

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Vinko D., 2015. Zmožnosti in uporabnost Topcon Hybrid Positioning sistema v detajlni izmeri in detajlni zakoličbi. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kogoj, D., somentor Stopar, B.): 64 str.

Datum arhiviranja: 04-01-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Vinko D., 2015. Zmožnosti in uporabnost Topcon Hybrid Positioning sistema v detajlni izmeri in detajlni zakoličbi. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kogoj, D., co-supervisor Stopar, B.): 64 pp.

Archiving Date: 04-01-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

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

Kandidat:

DANIJEL VINKO

**ZMOŽNOSTI IN UPORABNOST TOPCON HYBRID
POSITIONING SISTEMA V DETAJLNI IZMERI IN
DETAJLNI ZAKOLIČBI**

Diplomska naloga št.: 10/II.GIG

**ABILITY AND APPLICABILITY OF THE TOPCON
HYBRID POSITIONING SYSTEM IN GEODETIC
SURVEYING AND STAKING OUT**

Graduation thesis No.: 10/II.GIG

Mentor:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

prof. dr. Bojan Stopar

Ljubljana, 24. 12. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Ta stran je namenoma prazna

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **DANIJEL VINKO** izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom:
»**ZMOŽNOSTI IN UPORABNOST TOPCON HYBRID POSITIONING SISTEMA V
DETAJLNI IZMERI IN DETAJLNI ZAKOLIČBI**«.

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

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

Ljubljana, 11.12.2015

Danijel Vinko

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.02:528.5-187(043.3)
Avtor:	Danijel Vinko
Mentor:	izr. prof. dr. Dušan Kogoj
Somentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Naslov:	Zmožnosti in uporabnost Topcon Hybrid Positioning sistema v detajlni izmeri in detajlni zakoličbi
Tip dokumenta:	Magistrsko delo – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	64 str., 14 pregl., 25 sl., 12 pril.
Ključne besede:	Topcon Hybrid Positioning, GNSS, kombinirana metoda izmere, izmeritvena mreža

Izveček:

Magistrsko delo »Zmožnosti in uporabnost Topcon Hybrid Positioning sistema v detajlni izmeri in detajlni zakoličbi« zajema pregled metod geodetske izmere, in sicer tahimetrično izmero, statično izmero GNSS, izmero RTK-GNSS in kombinirano izmero Topcon Hybrid Positioning. Sistem Topcon Hybrid Positioning omogoča istočasno uporabo tahimetrične izmere in izmere GNSS. V prvem delu naloge je narejen pregled sistemov in raziskav na področju kombinirane geodetske izmere, opredeljena pa je tudi problematika kombiniranja terestričnih meritev in opazovanj GNSS. (V prvem, teoretičnem delu naloge je prikazan pregled sistemov in raziskav na področju kombinirane geodetske izmere in opredeljena je problematika kombiniranja terestričnih meritev in opazovanj GNSS. V drugem, praktičnem delu naloge smo na osnovi praktične raziskave ovrednotili natančnost, učinkovitost (poraba časa in število operaterjev) in ekonomičnost kombinirane izmere Topcon Hybrid Positioning ter jo primerjali s tahimetrično izmero, izmero RTK-GNSS in statično izmero GNSS. Raziskava je izvedena na način, da smo koordinate točk začasno stabilizirane izmeritvene mreže določili z že omejenimi geodetskimi metodami izmere. Nato smo koordinate točk izmeritvene mreže, pridobljene z obravnavanimi metodami, primerjali glede na koordinate točk, pridobljenih s statično izmero GNSS, torej smo koordinate točk, pridobljene s statično izmero GNSS, privzeli kot referenčne. Na podlagi analize rezultatov smo v zaključku podali komentarje glede uporabnosti sistema Topcon Hybrid Positioning v geodetski praksi.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.02:528.5-187(043.3)
Author:	Danijel Vinko
Supervisor:	assoc. prof. Dušan Kogoj Ph.D.
Cosupervisor:	Prof. Bojan Stopar Ph.D.
Title:	Ability and applicability of the Topcon Hybrid Positioning System in geodetic surveying and staking out
Document Type:	M. Sc. Thesis
Scope and tools:	64 p., 14 tab., 25 fig., 12 ann.
Keywords:	Topcon Hybrid Positioning, GNSS, combined method of geodetic surveying, control network

Abstract

The master's thesis "Ability and applicability of the Topcon Hybrid Positioning System in geodetic surveying and staking out" provides an overview of the different methods of geodetic survey, geodetic terrestrial surveying, static GNSS positioning, RTK-GNSS positioning and Topcon Hybrid Positioning. Topcon Hybrid Positioning enables the use of GNSS positioning and terrestrial measurements. The theoretical part contains an overview of the systems and pieces of research on the combined method of geodetic surveying and identifies the problem of combining terrestrial measurements and GNSS measurements. The second part constitutes the practical part of the thesis. It is based on the practical research in which we evaluated the accuracy, efficiency (time and number of operators) and economics of the Topcon Hybrid Positioning combined measurements, which we compared to terrestrial surveying, static GNSS positioning and RTK-GNSS positioning. The survey was conducted so that the coordinates of the points of the temporarily established control network were determined by the abovementioned geodetic surveying methods. Moreover, we compared the coordinates of the control network obtained by the methods discussed to the coordinates of the points obtained by the static GNSS measurement, assuming the coordinates of the points obtained by static GNSS measurement as a reference. Based on the analysis of the results, we included our comments in the conclusion on the practicability of the Topcon Hybrid Positioning system in geodetic practice.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri izdelavi magistrske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Dušanu Kogoju in somentorju prof. dr. Bojanu Stoparju ter ostalim, ki so mi pomagali in me podpirali v času študija.

Zahvalil bi se tudi geodetskemu podjetju Geocentar, d. o. o., in njenemu direktorju Đurotu Zaloviću, ki mi je z izposajo geodetske opreme omogočil izvedbo meritev.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA.....	I
IZJAVA O AVTORSTVU.....	III
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	IV
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	V
ZAHVALA	VI
KAZALO SLIK.....	IX
KAZALO PREGLEDNIC	X
UPORABLJENE KRATICE.....	XI
1 UVOD	1
1.1 PODROČJE RAZISKAV	1
1.2 PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.3 CILJ NALOGE	2
1.4 DELOVNE HIPOTEZE.....	3
1.5 OMEJITVE RAZISKAVE.....	3
2 PREGLED OBRAVNAVANIH GEODETSKIH METOD	4
2.1 TAHIMETRIČNA IZMERA	4
2.1.1 AVTOMATIZACIJA IN MOTORIZACIJA TAHIMETROV	5
2.1.2 AVTOMATSKO PREPOZNAVANJE TARČE (APT).....	6
2.1.3 AVTOMATSKO ISKANJE TARČE (AIT).....	9
2.1.4 SLIKOVNA PODPORA.....	10
2.1.5 FUNKCIJA SKENIRANJA.....	12
2.1.6 INTEGRACIJA TAHIMETRIČNIH IN GNSS-OPAZOVANJ	12
2.2 IZMERA GNSS	19
2.2.1 SPLOŠNO O SISTEMIH GNSS.....	19
2.2.2 VRSTE OPAZOVANJ GNSS	20

2.2.3 METODE GEODETSKE IZMERE GNSS.....	22
2.2.4 OMREŽJA STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS	26
2.3 KOMBINIRANA METODA MERITEV.....	34
2.3.1 PROBLEMATIKA KOMBINIRANJA TERESTRIČNIH MERITEV IN OPAZOVANJ GNSS.....	35
3 PREGLED RAZISKAV NA PODROČJU KOMBINIRANE GEODETSKE IZMERE.....	36
3.1. LEICA SMARTPOLE.....	36
3.2 TRIMBLE INTEGRATED SURVEYING	37
3.3 PRIMERJAVA TAHIMETRIČNE IZMERE, IZMERE RTK-GNSS IN IZMERE TLS.....	39
3.4 INTEGRACIJA TAHIMETRIČNIH IN GNSS OPAZOVANJ.....	40
4 PRIMER UPORABE TEHNOLOGIJE TOPCON HYBRID POSITIONONG.....	43
4.1 REKOGNOSCIRANJE TERENA IN DOLOČITEV OBMOČJA IZMERE.....	43
4.2 INSTRUMENTARIJ.....	44
4.3 IZMERA IZMERITVENE MREŽE.....	44
4.3.1 STATIČNA IZMERA GNSS.....	46
4.3.2 IZMERA RTK-GNSS.....	49
4.3.3 TAHIMETRIČNA IZMERA.....	49
4.3.4 IZMERA S SISTEMOM TOPCON HYBRID POSITIONING	50
4.4 DETAJLNA IZMERA S SISTEMOM TOPCON HYBRID POSITIONING	51
4.5 ANALIZA REZULTATOV	52
4.6 PRIMERJAVA PORABE ČASA IN ŠTEVILA OPERATERJEV V POSAMEZNIH METODAH IZMERE.....	55
5 POTRDITEV DELOVNIH HIPOTEZ	57
6 ZAKLJUČEK	59
VIRI	61
PRILOGE	64

KAZALO SLIK

Slika 1: Povezava mehanike, optike in elektronike (vir: Benčić, D., Solarić, N., 2008).....	5
Slika 2: Slika odbitega signala in določitev točke maksimalne radiometrične vrednosti (vir: Valh, M. M., in sod., 2008).....	8
Slika 3: Slika odbitega laserskega snopa sistema AIT (vir: Kolenc, M., 2008)	10
Slika 4: Prikaz optičnih osi kamere in daljnogleda (vir: Lienhart, W., 2011)	11
Slika 5: Primer izdelave beležk na zajeti sliki (vir: Lienhart, W., 2011).....	11
Slika 6: Funkcija skeniranja (vir: Topcon, 2011)	12
Slika 7: Leica SmartStation (vir: Leica SmartStation, 2008)	13
Slika 8: Leica SmartPole (vir: Leica SmartPole, 2010)	14
Slika 9: Trimble Integrated Surveying Rover (vir: Trimble IS Rover, 2006)	16
Slika 10: Prikaz komponent sistema Topcon Hybrid positioning (vir: Topcon Hybrid Positioning, 2013)	17
Slika 11: Metode GNSS-izmere (vir: Kogoj, D., Stopar, B., 2009).....	23
Slika 12: Izmera RTK-GNSS (CGG, 2013).....	25
Slika 13: Skica omrežja SIGNAL (Omrežje SIGNAL, 2015)	28
Slika 14: Skica omrežja CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav, 2015).....	29
Slika 15: Princip delovanja VRS-metode (vir: RTK VRS, 2015)	32
Slika 16: Princip delovanja MAC-metode (vir: RTK Networks, 2009)	33
Slika 17: Primer uporabe sistema »SmartPole« za detajlno izmero (vir: Leica Geosystems, 2007).....	37
Slika 18: Primerjava koordinat, pridobljenih s sistemom „SmartStation“ in referenčnih koordinat v dveh opravljenih testiranjih (vir: Mohammad Taha, A. A., 2008)	41
Slika 19: Primerjava koordinat, pridobljenih s sistemom „SmartPole“ in referenčnih koordinat (vir: Mohammad Taha, A. A., 2008).....	42
Slika 20: Stabilizacija izmeritvene točke s kovinskim žebličkom.....	45
Slika 21: Skica območja izmere in točk izmeritvene mreže	46
Slika 22: Prikaz uporabniškega vmesnika Magnet Office Tools softwerja.....	47
Slika 23: Primerjava koordinatnih razlik točk izmeritvene mreže po N-osi z različnimi metodami izmere glede na statično izmero GNSS	53
Slika 24: Primerjava koordinatnih razlik točk izmeritvene mreže po E-osi z različnimi metodami izmere glede na statično izmero GNSS	54
Slika 25: Primerjava koordinatnih razlik točk izmeritvene mreže po H-osi z različnimi metodami izmere glede na statično izmero GNSS	54

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava SmartStation in SmartPole (vir: Kogoj, D., 2009).....	14
Preglednica 2: Storitve omrežja CROPOS	30
Preglednica 3: Pregled metod obdelave podatkov v omrežju (vir: RTK Networks, 2009).....	34
Preglednica 4: Čas izmere za vzpostavitev izmeritvene mreže (vir: Lemmon, T., Wetherbee, L., 2005).....	38
Preglednica 5: Čas detajlne izmere (vir: Lemmon, T., Wetherbee, L., 2005)	38
Preglednica 6: Čas zakoličbe (vir: Lemmon, T., Wetherbee, L., 2005).....	38
Preglednica 7: Izravnane komponente baznih vektorjev	48
Preglednica 8: Izravnane koordinate točk izmeritvene mreže	48
Preglednica 9: Koordinate izmeritvene mreže – izmera RTK-GNSS	49
Preglednica 10: Izravnane koordinate izmeritvene mreže – prosta mreža	50
Preglednica 11: Elipse pogreškov točk izmeritvene mreže.....	50
Preglednica 12: Koordinate izmeritvene mreže – GNSS-statično pozicioniranje.....	52
Preglednica 13: Primerjava koordinat točk, pridobljenih s tahimetrično izmero, izmero RTK-GNSS in izmero z uporabo sistema Topcon Hybrid Positioning glede na koordinate točk, pridobljene s statično izmero GNSS	53
Preglednica 14: Primerjava časa meritev po metodah izmere.....	56

UPORABLJENE KRATICE

AIT	Avtomatsko iskanje tarče
AST	Avtomatsko sledenje tarče
AVT	Avtomatsko viziranje tarče
CCD	(ang. Charge Coupled Devide)
CMOS	(ang. Complementary Metal Oxide Semicouductor)
CROPOS	(ang. CROatian Positioning System)
DKN	Digitalni katastrski načrt
DoD	(ang. Department of Defense)
DOF	Digitalni ortofoto posnetek
ESA	(ang. European Space Agency)
ETRS89	(ang. European Terrestrial Reference System 1989)
EUREF	(ang. European Reference Frame)
FKP	(nem. Flächen Korrektur Parameter)
GLONASS	(ang. GLObal NAVigation Satellite System)
GNSS	Globalni navigacijski satelitski sistemi (ang. Global Navigation Satellite System)
GPS	(ang. Global Positioning System)
GSA	(ang. European Global Navigation Satellite System Agency)
HTRS96	(hrv. Hrvatski Terestrički Referentni Sistem 1996)
IGS	(ang. International GNSS Service)
MAC	(ang. Master Auxilary Concept)
NAVSTAR	(ang. Navigational Satellite Timing and Ranging)

NMEA	(ang. National Marine Electronics Association)
NTRIP	(ang. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)
PPP	(ang. Precise Point Positioning)
RTCM	(ang. Radio Technical Commission for Maritime Services)
RTK	Geodetska metoda izmere GNSS v realnem času (ang. Real Time Kinematic)
SIGNAL	SI – Geodezija – Navigacija - Lokacija
TLS	(ang. Terrestrial Laser Scanning)
VRS	Navidezne referenčne postaje (ang. Virtual Reference Station)

1 UVOD

1.1 PODROČJE RAZISKAV

Naloga se ukvarja z vrednotenjem in primerjavo natančnosti, točnosti in uporabnosti geodetskih metod detajlne izmere in zakoličbe. Obravnavane metode so izmera GNSS (angl. Global Navigation Satellite System), tahimetrična izmera in kombinirana izmera z uporabo Topcon Hybrid Positioning sistema.

Razvoj tehnologije v zadnjih desetletjih v veliki meri vpliva tudi na izvedbo geodetskega dela, in sicer tako na terenu kot v pisarni. V geodetski stroki je najbolj viden razvoj elektronskih tahimetrov in sistemov GNSS ter s tem v povezavi tudi načini določanja koordinat točk v detajlni izmeri. Avtomatski elektronski tahimetri danes predstavljajo najvišjo stopnjo razvoja klasičnih geodetskih instrumentov. Združujejo različne merske senzorje za zajem merskih podatkov ter poskušajo z avtomatizacijo zmanjšati vpliv operaterja na merski postopek. Sodobni sistemi omogočajo uporabo novih rešitev geodetskih nalog, pogosto je izvedba geodetske izmere možna z le enim operaterjem na terenu. Z uporabo sodobnih tahimetrov se lahko postopek terenske izmere bistveno poenostavi, zaradi česa se posledično zmanjša poraba časa.

