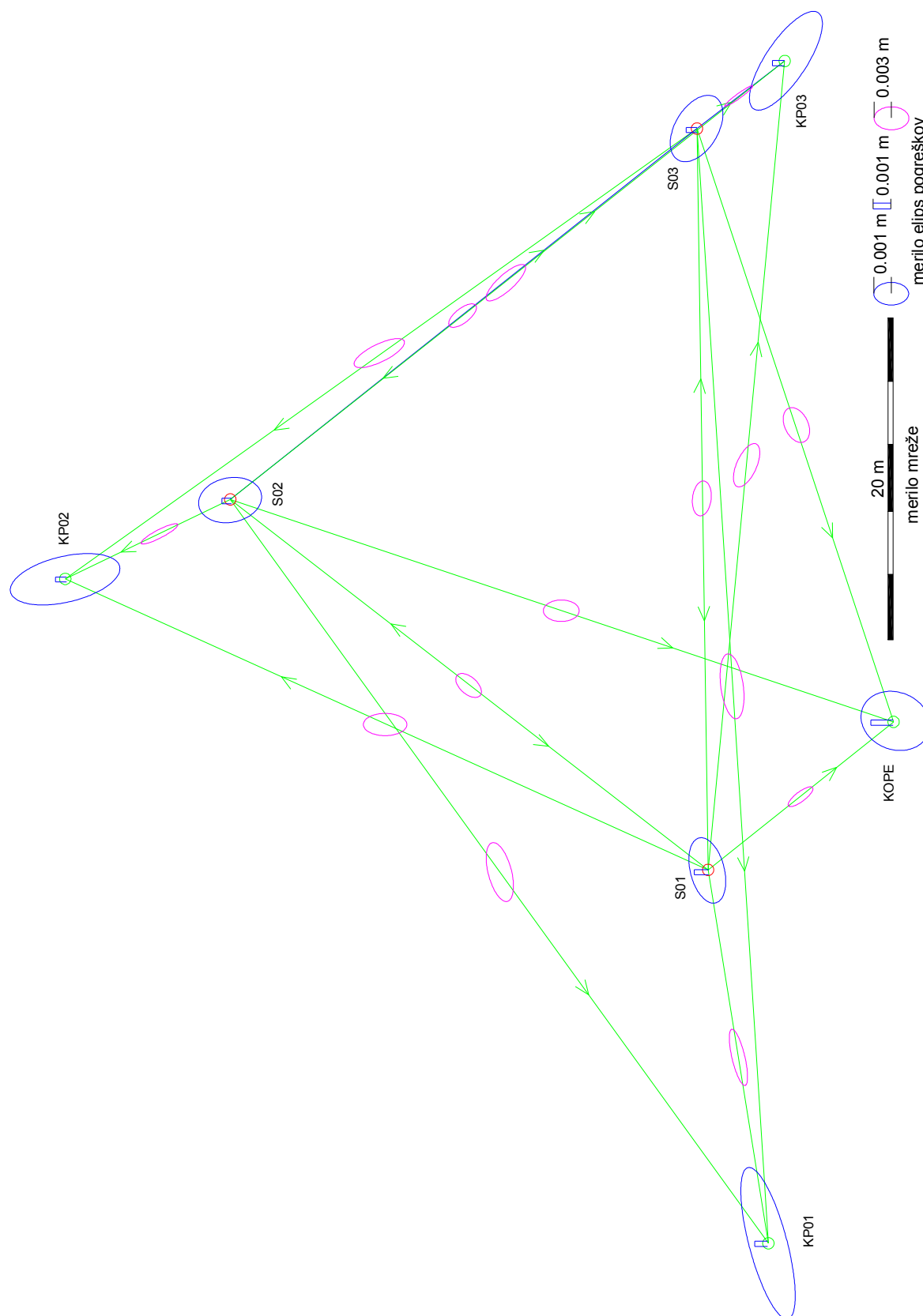
Pregled podatkov in nastavitve obdelave geodetske mreže	
Dimenzija geodetske mreže	3 razsežna (prostorska)
Način ocene neznank	metoda najmanjših kvadratov
Zagotovitev geodetskega datuma	minimalno število notranjih vezi – prosta mreža
Število točk v mreži	danih točk : 0) novih točk: 7 (KOPE, KP01, KP02, KP03, S01, S02 in S03)
Število vseh neznank v mreži	21 koordinatnih neznank 3 orientacijske neznanke
Število vseh opazovanj v mreži	opazovanih prostorskih dolžin: 18 opazovanih zenitnih razdalj: 17 opazovanih horizontalnih smeri: 18
Število nadštevilnih opazovanj	29
Sigma a-priori opazovanj	prostorske dolžine: 0,001 m zenitne razdalje: 0,3 mgon horizontalne smeri: 0,3 mgon
Podane stopnje verjetnosti in vrednosti statistik	stopnja zaupanja pregleda opazovanj: 0,999 stopnja zaupanja elipse pogreškov: 39,4 % stopnja zaupanja višin : 68,3 % kritična vrednost W-testa: 3,29 kritična vrednost T-testa (2R): 6,01 kritična vrednost T-testa (3R): 4,29
Rezultati obdelave geodetske mreže	
Število iteracij	1
Globalni test	vrednost testne statistike: 1,08 kritična vrednost: 1,18
Uporabljena referenčna varianca v modelu	a-posteriori
Povprečna nadštevilnost	0,62

V preglednici 5.13 so predstavljene približne vrednosti koordinat točk, izravnane vrednosti koordinat točk, standardne deviacije posameznih koordinat ter parametri standardne elipse pogreškov. Vse vrednosti so podane v metrih.

Preglednica 5.13: Rezultati izravnave klasične terestrične mreže MP Koper (januar, 2006)

Točka	Približne vrednosti	Izravnane vrednosti	Standardne deviacije	Parametri std. elipse pogreškov
	E N h	E N h	σ_E σ_N σ_h	a b θ
KOPE	400408,4153	400408,4154	0,0002	0,0002
	46146,0225	46146,0296	0,0002	0,0002
	52,7672	52,7660	0,0001	14°
KP01	400373,6304	400373,6273	0,0004	0,0004
	46154,7580	46154,7674	0,0002	0,0002
	45,9669	45,9674	0,0001	75°
KP03	400452,4375	400452,4404	0,0003	0,0003
	46153,6180	46153,6281	0,0002	0,0002
	46,2001	46,2001	0,0001	306°
KP02	400417,9253	400417,9253	0,0001	0,0003
	46203,2711	46203,2716	0,0003	0,0001
	46,3645	46,3643	0,0000	349°
S01	400398,4774	400398,4772	0,0002	0,0002
	46158,9236	46158,9247	0,0001	0,0001
	47,6297	47,6298	0,0001	78°
S02	400423,1953	400423,1952	0,0001	0,0002
	46191,8741	46191,8745	0,0002	0,0001
	47,9554	47,9556	0,0000	349°
S03	400448,0217	400448,0210	0,0002	0,0002
	46159,7682	46159,7688	0,0001	0,0001
	47,8462	47,8465	0,0001	301°

Spodnja slika prikazuje klasično terestrično mrežo MP Koper, kjer so prikazane absolutne in relativne elipse pogreškov ter natančnost višin.



Slika 5.8: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane klasične mreže MP Koper (januar, 2006)

- Izravnava klasične terestrične mreže MP Koper (december, 2006)

Preglednica 5.14: Vhodni podatki in nastavitve obdelave klasične terestrične mreže MP Koper (december, 2006)

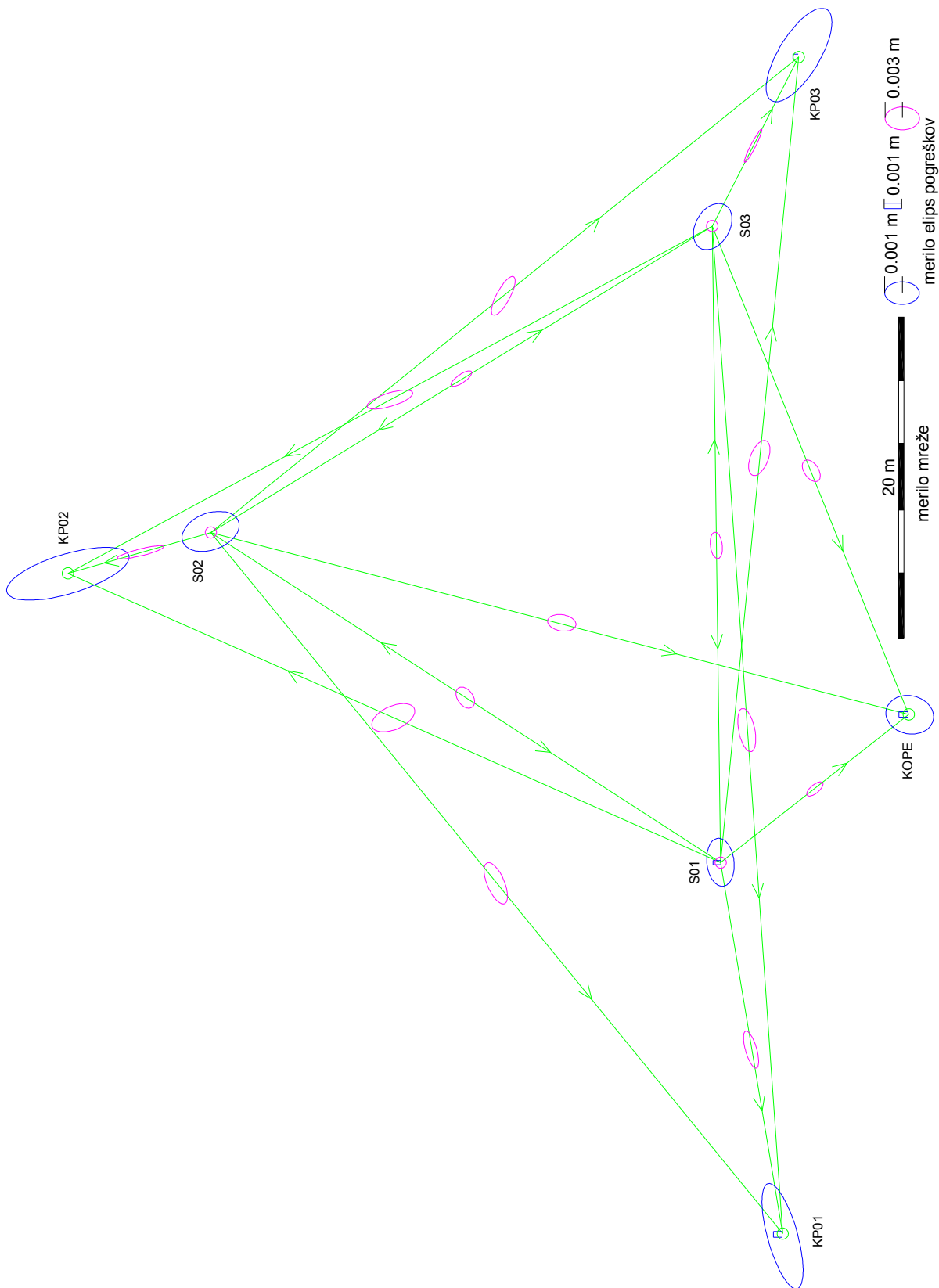
Pregled podatkov in nastavitve obdelave geodetske mreže	
Dimenzija geodetske mreže	3 razsežna (prostorska)
Način ocene neznank	metoda najmanjših kvadratov
Zagotovitev geodetskega datuma	minimalno število notranjih vezi – prosta mreža
Število točk v mreži	danih točk : 0) novih točk: 7 (KOPE, KP01, KP02, KP03, S01, S02 in S03)
Število vseh neznank v mreži	21 koordinatnih neznank 3 orientacijske neznanke
Število vseh opazovanj v mreži	opazovanih prostorskih dolžin: 18 opazovanih zenitnih razdalj: 16 opazovanih horizontalnih smeri: 16
Število nadštevilnih opazovanj	26
Sigma a-priori opazovanj	prostorske dolžine: 0,001 m zenitne razdalje: 0,3 mgon horizontalne smeri: 0,3 mgon
Podane stopnje verjetnosti in vrednosti statistik	stopnja zaupanja pregleda opazovanj: 0,999 stopnja zaupanja elipse pogreškov: 39,4 % stopnja zaupanja višin : 68,3 % kritična vrednost W-testa: 3,29 kritična vrednost T-testa (2R): 6,01 kritična vrednost T-testa (3R): 4,29
Rezultati obdelave geodetske mreže	
Število iteracij	1
Globalni test	vrednost testne statistike: 0,56 kritična vrednost: 1,21
Uporabljena referenčna varianca v modelu	a-posteriori
Povprečna nadštevilnost	0,60

V preglednici 5.15 so predstavljene približne vrednosti koordinat točk, izravnane vrednosti koordinat točk, standardne deviacije posameznih koordinat ter parametri standardne elipse pogreškov. Vse vrednosti so podane v metrih.

Preglednica 5.15: Rezultati izravnave klasične terestrične mreže MP Koper (december, 2006)

Točka	Približne vrednosti	Izravnane vrednosti	Standardne deviacije	Parametri std. elipse pogreškov
	E N h	E N h	σ_E σ_N σ_h	a b θ
KOPE	400408,4215 46146,0277 52,7788	400408,4267 46146,0234 52,7778	0,0001 0,0001 0,0001	0,0001 0,0001 14°
KP01	400373,6333 46154,7598 45,9783	400373,6333 46154,7611 45,9796	0,0003 0,0001 0,0000	0,0003 0,0001 74°
KP03	400452,4428 46153,6231 46,2128	400452,4455 46153,6288 46,2123	0,0003 0,0002 0,0000	0,0003 0,0001 300°
KP02	400417,9284 46203,2714 46,3760	400417,9276 46203,2714 46,3761	0,0001 0,0003 0,0000	0,0004 0,0001 344°
S01	400398,4806 46158,9211 47,5596	400398,4815 46158,9202 47,5600	0,0001 0,0001 0,0000	0,0001 0,0001 82°
S02	400420,6664 46193,5993 47,5199	400420,6660 46193,5999 47,5202	0,0001 0,0002 0,0000	0,0002 0,0001 350°
S03	400441,1050 46159,4656 47,5909	400441,1050 46159,4663 47,5914	0,0001 0,0001 0,0000	0,0001 0,0001 294°

Spodnja slika prikazuje klasično terestrično mrežo MP Koper, kjer so prikazane absolutne in relativne elipse pogreškov ter natančnost višin.



Slika 5.9: Elipse pogreškov in natančnost višin izravnane klasične mreže MP Koper (december, 2006)

5.5.4 Referenčna varianca a-posteriori

A-posteriori vrednost referenčne variance $\hat{\sigma}_0^2$ ocenimo na podlagi izračunanih popravkov opazovanj \mathbf{v} in matrike uteži \mathbf{P} :

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}}{n - n_0} = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}}{r}. \quad (5.6)$$

Ocena referenčne variance *a-posteriori* je neodvisna od izbire modela izravnave. Povezava med matriko uteži opazovanj \mathbf{P} in variančno-kovariančno matriko opazovanj $\mathbf{\Sigma}$ je enaka:

$$\mathbf{P} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{\Sigma}^{-1}. \quad (5.7)$$

V enačbi (5.7) predstavlja σ_0^2 referenčno varianco *a-priori*. Če matriko uteži \mathbf{P} iz enačbe (5.6) nadomestimo z desno stranjo enačbe (5.7), dobimo:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \sigma_0^2 \cdot \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}}{r} \rightarrow \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}}{r}.$$

Za kvadratno formo $\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}$ se izkaže, da velja:

$$E[\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}] = r.$$

Torej je pričakovana vrednost kvadratne forme $E[\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}]$ enaka številu nadštevilnih opazovanj. To dejstvo niti ni tako nepričakovano, saj lahko v primeru diagonalne variančno-kovariančne matrike ($\mathbf{\Sigma}$) kvadratno formo iz enačbe (5.59) zapišemo kot:

$$\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v} = \frac{v_1^2}{\sigma_1^2} + \frac{v_2^2}{\sigma_2^2} + \dots + \frac{v_n^2}{\sigma_n^2} = \sum_{i=1}^n \frac{v_i^2}{\sigma_i^2} \quad (5.8)$$

Ker pričakujemo, da so posamezni popravki v_i normalno porazdeljeni s srednjo vrednostjo 0 in varianco σ_i^2 , imamo torej v enačbi (5.8) vsoto kvadratov n -slučajnih spremenljivk, ki so standardno normalno porazdeljene (torej s srednjo vrednostjo 0 in varianco 1). Iz oblike in definicije χ^2 porazdelitve tako vidimo, da bi morala biti porazdelitev kvadratne forme $\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}$ porazdeljena po χ^2 z n prostostnimi stopnjami in pričakovano vrednostjo n .

Popravki pa med seboj niso neodvisni, saj so pridobljeni le na podlagi r nadštevilnih opazovanj. Neodvisnih popravkov je tako samo r , ostalih n_0 popravkov je linearno odvisnih. Zato se kvadratna forma $\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}$ porazdeljuje po χ^2 porazdelitvi z r prostostnimi stopnjami in pričakovano vrednostjo r . Enačbo (5.61) tako lahko zapišemo kot:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{E[\mathbf{v}^T \mathbf{\Sigma}^{-1} \mathbf{v}]}{r} = \frac{r}{r} = 1 \quad (5.9)$$

Enačba (5.9) prikazuje glavno značilnost referenčne variance *a-posteriori* $\hat{\sigma}_0^2$. Le-ta mora biti statistično skladna z referenčno varianco *a-priori* σ_0^2 .

5.6 Odkrivanje grobih pogreškov opazovanj po izravnavi

Po izravnavi opazovanj ugotavljamo prisotnost grobih pogreškov v opazovanjih, ki naj bi bili majhni po svoji velikosti. Grobe pogreške, ki so po svoji velikosti veliki naj bi odkrili pred izravnavo, s predhodno analizo opazovanj, kot je opisano v poglavju 4.2. Najpomembnejše količine po izravnavi so popravki opazovanj. Popravki opazovanj, ki so večji od pričakovanih ali porazdeljeni drugače od pričakovane porazdelitve verjetnosti, so lahko opozorilo za prisotnost grobo pogrešenih opazovanj. Niso pa veliki popravki tudi neposredno povezani z opazovanji, ki so grobo pogrešena. Popravki opazovanj nam nakazujejo na kakovost opazovanj in kakovost matematičnega modela, kar pomeni, da imajo slaba opazovanja in slab matematični model enak vpliv na rezultate izravnave in je praktično težko ločiti vzroka za slabe rezultate izravnave. V geodetski praksi predpostavimo, da so matematični modeli pravilno sestavljeni, ker delamo s preverjenimi matematičnimi programi (računalniški programi). Po izravnavi se v praksi najbolj pogosto uporabljajo naslednje metode za odkrivanje grobih pogreškov:

- Globalni test modela,
- Baardova metoda (vključuje globalni test modela in "data snooping"),
- τ test in
- Danska metoda.

5.6.1 Globalni test modela

Po izravnavi izvedemo globalni test modela, s katerim testiramo skladnost referenčne variance *a-posteriori* $\hat{\sigma}_0^2$ in referenčne variance *a-priori* σ_0^2 . Statistično skladnost med $\hat{\sigma}_0^2$ in σ_0^2 testiramo s testno statistiko, katera ima obliko:

$$T = r \cdot \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \sim \chi_r^2 \quad \rightarrow \quad \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \sim \chi_r^2 \quad (5.10)$$

Testna statistika na levi strani enačbe (5.10) se porazdeljuje po χ^2 porazdelitvi z r prostostnimi stopnjami. Ničelno in alternativno hipotezo sestavimo kot:

$$H_0 : \hat{\sigma}_0^2 = \sigma_0^2 \quad \text{oziroma} \quad H_1 : \hat{\sigma}_0^2 \neq \sigma_0^2$$

Ničelne hipoteze H_0 ne moremo zavrniti, kadar velja:

$$\frac{\chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2}{r} < \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} < \frac{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2}{r}$$

V tem primeru tako lahko rečemo, da sta referenčni varianci statistično skladni. Za stopnjo tveganja (zaupanja) testa običajno izberemo $\alpha = 0,05$. V splošnem, predvsem ko je število opazovanj večje ($n > 10$) in je veliko nadštevilnih opazovanj ($n/r > 2$), sta tipični meji postavljeni kot:

$$0,6 < \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} < 1,6$$

V primeru, ko globalni test zavrne skladnost obeh varianc, oziroma ko zavrne test, iščemo vzroke zavrnitve v (Stopar, 2010) :

- H_{1-1} : nepravilne uteži opazovanj (Kovariančna matrika opazovanj ne ustreza realnemu stanju. Razmerja natančnosti opazovanj niso prava. Prav tako globalni test ni sprejet, če so natančnosti precenjene ali podcenjene.),
- H_{1-2} : prisotnost grobih pogreškov v opazovanjih (opazovanja poleg slučajnih pogreškov vsebujejo tudi grobe in/ali sistematične pogreške),
- H_{1-3} : napačni matematični model (npr. neustrezno modelirano realno stanje) in
- H_{1-4} : napačni matematični model in napačne uteži opazovanj (v izračunu se nam zaradi nestabilnosti sistema, zaokroževanja, programskih napak itn. pojavijo napake v izračunu – v praksi je v splošnem ta vpliv minimalen).

V praksi se omejimo na dve alternativni hipotezi H_{1-1} in H_{1-2} . V prvi fazi ne vemo, s katero možnostjo imamo opravka, zato problem rešujemo postopoma. Najprej preverimo možnost, da smo opazovanjem dodelili napačne uteži oziroma izberemo alternativno hipotezo H_{1-1} . Če zavrne H_0 zaradi slabo ocenjene natančnosti opazovanj (*a-priori* natančnost), so popravki še vedno normalno porazdeljeni in po velikosti ustrezajo natančnosti uporabljenega instrumentarija in metode izmere ter je $\hat{\sigma}_0^2$ glede na σ_0^2 prevelika, je možen vzrok za zavrnitev H_0 slabo sestavljena kovariančna matrika opazovanj Σ . Zato Σ sestavimo na novo. V praksi prvotno sestavljeno kovariančno matriko množimo z

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \cdot$$

$$\tilde{\Sigma} = \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \cdot \Sigma$$

Celotno izravnavo ponovimo z uporabo kovariančne matrike $\tilde{\Sigma}$. Ničelne hipoteze (H_0) naj sedaj ne bi zavrnili. Če pa so v prvem koraku ugotovljeni tudi popravki, ki so preveliki glede na natančnost uporabljenega instrumentarija, testiramo opazovanja glede možne prisotnosti grobih pogreškov v opazovanjih oziroma alternativno hipotezo H_{1-2} (Stopar, 2010).

5.6.2 Baardova metoda ("data snooping")

Alternativna hipoteza H_{1-2} je še vedno preveč splošna, ker ne podaja nobene informacije glede komponent vektorja grobih pogreškov, saj se nanaša na celoten matematični model. Potrebujemo enostavno in podrobno definirano alternativno hipotezo, ki podaja zvezo med popravki opazovanj in grobimi pogreški. Zato uporabimo metodo "data snooping", ki jo je leta 1968 predlagal Baarda (Stopar, 2010). Osnovne predpostavke metode so naslednje (Ambrožič, 1996):

- opazovanja in popravki opazovanj so normalno porazdeljeni,
- zanesljivo poznamo referenčno varianco a priori σ_0^2 in
- predpostavimo, da je v vektorju opazovanj samo eno opazovanje grobo pogrešeno.

"Data snooping" je metoda sestavljena iz dveh delov. V prvem koraku z globalnim testom ugotavljamo eventualno prisotnost grobo pogrešenih opazovanj. V drugem koraku s pregledovanjem posameznih popravkov opazovanj lociramo in odstranimo grobo pogrešena opazovanja. S postopkom "data snooping" lahko odkrijemo le eno grobo pogrešeno opazovanje naenkrat. Ostale grobe pogreške odkrivamo postopoma in s ponovitvijo postopka potem, ko smo izločili opazovanje, ki je obremenjeno z odkritim grobim pogreškom (Stopar, 2010). Ničelno hipotezo postavimo kot (Stopar, 2010):

H_0 : med opazovanji ni grobih pogreškov

Kot testno statistiko za testiranje ničelne hipoteze uporabimo:

$$W_i = \frac{\mathbf{c}_i \mathbf{P} \mathbf{v}}{\sigma_0^2 \sqrt{\mathbf{c}_i^T \mathbf{P} \mathbf{Q}_{vv} \mathbf{P} \mathbf{c}_i}},$$

kjer je:

$\mathbf{c}_i = [0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1 \ 0 \ \dots \ 0]^T$... vektor ničel z enico na i-tem mestu.

Testno statistiko W_i za nekorelirana opazovanja lahko zapišemo kot t.i. standardizirane popravke:

$$W_i = \frac{-v_i}{\sigma_{l_i} \sqrt{r_i}} = \frac{v_i}{\sigma_{v_i}},$$

kjer je:

$$\sigma_{v_i} = \pm\sqrt{r_{ii}} \cdot \sigma_{l_i} .$$

Testna statistika W_i se porazdeljuje po standardizirani normalni porazdelitvi $W_i | H_0 \in N(0,1)$. Ob dani stopnji značilnosti testa α_0 ($\alpha_0 \neq \alpha$, kjer je α stopnja značilnosti testa, ki smo jo uporabili pri globalnem testu modela) ničelno hipotezo zavrnilo, če velja:

$$W_i < N_{\frac{\alpha_0}{2}}(0,1) \quad \text{ali} \quad W_i > N_{1-\frac{\alpha_0}{2}}(0,1)$$

Za α_0 običajno izberemo $\alpha_0 = 0,001$.

LOCIRANJE GROBIH POGREŠKOV

Ko smo odkrili popravke verjetno grobo pogrešenih opazovanj, je naslednji korak lociranje grobo pogrešenih opazovanj. Uspešnost lociranja grobih pogreškov je odvisna od geometrije matematičnega modela in od števila grobo pogrešenih opazovanj. Splošna zahteva je tudi, da so opazovanja statistično skladna (približno enake natančnosti) ter da mora biti število grobih pogreškov v opazovanjih manjše, kot je skupna nadštevilnost matematičnega modela. Ker imamo opravka z grobimi pogreški majhne velikosti, je pravilno lociranje verjetno grobo pogrešenih opazovanj močno odvisno od geometrijskih lastnosti problema. Matrika nadštevilnosti \mathbf{R} nam podaja celotno informacijo o geometriji matematičnega modela in opazovanja v modelu. Matriko \mathbf{R} izračunamo kot (Stopar, 2010):

$$\mathbf{R} = \mathbf{I} - \mathbf{B}(\mathbf{N} + \mathbf{H}\mathbf{H}^T)^{-1}\mathbf{B}^T\mathbf{P} .$$

Velja tudi (Stopar, 2010):

$$\mathbf{Q}_{vv} = \mathbf{R} \cdot \mathbf{Q}_{ll} . \tag{5.11}$$

Iz enačbe (5.11) vidimo, da so popravki opazovanj med seboj korelirani, tudi ko so opazovanja nekorelirana, ker je matrika \mathbf{R} , v splošnem, polna matrika. Večja koreliranost popravkov nam lahko oteži ugotavljanje grobo pogrešenih opazovanj. V primeru, da med opazovanji obstaja samo eno grobo pogrešeno opazovanje, lahko zaradi koreliranosti popravkov opazovanj popravek verjetno grobo pogrešenega opazovanja v_i kaže na prisotnost grobega pogreška v opazovanju samo, če ima to opazovanje dominantno število nadštevilnosti r_{ii} . Število nadštevilnosti posameznih opazovanj predstavljajo diagonalni členi matrike nadštevilnosti \mathbf{R} . Število nadštevilnosti r_{ii} je dominantno, če velja:

$$r_{ii} > \max\{|r_{ij}|; j \neq i; j = 1, \dots, n\} ,$$

kjer so r_{ij} izvendiagonalni členi matrike nadštevilnosti \mathbf{R} . Vrednost števila nadštevilnosti je vedno med 0 in 1 ($0 \leq r_{ii} \leq 1$). Idealna možnost je kadar je $r_{ii} = 1$. Takrat je verjetnost odkritja grobega pogreška v opazovanjih 100%, ker bo grobi pogrešek v celoti prešel v popravke opazovanj. Druga skrajna možnost je kadar je $r_{ii} = 0$. Takrat je verjetnost odkritja grobega pogreška v opazovanjih 0%. Grobi pogrešek bo v tem primeru v celoti prišel v neznanke. Takšne situacije nastopajo v primeru določitve neznanek na osnovi samo n_0 opazovanj. Takšni primeri so slep poligonski vlak, slep nivelmanski vlak,... Takšnim primerom se v praksi izogibamo.

