

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Visokošolski program geodezija,
Smer Geodezija v inženirstvu

Kandidat:

Jernej Knop

Uporaba GPS tehnologije v zahtevnem gorskem svetu

Diplomska naloga št.: 196

Mentor:

izr. prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

asist. dr. Dejan Grigillo , asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

Ljubljana, 22. 6. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisan **JERNEJ KNOP** izjavljam, da sem avtor pričujoče diplomske naloge z naslovom:
»UPORABA GPS V ZAHTEVNEM GORSKEM SVETU«.

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

Ljubljana, 1.5.2006

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.28 (23) (043.2)
Avtor: Jernej Knop
Mentor, somentor: izr. prof. dr. Bojan Stopar; mag. Dejan Grigillo, asist. mag. Klemen Kozmus
Naslov: Uporaba GPS v zahtevnem gorskem svetu
Obseg in oprema: 54 str., 9 pregl., 16 sl., 4 en.
Ključne besede: GPS, gore, orientacija

Izvleček

Diplomsko delo proučuje možnosti izrabe sodobne tehnologije – predvsem GPS-a, v zahtevnem gorskem svetu in brezpotjih. Slednje napeljuje nalogo tudi na širše območje nevisokogorskega sveta, ki zaradi svoje nezahtevnosti in geografske bližine gosto naseljenim območjem tudi doživlja večji obisk, še vedno pa zahteva dobro orientacijo. Naloga vključuje obravnavo konkretnega vzorčnega primera, na podlagi katerega določa smiselnost in morebiten način prikaza tako pridobljenih podatkov. Poleg problematike orientiranja se ukvarja tudi z varnostjo, saj sta obe temi močno povezani, in na koncu odvisni od točnosti podanih informacij. Ne nazadnje pa se naloga dotakne tudi praktičnega vprašanja, možnosti podajanja tako pridobljenih informacij na trg.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.28 (23) (043.2)
Author: Jernej Knop
Supervisor, cosupervisor: assist. prof. dr. Bojan Stopar; mag. Dejan Grigillo,
assist. msc. Klemen Kozmus
Title: Usage of GPS in heavy accessible mountain world
Notes: 54 p., 9 tab., 16 fig., 4 eq.
Key words: GPS, mountains, orientation

Abstract

The specific purpose of this thesis is to analyze possibilities of further usage of modern technology such as GPS in heavy accessible mountain terrene and terrene without marked paths. That last implies work to the broader area of nonmountain terrene, which is due to it's relative undemandigness and geographic closeness to the urban areas, becoming more popular to wider population, but it still demands good sense of orientation. The thesis includes a test example of rout measerment (south orientated slopes of Kamnik Alps), on base of witch it determines the meaning and possible further usage and visualization of data gained at such way. Except with orientation problem thesis is also dealing with safety problem, in sence of high interconnection of those two areas (they are both closely connected with quality space informations). The quality of observations was made on base of comparison of existing data (such as trigonometry points and path drawn on topographic chart DTK 25 Kamniška Bistrica) with GPS based observations. And not at least important there are same ideas of possible gained applicability and accessibility based on economic sustenance that free market demands, that the thesis is dealing with at closing.

ZAHVALA

Za iskreno pomoč in dobre nasvete pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Bojanu Stoparju in somentorjema mag. Dejan Grigillu in asist. mag. Klemen Kozmus.

Še posebej pa se zahvaljujem svojim staršema za izkazano potrpežljivost in podporo tako v času študija, kot v času pisanja te diplome.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PLANINSKE POTI IN BREZPOTJA.....	3
	2.1..... <i>Zgodovina planinstva</i>	3
	2.2..... <i>Planinske poti in brezpotja.....</i>	4
	2.3..... <i>Hoja po brezpotjih.....</i>	7
3	GPS (GLOBALNI SISTEM DOLOČANJA PLOŽAJA).....	8
	3.1..... <i>Splošno o GPS.....</i>	9
	3.2..... <i>Določitev položaja z GPS.....</i>	10
	3.3..... <i>Metode geodetske GPS izmere</i>	12
	3.3.1 Vrste metod GPS izmere	12
	3.3.1.1 Določitev absolutnih koordinat s kodnimi opazovanji	13
	3.3.1.2 Izboljšanje absolutne določitve koordinat s pomočjo WAAS.....	14
	3.3.1.3 Diferencialni GPS	15
	3.3.1.4 Določitev relativnih koordinat s faznimi opazovanji	17
	3.3.1.5 Precizno določanje položaja.....	20
	3.3.1.6 Natančnosti metod določitve koordinat z GPS opazovanji	21
4	SODOBNI GEODETSKI KOORDINATNI SISTEMI	24
	4.1..... <i>Matematična osnova.....</i>	24
	4.2..... <i>Transformacija koordinat iz ETRS 89 koordinatnega sistema v državni koordinatni sistem.....</i>	28
5	OPAZOVANJA	29
	5.1..... <i>Priprava na izmero.....</i>	29
	5.2..... <i>Uporabljena merska oprema.....</i>	32
	5.3..... <i>Opazovanja poti</i>	34
	5.4..... <i>Prenos in obdelava podatkov opazovanj.....</i>	35
6	PRIKAZ PODATKOV OPAZOVANJ.....	40
	6.1..... <i>Fotogrametrični prikaz.....</i>	40
	6.2..... <i>Fotografiranje z digitalnim fotoaparatom.....</i>	41
	6.3..... <i>Digitalni postopek obdelave posnetkov</i>	42
	6.3.1 Kalibracija in določitev elementov notranje orientacije	42
	6.3.2 Zunanja orientacija	42

6.3.3	Zajem digitalnega modela stene.....	43
6.3.4	Izdelava ortofoto načrta stene	44
7	VREDNOTENJE REZULTATOV	45
7.1 <i>Ocena natančnosti</i>	45
7.2 <i>Problematika pridobivanja opazovanj in nekaj statistike</i>	48
8	POVZETEK	50
	VIRI.....	53
	PRILOGE	55

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer satelita.....	11
Slika 2: Sprejemanje signala z enim sprejemnikom	13
Slika 3: Ceneni sprejemnik GPS	13
Slika 4: Shema sledenja signalov z WAAS.....	14
Slika 5: Shema DGPS.....	16
Slika 6: Hibridni napravi GPS	16
Slika 7: Relativna določitev položaja v omrežju PP.....	18
Slika 8: Geodetski sprejemnik GPS	18
Slika 9: Shema VRS	20
Slika 10: Grafična primerjava natančnosti metod	22
Slika 12: Trigonometrična mreža I. reda Slovenije.....	25
Slika 13: GPS izmera na trigonometrični točki na vrhu Brane	30
Sliki 11 in 12: Opazovanje poti	35
Slika 14: Prikaz diferencialne korekcije.....	36
Slika 15: Pred samo korekcijo	37
Slika 16: Parametri pretvorbe med posameznimi koordinatnimi sistemi.....	38

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled aktualnih metod določitve položaja z GPS.....	22
Preglednica 2: Pregled lastnosti GeoExplorer-ja II.....	32
Preglednica 3: Pregled lastnosti Magellanovega SporTrack Map-a.....	33
Preglednica 4: Odstopanje merjenih koordinat od danih brez in z opravljeno diferencialno korekcijo (primer točke FGG 4).....	35
Preglednica 5: Koordinate trigonometričnih točk v državnem koordinatnem sistemu.....	45
Preglednica 6: Primerjava izmerjenih koordinat trigonometrične točke FGG 4, opazovanih z GPS brez zunanje antene in upoštevano korekcijo s podanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu.....	46
Preglednica 7: Primerjava izmerjenih koordinat trigonometrične točke FGG 4, opazovanih z GPS z zunanjo anteno in upoštevano korekcijo s podanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu.....	46
Preglednica 8: Primerjava izmerjenih koordinat trigonometrične točke Brana, opazovanih z GPS z zunanjo anteno in upoštevano korekcijo s podanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu.....	47
Preglednica 9: Primerjava merjenih in uradnih višin planinskih objektov.....	47
Preglednica 10: Predviden sistematičen prikaz orientacijsko pomembnejših točk.....	51

1 UVOD

Začne se že v mladosti, komu izmed nas niso že takrat burile neukrotljive domišljije zgodbe iz neprehodne džungle vlažne in vroče Afrike, iz mrzlega in zasneženega Severa, iz prostranih prerij Patagonije in osrednje Azije. In ni velik korak, do tega, da jih začnemo iskati. Niti ni tako pomembno ali na kartah, globusih ali pa jih iščemo in raziskujemo kasneje skozi življenje. Pomembno je, da jih iščemo.

Seveda čez leta, ta domišljija izgubi čudoviti zanos in razigranost, ter postane krotka, včasih celo povsem izgine. Karte ne pripovedujejo več svojih neverjetnih zgodb. Sedaj so le kosi papirja zebrasto razdeljeni s tankimi črnimi črtami, ki se z dviganjem spreminjajo v vedno manjše like s piko in številko na koncu. Tu so še vsake toliko razmetane črne skalne šrafure, podrta pikčasta melišča, modre črte, ki se pahljačasto združujejo in širijo v vedno večje veje in stebila, dokler se ne izlijejo v modre luže. Tu so tudi majhne črne pike ob rumenih črtah, ki se kar nekako divje sekajo, združujejo in cepijo, majhne črne pike pa se združujejo v vasi, naselja in mesta.

Še vedno pa mi karte pritegnejo pozornost. In so ob uporabi kompasov ena od temeljnih oblik orientiranja. Danes tehnika izjemno napreduje in nam omogoča, da to počnemo tudi s pomočjo GPS-ja. Zanimalo pa me je, koliko je ta oblika orientiranja, ki se je že izkazala na drugih področjih življenje (promet, sledenje, navigacija, geodezija...), uporabna v težje dostopnem svetu-gorah. Odločil sem se, da bo zaradi specifičnih potreb te tehnologije in pomanjkanja kakršnih koli primerjalnih raziskav te tematike, območje testiranja orientirano proti jugu in hkrati omogočen čim bolj prost horizont. Tako sem se odločil za južna pobočja Planjave in deloma tudi Brane. Na tem področju gre namreč za dokaj posrečeno kombinacijo označene poti (proti Kamniškemu sedlu), brezpotja (v Repov kot) in v zadnjem delu tudi nekaj stene (JV stena Planjave).

Namen naloge je bil izmeriti obstoječo markirano pot za pridobitev ocene ustreznosti GPS tehnologije za tovrstne naloge ter oceniti natančnost opravljenih meritev v brezpotju in steni.

Zanimala me pa je predvsem možnost naknadne uporabe tako pridobljenih podatkov, v smislu orientiranja in iskanja prehodov v drugače težko prehodnem svetu.

2 PLANINSKE POTI IN BREZPOTJA

2.1 Zgodovina planinstva

Prve poti v naših gorah so podobno kot v vseh drugih goratih območjih sveta nastale iz gospodarskih vzgibov domačinov, torej: pastirjev, lovcev, gozdarjev, oglarjev in rudarjev. Ti so jih uporabljali dolga stoletja za trdo služenje svojega vsakdanjega kruha. V tem pogledu sta predvsem pomembna dva dejavnika, ki sta vplivala na večje udejstvovanje človeka v goratem svetu Alp. Oba sta se pojavila v srednjem veku. Najprej se je močno povečala poselitev tega območja s kolonizacijo, pri čemer je cesarska in fevdalna oblast z opuščenimi davščinami in podelitvijo zemlje v obdelavo vzpodbujala naseljevanje višje ležečih območij (vzrok je bil pomanjkanje hrane in obdelovalne zemlje). Tu je vzrok za relativno veliko poselitev Koroške, Pohorja, Zgornje Savinjskega, Škofjeloškega hribovja, delno pa tudi Zgornje Savskega območja. Druga taka okoliščina pa je bil razmah industrijske revolucije, ki je potrebovala več energije in železa (pojav koparstva in fužinarstva). Razvoj Kroke, Železnikov, Koprivnika in poti, ki so povezovale predvsem Bohinjsko in Selško dolino s Trento in naprej Furlanijo.

Šele dosti kasneje pa se je z razvojem znanosti in razsvetljenstvom pojavilo zanimanje za naravoslovno, botanično in geološko raziskovanje naših gora (Janez Anton Scopoli: 1758. Storžič, 1759. Grintavec; Balthesar Hacquet: 1777. Mali Triglav, 1779 pa je na vrhu Triglava izmeril njegovo višino; Heinrich Freyer, Franz Wulfen, Valentin Vodnik, Žiga Zois, Valentin Stanič: 1800 prvi brez vodnika na Velikem Kleku/Grossglocknerju, 1801 prvi na Watzmannu). Vsi ti veliki možje pa so za doseganje teh velikih dejanj posegali po znanju naslednikov prej omenjenih pastirjev in lovcev, ki so jim v vlogi vodnikov in nosačev razkrivali prehode in steze. Med njimi: Jernej Jernik – Vršnik, Lovrenc Potočnik, Valentin Slatnar – Bos v Grintavcih, Jože in Andrej Komac, Anton Tožbar – Špik v Trenti, Jože in Lovrenc Škantar, Gregor Rabič, Janez Klinar iz bohinjsko-savske strani.

Zaradi povečanega obiska gora in zaradi olajšanja vsakokratnega iskanja prehodov so se začele poti označevati. Najprej z "možici" (, ki so bili uporabljeni tudi med prvim pristopom

štirih srčnih mož na Triglav, 26.8.1778), kasneje pa bolj načrtno s trakasto rdečimi znamenji. V 20-ih letih prejšnjega stoletja pa je prišlo do dogovora o bodoči markaciji – beli piki v rdečem krogu (oz. Knafelčevi markaciji), ki je vidna tudi v mraku.

Zanimivo je, da je prva nadelana pot nastala v Bočko-rogaškem pogorju in ne v Alpah. Za potrebe bližnjega zdravilišča jo je dal po severnem pobočju na Donačko goro leta 1855 zgraditi E. H. Frölich.

Konec šestdesetih in predvsem od sedemdesetih let 19. st. naprej pa se je z narodnim preporodom pri Slovencih in hkratnim pojavom DÖAV (Nemški alpinistični odsek) na slovenskih tleh prenesel "boj" za narodni ponos in zavest tudi v naše hribe. Tako smo tekmovali, kdo bo nadelal več poti, kdo bo zgradil več koč, in kasneje tudi, kdo prvi preplezal Steno in pustil v njej več prvenstvenih smeri. V ta namen so se tudi naši narodno zavedni in v gore zaljubljeni očetje leta 1893 v Slovensko planinsko društvo združili.

2.2 Planinske poti in brezpotja

Poleg klasičnih delitev gorskega sveta po višini (predgorja, sredogorja in visokogorja), ter po legi oz. skupini (Julijske, Ziljske, Kamniško-Savinjske Alpe) lahko le-tega razdelimo tudi v:

- označen oz. markiran gorski svet
- ter dosti bolj obsežen, divji in težje prehoden svet brezpotij.

Pot spada med javne komunikacije. Planinska ali gorska pot je posebej označena s planinskimi markacijami (pri nas Knafelčeva markacija po Alojziju Knafelcu, 1859-1937, -beli krog obdan z rdečim kolobarjem, lahko tudi rdeča črta). Po potrebi je zavarovana z žičnimi vrvmi in klini. Za te poti skrbijo planinska društva. Ponekod so poti opremljene tudi z zimskimi markacijami (dolga kovinska drog s tablo in puščico). Po novem je na začetku poti navedena tudi njena zahtevnost. Tako jih delimo na: nezahtevne, zahtevne in zelo zahtevne označene poti.