Pri razvoju geodetskih metod izmere je izrednega pomena razvoj satelitske geodezije, ki omogoča določanje položaja točk na Zemlji s pomočjo umetnih satelitov. V vsakdanji praksi je vse pogostejša uporaba globalnih navigacijskih sistemov in metod izmere GNSS. Razvoj tehnologije GNSS je prišel do ravni, kjer natančnost določanja koordinat točk zadošča zahtevani natančnosti glede na pravilnike o geodetski izmeri. Nove satelitske geodetske merske tehnike v kombinaciji z avtomatiziranim načinom merjenja in obdelave podatkov dopolnjujejo in celo nadomeščajo klasične terestrične metode izmere, ki so odvisne predvsem od pogojev na terenu in medsebojne vidnosti točk.

1.2 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Geodetska izmera so strokovno tehnični postopki izvedbe in obdelave meritev ter opazovanja z namenom določitve položajev, velikosti, oblike, značilnosti delov zemeljskega površja ali objektov in njihovih delov ter lastnosti težnostnega polja Zemlje (ZDGRS, 2014). Pri reševanju določenih nalog imamo na voljo najpogosteje dve različni metodi, izmero GNSS in tahimetrično izmero.

Sodobni geodetski sprejemniki GNSS omogočajo določitev položaja z visoko natančnostjo. V različnih terenskih pogojih pa se lahko pričakovana natančnost zelo poslabša. Kritične situacije so urbana ali poraščena območja ter ozke doline, kjer je problem vidnost satelitov, neizogiben pa je tudi pogrešek zaradi večpotja. S tahimetrično izmero lahko zelo natančno določimo položaj posamezne točke. Predvidena natančnost je lahko slabša zaradi težkih terenskih pogojev, medsebojnega dogledanja točk in vremenskih razmer.

Ob upoštevanju omejitev bo predstavljena metoda kombinirane izmere, in sicer integracija avtomatiziranih tahimetrov in sprejemnikov GNSS, s katero bi morebitne omejitve odstranili in povečali kakovost in produktivnost izmere.

1.3 CILJ NALOGE

Osnovni cilj naloge je na osnovi raziskave ovrednotiti natančnost, učinkovitost (porabo časa in število operaterjev) in ekonomičnost kombinirane izmere Topcon Hybrid Positioning in jo primerjati s tahimetrično izmero, statično izmero GNSS in izmero RTK-GNSS. Za potrebe magistrske naloge je narejena praktična raziskava, ki se ukvarja s primerjavo satelitskih in terestričnih metod izmere. Na primernem območju bodo začasno stabilizirane točke izmeritvene mreže, nato pa sledi določanje koordinat točk vzpostavljene izmeritvene mreže z že omejenimi geodetskimi metodami izmere. Na podlagi pridobljenih koordinat z vsako posamezno metodo bo narejena medsebojna primerjava koordinat na način, da bodo koordinate, pridobljene s statično izmero GNSS, vzete kot referenčne. Če predpostavimo, da je natančnost določanja koordinat s statično izmero GNSS pod-centimetrsko, lahko dobimo vpogled v kakovost rezultatov ostalih uporabljenih metod izmere. Na podlagi porabljenega časa in števila operaterjev, potrebnih za izvedbo posameznih metod izmere, bomo dobili vpogled glede na njihovo učinkovitost in ekonomičnost. Na podlagi teh ugotovitev bodo podana priporočila, za katera dela v geodetski praksi je primerna uporaba obravnavanega sistema.

Namen magistrske naloge je prikazati, na kakšen način in v kolikšni meri uporaba sodobnih geodetskih sistemov vpliva na učinkovitost geodetskega dela. Tehnologija napreduje in ponuja številne prednosti brez negativnega vpliva na kakovost zbranih podatkov. Na drugi strani se postavlja vprašanje, ali in v kolikšni meri so geodetski strokovnjaki pripravljeni sprejeti nove tehnologije. Pomembno je tudi njihovo stališče glede potrebnih vlaganj za doseganje višje učinkovitosti.

1.4 DELOVNE HIPOTEZE

Osnovni cilj naloge je raziskava, ki namerava ovrednotiti in primerjati natančnost, produktivnost in učinkovitost (poraba časa in število operaterjev) treh metod izmere, in sicer: tahimetrična izmera, izmera GNSS in kombinirana izmera. Uporaba sistemov, ki omogočajo kombinirano metodo izmere, prinaša številne prednosti, in sicer:

- Vzpostavitev niza točk izmeritvene mreže z različnimi metodami izmere, statična izmera GNSS, izmera RTK-GNSS in tahimetrična izmera so možne z uporabo le enega terenskega kontrolerja in programske opreme, podatki meritev pa se shranjujejo na skupno pomnilniško enoto. Na podlagi tega se lahko podatki meritev kombinirajo in skupno obdelajo, kar omogoča učinkovito vzpostavitev izmeritvene mreže.
- Uporaba meritev RTK-GNSS lahko razširi območje detajlne tahimetrične izmere brez potrebe po vzpostavitvi poligona, kjer privarčujemo predvsem prepotreben čas in stroške meritev.
- Uporaba sistemov za izvedbo kombiniranih meritev omogoča večjo prilagodljivost pri izvedbi detajlne izmere. V odvisnosti od terenskih zahtev in pogojev imamo namreč na izbiro uporabo meritev GNSS ali tahimetričnih meritev. V primeru izmere velikih odprtih območij imamo na razpolago meritve GNSS, v primeru izmere pozidanega območja z visokimi ovirami pa uporabljamo tahimetrične meritve. Podoben princip uporabe sistema je tudi pri izvedbi zakoličbe.

1.5 OMEJITVE RAZISKAVE

Za potrebe praktičnega dela je uporabljen instrumentarij podjetja Geocenter, ki se ukvarja s prodajo geodetskih instrumentov. Glede na to, da so vsi instrumenti, uporabljeni za namen izdelave magistrske naloge, novi, je delo s instrumenti možno le v t. i. demo načinu, saj programska oprema še ni aktivirana. Demo način omogoča izmero do največ 20 točk v okviru enega projekta. Za izmero novih 20 točk je potrebno ponovno kreirati nov projekt, kar upočasni terensko izmero in podaljša čas naknadne obdelave merskih vrednosti. Iz tega razloga nismo mogli izvesti detajlne izmere, kot je bilo predvideno v prijavi teme magistrskega dela, in sicer z RTK-GNSS-metodo, tahimetrično metodo in na koncu še s kombinirano metodo izmere.

2 PREGLED OBRAVNAVANIH GEODETSKIH METOD

2.1 TAHIMETRIČNA IZMERA

Tahimeter je instrument, ki z neposrednim merjenjem polarnih koordinat omogoča določitev horizontalnega položaja novih detajlnih točk v ravnini projekcije in nadmorske višine teh točk.

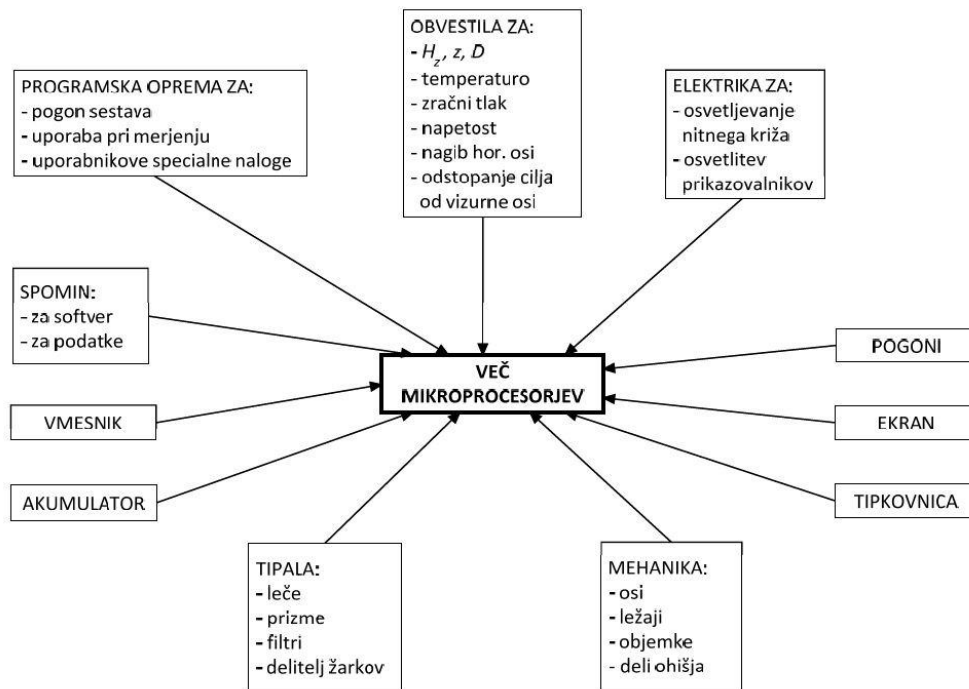
Tahimetri se razlikujejo glede na to, ali se oba merska instrumenta, teodolit in razdaljemer, lahko uporabljata samostojno (t. i. modularno) ali pa sta merska modula združena v enem ohišju (t. i. integrirano) in ju ne moremo uporabljati ločeno. Danes se proizvajajo izključno integrirani elektronski tahimetri.

Elektronski tahimeter (tahimeter) (angl. Total Station, nem. Elektronische Tacyometer) je sestavljen iz dveh osnovnih senzorjev, in sicer iz elektronskega teodolita in elektro-optičnega razdaljemera. Instrumenti omogočajo elektronsko očitiranje horizontalnega in vertikalnega limba in elekto-optično merjenje razdalje. Rezultate meritev shranjujejo in jih računsko obdelajo (Benčić, D., Solarić, N., 2008).

Z njihovim razvojem se teži k ustvarjanju kontinuiranega toka podatkov od instrumenta do računalnika, kar se je doseglo z avtomatsko registracijo podatkov. Z razvojem tehnologije postaja postopek izvajanja merenj vse bolj avtomatiziran, elektronski tahimetri nadzirajo delo operaterja, opravljajo merjenja in sproti obdelujejo merske podatke.

Sodobni elektronski tahimeter je kompleksni več senzorski sistem, sestavljen iz optičnih mehanskih in elektronskih delov. V posamezne module instrumenta se poleg dveh osnovnih geodetskih merilnih senzorjev vgrajujejo tudi drugi senzori, kot so dvoosni kompenzatorji, sistemi avtomatskega prepoznavanja tarče, videokamere za slikovno podporo, sistemi, ki omogočajo skeniranje itd. (Tuno, N., in sod., 2010).

Spodnja slika prikazuje povezavo mehanike, optike in elektronike v smiselno celino.



Slika 1: Povezava mehanike, optike in elektronike (vir: Benčič, D., Solarić, N., 2008)

2.1.1 AVTOMATIZACIJA IN MOTORIZACIJA TAHIMETROV

Avtomatizirana tehnologija je oblika tehnologije, v kateri prisotnost človeka ni potrebna, saj njegovo nalogo, odvisno od stopnje avtomatizacije, delno ali v celoti prevzamejo stroji. Posledično so se pri izvajanju meritev v geodeziji s pojavom avtomatizacije odpravile določene funkcije človeka pri upravljanju z geodetskim instrumentom. Z uvedbo avtomatizirane tehnologije stroj prevzame izvrševalno funkcijo, medtem ko človek obdrži nadzorovalno ter načrtovalno funkcijo.

Avtomatizacija je s pojavom pri geodetskih instrumentih hitro našla svoj namen in prednostno funkcijo uporabe. Predvsem so jo začeli uporabljati v primerih, kjer je bilo za pridobitev kakovostnih podatkov treba izvesti večkratne ponovitve meritev s polarno metodo izmere. V praksi se avtomatizacija največkrat uporabljala, ko je treba spremljati premike območij, objektov ali geodinamičnih procesov. Avtomatizacija je tako zamenjala počasno in utrujajoče ročno delo operaterja s hitrimi in dolgotrajnimi meritvami in izničila vpliv operaterja na merjenje. Meritve se lahko zaradi delovanja brez operaterja izvajajo dlje časa tudi na nevarnih območjih, s čimer se je zmanjšala ogroženost operaterjev na terenu (Spreicer, M., 2013).

Vgradnja pogonov, ki samodejno vrtijo zgornji sestav in daljnogled instrumenta, kar je podlaga za razvoj novih tehnologij, omogoča popolnoma avtomatizirano delovanje tahimetrov, kjer lahko govorimo o t. i. motoriziranem elektronskem tahimetru. Z ustrezno programsko in strojno opremo pridemo do najvišje razvojne stopnje tahimetrov – avtomatiziranih ali robotiziranih elektronskih tahimetrov oziroma avtomatskih elektronskih tahimetrov (Valh, M. M., in sod., 2008).

V motorizaciji tahimetra se po navadi uporabljajo servo motorji. Na njih se postavljajo visoke zahteve, da bi daljnogled natnačno usmerili v želeno smer, da bi hitreje premaknili daljnogled. Da bi bili ti dve zahtevi izpolnjeni, po navadi uporabljamo grobo in fino premikanje daljnogleda po horizontalni in vertikalni ravnini. Na začetku so bile upravljajoče enote velike in izven tahimetra, danes pa so vgrajene vanj in je zaradi tega mehanična zgradba elektroničnih tahimetrov, ki so motorizirani, spremenjena glede na nemotorizirane. V današnjih instrumentih imamo 3 načine pogonov:

- pogon s servo motorji,
- magnetni pogon (angl. MagDrive),
- direktni pogon – Piezo pogon (angl. Direct Drive).

2.1.2 AVTOMATSKO PREPOZNAVANJE TARČE (APT)

Sistem avtomatskega prepoznavanja tarče (APT) je prvi korak, ki je doprinesel k popolni avtomatizaciji elektronskih tahimetrov. Zadnji korak v popolni avtomatizaciji elektronskih tahimetrov je dopolnitev oziroma nadgradnja sistema s tehnologijo avtomatskega iskanja tarče (AIT).

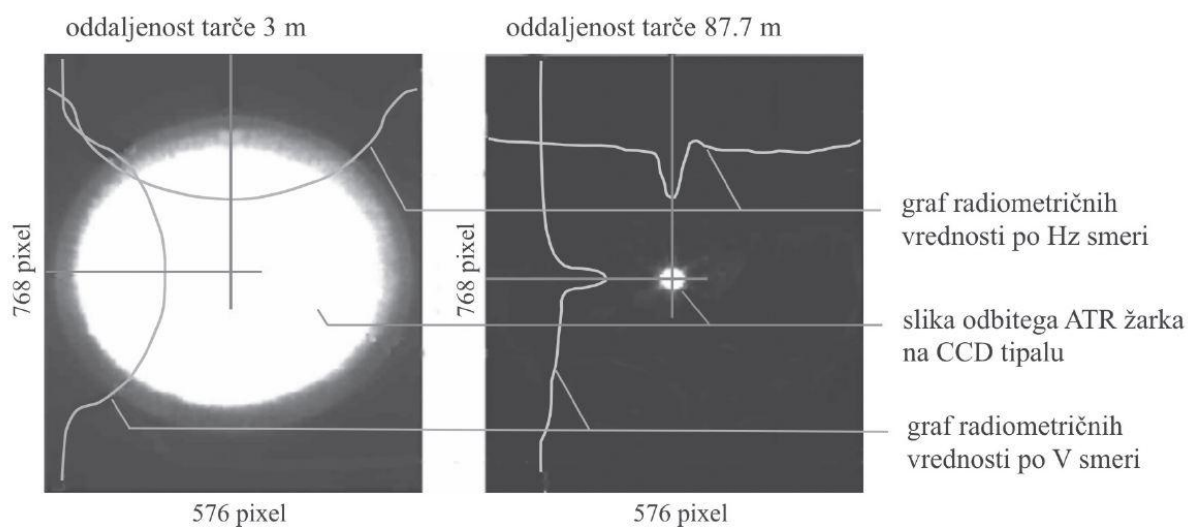
APT je sistem, ki nadomesti fino ročno viziranje tarče, ko je ta v vidnem polju daljnogleda instrumenta. V primeru, da tarča ni v vidnem polju daljnogleda, je potrebno posredovanje operaterja, ki mora grobo navizirati tarčo. Tehnologija APT je sestavljena iz dveh funkcijsko različnih sistemov avtomatizacije, in sicer: avtomatsko viziranje tarče (AVT) in avtomatsko sledenje tarče (AST).