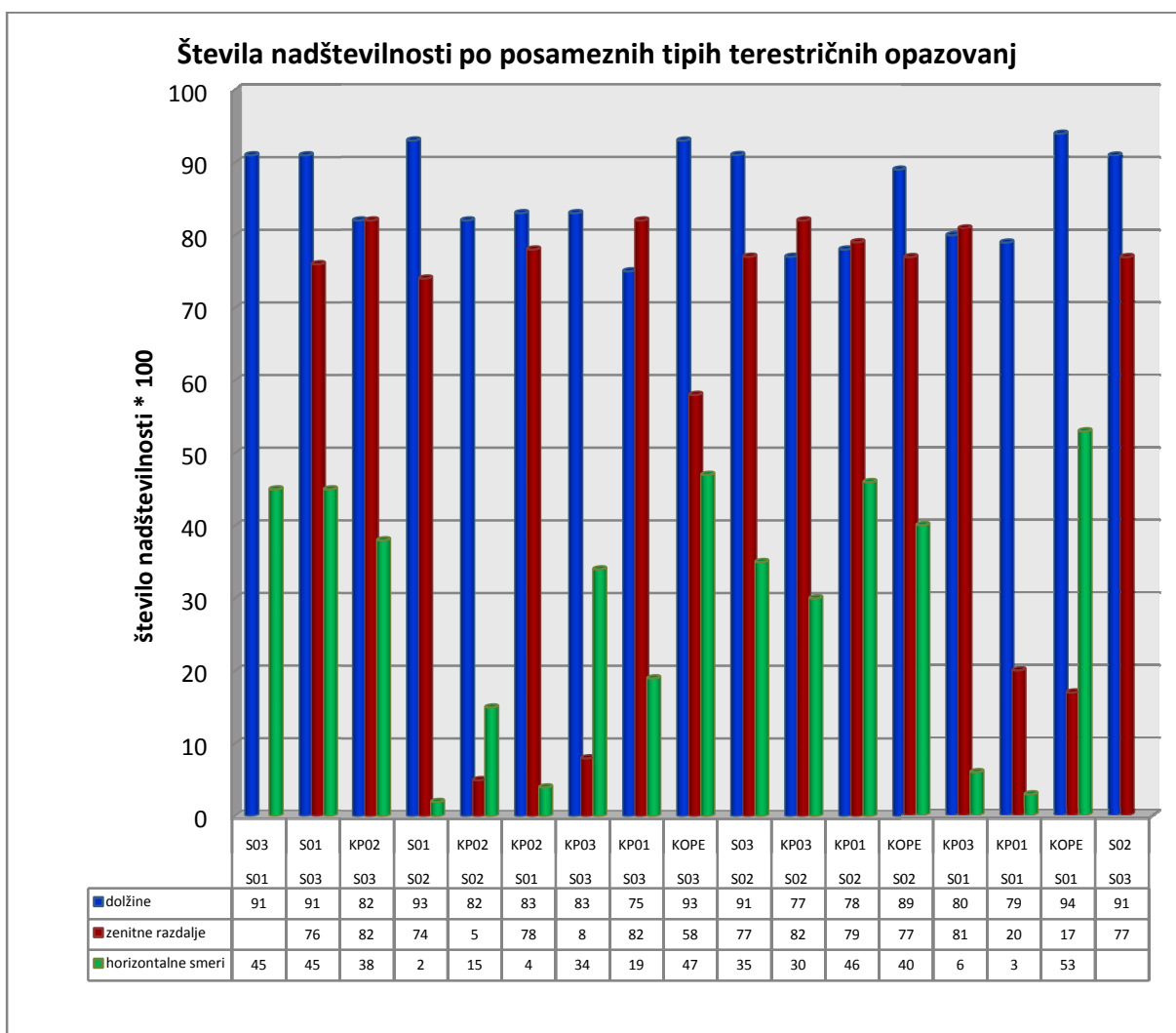
Z ugotavljanjem nadštevilnosti posameznih opazovanj v matematičnem modelu kot celoti ali po delih ugotavljamo t.i. čvrstost modela. V praksi stremimo za tem, da je nadštevilnost posameznih delov matematičnega modela približno enaka, kar nam omogoča enake možnosti odkrivanja grobo pogrešenih opazovanj v celotnem matematičnem modelu.

Slika 5.10 prikazuje števila nadštevilnosti po posameznih tipih terestričnih opazovanj v mrežah MP Koper. Iz slike je razvidno, da imajo dolžine in zenitne razdalje občutno večja števila nadštevilnosti kakor horizontalne smeri. Povprečno število nadštevilnosti dolžin znaša 85, zenitnih razdalj 61 ter horizontalnih smeri 28.

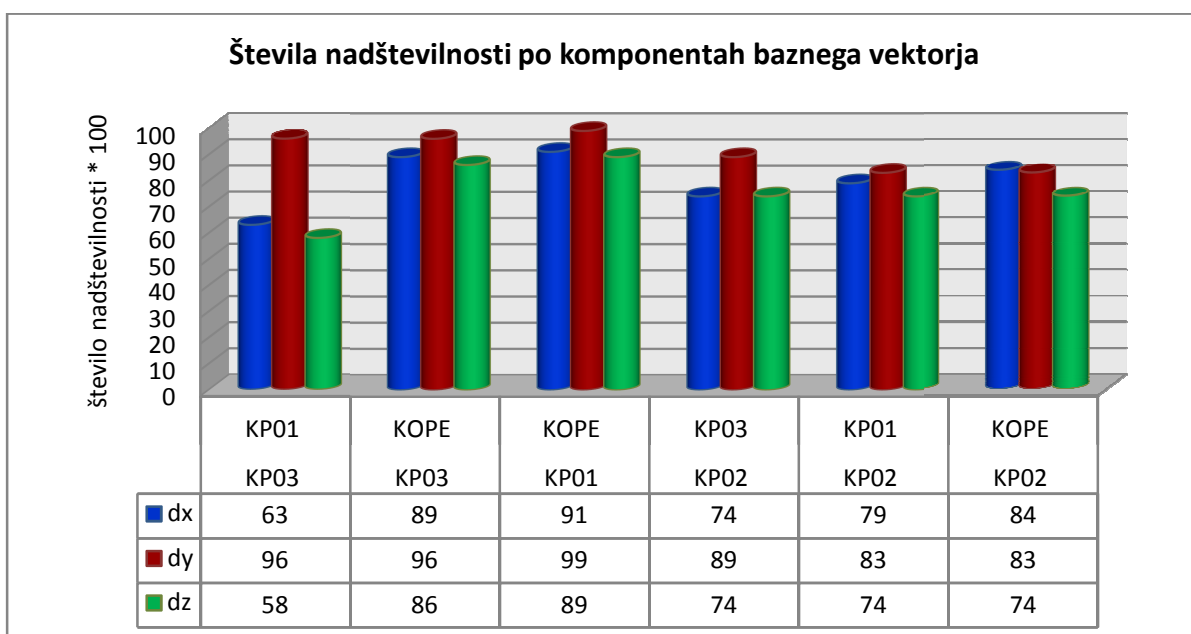
Na sliki 5.11 pa so predstavljena števila nadštevilnosti po komponentah baznega vektorja. Opazimo lahko, da imajo vse komponente približno enake vrednosti števil nadštevilnosti. Povprečno število nadštevilnosti vseh komponent baznega vektorja znaša 82.

Na obeh slikah so predstavljena števila nadštevilnosti izravnane kombinirane mreže (december) MP Koper. Iz vsega zgoraj naštetega lahko sklepamo, da združevanje GPS in klasičnih terestričnih opazovanj vodi k boljši zanesljivosti celotnega sistema obravnavane geodetske mreže.

Števila nadštevilnosti ostalih izravnanih mrež si bralec lahko ogleda v Prilogi A, kjer se nahajajo celotna poročila izravnave obeh terminskih izmer.



Slika 5.10: Števila nadštevilnosti po posameznih tipih terestričnih opazovanj



Slika 5.11: Števila nadštevilnosti po komponentah baznega vektorja

5.6.3 τ TEST

V večini primerov v praksi referenčne variance *a-priori* (σ_0^2) ne poznamo dovolj zanesljivo. V tem primeru grobe pogreške v opazovanjih odkrivamo s τ testom, ki ga je leta 1976 predlagal Pope. Razlika med metodo "data snooping" in τ testom je le to ali referenčno varianco *a-priori* poznamo zanesljivo ali ne. Ostale predpostavke so enake. Testna statistika T_i testa τ se pod predpostavko ničelne hipoteze (H_0 : med opazovanji ni grobih pogreškov) porazdeljuje po τ porazdelitvi z r prostostnimi stopnjami (Grigillo in Stopar, 2003):

$$\tau_i = \frac{|v_i|}{\hat{\sigma}_{v_i}} = \frac{|v_i|}{\hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{v_i v_i}}} . \quad (5.12)$$

Vrednost testne statistike τ_i primerjamo s kritično vrednostjo $\tau_{1-\frac{\alpha_0}{2}}(r)$, katero izračunamo iz Studentove t - porazdelitve iz izraza (Grigillo in Stopar, 2003):

$$\tau_{1-\frac{\alpha_0}{2}}(r) = \frac{\sqrt{r} \cdot t_{1-\frac{\alpha_0}{2}}(r-1)}{\sqrt{r-1 + t_{1-\frac{\alpha_0}{2}}^2(r-1)}} .$$

Ničelno hipotezo zavrnamo, če velja:

$$\tau_i > \tau_{1-\frac{\alpha_0}{2}} .$$

Ko so nekateri popravki označeni kot preveliki, je postopek lociranja in odstranitve grobih pogreškov iz opazovanj enak kot pri postopku "data snooping". Težava pri uporabi τ testa je v tem, da je referenčna varianca *a-posteriori* $\hat{\sigma}_0^2$ obremenjena s prisotnostjo grobih pogreškov v opazovanjih. Večji kot so grobi pogreški, večja bo vrednost $\hat{\sigma}_0^2$, ki bo zmanjševala vrednost testne statistike iz enačbe (5.12). Pri uporabi τ testa bodo ostali določeni grobi pogreški (majhni po svoji velikosti) neodkriti (Stopar, 2010).

5.6.4 Danska metoda

Za razliko od predhodnih metod, danska metoda ne sloni na statistični teoriji. Ne potrebuje nobenih predpostavk glede stohastičnih lastnosti opazovanj, zato tudi ne sloni na statističnih testih. Osnovna zamisel metode je v tem, da večji popravki praviloma pripadajo manj natančnim opazovanjem in obratno. S pomočjo izravnave po MNK zamenjamo *a-priori* uteži z novimi, ki so funkcija popravkov opazovanj. Nova izravnava nam poda nove popravke, iz katerih ponovno izračunamo uteži. Postopek ponavljamo do konvergence rešitve. Po končani izravnavi primerjamo končne vrednosti uteži z *a-priori* utežmi. Bistveno spremenjene uteži opazovanj nakazujejo na možna grobo pogrešena

opazovanja. Ustrezna opazovanja je zato treba natančno pregledati in po možnosti popraviti (Grigillo in Stopar, 2003). Za končno oceno neznanih parametrov obstajata dve možnosti:

- po odstranitvi vseh grobih pogreškov ponovimo izravnavo z *a-priori* utežmi in
- kot najboljšo oceno parametrov privzamemo parametre iz zadnje iteracije in obdržimo vsa opazovanja.

6 KRITERIJI ZA OCENO KAKOVOSTI GEODETSKE MREŽE ZA POSEBNE NAMENE

Kot je že omenjeno, s projektom geodetske mreže skušamo določiti optimalno rešitev, katera bo izpolnjevala vnaprej postavljene zahteve. Vsaka dobro načrtovana geodetska mreža je tista, ki zadovolji visoke kriterije natančnosti, zanesljivosti, občutljivosti in ekonomičnosti. Na osnovi tega lahko rečemo, da so osnovni kriteriji za oceno kakovosti geodetske mreže za posebne namene:

- natančnost geodetske mreže,
- zanesljivost geodetske mreže,
- občutljivost geodetske mreže in
- ekonomičnost geodetske mreže.

6.1 Kriteriji natančnosti geodetske mreže za posebne namene

Kriteriji natančnosti podajajo mero uspešnosti načrtovanja in kakovosti izvedbe geodetske mreže. Na natančnost katerekoli geodetske mreže za posebne namene predvsem vplivajo oblika mreže (geometrija), natančnost opazovanih količin, pogoji okolja, način obdelave podatkov ipd. Z drugimi besedami, natančnost geodetske mreže je merilo obremenjenosti opazovanj s slučajnimi pogreški. Za oceno natančnosti geodetske mreže se uporabljajo naslednje mere natančnosti:

- globalna merila natančnosti,
- lokalna merila natančnosti in
- matrika kriterija (glej poglavje 3.1.1).

Tekom postopka ocene natančnosti geodetske mreže je osnovni vir informacij, tako za globalno kot za lokalno natančnost, kovariančna matrika vektorja neznank $\Sigma_{\Delta\Delta}$.

6.1.1 Globalna merila natančnosti

Osnovna razlika med globalnimi in lokalnimi merili natančnosti je v tem, da globalna merila natančnosti upoštevajo korelacijo med posameznimi točkami geodetske mreže ter geodetsko mrežo kot celoto, lokalna pa se nanašajo na posamezno neznanko ali skupine neznank. Tipični primeri

globalne natančnosti so A-, D-, E-, N- in S- optimalni kriteriji, ki imajo naslednje pomene (Kuang, 1991):

1. **A – optimalni kriterij:** predstavlja minimiziranje sledi variančno-kovariančne matrike neznank:

$$f = \text{sled}(\Sigma_{\Delta\Delta}) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m = \min .$$

(m - število vseh koordinat točk v mreži, $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ lastne vrednosti variančno-kovariančne matrike neznank)

2. **D – optimalni kriterij:** predstavlja minimiziranje determinante variančno-kovariančne matrike neznank:

$$f = \det(\Sigma_{\Delta\Delta}) = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \dots \cdot \lambda_m = \min .$$

3. **E – optimalni kriterij:** predstavlja minimiziranje maksimalne lastne vrednosti variančno-kovariančne matrike neznank:

$$f = \lambda_{\max} = \min .$$

E-optimalni kriterij je izpolnjen v slučaju, kadar so vse lastne vrednosti enake. Takrat hiperelipsoid preide v hipersfero (Yalçinkaya in Teke, 2012).

4. **N – optimalni kriterij:** predstavlja minimiziranje druge norme variančno-kovariančne matrike neznank:

$$f = \|\Sigma_{\Delta\Delta}\|_2 = \min .$$

5. **S – optimalni kriterij:** predstavlja minimiziranje razlike maksimalne in minimalne variančno-kovariančne matrike neznank:

$$f = \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = \min .$$

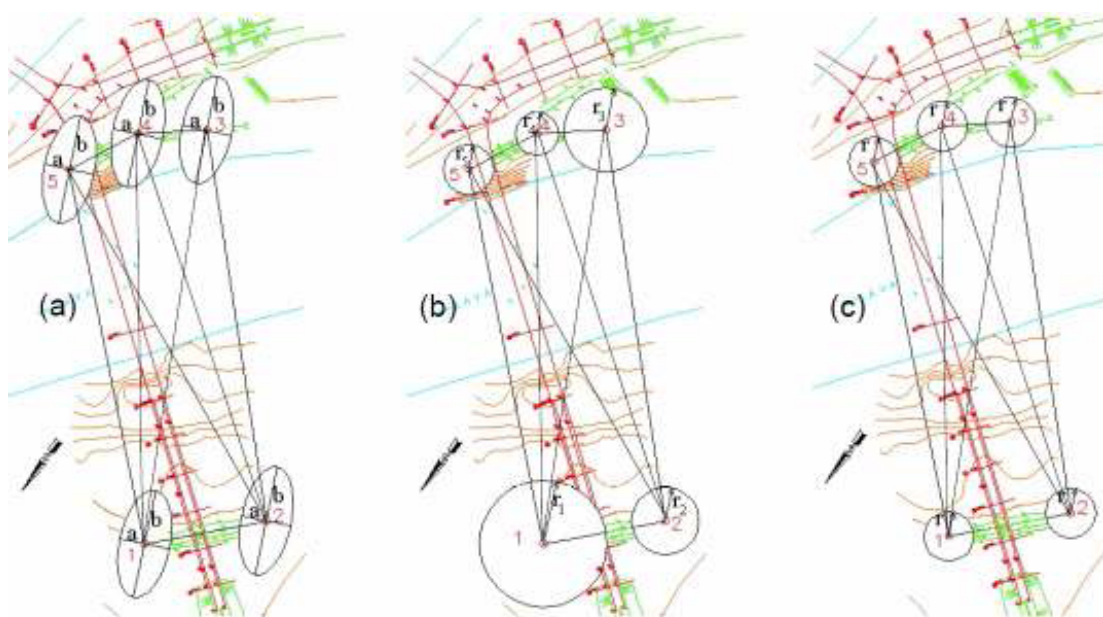
Obstajajo tudi druga merila globalne natančnosti kot so (Stopar, 2010):

- Srednja varianca: $\bar{\sigma}_{\Delta\Delta}^2 = \frac{1}{h} \cdot \text{sled}(\Sigma_{\Delta\Delta})$,
kjer je h rang matrike $\Sigma_{\Delta\Delta}$ oz. število prostostnih stopenj ($h = u - d$, kjer je u število neznank, d pa število datumskih parametrov, ki manjkajo za enolično določitev datuma),
- Generalizirana varianca: $\bar{\sigma}_{\Delta\Delta}^2 = \sqrt[3]{\det(\Sigma_{\Delta\Delta})}$ in
- Srednji pogrešek položajev točk mreže v 3R prostoru: $\sigma_p(3R) = \bar{\sigma}_{\Delta\Delta} \cdot \sqrt{3}$.

Potrebno je omeniti, da s povprečenjem lahko izgubimo del informacij, kar lahko vodi do napačnih zaključkov o natančnosti.

6.1.2 Lokalna merila natančnosti

S pomočjo lokalnih meril natančnosti izražamo natančnost položaja za vsako posamezno točko ločeno. Kot je že omenjeno v prejšnjem poglavju, je osnovna pomanjkljivost lokalnih meril natančnosti v tem, da ne upoštevajo korelacije med posameznimi točkami geodetske mreže. Zaradi tega razloga je potrebno skupno natančnost geodetske mreže vrednotiti skupaj z globalnimi merili natančnosti. Tekom načrtovanja geodetske mreže za posebne namene skušamo zagotoviti, da ima geodetska mreže enako položajno "jakost" v vseh smereh. Mreža je homogena, če so vse elipse pogreškov med seboj enake. Izotropna mreža pa je tista v kateri elipse pogreškov konvergirajo v krožnice. Lahko rečemo, da je geodetska mreža homogeno izotropna, če vse elipse pogreškov preidejo v krožnice z enakimi polmeri. Na sliki (6.1) so prikazane tri različne stopnje kakovosti enake geodetske mreže v smislu natančnosti mreže: homogena, izotropna in homogeno izotropna mreža.



Slika 6.1: (a) homogena, (b) izotropna, (c) homogeno izotropna geodetska mreža (Paar, 2006)

Za analizo lokalne natančnosti se pogosto uporabljajo skalarne funkcije natančnosti. Kot je že omenjeno, nam dajo lokalna merila natančnosti podatek o natančnosti določitve posameznih točk oziroma parov točk v mreži. Zaradi tega se spodnji izrazi/količine nanašajo na kovariančno matriko koordinat ene točke, ki jo dobimo tako, da vzdolž diagonale kovariančne matrike cele mreže izločimo odgovarjajočo podmatriko dimenzije 2×2 . Nekatere od skalarnih meril natančnosti so (Novaković, 2004):

1. Seštevek lastnih vrednosti naj bi bil minimalen. Omenjeni skalarni kriterij je najboljši, ker daje najbolj realno sliko o natančnosti položaja točke.

$$f = \lambda_1 + \lambda_2 = \min .$$

2. Produkt lastnih vrednosti naj bi bil minimalen. Produkt lastnih vrednosti je sorazmeren s površino elipse pogreškov. Pomanjkljivost je v tem, da je lahko ena polos velika, druga pa majhna, kar lahko vodi do napačnega zaključka.

$$f = \lambda_1 \cdot \lambda_2 = \min .$$

3. Velika polos elipse pogreškov naj bi bila minimalna.

$$f = \lambda_1 = \min .$$

4. Razmerje lastnih vrednosti naj bi bil čim bližje ena oziroma enako ena. Če zadovoljimo kriterij pomeni, da imamo izotropno mrežo.

$$f = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1$$

Kot merilo lokalne natančnosti lahko uporabimo tudi absolutno standardno elipso pogreškov ocenjenih položajev točk v mreži. Absolutna standardna elipsa pogreškov se izračuna za posamezno točko geodetske mreže. Elipso za posamezno točko izračunamo tako, da iz matrike $\Sigma_{\Delta\Delta}$ vzdolž diagonale izločimo odgovarjajočo podmatriko dimenzije 2×2 (če imamo izravnavo v prostoru, bi imeli opravka z elipsoidom in podmatrikami dimenzije 3×3), za katero nato izračunamo lastne vrednosti. Iz lastnih vrednosti pa izračunamo dolžine polosi elipse pogreškov:

$$a_i = \sqrt{\lambda_1} , \quad b_i = \sqrt{\lambda_2} ,$$

oziroma:

$$a_i = \sqrt{\lambda_1} \cdot \sqrt{\chi_{1-\alpha}^2(h)} , \quad b_i = \sqrt{\lambda_2} \cdot \sqrt{\chi_{1-\alpha}^2(h)} ,$$

... enačbi za izračun dolžin normalne elipse pogreškov.

6.2 Kriteriji zanesljivosti geodetske mreže za posebne namene

Zanesljivost opazovanj se v splošnem nanaša na sposobnost funkcionalnega (matematičnega) modela, da se upre vplivu grobo pogrešenih opazovanj. Lahko rečemo tudi, da je zanesljivost sposobnost odkrivanja in lociranja grobih in/ali sistematičnih pogreškov v opazovanjih, brez uvajanja dodatnih informacij v matematični model. Odvisna je le od geometrije matematičnega modela (**B**), geodetskega datuma (**D**, **H**) in natančnosti opazovanj (**P**). Zanesljivost lahko razdelimo na zunanjo in notranjo zanesljivost (Novaković, 2004). Pri notranji zanesljivosti ugotavljamo, kako velik je še lahko pogrešek v opazovanjih, da ga postopek pregleda opazovanj (npr. "data snooping") še odkrije. Z zunanjo zanesljivostjo ugotavljamo, kako največji neodkriti grobi pogrešek vpliva na neznanke. Če grobega pogreška ne odkrijemo, bi bilo idealno, da bi bil vpliv tega pogreška čim manjši na opazovanja. Na zanesljivost mreže lahko vplivamo ves čas čez vse faze vzpostavitve geodetske mreže (Novaković, 2004).

6.2.1 Zunanja zanesljivost mreže

ZUNANJA ZANESLJIVOST POSAMEZNEGA OPAZOVANJA

Zunanja zanesljivost posameznega opazovanja se izračuna po enačbi (Stopar, 2010):

$$\lambda_i = \delta_0^2 \cdot \left(\frac{1}{r_{ii}} - 1 \right), \quad (6.1)$$

kjer je:

λ_i ... standardna spremenljivka, ki je neodvisna od datuma mreže in premo-sorazmerna z vplivom grobega pogreška na neznanke,

r_{ii} ... diagonalni člen matrike nadštevilnosti \mathbf{R} in

δ_0 ... najmanjša še ugotovljiva "oddaljenost" H_0 od H_1 pri izbrani stopnji značilnosti α in jakosti testa $(1-\beta)$. Vrednost δ_0 pridobimo ob poljubno izbranih vrednostih za α_0 in β_0 in sicer iz preglednice (6.1).

Če se odločimo da bo $\alpha_0 = 0,05$ in $\beta_0 = 0,10$, imatakrat δ_0 vrednost 3,24.

Preglednica 6.1: Vrednosti δ_0 v odvisnosti od izbrane stopnje značilnosti in jakosti testa

$\alpha_0 / 1 - \beta_0$	0,01%	0,10%	1%	5%
50%	3,72	3,29	2,58	1,96
70%	4,41	3,82	3,1	2,48
80%	4,73	4,13	3,42	2,8
90%	5,17	4,57	3,86	3,24
95%	5,54	4,94	4,22	3,61
99%	6,22	5,62	4,90	4,29
99,90%	6,98	6,38	5,67	5,05

Iz enačbe (6.1) je očitno, da je v primeru velikega števila nadštevilnosti $r_{ii} \in [0,1]$ vpliv neodkritih grobih pogreškov na neznanke minimalen. Lahko rečemo, da je glavni kriterij za zunanjo in notranjo zanesljivost (Kuang, 1991):

$$\|r\| \rightarrow \max \quad \text{in} \quad \|\lambda\| \rightarrow \min.$$

V geodetski mreži želimo kontrolo nad mrežo kot celoto in zaradi tega ni priporočljivo, da se števila nadštevilnosti r_{ii} ($i=1, \dots, n$) med seboj močno razlikujejo, saj tako nimamo enakega nadzora nad vsemi opazovanji v matematičnem modelu. Zaradi tega lahko definiramo naslednji kriterij zanesljivosti (Kuang, 1991):

$$\min(r_{ii}) = \max \quad \text{ali} \quad \max(\lambda_i) = \min.$$

ZUNANJA ZANESLJIVOST OCENJENIH POLOŽAJEV TOČK

Zunanja zanesljivost ocenjenih koordinat pove, kolikšen je vpliv i-tega grobega pogreška, ki ni bil odkrit z Baardovo metodo, na j-to neznanko v mreži. Izračuna se po enačbi (Kuang, 1991):

$$\nabla x_j = \mathbf{c}_j \cdot \mathbf{Q}_{\Delta\Delta} \cdot \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{c}_i \cdot \nabla l_i,$$

kjer je:

\mathbf{c}_j ... vektor dimenzije $(1 \times u)$ in ima na j-tem mestu vrednost 1, na ostalih mestih so ničle,

\mathbf{c}_i ... stolpčni vektor, ki ima na i-tem mestu enico, drugod so ničle in

∇l_i ... notranja zanesljivost i-tega opazovanja.