Nezahtevna označena pot: Tura poteka po markiranih poteh, pri hoji si ni potrebno pomagati z rokami. Na strmih pobočjih je pot dovolj široka, da omogoča varno hojo tudi manj izurjenim. Potrebna sta le pazljivost in ustrezna kondicija.

Zahtevna označena pot: V tem primeru tura na težjih in izpostavljenih mestih že terja uporabo rok. Varovalne naprave so namenjene bolj varnosti kot pomoči pri napredovanju.

Zelo zahtevna označena pot: Na teh je uporaba rok nujna. Brez varovalnih naprav bi bilo potrebno varovanje z vrvjo. Izpostavljenost je lahko velika in vrtoglavi na tako pot ne sme. Zelo priporočljivo je samovarovanje.

Seveda pa je poleg označenih poti tu še mnogo bolj obsežen in neraziskan svet neoznačenih poti in brezpotij. Ta se izmika dokončni klasifikaciji. Seveda ga lahko razdelimo podobno kot zgoraj omenjen markirani svet na: nezahtevna, zahtevna in zelo zahtevna brezpotja. Vendar pa je tu ocena dosti bolj kompleksna in na ta način podvržena subjektivni presoji. Ne omejuje se samo na golo tehnično težavnost, ampak vsebuje tudi subjektivno oceno orientacijske težavnosti sveta po katerem naj bi se gibali. Hkrati pa tudi velja, da se lahko zahtevnost brezpotij zelo hitro spremeni (skalni podori, plazenje, nalivi s hudourniki, podrto drevje zaradi vetroloma ali požleda...). Ravno ta "kaotična urejenost" narave pa je glavni razlog, da nas vedno znova privlači v njene nedri.

Tako bi lahko brezpotja razdelili na:

Nezahtevna brezpotja: Tura poteka po bolj ali manj prehodnem terenu, kjer lahko hodimo praktično v vse smeri. Pri hoji uporaba rok ni potrebna. Hodimo čez drn in strn, mestoma pa sledimo stečinam in ostankom poti. Potreben je dober smisel za orientacijo. V slabem vremenu je po takem svetu skoraj nemogoče najti pravo smer.

Primeri: Krsteniški Stog, vsi trije Vogli, Tolminski Kuk, Rdeči rob, Vrh nad Peski čez Šmohor, Vrh Ovčje Planje ...

Zahtevno brezpotje: Tura poteka po težje prehodnem terenu, ki omejuje smer gibanja. Otežujejo ga strmina, reliefne oblike in poraščenost. Občasno je za varnost pri hoji potrebno uporabiti roke. Potreben je dober smisel za orientacijo in iskanje prehodov. V megli je vtakem svetu nemogoče najti pravo smer.

Primeri: Vrtača čez Malo Glavo (Karavanke), Frdamane police, Cmir iz krnice Za Cmirom, Jezerski in Prevalski Stog, Ogradi, Kaluder, Hudi Vršič čez Vratni vrh, Vrh Ruš, Šmihelovec, Zadnji Pelc, Bavh ...

Zelo zahtevno brezpotje: Tura poteka po težko prehodnem gorskem terenu, ki močno omejuje smer gibanja. Smer napredovanja je treba dobro izbrati. Večinoma lahko hodimo, včasih pa je potrebno preplezati tudi kakšen skok. Krajša plezalska mesta lahko dosežejo I. in II. težavnostno stopnjo (lahko tudi več). Na teh mestih je priporočljivo varovanje z vrvjo. Potrebna je dobra gorniška oziroma alpinistična izkušnost, sicer potrebujemo spremstvo vodnika. Opremljeni moramo biti s popolno alpinistično opremo (pas, vrv, pomožne vrvice, nekaj vponk in klinov, čelada in v zgodnjem poletju še cepin in dereze) in seveda znanjem, kako jo uporabiti. Potreben je odličen smisel za orientacijo.

Primeri: grapa v steni Vršičev, Mokrica iz Kurje doline (oboje Kamniško-Savinjske Alpe), Mala Martuljska Ponca iz Krnice, Škrnatarica čez Tičarico, Požgana Mlinarica čez Požar, Luknja Peč čez Teme, Tosc z Bohinjskih vratc, Mišelj vrh čez Koštrunovec, Škednjovec po vzhodnem grebenu, Dbeli vrh s Hribaric, Čelo in Kal, Podrta gora ...

Seveda je potrebno na koncu opozoriti, da našete opredelitve nanašajo na kopne razmere. Zimski čas prinese v gorski svet toliko dodatnih nevarnosti, težav in ovir, da se se zahtevnost vzponov bistveno poveča. K temu pa je treba tudi dodati, da nas snežna prostranstva bogato poplačajo za vloženi trud.

2.3 Hoja po brezpotjih

Včasih so po neoznačenih poteh in brezpotjih hodili le redki posamezniki. Plezalci so jih uporabljali za dostope in sestope s plezalnih smeri, (divji) lovci za dostope do lovišč, lovskih koč in prež, pastirji za pot do planin, ter zeliščarji in rudosledci. Gore niso bile tako množično obiskane, kot so danes. Domačini so vedeli skoraj za vsakogar, ki se je odpravljal v gore. Danes ni več tako. Planincev je po visokogorskih "magistralah" predvsem v poletni sezoni toliko, da se včasih tam počutimo, kot da bi bili kje sredi mestnega vrveža. Nekatere ture so postale prave romarske poti, kjer se moramo drug drugemu umikati, če sploh hočemo kam priti. Zato smo si nekateri zaželeli samotnejših poti in ciljev. Usmerili smo se v manj znane predele naših gora, na neoznačene poti ter brezpotja. Vsekakor pa je to olajšala tudi boljša oprema, ki jo imamo na razpolago.

Hoja po neoznačenih poteh in gorskih brezpotjih izkušenim gornikom omogoča bolj ustvarjalno gorništvo, kot zgolj hojo po markiranih poteh. Včasih lahko markacijam tako slepo sledimo, da se niti ne zavedamo bližnje okolice. Gora brez markacij predstavlja velik orientacijski in tehnični izziv.

3 GPS (GLOBALNI SISTEM DOLOČANJA PLOŽAJA)

Vsekakor je GPS oz. sistem globalnega določanja položaja eden od vedno bolj priljubljenih načinov določanja položaja v prostoru. K temu je pripomogla relativna enostavnost uporabe oz. povprečnemu uporabniku prilagojen sistem, vedno večja točnost določitve absolutnega položaja (od leta 2000 je namreč odstranjeno namerno izkrivljanje s satelitov oddanih podatkov oz. bolje rečeno dela podatkov, ki se nanašajo na urin tek satelitovih ur). Pa ne nazadnje tudi vedno večja cenovna dostopnost potrebnega instrumentarija – GPS sprejemnikov, zmogljivejše tehnologije za naknadno obdelavo in prikaz tako obdelanih podatkov, ter tudi vedno večja tehnološka naravnost sodobne družbe.

Sam sistem je star že nekaj desetletij in je bil razvit za potrebe ameriške vojske. Ta še danes omejuje določanje absolutnega položaja v realnem času z onemogočanjem dostopa do celotne vsebine satelitskega signala. Njegov potencial pa smo začeli pospešeno izkoriščati šele v zadnjem obdobju. Vedno več je namreč področij, ki so se ob vedno večji dostopnosti in zmogljivosti sodobne tehnologije začele zavedati prednosti in uporabnosti GPS tehnologije. Tako jo danes uporabljamo:

- v navigaciji, tako na cesti, v vodi, kot v zraku, pa tudi pri gibanju v naravi (, kjer ima očitno tudi velik tržni potencial)
- pri sledenju prometa in blaga (cestni transport v tvegane predele sveta) in predvsem vrednih premičnin (dražji avtomobili, muzejski eksponati, slike ...) in tovorov (sledenje tovornjakov)
- celo za avtopilotiranje letal
- pa tudi vede, ki potrebujejo podatke o položaju in premikanju v fizičnem prostoru – npr. meteorologija, tektonika ...
- in ne nazadnje tudi v sodobni geodeziji.

Seveda pa se moramo ob vseh prednostih GPS tehnologije med katerimi so vsekakor:

- visoka produktivnost meritev
- neodvisnost od vremenskih pogojev in tudi oblike težnostnega polja v opazovališču (s čimer pridobimo geometrijski položaj),

- višja natančnost določitve položaja na razdaljah daljših od 1 km,
- določitev tridimenzionalnega položaja,
- nižja cena izmere, kot posledica višje produktivnosti (ob vzpostavitvi dodatnih stalnih GPS postaj, pa se bo ta še znižala).

Zavedati tudi nekaterih slabosti glede na klasične merske postopke, kot so:

- v bližini opazovane točke ne sme biti ovir, ki bi onemogočale sprejem GPS signala (, kar v naravi pomeni predvsem neugoden relief, ter v manjši meri tudi rastje, predvsem v vegetativni dobi),
- elipsoidna višina, ki jo pridobimo z GPS opazovanji, je praktično neuporabna,
- za pridobitev praktično uporabne ortometrične višine točk, pa se moramo navezati na obliko ploskve geoida in s tem na obliko težnostnega polja,
- in na koncu, sistem je last ZDA, ki z njim tudi prosto razpolagajo.

Tako kot pri drugih tehnologijah, je tudi tu konkurenca razširila spekter ponudbe. Tako se moramo zavedati, da bomo za načrtovano višjo natančnost položaja načeloma potrebovali:

- dražji instrumentarij za GPS izmero,
- dolgotrajnejše meritve,
- obsežnejše postopke obdelave opazovanj
- in nenazadnje tudi več znanja.

3.1 Splošno o GPS

Začetki GPS (Global Positioning System) segajo v 70. leta prejšnjega stoletja, ko se je ameriška vlada odločila za uresničitev projekta s pomočjo katerega bi lahko v vsakem trenutku, na katerem koli koncu Zemlje in v vsakem vremenu lahko določil svoj položaj. Ob tem je potrebno omeniti, da je bil sistem vzpostavljen z namenom služiti vojaškemu namenom, pod okriljem Ministrstva za obrambo (DOD). Prvotno je služil nadzoru in spremljanju premikov položaja medcelinskih balističnih raket. Dokaj kmalu pa so začeli njihove dosežke uporabljati tudi v civilne namene, tako za namene strok npr. geodezija, transportna navigacija

(letala, ladje)... , kot tudi na področjih, ki ne zahtevajo tako visoke natančnosti pri določitvi položaja, kot so orientacija, kartografija manjših meril, razni GIS-i, ipd. Sistem je v grobem sestavljen iz treh segmentov: vesoljskega, kontrolnega, in uporabniškega.

3.2 Določitev položaja z GPS

V grobem temelji določanje položaja s pomočjo GPS na popolnoma enostavnem principu določanja razdalje med znano točko – satelitom in novo točko. Poznati moramo samo časovno razliko med oddajo signala s satelita in sprejemom v sprejemniku (, za kar potrebujemo izredno natančni in sinhronizirani uri). Tako lahko določimo t.i. psevdorazdaljo, kot produkt izmerjene časovne razlike (D_t) in hitrosti potovanja signala (C):

$$D_p = C * D_t \quad \dots(1)$$

Torej bi lahko teoretično določili položaj določili položaj v prostoru že s pomočjo treh takih satelitov, oz. posledično psevdorazdalj. Vendar pa, da se izognemo praktično nedosegljivi usklajenosti ur v sprejemnikih in satelitih, dodamo meritve z dodatnega satelita.

Signal oddan s satelita pa mora poleg točnega časa oddaje signala vsebovati kar nekaj podatkov, kot so: položaj satelita v trenutku oddaje signala, informacije o stanju atmosfere, ... Prenos vseh teh informacij je omogočen s pomočjo ustreznih kod.

Določitev razdalje med sateliti in sprejemnikom temelji na dveh postopkih. To sta:

- **korelacija kode** nosilnega valovanja z valovanjem, generiranim v sprejemniku, t. i. kodni način
- in
- **primerjava faze** sprejetega in v sprejemniku vzpostavljenega valovanja ,t. i. fazni način.



Slika 1: Primer satelita

Fazni način je precej bolj natančen od kodnega, zato kakovostna določitev položaja temelji na kodnem in faznem načinu. Točnost določitve položaja na osnovi opazovanj GPS je odvisna od številnih vplivov. Ti imajo izvor v satelitu, mediju širjenja signalov, sprejemniku/anteni, neposredni okolici in programski obdelavi. Tako lahko povzroči seštevek vplivov, v primeru opazovanja z enim sprejemnikom napako v določitvi položaja tudi več 10 metrov.

Na natančnost določitve položaja pa ima velik kontrolni vpliv tudi upravljavec sistema GPS s specifičnimi mehanizmi. Med njimi je npr. že leta 2000 odpravljen mehanizem omejene dostopnosti S/A (angl. Selective Availability), ki je natančnost samostojne določitve koordinat v okviru GPS znižal na več kot 100 metrov. Še vedno pa ameriška vlada degradira natančnost z zamenjavo P in Y kode, do katere imajo dostop le vojaški uporabniki.

Sprejemnike lahko poleg že omenjene delitve glede na predmet korelacije delimo še na eno frekvenčne in dvo frekvenčne. Sateliti GPS namreč oddajajo signale na dveh frekvencah, L1 in L2. Cenejši sprejemniki GPS lahko sprejemajo in obdelujejo zgolj signale na L1 frekvenci, programska oprema v boljših in dražjih sprejemnikih pa omogoča obdelavo signalov in opazovanj na obeh frekvencah.

Sprejemnike za opazovanja GPS torej razlikujemo po načinu obdelave signalov, izvedbi opazovanj (samo kodni ali kodni in fazni način), frekvenčnem razponu (samo L1 ali L1 in L2), poleg tega pa še po vsebnosti elektromagnetnega šuma, pomnilniških sposobnostih ter po obliki, velikosti in masi. Glede na našete dejavnike se določita namen in smiselna uporabnost posameznega instrumenta.

3.3 Metode geodetske GPS izmere

Že praktično od samega pojava GPS sistema so geodeti razvijali različne metode geodetske GPS izmere. Te so najprej služile vzpostavitvi geodetskih mrež za najrazličnejše namene in najrazličnejših natančnosti. Dandanes pa se vedno bolj uporabljajo tudi v katastrskih in topografskih izmerah. Seveda se sistem ne bi uveljavil v vseh navedenih izmerah, če ne bi pomenil izdatnejših poenostavitev do tedaj edino uveljavljenih klasični metod izmere.

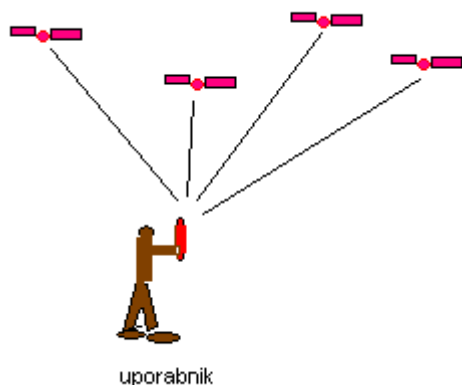
3.3.1 Vrste metod GPS izmere

Skoraj samoumevno je, da se je v dveh desetletjih odkar se GPS tehnologija uporablja v geodeziji razvilo že lepo število različnih metod geodetske GPS izmere. Vsaka od njih omogoča določitev koordinat ustrezne natančnosti in zanesljivosti ob različno velikem obsegu terenskega dela in ob različno obsežni naknadni obdelavi opazovanj. Seveda pa dandanes tako poudarjana ekonomičnost ne more biti edino vodilo pri izbiri metode GPS izmere. Vanjo mora vsak preudarni geodet vplesti tudi "smiselno" natančnost (, če ta ni že predhodno podana s strani naročnika), odvisne od namembnosti načrtovanega projekta.