2.1.2.1 AVTOMATSKO VIZIRANJE TARČE (AVT)

AVT je glavnina sistema APT, saj je za njegovo realizacijo potrebna velika večina programske in v veliki meri vsa strojna oprema, ki jo uporablja sistem AST. V preteklosti je iskanje sredine reflektorja bilo rešeno na več načinov, in sicer AVT z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala in izenačitev jakosti signala simetrično razporejenih fotodiod. Danes večina proizvajalcev geodetskih instrumentov uporablja senzorje CCD (angl. Charge Coupled Devide) in CMOS (angl. Complementary Metal Oxide Semicounductor) (Benčič, D., 1990), ki bodo podrobneje opisani.

Kamera s CMOS-senzorjem ima velikost piksla 6 μm , kar dovoljuje večjo resolucijo slike in tako omogoča večjo natančnost meritev kot instrument z vgrajeno kamero s senzorjem CCD. Pri teh sistemih razdaljemer tahimetra pošlje skozi daljnogled signal, ki se odbije od reflektorja, in se nato sprejme na CCD ali CMOS-senzorju. Če je sprejet signal odbitega laserskega žarka prešibak oziroma ni njegovega odboja, se izvede postopek, podoben sistemu viziranja z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala. V postopku je zelo pomemben stalni referenčni odnos oziroma funkcijska zveza med merskim sistemom tahimetra in merskim sistemom tipala kamere CCD ali CMOS, ki se imenuje kalibracija sistema.

Ko kamera zazna odbiti laserski žarek, se podatki o odstopanju slike laserskega žarka od središča senzorja CCD ali CMOS, ki predstavlja trenutno vizurno os, posredujejo mikroprocesorju, ki nato s pomočjo kalibracijskih parametrov določa vrednosti, za katere servomotorji zavrtijo tahimeter okoli horizontalne in vertikalne osi. V tem trenutku je vizurna os tahimetra skoraj v središču tarče, odstopanja so zelo majhna in lahko se izvede registracija kotnih vrednosti. Če dosežena natančnost ni zadovoljiva, tahimeter na podlagi izmerjene razdalje do reflektorja izostri sliko ter ponovi postopek viziranja. Odstopanja, ki se pojavijo med novo sliko prejetega žarka na tipalu CCD ali CMOS in koordinatnem izhodišču tipala tarče, se upoštevajo računsko in se prištejejo registriranim vrednostim kotom (Valh, M., in sod., 2008).



Slika 2: Slika odbitega signala in določitev točke maksimalne radiometrične vrednosti (vir: Valh, M. M., in sod., 2008)

2.1.2.2 AVTOMATSKO SLEDENJE TARČE (AST)

Z vgradnjo modula AST v instrument, ki je v bistvu nadgradnja tehnologije AVT, je instrument zmožen slediti tarči, ki jo je predhodno identificiral s sistemom AVT. Da bi sledenje tarče bilo učinkovito, je pomembno hitro in zanesljivo delovanje sistema AVT. Oddaljenost in predvsem hitrost gibanja ciljnih tarč in sledenje le-teh je odvisno od frekvence obdelave merskega signala AVT oziroma procesorske zmogljivosti senzorjev sistema AVT in zmožnosti algoritmov, ki krmilijo proces AST.

Najpogostejši problem, ki se pojavlja pri sledenju tarče, je prekinitev dogledanja med tahimetrom in tarčo oz. izguba tarče iz vidnega polja sistema APT zaradi motečih objektov, nepozornosti operaterja ali prehitrega premikanja tarče. Za krajše prekinitve dogledanja med tahimetrom in tarčo obstajajo računski algoritmi, ki na podlagi predhodne hitrosti in smeri tarče ekstrapolirajo in predvidijo, kako naj bi se tarča premikala med prekinitvijo signala in ali je sistem AST sposoben nekaj časa brez dogledanja tarče in tahimetra ekstrapolirati pot tarče.

AST omogoča reševanje specifičnih nalog v geodeziji, kjer so potrebne kontinuirane meritve premikajočih se objektov oziroma ciljnih točk, tako imenovane dinamične meritve. Poleg teh nam sistem AST omogoča opravljanje izmere „Stop and Go“ le z enim operaterjem, pod

pogojem, da je operater pri nošenju tarče pazljiv in ima ob sebi kontrolno enoto za daljinsko vodenje instrumenta (Valh, M., in sod., 2008).

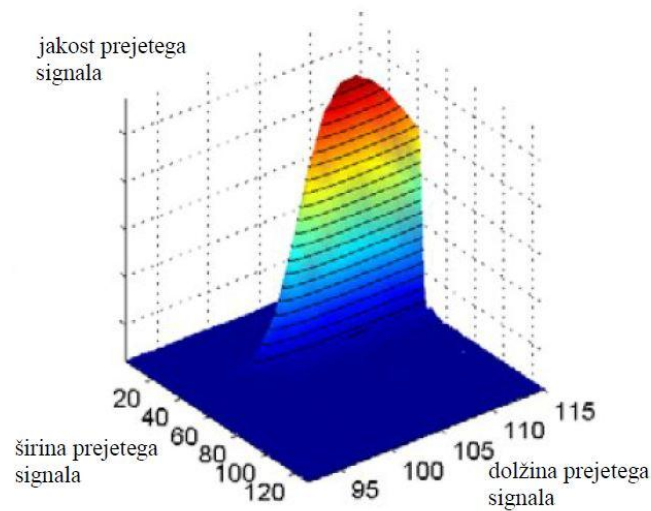
2.1.3 AVTOMATSKO ISKANJE TARČE (AIT)

Sistem za iskanje tarče omogoča samodejno iskanje tarče. V primeru, da pri sledenju tarče tahimeter izgubi stik s tarčo in ni v možnosti ekstrapolirati pot tarče, posreduje sistem avtomatskega iskanja tarče. S sistemom AIT želimo dopolniti sistem AST ter tako dokončno zmanjšati število operaterjev na terenu. V razvoju sistema so se konstruktorji srečali z osnovnim problemom, za njegovo rešitev pa so morali ugotoviti smiselne tehnične in programske rešitve.

Prvi problem je bil določiti iskalno območje tahimetra. Z analizo tahimetričnih meritev je bilo ugotovljeno, da se večina točk nahaja med zenitnima razdaljama 80° in 100° . Ker ima sistem AVT vidno polje 1° , bi potrebovali preveč časa, da bi tahimeter preiskal celotno območje med horizontalnima smerema 0° in 360° . Konstruktorji so za ta problem našli dve sistemski rešitvi.

Prvi sistem uporablja tehnologijo aktivnih tarč, pri katerih so tarče sposobne usmeriti tahimeter v pravo smer, namreč poleg pasivnega reflektorja in daljinske kontrolne enote je treba imeti tudi poseben oddajnik, ki oddaja določeno elektromagnetno valovanje. Oddajnik se usmeri proti tahimetru, kjer se sproži sistem AIT in začne oddajati elektromagnetno valovanje, hkrati pa tahimeter začne iskati reflektor tako, da se začne vrteti okoli osi. Ko mikroprocesor zazna oddano valovanje, se ustavi rotiranje tahimetra in se preklopi na sistem APT oziroma na fino viziranje kotov (Valh, M., in sod., 2008).

Drugi je sistem pasivnih tarč, kjer ima tahimeter v daljnogledu vgrajen poseben oddajnik in sprejemnik in se vse operacije izvedejo v tahimetru. Ko je AIT aktiviran, se tahimeter zavrti okoli vertikalne osi, medtem pa oddajnik odda laserski snop dimenzije 40 gonov vertikalno in 0.5° horizontalno. Če laserski snop zadene tarčo, se odbije in prispe v sprejemnik, instrument pa preneha z vrtenjem okoli vertikalne osi. Laserski žarek, ki se odbije od tarče nazaj proti instrumentu, se procesira v 3D-sliki, to pa je lahko slika, ki se je odbila od površin, kot so na primer šipe, zrcala ali umetna svetloba.

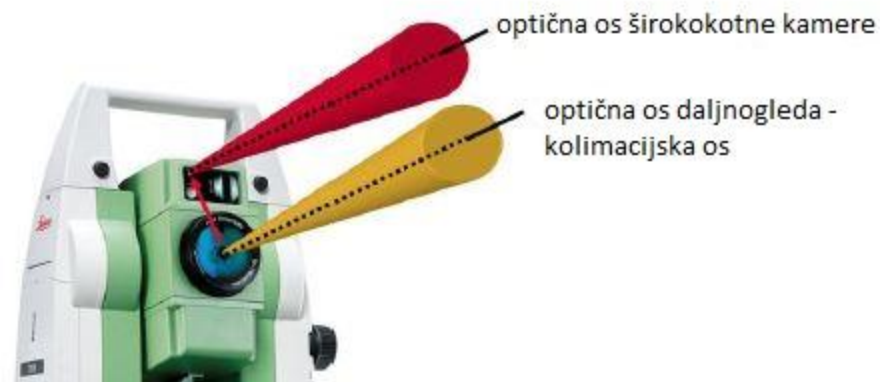


Slika 3: Slika odbitega laserskega snopa sistema AIT (vir: Kolenc, M., 2008)

Zaznavanje tarče in njeno razlikovanje od neznanega predmeta z odbojno površino je določeno s poznavanjem intenzitete odbojnega žarka in z dolžino trajanja skeniranja prejete 3D-slike, katere velikost je odvisna od oddaljenosti tahimetra in objekta, od katerega se odbije žarek in se nato opravi test verodostojnosti odbitega žarka. Velja, da mora biti za določene dolžine, na katerih se nahaja tarča, določena vrednost intenzitete odbitega žarka ter določena vrednost časa procesiranja slike. Če sta ti vrednosti znotraj mejnih vrednosti, potem je ciljni objekt prizma, če pa ti dve vrednosti presegata mejne vrednosti, je to neznan objekt (Kolenc, M., 2008).

2.1.4 SLIKOVNA PODPORA

Velika razpoložljivost dostopnih in kakovostnih digitalnih kamer v zadnjih letih je prispevala k razvoju tahimetrov z integriranimi digitalnimi kamerami. Takšni tahimetri imajo senzorje digitalne kamere vgrajene v zgornji del instrumenta, kjer je optična os kamere neodvisna od optične osi daljnogleda. Kamera ima fiksni fokus in zajema slike v preglednem polju velikosti približno 33°.



Slika 4: Prikaz optičnih osi kamere in daljnogleda (vir: Lienhart, W., 2011)

Dve neodvisni optični osi sta rezultat paralakse. Center optične osi daljnogleda ne koincidira s centrom slikovnega senzorja. Vendar, relativni položaj dveh optičnih osi je znan zaradi posamezne kalibracije vsakega instrumenta v času proizvodnega procesa. Vrednost paralakse, ki je odvisna od razdalje, se lahko popravlja na podlagi izmerjene razdalje med instrumentom in tarčo (Lienhart, W., 2011).

Osnovni namen integrirane kamere je pospešitev merilnega procesa in povečanje merilne dokumentacije. Merjenje s slikovno podporo se nanaša na uporabo digitalnih slikovnih podatkov v procesu viziranja na tarčo, kjer lahko izkoriščamo pogled na merjeno situacijo v realnem času in si tako olajšamo viziranje. Poleg uporabnosti v procesu viziranja lahko slikovno podporo izkoriščamo v pogledu izdelave beležk. Slikovne beležke se nanašajo na različne možnosti beleženja in izdelave skic na zajeti sliki.



Slika 5: Primer izdelave beležk na zajeti sliki (vir: Lienhart, W., 2011)

2.1.5 FUNKCIJA SKENIRANJA

Najsodobnejši tahimetri ponujajo različne lastnosti, ki povečajo kakovost meritev. Tahimetri, ki vsebujejo funkcijo skeniranja, predstavljajo značilno izboljšanje v izvedbi posameznih geodetskih nalog. Funkcija skeniranja (angl. grid scanning) je softverska rešitev, ki je rezultat obstoječih tehnologij, in sicer: robotiziranih tahimetrov in merjenja brez uporabe reflektorja. Postopek izmere temelji na določanju velikosti območja izmere in določanja horizontalnega in vertikalnega intervala merjenih točk, torej je treba določiti, katero območje želimo izmeriti in s kakšno gostoto izmerjenih točk (raster). Čas izmere je neposredno odvisen od gostote rastra in velikosti območja.



Slika 6: Funkcija skeniranja (vir: Topcon, 2011)

Sodobni robotizirani tahimetri lahko dosežejo izjemno hitrost merskega postopka, kar nam omogoča postavljanje večje gostote merjenih točk. Kljub temu še vedno obstaja velika razlika med skeniranjem z uporabo robotiziranega tahimetra in laserskega skenerja. Robotizirani tahimeter nam omogoča izmero do 1000 točk/sek., pri laserskih skenerjih pa lahko govorimo o izmeri več kot 1 000 000 točk/sek.

2.1.6 INTEGRACIJA TAHIMETRIČNIH IN GNSS-OPAZOVANJ

Uporaba GNSS-meritev je v geodetski izmeri zelo razširjena. S pojavom robotiziranih tahimetrov z možnostjo povezave s sprejemnikom GNSS se je izvedba določenih geodetskih

storitev v veliki meri poenostavila. Integracija obeh merskih metod izkorišča najboljše značilnosti vsake posamezne metode.

Prednost takega sistema je možnost enotnega formata zapisa podatkov v podatkovni bazi, enotna aplikativna programska oprema in skupna obdelava podatkov meritev obeh merskih tehnologij. Osnovna komponenta takega sistema je robotizirani tahimeter, na katerega se z uporabo brezžične povezave povežemo s sprejemnikom GNSS.

Integracijo tahimetričnih meritev in meritev GNSS v enoten merski sistem so v svojo proizvodnjo in ponudbo uvedli Leica Geosystems, Trimble in Topcon.

2.1.6.1 LEICA SMARTSTATION IN SMARTPOLE

Leta 2005 je podjetje Leica Geosystems na tržišče posredovalo sistem »SmartStation«. To je prvi merilni sistem, s katerim lahko združimo prednosti klasične terestrične in geodetske izmere GNSS-RTK. Osnovna komponenta je elektronski tahimeter serije TPS1200. Na tahimetru je adapter za pritrditev dvo-frekvenčnega sprejemnika GNSS – SmartAntenna ATX1230+.



Slika 7: Leica SmartStation (vir: Leica SmartStation, 2008)

Od klasičnih tahimetrov se »SmartStation« razlikuje po tem, da lahko določi položaj stojišča iz opazovanj GNSS in zato pri vzpostavitvi koordinatne osnove izmere nismo več strogo vezani na klasične geodetske meritve oziroma na nujnost predhodno določenih koordinat

točk geodetske mreže. Izmeritvenim točkam, ki so izhodišče za detajlno izmero, lahko koordinate določimo z metodo RTK-GNSS, detajl pa posnamemo klasično po ustaljeni polarni metodi s pomočjo elektronskega tahimetra.

Z izboljšavo sistema 1200 je bil konec leta 2006 predstavljen »SmartPole«. V nasprotju s »SmartStation«, kjer na tahimetru upravljamo merilni proces, »SmartPole« omogoča daljinsko upravljanje tahimetra z merjene točke. »SmartPole« združuje merilno tehnologijo TPS in GNSS in daje prednost tistemu načinu merjenja, ki v danih razmerah omogoča izvedbo meritev ali zagotavlja boljše rezultate.