Rezultat je element (j,i) , ki pokaže vpliv opazovanja i na neznanko j .

Zunanja zanesljivost je v primeru uporabe programskega paketa Leica Geo Office Combined podana s t.i. BNR (ang. Bias to Noise Ratio) faktorjem, ki je brez enot. BNR faktor posameznega opazovanja nam pove kolikšen je vpliv najmanjšega možnega grobega pogreška, ki ga W-test še lahko zazna (v programskem paketu LGO se ta pogrešek imenuje MDB – ang. Minimal Detectable Bias) na katerokoli neznanko v postopku izravnave. Definiramo ga kot (MOVE3, 2012):

$$\left| \frac{\nabla x}{\sigma_x} \right| \leq BNR$$

kjer je:

∇x ... vpliv MDB na katerokoli neznanko x in

σ_x ... standardni odklon neznanke x .

Z drugimi besedami lahko povemo, da je BNR razmerje med zanesljivostjo in natančnostjo. Zaželeno je, da so vrednosti BNR čim bolj enake v celi mreži. Na ta način dobimo homogeno mrežo, kjer ima vsak del mreže približno enako natančnost in "čvrstost" oziroma zanesljivost.

V preglednici 6.2 in 6.3 (glej poglavje 6.2.2) so podane vrednosti MDB za vsako opazovanje ter pripadajoče vrednosti BNR.

6.2.2 Notranja zanesljivost mreže

Pri notranji zanesljivosti ugotavljamo kako velik je še lahko pogrešek v opazovanjih, da ga postopek pregleda opazovanj še odkrije. Ob predpostavki, da imamo naenkrat opravka samo z enim grobim

pogreškom, je spodnja meja, na kateri grobi pogrešek še lahko ugotovimo, dana z notranjo zanesljivostjo posameznega opazovanja (Kuang, 1991):

$$\nabla l_i = \sigma_{l_i} \cdot \frac{\delta_0}{\sqrt{r_i}}$$

kjer je:

σ_{l_i} ... standardna deviacija opazovanja l_i .

V postopku načrtovanja geodetske mreže naj bi projektirali takšno geodetsko mrežo, ki bi (Kuang, 1991):

- Odkrila in odstranila čim več grobih pogreškov. Neodkriti grobi pogrešek Δ_i v opazovanju l_i naj bi bil majhen v primerjavi s standardno deviacijo σ_{l_i} opazovanja l_i .
- Vpliv neodkritega grobega pogreška Δ_i na neznanke naj bi bil čim manjši.

Povprečna notranja zanesljivost je koristna, če imamo na voljo veliko opazovanj, kjer lahko hitro izračunamo kako velik naj bo grobi pogrešek, da ga še lahko odkrijemo. Povprečno notranjo zanesljivost mreže, oziroma povprečno mejno vrednost, uporabimo kot globalno merilo notranje zanesljivosti matematičnega modela, ki jo izračunamo posebej za vsako vrsto opazovanj:

$$\bar{\nabla} l_i = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \nabla l_i \right)$$

kjer je:

n ... število opazovanj določenega tipa v matematičnem modelu.

V preglednici 6.2 in 6.3 so predstavljene vrednosti notranje zanesljivosti za vsako opazovanje, ki je bilo vključeno v izravnavo kombinirane mreže (december) MP Koper. Očitno je, da so terestrična opazovanja bolj občutljiva na pojav morebitnega grobega pogreška. Vidimo, da če pride grobi pogrešek velikosti npr. 1,5 cm v katerokoli komponento baznega vektorja, ga W – test ne more odkriti, saj je najmanjši možni grobi pogrešek, ki ga W – test še lahko odkrije, reda velikosti približno 2 cm.

Pri zunanji zanesljivosti opazimo, da če nebi ugotovili morebitnega grobega pogreška na horizontalnih smereh, bi skoraj v celoti prešel v neznanke, saj je povprečno število BNR zelo visoko v primerjavi z ostalimi opazovanji, kar pa je posledica majhnih vrednosti števil nadštevilnosti za horizontalne smeri (glej sliko 5.10).

Preglednica 6.2: Notranja in zunanja zanesljivost terestričnih opazovanj

NOTRANJA ZANESLJIVOST TERESTRIČNIH OPAZOVANJ						
Opazovanje	Dolžine [m]	BNR	Horizontalne smeri [gon]	BNR	Zenitne razdalje [gon]	BNR
S03-S01	0,00408	1,4	0,00000	/	0,00134	1,8
S03-KP02	0,00431	2,1	0,00175	4,0	0,00129	1,2
S02-S01	0,00405	1,2	0,00188	4,9	0,00136	1,8
S02-KP02	0,00429	2,1	0,00780	27,4	0,00480	16,9
S01-KP02	0,00429	2,1	0,00298	9,3	0,00132	1,4
S03-KP03	0,00428	2,0	0,00535	18,1	0,00402	14,0
S03-KP01	0,00451	2,6	0,00198	5,2	0,00129	1,1
S03-KOPE	0,00404	1,2	0,00268	8,1	0,00153	3,2
S02-S03	0,00408	1,4	0,00170	4,0	0,00133	1,7
S02-KP03	0,00444	2,5	0,00198	5,4	0,00130	1,3
S02-KP01	0,00443	2,4	0,00213	6,1	0,00132	1,4
S02-KOPE	0,00413	1,5	0,00172	4,1	0,00133	1,5
S01-KP03	0,00436	2,3	0,00184	4,5	0,00130	1,3
S01-KP01	0,00439	2,3	0,00468	15,7	0,00258	8,2
S01-KOPE	0,00402	1,1	0,00589	19,9	0,00281	9,2
S03-S02	0,00408	1,4	0,00160	3,2	0,00133	1,7
S01-S02	0,00405	1,2	0,00000	/	0,00000	/
S01-S03	0,00408	1,4	0,00173	4,0	0,00000	/
Povprečna not. zanesljivost	0,00422	1,8	0,00298	9,0	0,00189	4,23

Preglednica 6.3: Notranja in zunanja zanesljivost GPS opazovanj

NOTRANJA ZANESLJIVOST GPS OPAZOVANJ						
Opazovanje	dx [m]	BNR	dy [m]	BNR	dz [m]	BNR
KP03-KP01	0,02451	3,5	0,01989	0,9	0,02545	3,8
KP03-KOPE	0,02062	1,5	0,01988	0,8	0,02102	1,8
KP01-KOPE	0,02044	1,4	0,01963	0,4	0,02061	1,5
KP02-KP03	0,02269	2,7	0,02066	1,6	0,02258	2,6
KP02-KP01	0,02198	2,3	0,02138	2,0	0,02261	2,7
KP02-KOPE	0,02121	1,9	0,02145	2,1	0,02259	2,6
Povprečna not. zanesljivost	0,02191	2,2	0,02048	1,3	0,02248	2,5

6.3 Občutljivost geodetske mreže za posebne namene

Občutljivost matematičnega modela je stopnja obremenitve neznanek z neodkritimi grobimi in/ali sistematičnimi pogreški. Geodetska mreža naj bi bila tako projektirana, da se v slučaju morebitnega premika določene velikosti ta premik zazna z določeno verjetnostjo. To značilnost mreže imenujemo občutljivost geodetske mreže.

Občutljivost geodetske mreže ugotavljamo s statističnim testom. Sestavimo testno statistiko (Kuang, 1991):

$$W = \frac{\hat{\mathbf{d}}^T \cdot \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}}^+ \cdot \hat{\mathbf{d}}}{r_d \cdot \sigma_0^2},$$

kjer je:

$\hat{\mathbf{d}} = \hat{x}_2 - \hat{x}_1 \dots$ vektor ocenjenih premikov v mreži,

$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}} = \mathbf{Q}_{\hat{x}_1} + \mathbf{Q}_{\hat{x}_2}$,

$r_d = \text{rang}(\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}})$ in

σ_0^2 ... referenčna varianca *a-priori*.

Sedaj sestavimo ničelno hipotezo, ki trdi, da v mreži ni premikov:

$$H_0 : E(\hat{\mathbf{d}}) = 0.$$

Alternativna hipoteza se glasi:

$$H_1 : E(\hat{\mathbf{d}}) \neq 0.$$

Testna statistika W se pod predpostavko ničelne hipoteze porazdeljuje po centralni F - porazdelitvi (tudi Fisherjeva porazdelitev) z r_d prostostnimi stopnjami. Vrednost testne statistike W primerjamo s kritično vrednostjo ω_0 . Vrednosti za ω_0 , ob dani stopnji značilnosti testa α , lahko najdemo v preglednicah, Pearson in Hartley (1951) ali Pelzer (1971) ter (Kuang, 1991).

Ničelno hipotezo zavrnemo, če velja:

$$W > \omega_0.$$

Po opravljeni izravnavi obeh terminskih izmer lahko ugotovimo morebitne premike posameznih točk. Za uspešno ugotavljanje morebitnih premikov se morajo vse terminske izmere nanašati na isti geodetski datum. V obravnavanem primeru geodetske mreže MP Koper smo se soočili s težavo definiranja geodetskega datuma. Datuma geodetske GPS in kombinirane mreže sta bila določena z minimalnim številom zunanjih vezi. Klasično terestrično mrežo pa smo izravnali kot prosto. Razlog za omenjene težave leži v tem, da programski paket Leica Geo Office Combined ne omogoča izravnave

klasične terestrične mreže v primeru, ko je geodetski datum definiran z minimalnim številom zunanjih vezi. Zaradi tega je potrebno omeniti, da izračunani premiki točk v diplomski nalogi niso rezultat stroge deformacijske analize. Pri ugotavljanju premikov smo terminsko izmero iz decembra transformirali na geodetski datum terminske izmere iz januarja, kjer smo kot dani (točki, ki sta določali geodetski datum) privzeli točki KP02 in KP03. Transformacijo smo izvedli s pomočjo programa PROTRA 4.0 (Stopar, 1997). Pri transformaciji niso bile upoštevane korelacije med koordinatami ampak le njihove standardne deviacije.

Premike smo izračunali enkrat iz GPS mreže, drugič iz klasične terestrične mreže in na koncu iz kombinirane mreže. V nadaljevanju so prikazani ugotovljeni premiki točk KOPE in KP01.

Vhodni podatki pri ugotavljanju premikov so bile izravnane vrednosti koordinat točk iz obeh terminskih izmer in pripadajoče standardne deviacije. Koordinate točk KP02 in KP03 smo privzeli kot dane, oziroma smo predpostavili, da se točki v času med dvema terminskima izmerama nista premaknili.

- Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave GPS mreže

V preglednici 6.4 predstavljamo transformacijske parametre in pripadajoče standardne deviacije. Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer GPS mreže MP Koper so predstavljeni v preglednici 6.5.

Preglednica 6.4: Transformacijski parametri in standardne deviacije GPS mreže MP Koper

Transformacijski parametri		Standardne deviacije
X_0	-230,5708	$\pm 144,9474$
Y_0	-171,6130	$\pm 167,8359$
Z_0	-158,8724	$\pm 99,7490$
α	$0^\circ 0' 14,491421''$	$\pm 0^\circ 0' 3,3296582''$
β	$0^\circ 0' 0,982339''$	$\pm 0^\circ 0' 5,5460672''$
γ	$0^\circ 0' 9,326344''$	$\pm 0^\circ 0' 4,4941613''$
Merilo	46,9635 ppm	$\pm 0,3141$ ppm

Preglednica 6.5: Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer GPS mreže MP

Koper

Točka	E (dano)	N (dano)	h (dano)
	E(transformirano) ΔE [m]	N(transformirano) ΔN [m]	h(transformirano) Δh [m]
KOPE	400408,4154	46146,0226	52,7672
	400408,4136	46146,0254	52,7671
	0,0018	-0,0028	-0,0001
KP01	400373,6304	46154,7580	45,9670
	400373,6243	46154,7607	45,9670
	0,0061	-0,0027	0,0000
KP02	400417,9253	46203,2711	46,3645
	400417,9253	46203,2711	46,3645
	0,0000	0,0000	0,0000
KP03	400452,4374	46153,6179	46,2001
	400452,4374	46153,6179	46,2001
	0,0000	0,0000	0,0000

- Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave klasične terestrične mreže

V preglednici 6.6 predstavljamo transformacijske parametre in pripadajoče standardne deviacije. Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer klasične terestrične mreže MP Koper so predstavljeni v preglednici 6.7.

Preglednica 6.6: Transformacijski parametri in standardne deviacije klasične terestrične mreže MP

Koper

Transformacijski parametri		Standardne deviacije
X_0	156,7733	$\pm 138,6455$
Y_0	-151,2055	$\pm 160,0316$
Z_0	6,3890	$\pm 97,5299$
α	0° 0' 10,262110"	$\pm 0° 0' 3,2114307''$
β	0° 0' 5,119061"	$\pm 0° 0' 5,2882115''$
γ	0° 0' 2,837299"	$\pm 0° 0' 4,3302108''$
Merilo	-13,5636 ppm	$\pm 3,8219$ ppm

Preglednica 6.7: Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer klasične terestrične mreže MP Koper

Točka	E (dano)	N (dano)	h (dano)
	E(transformirano)	N(transformirano)	h(transformirano)
	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]
KOPE	400408,4154	46146,0296	52,7660
	400408,4220	46146,0249	52,7669
	-0,0066	0,0047	-0,0008
KP01	400373,6273	46154,7674	45,9674
	400373,6293	46154,7640	45,9696
	-0,0020	0,0034	-0,0023
KP02	400417,9253	46203,2716	46,3643
	400417,9253	46203,2716	46,3643
	0,0000	0,0000	0,0000
KP03	400452,4404	46153,6281	46,2001
	400452,4404	46153,6281	46,2001
	0,0000	0,0000	0,0000

- Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave kombinirane mreže

V preglednici 6.8 predstavljamo transformacijske parametre in pripadajoče standardne deviacije. Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer klasične terestrične mreže MP Koper so predstavljeni v preglednici 6.9.

Preglednica 6.8: Transformacijski parametri in standardne deviacije kombinirane mreže MP Koper

Transformacijski parametri		Standardne deviacije
X_0	-178,8089	$\pm 138,7930$
Y_0	-125,9336	$\pm 160,6790$
Z_0	115,1663	$\pm 95,5229$
α	0° 0' 2,022059"	$\pm 0° 0' 3,1878366"$
β	- 0° 0' 7,034831"	$\pm 0° 0' 5,3109584"$
γ	- 0° 0' 3,384754"	$\pm 0° 0' 4,3025896"$
Merilo	9,5974 ppm	$\pm 0,2276$ ppm

Preglednica 6.9: Ugotovljeni premiki na osnovi izravnave dveh terminskih izmer kombinirane mreže MP Koper

Točka	E (dano)	N (dano)	h (dano)
	E(transformirano) ΔE [m]	N(transformirano) ΔN [m]	h(transformirano) Δh [m]
KOPE	400408,4152	46146,0278	52,7665
	400408,4206	46146,0226	52,7656
	-0,0054	0,0051	0,0009
KP01	400373,6264	46154,7658	45,9677
	400373,6265	46154,7623	45,9669
	-0,0001	0,0035	0,0008
KP02	400417,9253	46203,2711	46,3645
	400417,9253	46203,2711	46,3645
	0,0000	0,0000	0,0000
KP03	400452,4412	46153,6264	46,2007
	400452,4412	46153,6264	46,2007
	0,0000	0,0000	0,0000

Ugotovljeni premiki se precej razlikujejo med GPS mrežo in klasično terestrično oziroma kombinirano mrežo. Zastavlja se pomembno vprašanje: katerim rezultatom bomo verjeli?

Za pravilen odgovor na to vprašanje moramo detajlno analizirati celoten postopek do pridobitve končnih rezultatov. Ta analiza ne vključuje le predobdelave podatkov meritev, izravnave in analize natančnosti pridobljenih rezultatov, ampak se moramo tudi vprašati kako smo prišli do podatkov ter katere podatke smo vključili v izravnavo opazovanj. Vemo, da je bila GPS mreža MP Koper opazovana le 8 ur v eni seriji in, da so bazni vektorji zelo kratki. Posebno pomembni so neodvisni vektorji s stališča kontrole izmere v zaključenih zankah. Sestavljanje figur iz neodvisnih vektorjev, pridobljenih v različnih serijah izmere, omogoča odkrivanje vektorjev obremenjenih z grobimi pogreški. Klasična terestrična opazovanja horizontalnih kotov so bila izvedena v treh girusih, zenitne razdalje in dolžine so bile merjene obojestransko, upoštevani so bili meteorološki pogoji v času izvajanja meritev.

Rezultati izravnave GPS in klasične terestrične mreže MP Koper nakazujejo na izjemno natančnost določitve položaja točk v mreži. Zavedati se moramo, da so natančnosti oziroma standardni odkloni koordinat točk po izravnavi majhni, ker le-ti predstavljajo notranjo natančnost geodetske mreže.

Z izravnavo kombinirane mreže dobimo realne rezultate v smislu natančnosti določitve koordinat točk. Iz velikosti popravkov opazovanj (glej Prilogo A) je očitno, da so se GPS opazovanja "podredila" opazovanjem klasične terestrične mreže, ker so terestrična opazovanja bolj natančna od GPS opazovanj in imajo posledično večji vpliv na določitev neznanek v postopku izravnave geodetske mreže. Tudi iz ocenjenih premikov točk vidimo, da so premiki ocenjeni z izravnavo klasične in kombinirane mreže MP Koper med seboj primerljivi.

Na podlagi zgoraj naštetega lahko zaključimo, da so premiki določeni z izravnavo kombinirane mreže najbolj verodostojni in jih kot take lahko sprejmemo.

6.4 Ekonomičnost geodetske mreže za posebne namene

Kot je že omenjeno, želimo z načrtovanjem geodetske mreže doseči v naprej postavljene kriterije natančnosti, zanesljivosti in občutljivosti z minimalni stroški. Slednja zahteva pogosto diktira pomen ostalim merilom.

Kot primer izračuna stroškov lahko vzamemo model, ki ga je leta 1986 predlagal Qi. Ta model vključuje izračun stroškov za geodetsko mrežo, v kateri smo opazovali dolžine in kote. Skupne stroške za kotna opazovanja zapišemo kot (Staudinger, 1999):

$$C_D = \sum_{j=1}^m c_{sj} + \sum_{j=1}^m c_d + \sum_{i=1}^{nj} (1 - Y_{ji}) ,$$

kjer je:

m ... število stojišč v mreži,

c_{sj} ... strošek stojišča j (postavitev instrumenta, prevoz do stojišča j , ipd.),

c_d ... strošek opazovanja ene smeri,

n_j ... število vseh možnih kotnih opazovanj s stojišča j proti ostalim točkam v mreži in

$Y_{ji} = 1$, če nismo izbrali opazovanje oziroma 0, če smo ga izbrali.

Skupne stroške za dolžinska opazovanja lahko izračunamo iz izraza (Staudinger, 1999):

$$C_L = \sum_{i=1}^{ns} c_{si} (1 - Y_{si}) ,$$

kjer je:

ns ... število vseh možnih dolžinskih opazovanj v mreži,

c_{si} ... strošek opazovanja dolžine S_i , ki vključuje tudi strošek stojišča i in

$Y_{si} = 1$, če nismo izbrali opazovanja oziroma 0, če smo ga izbrali.

Skupne stroške izračunamo kot vsoto porabljenih stroškov za kotna in dolžinska opazovanja (Staudinger, 1999):

$$C = C_D + C_L .$$

Obstajajo tudi drugi modeli na podlagi katerih lahko izračunamo stroške vzpostavitve geodetske mreže.

Pod predpostavko, da manjša utež posameznega opazovanja pomeni nižje stroške, lahko zapišemo poenostavljeni izraz za izračun minimalnih stroškov (Kuang, 1991):

$$\|\mathbf{P}\| = \min .$$

Pomembno je omeniti, da zgornji izraz velja samo v primeru Gauss – Markovega modela.

V primeru obravnavane geodetske mreže MP Koper nismo analizirali stroškov, ker je bila mreža že opazovana.

7 ZAKLJUČEK

V teoretičnem delu diplomske naloge je opisan celoten postopek nastajanja geodetske mreže za posebne namene. Za uspešno realizacijo geodetske mreže je predvsem potrebno pripraviti dober projekt geodetske mreže. Z optimizacijo geodetske mreže lahko, preden sploh gremo na teren, določimo obliko mreže, sestavimo plan opazovanja, geodetski datum, metodo izmere ter ustrezen instrumentarij. Z optimizacijo mreže lahko ugotovimo, ali bomo z izbrano obliko mreže, predvidenim planom opazovanj in izbrano metodo izmere uspeli doseči zahtevano natančnost. Pri vzpostavljanju geodetske mreže za ugotavljanje premikov in deformacij je poleg geodetskih veščin potrebno poznati tudi lastnosti objekta, katerega premike in deformacije ugotavljamo. Vse naštetje je treba upoštevati pri izdelavi projekta geodetske mreže. Najpomembnejši korak pri vzpostavljanju geodetske mreže za posebne namene so meritve. Kakršnokoli poenostavljanje pomembnosti posameznih delovnih operacij na terenu ima lahko za posledico težave pri interpretaciji pridobljenih rezultatov. Velja namreč splošno pravilo, da nedoslednega dela na terenu ne odpravi še tako dobra izvedba obdelave podatkov. Analizi pridobljenih podatkov po izravnavi je treba posvetiti posebno pozornost. Na podlagi analize izravnane geodetske mreže se odločamo, ali bomo sprejeli, ali pa ne, tako pridobljene rezultate. Pri tej analizi si precej pomagamo s statističnimi testi. Pomembno je razumeti, da v slučaju, ko s statističnim testom označimo katero od opazovanj kot verjetno grobo pogrešeno opazovanje, to še ne pomeni, da gre v opazovanju za grobi pogrešek. Opazovanje preverimo in sprejmemo subjektivno odločitev o tem, ali ga bomo obdržali, ali zavrgli.

Praktični del diplomske naloge obravnava tri vrste geodetske mreže MP Koper. V mreži MP Koper so bila izvedena GPS in klasična terestrična opazovanja v več terminskih izmerah, zato je bilo mogoče narediti tudi izravnavo kombinirane mreže ter opraviti analizo kakovosti vseh vrst geodetskih mrež. Na podlagi dveh terminskih izmer smo lahko ugotovili premike dveh točk v mreži.

Kot je že omenjeno se je GPS mreža izkazala kot najslabša v obravnavani mreži MP Koper. Razlog za takšno trditev je predvsem način izvedbe in obdelave opazovanj. Menimo, da bi dobili boljše rezultate, če bi izvedli opazovanja v več serijah, saj na ta način vzpostavimo kontrolo nad pojavom grobih in prisotnostjo sistematičnih pogreškov v opazovanjih. Za boljše rezultate bi morali opraviti opazovanja v daljšem trajanju na posamezni točki. Če pričakujemo milimetrsko natančnost, bi morali izvajati opazovanja vsaj 24 ur, da se vsaj dvakrat spremeni geometrijska razporeditev satelitov. Pri izračunu baznih vektorjev smo upoštevali tudi linearno odvisne vektorje, česar pa se v splošnem izogibamo. Poleg naštetih slabosti ima GNSS tehnologija pri spremljanju premikov prednosti pred ostalimi metodami, ki so naslednje (Zorec, 2011):

- visoka produktivnost in preciznost,

- možnost hkratnega kontinuiranega merjenja 3D premikov z milimetrsko natančnostjo,
- visoka časovna ločljivost meritev,
- možnost pregleda opazovanj v kvazi-realnem času oziroma hitra odzivnost,
- možnost varnega opazovanja plazečih območij (več km oddaljene referenčne točke) in
- možnost opazovanja v vseh vremenskih in svetlobnih razmerah.

Klasična terestrična mikromreža MP Koper se je izkazala kot boljša od GPS mreže MP Koper. Poleg že naštetih pomanjkljivosti GPS mreže MP Koper, so glavni razlog za visoko kakovost klasične terestrične mreže, skoraj idealni pogoji za izmero mreže. Dolžine so zelo kratke, nimamo strmih vizur in mreža je projektirana tako, da omogoča maksimalno število povezav, ki tvorijo zaključene like, kar omogoča zanesljivo ugotavljanje in izločanje grobo pogrešenih opazovanj. Prednosti klasične terestrične geodezije pred GNSS metodami izmere pa so:

- preizkušene metode izmere,
- preizkušene enačbe za redukcijo opazovanj in
- preizkušen instrumentarij in merska oprema.

Najpomembnejša prednost klasične terestrične metode izmere je, da nihče, razen izvajalca meritev, ne vpliva na rezultate izmere. Pri GNSS tehnologiji pa temu ni tako. Vsak GNSS sistem ima svojega lastnika. Kot primer lahko vzamemo GPS, ki je v lasti ZDA.

Najboljše od obeh metod pa združuje kombinirana geodetska mreža. Na primeru MP Koper lahko vidimo, da smo s kombinirano mrežo pridobili najbolj realno oceno dosežene kakovosti koordinat točk. Kombinirano mrežo je najbolje uporabljati v mrežah večjih razsežnosti, kjer na dolžino merjeno z instrumentom vplivajo številni pogreški. V tem primeru lahko namesto dolžin uporabimo bazne vektorje med točkami, horizontalne smeri in zenitne razdalje pa izmerimo z instrumentom. Zastavlja pa se vprašanje ekonomičnosti vzpostavitve kombinirane mreže. Kot je že omenjeno, moramo za kakovostne rezultate imeti dolgotrajna GPS opazovanja v več serijah. Klasična terestrična opazovanja zahtevajo tudi veliko časa. Obdelava podatkov pa je nekoliko zahtevnejša, ker imamo na voljo množico podatkov, ki jih je treba skrbno preučiti in obdelati. Kombinirana mreža ponuja neodvisno kontrolo GPS in klasičnih terestričnih opazovanj, vendar menimo, da je kombinirana mreža uporabna predvsem za raziskovalne namene.

VIRI

Ambrožič, T. 1996. Ocena stabilnosti točk v geodetski mreži. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 76 str.

FGDC-STD-007.4-2002. Geospatial Positioning Accuracy Standards. PART 4: Standards for Architecture, Engineering, Construction (A/E/C) and Facility Management
<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part4/FGDC-endorsed-standard> (Pridobljeno 17. 9. 2011.)

Izvedba geodetskih del na modernizirani mareografski postaji Koper. 2006. Tehnično poročilo. Ljubljana, Geodetski inštitut Slovenije: 105 str.

Grigillo, D., Stopar, B. 2003. Metode odkrivanja grobih pogrškov v geodetskih opazovanjih. Geodetski vestnik 47, 4: 387-403
http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_387-403.pdf (Pridobljeno 21. 9. 2011.)

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

Kogoj, D. 2008. Zapiski iz predavanj in vaj. Geodezija II. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Kuang, S. 1991. Optimization and Design of Deformation Monitoring Schemes. Doktorska disertacija, New Brunswick, University of New Brunswick, Canada: 179 str.
<http://gge.unb.ca/Pubs/TR157.pdf> (Pridobljeno 21. 9. 2011.)

Kuang, S. 1996. Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications. Ann Arbor Press, Inc., Chelsea, Michigan, ZDA: 368 str.

Motaln Dejan, 2009. Poročilo o praktičnem izobraževanju. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko: 39 str.
<http://praksa.uni-mb.si/porocila/93573073.pdf> (Pridobljeno 16. 10. 2011.)