V grobem lahko obstoječe metode delimo po več kriterijih, npr. glede na to ali z njimi določamo absolutni ali relativni (se pravi glede na privzeto referenčno točko) položaj. Zahtevano natančnost za potrebe geodezije pa izpolnjujejo samo relativne metode določitve položaja. Druga možna razdelitev bi bila glede na način izvedbe meritev. Se pravi, sprejemnik lahko med izmero miruje – govorimo o statični metodi izmere, ali pa se premika in določa položaj nekega poligona oz. zaporedja točk pri čemer govorimo o kinematični metodi izmere. Seveda je metod kar nekaj, kljub vsemu pa lahko rečemo, da vse povzemajo značilnosti ene ali druge osnovne metode GPS izmere.

3.3.1.1 Določitev absolutnih koordinat s kodnimi opazovanji

V tem primeru izvajamo opazovanja psevdorazdalj od satelitov do sprejemnika s samostojnim sprejemnikom. Fazna opazovanja v tem primeru zaradi velikega vpliva nemodeliranih pogreškov nudijo le majhne izboljšave v natančnosti določitve položaja.



Slika 2: Sprejemanje signala z enim sprejemnikom



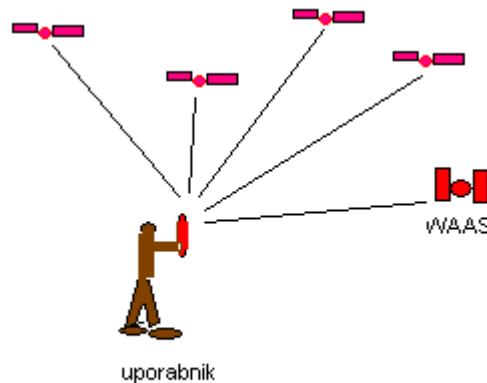
Slika 3: Cenevi sprejemnik GPS

Danes (po ukinitvi mehanizma S/A) s samostojnim GPS sprejemnikom dosežemo položajno natančnost okoli 10 metrov in približno dvakrat nižjo višinsko natančnost, kar zadostuje zgolj potrebam navigacije. Absolutna metoda torej lahko služi za navigacijo vozil, plovil, letal, popotnikov, padalcev, nadzor vozil ... , se pravi zares grobi orientaciji, vsekakor pa ne more služiti določanju položaja orientacijskih točk.

Uporabo metode omogočajo najcenejši instrumenti na trgu. Ti obdelujejo signale na kodni način in so enofrekvenčni, saj je civilna koda C/A (angl. Coarse Acquisition), ki je dostopna vsem, modelirana zgolj na frekvenci L1. Primer tovrstnega instrumenta je na sliki 3.

3.3.1.2 Izboljšanje absolutne določitve koordinat s pomočjo WAAS

WAAS (angl. Wide Area Augmentation System) je novejša tehnologija, ki se razvila v dobrem zadnjem desetletju, namenjena predvsem izboljšavi natančnosti absolutne metode določitve položaja. V primerjavi z sistemom GPS, ki je vojaškega izvora, je WAAS posledica civilne pobude. Koncept WAAS je razvila ameriška letalska zveza FAA (angl. Federal Aviation Administration) za izboljšanje natančnosti določanja koordinat med manevrom pristajanja civilnih letal.



Slika 4: Shema sledenja signalov z WAAS

Nadzorne postaje WAAS so ločene od kontrolnih postaj GPS, služijo pa za zbiranje podatkov opazovanj večjega števila sprejemnikov, na podlagi katerih izračunavajo popravke opazovanj, ki jih nato pošljejo satelitom WAAS, ti pa nato popravke oddajajo uporabnikom. Nadzorne postaje WAAS se nahajajo le na ozemlju ZDA. Ker so signali WAAS drugačni od signalov GPS, jih ne prepoznajo vsi sprejemniki GPS, ampak samo novejši, ki imajo vgrajeno elektroniko tudi za sprejem signalov WAAS.

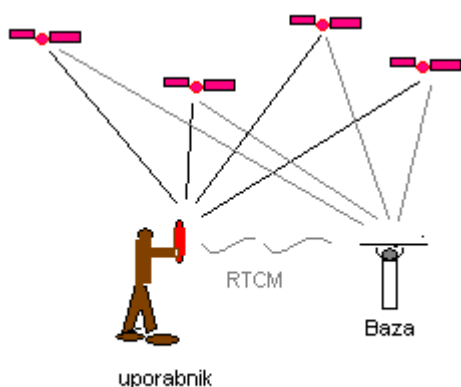
Pokritost z WAAS signalom ni globalna, kot v primeru GPS signala. Na nekaterih območjih je lahko sprejemanje WAAS signala oteženo in moteno. Po dva WAAS satelita pokrivata Ameriki in prav tako Afriko in Indijo, ki skrbita še za podobno pokritost Evrope. Sistem WAAS sestavljajo geostacionarni sateliti, kar pomeni, da se ves čas nahajajo nad isto točko na Zemljinem ekvatorju. Zato je večja verjetnost, da bosta satelita, ki pokrivata Evropo blizu

horizonta glede na naš položaj. S tem pa se nam poveča tudi verjetnost, da nam razne ovire, kot npr. stavbe, razgiban teren ..., preprečijo sprejem WAAS signala

Izvedba metode je identična običajni absolutni, le sprejemnik mora dodatno omogočati sprejem WAAS signalov (slika 4). Tehnologijo WAAS podpira večina novejših, tudi cenenih, instrumentov. Podobno vlogo, kot jo ima WAAS za Severno Ameriko, bo za Evropo v bližnji prihodnosti imel sistem EGNOS (angl. European Geostationary Navigation Overlay Service), ki naj bi prešel v polno uporabo leta 2004 in zagotavljal natančnost, boljšo od petih metrov (ESA, 2003). Snovalci tehnologije WAAS obljublajo natančnost do treh metrov v 95 % primerov na območju Severne Amerike, za katero se računajo popravki. Drugje naj bi bila pričakovana natančnost okoli sedem metrov (Magellan SporTrak User Manual, 2002). Ta natančnost pa omogoča že kvalitetno orientacijo tako v hribih (razen v stenah, kjer bi lahko bil kvečjemu zasilna rešitev), kot tudi drugje.

3.3.1.3 Diferencialni GPS

Seveda pa lahko kakovostnejšo natančnost določitve položaja, kot jo zagotavlja samostojen sprejemnik, dosežemo zgolj z istočasnimi opazovanji z več sprejemniki. Sprejemniki, ki so med seboj oddaljeni tudi več 10 km, so glede na oddaljenost satelitov (okoli 20 000 km) relativno blizu skupaj, torej so vplivi pri potovanju signala skozi atmosfero zelo podobni. To dejstvo se izkorišča za doseg precej višje natančnosti določitve položaja točk. Diferencialna opazovanja (krajše DGPS) običajno izvajamo tako, da je en sprejemnik postavljen na baznem stojišču, se pravi točki z znanim položajem, drugi sprejemnik pa uporabimo za določanje koordinat novih točk. Bazni in premični sprejemnik istočasno sprejemata signale z istih satelitov, njuna medsebojna oddaljenost pa ne sme biti prevelika - do 100 km. Bazni sprejemnik na osnovi prejetih signalov s satelitov določa trenutni lastni položaj, ki zaradi vplivov in pogreškov ne sovпада z danim položajem. Na podlagi odstopanj v položaju se določijo popravki psevdorazdalj med referenčnim sprejemnikom in sateliti. Zaradi podobnih vplivov na opazovanja obeh sprejemnikov se popravki psevdorazdalj, ki so izračunani na baznem stojišču, upoštevajo kot popravki merjenih psevdorazdalj na premičnem sprejemniku.



Slika 5: Shema DGPS

Slika 6: Hibridni napravi GPS (vira:
www.trimble.com in www.navman-mobile.com)

Kodne popravke se računa in upošteva z naknadno obdelavo opazovanj para ali več sprejemnikov ali pa se jih računa sproti in se jih preko internega formata ali standarda RTCM (angl. Radio Technical Commission For Maritime Services) oddaja in sprejema v realnem času. Popravke RTCM lahko sprejemamo z referenčnega sprejemnika ali bližnje permanentne postaje GPS. Za sprejem diferencialnih popravkov potrebujemo dodatno opremo za sprejem signala RTCM, hkrati pa mora sprejemnik omogočati diferencialno popravljanje položaja.

Z uporabo DGPS-a dosežemo natančnost nekaj metrov, z boljšimi (faznimi) sprejemniki GPS celo pod enim metrom. Višinska komponenta je približno dvakrat slabše določena kot horizontalni položaj. Natančnost določitve položaja se slabša z večanjem oddaljenosti med sprejemnikoma. Dosežena natančnost običajno zadošča zahtevam kartografske in GIS-izmere, ter bi tako popolnoma zadostila potrebni natančnosti pri izmeri poti, brezpotij in planinskih objektov za potrebe katastra planinskih vsebin in iz njega izhajajočih vizualnih predstavitev.

Ker določitev položaja temelji na psevdorazdaljah in popravkih teh razdalj, za ta opazovanja uporabimo kodne enofrekvenčne instrumente. Kadar želimo podatek o položaju pridobiti takoj, morajo instrumenti omogočati sprejem sporočil RTCM in sproti izračunavati popravljene položaje. Večina instrumentov (tudi cenejših) ima vgrajen protokol RTCM. Za izvedbo metode sta potrebna vsaj dva instrumenta ter radio-modemi ali aparati GSM za oddajo in sprejem sporočil RTCM.

3.3.1.4 Določitev relativnih koordinat s faznimi opazovanji

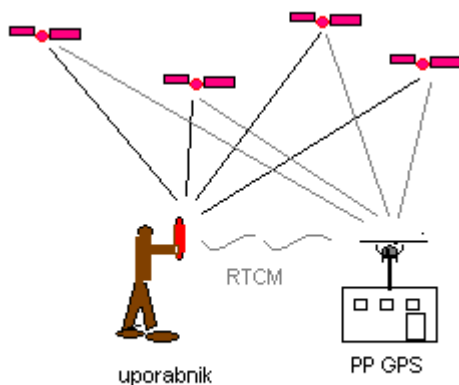
Za geodezijo pa pride v poštev samo določitev relativnih koordinat na osnovi faznih opazovanj. Glede na to, da je ta metoda uporabna bolj v geodeziji, kot pa uporabi za potrebe klasičnega orientiranja, jo bom omenil samo mimogrede.

Določitev položaja temelji na faznih razlikah, pri katerih se izločijo pogreški satelitovih (enojne fazne razlike) in sprejemnikovih ur (dvojne fazne razlike), kombinaciji opazovanj na frekvencah L1 in L2 za odstranitev vpliva ionosfere ter možnosti uporabe najbolj točnih podatkov o tirnicah satelitov. Ključnega pomena za kvaliteto določitve položaja je določitev neznank celih začetnih valov. Rešitev neznank je prava - celoštevilčna ali nepopolna – realna vrednost. V geodetskih nalogah je sprejemljiva le določitev neznank začetnih valov v območju celih števil.

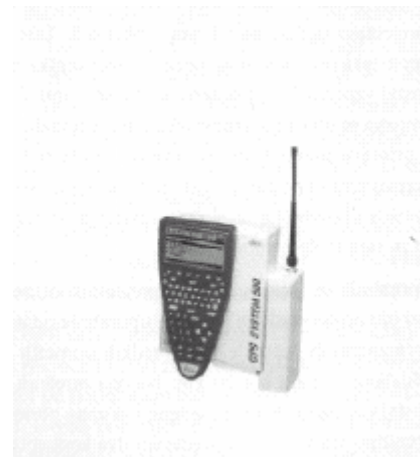
V grobem poznamo:

- Klasična izvedba relativne izmere za namen določitve koordinat ene ali več točk se imenuje **statična metoda**. Večje število sprejemnikov (vsaj dva) istočasno na izbranih točkah izvaja opazovanja. Čas opazovanj na isti točki je odvisen od zahtevane natančnosti, geometrične razporeditve satelitov in trenutnih merskih pogojev. Najbolj natančne izmere se opravljajo 48 ur ali tudi več, obenem pa se izvajajo tudi meritve meteoroloških parametrov: temperature, relativne vlage in zračnega tlaka. Praviloma se opazovanja izvajajo v več serijah, ob tem morajo biti postavitve instrumentov v vsaki seriji neodvisne. Meritve v serijah omogočajo izboljšanje natančnosti določitve koordinat. Opazovanja vseh serij in vseh sprejemnikov se po opravljenem terenskem delu prenesejo v računalnik, kjer se jih v ustreznem programskem okolju obdelata. Po določitvi neznank celih začetnih valov se določi bazne vektorje, ki se jih povezuje v mrežo. Opazovanja in neznanke v mreži se nato izravna po načelih izravnave opazovanj v geodeziji. Rezultat obdelave so koordinate novih točk, pridobljene v izravnavi po metodi najmanjših kvadratov. Naknadna obdelava nudi tudi možnost vključevanja bolj natančnih podatkov o tirnicah satelitov, ki so na razpolago že pred samo izmero, t. i. najhitrejše (angl. Ultra Rapid) efemeride, ali z nekaj dnevnim zamikom, t. i. hitre (angl. Rapid) ali končne (angl. Final) efemeride (IGS, 2003).

- Drugi način relativnega določanja koordinat pa je t.i. **kinematičen način**. Načelo kinematične določitve koordinat je podobno kot pri DGPS, le da se tu ne računa popravkov psevdorazdalj, ampak izračun relativnega položaja temelji na določitvi baznega vektorja medreferenčnim in premičnim sprejemnikom. Komponente baznega vektorja se izračuna s skupno obdelavo faznih in kodnih opazovanj obeh sprejemnikov. Zelo pomembna je določitev števila celih začetnih valov, ki se izvede v postopku inicializacije na začetku izmere. Kvaliteta določitve položaja novih točk je odvisna ravno od kvalitete izvedene inicializacije. Podobno kot pri DGPS lahko rezultate izmere pridobimo v realnem času, če je med sprejemnikoma vzpostavljena stalna podatkovna povezava. Referenčni sprejemnik je lahko lastni ali pa se uporabi podatke stalne referenčne postaje. Razdalja med baznim in referenčnim sprejemnikom naj ne bi bila večja od 10 km (20 km pri novejših instrumentih), saj se natančnost določitve položaja z oddaljenostjo slabša.



Slika 7: Relativna določitev položaja v omrežju PP



Slika 8: Geodetski sprejemnik GPS
(vir:www.leica-geosystems.com)

Z uporabo relativne metode ob uporabi primerne instrumentarije in algoritmov obdelave opazovanj lahko dosežemo tudi milimetrsko natančnost. Takšna natančnost je primerna za večino geodetskih nalog: vzpostavitev in zgoščevanje geodetskih mrež, detajlno izmera, izmero dolžinskih objektov, snemanje oslonilnih točk za potrebe aerosnemanja in beleženje položaja aerokamere v trenutku ekspozicije, zakoličbo točk, linij in krožnih lokov, spremljanje deformacij in premikov (Kozmus, 2002), za potrebe katastra planinskih vsebin pa taka natančnost ni več smiselna.

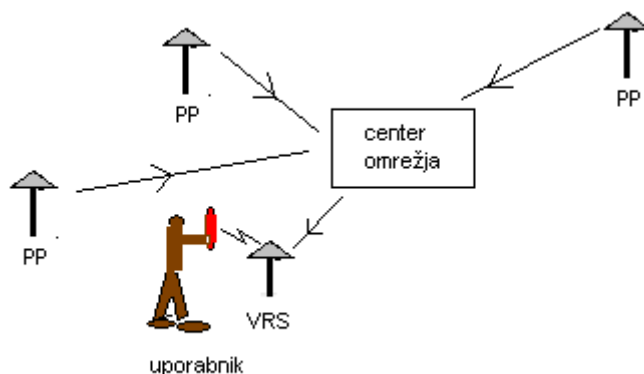
Edina praktična omejitev, tako pri tej, kot pri ostalih metodah, je zadostna odprtost nad horizontom, kar zagotavlja sprejem zadostnega števila signalov s satelitov.