Slika 8: Leica SmartPole (vir: Leica SmartPole, 2010)

Preglednica 1: Primerjava SmartStation in SmartPole (vir: Kogoj, D., 2009)

	SmartStation	SmartPole
1	Motorizirani tahimeter ni nujno potreben.	Robotizirani tahimeter je smiseln.
2	Potrebujemo ekipo: operater – figurant, če je tahimeter brez avtomatizacije.	Izmero lahko izvaja samo en operater.
3	Koordinate stojišča so definirane z meritvami GNSS-RTK, zakoličba in izmera kontrolnih točk nista potrebni.	Položaj stojišča je določen z urezom (prsto stojišče) z navezavo na točke, merjene z RTK-GNSS – te točke so lahko tudi začasno zakoličene točke, izmerjene kadarkoli med izmero.
4	Detajlne točke so izmerjene s TPS. Prekinitev vidnosti onemogoči izmero.	Detajlne točke so izmerjene s TPS in/ali RTK-GNSS. V primeru prekinitve vidnosti lahko izbiramo med TPS in izmero GNSS.
5	Rešitev je primerna tudi za tahimetre brez avtomatizacije.	Rešitev je primerna samo za avtomatizirane tahimetre.

6	GNSS-antena na instrumentu je veliko bolj fiksna kot na togem grezilu – položaj točke bolj določen.	Pri izmeri točk za določitev koordinat stojišča je primerno uporabljati trinožna stojala.
7	Dosežemo centimetrsko natančnost koordinat stojišča z RTK (do 50 km od referenčne postaje).	Natančnost določitve stojišča je odvisna od: ~ natančnosti določitve navezovalnih točk, ~ natančnosti TPS-meritev, ~ geometrije mreže.
8	Boljša in bolj homogena je relativna (medsebojna) natančnost določitve položaja detajlnih točk.	Slabša je natančnost določitve koordinat detajlnih točk, bolj verjetni so grobi pogoški. Če uporabljamo samo meritev GNSS, je priporočeno dvakratno snemanje točk, izmerjenih z GNSS z metodo Stop and Go.

2.1.6.2 TRIMBLE INTEGRATED SURVEYING

Trimble je tehniko Integrated Surveying z GeodatWin kontrolerjem prvič predstavil leta 1998. Omenjeni kontroler je omogočal povezavo in kontrolo klasičnih terestričnih metod izmere merjenja in merjenj GNSS. Podatki so se shranjevali in obdelovali v isti delovni datoteki in operater je imel možnost sam izbirati med vrstami merjenj. Od takrat Trimble nadaljuje z razvijanjem tehnologije Integrated Surveying, ki omogoča uporabnikom preprostejšo povezavo in kontrolo merskih instrumentov ob uporabi kompleta terenske opreme in enotnih programskih rešitev (Lemmon, T., Wetherbee, L., 2005).

Uporaba tehnologije Integrated Surveying ima naslednje prednosti (Lemmon T., Wetherbee L., 2005):

- operater lahko vzpostavi učinkovit nadzor nad procesom merjenja,
- fleksibilnost operaterja pri izbiri sistema za merjenje glede na okoljske omejitve (na velikih, odprtih območjih za pridobitev podatkov izbere sistem GNSS, medtem ko na poraščenih ali gosto pozidanih območjih opravi klasično terestrično izmero),
- kombinacija uporabe tahimetričnih meritev in meritev GNSS prihrani veliko časa in minimalizira napake operaterja.



Slika 9: Trimble Integrated Surveying Rover (vir: Trimble IS Rover, 2006)

2.1.6.3 TOPCON HYBRID POSITIONING

Tehnologija Topcon Hybrid Positioning omogoča natančno pozicioniranje. Uporablja se lahko v geodeziji, gradbeništvu, inženirski in GIS-industriji. Omogoča hkratno uporabo dveh najpogosteje uporabljenih geodetskih metod, izmere GNSS in tahimetrične izmere. Za izvedbo meritev GNSS se uporablja klasični sprejemnik GNSS, za tahimetrične meritve pa robotizirani tahimeter. Uporaba robotiziranega tahimetra je obvezna glede na to, da ta sistem omogoča delo z le enim operaterjem na terenu.

Na togo grezilo postavimo 360° reflektor, nad njim pa s pomočjo posebnega adapterja še sprejemnik GNSS. Na ta način je sprejemnik GNSS na znani, konstantni razdalji od reflektorja. Naprava, s pomočjo katere upravljamo vse komponente sistema, je terenski kontroler. Pri tem je pomembno, da kontroler podpira delo z ustrežno programsko opremo in dodatnim modulom za sistem Topcon Hybrid positioning. Za komunikacijo med vsemi komponentami skrbi brezžična povezava.



Slika 10: Prikaz komponent sistema Topcon Hybrid positioning (vir: Topcon Hybrid Positioning, 2013)

Za izvajanje izmere GNSS se uporablja klasični sprejemnik GNSS, ki omogoča brezžično povezavo s kontrolerjem. Sprejemnik se lahko uporablja kot:

- sistem baza – rover,
- RTK-rover v omrežju stalnih postaj (GNSS SIGNAL, CROPOS),
- rover z uporabo storitve MAGNET Relay.

MAGNET Relay storitev omogoča pošiljanje popravkov GNSS, in sicer do 10 premičnih GNSS sprejemnikov z uporabo Ntrip protokola. Ntrip (angl. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) je protokol za pretok podatkov GNSS preko interneta. Storitve nam omogoča povezavo baznega sprejemnika GNSS na MAGNET Relay, ki je nato dostopen do največ 10 premičnih GNSS-sprejemnikov, povezanih na MAGNET Relay, le-ti pa lahko sprejemajo RTK-GNSS popravke v realnem času.

Najpogostejša je uporaba sprejemnika GNSS kot roverja RTK-GNSS s povezavo na omrežje stalno delujočih postaj GNSS, kot sta slovenski SIGNAL ali hrvaški CROPOS.

Magnet, programska oprema Topcon sistemov, predstavlja softversko rešitev, ki je sestavljena iz večjega števila različnih modulov, ki pokrivajo širok spekter uporabe Topcon sistemov, in sicer na terenu, v pisarni ali v „oblaku“ (angl. cloud computing). Delo v „oblaku“

nam omogoča medsebojno sodelovanje in izmenjavo podatkov med terenom in pisarno v realnem času.

Med ostalimi moduli, znotraj programske opreme Magnet, se nahaja tudi modul Topcon Hybrid Positioning. Softverske rešitve, povezane z modulom Topcon Hybrid positioning, ki so potrebne za njegovo delovanje, so naslednje:

- *MAGNET Field,*
- *MAGNET Office Tools,*
- *MAGNET Enterprise,*
- *MAGNET Relay.*

Osnovne funkcije sistema Topcon Hybrid positioning, ki se dotikajo samega terenskega dela in nam ponujajo številne prednosti v izmeri, so naslednje:

- hibridni prehod (angl. Hybrid Switch),
- hibridno zaklepanje (angl. Hybrid Lock),
- hibridni presek (angl. Hybrid Resection),
- avto-lokalizacija (angl. Hybrid Localization).

Hibridni prehod predstavlja funkcijo, ki omogoča prehod iz uporabe metode izmere GNSS na tahimetrično metodo izmere in obratno. Sproža se s preprostim pritiskom na ikono instrumenta na kontrolorju.

Hibridno zaklepanje omogoča natančno usmeritev daljnogleda proti tarči (reflektorju) z obratom instrumenta proti točki, na kateri se nahaja reflektor. Po tem se sproži sistem za natančno viziranje reflektorja. Postopek je lahko dodatno olajšan, če najprej določimo položaj sprejemnika GNSS z RTK-GNSS-metodo. Ko imamo določen položaj sprejemnika GNSS, robotizirani tahimeter samodejno računa kot zasuka proti reflektorju in se usmerja proti njemu. Razlika med centrom reflektorja in referenčno točko antene GNSS je znana.

Hibridni presek je funkcija, ki odgovarja metodi vzpostavitve prostega stojišča in nam omogoča postavitev robotiziranega tahimetra na poljubno točko, ki je najprimernejša za izvajanje detajlne izmere, zakoličbe ali katerega koli drugega dela. Funkcija temelji na izmeri minimalno dveh točk z uporabo obeh metod izmere, in sicer RTK-GNSS in tahimetrično. Na podlagi znanih koordinat izmerjenih točk (RTK-GNSS) se nato računajo koordinate stojišča tahimetra.

Funkcija avtolokalizacije omogoča samodejno lokalizacijo na koordinate, določene z GNSS sprejemnikom. Poleg tega funkcija omogoča prikaz satelitskih posnetkov v lokalnem koordinatnem sistemu (Švarc in sod., 2014).

2.2 IZMERA GNSS

2.2.1 SPLOŠNO O SISTEMIH GNSS

Globalni navigacijski satelitski sistem GNSS je splošni izraz za vse satelitske sisteme, ki omogočajo navigacijo in pozicioniranje. Namen teh je omogočiti pozicioniranje in navigacijo v realnem času kjerkoli in kadarkoli na in v bližini zemeljske površine (Bačić, Ž., 2012).

GNSS-tehnologija združuje uporabnost sistemov GPS (angl. Global Positioning System), GLONASS (angl. GLObal NAVigation Satellite System) in ostalih, kar je precej pomembno, v prvi vrsti zaradi boljše prostorske pokritosti s sateliti in daljših neprekinjenih sprejemanj signalov satelitov. Vsi sistemi v sklopu GNSS so medsebojno povezani tudi z namenom kontrole in odprave medsebojnih napak, kar omogoča doseganje višje stopnje kakovosti pozicioniranja. V tem delu naloge bo podan pregled GNSS, s poudarkom na GPS, GLONASS in Galileo sistemih.

Najbolj razširjen globalni navigacijski sistem je GPS, ki ga je razvilo obrambno ministrstvo ZDA (angl. Department of Defense – DoD), izključno samo za vojaško uporabo. Polni naziv sistema je NAVSTAR GPS (angl. Navigational Satellite Timing and Ranging – Global Positioning System). GPS-sistem se od začetka nenehno modernizira. Zadnji izstreljen satelit iz bloka oz. generacije IIF je bil izstreljen 29. oktobra leta 2014. Trenutno je delujočih 31 satelitov (vir: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>, pridobljeno 31. 10. 2015).

Na drugi strani je imel GLONASS na začetku težave s kratko življenjsko dobo satelitov in je do leta 2001 v sistemu GLONASS delovalo le 6 operativnih satelitov. Deset let pozneje, 2. 10. 2011 je bil uspešno izstreljen 24. satelit, kar je ponovno prispevalo k popolni operativnosti sistema GLONASS po letu 1996.

Sistema GLONASS in GPS delujeta na podobnih načelih prenosa podatkov s satelitov in metod pozicioniranja. Oba sta sestavljena iz treh osnovnih komponent oz. segmentov, in sicer:

- navigacijski sateliti oz. vesoljski segment,
- zemeljski oz. kontrolni segment,

- uporabniški segment.

Galileo je projekt Evropske unije (EU) in Evropske vesoljske agencije (ESA). Osnovni razlog začetka razvoja Evropskega navigacijskega sistema, ki bo služil pretežno njenim prebivalcem za civilne namene, je ta, da sistemi GNSS, ki so bili na razpolago v sredini devetdesetih let, niso bili dovolj zanesljivi in natančni za potrebe evropskega prebivalstva. Evropska komisija je prvič omenila evropsko strategijo za vzpostavitev evropskega sistema GNSS 21. januarja leta 1998 v poročilu z naslovom „Towards a Trans-European Positioning and Navigation Network: A European Strategy for Global Navigation Systems (GNSS)“. V tem dokumentu navaja, da satelitska navigacija ponuja številne prednosti na področju varstva, zanesljivosti in obvladovanju stroškov pri vseh vrstah transporta, poleg tega pa se lahko uporablja na področjih kmetijstva, ribištva, v napovedovanju vremena itd. GSA (European Global Navigation Satellite System Agency) navaja: „Do sedaj so uporabniki GNSS-sistemov odvisni od ameriškega GPS in ruskega GLONASS-sistema. Galileo bo uporabnikom podal nove in zanesljive alternative, ki jih vodijo civilni in ne vojaški organi“ (GSA, URL1). Civilno kontrolo lahko poudarimo kot ključno razliko Galileo sistema od ostalih sistemov GNSS. Sistem naj bi bil kompatibilen z ameriškim GPS in ruskim GLONASS. Prvi poskusni satelit, ki je bil izstreljen 28. decembra 2005, je bil Giove A. 24. avgusta 2014 sta bila izstreljena 5. in 6. satelit, Dorsea in Milena. Sistem naj bi dosegel leta 2020 popolno operabilnost.

2.2.2 VRSTE OPAZOVANJ GNSS

Določanje položaja z uporabo GNSS temelji na merjenju razdalj med sateliti GNSS in sprejemniki GNSS. Razdaljo med oddajnikom in sprejemnikom določimo na osnovi hitrosti potovanja signala ter časovnega intervala med trenutkom oddaje in trenutkom sprejema signala (Kogoj, D., Stopar, B., 2009). Ta časovni zamik lahko pridobimo na dva načina, z uporabo t. i. kodnih in faznih opazovanj.

A) KODNA OPAZOVANJA

Izmera časovnega zamika pri kodnih opazovanjih temelji na primerjavi s satelita oddane kode ter kode, generirane v sprejemniku GNSS. Kodi sta zamaknjeni za časovni interval, ki predstavlja čas potovanja signala od satelita do sprejemnika. Časovni interval, pomnožen s svetlobno hitrostjo, predstavlja geometrijsko razdaljo med satelitom in sprejemnikom. Koda,

generirana v sprejemniku, je izvedena na osnovi sprejemnikove ure (oscilatorja), s satelita oddana koda pa na osnovi satelitovega sistema ur. Posledica tega je, da izmerjeni časovni interval vsebuje napake neuskklajenosti sprejemnikove in satelitove ure, kar se neizogibno izraža v geometrijski razdalji. Od tod izhaja tudi ime za tako pridobljeno razdaljo – psevdo razdalja. Medij in druge fizikalne omejitve tudi vplivajo na pot signala, kar je treba upoštevati v izrazu za opazovano psevdo razdaljo med satelitom in sprejemnikom.

B) FAZNA OPAZOVANJA

Glavni tip opazovanj za potrebe geodezije so fazna opazovanja. Osnova za izračun razdalje med satelitom in sprejemnikom je razlika faze valovanja, oddanega s satelita ter faze valovanja, vzpostavljenega na osnovi sprejemnikovega oscilatorja. Ker sta valovanja v osnovi identični, do spremembe faze valovanja pride zaradi dejstva, da se satelit kot oddajnik valovanja glede na sprejemnik vedno premika. Posledica tega gibanja pa je tudi sprememba sprejete frekvence (glede na oddano) za vrednost vpliva Dopplerjevega učinka. Valovanje, ki ga sprejemnik sprejme, in valovanje, ki je generirano v sprejemniku, se razlikujeta za določeno vrednost faze (Kogoj D., Stopar B., 2009). Sprejemnik lahko primerja obe valovanji med seboj, vendar le v okviru ene valovne dolžine. Sprejemnik namreč ne more zaznati vrednosti števila celih valov N-valovanja med satelitom in sprejemnikom v začetnem trenutku opazovanj. Ob predpostavki, da med izvajanjem meritev ni prišlo do prekinitve, je vrednost števila celih valov ob začetku izvajanja meritev nespremenjena in se določi naknadno pri obdelavi opazovanj. Če je v času trajanj izmere prišlo do prekinitve sprejema signala, se razdalja med satelitom in sprejemnikom spremeni za neznano vrednost valov, pojavi se t. i. cycle slip (Stopar, B., Pavlovčič, P. P., 2011).

Splošen izraz za psevdo razdaljo med satelitom in sprejemnikom lahko sestavimo, če v danem trenutku poznamo valovno dolžino valovanja, začetno vrednost števila celih valov, fazo sprejetega valovanja in fazo valovanja, generiranega v sprejemniku. Poleg tega je treba upoštevati še vse napake in vplive na fazna opazovanja (Bačić, Ž., 2012).