MOVE3, User Manual, version 4.0. 2012.
http://downloads.move3.com/Manual_MOVE3.pdf (Pridobljeno 3. 2. 2012.)

Mozetič, B., Stopar, B. 2008. Optimizacija opazovanj v geodeziji. Geodetski vestnik 52, 2: 313-328.
http://www.geodetski-vestnik.com/52/2/gv52-2_313-328.pdf (Pridobljeno 16. 9. 2011.)

Ninkov, T., 1989. Optimizacija projektovanja geodetskih mreža. Beograd, Univerzitet u Beogradu
Građevinski fakultet

Novaković, G. 2004. Geodetske mreže posebnih namjena. Skripta Geodetskog fakulteta. Zagreb,
Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet: 111 str.

Paar, R., 2006. Uspostava geodetske osnove za posebne namjene. Magistarski rad. Zagreb, Sveučilište
u Zagrebu, Geodetski fakultet: 153 str.

Staudinger, M. 1999. A Cost Orientated Approach to Geodetic Network Optimisation. Doktorska
disertacija. University of Technology Vienna, Faculty of Technical Science: 126 str.
ftp://ftp.geoinfo.tuwien.ac.at/staudinger/MaSt_Diss.pdf (Pridobljeno 14. 11. 2011.)

Sterle, O. 2007. Združevanje klasičnih geodetskih in GNSS – opazovanj v geodinamičnih raziskavah.
Magistrska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 118 str.

Stopar, B. 1995. Sanacija astrogeodetske mreže v Sloveniji z GPS meritvami. Doktorska disertacija.
Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 132 str.

Stopar, B. 1997. Računalniški program za transformacijo koordinatnih sistemov v geodeziji
"PROTRA". Opis programa in navodila za uporabo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo: 9 f.

Stopar, B. 2010. Zapiski iz predavanj in vaj. Izravnalni račun III. Ljubljana, Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Stopar, B., Vodopivec, F. 1990. Relativne metode merjenja deformacij. Ljubljana, Univerza v
Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 176 str.

Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. 2007. Višja geodezija II – študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v
Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 25 str.

Vodopivec, F., Kogoj, D. 2005. Nov način stabilizacije geodetskih točk za opazovanje premikov. Geodetski vestnik 49, 1: 9-17.

http://www.geodetski-vestnik.com/49/1/gv49-1_009-017.pdf (Pridobljeno 20. 9. 2011.)

Yalçinkaya, M., Teke, K., Strategy For Designing Geodetic Gps Networks With High Reliability And Accuracy. Karadeniz Technical University Turkey. Faculty of Engineering and Architecture, Geodesy and Photogrammetry Engineering Department.

http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kteke/index_files/pub4.pdf (Pridobljeno 9. 1. 2012.)

Zorec, J. Analiza uporabnosti metod geodetske izmere GNSS za potrebe spremljanja premikov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 110 str.

PRILOGE⁴

PRILOGA A: POROČILA GENERIRANA V PROGRAMU LGO COMBINED, O IZRAVNAVNI MREŽE MP KOPER

PRILOGA B: POROČILA GENERIRANA V PROGRAMU PROTRA 4.0, O TRANSFORMACIJI POSAMEZNE IZMERE V IZHODIŠČNO ZA ZAGOTOVITEV ENOTNEGA GEODETSKEGA DATUMA

PRILOGA A: POROČILA GENERIRANA V PROGRAMU LGO COMBINED, O IZRAVNAVNI MREŽE MP KOPER

PRILOGA A1/1: Izravnava GPS mreže MP Koper (dani točki ILIR in NOVG) (izmera december 2006.)

PRILOGA A1/2: Izravnava GPS mreže MP Koper (dana točka KP02) (izmera december 2006.)

PRILOGA A1/3: Izravnava klasične terestrične mreže MP Koper (izmera december 2006.)

PRILOGA A1/4: Izravnava kombinirane mreže MP Koper (izmera december 2006.)

PRILOGA A1/5: Izravnava GPS mreže MP Koper (dani točki ILIR in NOVG) (izmera januar 2006.)

PRILOGA A1/6: Izravnava GPS mreže MP Koper (dana točka KP02) (izmera januar 2006.)

PRILOGA A1/7: Izravnava klasične terestrične mreže MP Koper (izmera januar 2006.)

PRILOGA A1/8: Izravnava kombinirane mreže MP Koper (izmera januar 2006.)

⁴ Zaradi obsežnosti izhodnih poročil posameznih programskih paketov, je v tiskani verziji diplomske naloge priložen le po en izvod iz vsakega programa, pri ostalih pa so izpostavljeni le ključni rezultati. Podrobna izhodna poročila za vse terminske izmere so priložena v elektronski obliki, na priloženi zgoščenki, ki se nahaja na notranji strani naslovne platnice.

PRILOGA A1/1: Izravnava GPS mreže MP Koper (dani točki ILIR in NOVG) (izmera december 2006.)



Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG


Created: 02/09/2012 16:39:34

Project Information

Project name:	GPS_12_IB_NG
Date created:	02/09/2012 16:31:10
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	GRS80
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.00000 m  (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	2
Number of unknown stations:	4
Total:	6

Observations

GPS coordinate differences:	42 (14 baselines)
Known coordinates:	6
Total:	48

Unknowns

Coordinates:	18
Total:	18

Degrees of freedom:	30
---------------------	----

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.4836
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %
Beta:	90.0 %
Sigma a-priori (GPS):	10.0

Critical value W-test:	1.96	
Critical value T-test (2-dimensional):	2.42	
Critical value T-test (3-dimensional):	1.89	
Critical value F-test:	0.99	
F-test:	0.39	✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Latitude	Longitude	Height [m]	
ILIR	45° 34' 01.74138" N	14° 14' 53.83943" E	494.61256	Known in Position and Height
KOPE	45° 32' 53.18015" N	13° 43' 28.38462" E	52.82336	
KP01	45° 32' 53.44504" N	13° 43' 26.77474" E	46.02328	
KP02	45° 32' 55.03895" N	13° 43' 28.78089" E	46.42149	
KP03	45° 32' 53.44880" N	13° 43' 30.40814" E	46.25793	
NOVG	45° 53' 46.84155" N	13° 37' 28.93701" E	110.13192	Known in Position and Height

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
DX	KP01	KP03			-18.62058 m
DY					76.58534 m
DZ					0.24862 m
DX	KP02	KP03			25.55778 m
DY					42.57800 m
DZ					-34.49653 m
DX	KP02	KP01			44.17876 m
DY					-34.00736 m
DZ					-34.74506 m
DX	KOPE	KP03			-20.63270 m
DY					40.14536 m
DZ					1.12120 m
DX	KOPE	KP02			-46.19061 m
DY					-2.43265 m
DZ					35.61777 m
DX	KOPE	KP01			-2.01241 m
DY					-36.44000 m
DZ					0.87251 m
DX	NOVG	KP03			25029.27915 m
DY					14134.78934 m
DZ					-27061.87408 m
DX	NOVG	KP02			25003.72280 m
DY					14092.21276 m
DZ					-27027.37632 m
DX	NOVG	KOPE			25049.90788 m
DY					14094.64185 m
DZ					-27063.00492 m
DX	ILIR	KP03			11029.39000 m
DY					-39351.13544 m
DZ					-1796.51727 m
DX	ILIR	KP02			11003.83215 m

DY			-39393.71240 m
DZ			-1762.02068 m
DX	ILIR	KP01	11048.00546 m
DY			-39427.71676 m
DZ			-1796.76778 m
DX	ILIR	KOPE	11050.01892 m
DY			-39391.28447 m
DZ			-1797.64779 m
DX	NOVG	KP01	25047.89569 m
DY			14058.20810 m
DZ			-27062.12412 m

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
DX	KP01	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.00508 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00508 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00508 m
DX	KP02	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DX	KP02	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.00507 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00507 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00507 m
DX	KOPE	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.00505 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00505 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00505 m
DX	KOPE	KP02	0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DX	KOPE	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.00504 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00504 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00504 m
DX	NOVG	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DX	NOVG	KP02	0.00500 m	1.0 ppm	0.04442 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04442 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04442 m
DX	NOVG	KOPE	0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DX	ILIR	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.04591 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04591 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04591 m
DX	ILIR	KP02	0.00500 m	1.0 ppm	0.04594 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04594 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04594 m
DX	ILIR	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.04599 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04599 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04599 m
DX	ILIR	KOPE	0.00500 m	1.0 ppm	0.04595 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04595 m

DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04595 m
DX	NOVG	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.04446 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04446 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04446 m

Adjustment Results

Coordinates

Station		Coordinate	Corr	Sd	
ILIR	Latitude	45° 34' 01.74138" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	14° 14' 53.83943" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	494.61256 m	0.00000 m	-	fixed
KOPE	Latitude	45° 32' 53.18017" N	0.00054 m	0.01006 m	
	Longitude	13° 43' 28.38433" E	-0.00624 m	0.01006 m	
	Height	52.77877 m	-0.04459 m	0.01006 m	
KP01	Latitude	45° 32' 53.44505" N	0.00029 m	0.01006 m	
	Longitude	13° 43' 26.77444" E	-0.00648 m	0.01006 m	
	Height	45.97829 m	-0.04499 m	0.01006 m	
KP02	Latitude	45° 32' 55.03896" N	0.00036 m	0.01006 m	
	Longitude	13° 43' 28.78060" E	-0.00635 m	0.01006 m	
	Height	46.37599 m	-0.04550 m	0.01006 m	
KP03	Latitude	45° 32' 53.44881" N	0.00033 m	0.01006 m	
	Longitude	13° 43' 30.40784" E	-0.00640 m	0.01006 m	
	Height	46.21276 m	-0.04517 m	0.01006 m	
NOVG	Latitude	45° 53' 46.84155" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	13° 37' 28.93701" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	110.13192 m	0.00000 m	-	fixed

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
DX	KP01	KP03	-18.62058 m	0.00000 m	0.00002 m	0.00223 m
DY			76.58532 m	0.00002 m	-0.00001 m	0.00223 m
DZ			0.24862 m	-0.00001 m	0.00000 m	0.00223 m
DX	KP02	KP03	25.55791 m	-0.00013 m	0.00004 m	0.00223 m
DY			42.57799 m	0.00001 m	0.00008 m	0.00223 m
DZ			-34.49652 m	-0.00001 m	-0.00009 m	0.00223 m
DX	KP02	KP01	44.17849 m	0.00027 m	-0.00009 m	0.00223 m
DY			-34.00733 m	-0.00003 m	-0.00012 m	0.00223 m
DZ			-34.74515 m	0.00009 m	0.00025 m	0.00223 m
DX	KOPE	KP03	-20.63278 m	0.00008 m	-0.00003 m	0.00222 m
DY			40.14537 m	-0.00001 m	-0.00009 m	0.00222 m
DZ			1.12125 m	-0.00005 m	0.00002 m	0.00222 m
DX	KOPE	KP02	-46.19069 m	0.00008 m	-0.00005 m	0.00222 m
DY			-2.43262 m	-0.00003 m	-0.00005 m	0.00222 m
DZ			35.61777 m	0.00000 m	0.00005 m	0.00222 m
DX	KOPE	KP01	-2.01220 m	-0.00021 m	0.00001 m	0.00222 m
DY			-36.43995 m	-0.00004 m	0.00007 m	0.00222 m
DZ			0.87263 m	-0.00012 m	-0.00023 m	0.00222 m
DX	NOVG	KP03	25029.24587 m	0.03328 m	0.00741 m	0.01006 m
DY			14134.77365 m	0.01569 m	0.00268 m	0.01006 m
DZ			-27061.91512 m	0.04104 m	0.05455 m	0.01006 m
DX	NOVG	KP02	25003.68796 m	0.03484 m	0.00841 m	0.01006 m

DY			14092.19566 m	0.01710 m	0.00222 m	0.01006 m
DZ			-27027.41860 m	0.04228 m	0.05673 m	0.01006 m
DX	NOVG	KOPE	25049.87865 m	0.02923 m	0.00630 m	0.01006 m
DY			14094.62828 m	0.01356 m	-0.00080 m	0.01006 m
DZ			-27063.03637 m	0.03145 m	0.04458 m	0.01006 m
DX	ILIR	KP03	11029.42157 m	-0.03157 m	-0.00967 m	0.01006 m
DY			-39351.11745 m	-0.01800 m	-0.00190 m	0.01006 m
DZ			-1796.47882 m	-0.03845 m	-0.05198 m	0.01006 m
DX	ILIR	KP02	11003.86366 m	-0.03151 m	-0.00869 m	0.01006 m
DY			-39393.69544 m	-0.01697 m	-0.00208 m	0.01006 m
DZ			-1761.98230 m	-0.03838 m	-0.05171 m	0.01006 m
DX	ILIR	KP01	11048.04215 m	-0.03669 m	-0.00453 m	0.01006 m
DY			-39427.70277 m	-0.01399 m	-0.00039 m	0.01006 m
DZ			-1796.72744 m	-0.04034 m	-0.05611 m	0.01006 m
DX	ILIR	KOPE	11050.05435 m	-0.03543 m	-0.01226 m	0.01006 m
DY			-39391.26282 m	-0.02165 m	-0.00508 m	0.01006 m
DZ			-1797.60007 m	-0.04772 m	-0.06184 m	0.01006 m
DX	NOVG	KP01	25047.86645 m	0.02924 m	0.01233 m	0.01006 m
DY			14058.18833 m	0.01977 m	0.00383 m	0.01006 m
DZ			-27062.16374 m	0.03963 m	0.05147 m	0.01006 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	KP01	KP03	78.81687	0.00002	0.2
DV	KP02	KP03	60.46571	0.00013	2.1
DV	KP02	KP01	65.69218	0.00029	4.4
DV	KOPE	KP03	45.15107	0.00010	2.1
DV	KOPE	KP02	58.37913	0.00008	1.4
DV	KOPE	KP01	36.50590	0.00024	6.7
DV	NOVG	KP03	39479.13658	0.05512	1.4
DV	NOVG	KP02	39424.05035	0.05739	1.5
DV	NOVG	KOPE	39478.63858	0.04503	1.1
DV	ILIR	KP03	40907.03999	0.05291	1.3
DV	ILIR	KP02	40939.62429	0.05248	1.3
DV	ILIR	KP01	40985.74399	0.05629	1.4
DV	ILIR	KOPE	40951.27169	0.06325	1.5
DV	NOVG	KP01	39463.76793	0.05307	1.3

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
ILIR	Latitude	0.05577	Latitude	ILIR	-
	Longitude	0.05577	Longitude	ILIR	-
	Height	0.05577	Height	ILIR	-
KOPE	Latitude	0.02884	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02885	Longitude	NOVG	-
	Height	0.02884	Height	NOVG	-
KP01	Latitude	0.02884	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02885	Longitude	NOVG	-
	Height	0.02884	Height	NOVG	-
KP02	Latitude	0.02884	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02885	Longitude	NOVG	-

KP03	Height	0.02884	Height	NOVG	-
	Latitude	0.02884	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02885	Longitude	NOVG	-
NOVG	Height	0.02884	Height	NOVG	-
	Latitude	0.05586	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.05586	Longitude	NOVG	-
	Height	0.05586	Height	NOVG	-

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
ILIR	0.00000	0.00000	1.0	90°	0.00000
KOPE	0.01006	0.01006	1.0	81°	0.01006
KP01	0.01006	0.01006	1.0	81°	0.01006
KP02	0.01006	0.01006	1.0	81°	0.01006
KP03	0.01006	0.01006	1.0	81°	0.01006
NOVG	0.00000	0.00000	1.0	90°	0.00000

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
KP01	KP03	0.00223	0.00223	1.0	0°	0.00223
KP02	KP03	0.00223	0.00223	1.0	0°	0.00223
KP02	KP01	0.00223	0.00223	1.0	0°	0.00223
KOPE	KP03	0.00222	0.00222	1.0	0°	0.00222
KOPE	KP02	0.00222	0.00222	1.0	0°	0.00222
KOPE	KP01	0.00222	0.00222	1.0	0°	0.00222
NOVG	KP03	0.01006	0.01006	1.0	-87°	0.01006
NOVG	KP02	0.01006	0.01006	1.0	-87°	0.01006
NOVG	KOPE	0.01006	0.01006	1.0	-87°	0.01006
ILIR	KP03	0.01006	0.01006	1.0	-6°	0.01006
ILIR	KP02	0.01006	0.01006	1.0	-6°	0.01006
ILIR	KP01	0.01006	0.01006	1.0	-10°	0.01006
ILIR	KOPE	0.01006	0.01006	1.0	-6°	0.01006
NOVG	KP01	0.01006	0.01006	1.0	-87°	0.01006

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
DX	KP01	KP03	0.01248 m	50	2.8	0.00	0.00
DY			0.01248 m	50	2.8	0.01	
DZ			0.01248 m	50	2.8	0.00	
DX	KP02	KP03	0.01247 m	50	2.8	-0.06	0.00
DY			0.01247 m	50	2.8	0.01	
DZ			0.01247 m	50	2.8	0.00	
DX	KP02	KP01	0.01247 m	50	2.8	0.12	0.01
DY			0.01247 m	50	2.8	-0.01	
DZ			0.01247 m	50	2.8	0.04	
DX	KOPE	KP03	0.01244 m	50	2.8	0.04	0.00
DY			0.01244 m	50	2.8	-0.01	
DZ			0.01244 m	50	2.8	-0.02	

DX	KOPE	KP02	0.01245 m	50	2.8	0.03	0.00
DY			0.01245 m	50	2.8	-0.01	
DZ			0.01245 m	50	2.8	0.00	
DX	KOPE	KP01	0.01244 m	50	2.8	-0.09	0.00
DY			0.01244 m	50	2.8	-0.02	
DZ			0.01244 m	50	2.8	-0.05	
DX	NOVG	KP03	0.08339 m	86	1.1	1.29	1.51
DY			0.08339 m	86	1.1	0.61	
DZ			0.08339 m	86	1.1	1.59	
DX	NOVG	KP02	0.08331 m	86	1.1	1.35	1.64
DY			0.08331 m	86	1.1	0.66	
DZ			0.08331 m	86	1.1	1.64	
DX	NOVG	KOPE	0.08339 m	86	1.1	1.13	1.01
DY			0.08339 m	86	1.1	0.52	
DZ			0.08339 m	86	1.1	1.22	
DX	ILIR	KP03	0.08567 m	87	1.1	-1.18	1.30
DY			0.08567 m	87	1.1	-0.67	
DZ			0.08567 m	87	1.1	-1.43	
DX	ILIR	KP02	0.08573 m	87	1.0	-1.17	1.27
DY			0.08573 m	87	1.0	-0.63	
DZ			0.08573 m	87	1.0	-1.43	
DX	ILIR	KP01	0.08580 m	87	1.0	-1.36	1.46
DY			0.08580 m	87	1.0	-0.52	
DZ			0.08580 m	87	1.0	-1.50	
DX	ILIR	KOPE	0.08574 m	87	1.0	-1.32	1.85
DY			0.08574 m	87	1.0	-0.81	
DZ			0.08574 m	87	1.0	-1.78	
DX	NOVG	KP01	0.08337 m	86	1.1	1.13	1.40
DY			0.08337 m	86	1.1	0.76	
DZ			0.08337 m	86	1.1	1.53	

PRILOGA A1/2: Izravnava GPS mreže MP Koper (dana točka KP02) (izmera december 2006.)



Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 02/09/2012 16:55:40

Project Information

Project name:	GPS_12_dana_KP02
Date created:	02/09/2012 16:43:30
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Minimally constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	GRS80
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	0
Maximum coord correction in last iteration:	0.00009 m ✓ (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	3
Total:	4

Observations

GPS coordinate differences:	18 (6 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	21

Unknowns

Coordinates:	12
Total:	12

Degrees of freedom: 9

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.2876
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %
Beta:	90.0 %
Sigma a-priori (GPS):	10.0

Critical value W-test:	1.96	
Critical value T-test (2-dimensional):	2.42	
Critical value T-test (3-dimensional):	1.89	
Critical value F-test:	1.20	
F-test:	0.00	✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Latitude	Longitude	Height [m]	
KOPE	45° 32' 53.18017" N	13° 43' 28.38434" E	52.77888	
KP01	45° 32' 53.44505" N	13° 43' 26.77444" E	45.97834	
KP02	45° 32' 55.03896" N	13° 43' 28.78060" E	46.37600	Known in Position and Height
KP03	45° 32' 53.44881" N	13° 43' 30.40784" E	46.21267	

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
DX	KP01	KOPE			2.01241 m
DY					36.44000 m
DZ					-0.87250 m
DX	KP03	KP01			18.62058 m
DY					-76.58534 m
DZ					-0.24861 m
DX	KP03	KOPE			20.63270 m
DY					-40.14536 m
DZ					-1.12120 m
DX	KP02	KP01			44.17876 m
DY					-34.00736 m
DZ					-34.74506 m
DX	KP02	KOPE			46.19060 m
DY					2.43265 m
DZ					-35.61778 m
DX	KP02	KP03			25.55778 m
DY					42.57800 m
DZ					-34.49653 m

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
DX	KP01	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP03	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP03	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m

DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP03	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m

Adjustment Results

Coordinates

Station	Coordinate	Corr	Sd		
KOPE	Latitude	45° 32' 53.18017" N	-0.00001 m	0.00009 m	
	Longitude	13° 43' 28.38434" E	0.00000 m	0.00009 m	
	Height	52.77884 m	-0.00004 m	0.00009 m	
KP01	Latitude	45° 32' 53.44505" N	-0.00002 m	0.00009 m	
	Longitude	13° 43' 26.77444" E	-0.00001 m	0.00009 m	
	Height	45.97833 m	-0.00001 m	0.00009 m	
KP02	Latitude	45° 32' 55.03896" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	13° 43' 28.78060" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	46.37600 m	0.00000 m	-	fixed
KP03	Latitude	45° 32' 53.44881" N	-0.00008 m	0.00009 m	
	Longitude	13° 43' 30.40784" E	-0.00004 m	0.00009 m	
	Height	46.21277 m	0.00009 m	0.00009 m	

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
DX	KP01	KOPE	2.01219 m	0.00021 m	-0.00005 m	0.00009 m
DY			36.44000 m	0.00000 m	-0.00010 m	0.00009 m
DZ			-0.87258 m	0.00007 m	0.00020 m	0.00009 m
DX	KP03	KP01	18.62061 m	-0.00003 m	0.00002 m	0.00009 m
DY			-76.58535 m	0.00001 m	0.00002 m	0.00009 m
DZ			-0.24861 m	0.00000 m	-0.00002 m	0.00009 m
DX	KP03	KOPE	20.63280 m	-0.00010 m	0.00002 m	0.00009 m
DY			-40.14535 m	0.00000 m	0.00007 m	0.00009 m
DZ			-1.12119 m	-0.00001 m	-0.00008 m	0.00009 m
DX	KP02	KP01	44.17852 m	0.00024 m	-0.00007 m	0.00009 m
DY			-34.00735 m	-0.00001 m	-0.00011 m	0.00009 m
DZ			-34.74513 m	0.00007 m	0.00022 m	0.00009 m
DX	KP02	KOPE	46.19072 m	-0.00011 m	0.00003 m	0.00009 m
DY			2.43265 m	0.00000 m	0.00003 m	0.00009 m
DZ			-35.61771 m	-0.00007 m	-0.00012 m	0.00009 m
DX	KP02	KP03	25.55791 m	-0.00013 m	0.00004 m	0.00009 m
DY			42.57800 m	0.00001 m	0.00008 m	0.00009 m
DZ			-34.49652 m	-0.00001 m	-0.00009 m	0.00009 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	KP01	KOPE	36.50594	0.00023	6.2
DV	KP03	KP01	78.81690	0.00003	0.4
DV	KP03	KOPE	45.15107	0.00010	2.3

DV	KP02	KP01	65.69221	0.00025	3.8
DV	KP02	KOPE	58.37912	0.00013	2.2
DV	KP02	KP03	60.46571	0.00013	2.2

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
KOPE	Latitude	0.00018	DZ	KP02	KOPE
	Longitude	0.00026	DY	KP02	KOPE
	Height	0.00019	DZ	KP02	KOPE
KP01	Latitude	0.00018	DZ	KP02	KP01
	Longitude	0.00026	DY	KP02	KP01
	Height	0.00019	DZ	KP02	KP01
KP02	Latitude	0.00000	DZ	KP02	KP01
	Longitude	0.00000	DY	KP02	KP03
	Height	0.00000	DZ	KP02	KP01
KP03	Latitude	0.00018	DZ	KP02	KP03
	Longitude	0.00026	DY	KP02	KP03
	Height	0.00019	DZ	KP02	KP03

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
KOPE	0.00009	0.00009	1.0	90°	0.00009
KP01	0.00009	0.00009	1.0	3°	0.00009
KP02	0.00000	0.00000	1.0	90°	0.00000
KP03	0.00009	0.00009	1.0	90°	0.00009

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
KP01	KOPE	0.00009	0.00009	1.0	0°	0.00009
KP03	KP01	0.00009	0.00009	1.0	0°	0.00009
KP03	KOPE	0.00009	0.00009	1.0	0°	0.00009
KP02	KP01	0.00009	0.00009	1.0	-35°	0.00009
KP02	KOPE	0.00009	0.00009	1.0	-16°	0.00009
KP02	KP03	0.00009	0.00009	1.0	-54°	0.00009

Testing and Estimated Errors**Observation Tests**

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
DY			0.00053 m	50	2.8	0.00	
DZ			0.00053 m	50	2.8	0.79	
DX	KP03	KP01	0.00053 m	50	2.8	-0.30	0.03
DY			0.00053 m	50	2.8	0.10	
DZ			0.00053 m	50	2.8	0.00	
DX	KP03	KOPE	0.00053 m	50	2.8	-1.08	0.40
DY			0.00053 m	50	2.8	-0.05	
DZ			0.00053 m	50	2.8	-0.09	
DY			0.00053 m	50	2.8	-0.10	
DZ			0.00053 m	50	2.8	0.79	
DX	KP02	KOPE	0.00053 m	50	2.8	-1.18	0.62

DY			0.00053 m	50	2.8	0.05	
DZ			0.00053 m	50	2.8	-0.70	
DX	KP02	KP03	0.00053 m	50	2.8	-1.38	0.64
DY			0.00053 m	50	2.8	0.05	
DZ			0.00053 m	50	2.8	-0.09	

PRILOGA A1/3: Izravnava klasične terestrične mreže MP Koper (izmera december 2006.)



Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 02/09/2012 19:24:56

Project Information

Project name:	KLASIKA_12
Date created:	02/09/2012 18:49:45
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Inner constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	Local Grid
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.00000 m ✓ (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	0
Number of unknown stations:	7
Total:	7

Observations

Directions:	16
Distances:	18
Zenith angles:	16
Inner constraints:	6
Total:	56

Unknowns

Coordinates:	21
--------------	----

Orientations:	3	
Additional parameters:	2	
Total:	26	
Degrees of freedom:	30	
Testing		
Alfa (multi dimensional):	0.1989	
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %	
Beta:	90.0 %	
Sigma a-priori (GPS):	10.0	
Critical value W-test:	3.29	
Critical value T-test (2-dimensional):	6.01	
Critical value T-test (3-dimensional):	4.29	
Critical value F-test:	1.21	
F-test:	0.56	✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Easting	Northing	Height [m]
KOPE	400408.42684 m	46146.02322 m	52.77794
KP01	400373.63266 m	46154.76069 m	45.97971
KP02	400417.92765 m	46203.27131 m	46.37588
KP03	400452.44637 m	46153.62901 m	46.21222
S01	400398.48060 m	46158.92110 m	47.55960
S02	400420.66628 m	46193.59941 m	47.52052
S03	400441.10510 m	46159.46653 m	47.59155

Additional Parameters

	Value	Sd
Scale factor S0:	1.0000000000	fixed
Vertical refraction coefficient Z0:	0.00	fixed

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
R0	S03	S01	0.00000 m	0.00000 m	299.18357 gon
S0					42.62797 m
Z0					100.04646 gon
R0	S02	S01	0.00000 m	0.00000 m	236.22856 gon
S0					41.16788 m
Z0					99.93802 gon
R0	S03	KP03	0.00000 m	0.13300 m	130.26274 gon
S0					12.81589 m
Z0					106.19981 gon
R0	S03	KP02	0.00000 m	0.13300 m	369.01775 gon
S0					49.57103 m
Z0					101.39057 gon

R0	S03	KP01	0.00000 m	0.13200 m	295.56708 gon
S0					67.65327 m
Z0					101.39271 gon
R0	S03	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	275.15391 gon
S0					35.73070 m
Z0					90.52812 gon
R0	S02	S03	0.00000 m	0.00000 m	165.65135 gon
S0					39.78485 m
Z0					99.88642 gon
R0	S02	KP03	0.00000 m	0.13300 m	157.23551 gon
S0					51.07874 m
Z0					101.46471 gon
R0	S02	KP02	0.00000 m	0.13300 m	382.43346 gon
S0					10.10279 m
Z0					106.38285 gon
R0	S02	KP01	0.00000 m	0.13200 m	256.05486 gon
S0					61.01258 m
Z0					101.47023 gon
R0	S02	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	216.02855 gon
S0					49.41765 m
Z0					93.07185 gon
R0	S01	KP03	0.00000 m	0.13300 m	106.22262 gon
S0					54.23809 m
Z0					101.42646 gon
R0	S01	KP01	0.00000 m	0.13200 m	289.44248 gon
S0					25.23609 m
Z0					103.65565 gon
R0	S01	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	158.18142 gon
S0					17.13610 m
Z0					79.87268 gon
S0	S01	KP02	0.00000 m	0.13300 m	48.43790 m
Z0					101.38204 gon
R0	S03	S02	0.00000 m	0.00000 m	365.65160 gon
S0					39.78506 m
Z0					100.11368 gon
S0	S01	S02	0.00000 m	0.00000 m	41.16784 m
R0	S01	S03	0.00000 m	0.00000 m	99.18520 gon
S0					42.62748 m

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
R0	S03	S01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m

ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0	S01	KP02	0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	S02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
ZO			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0	S01	S02	0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
R0	S01	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m

Adjustment Results**Coordinates**

Station		Coordinate	Corr	Sd
KOPE	Easting	400408.42667 m	-0.00016 m	0.00011 m
	Northing	46146.02342 m	0.00021 m	0.00014 m
	Height	52.77778 m	-0.00015 m	0.00006 m
KP01	Easting	400373.63326 m	0.00059 m	0.00030 m
	Northing	46154.76106 m	0.00037 m	0.00012 m
	Height	45.97955 m	-0.00016 m	0.00004 m
KP02	Easting	400417.92760 m	-0.00005 m	0.00015 m
	Northing	46203.27143 m	0.00011 m	0.00035 m
	Height	46.37606 m	0.00019 m	0.00003 m

KP03	Easting	400452.44553 m	-0.00084 m	0.00026 m
	Northing	46153.62885 m	-0.00017 m	0.00018 m
	Height	46.21235 m	0.00013 m	0.00003 m
S01	Easting	400398.48151 m	0.00091 m	0.00014 m
	Northing	46158.92022 m	-0.00088 m	0.00007 m
	Height	47.56004 m	0.00044 m	0.00004 m
S02	Easting	400420.66595 m	-0.00033 m	0.00010 m
	Northing	46193.59995 m	0.00054 m	0.00016 m
	Height	47.52025 m	-0.00027 m	0.00003 m
S03	Easting	400441.10498 m	-0.00012 m	0.00013 m
	Northing	46159.46634 m	-0.00019 m	0.00011 m
	Height	47.59137 m	-0.00018 m	0.00003 m

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
<u>R0</u>	S03	S01	299.18372 gon	-0.00015 gon	-	0.00015 gon
<u>S0</u>			42.62730 m	0.00067 m	-	0.00023 m
<u>Z0</u>			100.04663 gon	-0.00017 gon	-	0.00011 gon
<u>R0</u>	S02	S01	236.22863 gon	-0.00007 gon	-	0.00018 gon
<u>S0</u>			41.16868 m	-0.00080 m	-	0.00021 m
<u>Z0</u>			99.93831 gon	-0.00029 gon	-	0.00011 gon
<u>R0</u>	S03	KP03	130.26265 gon	0.00009 gon	-	0.00022 gon
<u>S0</u>			12.81559 m	0.00030 m	-	0.00032 m
<u>Z0</u>			106.19977 gon	0.00004 gon	-	0.00022 gon
<u>R0</u>	S03	KP02	369.01776 gon	-0.00001 gon	-	0.00017 gon
<u>S0</u>			49.57100 m	0.00003 m	-	0.00045 m
<u>Z0</u>			101.39032 gon	0.00025 gon	-	0.00010 gon
<u>R0</u>	S03	KP01	295.56692 gon	0.00016 gon	-	0.00015 gon
<u>S0</u>			67.65227 m	0.00100 m	-	0.00039 m
<u>Z0</u>			101.39260 gon	0.00011 gon	-	0.00009 gon
<u>R0</u>	S03	KOPE	275.15396 gon	-0.00006 gon	-	0.00020 gon
<u>S0</u>			35.73031 m	0.00039 m	-	0.00020 m
<u>Z0</u>			90.52805 gon	0.00007 gon	-	0.00014 gon
<u>R0</u>	S02	S03	165.65108 gon	0.00027 gon	-	0.00017 gon
<u>S0</u>			39.78550 m	-0.00065 m	-	0.00021 m
<u>Z0</u>			99.88642 gon	-0.00000 gon	-	0.00011 gon
<u>R0</u>	S02	KP03	157.23555 gon	-0.00005 gon	-	0.00018 gon
<u>S0</u>			51.07886 m	-0.00012 m	-	0.00037 m
<u>Z0</u>			101.46480 gon	-0.00009 gon	-	0.00010 gon
<u>R0</u>	S02	KP02	382.43345 gon	0.00001 gon	-	0.00022 gon
<u>S0</u>			10.10248 m	0.00031 m	-	0.00043 m
<u>Z0</u>			106.38292 gon	-0.00007 gon	-	0.00022 gon
<u>R0</u>	S02	KP01	256.05505 gon	-0.00019 gon	-	0.00019 gon
<u>S0</u>			61.01289 m	-0.00031 m	-	0.00038 m
<u>Z0</u>			101.46989 gon	0.00034 gon	-	0.00010 gon
<u>R0</u>	S02	KOPE	216.02853 gon	0.00002 gon	-	0.00016 gon
<u>S0</u>			49.41836 m	-0.00071 m	-	0.00025 m
<u>Z0</u>			93.07171 gon	0.00014 gon	-	0.00011 gon
<u>R0</u>	S01	KP03	106.22293 gon	-0.00031 gon	-	0.00017 gon
<u>S0</u>			54.23682 m	0.00127 m	-	0.00034 m
<u>Z0</u>			101.42652 gon	-0.00006 gon	-	0.00010 gon
<u>R0</u>	S01	KP01	289.44248 gon	0.00000 gon	-	0.00021 gon

S0			25.23572 m	0.00037 m	-	0.00034 m
Z0			103.65583 gon	-0.00018 gon	-	0.00020 gon
R0	S01	KOPE	158.18144 gon	-0.00002 gon	-	0.00022 gon
S0			17.13542 m	0.00068 m	-	0.00016 m
Z0			79.87276 gon	-0.00008 gon	-	0.00020 gon
S0	S01	KP02	48.43882 m	-0.00092 m	-	0.00034 m
Z0			101.38195 gon	0.00009 gon	-	0.00011 gon
R0	S03	S02	365.65163 gon	-0.00003 gon	-	0.00016 gon
S0			39.78550 m	-0.00044 m	-	0.00021 m
Z0			100.11398 gon	-0.00030 gon	-	0.00011 gon
S0	S01	S02	41.16868 m	-0.00084 m	-	0.00021 m
R0	S01	S03	99.18488 gon	0.00032 gon	-	0.00017 gon
S0			42.62730 m	0.00018 m	-	0.00023 m

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
KOPE	Easting	-0.00059	R0	S01	KOPE
	Northing	0.00057	R0	S03	KOPE
	Height	-0.00030	Z0	S01	KOPE
KP01	Easting	-0.00108	R0	S02	KP01
	Northing	0.00044	R0	S01	KP01
	Height	-0.00029	Z0	S01	KP01
KP02	Easting	0.00072	R0	S02	KP02
	Northing	0.00117	S0	S03	KP02
	Height	-0.00024	Z0	S02	KP02
KP03	Easting	-0.00077	R0	S02	KP03
	Northing	-0.00039	R0	S01	KP03
	Height	-0.00028	Z0	S03	KP03
S01	Easting	-0.00050	R0	S02	S01
	Northing	-0.00046	R0	S01	KP01
	Height	0.00027	Z0	S01	KP01
S02	Easting	-0.00060	R0	S02	KP02
	Northing	-0.00029	S0	S02	KP02
	Height	0.00030	Z0	S02	KP02
S03	Easting	0.00028	S0	S03	KP01
	Northing	0.00038	R0	S03	KP03
	Height	0.00029	Z0	S03	KP03

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
KOPE	0.00014	0.00011	1.3	14°	0.00006
KP01	0.00031	0.00008	3.6	74°	0.00004
KP02	0.00036	0.00011	3.2	-16°	0.00003
KP03	0.00029	0.00011	2.6	-60°	0.00003
S01	0.00014	0.00007	1.9	82°	0.00004
S02	0.00016	0.00010	1.6	-10°	0.00003
S03	0.00014	0.00010	1.4	-66°	0.00003

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
S03	S01	0.00023	0.00010	2.3	-4°	0.00005
S02	S01	0.00021	0.00014	1.6	10°	0.00005
S03	KP03	0.00032	0.00005	6.8	0°	0.00005
S03	KP02	0.00046	0.00011	4.3	11°	0.00004
S03	KP01	0.00039	0.00014	2.9	-10°	0.00004
S03	KOPE	0.00020	0.00012	1.6	-4°	0.00007
S02	S03	0.00021	0.00008	2.7	-2°	0.00004
S02	KP03	0.00038	0.00012	3.2	-15°	0.00004
S02	KP02	0.00043	0.00004	11.1	0°	0.00005
S02	KP01	0.00039	0.00015	2.5	15°	0.00005
S02	KOPE	0.00024	0.00013	1.8	-6°	0.00006
S01	KP03	0.00034	0.00015	2.2	13°	0.00006
S01	KP01	0.00034	0.00009	3.8	-3°	0.00007
S01	KOPE	0.00016	0.00007	2.1	0°	0.00007
S01	KP02	0.00041	0.00020	2.0	-39°	0.00005

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
R0	S03	S01	0.00138 gon	55	3.2	-0.89	
S0			0.00361 m	90	1.5	0.94	
Z0			0.00118 gon	76	1.7	-0.85	
R0	S02	S01	0.00180 gon	32	5.7	-0.51	
S0			0.00358 m	92	1.3	-1.11	
Z0			0.00119 gon	74	1.8	-1.50	
R0	S03	KP03	0.00470 gon	4	18.5	1.75	
S0			0.00379 m	82	2.1	0.44	
Z0			0.00353 gon	8	14.0	0.56	
R0	S03	KP02	0.00154 gon	44	4.2	-0.06	
S0			0.00429 m	64	3.4	0.04	
Z0			0.00114 gon	81	1.3	1.25	
R0	S03	KP01	0.00141 gon	53	3.4	0.94	
S0			0.00402 m	73	2.8	1.55	
Z0			0.00113 gon	83	1.1	0.53	
R0	S03	KOPE	0.00220 gon	22	7.6	-0.53	
S0			0.00356 m	93	1.2	0.53	
Z0			0.00134 gon	59	3.1	0.38	
R0	S02	S03	0.00154 gon	45	4.2	1.79	
S0			0.00358 m	92	1.3	-0.90	
Z0			0.00117 gon	77	1.7	-0.01	
R0	S02	KP03	0.00176 gon	34	5.5	-0.34	
S0			0.00395 m	75	2.6	-0.18	
Z0			0.00114 gon	81	1.3	-0.45	
R0	S02	KP02	0.00784 gon	1	31.4	0.34	
S0			0.00420 m	67	3.2	0.51	
Z0			0.00430 gon	5	17.3	-1.32	
R0	S02	KP01	0.00195 gon	27	6.5	-1.62	
S0			0.00397 m	75	2.6	-0.48	
Z0			0.00116 gon	79	1.4	1.70	
R0	S02	KOPE	0.00146 gon	49	3.8	0.15	
S0			0.00364 m	89	1.6	-1.00	

<u>Z0</u>			0.00117 gon	77	1.5	0.69
<u>R0</u>	S01	KP03	0.00163 gon	40	4.3	-2.15
<u>S0</u>			0.00384 m	79	2.3	1.89
<u>Z0</u>			0.00114 gon	81	1.3	-0.30
<u>R0</u>	S01	KP01	0.00339 gon	9	12.2	0.01
<u>S0</u>			0.00386 m	79	2.4	0.55
<u>Z0</u>			0.00227 gon	20	8.2	-1.79
<u>R0</u>	S01	KOPE	0.00497 gon	4	18.4	-0.33
<u>S0</u>			0.00352 m	95	1.0	0.93
<u>Z0</u>			0.00244 gon	17	9.1	-0.81
<u>S0</u>	S01	KP02	0.00386 m	79	2.3	-1.37
<u>Z0</u>			0.00117 gon	77	1.5	0.46
<u>R0</u>	S03	S02	0.00149 gon	48	3.9	-0.17
<u>S0</u>			0.00358 m	92	1.3	-0.61
<u>Z0</u>			0.00117 gon	77	1.7	-1.50
<u>S0</u>	S01	S02	0.00358 m	92	1.3	-1.16
<u>R0</u>	S01	S03	0.00157 gon	43	3.9	2.17
<u>S0</u>			0.00361 m	90	1.5	0.25

PRILOGA A1/4: Izravnava kombinirane mreže MP Koper (izmera december 2006.)



Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 02/10/2012 09:39:28

Project Information

Project name:	KOMBINIRANA_12_dana_KP02
Date created:	02/10/2012 09:04:00
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Minimally constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	GRS80
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.00000 m (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	6
Total:	7

Observations

Directions:	16
Distances:	18
Zenith angles:	16
GPS coordinate differences:	18 (6 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	71

Unknowns

Coordinates:	21
Orientations:	3
Additional parameters:	2
Total:	26

Degrees of freedom:	45
---------------------	----

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.2919
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %
Beta:	90.0 %
Sigma a-priori (GPS):	10.0

Critical value W-test:	3.29
Critical value T-test (2-dimensional):	6.01
Critical value T-test (3-dimensional):	4.29
Critical value F-test:	1.10
F-test:	0.73

✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Latitude	Longitude	Height [m]	
KOPE	45° 32' 53.18015" N	13° 43' 28.38435" E	52.77836	
KP01	45° 32' 53.44513" N	13° 43' 26.77441" E	45.97922	
KP02	45° 32' 55.03896" N	13° 43' 28.78060" E	46.37600	Known in Position and Height
KP03	45° 32' 53.44888" N	13° 43' 30.40786" E	46.21222	
S01	45° 32' 53.59262" N	13° 43' 27.91668" E	47.55955	
S02	45° 32' 54.72713" N	13° 43' 28.91388" E	47.52047	
S03	45° 32' 53.63217" N	13° 43' 29.88087" E	47.59150	

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
S0	S03	S01	0.00000 m	0.00000 m	42.62797 m
Z0					100.04646 gon
R0	S03	KP02	0.00000 m	0.13300 m	369.02941 gon
S0					49.57103 m

Z0					101.39057 gon
R0	S02	S01	0.00000 m	0.00000 m	236.23666 gon
S0					41.16788 m
Z0					99.93802 gon
R0	S02	KP02	0.00000 m	0.13300 m	382.44156 gon
S0					10.10279 m
Z0					106.38285 gon
R0	S01	KP02	0.00000 m	0.13300 m	26.30850 gon
S0					48.43790 m
Z0					101.38204 gon
R0	S03	KP03	0.00000 m	0.13300 m	130.27440 gon
S0					12.81589 m
Z0					106.19981 gon
R0	S03	KP01	0.00000 m	0.13200 m	295.57874 gon
S0					67.65327 m
Z0					101.39271 gon
R0	S03	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	275.16557 gon
S0					35.73070 m
Z0					90.52812 gon
R0	S02	S03	0.00000 m	0.00000 m	165.65945 gon
S0					39.78485 m
Z0					99.88642 gon
R0	S02	KP03	0.00000 m	0.13300 m	157.24361 gon
S0					51.07874 m
Z0					101.46471 gon
R0	S02	KP01	0.00000 m	0.13200 m	256.06296 gon
S0					61.01258 m
Z0					101.47023 gon
R0	S02	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	216.03665 gon
S0					49.41765 m
Z0					93.07185 gon
R0	S01	KP03	0.00000 m	0.13300 m	106.22262 gon
S0					54.23809 m
Z0					101.42646 gon
R0	S01	KP01	0.00000 m	0.13200 m	289.44248 gon
S0					25.23609 m
Z0					103.65565 gon
R0	S01	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	158.18142 gon
S0					17.13610 m
Z0					79.87268 gon
R0	S03	S02	0.00000 m	0.00000 m	365.66326 gon
S0					39.78506 m
Z0					100.11368 gon
S0	S01	S02	0.00000 m	0.00000 m	41.16784 m
DX	KP03	KP01			18.62058 m
DY					-76.58534 m
DZ					-0.24861 m
DX	KP03	KOPE			20.63270 m
DY					-40.14536 m
DZ					-1.12120 m
DX	KP01	KOPE			2.01241 m
DY					36.44000 m
DZ					-0.87250 m

DX	KP02	KP03			25.55778 m
DY					42.57800 m
DZ					-34.49653 m
DX	KP02	KP01			44.17876 m
DY					-34.00736 m
DZ					-34.74506 m
DX	KP02	KOPE			46.19060 m
DY					2.43265 m
DZ					-35.61778 m
R0	S01	S03	0.00000 m	0.00000 m	99.18520 gon
S0					42.62748 m

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
S0	S03	S01	0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon

R0	S01	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	S02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0	S01	S02	0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
DX	KP03	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP03	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP01	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP03	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
R0	S01	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m

Adjustment Results

Coordinates

Station	Coordinate	Corr	Sd		
KOPE	Latitude	45° 32' 53.18004" N	-0.00334 m	0.00055 m	
	Longitude	13° 43' 28.38440" E	0.00125 m	0.00172 m	
	Height	52.77895 m	0.00058 m	0.00268 m	
KP01	Latitude	45° 32' 53.44517" N	0.00140 m	0.00134 m	
	Longitude	13° 43' 26.77426" E	-0.00325 m	0.00151 m	
	Height	45.97960 m	0.00038 m	0.00271 m	
KP02	Latitude	45° 32' 55.03896" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	13° 43' 28.78060" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	46.37600 m	0.00000 m	-	fixed
KP03	Latitude	45° 32' 53.44892" N	0.00132 m	0.00111 m	
	Longitude	13° 43' 30.40787" E	0.00017 m	0.00150 m	
	Height	46.21439 m	0.00216 m	0.00278 m	
S01	Latitude	45° 32' 53.59262" N	0.00020 m	0.00066 m	
	Longitude	13° 43' 27.91658" E	-0.00220 m	0.00133 m	
	Height	47.56059 m	0.00105 m	0.00215 m	
S02	Latitude	45° 32' 54.72717" N	0.00111 m	0.00036 m	
	Longitude	13° 43' 28.91386" E	-0.00046 m	0.00030 m	
	Height	47.52041 m	-0.00006 m	0.00048 m	

S03	Latitude	45° 32' 53.63217" N	-0.00028 m	0.00080 m
	Longitude	13° 43' 29.88088" E	0.00020 m	0.00130 m
	Height	47.59296 m	0.00146 m	0.00231 m

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
S0	S03	S01	42.62758 m	0.00039 m	-	0.00024 m
Z0			100.04662 gon	-0.00016 gon	-	0.00012 gon
R0	S03	KP02	369.02939 gon	0.00002 gon	-	0.00019 gon
S0			49.56989 m	0.00114 m	-	0.00036 m
Z0			101.39023 gon	0.00034 gon	-	0.00011 gon
R0	S02	S01	236.23694 gon	-0.00028 gon	-	0.00020 gon
S0			41.16893 m	-0.00105 m	-	0.00022 m
Z0			99.93828 gon	-0.00026 gon	-	0.00013 gon
R0	S02	KP02	382.44161 gon	-0.00005 gon	-	0.00025 gon
S0			10.10142 m	0.00137 m	-	0.00035 m
Z0			106.38296 gon	-0.00011 gon	-	0.00025 gon
R0	S01	KP02	26.30817 gon	0.00033 gon	-	0.00024 gon
S0			48.43824 m	-0.00034 m	-	0.00035 m
Z0			101.38186 gon	0.00018 gon	-	0.00012 gon
R0	S03	KP03	130.27432 gon	0.00008 gon	-	0.00025 gon
S0			12.81534 m	0.00055 m	-	0.00035 m
Z0			106.19979 gon	0.00002 gon	-	0.00025 gon
R0	S03	KP01	295.57853 gon	0.00021 gon	-	0.00021 gon
S0			67.65249 m	0.00078 m	-	0.00043 m
Z0			101.39259 gon	0.00012 gon	-	0.00011 gon
R0	S03	KOPE	275.16565 gon	-0.00008 gon	-	0.00023 gon
S0			35.73050 m	0.00020 m	-	0.00021 m
Z0			90.52805 gon	0.00007 gon	-	0.00016 gon
R0	S02	S03	165.65906 gon	0.00039 gon	-	0.00019 gon
S0			39.78542 m	-0.00057 m	-	0.00024 m
Z0			99.88640 gon	0.00002 gon	-	0.00012 gon
R0	S02	KP03	157.24360 gon	0.00001 gon	-	0.00021 gon
S0			51.07853 m	0.00021 m	-	0.00041 m
Z0			101.46477 gon	-0.00006 gon	-	0.00011 gon
R0	S02	KP01	256.06299 gon	-0.00003 gon	-	0.00021 gon
S0			61.01322 m	-0.00064 m	-	0.00040 m
Z0			101.46986 gon	0.00037 gon	-	0.00012 gon
R0	S02	KOPE	216.03669 gon	-0.00004 gon	-	0.00019 gon
S0			49.41850 m	-0.00085 m	-	0.00027 m
Z0			93.07168 gon	0.00017 gon	-	0.00012 gon
R0	S01	KP03	106.22300 gon	-0.00038 gon	-	0.00020 gon
S0			54.23686 m	0.00123 m	-	0.00038 m
Z0			101.42650 gon	-0.00004 gon	-	0.00011 gon
R0	S01	KP01	289.44254 gon	-0.00006 gon	-	0.00025 gon
S0			25.23566 m	0.00043 m	-	0.00039 m
Z0			103.65585 gon	-0.00020 gon	-	0.00023 gon
R0	S01	KOPE	158.18142 gon	0.00000 gon	-	0.00025 gon
S0			17.13552 m	0.00058 m	-	0.00020 m
Z0			79.87277 gon	-0.00009 gon	-	0.00023 gon
R0	S03	S02	365.66350 gon	-0.00024 gon	-	0.00017 gon
S0			39.78542 m	-0.00036 m	-	0.00024 m

<u>Z0</u>			100.11400 gon	-0.00032 gon	-	0.00012 gon
<u>S0</u>	S01	S02	41.16893 m	-0.00109 m	-	0.00022 m
<u>DX</u>	KP03	KP01	18.62125 m	-0.00067 m	0.00441 m	0.00258 m
<u>DY</u>			-76.58971 m	0.00437 m	-0.00021 m	0.00079 m
<u>DZ</u>			-0.24870 m	0.00009 m	0.00033 m	0.00274 m
<u>DX</u>	KP03	KOPE	20.63664 m	-0.00394 m	-0.00095 m	0.00136 m
<u>DY</u>			-40.14342 m	-0.00194 m	0.00742 m	0.00077 m
<u>DZ</u>			-1.12742 m	0.00622 m	0.00144 m	0.00157 m
<u>DX</u>	KP01	KOPE	2.01539 m	-0.00298 m	-0.00541 m	0.00124 m
<u>DY</u>			36.44629 m	-0.00630 m	0.00749 m	0.00037 m
<u>DZ</u>			-0.87872 m	0.00622 m	0.00136 m	0.00135 m
<u>DX</u>	KP02	KP03	25.55648 m	0.00130 m	-0.00045 m	0.00217 m
<u>DY</u>			42.57815 m	-0.00014 m	-0.00341 m	0.00138 m
<u>DZ</u>			-34.49292 m	-0.00361 m	-0.00172 m	0.00214 m
<u>DX</u>	KP02	KP01	44.17773 m	0.00103 m	0.00384 m	0.00195 m
<u>DY</u>			-34.01157 m	0.00421 m	-0.00384 m	0.00173 m
<u>DZ</u>			-34.74162 m	-0.00344 m	-0.00106 m	0.00215 m
<u>DX</u>	KP02	KOPE	46.19312 m	-0.00252 m	-0.00142 m	0.00166 m
<u>DY</u>			2.43473 m	-0.00208 m	0.00389 m	0.00176 m
<u>DZ</u>			-35.62034 m	0.00256 m	-0.00023 m	0.00214 m
<u>R0</u>	S01	S03	99.18509 gon	0.00011 gon	-	0.00019 gon
<u>S0</u>			42.62758 m	-0.00010 m	-	0.00024 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	KP03	KP01	78.82129	0.00443	56.1
DV	KP03	KOPE	45.15126	0.00761	168.7
DV	KP01	KOPE	36.51255	0.00934	255.7
DV	KP02	KP03	60.46316	0.00384	63.5
DV	KP02	KP01	65.69200	0.00553	84.2
DV	KP02	KOPE	58.38271	0.00415	71.0

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
KOPE	Latitude	0.00123	R0	S01	KP02
	Longitude	0.00419	DX	KP03	KP01
	Height	0.00701	DZ	KP02	KOPE
KP01	Latitude	0.00306	DZ	KP03	KP01
	Longitude	-0.00344	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00648	DZ	KP02	KP01
KP02	Latitude	0.00000	DX	KP03	KP01
	Longitude	0.00000	DX	KP03	KP01
	Height	0.00000	DZ	KP02	KOPE
KP03	Latitude	-0.00249	DZ	KP03	KP01
	Longitude	-0.00341	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00683	DZ	KP02	KP03
S01	Latitude	-0.00133	R0	S01	KP01
	Longitude	-0.00299	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00548	DZ	KP02	KOPE
S02	Latitude	0.00143	R0	S01	KP02
	Longitude	-0.00106	R0	S02	KP02

S03	Height	0.00116	DZ	KP02	KOPE
	Latitude	-0.00169	DZ	KP03	KP01
	Longitude	-0.00290	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00564	DZ	KP02	KP03