Relativna opazovanja lahko izvajamo z geodetskimi sprejemniki, ki obdelujejo signale na kodni in fazni način, zaradi potrebe po modeliranju atmosferskih vplivov pa naj bi bili le-ti tudi dvofrekvenčni. Sprejemniki imajo lahko ločeno anteno, kar je boljše z vidika elektromagnetnih motenj, ali vgrajeno, kar je boljše z vidika mobilnosti in enostavnosti uporabe. Obdelava teh opazovanj je precej bolj zahtevna kot pri metodi DGPS.

Koncept omrežja referenčnih postaj

Izmero lahko izvajamo tudi z večjim številom baznih sprejemnikov, ki so stalno postavljeni in sprejemajo signale na izbranih lokacijah. Take sprejemnike imenujemo permanentne postaje. Ker je taka rešitev za posameznega uporabnika ekonomsko nesmiselna, se omrežje permanentnih postaj vzpostavlja v primeru, ko takšno omrežje uporablja večje število uporabnikov. Tovrstna omrežja se običajno vzpostavljajo na regionalni ravni v primeru večjih držav ali na državni ravni v primeru manjših držav, kamor spada tudi Slovenija. Praviloma je upravljanje omrežja permanentnih postaj v rokah matične geodetske organizacije v okviru pristojnega ministrstva. S stališča uporabnika je pomen takšnega omrežja, da lahko opravlja izmero (tudi relativno) z enim samim sprejemnikom. Pomembno za nas pa je, da se s tem omrežjem poveča tudi natančnost določitve koordinat med prvotno izmero v gorah in posledično tudi izboljša orientacija.

Uporabnik se lahko s svojim sprejemnikom poveže na najbližjo permanentno postajo, kar pa zna biti problematično, kadar je uporabnik od najbližje postaje oddaljen več kot 20 km. Omrežje permanentnih postaj je v zelo redkih primerih tako gosto, da na celotnem območju zagotavlja oddaljenost manj kot 20 km. Naloga mrežnih konceptov je zmanjšati gostoto permanentnih postaj v omrežju, kar je doseženo s skupno obravnavo podatkov opazovanj vseh postaj v omrežju. Trenutno sta v uporabi predvsem dva koncepta: ploskovni korekcijski parametri (nem. FKP - Flaechenkorrekturparameter) in navidezne referenčne postaje (angl. VRS - Virtual Reference Stations). Princip delovanja obeh konceptov je primerjava znanih koordinat referenčnih točk z rezultati opazovanj, vključno z določitvijo neznanek celih



Slika 9: Shema VRS

začetnih valov za vsak trenutek opazovanj. Izračunana odstopanja na posameznih postajah definirajo ploskev na obravnavanem območju. Popravke za izbrani položaj uporabnikovega sprejemnika pa se določi z enostavno interpolacijo. S pomočjo linearnih kombinacij različnih frekvenc je možno vplive v geometričnem modelu razstaviti na troposferske, orbitalne in ionosferske. Razlika med FKP in VRS je v obliki pošiljanja podatkov mrežne obdelave. Podatki FKP so enotni za celotno omrežje, interpolacija se izvaja na strani uporabnika, medtem ko gre pri VRS za t. i. računsko vzpostavitev navideznega položaja v bližini uporabnika in izračuna popravkov za ta položaj z interpolacijo na računski ploskvi (obljubljena je centimetrsko natančnost).

3.3.1.5 Precizno določanje položaja

Konec 20. stoletja so izpeljali idejo, kako se izogniti potrebi po tvorjenju faznih razlik, vseeno pa zagotoviti točno določitev položaja. Metodo so poimenovali PPP (angl. Precise Point Positioning). Bistvo metode je, da za razliko od relativnih metod ni potrebnih več sprejemnikov, ampak so zadostna opazovanja enega sprejemnika. Glavna razlika je v obravnavi pogreškov sprejemnikovih in satelitovih ur. PPP uporablja zelo točne ocene stanja satelitovih ur, ki so pridobljene na osnovi podatkov globalne mreže postaj GPS. Pogreške sprejemnikovih ur se v PPP vključi kot neznanke v model izravnave. S 24-urnimi opazovanji lahko s PPP dosežemo natančnost centimetrskega razreda. Glavna pomanjkljivost metode PPP je odložena obdelava, saj je treba na precizne podatke o satelitovih položajih in urah

čakati okoli dva tedna (King et al., 2002 po Kozmus, K., Stopar, B. 2003). V primerjavi z relativnimi metodami se prednosti PPP kažejo tam, kjer relativne metode kažejo slabosti, in obratno. Zato se odlično dopolnjujejo. Metode PPP so zelo primerne za npr. sledenje gibanja platform oljnih vrtin na odprtih morjih, ker ne potrebujejo bazne postaje na dani točki. Spremljanje gibanja platforme temelji na časovnih serijah položajev, določenih s PPP. Uporaba PPP pa ni primerna za določanje koordinat točk v mreži, saj je vsaka točka določena neodvisno od ostalih. Poleg tega je tudi določitev neznank celih valov lažja v primeru relativnih metod določitve položaja.

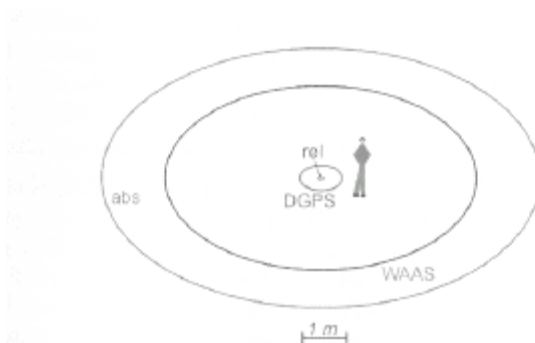
3.3.1.6 Natančnosti metod določitve koordinat z GPS opazovanji

Danes poznamo že kar lepo število metode GPS izmere, ki omogočajo določitev položaja v realnem času. Iz spodnje preglednice je razvidno, da je možno vse metode, razen PPP, izpeljati tako, da pridobimo podatke o položaju in kvaliteti opazovanj takoj na terenu. Seveda to podraži izmero, saj uporabnik potrebuje dodatno opremo za prenos podatkov, plačati pa mora tudi sam prenos podatkov (npr. impulzi GSM). V preglednici je opisana tudi težavnost obdelave posamične vrste opazovanj in možnost vpliva uporabnika na obdelavo.

Metoda	Natančnost	Instrument	Št. instrumentov	Obdelava	
				V realnem času	Naknadno
absolutna	10 m – horizontalno 20 m - vertikalno	kodni, 1-frekv.	1	enostavna, brez upor. vpliva	ni
WAAS	7 m	kodni, 1-frekv. + WAAS	1	enostavna, brez upor. vpliva	ni
DGPS	1 m	kodni, 1-frekv. hibridni GPS/GIS	2 ali 1 + perm. postaja	lahka v primeru komb. GPS/GIS nekoliko težja, malo upor. vpliva	enostavna, malo vpliva
relativna	nekaj mm	fazni + kodni, 2-frekv.	2 ali 1 + perm. postaja	delno zahtevna, malo upor. vpliva	zahtevna, veliko vpliva
VRS, FKP	nekaj cm	fazni + kodni, 2-frekv.	1	delno zahtevna, na strani uporabnika malo vpliva, glavni del se opravi v centru	ni
PPP	nekaj cm	fazni + kodni, 2-frekv.	1	ni možna	da, z zamikom 14 dni

Preglednica 1: Pregled aktualnih metod določitve položaja z GPS

Iz prikazanega je razvidno, da je razpon dosežene natančnosti z opazovanji GPS zelo širok, od nekaj milimetrov do nekaj 10 metrov, kar je seveda neposredno povezano s cenovno vrednostjo za posamezno metodo potrebnega instrumentarija. Navigacijski instrument si tako lahko privošči že skoraj vsak, saj so cenovno vedno bolj dostopni, omejeni bomo samo z doseganjem nekajmetrske natančnosti položaja, kar pa bi večini uporabnikov v gorah zadostovalo.



Slika 10: Grafična primerjava natančnosti metod

Na sliki 10 so natančnosti metod GPS prikazane z grafično primerjavo glede na velikost človeka. Zaradi perspektivnega pogleda so na sliki elipse namesto koncentričnih krožnic. S samostojnim sprejemnikom se lahko položaj določi zgolj približno, zato je omejena na uporabo izven geodezije. Ob uporabi dveh sprejemnikov ali podatkov omrežja permanentnih postaj pa se lahko doseže visoka natančnost, zahtevana predvsem v geodeziji (povzeto po Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik. 47/2003-4: 404-414 st.).

4 SODOBNI GEODETSKI KOORDINATNI SISTEMI

S pojavom GPS tehnologije v reševanju praktičnih nalog v geodeziji, ki so poenostavile in povečale produktivnost izmere, so stopile v ospredje zanimanja geodetske stroke tudi teme, ki so bile dolgo abstraktne in so sodile v domeno znanstvenih razprav. To so bile npr. obravnavanje težnostnega polja Zemlje, odklona navpičnice geoida, uporaba ter prednosti različnih terestričnih koordinatnih sistemov v povezavi z novo tehnologijo.

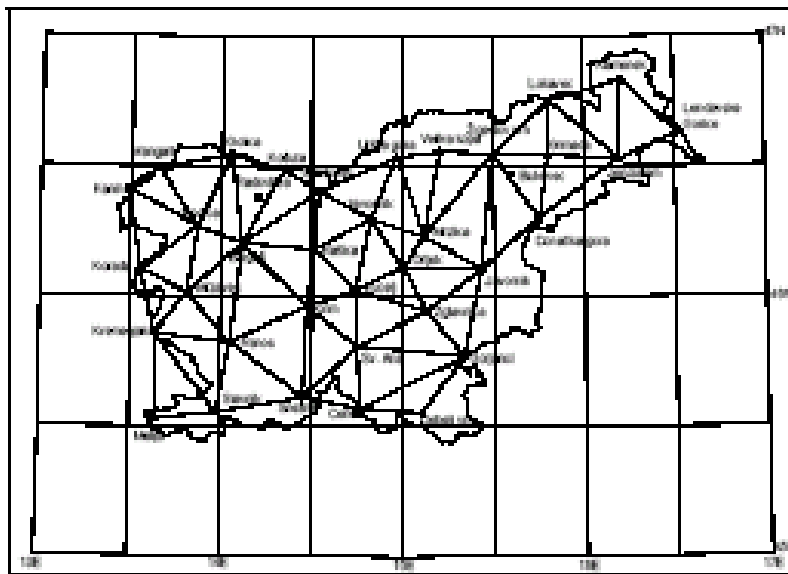
Vzrok za to je sila enostaven, s pojavom GPS-ja smo bili prisiljeni uporabljati različne koordinatne sisteme, na katerih temelji ta tehnologija, in ki se v osnovi popolnoma razlikujejo od klasičnih geodetskih koordinatnih sistemov. Strogo vzeto se namreč različne metode GPS izmere nanašajo na različne koordinatne sisteme. Tako je za kvalitetne rezultate izmere potrebno poznavanje koordinatnih sistemov, njihovih lastnosti in povezav z različnimi GPS metodami izmere, oziroma medsebojnih transformacij koordinatnih sistemov, ko je to potrebno.

4.1 Matematična osnova

Osnova slovenskega državnega koordinatnega sistema je astrogeodetski in višinski datum, ki skupaj predstavljata geodetski datum.

Astrogeodetski datum slovenske astrogeodetske mreže je definiran z astronomskima koordinatama ter nadmorsko višino fundamentalne točke Hermannskogel pri Dunaju, opazovanim astronomskim azimutom na fundamentalni točki proti trigonometrični točki I. reda Hundsheimer berg, privzetimi vrednostmi komponent odklona navpičnice in geoidne višine v fundamentalni točki, ki so enakime 0 ter parametroma Besselovega referenčnega elipsoida. Zaradi zahtev klasične terestrične geodezije se trigonometrične točke nahajajo na izpostavljenih mestih, kot so vrhovi gora in hribov. Trig. mrežo I. reda sestavlja 34 trig. točk I. reda, z dodano trig. točko I. reda 375 Gorjanci, ki je zaradi svoje lege za geometrijo mreže

zelo pomembna. Tako obravnavamo kot trig. mrežo I. reda Slovenije, mrežo 35 točk, ki skupaj tvorijo 46 trikotnikov in pokrivajo praktično ozemlje cele Slovenije.



Slika 12: Trigonometrična mreža I. reda Slovenije

Nadmorske višine reperjev so podane v sistemu t.i. normalnih ortometričnih višin. Normalne ortometrične višine so začeli uporabljati v preteklosti, ker so bile meritve težnostni zapletene in dolgotrajne. V tem primeru so namesto izmerjene vrednosti težnosti uporabljali izračunane vrednosti težnosti.

Fundamentalni reper (Ruše) je bil stabiliziran za potrebe izmere avstroogrške nivelmanske mreže. Nadmorska višina fundamentalnega reperja je določena v t.i. višinskem datumu Trst, kjer se nahaja normalni reper za navezavo avstroogrške nivelmanske mreže na ničelno ekvipotencialno ploskev (reper na pomolu Sartorio). Nadmorska višina normalnega reperja je bila določena na osnovi enoletnih opazovanj nivoja Jadranskega morja v letu 1875.

Praktično realizacijo slovenskega državnega koordinatnega sistema (koordinatni sestav) predstavljajo tri skupine temeljnih geodetskih mrež:

- **položajna temeljna geodetska mreža**, ki jo uporabljamo za določitev horizontalnih koordinat točk. To delimo glede na metodo določitve horizontalnih koordinat ter stopnjo

njihove (relativne) natančnosti na položajno geodetsko mreža višjega (trigonometrična mreža I. reda, skupaj z astrogeodetsko in t.i. bazno mrežo, trigonometrična mreža II. glavnega in II. dopolnilnega reda, trigonometrična mreža III. glavnega reda, poligonometrična mreža III glavnega reda in mestna trigonometrična mreža) in nižjega reda (trigonometrična mreža III. dopolnilnega reda, poligonometrična mreža III. dopolnilnega reda, trigonometrična mreža IV. reda, poligonometrična mreža IV. reda, navezovalna mreža ter mestni poligonometrični mreži I. in II. reda).

- **višinska temeljna geodetska mreža**, ki jo uporabljamo za določitev »nadmorske« višine točk. Višinsko osnovo državnega ozemlja predstavlja višji (nivelmanska mreža velike natančnosti (NVN), nivelmanska mreža I. reda, nivelmanska mreža II. reda ter mestna nivelmanska mreža I. reda) ter nižji red (nivelmanska mreža III. reda, nivelmanska mreža IV. reda ter mestna nivelmanska mreža II. reda) višinske temeljne geodetske mreže.

- , ter **temeljna gravimetrična mreža**, ki se uporablja za ustrezno obravnavo višin v okviru višinske temeljne geodetske mreže.