2.2.3 METODE GEODETSKE IZMERE GNSS

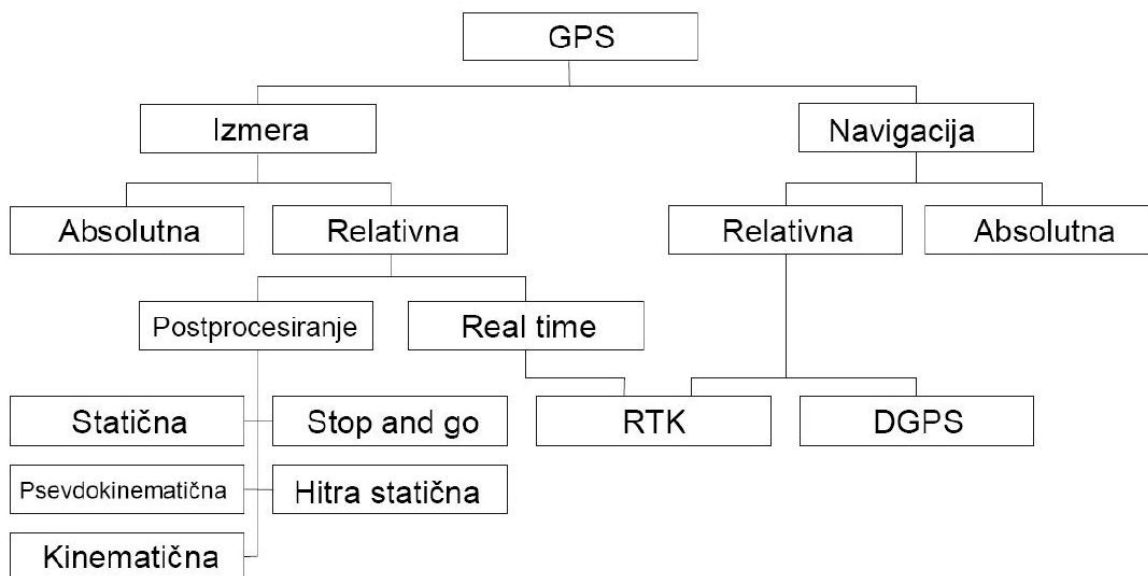
Metode geodetske izmere delimo po različnih merilih. Vse metode izmere GNSS, ki jih uporabljamo v geodeziji, temeljijo na faznih opazovanjih in so metode za določanje relativnega položaja, ker le-te omogočajo doseganje natančnosti položaja, ki je v splošnem primerna za uporabo v geodeziji. Absolutna metoda določevanja položaja podaja koordinate neposredno v izbranem koordinatnem sistemu. Pri relativni metodi pa določimo koordinate točke glede na točko z že znanimi koordinatami, na kateri prav tako izvajamo GNSS-meritve. S hkratnim izvajanjem meritev na točki z znanim položajem in na novi točki lahko odstranimo določene vplive na opazovanja in s tem pridobimo položaj višje kakovosti kot pri absolutni metodi. Po drugi metodologiji pa delimo metode izmere GNSS glede na način izvedbe meritev. Sprejemnik lahko med izmero miruje, ali pa določamo položaje točk tako, da se sprejemnik giblje po določenem območju. Pri tej delitvi obstajata statična in kinematična metoda GNSS-izmere (Kogoj, D., Stopar, B., 2009).

Metode geodetske izmere GNSS lahko razdelimo v tri skupine, in sicer:

- glede na način določanja položaja:
 - absolutna
 - relativna

- glede na dinamiko izmere
 - statična
 - kinematična

- glede na obdelavo opazovanj
 - naknadna obdelava
 - obdelava med izmero



Slika 11: Metode GNSS-izmere (vir: Kogoj, D., Stopar, B., 2009)

2.2.3.1 ABSOLUTNO IN RELATIVNO DOLOČANJE POLOŽAJA

Pri absolutnem določanju položaja se opazovanja izvajajo s samostojnim sprejemnikom. Določitev položaja poteka z uporabo psevdo razdalj med sateliti in sprejemnikom. Možno je določiti položaj z uporabo faznih opazovanj, vendar je zaradi velikega vpliva ne-modeliranih vplivov izboljšava natančnosti določitve položaja relativno majhna. S samostojnim sprejemnikom GNSS lahko dosežemo položajno natančnost od 1 do 10 metrov, kar zadostuje zgolj potrebam navigacije. Absolutna metoda torej lahko služi za navigacijo vozil, plovil itd. Za geodetske potrebe je dosežena natančnost premajhna (Kozmus, K., Stopar, B., 2003).

Kot alternativa relativnim metodam se je v sredini 90-ih let prejšnjega stoletja pojavila nova (absolutna) metoda določitve položaja s centimetrsko natančnostjo, t. i. PPP (angl. Precise Point Positioning) metoda. PPP omogoča določitev položaja z uporabo enega samega sprejemnika. Uporabnost metode PPP se je povečala z razvojem koordinatnih sistemov, modelov vplivov na opazovanja in produktov službe IGS (angl. International GNSS Service) (Sterle, O., Pavlovčič, P. P., Stopar, B., 2014).

Pri relativnem določanju koordinat se položaj določi relativno glede na znani položaj ene ali več točk, ki so dane v privzetem koordinatnem sistemu, ob danih položajih satelitov in opazovanih razdaljah med satelitom in sprejemnikom.

Relativna določitev položaja na osnovi faznih opazovanj je edina prava metoda za potrebe geodezije. Določitev položaja temelji na sestavi faznih razlik, s katerima se odstranijo napake satelitovih (enojne fazne razlike) in sprejemnikovih ur (dvojne fazne razlike), s kombinacijo opazovanj na valovanih L1 in L2 se lahko odstrani vpliv ionosfere. Za visoko kakovost relativnega položaja je treba uporabiti najbolj točne efemeride tirnic satelitov (Kozmus, K., Stopar, B., 2003).

2.2.3.2 STATIČNA IZMERA GNSS

Statična izmera je osnovna metoda za določanje relativnega položaja. Opazovanja pri tej metodi, ki trajajo tipično od 30 do 120 minut, temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov v času opazovanja. Izmero običajno izvajamo s številom sprejemnikov, ki je manjše od števila točk, zato jo izvedemo v več serijah. Rezultat obdelave podatkov meritev statične izmere so bazni vektorji med pari točk. Koordinate, določene s statično izmero, pridobimo z izravnavo baznih vektorjev v mreži GNSS (Kogoj D., Stopar B., 2009). Statična metoda je ena od najbolj natančnih metod izmere z dosegljivo natančnostjo do 0,01 ppb. Uporablja se zgolj za bolj specifične naloge, na primer v inženirski geodeziji. Izvedba metode zahteva dobro pripravo in planiranje izmere, ker je čas opazovanj na točki odvisen od zahtevane natančnosti, trenutnih merskih pogojev in geometrične razporeditve satelitov.

2.2.3.3 HITRA STATIČNA METODA

Hitra statična metoda GNSS izmere je v vseh bistvenih lastnostih enaka statični metodi izmere, z izjemo krajšega časa trajanja opazovanj, ki je odvisna od dolžine baznega vektorja in dobrih razmer za izvedbo GNSS-opazovanj.

Ta metoda izmere se je pojavila z razvojem algoritmov za učinkovito določitev neznanega začetnega števila celih valov ob uporabi različnih vrst opazovanj in različnih kombinacij teh opazovanj, kar omogoča hitro in zanesljivo določitev začetnih neznanih vrednosti celih valov (Stopar, B., Pavlovčič, P. P., 2011).

2.2.3.4 KINEMATIČNA IZMERA

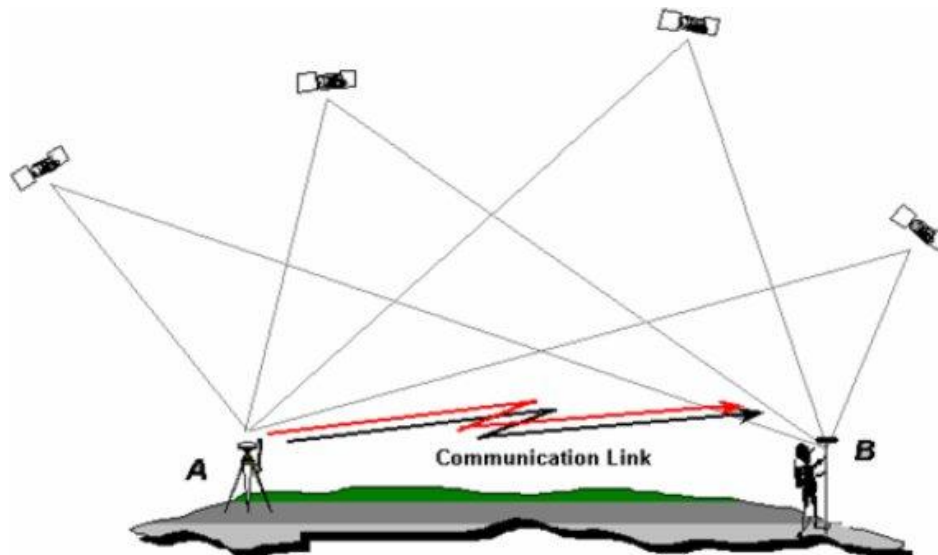
Kinematična metoda GNSS izmere temelji na določitvi relativnih položajev premičnega sprejemnika (angl. rover) glede na mirujoč referenčni sprejemnik, ki ga imenujemo tudi bazna postaja. Za potrebe geodezije je bolj uporabna Stop-and-Go metoda, kjer izvajamo opazovanja na enak način kot pri kinematični izmeri GNSS, vendar se na točkah, katerih položaj nas zanima, zaustavimo za nekaj sekund do nekaj minut. Z vzpostavitvijo

permanentnih postaj GNSS pa lahko bazno stojišče nadomešča tudi permanentna postaja GNSS ali omrežje permanentnih postaj GNSS.

Pri kinematični metodi je najpomembnejša t. i. inicializacija meritev, to je določitev neznanih začetnih vrednosti za število celih valov med posameznimi sateliti in obema sprejemnikoma GNSS. Temelj metode je, poleg uspešne inicializacije, zagotovljen neprekinjen sprejem signala najmanj 4 satelitov hkrati (Kogoj, D., Stopar, B., 2009).

2.2.3.5 IZMERA RTK-GNSS

RTK-GNSS je v osnovi kinematična metoda izmere GNSS, ki je lahko Stop-and-Go metoda ali tudi kombinacija kinematične in hitre statične metode izmere GNSS. Izmere RTK-GNSS potrebujejo radijsko povezavo med referenčnim in premičnim sprejemnikom GNSS in ustrezno programsko opremo za obdelavo opazovanj referenčnega in premičnega sprejemnika GNSS v času trajanja izmere. Metoda je primerna za najrazličnejše geodetske naloge, od detajlne izmere do nalog inženirske geodezije. Največja prednost slednje metode je v tem, da med samo izmero pridobimo informacijo o količini in kakovosti opravljenega terenskega dela (Stopar, B., Pavlovčič, P. P., 2011).



Slika 12: Izmera RTK-GNSS (CGG, 2013)

Kot smo že omenili, pri kinematičnih metodah uporabljamo dva sprejemnika, kjer je eden od njih referenčni sprejemnik. Za povezavo v izbran koordinatni sistem imamo na voljo več variant:

- povezava z lastnim referenčnim sprejemnikom,
- povezava na stalno delujočo postajo GNSS,
- povezava na omrežje stalno delujočih postaj GNSS.

2.2.4 OMREŽJA STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS

Stalno delujoče postaje GNSS, povezane v omrežja le-teh, so sistemi za izboljšanje natančnosti položaja na lokalnem območju. Postaje GNSS neprekinjeno izvajajo opazovanja in le-ta pošiljajo v računski center omrežja, od koder se opazovanja posredujejo uporabnikom. Uporabnik lahko ob uporabi popravkov opazovanj iz omrežja stalno delujočih postaj GNSS določi položaj, ki je bistveno bolj natančen kot absolutni položaj, določen brez navezave na omrežje. Državna omrežja permanentnih postaj GNSS in ustrezne službe za zagotavljanje podpore pri satelitskem določanju položaja so že vzpostavile številne države, med njimi tudi Slovenija (Omrežje SIGNAL, 2015):

- avstrijski APOS,
- nemški SAPOS,
- švicarski SWIPOS,
- norveški SATREF,
- češki CZEPOS,
- hrvaški CROPOS.

Namen vzpostavitve omrežja GNSS postaj v geodeziji je naslednji (Košorak, A., 2006):

- praktična realizacija ITRS, ETRS koordinatnega sistema,
- ugotavljanje globalnega in lokalnega geodinamičnega dogajanja, potrebnega za definiranje terestričnih koordinatnih sistemov,
- prispevek k vzpostavitvi višinskega koordinatnega sistema,
- preprostejše vzdrževanje koordinatnega sistema,
- zmanjšanje potreb za vzpostavitev in vzdrževanje klasičnih geodetskih mrež,
- zagotavljanje potrebnih informacij uporabnikom koordinatnega sistema.

2.2.4.1 OMREŽJE POSTAJ GNSS SIGNAL

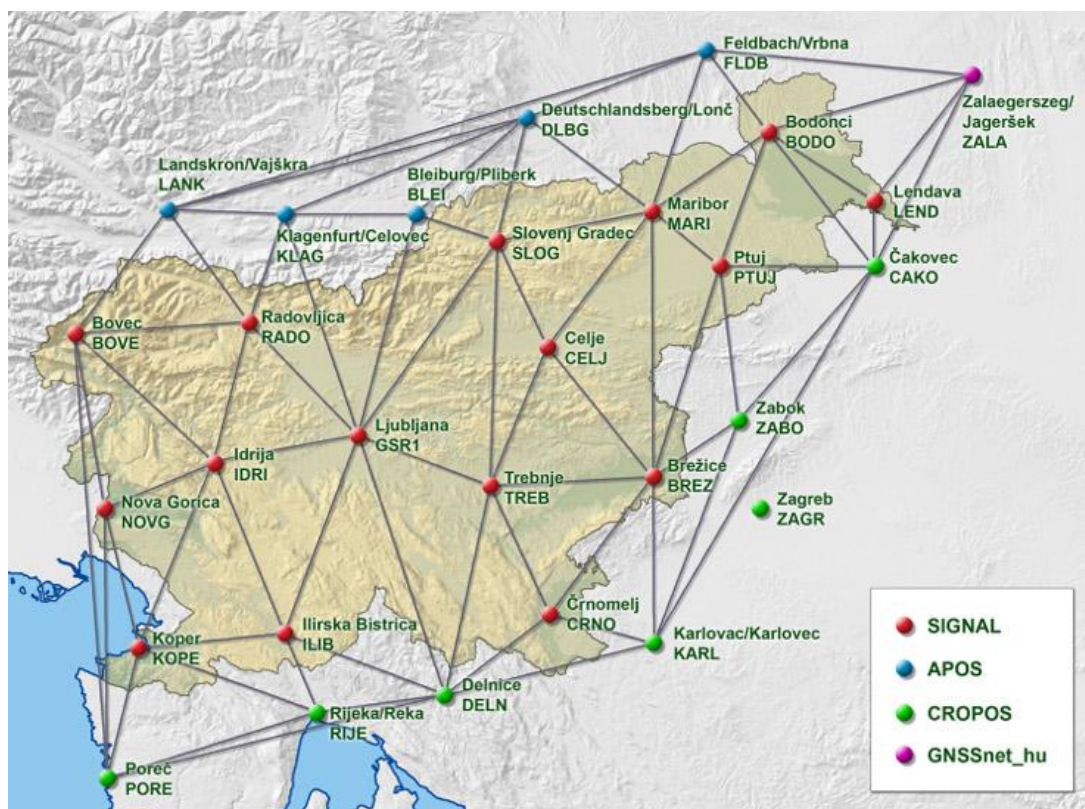
SIGNAL (Slovenija – Geodezija – Navigacija – Lokacija) je državno omrežje stalnih postaj GNSS v Republiki Sloveniji. Tvori ga 16 postaj GNSS, enakomerno razporejenih po vsej državi. Je osnova državne geoinformacijske infrastrukture in predstavlja ogrodje realizacije novega slovenskega državnega horizontalnega koordinatnega sistema D69/TM.

Za njegovo delovanje skrbi Služba za GPS, ki deluje v okviru državne geodetske službe Geodetskega inštituta Slovenije. GPS-službo sestavljajo trije segmenti:

- operativni center: njegova naloga je zagotavljanje stalnega delovanja omrežja postaj v praksi,
- podatkovni center: pridobivanje, arhiviranje in distribucija podatkov GNSS-opazovanj,
- analitični center: predstavlja nadgradnjo ostalih segmentov GPS-službe in njeno najožjo povezavo z osnovnimi geodetskimi sistemi za izvedbo del, ki povezujejo podatke GNSS-postaj z državnimi koordinatnimi sistemom in službo za OGS.