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
KOPE	0.00174	0.00049	3.5	-81°	0.00268
KP01	0.00197	0.00044	4.5	-49°	0.00271
KP02	0.00000	0.00000	1.0	0°	0.00000
KP03	0.00182	0.00042	4.3	54°	0.00278
S01	0.00144	0.00035	4.1	-67°	0.00215
S02	0.00036	0.00030	1.2	-6°	0.00048
S03	0.00148	0.00036	4.1	60°	0.00231

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
S03	S01	0.00127	0.00024	5.2	90°	0.00162
S03	KP02	0.00148	0.00036	4.1	89°	0.00231
S02	S01	0.00123	0.00022	5.5	-90°	0.00177
S02	KP02	0.00036	0.00030	1.2	11°	0.00048
S01	KP02	0.00144	0.00035	4.1	-89°	0.00215
S03	KP03	0.00039	0.00035	1.1	-84°	0.00053
S03	KP01	0.00201	0.00043	4.7	-90°	0.00256
S03	KOPE	0.00108	0.00029	3.7	-90°	0.00135
S02	S03	0.00118	0.00024	4.8	-90°	0.00184
S02	KP03	0.00153	0.00041	3.7	-89°	0.00232
S02	KP01	0.00182	0.00040	4.5	89°	0.00244
S02	KOPE	0.00148	0.00037	4.0	-89°	0.00224
S01	KP03	0.00161	0.00038	4.2	90°	0.00209
S01	KP01	0.00076	0.00039	1.9	-89°	0.00095
S01	KOPE	0.00053	0.00031	1.7	86°	0.00075
KP03	KP01	0.00234	0.00050	4.7	-90°	0.00300
KP03	KOPE	0.00137	0.00042	3.3	89°	0.00168
KP01	KOPE	0.00114	0.00045	2.5	-89°	0.00142
KP02	KP03	0.00182	0.00042	4.3	-90°	0.00278
KP02	KP01	0.00197	0.00044	4.5	90°	0.00271
KP02	KOPE	0.00174	0.00049	3.5	-90°	0.00268

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
S0	S03	S01	0.00408 m	91	1.4	0.47	
Z0			0.00134 gon	76	1.8	-0.71	
R0	S03	KP02	0.00175 gon	45	4.0	0.12	
S0			0.00431 m	82	2.1	1.47	
Z0			0.00129 gon	82	1.2	1.45	
R0			0.00188 gon	38	4.9	-1.77	
S0	S02	S01	0.00405 m	93	1.2	-1.27	
Z0			0.00136 gon	74	1.8	-1.20	

<u>R0</u>	S02	KP02	0.00780 gon	2	27.4	-1.28	
<u>S0</u>			0.00429 m	82	2.1	1.75	
<u>Z0</u>			0.00480 gon	5	16.9	-1.72	
<u>R0</u>	S01	KP02	0.00298 gon	15	9.3	3.24	
<u>S0</u>			0.00429 m	83	2.1	-0.44	
<u>Z0</u>			0.00132 gon	78	1.4	0.81	
<u>R0</u>	S03	KP03	0.00535 gon	4	18.1	1.41	
<u>S0</u>			0.00428 m	83	2.0	0.71	
<u>Z0</u>			0.00402 gon	8	14.0	0.27	
<u>R0</u>	S03	KP01	0.00198 gon	34	5.2	1.41	
<u>S0</u>			0.00451 m	75	2.6	1.06	
<u>Z0</u>			0.00129 gon	82	1.1	0.50	
<u>R0</u>	S03	KOPE	0.00268 gon	19	8.1	-0.68	
<u>S0</u>			0.00404 m	93	1.2	0.24	
<u>Z0</u>			0.00153 gon	58	3.2	0.37	
<u>R0</u>	S02	S03	0.00170 gon	47	4.0	2.23	
<u>S0</u>			0.00408 m	91	1.4	-0.69	
<u>Z0</u>			0.00133 gon	77	1.7	0.08	
<u>R0</u>	S02	KP03	0.00198 gon	35	5.4	0.04	
<u>S0</u>			0.00444 m	77	2.5	0.28	
<u>Z0</u>			0.00130 gon	82	1.3	-0.25	
<u>R0</u>	S02	KP01	0.00213 gon	30	6.1	-0.24	
<u>S0</u>			0.00443 m	78	2.4	-0.85	
<u>Z0</u>			0.00132 gon	79	1.4	1.60	
<u>R0</u>	S02	KOPE	0.00172 gon	46	4.1	-0.20	
<u>S0</u>			0.00413 m	89	1.5	-1.05	
<u>Z0</u>			0.00133 gon	77	1.5	0.77	
<u>R0</u>	S01	KP03	0.00184 gon	40	4.5	-2.30	
<u>S0</u>			0.00436 m	80	2.3	1.60	
<u>Z0</u>			0.00130 gon	81	1.3	-0.18	
<u>R0</u>	S01	KP01	0.00468 gon	6	15.7	-0.99	
<u>S0</u>			0.00439 m	79	2.3	0.57	
<u>Z0</u>			0.00258 gon	20	8.2	-1.70	
<u>R0</u>	S01	KOPE	0.00589 gon	3	19.9	0.09	
<u>S0</u>			0.00402 m	94	1.1	0.70	
<u>Z0</u>			0.00281 gon	17	9.2	-0.87	
<u>R0</u>	S03	S02	0.00160 gon	53	3.2	-1.26	
<u>S0</u>			0.00408 m	91	1.4	-0.44	
<u>Z0</u>			0.00133 gon	77	1.7	-1.40	
<u>S0</u>	S01	S02	0.00405 m	93	1.2	-1.32	
<u>DX</u>	KP03	KP01	0.02451 m	63	3.5	-0.20	0.36
<u>DY</u>			0.01989 m	96	0.9	1.04	
<u>DZ</u>			0.02545 m	58	3.8	0.03	
<u>DX</u>	KP03	KOPE	0.02062 m	89	1.5	-0.97	1.18
<u>DY</u>			0.01988 m	96	0.8	-0.46	
<u>DZ</u>			0.02102 m	86	1.8	1.56	
<u>DX</u>	KP01	KOPE	0.02044 m	91	1.4	-0.73	1.66
<u>DY</u>			0.01963 m	99	0.4	-1.48	
<u>DZ</u>			0.02061 m	89	1.5	1.53	
<u>DX</u>	KP02	KP03	0.02269 m	74	2.7	0.35	0.33
<u>DY</u>			0.02066 m	89	1.6	-0.04	
<u>DZ</u>			0.02258 m	74	2.6	-0.98	
<u>DX</u>	KP02	KP01	0.02198 m	79	2.3	0.27	0.72

DY			0.02138 m	83	2.0	1.08	
DZ			0.02261 m	74	2.7	-0.93	
DX	KP02	KOPE	0.02121 m	84	1.9	-0.64	0.33
DY			0.02145 m	83	2.1	-0.53	
DZ			0.02259 m	74	2.6	0.69	
R0	S01	S03	0.00173 gon	45	4.0	0.63	
S0			0.00408 m	91	1.4	-0.12	

PRILOGA A1/5: Izravnava GPS mreže MP Koper (dani točki ILIR in NOVG) (izmera januar 2006.)



Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 02/09/2012 15:59:03

Project Information

Project name:	GPS_01_IB_NG
Date created:	02/09/2012 15:46:09
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	GRS80
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.00000 m ✓ (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	2
Number of unknown stations:	4
Total:	6

Observations

GPS coordinate differences:	42 (14 baselines)
Known coordinates:	6
Total:	48

Unknowns

Coordinates:	18
--------------	----

Total:	18	
Degrees of freedom:	30	
Testing		
Alfa (multi dimensional):	0.4836	
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %	
Beta:	90.0 %	
Sigma a-priori (GPS):	10.0	
Critical value W-test:	1.96	
Critical value T-test (2-dimensional):	2.42	
Critical value T-test (3-dimensional):	1.89	
Critical value F-test:	0.99	
F-test:	0.38	✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Latitude	Longitude	Height [m]	
ILIR	45° 34' 01.74138" N	14° 14' 53.83943" E	494.61256	Known in Position and Height
KOPE	45° 32' 53.17987" N	13° 43' 28.38356" E	52.71015	
KP01	45° 32' 53.44486" N	13° 43' 26.77379" E	45.91259	
KP02	45° 32' 55.03876" N	13° 43' 28.77987" E	46.31409	
KP03	45° 32' 53.44847" N	13° 43' 30.40704" E	46.14898	
NOVG	45° 53' 46.84155" N	13° 37' 28.93701" E	110.13192	Known in Position and Height

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
DX	KOPE	KP03			-20.63304 m
DY					40.14586 m
DZ					1.12037 m
DX	KOPE	KP02			-46.19530 m
DY					-2.43043 m
DZ					35.62108 m
DX	KOPE	KP01			-2.01502 m
DY					-36.43745 m
DZ					0.87526 m
DX	KP03	KP01			18.61819 m
DY					-76.58338 m
DZ					-0.24506 m
DX	KP02	KP03			25.56058 m
DY					42.57649 m
DZ					-34.50121 m
DX	KP02	KP01			44.17959 m
DY					-34.00695 m
DZ					-34.74599 m
DX	NOVG	KP03			25029.27419 m
DY					14134.78418 m

DZ			-27061.88787 m
DX	NOVG	KP02	25003.71635 m
DY			14092.20566 m
DZ			-27027.38780 m
DX	NOVG	KP01	25047.88376 m
DY			14058.20324 m
DZ			-27062.13569 m
DX	NOVG	KOPE	25049.90664 m
DY			14094.63780 m
DZ			-27063.01177 m
DX	ILIR	KP03	11029.38746 m
DY			-39351.14148 m
DZ			-1796.53075 m
DX	ILIR	KP02	11003.82943 m
DY			-39393.72003 m
DZ			-1762.03067 m
DX	ILIR	KP01	11047.99776 m
DY			-39427.72205 m
DZ			-1796.77814 m
DX	ILIR	KOPE	11050.01794 m
DY			-39391.28895 m
DZ			-1797.65542 m

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
DX	KOPE	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.00505 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00505 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00505 m
DX	KOPE	KP02	0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DX	KOPE	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.00504 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00504 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00504 m
DX	KP03	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.00508 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00508 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00508 m
DX	KP02	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00506 m
DX	KP02	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.00507 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.00507 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.00507 m
DX	NOVG	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DX	NOVG	KP02	0.00500 m	1.0 ppm	0.04442 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04442 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04442 m
DX	NOVG	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.04446 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04446 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04446 m

DX	NOVG	KOPE	0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04448 m
DX	ILIR	KP03	0.00500 m	1.0 ppm	0.04591 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04591 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04591 m
DX	ILIR	KP02	0.00500 m	1.0 ppm	0.04594 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04594 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04594 m
DX	ILIR	KP01	0.00500 m	1.0 ppm	0.04599 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04599 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04599 m
DX	ILIR	KOPE	0.00500 m	1.0 ppm	0.04595 m
DY			0.00500 m	1.0 ppm	0.04595 m
DZ			0.00500 m	1.0 ppm	0.04595 m

Adjustment Results**Coordinates**

Station		Coordinate	Corr	Sd	
ILIR	Latitude	45° 34' 01.74138" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	14° 14' 53.83943" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	494.61256 m	0.00000 m	-	fixed
KOPE	Latitude	45° 32' 53.18000" N	0.00393 m	0.00991 m	
	Longitude	13° 43' 28.38406" E	0.01078 m	0.00991 m	
	Height	52.76711 m	0.05697 m	0.00991 m	
KP01	Latitude	45° 32' 53.44500" N	0.00443 m	0.00991 m	
	Longitude	13° 43' 26.77431" E	0.01140 m	0.00991 m	
	Height	45.96689 m	0.05430 m	0.00991 m	
KP02	Latitude	45° 32' 55.03895" N	0.00567 m	0.00991 m	
	Longitude	13° 43' 28.78046" E	0.01280 m	0.00991 m	
	Height	46.36447 m	0.05038 m	0.00991 m	
KP03	Latitude	45° 32' 53.44863" N	0.00504 m	0.00991 m	
	Longitude	13° 43' 30.40760" E	0.01219 m	0.00991 m	
	Height	46.20000 m	0.05102 m	0.00991 m	
NOVG	Latitude	45° 53' 46.84155" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	13° 37' 28.93701" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	110.13192 m	0.00000 m	-	fixed

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
DX	KOPE	KP03	-20.63349 m	0.00045 m	-0.00017 m	0.00219 m
DY			40.14593 m	-0.00007 m	-0.00022 m	0.00219 m
DZ			1.12026 m	0.00011 m	0.00037 m	0.00219 m
DX	KOPE	KP02	-46.19468 m	-0.00063 m	0.00022 m	0.00219 m
DY			-2.43050 m	0.00008 m	0.00029 m	0.00219 m
DZ			35.62126 m	-0.00018 m	-0.00055 m	0.00219 m
DX	KOPE	KP01	-2.01519 m	0.00017 m	-0.00007 m	0.00219 m
DY			-36.43743 m	-0.00003 m	-0.00010 m	0.00219 m
DZ			0.87524 m	0.00002 m	0.00012 m	0.00219 m
DX	KP03	KP01	18.61830 m	-0.00011 m	0.00001 m	0.00219 m
DY			-76.58336 m	-0.00002 m	0.00005 m	0.00219 m

DZ			-0.24502 m	-0.00004 m	-0.00011 m	0.00219 m
DX	KP02	KP03	25.56118 m	-0.00061 m	0.00019 m	0.00219 m
DY			42.57644 m	0.00005 m	0.00027 m	0.00219 m
DZ			-34.50101 m	-0.00020 m	-0.00055 m	0.00219 m
DX	KP02	KP01	44.17948 m	0.00010 m	-0.00005 m	0.00219 m
DY			-34.00692 m	-0.00003 m	-0.00004 m	0.00219 m
DZ			-34.74603 m	0.00004 m	0.00009 m	0.00219 m
DX	NOVG	KP03	25029.24222 m	0.03197 m	0.00883 m	0.00991 m
DY			14134.76735 m	0.01683 m	0.00280 m	0.00991 m
DZ			-27061.92804 m	0.04017 m	0.05323 m	0.00991 m
DX	NOVG	KP02	25003.68104 m	0.03531 m	0.00602 m	0.00991 m
DY			14092.19091 m	0.01475 m	0.00017 m	0.00991 m
DZ			-27027.42704 m	0.03923 m	0.05448 m	0.00991 m
DX	NOVG	KP01	25047.86052 m	0.02324 m	0.01323 m	0.00991 m
DY			14058.18399 m	0.01925 m	0.00654 m	0.00991 m
DZ			-27062.17306 m	0.03737 m	0.04571 m	0.00991 m
DX	NOVG	KOPE	25049.87571 m	0.03092 m	0.00864 m	0.00991 m
DY			14094.62141 m	0.01639 m	0.00108 m	0.00991 m
DZ			-27063.04830 m	0.03653 m	0.04984 m	0.00991 m
DX	ILIR	KP03	11029.41792 m	-0.03046 m	-0.00968 m	0.00991 m
DY			-39351.12375 m	-0.01773 m	-0.00310 m	0.00991 m
DZ			-1796.49174 m	-0.03900 m	-0.05158 m	0.00991 m
DX	ILIR	KP02	11003.85674 m	-0.02731 m	-0.01251 m	0.00991 m
DY			-39393.70019 m	-0.01984 m	-0.00557 m	0.00991 m
DZ			-1761.99074 m	-0.03993 m	-0.05046 m	0.00991 m
DX	ILIR	KP01	11048.03622 m	-0.03846 m	-0.00501 m	0.00991 m
DY			-39427.70711 m	-0.01494 m	0.00028 m	0.00991 m
DZ			-1796.73676 m	-0.04137 m	-0.05822 m	0.00991 m
DX	ILIR	KOPE	11050.05141 m	-0.03348 m	-0.01044 m	0.00991 m
DY			-39391.26969 m	-0.01927 m	-0.00384 m	0.00991 m
DZ			-1797.61200 m	-0.04342 m	-0.05704 m	0.00991 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	KOPE	KP03	45.15188	0.00047	10.4
DV	KOPE	KP02	58.38433	0.00066	11.3
DV	KOPE	KP01	36.50360	0.00017	4.7
DV	KP03	KP01	78.81442	0.00012	1.5
DV	KP02	KP03	60.46856	0.00064	10.6
DV	KP02	KP01	65.69310	0.00011	1.7
DV	NOVG	KP03	39479.14087	0.05403	1.4
DV	NOVG	KP02	39424.05005	0.05481	1.4
DV	NOVG	KP01	39463.76901	0.04803	1.2
DV	NOVG	KOPE	39478.64245	0.05059	1.3
DV	ILIR	KP03	40907.04564	0.05257	1.3
DV	ILIR	KP02	40939.62737	0.05229	1.3
DV	ILIR	KP01	40985.74698	0.05843	1.4
DV	ILIR	KOPE	40951.27804	0.05811	1.4

External Reliability

Station	Ext Rel [m]	Station	Target
---------	-------------	---------	--------

ILIR	Latitude	0.05503	Latitude	ILIR	-
	Longitude	0.05503	Longitude	ILIR	-
	Height	0.05503	Height	ILIR	-
KOPE	Latitude	0.02844	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02844	Longitude	NOVG	-
	Height	0.02844	Height	NOVG	-
KP01	Latitude	0.02844	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02844	Longitude	NOVG	-
	Height	0.02844	Height	NOVG	-
KP02	Latitude	0.02844	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02844	Longitude	NOVG	-
	Height	0.02844	Height	NOVG	-
KP03	Latitude	0.02844	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.02844	Longitude	NOVG	-
	Height	0.02844	Height	NOVG	-
NOVG	Latitude	0.05507	Latitude	NOVG	-
	Longitude	0.05507	Longitude	NOVG	-
	Height	0.05507	Height	NOVG	-

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
ILIR	0.00000	0.00000	1.0	90°	0.00000
KOPE	0.00991	0.00991	1.0	-67°	0.00991
KP01	0.00991	0.00991	1.0	90°	0.00991
KP02	0.00991	0.00991	1.0	90°	0.00991
KP03	0.00991	0.00991	1.0	90°	0.00991
NOVG	0.00000	0.00000	1.0	90°	0.00000

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
KOPE	KP03	0.00219	0.00219	1.0	0°	0.00219
KOPE	KP02	0.00219	0.00219	1.0	0°	0.00219
KOPE	KP01	0.00219	0.00219	1.0	0°	0.00219
KP03	KP01	0.00219	0.00219	1.0	0°	0.00219
KP02	KP03	0.00219	0.00219	1.0	0°	0.00219
KP02	KP01	0.00219	0.00219	1.0	0°	0.00219
NOVG	KP03	0.00991	0.00991	1.0	-79°	0.00991
NOVG	KP02	0.00991	0.00991	1.0	-79°	0.00991
NOVG	KP01	0.00991	0.00991	1.0	-79°	0.00991
NOVG	KOPE	0.00991	0.00991	1.0	-56°	0.00991
ILIR	KP03	0.00991	0.00991	1.0	3°	0.00991
ILIR	KP02	0.00991	0.00991	1.0	3°	0.00991
ILIR	KP01	0.00991	0.00991	1.0	3°	0.00991
ILIR	KOPE	0.00991	0.00991	1.0	27°	0.00991

Testing and Estimated Errors**Observation Tests**

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
<u>DX</u>	KOPE	KP03	0.01225 m	50	2.8	0.20	0.02
<u>DY</u>			0.01225 m	50	2.8	-0.03	

DZ			0.01225 m	50	2.8	0.05	
DX	KOPE	KP02	0.01226 m	50	2.8	-0.28	0.03
DY			0.01226 m	50	2.8	0.03	
DZ			0.01226 m	50	2.8	-0.08	
DX	KOPE	KP01	0.01224 m	50	2.8	0.08	0.00
DY			0.01224 m	50	2.8	-0.01	
DZ			0.01224 m	50	2.8	0.01	
DX	KP03	KP01	0.01228 m	50	2.8	-0.05	0.00
DY			0.01228 m	50	2.8	-0.01	
DZ			0.01228 m	50	2.8	-0.02	
DX	KP02	KP03	0.01227 m	50	2.8	-0.27	0.03
DY			0.01227 m	50	2.8	0.02	
DZ			0.01227 m	50	2.8	-0.09	
DX	KP02	KP01	0.01227 m	50	2.8	0.05	0.00
DY			0.01227 m	50	2.8	-0.01	
DZ			0.01227 m	50	2.8	0.02	
DX	NOVG	KP03	0.08208 m	86	1.1	1.26	1.50
DY			0.08208 m	86	1.1	0.66	
DZ			0.08208 m	86	1.1	1.58	
DX	NOVG	KP02	0.08200 m	86	1.1	1.39	1.55
DY			0.08200 m	86	1.1	0.58	
DZ			0.08200 m	86	1.1	1.54	
DX	NOVG	KP01	0.08206 m	86	1.1	0.91	1.19
DY			0.08206 m	86	1.1	0.76	
DZ			0.08206 m	86	1.1	1.47	
DX	NOVG	KOPE	0.08208 m	86	1.1	1.21	1.32
DY			0.08208 m	86	1.1	0.64	
DZ			0.08208 m	86	1.1	1.43	
DX	ILIR	KP03	0.08433 m	87	1.1	-1.15	1.32
DY			0.08433 m	87	1.1	-0.67	
DZ			0.08433 m	87	1.1	-1.48	
DX	ILIR	KP02	0.08438 m	87	1.0	-1.03	1.30
DY			0.08438 m	87	1.0	-0.75	
DZ			0.08438 m	87	1.0	-1.51	
DX	ILIR	KP01	0.08445 m	87	1.0	-1.45	1.63
DY			0.08445 m	87	1.0	-0.56	
DZ			0.08445 m	87	1.0	-1.56	
DX	ILIR	KOPE	0.08440 m	87	1.0	-1.27	1.61
DY			0.08440 m	87	1.0	-0.73	
DZ			0.08440 m	87	1.0	-1.64	

PRILOGA A1/6: Izravnava GPS mreže MP Koper (dana točka KP02) (izmera januar 2006.)

**Network Adjustment**www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 02/09/2012 16:19:52

Project Information

Project name:	GPS_01_dana_KP02
Date created:	02/09/2012 16:07:43
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information**Adjustment**

Type:	Minimally constrained	
Dimension:	3D	
Coordinate system:	GRS80	
Height mode:	Ellipsoidal	
Number of iterations:	1	
Maximum coord correction in last iteration:	0.00000 m	✔ (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	3
Total:	4

Observations

GPS coordinate differences:	18 (6 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	21

Unknowns

Coordinates:	12
Total:	12

Degrees of freedom:	9
---------------------	---

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.0359
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %
Beta:	90.0 %
Sigma a-priori (GPS):	10.0

Critical value W-test:	3.29	
Critical value T-test (2-dimensional):	6.01	
Critical value T-test (3-dimensional):	4.29	
Critical value F-test:	1.99	
F-test:	0.00	✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Latitude	Longitude	Height [m]	
KOPE	45° 32' 53.18001" N	13° 43' 28.38407" E	52.76656	
KP01	45° 32' 53.44501" N	13° 43' 26.77432" E	45.96641	
KP02	45° 32' 55.03895" N	13° 43' 28.78046" E	46.36447	Known in Position and Height
KP03	45° 32' 53.44864" N	13° 43' 30.40761" E	46.19945	

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
DX	KP01	KOPE			2.01501 m
DY					36.43745 m
DZ					-0.87526 m
DX	KP03	KP01			18.61820 m
DY					-76.58337 m
DZ					-0.24505 m
DX	KP03	KOPE			20.63302 m
DY					-40.14587 m
DZ					-1.12039 m
DX	KP02	KP01			44.17959 m
DY					-34.00695 m
DZ					-34.74599 m
DX	KP02	KOPE			46.19528 m
DY					2.43042 m
DZ					-35.62109 m
DX	KP02	KP03			25.56058 m
DY					42.57649 m
DZ					-34.50121 m

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
DX	KP01	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP03	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP03	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m

DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP03	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m

Adjustment Results**Coordinates**

Station		Coordinate	Corr	Sd	
KOPE	Latitude	45° 32' 53.18000" N	-0.00030 m	0.00025 m	
	Longitude	13° 43' 28.38406" E	-0.00021 m	0.00025 m	
	Height	52.76712 m	0.00057 m	0.00025 m	
KP01	Latitude	45° 32' 53.44500" N	-0.00028 m	0.00025 m	
	Longitude	13° 43' 26.77431" E	-0.00019 m	0.00025 m	
	Height	45.96694 m	0.00053 m	0.00025 m	
KP02	Latitude	45° 32' 55.03895" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	13° 43' 28.78046" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	46.36447 m	0.00000 m	-	fixed
KP03	Latitude	45° 32' 53.44863" N	-0.00029 m	0.00025 m	
	Longitude	13° 43' 30.40760" E	-0.00021 m	0.00025 m	
	Height	46.20001 m	0.00055 m	0.00025 m	

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
DX	KP01	KOPE	2.01513 m	-0.00012 m	0.00004 m	0.00025 m
DY			36.43744 m	0.00001 m	0.00007 m	0.00025 m
DZ			-0.87524 m	-0.00002 m	-0.00010 m	0.00025 m
DX	KP03	KP01	18.61835 m	-0.00015 m	0.00004 m	0.00025 m
DY			-76.58338 m	0.00000 m	0.00007 m	0.00025 m
DZ			-0.24500 m	-0.00005 m	-0.00014 m	0.00025 m
DX	KP03	KOPE	20.63349 m	-0.00047 m	0.00017 m	0.00025 m
DY			-40.14594 m	0.00006 m	0.00021 m	0.00025 m
DZ			-1.12024 m	-0.00014 m	-0.00041 m	0.00025 m
DX	KP02	KP01	44.17956 m	0.00003 m	0.00000 m	0.00025 m
DY			-34.00695 m	0.00000 m	0.00000 m	0.00025 m
DZ			-34.74601 m	0.00003 m	0.00004 m	0.00025 m
DX	KP02	KOPE	46.19469 m	0.00059 m	-0.00021 m	0.00025 m
DY			2.43049 m	-0.00007 m	-0.00028 m	0.00025 m
DZ			-35.62126 m	0.00017 m	0.00051 m	0.00025 m
DX	KP02	KP03	25.56120 m	-0.00062 m	0.00021 m	0.00025 m
DY			42.57643 m	0.00006 m	0.00029 m	0.00025 m
DZ			-34.50101 m	-0.00019 m	-0.00055 m	0.00025 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	KP01	KOPE	36.50362	0.00013	3.5
DV	KP03	KP01	78.81445	0.00016	2.1
DV	KP03	KOPE	45.15188	0.00050	11.0

DV	KP02	KP01	65.69316	0.00004	0.6
DV	KP02	KOPE	58.38433	0.00062	10.6
DV	KP02	KP03	60.46856	0.00066	10.9

External Reliability

Station		Ext Rel [m]	Station	Target
KOPE	Latitude	0.00079	DZ	KP02
	Longitude	0.00110	DY	KP02
	Height	0.00081	DZ	KP02
KP01	Latitude	0.00079	DZ	KP02
	Longitude	0.00110	DY	KP02
	Height	0.00081	DZ	KP02
KP02	Latitude	0.00000	DX	KP02
	Longitude	0.00000	DY	KP03
	Height	0.00000	DZ	KP03
KP03	Latitude	0.00079	DZ	KP02
	Longitude	0.00110	DY	KP02
	Height	0.00081	DZ	KP02

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
KOPE	0.00025	0.00025	1.0	3°	0.00025
KP01	0.00025	0.00025	1.0	90°	0.00025
KP02	0.00000	0.00000	1.0	90°	0.00000
KP03	0.00025	0.00025	1.0	3°	0.00025

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
KP01	KOPE	0.00025	0.00025	1.0	0°	0.00025
KP03	KP01	0.00025	0.00025	1.0	0°	0.00025
KP03	KOPE	0.00025	0.00025	1.0	0°	0.00025
KP02	KP01	0.00025	0.00025	1.0	49°	0.00025
KP02	KOPE	0.00025	0.00025	1.0	-6°	0.00025
KP02	KP03	0.00025	0.00025	1.0	39°	0.00025

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
DX	KP01	KOPE	0.00227 m	50	4.6	-0.50	0.09
DY			0.00227 m	50	4.6	0.03	
DZ			0.00227 m	50	4.6	-0.08	
DX	KP03	KP01	0.00227 m	50	4.6	-0.62	0.14
DY			0.00227 m	50	4.6	0.01	
DZ			0.00227 m	50	4.6	-0.19	
DX	KP03	KOPE	0.00227 m	50	4.6	-1.90	1.33
DY			0.00227 m	50	4.6	0.25	
DZ			0.00227 m	49	4.6	-0.58	
DX	KP02	KP01	0.00227 m	50	4.6	0.12	0.01
DY			0.00227 m	50	4.6	0.01	

DZ			0.00227 m	50	4.6	0.11	
DX	KP02	KOPE	0.00227 m	50	4.6	2.40	2.09
DY			0.00227 m	50	4.6	-0.27	
DZ			0.00227 m	50	4.6	0.67	
DX	KP02	KP03	0.00227 m	50	4.6	-2.52	2.34
DY			0.00227 m	50	4.6	0.26	
DZ			0.00227 m	50	4.6	-0.77	

PRILOGA A1/7: Izravnava klasične terestrične mreže MP Koper (izmera januar 2006.)



Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG


Created: 02/09/2012 18:13:49

Project Information

Project name:	KLASIKA_01
Date created:	02/09/2012 17:40:31
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Inner constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	Local Grid
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.00000 m  (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	0
Number of unknown stations:	7
Total:	7

Observations

Directions:	18
Distances:	18
Zenith angles:	17
Inner constraints:	6
Total:	59

Unknowns

Coordinates:	21
Orientations:	3
Additional parameters:	2
Total:	26

Degrees of freedom: 33

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.2196
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %
Beta:	90.0 %
Sigma a-priori (GPS):	10.0

Critical value W-test:	3.29
Critical value T-test (2-dimensional):	6.01
Critical value T-test (3-dimensional):	4.29
Critical value F-test:	1.18
F-test:	1.08

✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Easting	Northing	Height [m]
KOPE	400408.41534 m	46146.02980 m	52.76611
KP01	400373.62683 m	46154.76716 m	45.96736
KP02	400417.92565 m	46203.27223 m	46.36418
KP03	400452.44004 m	46153.62827 m	46.20003
S01	400398.47740 m	46158.92370 m	47.62970
S02	400423.19557 m	46191.87503 m	47.95575
S03	400448.02102 m	46159.76861 m	47.84653

Additional Parameters

	Value	Sd
Scale factor S0:	1.0000000000	fixed
Vertical refraction coefficient Z0:	0.00	fixed

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
R0	S03	S01	0.00000 m	0.00000 m	298.91560 gon
S0					49.55184 m
Z0					100.27804 gon
R0	S02	S01	0.00000 m	0.00000 m	240.97514 gon
S0					41.19338 m
Z0					100.50331 gon
R0	S03	KP03	0.00000 m	0.13300 m	160.28652 gon
S0					7.71441 m
Z0					112.56830 gon
R0	S03	KP02	0.00000 m	0.13300 m	361.47113 gon
S0					52.91599 m

Z0					101.62357 gon
R0	S03	KP01	0.00000 m	0.13200 m	295.72650 gon
S0					74.58231 m
Z0					101.49194 gon
R0	S03	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	278.74230 gon
S0					42.22055 m
Z0					92.39860 gon
R0	S02	S03	0.00000 m	0.00000 m	158.09772 gon
S0					40.58449 m
Z0					100.17150 gon
R0	S02	KP03	0.00000 m	0.13300 m	158.44191 gon
S0					48.17307 m
Z0					102.14508 gon
R0	S02	KP02	0.00000 m	0.13300 m	372.42877 gon
S0					12.64100 m
Z0					107.36055 gon
R0	S02	KP01	0.00000 m	0.13200 m	259.09137 gon
S0					61.94793 m
Z0					101.90820 gon
R0	S02	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	219.85546 gon
S0					48.41963 m
Z0					93.51944 gon
R0	S01	S03	0.00000 m	0.00000 m	98.91488 gon
S0					49.55157 m
Z0					99.72164 gon
R0	S01	KP02	0.00000 m	0.13300 m	26.31019 gon
S0					48.43930 m
Z0					101.48939 gon
R0	S01	KP01	0.00000 m	0.13200 m	289.44687 gon
S0					25.24152 m
Z0					103.86203 gon
R0	S01	KP03	0.00000 m	0.13300 m	106.22815 gon
S0					54.23809 m
Z0					101.52281 gon
R0	S01	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	158.19774 gon
S0					17.10351 m
R0	S03	S02	0.00000 m	0.00000 m	358.09665 gon
S0					40.58472 m
Z0					99.82849 gon
R0	S01	S02	0.00000 m	0.00000 m	40.97233 gon
S0					41.19326 m
Z0					99.49628 gon

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
R0	S03	S01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon

S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
R0	S03	S02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	S02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon

Adjustment Results

Coordinates

Station		Coordinate	Corr	Sd
KOPE	Easting	400408.41543 m	0.00009 m	0.00016 m
	Northing	46146.02959 m	-0.00021 m	0.00019 m

KP01	Height	52.76603 m	-0.00008 m	0.00013 m
	Easting	400373.62727 m	0.00044 m	0.00041 m
	Northing	46154.76745 m	0.00029 m	0.00015 m
KP02	Height	45.96736 m	0.00000 m	0.00007 m
	Easting	400417.92532 m	-0.00033 m	0.00013 m
	Northing	46203.27162 m	-0.00061 m	0.00031 m
KP03	Height	46.36427 m	0.00009 m	0.00004 m
	Easting	400452.44045 m	0.00040 m	0.00026 m
	Northing	46153.62807 m	-0.00019 m	0.00021 m
S01	Height	46.20012 m	0.00009 m	0.00006 m
	Easting	400398.47719 m	-0.00021 m	0.00017 m
	Northing	46158.92469 m	0.00099 m	0.00010 m
S02	Height	47.62981 m	0.00011 m	0.00007 m
	Easting	400423.19519 m	-0.00038 m	0.00012 m
	Northing	46191.87455 m	-0.00049 m	0.00018 m
S03	Height	47.95560 m	-0.00015 m	0.00004 m
	Easting	400448.02100 m	-0.00002 m	0.00018 m
	Northing	46159.76884 m	0.00023 m	0.00015 m
	Height	47.84647 m	-0.00006 m	0.00005 m

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
R0	S03	S01	298.91539 gon	0.00021 gon	-	0.00020 gon
S0			49.55185 m	-0.00001 m	-	0.00031 m
Z0			100.27838 gon	-0.00034 gon	-	0.00013 gon
R0	S02	S01	240.97484 gon	0.00030 gon	-	0.00022 gon
S0			41.19229 m	0.00109 m	-	0.00026 m
Z0			100.50363 gon	-0.00032 gon	-	0.00015 gon
R0	S03	KP03	160.28653 gon	-0.00001 gon	-	0.00031 gon
S0			7.71567 m	-0.00126 m	-	0.00037 m
Z0			112.56835 gon	-0.00005 gon	-	0.00031 gon
R0	S03	KP02	361.47121 gon	-0.00008 gon	-	0.00021 gon
S0			52.91601 m	-0.00002 m	-	0.00042 m
Z0			101.62346 gon	0.00011 gon	-	0.00013 gon
R0	S03	KP01	295.72651 gon	-0.00002 gon	-	0.00020 gon
S0			74.58268 m	-0.00037 m	-	0.00054 m
Z0			101.49158 gon	0.00036 gon	-	0.00012 gon
R0	S03	KOPE	278.74247 gon	-0.00017 gon	-	0.00027 gon
S0			42.22195 m	-0.00140 m	-	0.00028 m
Z0			92.39844 gon	0.00016 gon	-	0.00024 gon
R0	S02	S03	158.09795 gon	-0.00023 gon	-	0.00021 gon
S0			40.58490 m	-0.00041 m	-	0.00029 m
Z0			100.17157 gon	-0.00007 gon	-	0.00014 gon
R0	S02	KP03	158.44201 gon	-0.00010 gon	-	0.00020 gon
S0			48.17410 m	-0.00103 m	-	0.00042 m
Z0			102.14493 gon	0.00015 gon	-	0.00014 gon
R0	S02	KP02	372.42880 gon	-0.00003 gon	-	0.00031 gon
S0			12.64096 m	0.00004 m	-	0.00034 m
Z0			107.36070 gon	-0.00015 gon	-	0.00030 gon
R0	S02	KP01	259.09144 gon	-0.00007 gon	-	0.00025 gon
S0			61.94690 m	0.00103 m	-	0.00050 m
Z0			101.90809 gon	0.00011 gon	-	0.00014 gon

R0	S02	KOPE	219.85533 gon	0.00013 gon	-	0.00024 gon
S0			48.41951 m	0.00012 m	-	0.00032 m
Z0			93.51967 gon	-0.00023 gon	-	0.00022 gon
R0	S01	S03	98.91475 gon	0.00013 gon	-	0.00023 gon
S0			49.55185 m	-0.00028 m	-	0.00031 m
Z0			99.72211 gon	-0.00047 gon	-	0.00013 gon
R0	S01	KP02	26.31003 gon	0.00017 gon	-	0.00028 gon
S0			48.43756 m	0.00174 m	-	0.00036 m
Z0			101.48892 gon	0.00047 gon	-	0.00014 gon
R0	S01	KP01	289.44682 gon	0.00005 gon	-	0.00030 gon
S0			25.24189 m	-0.00037 m	-	0.00049 m
Z0			103.86220 gon	-0.00017 gon	-	0.00028 gon
R0	S01	KP03	106.22797 gon	0.00018 gon	-	0.00027 gon
S0			54.23847 m	-0.00038 m	-	0.00039 m
Z0			101.52262 gon	0.00019 gon	-	0.00014 gon
R0	S01	KOPE	158.19776 gon	-0.00002 gon	-	0.00031 gon
S0			17.10494 m	-0.00143 m	-	0.00023 m
R0	S03	S02	358.09658 gon	0.00007 gon	-	0.00021 gon
S0			40.58490 m	-0.00018 m	-	0.00029 m
Z0			99.82884 gon	-0.00035 gon	-	0.00014 gon
R0	S01	S02	40.97284 gon	-0.00051 gon	-	0.00024 gon
S0			41.19229 m	0.00097 m	-	0.00026 m
Z0			99.49678 gon	-0.00050 gon	-	0.00015 gon

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
KOPE	Easting	-0.00089	R0	S01	KOPE
	Northing	0.00084	R0	S03	KOPE
	Height	-0.00061	Z0	S03	KOPE
KP01	Easting	-0.00145	R0	S02	KP01
	Northing	0.00071	R0	S01	KP01
	Height	-0.00041	Z0	S01	KP01
KP02	Easting	0.00086	R0	S01	KP02
	Northing	-0.00164	R0	S01	KP02
	Height	-0.00032	Z0	S02	KP02
KP03	Easting	0.00095	R0	S01	KP03
	Northing	-0.00131	R0	S01	KP03
	Height	-0.00042	Z0	S03	KP03
S01	Easting	0.00047	R0	S01	KOPE
	Northing	-0.00067	R0	S01	KP01
	Height	0.00041	Z0	S01	KP01
S02	Easting	-0.00051	R0	S02	KP02
	Northing	0.00051	R0	S01	KP02
	Height	0.00042	Z0	S02	KP02
S03	Easting	0.00039	R0	S03	KP03
	Northing	-0.00053	R0	S01	S03
	Height	0.00039	Z0	S03	KP03

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
KOPE	0.00019	0.00015	1.3	14°	0.00013

KP01	0.00043	0.00011	4.1	75°	0.00007
KP02	0.00031	0.00012	2.5	-11°	0.00004
KP03	0.00032	0.00011	2.9	-54°	0.00006
S01	0.00018	0.00009	1.9	78°	0.00007
S02	0.00018	0.00012	1.5	-11°	0.00004
S03	0.00020	0.00012	1.7	-59°	0.00005

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
S03	S01	0.00031	0.00015	2.0	5°	0.00008
S02	S01	0.00026	0.00014	1.9	1°	0.00008
S03	KP03	0.00036	0.00004	9.2	-2°	0.00008
S03	KP02	0.00043	0.00016	2.8	11°	0.00007
S03	KP01	0.00054	0.00018	3.0	-6°	0.00006
S03	KOPE	0.00028	0.00019	1.4	3°	0.00015
S02	S03	0.00029	0.00012	2.4	0°	0.00006
S02	KP03	0.00042	0.00012	3.5	-7°	0.00008
S02	KP02	0.00034	0.00006	5.4	3°	0.00007
S02	KP01	0.00052	0.00019	2.7	16°	0.00008
S02	KOPE	0.00032	0.00018	1.8	-9°	0.00012
S01	KP02	0.00037	0.00018	2.0	-17°	0.00009
S01	KP01	0.00049	0.00010	4.7	-3°	0.00010
S01	KP03	0.00041	0.00018	2.3	16°	0.00008
S01	KOPE	0.00023	0.00008	2.8	4°	0.00017

Testing and Estimated Errors**Observation Tests**

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
R0	S03	S01	0.00185 gon	59	2.9	0.88	
S0			0.00498 m	91	1.4	-0.01	
Z0			0.00158 gon	81	1.4	-1.22	
R0	S02	S01	0.00201 gon	50	3.7	1.35	
S0			0.00491 m	93	1.2	1.09	
Z0			0.00162 gon	77	1.7	-1.16	
R0	S03	KP03	0.01115 gon	1	32.3	-0.13	
S0			0.00508 m	87	1.7	-1.30	
Z0			0.00797 gon	3	23.5	-0.87	
R0	S03	KP02	0.00196 gon	52	3.5	-0.37	
S0			0.00520 m	83	2.0	-0.02	
Z0			0.00156 gon	83	1.1	0.39	
R0	S03	KP01	0.00188 gon	57	3.1	-0.07	
S0			0.00555 m	73	2.8	-0.42	
Z0			0.00154 gon	85	1.0	1.24	
R0	S03	KOPE	0.00281 gon	25	6.8	-1.09	
S0			0.00493 m	92	1.3	-1.40	
Z0			0.00226 gon	39	5.1	0.82	
R0	S02	S03	0.00190 gon	56	3.2	-0.99	
S0			0.00494 m	92	1.3	-0.41	
Z0			0.00160 gon	78	1.6	-0.24	
R0	S02	KP03	0.00183 gon	60	2.8	-0.42	
S0			0.00519 m	83	2.0	-1.09	

<u>Z0</u>			0.00159 gon	79	1.5	0.53
<u>R0</u>	S02	KP02	0.00714 gon	3	20.4	-0.48
<u>S0</u>			0.00502 m	89	1.6	0.04
<u>Z0</u>			0.00475 gon	8	13.5	-1.61
<u>R0</u>	S02	KP01	0.00245 gon	33	5.5	-0.37
<u>S0</u>			0.00542 m	76	2.5	1.13
<u>Z0</u>			0.00159 gon	80	1.5	0.41
<u>R0</u>	S02	KOPE	0.00219 gon	42	4.5	0.66
<u>S0</u>			0.00499 m	90	1.5	0.12
<u>Z0</u>			0.00198 gon	51	3.8	-1.01
<u>R0</u>	S01	S03	0.00217 gon	43	4.4	0.63
<u>S0</u>			0.00498 m	91	1.4	-0.28
<u>Z0</u>			0.00158 gon	81	1.4	-1.67
<u>R0</u>	S01	KP02	0.00348 gon	16	9.1	1.30
<u>S0</u>			0.00506 m	88	1.7	1.78
<u>Z0</u>			0.00160 gon	78	1.5	1.69
<u>R0</u>	S01	KP01	0.00460 gon	9	12.7	0.50
<u>S0</u>			0.00540 m	77	2.5	-0.41
<u>Z0</u>			0.00324 gon	19	8.7	-1.22
<u>R0</u>	S01	KP03	0.00300 gon	22	7.5	1.25
<u>S0</u>			0.00513 m	85	1.9	-0.39
<u>Z0</u>			0.00159 gon	80	1.5	0.67
<u>R0</u>	S01	KOPE	0.00720 gon	3	20.5	-0.32
<u>S0</u>			0.00487 m	94	1.1	-1.41
<u>R0</u>	S03	S02	0.00189 gon	56	3.1	0.28
<u>S0</u>			0.00494 m	92	1.3	-0.18
<u>Z0</u>			0.00160 gon	78	1.6	-1.26
<u>R0</u>	S01	S02	0.00226 gon	39	4.8	-2.59
<u>S0</u>			0.00491 m	93	1.2	0.97
<u>Z0</u>			0.00162 gon	77	1.7	-1.84

PRILOGA A1/8: Izravnava kombinirane mreže MP Koper (izmera januar 2006.)

**Network Adjustment**www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 02/10/2012 10:19:37

Project Information

Project name:	KOMBINIRANA_01_dana_KP02
Date created:	02/10/2012 09:44:04
Time zone:	1h 00'
Coordinate system name:	D96
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information**Adjustment**

Type:	Minimally constrained	
Dimension:	3D	
Coordinate system:	GRS80	
Height mode:	Ellipsoidal	
Number of iterations:	1	
Maximum coord correction in last iteration:	0.00000 m	✔ (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	6
Total:	7

Observations

Directions:	18
Distances:	18
Zenith angles:	17
GPS coordinate differences:	18 (6 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	74

Unknowns

Coordinates:	21
Orientations:	3
Additional parameters:	2
Total:	26

Degrees of freedom:	48
---------------------	----

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.3076	
Alfa 0 (one dimensional):	0.1 %	
Beta:	90.0 %	
Sigma a-priori (GPS):	10.0	
Critical value W-test:	3.29	
Critical value T-test (2-dimensional):	6.01	
Critical value T-test (3-dimensional):	4.29	
Critical value F-test:	1.09	
F-test:	1.00	✔ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Input data

Approximate Coordinates

Station	Latitude	Longitude	Height [m]	
KOPE	45° 32' 53.18009" N	13° 43' 28.38407" E	52.76635	
KP01	45° 32' 53.44511" N	13° 43' 26.77422" E	45.96697	
KP02	45° 32' 55.03895" N	13° 43' 28.78046" E	46.36447	Known in Position and Height
KP03	45° 32' 53.44889" N	13° 43' 30.40770" E	46.19976	
S01	45° 32' 53.59270" N	13° 43' 27.91653" E	47.62965	
S02	45° 32' 54.67258" N	13° 43' 29.03173" E	47.95570	
S03	45° 32' 53.64555" N	13° 43' 30.19956" E	47.84615	

Observations

	Station	Target	St. ih	Tg. ih	Reading
R0	S03	S01	0.00000 m	0.00000 m	298.90799 gon
S0					49.55184 m
Z0					100.27804 gon
R0	S03	KP02	0.00000 m	0.13300 m	361.46352 gon
S0					52.91599 m
Z0					101.62357 gon
R0	S02	S03	0.00000 m	0.00000 m	158.09772 gon
S0					40.58449 m
Z0					100.17150 gon
R0	S02	S01	0.00000 m	0.00000 m	240.97514 gon
S0					41.19338 m
Z0					100.50331 gon
R0	S02	KP02	0.00000 m	0.13300 m	372.42877 gon
S0					12.64100 m
Z0					107.36055 gon
R0	S01	S03	0.00000 m	0.00000 m	98.91488 gon
S0					49.55157 m
Z0					99.72164 gon
R0	S01	KP02	0.00000 m	0.13300 m	26.31019 gon
S0					48.43930 m
Z0					101.48939 gon
R0	S03	KP03	0.00000 m	0.13300 m	160.27891 gon
S0					7.71441 m
Z0					112.56830 gon
R0	S03	KP01	0.00000 m	0.13200 m	295.71889 gon

S0					74.58231 m
Z0					101.49194 gon
R0	S03	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	278.73469 gon
S0					42.22055 m
Z0					92.39860 gon
R0	S02	KP03	0.00000 m	0.13300 m	158.44191 gon
S0					48.17307 m
Z0					102.14508 gon
R0	S02	KP01	0.00000 m	0.13200 m	259.09137 gon
S0					61.94793 m
Z0					101.90820 gon
R0	S02	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	219.85546 gon
S0					48.41963 m
Z0					93.51944 gon
R0	S01	KP03	0.00000 m	0.13300 m	106.22815 gon
S0					54.23809 m
Z0					101.52281 gon
R0	S01	KP01	0.00000 m	0.13200 m	289.44687 gon
S0					25.24152 m
Z0					103.86203 gon
R0	S01	KOPE	0.00000 m	0.11000 m	158.19774 gon
S0					17.10351 m
R0	S03	S02	0.00000 m	0.00000 m	358.08904 gon
S0					40.58472 m
Z0					99.82849 gon
R0	S01	S02	0.00000 m	0.00000 m	40.97233 gon
S0					41.19326 m
Z0					99.49628 gon
DX	KP03	KP01			18.61820 m
DY					-76.58337 m
DZ					-0.24505 m
DX	KP03	KOPE			20.63302 m
DY					-40.14587 m
DZ					-1.12039 m
DX	KP01	KOPE			2.01501 m
DY					36.43745 m
DZ					-0.87526 m
DX	KP02	KP03			25.56058 m
DY					42.57649 m
DZ					-34.50121 m
DX	KP02	KP01			44.17959 m
DY					-34.00695 m
DZ					-34.74599 m
DX	KP02	KOPE			46.19528 m
DY					2.43042 m
DZ					-35.62109 m

Standard deviations

	Station	Target	Sd. abs / Cor	Sd. rel / Cor	Sd. tot / Cor
R0	S03	S01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon

R0	S03	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	S01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	S03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S03	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S02	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP03	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KP01	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	KOPE	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
R0	S03	S02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
R0	S01	S02	0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
S0			0.00100 m	0.0 ppm	0.00100 m
Z0			0.00030 gon	0.00000 gon .km	0.00030 gon
DX	KP03	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m

DX	KP03	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP01	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP03	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KP01	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DX	KP02	KOPE	0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DY			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m
DZ			0.00500 m	0.0 ppm	0.00500 m

Adjustment Results**Coordinates**

Station	Coordinate	Corr	Sd		
KOPE	Latitude	45° 32' 53.18017" N	0.00237 m	0.00061 m	
	Longitude	13° 43' 28.38404" E	-0.00068 m	0.00201 m	
	Height	52.76649 m	0.00013 m	0.00313 m	
KP01	Latitude	45° 32' 53.44525" N	0.00411 m	0.00155 m	
	Longitude	13° 43' 26.77412" E	-0.00222 m	0.00177 m	
	Height	45.96768 m	0.00071 m	0.00317 m	
KP02	Latitude	45° 32' 55.03895" N	0.00000 m	-	fixed
	Longitude	13° 43' 28.78046" E	0.00000 m	-	fixed
	Height	46.36447 m	0.00000 m	-	fixed
KP03	Latitude	45° 32' 53.44891" N	0.00067 m	0.00129 m	
	Longitude	13° 43' 30.40777" E	0.00140 m	0.00173 m	
	Height	46.20067 m	0.00091 m	0.00324 m	
S01	Latitude	45° 32' 53.59268" N	-0.00050 m	0.00074 m	
	Longitude	13° 43' 27.91650" E	-0.00061 m	0.00156 m	
	Height	47.63017 m	0.00053 m	0.00251 m	
S02	Latitude	45° 32' 54.67254" N	-0.00125 m	0.00037 m	
	Longitude	13° 43' 29.03172" E	-0.00020 m	0.00042 m	
	Height	47.95588 m	0.00018 m	0.00069 m	
S03	Latitude	45° 32' 53.64552" N	-0.00091 m	0.00114 m	
	Longitude	13° 43' 30.19956" E	-0.00002 m	0.00150 m	
	Height	47.84698 m	0.00083 m	0.00284 m	

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
R0	S03	S01	298.90777 gon	0.00022 gon	-	0.00019 gon
S0			49.55185 m	-0.00001 m	-	0.00030 m
Z0			100.27838 gon	-0.00034 gon	-	0.00013 gon
R0	S03	KP02	361.46362 gon	-0.00010 gon	-	0.00021 gon
S0			52.91609 m	-0.00010 m	-	0.00040 m
Z0			101.62346 gon	0.00011 gon	-	0.00012 gon
R0	S02	S03	158.09796 gon	-0.00024 gon	-	0.00020 gon
S0			40.58490 m	-0.00041 m	-	0.00028 m