Prav tako pomembna za prikaz pa je kartografska matematična osnova slovenskega koordinatnega sistema, ki jo predstavlja Gauss-Krügerjeva projekcija na Besselovem referenčnem elipsoidu (Petrovič, 2003). Besselov elipsoid je lokalni elipsoid, ki predstavlja najboljši približek oblike geoida geoid na območju Srednje Evrope. Določen je bil leta 1841 za območje Srednje Evrope, in je definiran s sledečimi parametri: $a = 6\,377\,397.155\text{m}$ in $f = 1 / 299.1528128533$. Drugi del predstavlja kartografska projekcija, ki preslika površino elipsoida na projekcijsko ravnino. Kartografska projekcija v okviru državnega koordinatnega sistema je Gauss- Krügerjeva projekcija, ki je konformna, prečna, valjasta projekcija. To pomeni, da se za ploskev preslikave uporablja glede na rotacijsko os Zemlje prečno orientiran valj. Ta se elipsoida dotika le vzdolž srednjega meridijana (v Sloveniji je to $\lambda = 15^\circ \text{ E}$). Vzdolž dotikalnega meridijana so dolžine preslikane brez deformacij. Te pa se povečujejo z oddaljevanjem od srednjega poldnevnik. Da bi preprečili pretirana odstopanja je širina teh t.i. projekcijskih con omejena na 3° . Tako se na valj preslika območje $1,5^\circ$ vzhodno in $1,5^\circ$ zahodno od osrednjega poldnevnik. Slovenija leži skoraj cela v 5. coni (zaporedno oštevilčene v smeri proti vzhodu), le skrajni del Prekmurja je v 6. coni. Pa tudi koordinate

tega so zaradi poenotenja preračunane v 5. cono. V okviru slovenskega kartografskega sistema je sprejet dogovor, da je celotno območje države v eni (5.) coni Gauss-Kruegerjeve projekcije.

Geografska mreža vzporednikov in poldnevnikov se pri Gauss-Krügerjevi projekciji preslika v krivulje, le ekvator in srednji meridian pa v preme, med seboj pravokotne linije. Ekvator in srednji meridian posamezne cone oziroma njun presek predstavlja izhodišče koordinatnega sistema. Projekcija osrednjega meridiana je os x – vrednosti koordinate x predstavljajo oddaljenost od ekvatorja in naraščajo proti severu. Projekcija ekvatorja pa je os y – vrednosti koordinate y predstavljajo oddaljenost od osrednjega meridiana posamezne cone in naraščajo proti vzhodu. Obe pravokotni koordinati y in x , sta izraženi v metrih.

V Sloveniji veljajo določene poenastavitve oz. modifikacije. Tako je z namenom, da odpade uporaba pozitivnih in negativnih koordinat, dodeljena vsem točkam na srednjem meridianu vrednost ordinate $y = 500\,000$ m (točke vzhodno od osi x imajo tako vrednost večjo, točke zahodno od osi x pa vrednosti manjše od $y = 500\,000$ m). Prav tako se poenostavi koordinate v smeri apscise (celotna Slovenija leži med 5 000 in 6 000 km severno od ekvatorja), kjer se opusti zapisovanje petice na prvem mestu. Zaradi že prej omenjene problematike projekcije skrajnega severovzhodnega dela Slovenije (prevelike deformacije dolžin), so vse koordinate pomnožene s faktorjem merila 0,9999 (s tem so razdalje na meridianu in neposredni bližini zmanjšane v dopustnih mejah, razdalje na robovih cone pa ostanejo znotraj le-teh).

Višinski sistem topografskih podatkov in kart v Sloveniji temelji na normalnih ortometričnih višinah, ki so določene glede na od srednji nivo morske gladine. Referenčna ploskev normalnih ortometričnih višin ni geoid, vendar se od geoida le malo razlikuje.

4.2 Transformacija koordinat iz ETRS 89 koordinatnega sistema v državni koordinatni sistem

Kot že predhodno navedeno smo z vstopom GPS tehnologije v reševanje praktičnih nalog v geodeziji primorani uporabljati različne koordinatne sisteme v okviru katerih določamo koordinate na osnovi opazovanj GPS. Da pa bi bila ta uporaba čim bolj kakovostna, se moramo seznaniti vsaj z osnovnimi lastnostmi teh koordinatnih sistemov, njihovimi medsebojnimi povezavami, ter povezavami z različnimi GPS metodami izmere.

Z GPS izmero pridobimo podatke za izračun koordinat (φ, λ, h) , ki se nanašajo na globalni elipsoid sistema ETRS 89. Ta ima geometrijsko središče v težišču Zemlje, in je torej geocentričen. Sistem je realiziran s poznanimi položaji nadzornih postaj GPS sistema. Te koordinate pa je za nadaljno uporabo potrebno transformirati v državni koordinatni sistem, ki temelji na lokalni astrogeodetski orientaciji Besselovega referenčnega elipsoida. Najpogosteje uporabljena transformacija je 7 parametrična podobnostna transformacija v tri-razsežnem prostoru. Opisni postopek pridobitve transformacijskih parametrov je sledeči:

- elipsoidne koordinate točk (φ, λ, h) v ETRS 89 koordinatnem sistemu je potrebno pretvoriti v 3D pravokotne koordinate (kartezične);
- sledi 7-parametrična transformacija med obema koordinatnima sistemoma, če imamo podanih več točk, s koordinatami danimi v obeh sistemih, kot je parametrov transformacije, je potrebna izravnava transformacije. Izravnava transformacije nastopi, ko imamo v obeh sistemih podane koordinate vsaj treh točk.
- tako pridobimo kartezične koordinate na Besselovem elipsoidu, ki jih nato pretvorimo v elipsoidne
- elipsoidnim koordinatam dodamo nadmorsko višino H (φ, λ, H)
- sledi samo še preračun v ravninske koordinate točk v državnem koordinatnem sistemu (Gauss-Krügerjev k.s.);

Zelo nazorno lahko predstavimo pretvorbo koordinat, pridobeljnih z GPS izmero (, ki se nanašajo na ETRS 89) v državni koordinatni sistem D48, takole:

$$(\varphi, \lambda, h)_{ETRS} \rightarrow (X, Y, Z)_{ETRS} \xrightarrow{7\text{ par.}} (X, Y, Z)_{Bessel} \rightarrow (\varphi, \lambda, h)_{Bessel} \rightarrow (y, x, H)_{GK_{Bessel}} \dots(2)$$

5 OPAZOVANJA

Z dejansko izmero na terenu sem želel "na licu mesta " preizkusiti praktične možnosti izrabe sodobne tehnologije – predvsem GPS-a, v zahtevnem gorskem svetu in brezpotjih. Slednje napeljuje nalogo tudi na širše območje nevisokogorskega sveta. Zanimala me je predvsem možnost orientiranja z GPS, na podlagi predhodno opravljenih meritev. In če ta možnost v takem svetu obstaja, kakšna je zanesljivost oz. uporabnost take orientacije.

Ta je seveda odvisna od večih dejavnikov, kot so:

- kvaliteta prvotne izmere,
- veččnost rokovanja z GPS napravo bodočih orientirancev,
- letni čas orientiranja v povezavi s stanjem vegetacije,
- ter položaj in razporejenost satelitov nad horizontom v odvisnosti od časa meritev,
- k temu pa bo svoje dodala še cenovna dostopnost dovolj praktičnih (majhnih, lahkih in laiku prijaznih) GPS naprav in seveda orientirnih točk.

Sam sem se seveda omejil samo na prvega izmed dejavnikov, ki je tudi osnovni pogoj za vse ostale.

5.1 Priprava na izmero

Pred samim odhodom na teren in dejansko izmero se je potrebno temeljito pripraviti. Za načrtovan potek poti je bilo najprej potrebno preveriti odprtost horizonta proti jugu, ter predvideno pokritost in razvrstitev satelitov v načrtovanem času meritev. Pri tem sem si pomagal s planinsko karto Kamniško-Savinjske Alpe, Grintavci 1:25 000, in programskim paketom Quick Plan proizvajalca merskega instrumenta.

S pomočjo tega začetnega in dokaj abstraktnega koraka sem preveril in poizkušal določiti najprimernejši čas za izvedbo načrtovanih meritev ter zmanjšati možnost pojavljanja t.i. "sivih

lis" oz. nezmožnost opravljanja izmere na terenu. Seveda pa mi je bilo jasno, da se bodo te vsemu planiranju navkljub verjetno pojavile.

Potrebno se je bilo tudi seznaniti z delovanjem opreme in preveriti njeno delovanje na terenu.

Ker je tura potekala po zelo razgibanem svetu in je predvidevala v določenem delu tudi potek preko dokaj navpične JV stene Planjave se je bilo potrebno domisliti načina, kako tudi ta del poti nazorno in učinkovito prikazati. Zato sem se odločil za izdelavo 3D modela obravnavane stene s pomočjo terestrične fotogrametrije. Tako je bilo potrebno načrtovati tudi najboljša stojišča za izvedbo slikanja stereopara že omenjene stene Planjave. Z pojmom najboljša ne mislim na subjektivno oceno, ampak na upoštevanje nekaterih osnov fotogrametrije, kot so: pravokotnost slikovne ravnine na obravnavani objekt-v našem primeru steno, pravšnja oddaljenost od obravnavanega objekta (tako, da ga zajamemo v celoti, skupaj z označenimi tarčami na terenu), pravšnja razdalja med obema načrtovanima stojiščema oz. baza, ki je odvisna od prej omenjene oddaljenosti od objekta, seveda pa moramo nenazadnje pri vsem tem upoštevati tudi dostopnost in prehodnost terena, kjer naj bi stojišči bili.



Slika 13: GPS izmera na trigonometrični točki na vrhu Brane

Tako se je sama od sebe ponujala možnost, da sta stojišči na območju grebena imenovanega Zeleniške špice, ki je še najbolj ustrezal vsem že prej omenjenim pogojem, saj je potekal vzporedno s steno Planjave na drugi strani krnice Repovega kota ravno na pravšnji oddaljenosti, da bi bilo celotno steno mogoče zajeti v objektiv. Edina pomanjkljivost je bila ne ravno poljubna prehodnost terena.

Tako so bili vsi problemi vsaj na papirju rešeni in ostalo mi ni drugega, kot da se začnem pripravljati na dejansko izvedbo meritev. Ker pa je izvedbo zastavljenega projekta nemogoče opraviti v enem samem dnevu sem se odločil za delitev projekta na dva dela. V prvem naj bi izvedel izmero poti, brezpotja in same stene Planjave, v drugem-nadaljnem delu pa bi odpravil morebitne "sive lise" prvotnih meritev, označil in izmeril položaj tarč, potrebnih za določitev parametrov zunanje orientacije (,ter kasnejše geolociranje in vnašanje poteka opravljene poti), ter se odpravil na greben Zeleniških špic, kjer bi določil položaj obeh stojišč in z njiju slikal JV steno Planjave.

5.2 Uporabljena merska oprema

Za potrebe meritev sem uporabil dva med seboj dokaj različna GPS sprejemnika, in sicer:

GeoExplorer II -svoje dni najmanjši in najlažji GPS sprejemnik, ki ga je izdeloval Trimble (96)

Lastnosti sprejemnika	
Velikost:	17.3 cm/8 cm/4 cm dolžina/širina/višina
Teža:	0.4 kg z AA baterijo za notranji spomin + dodatne baterije, ki povečajo težo
Moč:	2.0W
Delavna temperatura:	-10°C do +50°C
Temperatura shranjevanja:	-20°C do +70°C (temp.hranjenja podatkov)
Vlaga:	do 95%
Okvir:	odporen proti vodnim brizgom
Spomin:	250 KB podatkovnega spomina (zadostuje za cca. 9000 točk)
Povezava:	dvojni EIA-RS-232 serijski kabel
Zaslona:	bakelitni, 4- vrstični
Antena:	notranja, zmožnostjo zunanje (v tem primeru potrebno navesti višino)

Preglednica 2: Pregled lastnosti GeoExplorer-ja II

, ter Magellanov **SporTrack Map**

Lastnosti sprejemnika	
Velikost:	14.2 cm/5.6 cm/2.9 cm
Teža:	0.17 kg
Napajanje:	2 AA alkalni bateriji (do 15 ur trajanja)
Delavna temperatura:	-10°C do +60°C
Temperatura shranjevanja:	-20°C do +70°C
Okvir:	vodotesen, obdan z ojačano gumo
Spomin:	2MB podlag (npr. zemljevidi) in 4MB podatkovnega spomina
Zaslon:	5.59 cm x 3.88 cm [v]x[š] visoko kontrastni LCD z EL ojačanim zaslonom
Antena:	quadrifilar
Predstavitev sprejemnika:	12 kanalni sprejemnik (, ki lahko vzporedno sledi do 12 satelitov)
Čas (ob optimalnih pogojih):	Toplo cca. 15s Mrzlo cca. 1min
Točnost:	Položajna 7 metrska, 95% 2D RMS WAAS <3 metrov, 95% 2D RMS

Preglednica 3: Pregled lastnosti Magellanovega SporTrack Map-a

GeoExplorer II je bil razvit za potrebe vojske, ki je zahtevala takšne lastnosti (majhen, lahek, odporen, zadosti velik spomin). Seveda pa so njegove nekdanje prednosti s slabim desetletjem razvoja na tem področju že zbledele. Poleg tega ima dva vira napajanja: notranji v obliki AA baterije, ki ohranja podatke ob menjavi zunanjih baterij in ob izklopu, ter zunanji v obliki dveh polnilnih baterij (vsaka zmore okoli devet ur opazovanj).

Osnova za kakršno koli kvalitetno GPS izmero je, da se poizkušamo izogniti oviram, se pravi objektom, ki bi utegnili motiti sprejem signala oz. ga onemogočali (te predstavljajo stavbe, gosti gozdovi, grebeni, globoke in zaprte doline, debri...). To lahko počnemo z gibanjem po čim bolj odprtem svetu, z izmero v nevegetativnem obdobju (zgodaj spomladi oz. pozno

jeseni), z merjenjem, ki ne poteka v bližini večjih reflektivnih površin (ki s pomočjo Dopplerjevega efekta podaljšujejo opravljeno pot signala in s tem povzročajo napačno izmero-npr. stene),...Delno se lahko tem negativnim vplivom izognemo tudi z opazovanjem v več časovno različnih epohah.

Natančnost:

Z upoštevanjem vseh navedenih pogojev bo sistem **GeoExplorer II** določil pozicijo s horizontalno natančnostjo manjšo od 5 metrov pri merjenju točke za točko (primer linijskega poligona-poti) in manjša od 2 metrov pri podatkih, obdelanih z diferencialno korekcijo in daljšim opazovanjem posamezne točke. Natančnost, manjšo od enega metra, pa naj bi dobili z opazovanjem, daljšim od 10 minut, seveda ob ugodnih pogojih (ugodna razporeditev satelitov, brez ovir in odbojnih površin).

Ker pa ob napravi nisem imel podatkovnega kabla, ki je za resnejšo delo praktično nujno potreben, sem to napravo uporabljal zgolj za kontrolo meritev, opravljenih z GeoExplorerjem II.

5.3 Opazovanja poti

Celotno pot Kamniška Bistrica – Jermanca – odcep lovske poti – zatrep Repovega kota – vstop v steno – izstop iz stene – Srebrno sedlo – zatrep – Kamniška Bistrica sem opravil peš, oziroma v steni s plezanjem. Samo pot sem zaradi varnosti shranjeval v polnilnik po delih. Med opravljanjem izmere je bilo potrebno spremljati samo delovanje instrumenta (zaradi stikov), ter seveda DOP faktorje (Dilution Of Precision oz. slabšanje natančnosti) s pomočjo katerih sem lahko sproti ocenjeval kvaliteto določitve položaja točk izmere.