Lokacija postaj je izbrana tako, da so le-te približno enakomerno razporejene po območju države in da so maksimalne oddaljenosti med postajami manjše od 70 km. S tako oddaljenostjo med stalnimi postajami GNSS lahko uporabnik doseže visoko natančnost določitve položaja na celotnem območju države ob uporabi opazovanj VRS ali drugih t. i. mrežnih konceptov določitve položaja GNSS. Izračun opazovanj VRS je možen samo v omrežjih, ki so centralno vodena, kot je npr. omrežje SIGNAL. Na obmejnem pasu so v omrežje vključene tudi nekatere stalne postaje sosednjih držav, in sicer 7 postaj hrvaškega omrežja CROPOS, 5 postaj avstrijskega omrežja APOS in 1 postaja madžarskega omrežja GNSSnet.hu (Omrežje SIGNAL, 2015).

Ljubljanska stalna postaja GSR1 je vključena tudi v evropsko omrežje permanentnih postaj (angl. European Permanent Network); podatki s te postaje se redno pošiljajo v podatkovni center EUREF (angl. European Reference Frame), ki deluje v okviru Mednarodne zveze za geodezijo (angl. International Association of Geodesy – IAG) (Omrežje SIGNAL, 2015).



Slika 13: Skica omrežja SIGNAL (Omrežje SIGNAL, 2015)

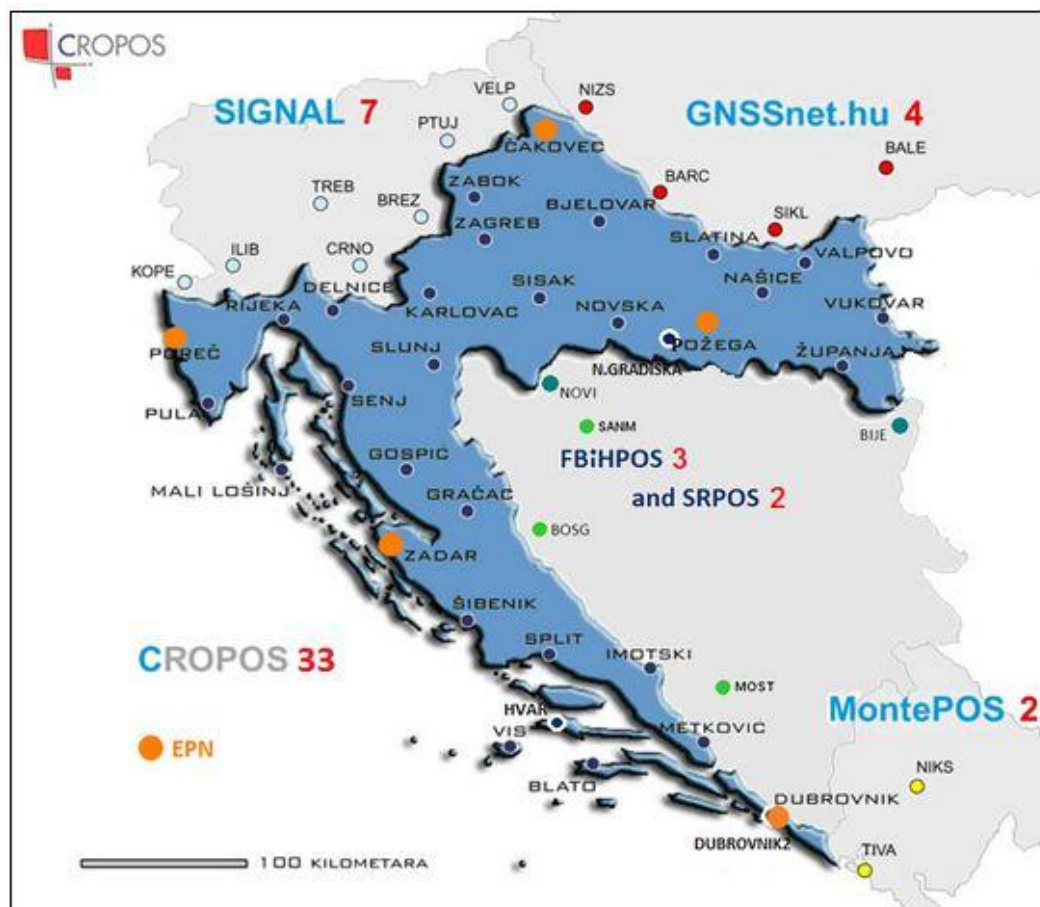
Za vse postaje GNSS-omrežja SIGNAL so na razpolago bistvene informacije v zvezi s koordinatami točk za posamezno stalno postajo, podatki o instrumentu ter tipu antene in o sprejemniku GNSS na stalni postaji. Na postajah so postavljeni dvo-frekvenčni fazni sprejemniki GNSS, ki izvajajo opazovanja 24 ur na dan in 365 dni na leto. Instrumenti niso od istega proizvajalca, temveč od različnih. Vse omenjene informacije najdemo v datotekah s končnico *.log, ki so prosto dostopne na spletni strani omrežja (Omrežje SIGNAL, 2015).

Omrežje postaj GNSS je za uporabnika pomembno zaradi določitve relativnega oz. diferencialnega položaja lastnega sprejemnika glede na izbrano postajo GNSS v omrežju. Tako določen položaj je neprimerljivo natančnejši od absolutnega položaja, določenega brez navezave na omrežje. Omrežje torej omogoča racionalnejšo izmero, saj uporabniku nadomešča referenčni sprejemnik, za izmero potrebuje le še premičnega. Vlogo referenčnega sprejemnika prevzame sistem omrežja SIGNAL (Omrežje SIGNAL, 2015).

2.2.4.2 CROPOS

CROPOS (angl. CROatian Positioning System) je državno omrežje referenčnih stalnih GNSS-postaj Republike Hrvaške. CROPOS-omrežje tvori 33 referenčnih postaj na medsebojni oddaljenosti do največ 70 km, razporejene so tako, da je obdelava opazovanj GNSS z uporabo omrežja stalnih postaj omogočena na celotnem območju Republike Hrvaške. Najpomembnejša naloga omrežja je omogočiti določitev položaja v realnem času, kot tudi možnost pridobitve opazovanj za naknadno obdelavo. Omrežje deluje 24 ur/7 dni v tednu in 365 dni na leto (Hrvatski pozicijski sustav, 2015).

V omrežju poteka tudi izmenjava podatkov opazovanj s stalnih postaj GNSS sosednjih omrežij, tako da omrežje v celoti vključuje obdelavo opazovanj 46 referenčnih postaj (7 slovenskih, 4 madžarske in 2 črnogorski).



Slika 14: Skica omrežja CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav, 2015)

Uporabniki lahko izbirajo med tremi storitvami sistema CROPOS, ki se med seboj razlikujejo po načinu prenosa podatkov, dostopnosti, natančnosti določanja položaja, formatu podatkov in ceni:

- DSP – diferencialno pozicioniranje v realnem času, natančnost pod 1 m,
- VPPS – visoko natančno pozicioniranje v realnem času, centimeterska natančnost,
- GPPS – geodetsko visoko natančno pozicioniranje, podcentimeterska natančnost.

Preglednica 2: Storitve omrežja CROPOS

CROPOS STORITVE	METODA	PRENOS PODATKOV	NATANČNOST	FORMAT PODATKOV
DSP	Kodne meritve v realnem času	Wireless Internet (GPRS, UMTS) NTRIP protokol GSM	±0,3 do ±0,5 m	RTCM 2.3
VPPS	Fazne meritve v realnem času	Wireless Internet (GPRS, UMTS) NTRIP protokol GSM	±2 cm (2D) ±4 cm (3D)	RTCM 2.3 RTCM 3.1
GPPS	Post-processing	Internet (FTP, e-mail)	±1 cm (2D, 3D)	RINEX RINEX VRS

V omrežje CROPOS so z junijem 2013 v evropsko mrežo stalnih postaj EPN vključili pet referenčnih GNSS-postaj, in sicer CAKO (Čakovec), DUB2 (Dubrovnik), PORE (Poreč), POZE (Požega) in ZADA (Zadar) (Hrvatski pozicijski sustav, 2015).

2.2.4.3 NAČINI OBDELAVE PODATKOV V OMREŽJU

KONCEPT FKP

Koncept MRS (angl. Multi Reference Station) s posredovanjem popravkov **FKP** (nem. Flachen Korrektur Parameter)

Princip delovanja koncepta FKP temelji na primerjavi znanih razdalj med referenčnimi postajami in sateliti z razdaljami, določenimi na osnovi opazovanj GNSS, vključno z

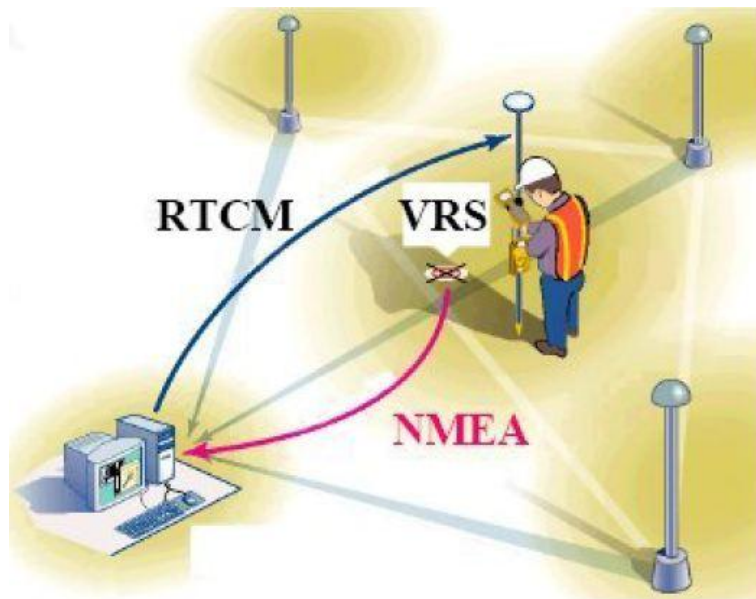
določitvijo neznanega števila celih začetnih valov za vsak trenutek opazovanj. V omrežju postaj GNSS se tvorijo trikotniki z oglišči v lokacijah referenčnih postaj, na katerih se določajo razlike razdalj med znanimi in trenutno določenimi razdaljami med sateliti in referenčnimi postajami. Na osnovi teh razlik se nato določijo vrednosti posameznih skupin vplivov na opazovanja, ki omogočajo vzpostavitev ploskev vplivov na opazovanja za vsak trikotnik na območju omrežja stalnih postaj GNSS (Stopar, B., Kozmus, K., 2003). S pomočjo interpolacije na tej ploskvi vplivov na opazovanja lahko določimo vrednosti vplivov na opazovanja, ki jih obravnavamo kot popravke opazovanj v obravnavani točki (φ, λ). Interpolacija vplivov (popravljkov) na opazovanja se s parametri ploskve vplivov (popravljkov) izvaja na uporabnikovi strani. Število uporabnikov, ki lahko hkrati uporabljajo parametre ploskve vplivov na opazovanja, ni omejeno. Parametri FKP se prenašajo v okviru RTCM sporočila v stavku 59 (format RTCM 3.0).

NAVIDEZNE REFERENČNE POSTAJE – VRS

Koncept **VRS** (angl. Virtual Reference Station) temelji na principu računske določitve navideznih opazovanj, kot bi jih izvajala referenčna postaja na poljubni lokaciji znotraj omrežja postaj GNSS. Lokacija virtualne referenčne postaje se praviloma nahaja v neposredni bližini uporabnika. Uporabnikov sprejemnik GNSS mora omogočati dvosmerno komunikacijo, tj. oddajanje in sprejemanje podatkov. V današnjem času poteka ta komunikacija preko mobilnega interneta.

Po določitvi absolutnega položaja uporabnik oz. GNSS-sprejemnik pošlje nadzornemu centru omrežja postaj GNSS svoj približni položaj. Le-tega praviloma pošlje v standardni obliki NMEA. Organizacija NMEA (angl. National Marine Electronics Association) je definirala specifikacije za podatkovno komunikacijo med pomorskimi napravami, kot so sonarji, anemometri, žirokompasi, avtopiloti in GNSS. Sistemi GNSS svoje podatke posredujejo v obliki različnih sporočil, ki ustrezajo standardu NMEA. V centru se na podlagi opazovanj vseh postaj GNSS (podobno kot v primeru koncepta FKP) generira model vplivov na opazovanja, na osnovi katerih se nato izračunajo interpolirane vrednosti vplivov za položaj uporabnika. Na podlagi znanega položaja uporabnika (položaj, ki je bil posredovan v računski center omrežja postaj GNSS) ter modeliranih vplivov na opazovanja se izračunajo vrednosti opazovanj, ki bi jih izvedel fizični sprejemnik na isti lokaciji. Ta opazovanja imenujemo VRS-opazovanja, položaj, za katerega so opazovanja generirana, pa VRS-postaja.

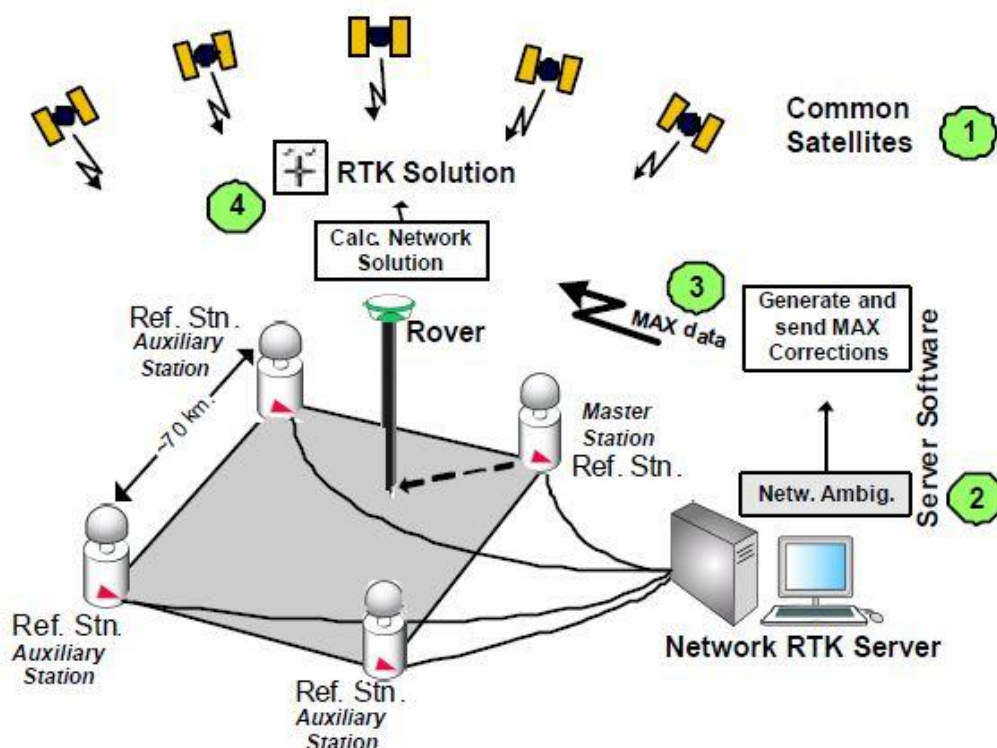
Iz centra omrežja se nato posredujejo VRS-opazovanja v obliki RTCM (angl. Radio Technical Commission for Maritime Services) sporočila do uporabnika oziroma GNSS-sprejemnika, ki potem na podlagi teh podatkov izračuna svoj novi položaj. RTCM-standard je standardni zapis za prenos podatkov v realnem času. Na konceptu navideznih referenčnih postaj delujeta tudi omrežji SIGNAL in CROPOS (Omrežje SIGNAL, 2015).