<u>Z0</u>			100.17157 gon	-0.00007 gon	-	0.00014 gon
<u>R0</u>	S02	S01	240.97485 gon	0.00029 gon	-	0.00021 gon
<u>S0</u>			41.19230 m	0.00108 m	-	0.00025 m
<u>Z0</u>			100.50363 gon	-0.00032 gon	-	0.00014 gon
<u>R0</u>	S02	KP02	372.42881 gon	-0.00004 gon	-	0.00029 gon
<u>S0</u>			12.64104 m	-0.00004 m	-	0.00032 m
<u>Z0</u>			107.36070 gon	-0.00015 gon	-	0.00029 gon
<u>R0</u>	S01	S03	98.91477 gon	0.00011 gon	-	0.00023 gon
<u>S0</u>			49.55185 m	-0.00028 m	-	0.00030 m
<u>Z0</u>			99.72211 gon	-0.00047 gon	-	0.00013 gon
<u>R0</u>	S01	KP02	26.30998 gon	0.00021 gon	-	0.00027 gon
<u>S0</u>			48.43762 m	0.00168 m	-	0.00034 m
<u>Z0</u>			101.48893 gon	0.00046 gon	-	0.00014 gon
<u>R0</u>	S03	KP03	160.27892 gon	-0.00001 gon	-	0.00030 gon
<u>S0</u>			7.71566 m	-0.00125 m	-	0.00035 m
<u>Z0</u>			112.56835 gon	-0.00005 gon	-	0.00029 gon
<u>R0</u>	S03	KP01	295.71890 gon	-0.00001 gon	-	0.00019 gon
<u>S0</u>			74.58258 m	-0.00027 m	-	0.00051 m
<u>Z0</u>			101.49158 gon	0.00036 gon	-	0.00012 gon
<u>R0</u>	S03	KOPE	278.73486 gon	-0.00017 gon	-	0.00026 gon
<u>S0</u>			42.22195 m	-0.00140 m	-	0.00027 m
<u>Z0</u>			92.39843 gon	0.00017 gon	-	0.00023 gon
<u>R0</u>	S02	KP03	158.44202 gon	-0.00011 gon	-	0.00019 gon
<u>S0</u>			48.17409 m	-0.00102 m	-	0.00040 m
<u>Z0</u>			102.14493 gon	0.00015 gon	-	0.00013 gon
<u>R0</u>	S02	KP01	259.09139 gon	-0.00002 gon	-	0.00024 gon
<u>S0</u>			61.94682 m	0.00111 m	-	0.00047 m
<u>Z0</u>			101.90808 gon	0.00012 gon	-	0.00013 gon
<u>R0</u>	S02	KOPE	219.85533 gon	0.00013 gon	-	0.00023 gon
<u>S0</u>			48.41951 m	0.00012 m	-	0.00030 m
<u>Z0</u>			93.51966 gon	-0.00022 gon	-	0.00021 gon
<u>R0</u>	S01	KP03	106.22797 gon	0.00018 gon	-	0.00026 gon
<u>S0</u>			54.23846 m	-0.00037 m	-	0.00038 m
<u>Z0</u>			101.52262 gon	0.00019 gon	-	0.00013 gon
<u>R0</u>	S01	KP01	289.44683 gon	0.00004 gon	-	0.00028 gon
<u>S0</u>			25.24179 m	-0.00027 m	-	0.00047 m
<u>Z0</u>			103.86220 gon	-0.00017 gon	-	0.00027 gon
<u>R0</u>	S01	KOPE	158.19776 gon	-0.00002 gon	-	0.00029 gon
<u>S0</u>			17.10494 m	-0.00143 m	-	0.00022 m
<u>R0</u>	S03	S02	358.08897 gon	0.00007 gon	-	0.00020 gon
<u>S0</u>			40.58490 m	-0.00018 m	-	0.00028 m
<u>Z0</u>			99.82884 gon	-0.00035 gon	-	0.00014 gon
<u>R0</u>	S01	S02	40.97286 gon	-0.00053 gon	-	0.00023 gon
<u>S0</u>			41.19230 m	0.00096 m	-	0.00025 m
<u>Z0</u>			99.49678 gon	-0.00050 gon	-	0.00014 gon
<u>DX</u>	KP03	KP01	18.62082 m	-0.00262 m	0.00781 m	0.00301 m
<u>DY</u>			-76.59078 m	0.00740 m	0.00090 m	0.00090 m
<u>DZ</u>			-0.24553 m	0.00048 m	-0.00021 m	0.00320 m
<u>DX</u>	KP03	KOPE	20.63588 m	-0.00286 m	0.00416 m	0.00159 m
<u>DY</u>			-40.14946 m	0.00359 m	0.00358 m	0.00086 m
<u>DZ</u>			-1.12353 m	0.00314 m	0.00089 m	0.00184 m
<u>DX</u>	KP01	KOPE	2.01506 m	-0.00005 m	-0.00375 m	0.00146 m
<u>DY</u>			36.44132 m	-0.00387 m	0.00261 m	0.00045 m

DZ			-0.87800 m	0.00274 m	0.00128 m	0.00159 m
DX	KP02	KP03	25.55485 m	0.00573 m	-0.00345 m	0.00253 m
DY			42.57864 m	-0.00215 m	-0.00828 m	0.00160 m
DZ			-34.49454 m	-0.00667 m	-0.00122 m	0.00250 m
DX	KP02	KP01	44.17567 m	0.00392 m	0.00411 m	0.00228 m
DY			-34.01214 m	0.00519 m	-0.00774 m	0.00202 m
DZ			-34.74007 m	-0.00592 m	-0.00070 m	0.00251 m
DX	KP02	KOPE	46.19073 m	0.00456 m	0.00013 m	0.00193 m
DY			2.42918 m	0.00124 m	-0.00549 m	0.00206 m
DZ			-35.61807 m	-0.00302 m	0.00115 m	0.00250 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	KP03	KP01	78.82222	0.00787	99.8
DV	KP03	KOPE	45.15618	0.00556	123.1
DV	KP01	KOPE	36.50755	0.00474	129.8
DV	KP02	KP03	60.46374	0.00905	149.7
DV	KP02	KP01	65.69009	0.00880	133.9
DV	KP02	KOPE	58.37920	0.00561	96.1

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
KOPE	Latitude	0.00160	R0	S01	KP02
	Longitude	0.00490	DX	KP03	KP01
	Height	0.00820	DZ	KP02	KOPE
KP01	Latitude	0.00357	DZ	KP03	KP01
	Longitude	-0.00401	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00757	DZ	KP02	KP01
KP02	Latitude	0.00000	DX	KP02	KP03
	Longitude	0.00000	DX	KP03	KP01
	Height	0.00000	DZ	KP02	KOPE
KP03	Latitude	-0.00292	DZ	KP03	KP01
	Longitude	-0.00400	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00799	DZ	KP02	KP03
S01	Latitude	0.00155	R0	S01	KP02
	Longitude	-0.00349	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00640	DZ	KP02	KOPE
S02	Latitude	0.00203	R0	S01	KP02
	Longitude	0.00099	DX	KP03	KP01
	Height	0.00166	DZ	KP02	KP03
S03	Latitude	-0.00255	DZ	KP03	KP01
	Longitude	-0.00331	DZ	KP03	KP01
	Height	0.00698	DZ	KP02	KP03

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
KOPE	0.00203	0.00053	3.8	-81°	0.00313
KP01	0.00230	0.00048	4.8	-49°	0.00317
KP02	0.00000	0.00000	1.0	0°	0.00000
KP03	0.00211	0.00047	4.5	54°	0.00324

S01	0.00169	0.00035	4.9	-67°	0.00251
S02	0.00044	0.00033	1.3	58°	0.00069
S03	0.00184	0.00041	4.5	54°	0.00284

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
S03	S01	0.00173	0.00030	5.8	90°	0.00220
S03	KP02	0.00184	0.00041	4.5	89°	0.00284
S02	S03	0.00141	0.00028	5.1	90°	0.00216
S02	S01	0.00144	0.00025	5.7	90°	0.00203
S02	KP02	0.00044	0.00033	1.3	84°	0.00069
S01	KP02	0.00169	0.00035	4.9	-90°	0.00251
S03	KP03	0.00036	0.00027	1.3	-7°	0.00041
S03	KP01	0.00259	0.00052	5.0	-90°	0.00330
S03	KOPE	0.00149	0.00035	4.3	-90°	0.00186
S02	KP03	0.00168	0.00041	4.1	-89°	0.00257
S02	KP01	0.00216	0.00048	4.5	89°	0.00287
S02	KOPE	0.00169	0.00040	4.3	-90°	0.00255
S01	KP03	0.00189	0.00038	5.0	90°	0.00244
S01	KP01	0.00088	0.00047	1.9	-89°	0.00111
S01	KOPE	0.00062	0.00036	1.7	86°	0.00088
KP03	KP01	0.00274	0.00054	5.1	-90°	0.00351
KP03	KOPE	0.00160	0.00043	3.7	90°	0.00197
KP01	KOPE	0.00133	0.00053	2.5	-89°	0.00167
KP02	KP03	0.00211	0.00047	4.5	-90°	0.00324
KP02	KP01	0.00230	0.00048	4.8	89°	0.00317
KP02	KOPE	0.00203	0.00053	3.8	-90°	0.00313

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
R0	S03	S01	0.00178 gon	59	2.9	0.95	
S0			0.00479 m	91	1.4	-0.01	
Z0			0.00152 gon	81	1.4	-1.27	
R0	S03	KP02	0.00188 gon	52	3.5	-0.46	
S0			0.00499 m	83	2.0	-0.11	
Z0			0.00150 gon	83	1.1	0.39	
R0	S02	S03	0.00183 gon	56	3.2	-1.09	
S0			0.00476 m	92	1.3	-0.43	
Z0			0.00154 gon	78	1.6	-0.26	
R0	S02	S01	0.00194 gon	50	3.7	1.36	
S0			0.00472 m	93	1.2	1.12	
Z0			0.00156 gon	77	1.7	-1.22	
R0	S02	KP02	0.00686 gon	3	20.4	-0.67	
S0			0.00483 m	89	1.6	-0.04	
Z0			0.00457 gon	8	13.5	-1.63	
R0	S01	S03	0.00208 gon	43	4.4	0.57	
S0			0.00479 m	91	1.4	-0.29	
Z0			0.00152 gon	81	1.4	-1.73	
R0	S01	KP02	0.00331 gon	17	9.0	1.72	
S0			0.00486 m	88	1.7	1.79	

<u>Z0</u>			0.00154 gon	78	1.5	1.73	
<u>R0</u>	S03	KP03	0.01070 gon	1	32.2	-0.28	
<u>S0</u>			0.00488 m	87	1.7	-1.34	
<u>Z0</u>			0.00766 gon	3	23.5	-0.93	
<u>R0</u>	S03	KP01	0.00180 gon	57	3.0	-0.04	
<u>S0</u>			0.00531 m	73	2.7	-0.32	
<u>Z0</u>			0.00149 gon	85	1.0	1.30	
<u>R0</u>	S03	KOPE	0.00269 gon	25	6.8	-1.10	
<u>S0</u>			0.00474 m	92	1.3	-1.45	
<u>Z0</u>			0.00217 gon	39	5.1	0.88	
<u>R0</u>	S02	KP03	0.00176 gon	60	2.8	-0.49	
<u>S0</u>			0.00499 m	83	2.0	-1.12	
<u>Z0</u>			0.00153 gon	79	1.5	0.56	
<u>R0</u>	S02	KP01	0.00234 gon	34	5.5	-0.09	
<u>S0</u>			0.00519 m	77	2.5	1.26	
<u>Z0</u>			0.00153 gon	80	1.5	0.43	
<u>R0</u>	S02	KOPE	0.00210 gon	42	4.5	0.64	
<u>S0</u>			0.00480 m	90	1.5	0.12	
<u>Z0</u>			0.00190 gon	51	3.8	-1.03	
<u>R0</u>	S01	KP03	0.00286 gon	22	7.4	1.23	
<u>S0</u>			0.00493 m	85	1.9	-0.40	
<u>Z0</u>			0.00153 gon	80	1.5	0.71	
<u>R0</u>	S01	KP01	0.00442 gon	9	12.7	0.48	
<u>S0</u>			0.00518 m	77	2.4	-0.30	
<u>Z0</u>			0.00311 gon	19	8.7	-1.30	
<u>R0</u>	S01	KOPE	0.00689 gon	3	20.4	-0.28	
<u>S0</u>			0.00469 m	94	1.1	-1.47	
<u>R0</u>	S03	S02	0.00182 gon	56	3.1	0.29	
<u>S0</u>			0.00476 m	92	1.3	-0.19	
<u>Z0</u>			0.00154 gon	78	1.6	-1.30	
<u>R0</u>	S01	S02	0.00218 gon	39	4.8	-2.81	
<u>S0</u>			0.00472 m	93	1.2	1.00	
<u>Z0</u>			0.00156 gon	77	1.7	-1.90	
<u>DX</u>	KP03	KP01	0.02864 m	63	3.5	-0.66	0.84
<u>DY</u>			0.02322 m	96	0.8	1.51	
<u>DZ</u>			0.02975 m	59	3.8	0.12	
<u>DX</u>	KP03	KOPE	0.02410 m	89	1.5	-0.60	0.43
<u>DY</u>			0.02320 m	97	0.8	0.73	
<u>DZ</u>			0.02457 m	86	1.8	0.68	
<u>DX</u>	KP01	KOPE	0.02389 m	91	1.4	-0.01	0.31
<u>DY</u>			0.02294 m	99	0.4	-0.78	
<u>DZ</u>			0.02410 m	89	1.5	0.58	
<u>DX</u>	KP02	KP03	0.02650 m	74	2.7	1.33	1.28
<u>DY</u>			0.02411 m	89	1.5	-0.45	
<u>DZ</u>			0.02638 m	75	2.6	-1.54	
<u>DX</u>	KP02	KP01	0.02567 m	79	2.3	0.88	1.28
<u>DY</u>			0.02499 m	83	2.0	1.14	
<u>DZ</u>			0.02641 m	74	2.7	-1.37	
<u>DX</u>	KP02	KOPE	0.02478 m	85	1.9	0.99	0.43
<u>DY</u>			0.02507 m	83	2.1	0.27	
<u>DZ</u>			0.02639 m	74	2.6	-0.70	

PRILOGA B: POROČILA GENERIRANA V PROGRAMU PROTRA 4.0, O TRANSFORMACIJI POSAMEZNE IZMERE V IZHODIŠČNO ZA ZAGOTOVITEV ENOTNEGA GEODETSKEGA DATUMA

PRILOGA B1/1: Transformacija GPS izmere december na GPS izmero januar

PRILOGA B1/2: Transformacija klasične terestrične izmere december na klasično terestrično izmero januar

PRILOGA B1/3: Transformacija kombinirane mreže december na kombinirano mrežo januar

PRILOGA B1/1: Transformacija GPS izmere december na GPS izmero januar

IZRAVNAVA PROSTORSKE TRANSFORMACIJE
PROTRA verzija 4.0 (C) 2001 Bojan Stopar

PROSTORSKA 7-PARAMETRICNA TRANSFORMACIJA

/3 TRANSLACIJE + 3 ROTACIJE + MERILO/

VHODNA DATOTEKA: GPS1.TXT
IZHODNA DATOTEKA: GPS1.OUT

TOCKE V KONCNEM DATUMU

KARTEZICNE KOORDINATE

TOCKA	X	sX	Y	sY	Z	sZ
KOPE	4346595.4903	0.000200	1061559.1595	0.000200	4530252.7171	0.000200
KP01	4346593.4752	0.000200	1061522.7220	0.000200	4530253.5923	0.000200
KP02	4346549.2956	0.000001	1061556.7290	0.000001	4530288.3383	0.000001
KP03	4346574.8569	0.000001	1061599.3054	0.000001	4530253.8373	0.000001

TOCKE V ZACETNEM DATUMU

KARTEZICNE KOORDINATE

TOCKA	X	sX	Y	sY	Z	sZ
KOPE	4346595.4933	0.000100	1061559.1664	0.000100	4530252.7291	0.000100
KP01	4346593.4811	0.000100	1061522.7264	0.000100	4530253.6017	0.000100
KP02	4346549.3026	0.000000	1061556.7338	0.000000	4530288.3468	0.000000
KP03	4346574.8605	0.000000	1061599.3118	0.000000	4530253.8503	0.000000

REZULTATI TRANSFORMACIJE BODO DANI V
MODULIRANIH GAUSS-KRUEGERJEVIH KOORDINATAH
NA GRS-80 ELIPSOIDU
IN ELIPSOIDNIH VISINAH

SKUPNE TOCKE:

KOPE
KP01
KP02
KP03

REZULTATI:

[7]-PARAMETRICNA PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

TRANSFORMIRANE KARTEZICNE KOORDINATE SKUPNIH TOCK Z ODPANJJI

TOCKA	X (Dan)	Y (Dan)	Z (Dan)
	X (Tr.)	Y (Tr.)	Z (Tr.)
	X (Dan-Tr.)	Y (Dan-Tr.)	Z (Dan-Tr.)
KOPE	4346595.4903	1061559.1595	4530252.7171
	4346595.4888	1061559.1572	4530252.7190
	0.0015	0.0023	-0.0019
KP01	4346593.4752	1061522.7220	4530253.5923
	4346593.4749	1061522.7156	4530253.5942
	0.0003	0.0064	-0.0018
KP02	4346549.2956	1061556.7290	4530288.3383
	4346549.2957	1061556.7290	4530288.3383
	0.0000	0.0000	0.0000

KP03	4346574.8569	1061599.3054	4530253.8373
	4346574.8569	1061599.3054	4530253.8373
	0.0000	0.0000	0.0000

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI:

STANDARDNE DEVIACIJE:

X0	:	-230.5708	+/-	144.9474
Y0	:	-171.6130	+/-	167.8359
Z0	:	-158.8724	+/-	99.7490
ALFA	:	0ž 0' 14.491421"	+/-	0ž 0' 3.3296582"
BETA	:	0ž 0' 0.982339"	+/-	0ž 0' 5.5460672"
GAMA	:	0ž 0' 9.326344"	+/-	0ž 0' 4.4941613"
MERILO:		46.9635 ppm	+/-	0.3141 ppm

VSOTA VEV : 901.48448175
 M0 PO IZRAVNAVI : 13.42746798
 STEVILO ITERACIJ: 6

M0 V 1. ITERACIJI: 510.949513
 M0 V 2. ITERACIJI: 1951.683297
 M0 V 3. ITERACIJI: 18.515366
 M0 V 4. ITERACIJI: 13.435086
 M0 V 5. ITERACIJI: 13.427480
 M0 V 6. ITERACIJI: 13.427468

ROTACIJSKA MATRIKA :

0.999999998966443	0.000045215726139	-0.000004759335429
-0.000045215391653	0.999999996509789	0.000070256607765
0.000004762512116	-0.000070256392497	0.999999997520679

GAUSS-KRUEGERJEVE KOORDINATE DANIH TOCK Z ODSTOPANJI

ELIPSOID GRS-80 a = 6378137.000 1/f = 298.25722210

TOCKA	Y (Dan)	X (Dan)	h (Dan)
	Y (Tr.)	X (Tr.)	h (Tr.)
	Y (Dan-Tr.)	X (Dan-Tr.)	h (Dan-Tr.)
KOPE	5400408.4154	5046146.0226	52.7672
	5400408.4136	5046146.0254	52.7671
	0.0018	-0.0028	0.0000
KP01	5400373.6304	5046154.7580	45.9670
	5400373.6243	5046154.7607	45.9670
	0.0061	-0.0027	0.0000
KP02	5400417.9253	5046203.2711	46.3645
	5400417.9253	5046203.2711	46.3645
	0.0000	0.0000	0.0000
KP03	5400452.4374	5046153.6179	46.2001
	5400452.4374	5046153.6179	46.2001
	0.0000	0.0000	0.0000

PRILOGA B1/2: Transformacija klasične terestrične izmere december na klasično terestrično izmero januar

IZRAVNAVA PROSTORSKE TRANSFORMACIJE
PROTRA verzija 4.0 (C) 2001 Bojan Stopar

PROSTORSKA 7-PARAMETRICNA TRANSFORMACIJA

/3 TRANSLACIJE + 3 ROTACIJE + MERILO/

VHODNA DATOTEKA: KL1.TXT
IZHODNA DATOTEKA: KL1.OUT

TOCKE V KONCNEM DATUMU

KARTEZICNE KOORDINATE

TOCKA	X	sX	Y	sY	Z	sZ
KOPE	4346595.4847	0.000200	1061559.1580	0.000200	4530252.7212	0.000100
KP01	4346593.4697	0.000200	1061522.7173	0.000400	4530253.5992	0.000100
KP02	4346549.2951	0.000010	1061556.7288	0.000010	4530288.3385	0.000010
KP03	4346574.8491	0.000010	1061599.3065	0.000010	4530253.8446	0.000010

TOCKE V ZACETNEM DATUMU

KARTEZICNE KOORDINATE

TOCKA	X	sX	Y	sY	Z	sZ
KOPE	4346595.4942	0.000100	1061559.1720	0.000100	4530252.7254	0.000100
KP01	4346593.4809	0.000100	1061522.7263	0.000300	4530253.6035	0.000100
KP02	4346549.3027	0.000000	1061556.7330	0.000000	4530288.3469	0.000000
KP03	4346574.8556	0.000000	1061599.3133	0.000000	4530253.8539	0.000000

REZULTATI TRANSFORMACIJE BODO DANI V
MODULIRANIH GAUSS-KRUEGERJEVIH KOORDINATAH
NA GRS-80 ELIPSOIDU
IN ELIPSOIDNIH VISINAH

SKUPNE TOCKE:

KOPE
KP01
KP02
KP03

REZULTATI:

[7]-PARAMETRICNA PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

TRANSFORMIRANE KARTEZICNE KOORDINATE SKUPNIH TOCK Z ODPANJEM

TOCKA	X (Dan)	Y (Dan)	Z (Dan)
	X (Tr.)	Y (Tr.)	Z (Tr.)
	X (Dan-Tr.)	Y (Dan-Tr.)	Z (Dan-Tr.)
KOPE	4346595.4847	1061559.1580	4530252.7212
	4346595.4869	1061559.1653	4530252.7186
	-0.0021	-0.0074	0.0026
KP01	4346593.4697	1061522.7173	4530253.5992
	4346593.4731	1061522.7203	4530253.5984
	-0.0034	-0.0029	0.0007
KP02	4346549.2951	1061556.7288	4530288.3385
	4346549.2951	1061556.7288	4530288.3386

	0.0000	0.0000	0.0000
KP03	4346574.8491	1061599.3065	4530253.8446
	4346574.8491	1061599.3065	4530253.8446
	0.0000	0.0000	0.0000

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI:

STANDARDNE DEVIACIJE:

X0	:	156.7733	+/-	138.6455
Y0	:	-151.2055	+/-	160.0316
Z0	:	6.3890	+/-	97.5299
ALFA	:	0ž 0' 10.262110"	+/-	0ž 0' 3.2114307"
BETA	:	0ž 0' 5.119061"	+/-	0ž 0' 5.2882115"
GAMA	:	0ž 0' 2.837299"	+/-	0ž 0' 4.3302108"
MERILO:		-13.5636 ppm	+/-	3.8219 ppm

VSOTA VPV : 1341.36701382
 M0 PO IZRAVNAVI : 16.37905378
 STEVILO ITERACIJ: 3

M0 V 1. ITERACIJI: 16.377571
 M0 V 2. ITERACIJI: 16.379787
 M0 V 3. ITERACIJI: 16.379054

ROTACIJSKA MATRIKA :

0.999999999597427	0.000013756850569	-0.000024817222949
-0.00001375615839	0.999999998667738	0.000049752454499
0.000024817907353	-0.000049752113103	0.999999998454399

GAUSS-KRUEGERJEVE KOORDINATE DANIH TOCK Z ODPANANJI

ELIPSOID GRS-80 a = 6378137.000 1/f = 298.25722210

TOCKA	Y (Dan)	X (Dan)	h (Dan)
	Y (Tr.)	X (Tr.)	h (Tr.)
	Y (Dan-Tr.)	X (Dan-Tr.)	h (Dan-Tr.)
KOPE	5400408.4154	5046146.0296	52.7660
	5400408.4220	5046146.0249	52.7669
	-0.0066	0.0047	-0.0008
KP01	5400373.6273	5046154.7674	45.9674
	5400373.6293	5046154.7640	45.9696
	-0.0020	0.0034	-0.0023
KP02	5400417.9253	5046203.2716	46.3643
	5400417.9253	5046203.2716	46.3643
	0.0000	0.0000	0.0000
KP03	5400452.4404	5046153.6281	46.2001
	5400452.4404	5046153.6281	46.2001
	0.0000	0.0000	0.0000

PRILOGA B1/3: Transformacija kombinirane mreže december na kombinirano mrežo januar

IZRAVNAVA PROSTORSKE TRANSFORMACIJE
PROTRA verzija 4.0 (C) 2001 Bojan Stopar

PROSTORSKA 7-PARAMETRICNA TRANSFORMACIJA

/3 TRANSLACIJE + 3 ROTACIJE + MERILO/

VHODNA DATOTEKA: KOMB1.TXT
IZHODNA DATOTEKA: KOMB1.OUT

TOCKE V KONCNEM DATUMU

KARTEZICNE KOORDINATE

TOCKA	X	sX	Y	sY	Z	sZ
KOPE	4346595.4864	0.001930	1061559.1582	0.002060	4530252.7203	0.002500
KP01	4346593.4713	0.002280	1061522.7168	0.002020	4530253.5983	0.002510
KP02	4346549.2956	0.000010	1061556.7290	0.000010	4530288.3383	0.000010
KP03	4346574.8505	0.000010	1061599.3076	0.000010	4530253.8438	0.000010

TOCKE V ZACETNEM DATUMU

KARTEZICNE KOORDINATE

TOCKA	X	sX	Y	sY	Z	sZ
KOPE	4346595.4957	0.001660	1061559.1685	0.001760	4530252.7265	0.002140
KP01	4346593.4803	0.001950	1061522.7222	0.001730	4530253.6052	0.002150
KP02	4346549.3026	0.000000	1061556.7338	0.000000	4530288.3468	0.000000
KP03	4346574.8590	0.000000	1061599.3120	0.000000	4530253.8539	0.000000

REZULTATI TRANSFORMACIJE BODO DANI V
MODULIRANIH GAUSS-KRUEGERJEVIH KOORDINATAH
NA GRS-80 ELIPSOIDU
IN ELIPSOIDNIH VISINAH

SKUPNE TOCKE:

KOPE
KP01
KP02
KP03

REZULTATI:

[7]-PARAMETRICNA PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

TRANSFORMIRANE KARTEZICNE KOORDINATE SKUPNIH TOCK Z ODPANJJI

TOCKA	X (Dan)	Y (Dan)	Z (Dan)
	X (Tr.)	Y (Tr.)	Z (Tr.)
	X (Dan-Tr.)	Y (Dan-Tr.)	Z (Dan-Tr.)
KOPE	4346595.4864	1061559.1582	4530252.7203
	4346595.4880	1061559.1642	4530252.7161
	-0.0016	-0.0060	0.0042
KP01	4346593.4713	1061522.7168	4530253.5983
	4346593.4732	1061522.7175	4530253.5952
	-0.0019	-0.0006	0.0031
KP02	4346549.2956	1061556.7290	4530288.3383
	4346549.2957	1061556.7290	4530288.3384
	0.0000	0.0000	0.0000

KP03	4346574.8505	1061599.3076	4530253.8438
	4346574.8505	1061599.3076	4530253.8438
	0.0000	0.0000	0.0000

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI:

STANDARDNE DEVIACIJE:

X0	:	-178.8089	+/-	138.7930
Y0	:	-125.9336	+/-	160.6790
Z0	:	115.1663	+/-	95.5229
ALFA	:	0ž 0' 2.022059"	+/-	0ž 0' 3.1878366"
BETA	:	- 0ž 0' 7.034831"	+/-	0ž 0' 5.3109584"
GAMA	:	- 0ž 0' 3.384754"	+/-	0ž 0' 4.3025896"
MERILO:		9.5974 ppm	+/-	0.2276 ppm

VSOTA VEV : 4.73388406
 M0 PO IZRAVNAVI : 0.97302457
 STEVILO ITERACIJ: 5

M0 V 1. ITERACIJI: 50.233723
 M0 V 2. ITERACIJI: 21.328547
 M0 V 3. ITERACIJI: 3.270161
 M0 V 4. ITERACIJI: 1.033444
 M0 V 5. ITERACIJI: 0.973025

ROTACIJSKA MATRIKA :

0.999999999283756	-0.000016410082715	0.000034105663060
0.000016409748359	0.999999999817303	0.000009803776700
-0.000034105823935	-0.000009803217027	0.999999999370345

GAUSS-KRUEGERJEVE KOORDINATE DANIH TOCK Z ODSTOPANJI

ELIPSOID GRS-80 a = 6378137.000 1/f = 298.25722210

TOCKA	Y (Dan)	X (Dan)	h (Dan)
	Y (Tr.)	X (Tr.)	h (Tr.)
	Y (Dan-Tr.)	X (Dan-Tr.)	h (Dan-Tr.)
KOPE	5400408.4152	5046146.0278	52.7665
	5400408.4206	5046146.0226	52.7656
	-0.0054	0.0051	0.0009
KP01	5400373.6264	5046154.7658	45.9677
	5400373.6265	5046154.7623	45.9669
	-0.0001	0.0035	0.0008
KP02	5400417.9253	5046203.2711	46.3645
	5400417.9253	5046203.2711	46.3645
	0.0000	0.0000	0.0000
KP03	5400452.4412	5046153.6264	46.2007
	5400452.4412	5046153.6264	46.2007
	0.0000	0.0000	0.0000