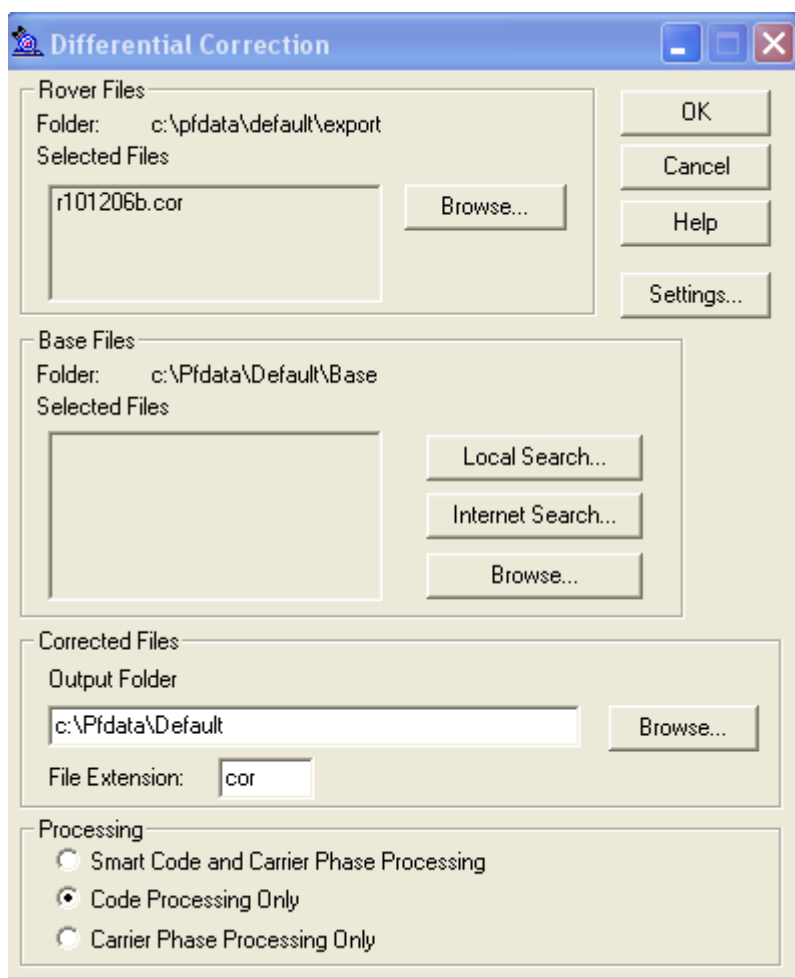
Sliki 11 in 12: Opazovanje poti

5.4 Prenos in obdelava podatkov opazovanj

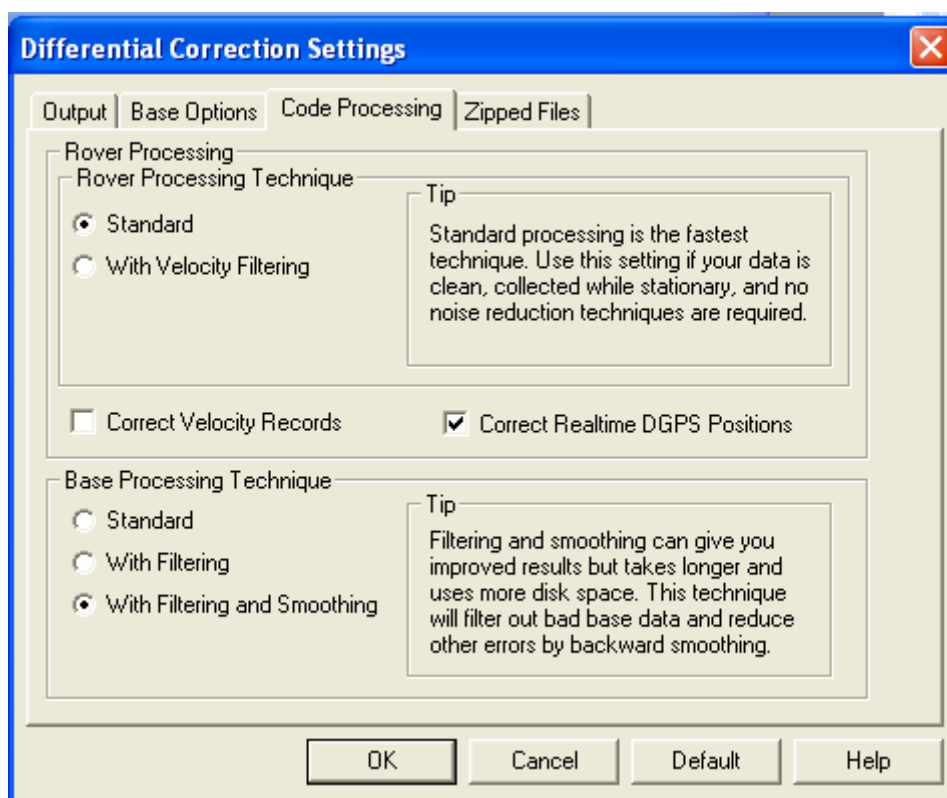
Sam prenos in kasnejša obdelava z izmero pridobljenih podatkov se je izvajala s pomočjo programskega paketa Pathfinder Office. Tako sem najprej prenesel podatke opazovanj na računalnik. Nato sem, s pomočjo diferencialnih popravkov, pridobljenih na referenčni bazni postaji na FGG v času izmere, pridobil koordinate detajlnih točk v načinu »DGPS z naknadno obdelavo podatkov opazovanj«.

FGG 4 [m]	δY	δX	δH	δ
Brez dif. kor.	-0,244	-1,684	-0,550	1,788
Z dif. kor.	0,470	-0,012	1,445	1,519

Preglednica 4: Odstopanje merjenih koordinat od danih brez in z opravljeno diferencialno korekcijo
(primer točke FGG 4)

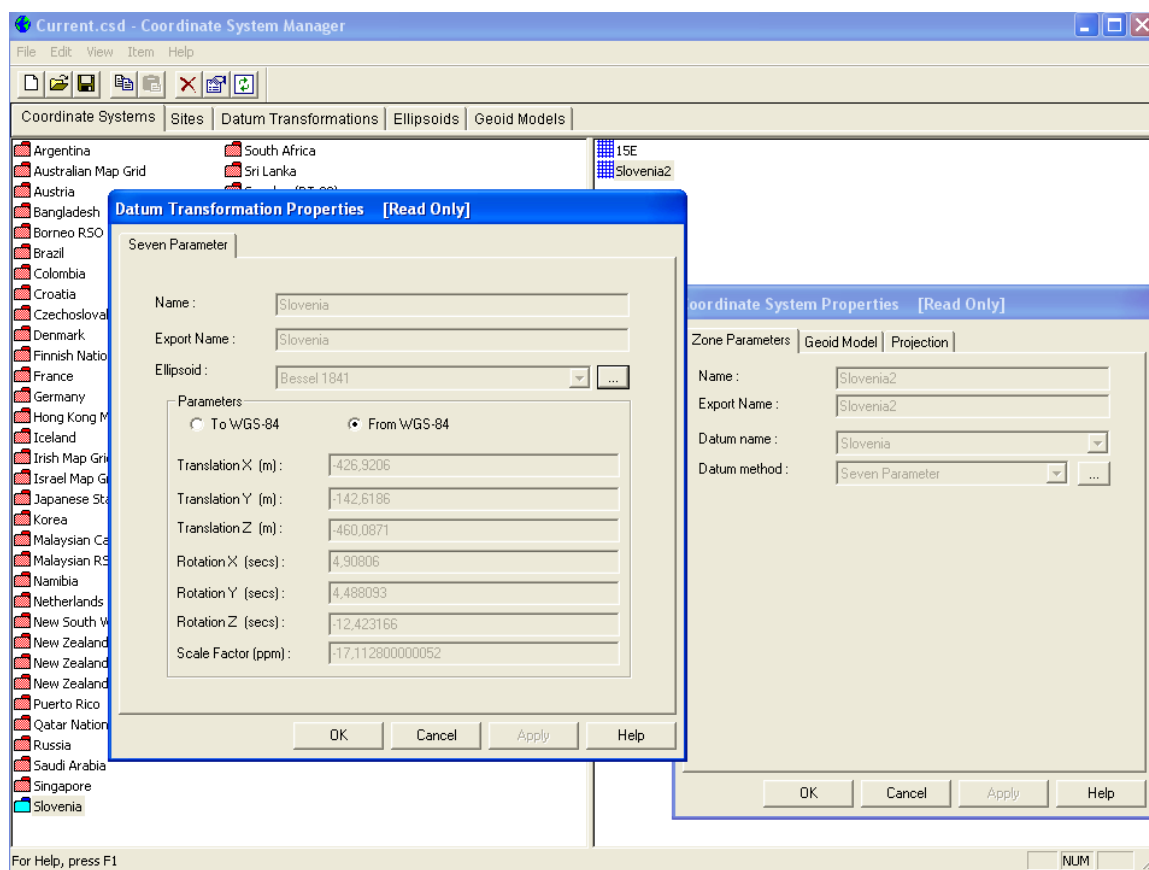


Slika 14: Prikaz diferencialne korekcije; poleg vhodne datoteke z opravljenimi meritvami je potrebno določiti še datoteko popravkov, ki jo predhodno dobimo za izbran časovni interval (čas opravljanja meritev) in izbrano najbližjo referenčno GPS postajo (www.signal.si).



Slika 15: Pred samo korekcijo moramo definirati še posamezne možnosti (kot so: način procesiranja korekcije, ali želimo kot izhodne datoteke popravljene in "srove", ali samo popravljene podatke, itd.)

Tako pridobljene koordinate točk poti je bilo sedaj potrebno prikazati na državnih topografskih kartah. Le tako smo lahko izvedli primerjave posnete poti z obstoječimi podatki o poti v državnem koordinatnem sistemu. Zato smo morali izvesti pretvorbo z globalnega koordinatnega sistema ETRS 89 v državni koordinatni sistem. Tudi to sedem parametrično prostorsko transformacijo sem izvedel s pomočjo prej omenjenega programa. Ker pa za obravnavano območje niso bili podani lokalni transformacijski parametri sem se pri preračunu poslužil sledečih parametrov, ki z grobo natančnostjo veljajo za območje celotne Slovenije (**podani v programu Pathfinder**).



Slika 16: Parametri pretvorbe med posameznimi koordinatnimi sistemi so definirani takole.

Premiki izhodišča koordinatnega sistema:

$$dx = - 426,9206 \text{ m}$$

$$dy = - 142,6186 \text{ m}$$

$$dz = - 460,0871 \text{ m}$$

, ter rotacije koordinatnih osi in sprememba merila:

$$Rx = 4,908060''$$

$$Ry = 4,488093''$$

$$Rz = - 12,423166''$$

$$dm = - 17,1128 \text{ ppm}$$

(transformacijski parametri uporabljeni v programskem paketu Pathfinder© za območje Slovenije).

Za izračun ortometričnih višin, kot tretje komponente državnega koordinatnega sistema, je bilo potrebno določiti geoidno višino obravnavanih točk. Te je programski paket dobil s

pomočjo interpolacije globalnega geoidnega modela EGM 96. S pomočjo te – geoidne višine N (na opazovanem območju je ta znašala 1,005m – mišljen povprečen relativen geoid, podan kot prednastavitev v Pathfinder© -ju) in izmerjene elipsoidne višine h smo dobili željeno ortometrično višino H po sledeči enačbi:

$$H = h - N \quad \dots(3)$$

Tako pridobljene podatke v ASCII formatu je bilo potrebno še nekoliko obdelati.

Primer "surovih" podatkov:

```
14
14.619158361,46.349007335,1709.102,470691.279,133914.990,1708.136
END
```

(v tem zapisu pika razmejuje celo in decimalno vrednost, ter vejica posamezne vrednosti koordinat, pri čemer so prve tri koordinate λ , φ in h , nato pa si sledijo še y , x in H ; enako velja za spodnji zapis)

Primer z diferencialno korekcijo obdelanih podatkov:

```
14
14.619121350,46.348997994,1710.653,470688.426,133913.966,1709.687
END
```

Ter primer transformiranih in urejenih podatkov (Microsoft Excel):

Oznaka točke	y-koord. [m]	x-koord. [m]	H [m]	ΔL [m]	$\Sigma \Delta L$ [m]	ΔH [m]	$\Sigma \Delta H$ [m]
406	470810,241	134131,494	1805,106	9,292	5612,294	3,738	2049,590
407	470811,922	134139,366	1810,474	8,049	5620,343	5,368	2054,958
408	470814,787	134147,763	1816,68	8,872	5629,216	6,206	2061,164
409	470821,053	134154,731	1819,089	9,371	5638,587	2,409	2063,573

ΔL - horizontalna razdalja med trenutno in predhodno točko

$\Sigma \Delta L$ - vsota horizontalnih razdalj od začetka poti do obravnavane točke

Δh - relativna višina (glede na predhodno točko)

$\Sigma \Delta h$ - vsota relativnih višin od začetka poti do obravnavane točke

6 PRIKAZ PODATKOV OPAZOVANJ

Seveda sama opazovanja ne pomenijo veliko, če jih ne moremo dovolj plastično predstaviti. To opravimo najlažje s pomočjo obstoječih grafičnih podlag, kot so DTK, planinske karte,...Te lahko, v primeru ko imajo vrisane "naše" merjene linijske objekte (planinske poti, steze,...) uporabljamo tudi za grobo kontrolo z meritvami pridobljenih podatkov. Vendar pa v tem načinu ne moremo zadovoljivo predstaviti prehoda preko stene, kjer premagamo večjo višinsko razliko na krajši "horizontalni" razdalji (generalizacija s topografskim ključem).

Tako lahko v grobem razdelim prikaz opazovane poti na dva dela:

- na "horizontalen" prikaz (robova karte predstavljata y in x os) izmerjenih poti in brezpotij na obstoječi podlagi (DTK 25), ter
- na "vertikalen" prikaz (pokončni rob karte predstavlja z os) na podlagi s pomočjo fotogrametrije izdelanega ortofoto načrta, ter nanosa izmerjene in "prave" smeri preko stene.

Glede na to, da je prikaz na obstoječi podlagi, ki mora seveda biti geolocirana, relativno enostaven, sem se v nadaljevanju bolj posvetil pojasnjevanju izdelave "vertikalnega" prikaza oz. ortofoto načrta na katere je prikazan prehod preko stene Planjave.

6.1 Fotogrametrični prikaz

Pri fotografiranju z namenom fotogrametričnega izrednotenja je potrebno paziti na naslednje temeljne pogoje, ki so:

- fotoaparati naj bo postavljen čim bolj na sredini objekta,
- optična os naj bo čim bolj pravokotna na ravnino fotografiranja,
- ostrina mora biti natančno naravnana na objekt in ves čas konstantna,
- leča objektiva mora biti čista,

- čas osvetlitve mora biti primeren (pri dolgih časih osvetlitve je treba uporabiti stojalo),
- objekt mora biti enakomerno osvetljen,
- doseči moramo ustrezno globinsko ostrino objekta.

Fotografiranje z digitalnim fotoaparatom zahteva poleg že zgoraj navedenega, kar velja za klasični analogni fotoaparatus, še upoštevanje dodatnih pogojev:

- čistost svetlobnega tipala (pri fotoaparatih s snemljivimi objektivi),
- velikost spominske kartice (datoteke so ponavadi velike),
- polne baterije (oziroma rezervne baterije).

Za pridobitev podatkov o notranji orientaciji fotoparata, (konstanta fotoaparata, koordinate glavne točke in radialna distorzija objektiva), sem z istimi nastavitvami fotoaparata kot za fotografiranje objekta naredil še tri podobe testnega polja, seveda na vsakem stojišču posebej. Testno polje je predstavljala ravna plošča velikosti 29,7 cm · 40 cm. Na njej je v medsebojni oddaljenosti 19 mm v 15 vrsticah in 21 stolpcih razporejena 315 točk (črni krogi s premerom dveh milimetrov). Njihove koordinate so bile določene z nonijskim merilom .