Slika 15: Princip delovanja VRS-metode (vir: RTK VRS, 2015)

KONCEPT GLAVNE – POMOŽNE POSTAJE MAC

V konceptu **MAC** (angl. Master Auxiliary Concept) omrežje prenaša popolne surove (raw) podatke in koordinatne informacije z glavne postaje GNSS (Master Station). Vse ostale pomožne postaje GNSS (angl. Auxiliary stations) posredujejo samo razlike popravkov glede na glavno postajo. Mrežni popravki (določeni na podoben način kot v primeru koncepta FKP ali VRS) se prenesejo do premičnega sprejemnika, ki uporabi model vplivov na opazovanja za glavno in pomožne postaje ter določi velikost vplivov za svoj položaj (RTK Networks, 2009).



Slika 16: Princip delovanja MAC-metode (vir: RTK Networks, 2009)

Princip metode:

- prenos surovih podatkov permanentnih postaj za mrežno procesiranje,
- mrežno procesiranje – določitev modela vplivov na opazovanja ter neznanega števila celih valov,
- posredovanje mrežnih popravkov glavne referenčne postaje in vseh pomožnih postaj do premičnega sprejemnika GNSS,
- določitev natančnega položaja premičnega sprejemnika GNSS.

V MAC-konceptu se sprejemniku GNSS posredujejo vse razpoložljive informacije v omrežju in satelitih in na podlagi le-teh z uporabo lastnih odločitev sprejemnik GNSS določa svoj položaj. MAC-koncept daje roverju fleksibilnost za izvedbo bodisi linearne interpolacije omrežnih popravkov ali bolj strogega izračuna. To pomeni, da rover spremlja RTK-rešitve, lahko pa tudi spremeni svoj izračun za optimizacijo RTK-rešitve. To je osnovna prednost pred FKP in drugimi metodami (RTK Networks, 2009).

Preglednica 3: Pregled metod obdelave podatkov v omrežju (vir: RTK Networks, 2009)

	Minimiziranje pogreškov, odvisnih od razdalje	Sledljivost in ponovljivost	Usklajenost	Uporaba podatkov vseh satelitov	Standardiziran koncept	Omrežne rešitve, kontrolirane s stani sprejemnika GNSS
VRS	+	-	-	-	-	-
FKP	+	+	+	?	-	-
MAC	+	+	+	+	+	+

2.3 KOMBINIRANA METODA MERITEV

Klasične terestrične meritve kot tudi opazovanja GNSS imajo poleg svojih prednosti tudi določene pomanjkljivosti. Za določitev položaja točk je zato smiselno uporabiti kombinacijo obeh metod izmere. Kombinirana metoda je metoda izmere, ko določamo položaj točk tako z GNSS kot tudi s klasično terestrično metodo izmere. V praksi se najpogosteje uporablja metoda GNSS-izmere za določitev stojiščne in orientacijske točke oziroma za določitev prostega stojišča, kar omogoča transformacijo terestričnih meritev iz merskega v koordinatni prostor. Klasična terestrična metoda izmere se nato po pravilu uporabi za izmero detajlnih točk. V primeru uporabe kombinirane metode izmere lahko simultano uporabljamo kombinacijo obeh metod v celotnem času izmere.

Kombinacija izmere GNSS in klasične izmere je priporočljiva takrat, ko so pogoji za kakovostno izvedbo opazovanj GNSS zagotovljeni samo na delu območja izmere. Torej predvsem v:

- naseljih, kjer je moten sprejem signala GNSS (visoki objekti),
- gozdovih in obrobju gozda, kjer je moten sprejem signala GNSS zaradi vegetacije,
- na območjih razgibanega reliefa, kjer sprejem signalov GNSS motijo strma pobočja,
- na območjih močnih virov elektromagnetnega valovanja itd.

Za kakovostno izvedbo kombiniranih metod izmere morajo biti zagotovljeni naslednji pogoji:

- vsaj na nekaterih delih delovišča morajo biti izpolnjeni pogoji za izvedbo kakovostne izmere GNSS,
- izmeritvene točke, določene z metodo izmere GNSS, morajo zagotoviti kakovosten vklop klasičnih meritev v koordinatni sistem.

Če pogoji za kakovostno izvedbo kombiniranih metod izmere niso zagotovljeni na območju delovišča, se uporabi klasična terestrična metoda izmere.

2.3.1 PROBLEMATIKA KOMBINIRANJA TERESTRIČNIH MERITEV IN OPAZOVANJ GNSS

Pri združevanju in kombiniranju terestričnih in satelitskih opazovanj predstavlja temeljni problem dejstvo, da določanje položaja z izmero GNSS temelji na terestričnem koordinatnem sistemu ter glede na geocentrični referenčni elipsoid, terestrične meritve pa so na fizikalno opredeljen prostor telesa Zemlje oz. opazovanja vedno vezane na težnostno polje Zemlje.

V osnovi imamo na razpolago dve možnosti za skupno obravnavo terestrične izmere in izmere GNSS:

- skupna izravnava obeh tipov opazovanj v terestričnem koordinatnem sistemu,
- transformacija koordinat, določenih z eno ali obema tehnologijama, v izbrani koordinatni sistem.

Prva možnost je, da meritve klasične terestrične izmere reduciramo v geometrijski prostor izmere GNSS in pristopimo k skupni izravnavi obeh tipov opazovanj v terestričnem koordinatnem sistemu. Pri tem je treba upoštevati vpliv odklona navpičnice (prostorski kot med normalo in težiščnico), vpliv geoidnih višin (višina geoida nad elipsoidom) ter vpliv lastnosti izbranih kartografskih projekcij pri preračunu v ravnino kartografske projekcije.

Povezavo klasičnih terestričnih meritev in meritev GNSS je mogoče izvesti z dodatnimi terestričnimi meritvami ali z uporabo transformacij (za 3D-prostor 7-parametrična) med koordinatnimi sistemi, ki na podlagi opazovanj (koordinat) identičnih točk v obeh prostorih definirajo parametre, s katerimi se opišejo povezave med koordinatnima sistemoma.

Povezava med metodama je največkrat uporabljena pri izvajanju meritev GNSS na točkah, ki določajo geodetski datum terestrične izmere. Rezultati obdelave meritev GNSS pa so za

terestrično mrežo večinoma samo približne koordinate, ki se uporabljajo za izravnavo terestričnih meritev po načelu proste mreže (Zorec, J., 2011).

3 PREGLED RAZISKAV NA PODROČJU KOMBINIRANE GEODETSKE IZMERE

Vsi najbolj znani proizvajalci geodetske opreme na trgu, Leica Geosystems, Trimble in Topcon, imajo v ponudbi sisteme, ki združujejo sprejemnik GNSS in elektronski tahimeter. Tovrstni merski sistemi so npr.:

Leica Geosystems – Leica SmartPole,

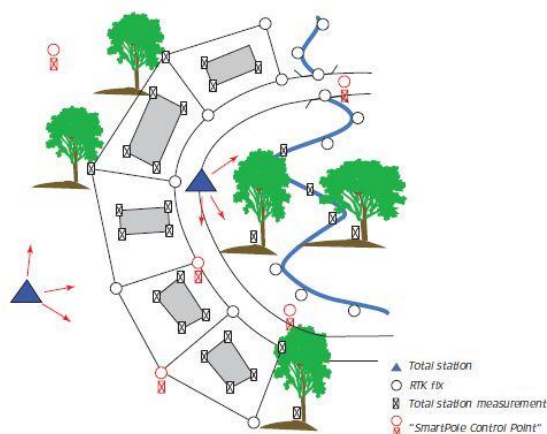
Trimble – Trimble Integrated Surveying™,

Topcon – Topcon Hybrid Positioning.

Vsi od naštetih sistemov so že bili testirani. Objave najdemo na straneh proizvajalcev. Torej gre v tem primeru predvsem za odvisne raziskave, reklamne aktivnosti v smislu promocije izdelkov. Predstavljeni sta tudi dve neodvisni raziskavi. Prva je narejena za namen izdelave magistrske naloge, ki se ukvarja s primerjanjem satelitskih metod izmere, terestričnih metod izmere in terestričnega laserskega skeniranja. Druga raziskava je narejena za namen izdelave doktorske disertacije, ki se ukvarja s preizkušanjem integracije različnih sistemov pozicioniranja z namenom določanja natančnega položaja gospodarske javne infrastrukture v mestnih centrih.

3.1. LEICA SMARTPOLE

Podjetje Leica Geosystems je v raziskavi za potrebe preizkusa uporabnosti sistema Leica SmartPole na primeru iz prakse naredilo primerjavo sistema »SmartPole« s klasičnimi metodami izmere (Leica Geosystems – AG, 2006b). Terenska naloga je bila izmera objekta in ostalega detajla na območju izmere.



Slika 17: Primer uporabe sistema »SmartPole« za detajlno izmero (vir: Leica Geosystems, 2007)

Izmera z uporabo sistema »SmartPole«:

Tahimeter postavimo na točko, iz katere so vidni vogali objektov in čim več drugega detajla. Izmero z metodo RTK-GNSS uporabljamo, ko imamo dobro vidnost satelitov, v nasprotnem primeru uporabljamo tahimetrična merjenja. Položaj prostega stojišča je določen z notranjim urezom z navezavo na točke, merjene z metodo RTK-GNSS. Te točke so lahko tudi začasno zakoličene točke, izmerjene kadarkoli med izmero.

Osnovne prednosti uporabe sistema »SmartPole«:

- učinkovita kombinacija meritev TPS in GNSS,
- preprost preklon med metodami izmere,
- varčevanje časa,
- za izmero je dovolj en operater,
- zagotavlja visoko natančnost.

3.2 TRIMBLE INTEGRATED SURVEYING

Lemmon in Wetherbee sta v raziskavi za potrebe preizkusa sistema Trimble IS (Lemmon, T., Wetherbee, L. 2005) primerjala uporabo sistema »Integrated surveying« in klasične metode geodetske izmere. Raziskava je bila izvedena z uporabo robotiziranega tahimetra Trimble S6 in sprejemnika GNSS Trimble R8. Raziskava je vključevala naslednje naloge:

- vzpostavitev izmeritvene mreže z vklopom na navezovalno mrežo,

- izvedba detajlne izmere območja in
- zakoličba objekta.

Izvedba treh nalog je izvedena z uporabo različnih metod izmere, in sicer:

- tahimetrična meritev,
- RTK-GNSS,
- RTK-GNSS za določitev prostega stojišča tahimetra,
- Trimble IS-sistem.

Za potrebe primerjave uporabnosti različnih metod je poudarek predvsem na skupnem času, potrebnem za izvedbo posamezne naloge. V spodnjih preglednicah je prikazan čas, potreben za izvedbo določene naloge z uporabo vsake posamezne metode izmere.

Preglednica 4: Čas izmere za vzpostavitev izmeritvene mreže (vir: Lemmon, T., Wetherbee, L., 2005)

Vzpostavitev izmeritvene mreže	Čas izmere [min]
Tahimetrične meritve	113
RTK-GNSS	46
RTK-GNSS za določitev prostega stojišča tahimetra	70
Trimble IS-sistem	46

Preglednica 5: Čas detajlne izmere (vir: Lemmon, T., Wetherbee, L., 2005)

Detajlna izmera	Čas izmere [min]
Tahimetrične meritve	140
RTK-GNSS	100
RTK-GNSS za določitev prostega stojišča tahimetra	140
Trimble IS-sistem	90

Preglednica 6: Čas zakoličbe (vir: Lemmon, T., Wetherbee, L., 2005)

Zakoličba	Čas izmere [min]
Tahimetrične meritve	54
RTK-GNSS	46
RTK-GNSS za določitev prostega stojišča tahimetra	54
Trimble IS-sistem	30

3.3 PRIMERJAVA TAHIMETRIČNE IZMERE, IZMERE RTK-GNSS IN IZMERE TLS

Dargie Chekole je v raziskavi primerjave treh različnih metod izmere, in sicer tahimetrična izmera, izmera RTK-GNSS in izmera s terestričnim laserskim skeniranjem TLS (Dargie Chekole, S., 2014) primerjal natančnost in čas, porabljen za izvedbo posamezne metode izmere.

Prva je primerjava med tahimetrično izmero in izmero RTK-GNSS na podlagi izmere izmeritvene mreže. Druga primerjava je narejena med tahimetrično izmero in izmero TLS na podlagi izmere fasade objekta. V praktični izmeri je uporabljen tahimeter Leica 1201, laserski skener Leica HDS 2500 in sprejemnik GNSS Leica GPS1200. Za doseganje cilja raziskave so izvedene tri osnovne naloge:

- vzpostavitev izmeritvene mreže z uporabo tahimetričnih meritev,
- izmera vzpostavljene mreže z metodo izmere RTK-GNSS,
- skeniranje 28 tarč na fasadi objekta z izmero TLS in izmera istih tarč s tahimetrično izmero.

Za vsako metodo izmere se je meril tudi, čas potreben za izvedbo posamezne naloge. Primerjava porabljenega časa je narejena posebej za primerjavo tahimetrične izmere in izmere RTK-GNSS in primerjavo izmere TLS in tahimetrične izmere.

Izmeritvena mreža vsebuje 14 točk. Na vsaki točki je merjen čas, potreben za postavitve instrumenta, izmero in premestitev instrumenta na naslednjo točko. Čas, porabljen na vsaki točki, je pomnožen s 14. Skupen čas, porabljen za izmero izmeritvene mreže s tahimetrično izmero, znaša 2 uri in 28 minut. Na podoben način je pridobljen skupen čas, porabljen za izmero izmeritvene mreže z izmero RTK-GNSS, ki znaša 1 uro in 26 minut.

V skupnem času, porabljenem za izvedbo izmere TLS, se upošteva: postavljanje oslonilnih točk za potrebe registracije oblakov toč, postavitve instrumenta in izmera. Za izvedbo meritev s tahimetrično izmero se v porabljen čas za izmero šteje: postavitve instrumenta na stojiščno točko in izmera. Čas, porabljen za tahimetrično izmero, znaša 38 minut za izmero TLS pa 32 minut.

Na osnovi pridobljenih koordinat točk izmere izmeritvene mreže smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- Natančnost določitve koordinat točk izmeritvene mreže s tahimetrično izmero je podana z vrednostmi standardnih odklonov. V horizontalnem in višinskem smislu so standardni odkloni manjši od 1 mm.
- Z izmero RTK-GNSS je dosežena natančnost nekoliko slabša. Standardni odkloni koordinat točk izmeritvene mreže so v horizontalnem smislu manjši od 8 mm, v višinskem smislu pa manjši od 15 mm.

Glede na rezultate pridobljenih koordinat oslonilnih točk na fasadi in na podlagi dveh obravnavanih metod lahko ugotovimo:

- S tahimetrično izmero standardni odkloni določenih koordinat oslonilnih točk v horizontalnem smislu ne presegajo 8 mm in v vertikalnem smislu 4 mm.
- Natančnost koordinat istih oslonilnih točk, določenih iz oblaka točk, je podana s srednjim kvadratnim odstopanjem, ki v horizontalnem smislu znaša največ 4 mm in v vertikalnem smislu največ 7 mm.