6.2 Fotografiranje z digitalnim fotoaparatom

Fotografiranje z digitalnim fotoaparatom Canon A80 sem opravil z nastavitvami, ki omogočajo najboljšo končno podobo (z največjo ločljivostjo in brez nastavitvev, ki bi vplivale na kakovost podobe). Podobe sem shranil v zapisu JPG. Pri fotografiranju je potrebno paziti predvsem na konstantnost goriščne razdalje, pa tudi ostalih parametrov, kot so: osvetlitev, čas ekspozicije, občutljivost,... Ker sem fotografiral večjo površino (steno) in sem bil pri tem omejen s prostorom stojišča (relativno težka prehodnost grebena Zeleniških špic, ki je najbolje zadovoljeval zgoraj omenjenim fotogrametričnim pogojem), nenazadnje pa tudi zaradi relativne odročnosti terena, sem posnel fotografije iz nadštevilnih stojišč (več kot dve). V postopku kasnejše obdelave sem potem izbral najboljši stojišči, ter za vsako posebej določil parametre notranje orientacije (x_0, y_0, c) in radialno distorzijo.

6.3 Digitalni postopek obdelave posnetkov

6.3.1 Kalibracija in določitev elementov notranje orientacije

Uporabljena metoda je bila izvedena na podlagi potreb za potrebe dvoslikovnega iz vrednotenja. Ta temelji na določitvi prostorske lokacije točk objekta v objektovem koordinatnem sistemu XYZ na podlagi dveh posnetkov istega objekta, ki sta narejena iz različnih snemališč. Pri tem je potrebno upoštevati predhodno omenjene pogoje, ter izbrati tako razdaljo med snemališčema oz. bazo, da bo omogočila optimalne rezultate pri stereoskopskem opazovanju :

$$1/20 Y_{\text{maks}} < b < 1/4 Y_{\text{min}} \quad \dots(4)$$

Y_{maks} – največja pravokotna oddaljenost od objekta slikanja

Y_{min} – najmanjša pravokotna oddaljenost od objekta slikanja

Doseči je treba tudi minimalen vzdolžni preklap (60%) potreben za stereoizvrednotenje.

Podobe sem obdelal v programskem paketu Modifoto, ki ga sestavljajo moduli Fotoanalist in FA_Kalibracija (Grigillo, 2003). Na podlagi posnetkov testnega polja sem najprej izvedel kalibracijo digitalnega fotoaparata, s katero sem izračunal elemente notranje orientacije fotoaparata in odpravil pogoške radialne distorzije iz podob.

6.3.2 Zunanja orientacija

Za to, da privedemo z notranjo orientacijo pridobljen snop vsakega posnetka v položaj, ki je enak tistemu v trenutku snemanja v objektovem prostoru, pa potrebujemo še elemente zunanje orientacije za vsak posnetek:

$$X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi \text{ in } \kappa$$

X_0, Y_0, Z_0 – koordinate projekcijskega centra

$\omega, \varphi \text{ in } \kappa$ – koti rotacij fotoaparata okoli koordinatnih osi objektnega koordinatnega sistema

Te določamo na razne načine. Najbolj enostavno je, če te elemente določimo neposredno v objektovem prostoru sočasno s snemanjem. V tem primeru pravimo, da so elementi zunanje orientacije znani.

Elemente zunanje orientacije sem določal posredno z uporabo oslonilnih točk. Oslonilne točke so točke, ki so določene s koordinatami X,Y, Z objektovega koordinatnega sistema in jih lahko z gotovostjo prepoznamo na posnetkih.

Pri tem sem se poslužil t.i. dvostopenjskega postopka orientacije stereopara. Pri tej metodi izvedemo orientacijo obeh posnetkov sočasno, vendar je postopek razdeljen na dve stopnji, ki sta časovno ločeni. V prvi stopnji, z relativno orientacijo posnetkov, oblikujemo le model v poljubnem merilu, ki je geometrično identičen slikanemu objektu. Za to stopnjo tako ne potrebujemo nobene oslonilne točke, saj jo izvajamo izključno z naslonitvijo na vsebino posnetkov.

Drugo stopnjo predstavlja absolutna orientacija. Z njo privedemo model v določeno merilo in v položaj, ki ustreza položaju objekta v objektovem koordinatnem sistemu v trenutku snemanja.

6.3.3 Zajem digitalnega modela stene

Na podlagi tako orientiranega stereopara je sledil zajem digitalnega modela stene. Ta je potekal na pol avtomatično. V stereoskopskem načinu opazovanja sem izmeril točke stene, ki so bile razporejene v celični mreži 10*10m. Hkrati pa se je izvajala simultana računska kontrola tako usklajenih novih položajev točk. Po izvedbi te prve stopnje zajema točk pa je sledila še zgostitev te primarne mreže točk. Ta zgostitev je potekala po predelih stene kjer reliefne značilnosti le-te zaradi povečane reliefne razgibanosti (, ali večja reliefna oblika, ki je grid slučajno ni zajel) , pa tudi sence, niso bile s primarno mrežo zajete v taki meri, da bi omogočale stereoefekt.

6.3.4 Izdelava ortofoto načrta stene

Iz orientiranega posnetka in digitalnega modela stene sem izdelal ortofoto načrt objekta, na katerega sem nato lahko nanesel z GPS izmero pridobljene koordinate točk, ki predstavljajo prehod preko JV stene Planjave. Temu sem dodal še t.i. memorirani potek smeri, ki naj bi predstavlja "dejansko " smer (zelena linija na ortofotografskem prikazu stene). Seveda je taka kontrola meritev GPS, ki je semantična namesto metrična, lahko vprašljiva. K temu pripomore tudi kakovost ortofota, ki je posnet z amaterskim fotoaparatom nizke ločljivosti in ima majhno merilo snemanja. Vendar pa se mi na podlagi v nadaljevanju navedenih argumentov (v poglavju Problematika pridobivanja meritev) ne zdi nesmiselna ali celo odvečna.

7 VREDNOTENJE REZULTATOV

Da bi lahko objektivno ocenil kakovost med GPS opazovanji pridobljenih podatkov sem seveda potreboval primerjavo s čim bolj neodvisno pridobljenimi koordinatami točk. Te bi nato opazoval z istim instrumentarjem v čim bolj podobnih razmerah (mišljena predvsem čas in kraj), kot so bile v času izmere v gorah. Del tako pridobljene ocene natančnosti vsekakor predstavlja kontrolna izmera trigonometrične točke na vrhu Brane. Drugi kriterij za določitev dosežene natančnosti pa so s pomočjo istega GPS instrumenta- Geoexplorer II dan po izmeri v hribih opravljena opazovanja trigonometrične točke FGG 4 (, ki se nahaja na strehi FGG). Teža tega kriterija je vsekakor manjša od ocene pridobljene z meritvami vrh Brane, saj je točka FGG 4 relativno oddaljena od območja na katerega se ocena natančnosti, ki sem jo želel določiti, nanaša. Ta opazovanja sem nato primerjal s podanim položajem te točke v državnem koordinatnem sistemu.

7.1 Ocena natančnosti

Primerjava opazovanih točkovnih objektov

Trig. točka	Y [m]	X [m]	h [m]
FGG 4	461 259,27	100 277,34	321,215
Brana	468 630,82	134 618,47	2252,63

Preglednica 5: Koordinate trigonometričnih točk v državnem koordinatnem sistemu

Opazovana trigonometrična točka				Odstopanje [m]		
točka	Y [m]	X [m]	h [m]	po y-osi	po x-osi	po višini
FGG 4	416 257,997	100 275,332	319,107	1,273	2,008	2,108
	416 257,997	100 275,332	319,107	1,273	2,008	2,108
	416 256,868	100 275,040	320,809	2,402	2,300	0,406
	416 257,209	100 276,005	322,288	2,061	1,335	-1,073
	416 257,196	100 275,870	321,865	2,074	1,470	-0,650
	416 257,776	100 276,464	321,254	1,494	0,876	-0,039
	416 257,628	100 275,836	322,901	1,642	1,504	-1,686
....
Sr. vrednost	416 257,873	100 276,243	321,272	1,398	1,097	-0,057

Preglednica 6: Primerjava izmerjenih koordinat trigonometrične točke FGG 4, opazovanih z GPS brez zunanje antene in upoštevano korekcijo s podanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu

Opazovana trigonometrična točka				Odstopanje [m]		
točka	Y [m]	X [m]	h [m]	po y-osi	po x-osi	po višini
FGG 4	416 260,753	100 278,944	316,241	-1,483	-1,604	4,974
	416 256,753	100 275,650	320,855	2,517	1,690	0,360
	416 257,791	100 276,308	319,506	1,479	1,032	1,709
	416 256,351	100 275,191	321,503	2,919	2,149	-0,288
	416 256,211	100 275,259	320,222	3,059	2,081	0,993
	416 257,498	100 276,388	319,951	1,772	0,952	1,264
	416 257,935	100 276,603	317,982	1,335	0,737	3,233
....
Sr. vrednost	416 258,562	100 278,285	319,834	0,709	-0,945	1,381

Preglednica 7: Primerjava izmerjenih koordinat trigonometrične točke FGG 4, opazovanih z GPS z zunanjo anteno in upoštevano korekcijo s podanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu

Opazovana trigonometrična točka				Odstopanje [m]		
točka	Y [m]	X [m]	h [m]	po y-osi	po x-osi	po višini
Brana	468 630,294	134 614,660	2249,080	0,526	3,810	3,550
	468 630,469	134 616,054	2249,094	0,351	2,416	3,536
	468 630,344	134 615,809	2249,043	0,476	2,661	3,587
	468 630,290	134 615,903	2249,210	0,530	2,567	3,420
	468 630,159	134 615,526	2248,975	0,661	2,944	3,655
	468 630,087	134 615,340	2248,844	0,733	3,130	3,786
	468 630,081	134 615,131	2248,621	0,739	3,339	4,009

Sr. vrednost	468 630,606	134 615,912	2249,717	0,214	2,558	2,913

Preglednica 8: Primerjava izmerjenih koordinat trigonometrične točke Brana, opazovanih z GPS z zunanjo anteno in upoštevano korekcijo s podanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu

Opazovana objekt					
točka	Y [m]	X [m]	h [m]	hd [m]	Δh [m]
Dom v Kam. Bistrici	468 755,637	131 581,675	590,399	601	10,60
Kamniška koča	469 375,187	135 076,660	1866,256	1865	-1,26

Preglednica 9: Primerjava merjenih in uradnih višin planinskih objektov

Najpomembnejša oz. najbolj indikativna je ocena natančnosti pridobljena na kraju meritev, se pravi ocena natančnosti pridobljena z meritvami na trigonometrični točki Brana (preglednica 8).

Iz te tabele je razvidno, da so največja odstopanja v vertikalnem smislu (srednja vrednost skoraj 3 m), kar je tudi pričakovati. Presenetilo pa me je dokaj veliko odstopanje tudi po x-osi. Tako je realno pričakovati določitve stojišča in s tem tudi orientacijo z natančnostjo pod 4m, ob upoštevanju korekcije, in nekaj (2) metrov več brez nje. Seveda ob zadostni odprtosti horizonta in ugodni razporeditvi satelitov.

7.2 Problematika pridobivanja opazovanj in nekaj statistike

Stena se razteza med cca. 1900 in 2100 metri nadmorske višine in je poleg ugodne orientacije (jugovzhod) dokaj odprta, seveda kolikor so stene sploh lahko (lega v razgibanem svetu in popolna zaprtost horizonta v smeri stene). Horizont je delno prost ovir¹ v smeri proti jugu (razen Zeleniških špic) in jugozahodu.

Zeleniške špice zakrivajo višinski pas 1900 do 2000m n.v., se pravi okoli 100 m relativne višine na oddaljenosti od objekta meritev (stene) približno 280m. Tako je prosta zenitna razdalja znašala dobrih 70°² in se je povečevala proti smeri jugovzhod do 89° (preostalo stopinjo zakrivajo zahodni grebeni Kamniških Alp³). Seveda ta navedena razmerja veljajo za vznožje stene in se z vzpenjanjem po steni izboljšujejo v smislu večje odprtosti horizonta, ter s tem izboljšanih možnosti sprejema GPS signala.

Spodnjega dela stene in dela sestopa iz Srebrnega sedla v Repov kot, mi tako zaradi neugodnih reliefnih razmer, ki jih je ustvarila krnica Repovega kota, ni uspelo izmeriti. Medtem, ko sem ostale "mrke" GPS signala odpravil z večimi serijami meritev oz. z različnimi razporeditvami satelitov. Tako je končna neizmerjena dolžina znašala 250m in predstavlja napram celotni prehojeni poti dobrih 9 km dokaj majhen delež.

Svojevrsten problem predstavlja določitev pozicijske natančnosti v sami steni opravljenih meritev, saj nimamo jasno razvidnega poteka smeri niti v naravi sami. Edin možen način je "vizualna" kontrola. Ta temelji na geolocirani slikovni podobi obravnavanega področja pri čemer je potrebno upoštevati temeljne fotogrametrične zakonitosti, ter na nanjo nanešene obdelane podatke meritev, ki jih primerjamo z "dejanskim" potekom smeri. Ta je ustvarjen naknadno na podlagi memoriranega poteka gibanja, in kot tak pod močnim subjektivnim vplivom.

¹ mišljene so reliefne ovire

² 70° 20' 46"

³ Kalški Greben – Vrh Korena – Mokrica

Kljub vsemu pa se mi taka kontrola ne zdi nesmiselna, saj vsakdo, ki prehodi določeno pot (če ta seveda ni predolga) zna le-to dokaj dobro označiti na neki vizualni podlagi področja, na kateri prepozna značilnosti okolice po kateri se je gibal (ponavadi je to slika). To še toliko bolj velja, če moramo pot "prehoditi" po vseh štirih oz. preplezati. Tako je način izvedbe zelo podoben zajemu podatkov na osnovi ortofotogrametričnih podlag. Razlika je le v tem, da v primeru sten, ne uporabljamo aerofotogrametričnih posnetkov, temveč terestrične posnetke.

Taka kontrola seveda zahteva od osebe, ki jo izvaja (podobno, kot pri zgoraj omenjenem zajemu vsebin iz aerosnetkov) dobro mero izurjenosti v zaznavanju in prepoznavanju prostorskih značilnosti, še posebej če jo izvajamo na 2D podlagi, kot je slika. Postopek si lahko olajšamo če imamo izdelano stereopodlago, s čimer najbolje posnemamo dejansko stanje v naravi.

V primeru sten, kjer kot že prej omenjeno, ni vidno označen potek smeri oz. prehod čez steno, lahko kljub relativno velikemu merilu posnetkov izvedemo položajno kontrolo izmerjenih podatkov samo z detajlnim pregledom vodilnih razčlemb v sami steni. Te so izražene v obliki plati (različno nagnjene monolitne plošče), kamini, zajede, počki, police, lope, skalne podobe in še bi se našlo. Vse to nam daje dovolj dobro osnovo, tako za orientiranje v steni v prvi fazi, kot za kasnejšo kontrolo položajne kvalitete meritev.

8 POVZETEK

Pokazalo se je, da je z GPS resnično mogoče doseči dokaj dobre podatke tudi v hribovitem svetu. To še toliko bolj velja, če se zavedamo, da pri orientiranju v gorah, ni cilj doseganje geodetske natančnosti, ampak praktična uporabnost, na ta način pridobljenih podatkov. Temu pa z doseženo metrsko natančnostjo zadostimo.

Poleg dokaj dobrega položajnega ujemanja markiranih poti na karti (DTK 25 Kamniška Bistrica) in v naravi (če privzamemo koordinate točk, pridobljene z izmero, kot verodostojne, saj nas k temu napeljujejo izračunana odstopanja, ki so dokaj majhna), me je predvsem pozitivno presenetila kvaliteta ujemanja izmerjenih brezpotij. Ta so namreč označena na DTK-ju kot steze, in se v delu, ko so označena (spodnja polovica v Repovem kotu in greben Brana-Kaptan) presenetljivo dobro ujemajo z opravljenimi meritvami.

Drugačni pa so rezultati meritev v JV steni Planjave. Pri njih je razvidna dokaj velika nezanesljivost izmerjene višinske komponente. Tako, da rezultati meritev ne vzbujajo pretiranega optimizma glede nadaljne uporabnosti. Njihova uporaba v orientaciji tako ne bi bila smiselna oz. še več, ne bi bila varna. To toliko bolj velja če vzamemo v ozir današnjo natančnost določanja položaja s pomočjo komercialnih GPS naprav (z WAAS funkcijo, ki jo ima danes že večina instrumentov, 7m). To pa seveda ne pomeni, da se v prihodnosti z razvojem tehnologije ne bo pojavil tudi praktičen način (npr. dovolj majhen GPS nameščen na zapestju), ki bo omogočal dovolj kvalitetno določanje položaja (predvsem višine) ob sprejemu omejenega števila satelitov (, kar je v primeru sten praktično neobhodno).

Zavedam se, da je uporaba GPS na tem "skrajnem" področju, kot je orientacija v stenah, interesno področje dokaj ozkega kroga ljudi. Predvsem zelo izkušenih gornikov (v lažji različici) in alpinistov. Vendar pa to še ne pomeni, da ga je nesmiselno raziskovati. Konec koncev vsak dejavnik, ki povečuje zanesljivost orientiranja, še posebej v tako zahtevnem svetu, kot je gorski, povečuje varnost in v skrajnem primeru, tudi verjetnost preživetja. To pa, mislim, predstavlja dovolj dober razlog za raziskovanja na tem področju. Hkrati pa sem

mnenja, da je preizkušanje "novih" tehnologij v nepredvidljivih razmerah, razkriva njihove pomanjkljivosti in s tem vzpodbuja njihov nadaljnji razvoj.

Drugače pa je z uporabo koordinat točk, pridobljenih z izmero GPS na poteh in v svetu brezpotij. Mislim, da bi bila velika škoda, uporabiti tako pridobljene meritve (pridobljene s pomočjo markacistov ali posameznikov v okviru lokalnih PD) samo za potrebe katastra* in na njem temelječe publikacije. Prvenstveno bi morale služiti izboljšani orientaciji, predvsem v zahtevnejših pogojih (, kot je megla, dež, neurje, sneg, ponoči). V ta namen bi bilo potrebno izdelati pretehtan izbor za orientacijo pomembnih karakterističnih točk za vsako pot posebej. K njim bi dodal tudi položaje najbližjih zavetišč (planinski domovi, kočje, bivaki*). Izbor bi bil podan v obliki, primerni neposredni uporabi z GPS napravami.

ID	ETRS 89 položaj		
Zap. identifikator točke oz. ime koče	Y_koord	X_koord	Helip
p o d a t k i			

Preglednica 10: Predviden sistematičen prikaz orientacijsko pomembnejših točk

Podan bi bil v pisni obliki vsaki opisani poti posebej, ali še bolje v elektronskem zapisu na prenosnem mediju (npr. CD), ki bi bil priložen bodočim izdajam planinskih in turističnih vodnikov. S čimer bi močno obogatili njihovo vsebino. Tako bi pred vsako turo prenesli podatke o načrtovani poti, kot orientirne točke (WPT-way points) v ročni GPS in se odpravili na pot.

Ob tem ne gre pozabiti na spremljajoče vsebine, kot so karte. Tem bi bilo potrebno dodati v novejših izdajah, kot zunaj okvirno vsebino, WGS mrežo. Njihovi obstoječi vsebini na hrbtne strani pa dodati položaj opisanih zavetišč v ETRS 89 koordinatnem sistemu. S temi ukrepi bi še dodatno olajšali orientacijo.

Podobne rešitve, bi uvedel tudi za brezpotja, s to razliko, da bi bil izbor orientacijsko pomembnih karakterističnih točk zaradi zahtevnejše orientacije in ne poredkoma večje tehnične zahtevnosti, obsežnejši.

Kot iztočnico za morebitne nadaljnje raziskave te problematike bi omenil, da bi bilo smiselno meritve nadaljevati tudi na severnih straneh naših gora in grebenov, kjer se tudi nahaja večina tehnično in orientacijsko težjih brezpotij in smeri. Odveč pa ne bi bile niti meritve v bolj zaprtih krnicah in dolinah. Vse to bi lahko služilo kot dobra osnova oz. že kar projektna naloga morebitnemu kasnejšemu bolj celovitemu zajemu te vsebine v okviru PZS ali pa v okviru zainteresiranih založnikov gorniške literature, turističnih društev ali posameznih zanesenjakov

Na koncu pa se moramo zavedati, da nam vse zgoraj omenjeno ne bo prav veliko koristilo, če ne bomo znali (ali hoteli) realno oceniti svoje izkušnosti in svojih sposobnosti.

VIRI

Budin, J. et al. 1996. Uporaba vesoljskih tehnologij. Radovljica, Didakta.

Dobnik, J. et al. 1992. Stoletje v gorah. Ljubljana, Cankarjeva založba: 8-38, 84-90, 115-120, 171-181 str.

Državna topografska karta 1:25 000 (Kamniška Bistrica).1997. Ljubljana, Geodetski zavod Slovenije, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FGG

Environmental Systems Research Institute, Inc., 1997, Getting to know ArcView GIS. USA

Environmental Systems Research Institute, Inc., 1996, Using ArcView GIS. USA

Gorjup, Z., 2001, Temelji fotogrametrije in postopki izrednotenja, Univerza v Ljubljani, FGG, Ljubljana

Klanjšček, M., Radovan, D., Petrovič, D. 2005. Zasnova vzpostavitve baze planinskih poti. Geodetski vestnik. 49/2005-1: 66-81 st.

Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Način določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik. 47/2003-4: 404-414 st.

Kraus, K., 1993, Photogrametry Volume 1&2, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn

Petrovič, D. 1993. Podolžni prerezi planinskih poti. Diplomaska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Planinska karta Grintavci 1:25 000. 1998. Ljubljana, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo, PZS

Pucelj, B., Kosmatin Fras, M., Grigillo, D. 2005. Primerjava metrične natančnosti analognega in digitalnega fotoaparata. Geodetski vestnik. 49/2005-2: - st.

Režek, J., Radovan, D., Stopar, B. September 2004. Strategija osnovnega geodetskega sistema. Ljubljana, Geodetski vestnik. 48/2004-3

Rožič, A. 2003. GPS izmera planinskih poti. Diplomaska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Triglav, J. 1996. Geomatika, mozaik merskih metod. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije

Internet

omrežje stalnih postaj, ki sprejema signale navigacijskih satelitov, <http://www.gu-signal.si/>
(20.11. 2005)

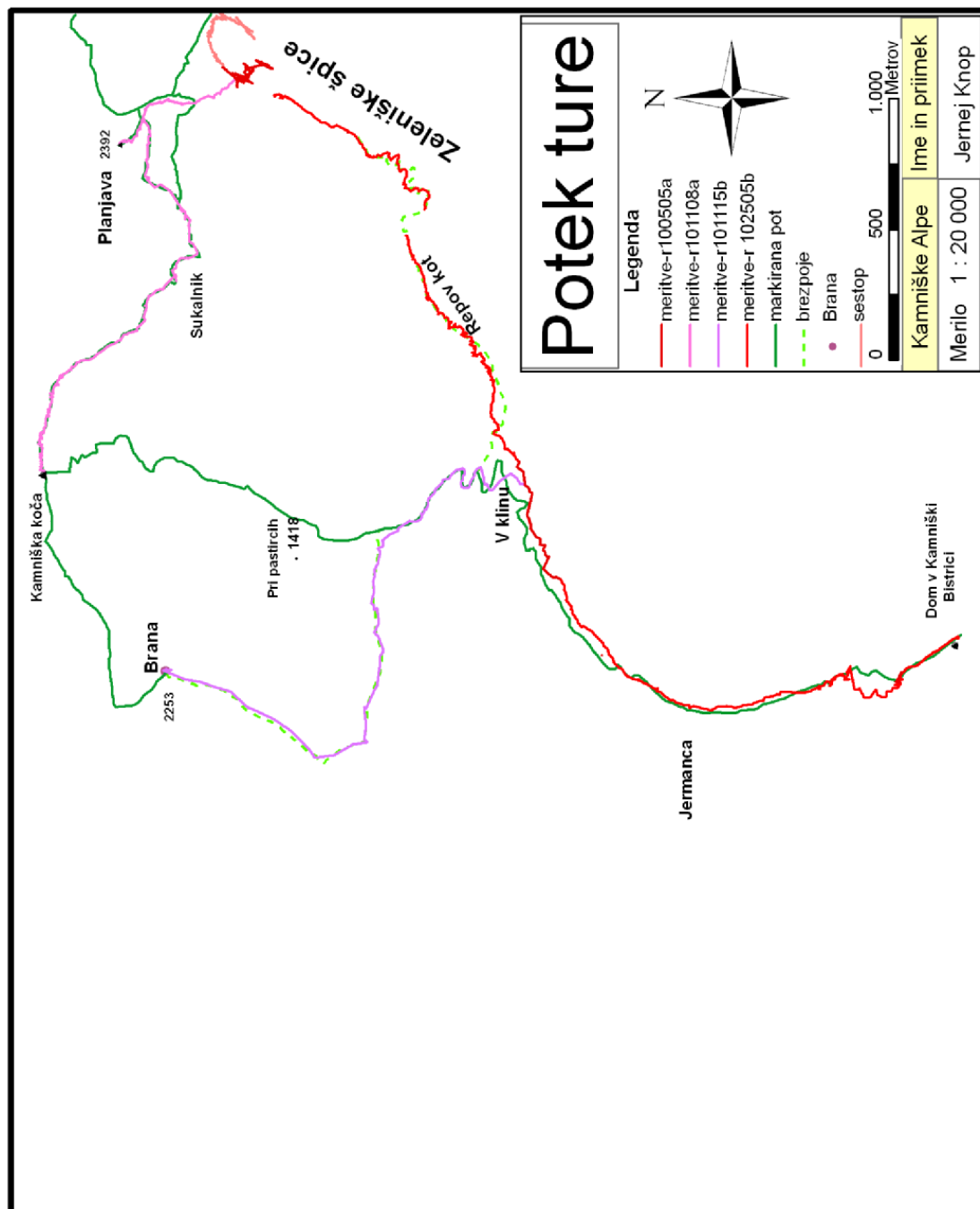
spletna stran, ki pojasnjuje in prikazuje delovanje in namen WAAS funkcije,
<http://gps.faa.gov/Programs/WAAS/waas.htm> (10.2. 2006)

PRILOGE

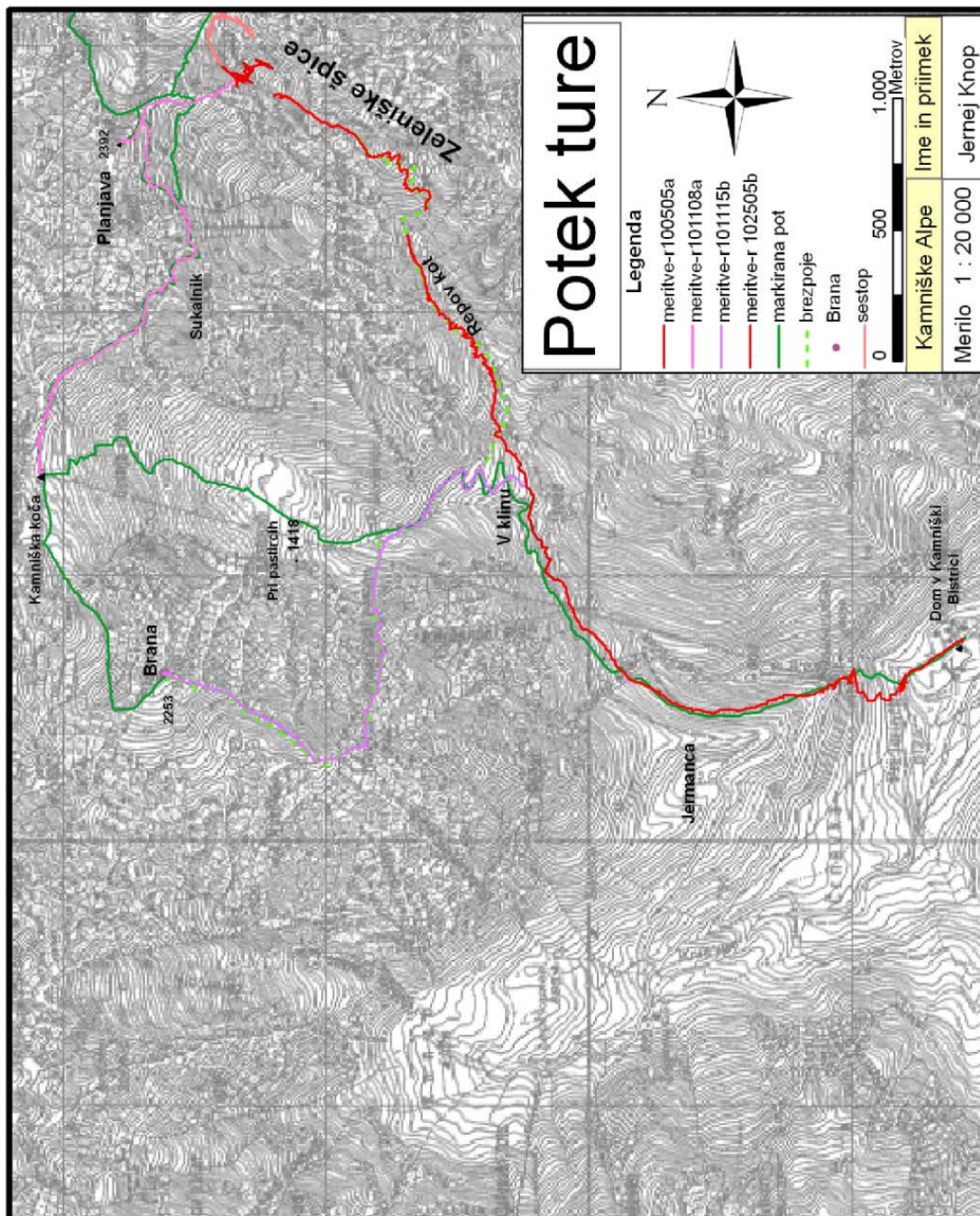
Priloga A: Kartiran shematičen prikaz meritev, vektorizacije markiranih planinskih poti in brezpotij na podlagi DTK 25 Kamniška Bistrica

Priloga B: Kartiran prikaz meritev, vektorizacije markiranih planinskih poti in brezpotij na podlagi DTK 25 Kamniška Bistrica

Priloga C: Prehod preko stene, Nanos GPS meritev in ocenjenega pravega poteka smeri na stereo model JV stene Planjave



Priloga A: Kartiran shematičen prikaz meritev, vektorizacije markiranih planinskih poti in brezpotij na podlagi DTK 25 Kamniška Bistrica



Priloga B: Kartiran prikaz meritev, vektorizacije markiranih planinskih poti in brezpotij na podlagi DTK 25 Kamniška Bistrica



Priloga C: Prehod preko stene, Nanos GPS meritev (rdeča linija) in ocenjenega pravega poteka smeri (zelená linija) na stereo model JV stene Planjave