3.4 INTEGRACIJA TAHIMETRIČNIH IN GNSS OPAZOVANJ

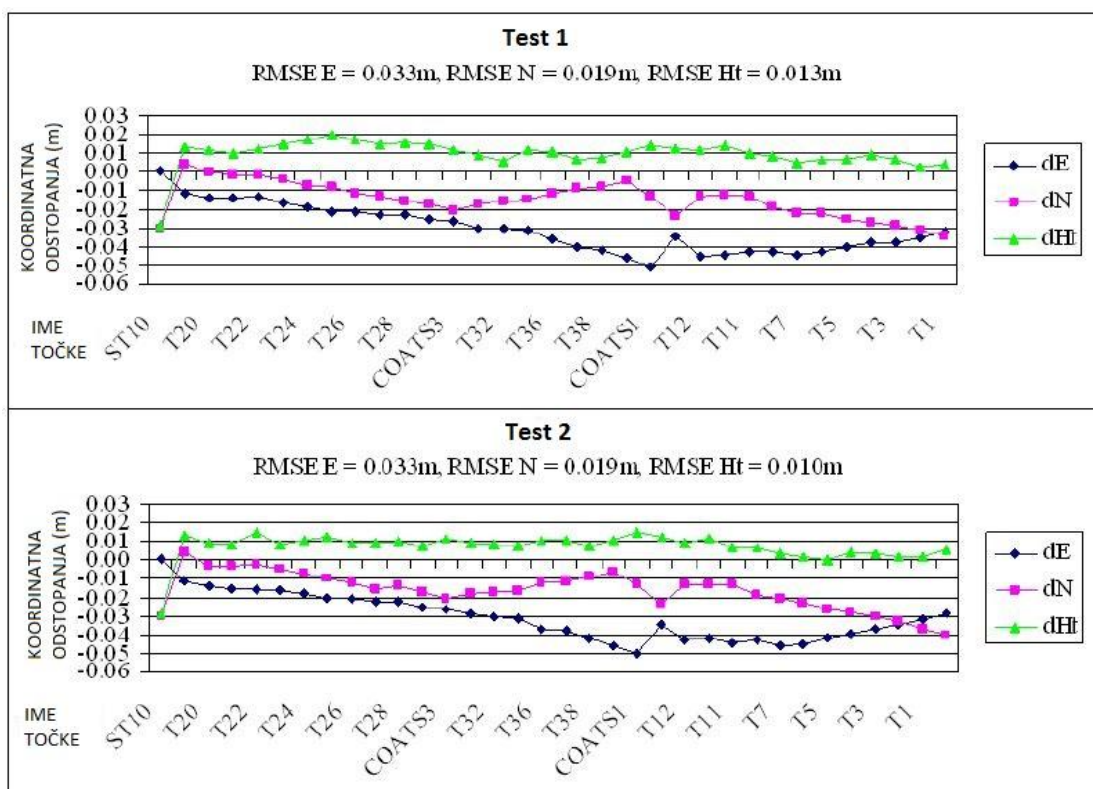
Mohammad Taha je v raziskavi za potrebe raziskovanja različnih načinov izboljšave natančnosti določanja položaja gospodarske javne infrastrukture v pozidanih območjih (Mohammad Taha, A. A., 2008) med drugim preizkušal tudi uporabnost sistemov „SmartStation“ in „SmartPole“. Namen raziskave je ugotoviti in preizkusiti sisteme, ki omogočajo 100-odstotno časovno razpoložljivost pozicioniranja in zagotavljajo podcentimetrovsko natančnost določitve položaja. Raziskava je narejena v treh fazah:

- vzpostavitev izmeritvene mreže in določanje koordinat točk, ki bodo v nadaljnji raziskavi vzete kot referenčne,
- preizkus integracije GNSS-opazovanj in sistema INS (ang. Inertial Navigation System),
- preizkus integracije tahimetričnih in GNSS-opazovanj z uporabo sistema „SmartStation“ in sistema „SmartPole“.

Za testiranje uporabnosti kombiniranja izmere GNSS in tahimetrične izmere sta izvedeni dve praktični izmeri, in sicer izmera z uporabo sistema „SmartStation“ in izmera z uporabo sistema „SmartPole“. Meritve so izvedene na že vnaprej vzpostavljeni izmeritveni mreži z

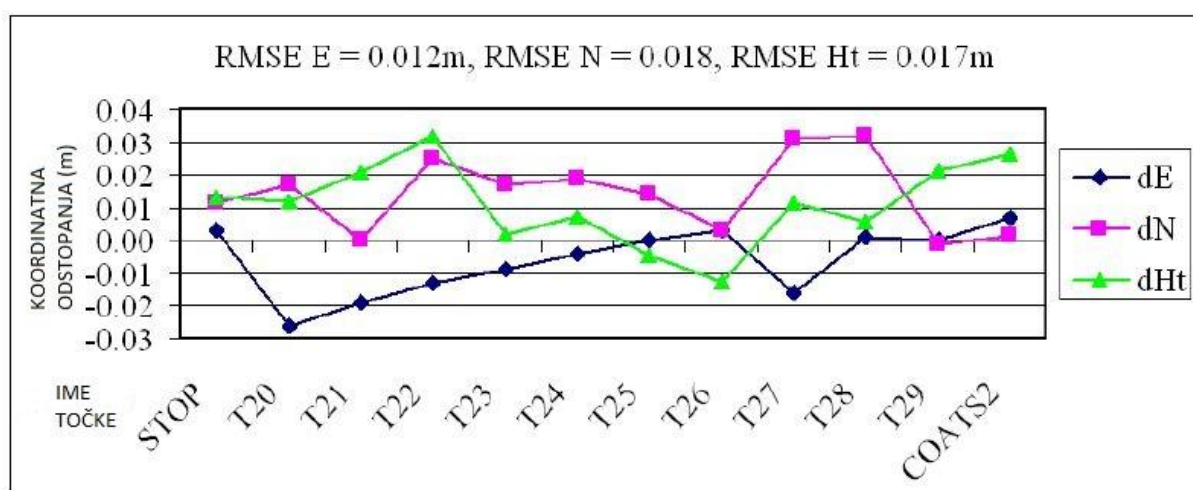
znanimi koordinatami točk. Osnovni cilj raziskave je doseči 100-odstotno časovno razpoložljivost pozicioniranja s podcentimetrsko natančnostjo.

V preizkusu sistema „SmartStation“ je izvedenih 15 različnih testiranj, na podlagi katerih je narejena primerjava pridobljenih koordinat točk izmeritvene mreže in referenčnih koordinat točk izmeritvene mreže. Ugotovljeno je, da največja razlika v koordinatnih odstopanjih v horizontalnem in vertikalnem smislu znaša približno 0.05 m. Rezultati razlik koordinatnih odstopanj, pridobljenih v prvem in drugem testiranju, so prikazani na sliki 18. Največji vpliv na natančnost določitve koordinat točk izmeritvene mreže ima določitev koordinat stojišča tahimetra z izmero RTK-GNSS. Razen pričakovane natančnosti je dosežena tudi 100-odstotna časovna razpoložljivost pozicioniranja.



Slika 18: Primerjava koordinat, pridobljenih s sistemom „SmartStation“ in referenčnih koordinat v dveh opravljenih testiranjih (vir: Mohammad Taha, A. A., 2008)

Drugi preizkus je narejen s sistemom „SmartPole“. Komponenti sistema sta tahimeter Leica 1200 in sprejemnik GNSS Leica 1200 GPS, postavljen na togo grezilo s 360°prizmo. Izmera je izvedena z metodo pozicioniranja Stop&Go. V primerjavi pridobljenih koordinat s sistemom „SmartPole“ in referenčnih koordinat točk izmeritvene mreže je ugotovljeno, da največja razlika v koordinatnih odstopanjih v horizontalnem in vertikalnem smislu znaša približno 0.032 m, kar je prikazano na sliki 19. V izvedbi meritev s sistemom „SmartPole“ ni zagotovljena 100-odstotna časovna razpoložljivost pozicioniranja, saj od 17 točk izmeritvene mreže na sedmih ni bila možna določitev koordinat točk z izmero RTK-GNSS, kar je posledica izgube GNSS-signala zaradi visokih objektov v bližini izmeritvenih točk.



Slika 19: Primerjava koordinat, pridobljenih s sistemom „SmartPole“ in referenčnih koordinat (vir: Mohammad Taha, A. A., 2008)

4 PRIMER UPORABE TEHNOLOGIJE TOPCON HYBRID POSITIONONG

Za potrebe izdelave magistrske naloge smo analizirali praktični primer uporabe različnih geodetskih metod izmere na istem območju. Opravili smo tahimetrično izmero, statično izmero GNSS, izmero RTK-GNSS in kombinirano izmero z uporabo sistema Topcon Hybrid Positioning. Na ta način lahko med seboj primerjamo natančnost in ekonomsko učinkovitost različnih metod geodetske izmere.

Priprava na terensko izmero je vsebovala:

- rekognosciranje in določitev območja izmere,
- izbiro metod izmere,
- izbiro ustreznega instrumentarija,
- zasnovu oblike izmeritvene mreže,
- zasnovu poteka terenskih meritev.

4.1 REKOGNOSCIRANJE TERENA IN DOLOČITEV OBMOČJA IZMERE

Pri izbiri terena izmere je pomembno, da imamo pestro vsebino za namene testiranja. V idealnem primeru bi morala biti na testnem območju vegetacije, grajenega prostora in nepozidanega območja, kar bi nam omogočilo, da jasno ugotovimo, katere metode izmere so bile učinkovitejše in zanesljivejše glede na posamezne karakteristike terena. Izbira območja izmere je bila v mojem primeru določena s strani lastnika geodetske opreme, ki je določil, da se izmera izvede v mestu Čakovec.

Glede na omenjene zahteve je bilo izbrano predmestno območje mesta Čakovec na Hrvaškem. Mesto leži na severozahodnem delu Hrvaške v regiji Medžimurje in je reliefno manj razgibano področje. Relativno odprto ravninsko področje je omogočalo dobro medsebojno vidnost točk za izvedbo terestričnih meritev. S tako izbiro so bili izpolnjeni naslednji pogoji:

- omogočena izmera GNSS (zagotovitev sprejema signala s satelitov),
- omogočena klasična terestrična izmera (vidnost med stojiščno in detajlnih točk),
- omogočena kombinacija klasične detajlne izmere in izmere GNSS,
- območje ustrezne velikosti z reprezentativno vsebino.

Področje izmere je odprto ravninsko področje, na katerem se nahaja nekaj stanovanjskih zgradb. Geodetska izmera je vključevala okolico mestnega parka z lokalno cesto in gospodarsko javno infrastrukturo.

4.2 INSTRUMENTARIJ

Podrobne specifikacije instrumentov, uporabljenih v terenski izmeri, so podane v prilogah (PRILOGA 1, PRILOGA 2 in PRILOGA 3). Za izmero smo imeli na razpolago naslednje instrumente:

- Topcon QS robotizirani tahimeter,
- HiPerSR GNSS sprejemnik,
- Topcon Tesla kontroler.

Tahimeter Topcon QS je avtomatiziran tahimeter, namenjen izvedbi klasičnih terestričnih meritev. Preko radijskega vmesnika ga lahko brezžično upravljamo s kontrolerjem, kar je pogoj za izvedbo izmere s sistemom Hybrid Positioning. Podrobne specifikacije instrumenta so podane v prilogi (PRILOGA 2).

HiPer Site Receiver sprejemnik GNSS se lahko uporablja kot samostojna naprava, kot sistem baza-rover ali z uporabo MAGNET Relay storitve, ki je že opisana v poglavju 2.1.6. rover. Med ostalimi standardnimi komponentami vsebuje v ohišju „Fence“ anteno. Prednost „Fence“ antene je v njeni prilagojeni obliki, kar sprejemniku GNSS omogoča zmanjšanje vpliva večpotja na območjih z različnimi ovirami.

Topcon Tesla terenski kontroler ima zaslon velikosti 5.7“, ki je občutljiv na dotik z ločljivostjo ekrana 640 x 480 pikslov ter operacijski sistem Windows Mobile 6.5.3. Dostopne so tri verzije, in sicer: osnovna „Linked“, napredna „Position“ in „Connected“ verzija.

4.3 IZMERA IZMERITVENE MREŽE

Za potrebe naše raziskave je bila primarna naloga vzpostavitev izmeritvene mreže. Za zagotovitev ustrezne kakovosti mreže se priporočajo (Kogoj, D., in sod., 2006):

- Ustrezno število povezav v mreži, kar zagotavlja dovolj veliko število nadštevilnih meritev. Vsaka točka mreže naj bo povezana z vsaj tremi drugimi točkami, to pomeni, da so z vsake točke opazovane vsaj tri točke izmeritvene mreže.

- Maksimalne dolžine stranic izmeritvene mreže naj ne presegajo 1 km. Omejitev oddaljenosti je še posebej smiselna pri uporabi trigonometričnega višinomerstva.

V bližini območja izmere smo že imeli na razpolago tri stabilizirane točke. Pri stabilizaciji četrte točke upoštevamo pravila projektiranja mreže v horizontalnem in višinskem smislu, ki zagotavljajo ustrezno kakovost mreže. Točke izmeritvene mreže A, B, C in D so stabilizirane s kovinskim žebličkom z vdolbeno glavo v asfaltu lokalne ceste ali v asfaltni pešpoti.

Položajne koordinate vseh izmerjenih točk so prikazane v uradnem hrvaškem državnem koordinatnem sistemu, in sicer HTRS96/TM (Hrvatski terestrični referentni sistem), višine so preračunane iz elipsoidnih v ortometrične. Programska oprema za obdelavo opazovanj GNSS podpira uporabo modela geoida, kar nam omogoča določitev ortometričnih višin, ki jih pridobimo na osnovi elipsoidnih višin, določenih z izmero GNSS in geoidnih višin, ki jih določimo na osnovi modela geoida.



Slika 20: Stabilizacija izmeritvene točke s kovinskim žebličkom



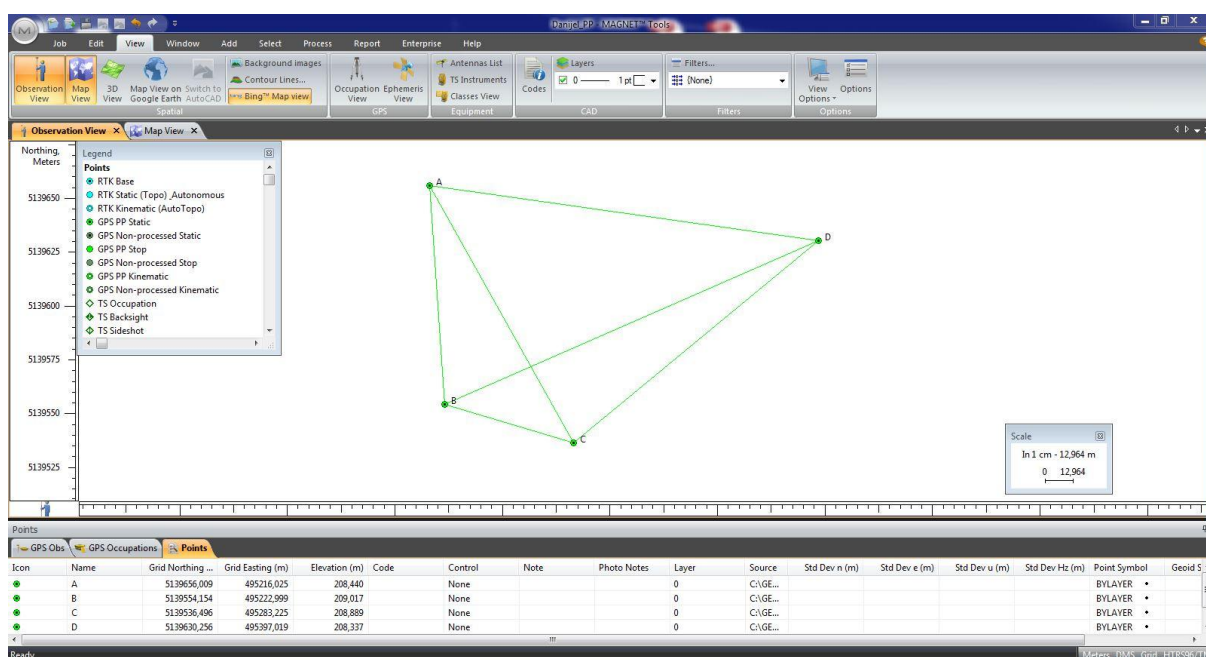
Slika 21: Skica območja izmere in točk izmeritvene mreže

4.3.1 STATIČNA IZMERA GNSS

Kot prvo metodo izmere izmeritvene mreže smo izbrali statično izmero GNSS. Na razpolago smo imeli štiri Topcon HiPer SR-sprejemnike. Meritve smo izvedli v eni seriji v trajanju 30 minut + 2 min/km.

Obdelavo satelitskih meritev smo izvedli v programu Magnet Office Tools. Magnet Office Tools je modularni izdelek, kjer ima vsak modul svoj namen, ki uporabniku omogoča reševanje različnih nalog in funkcij, v našem primeru nam je omogočil obdelavo tako tahimernih kot tudi satelitskih meritev.

Za obdelavo meritev hitre statične metode smo potrebovali podatke virtualnih referenčnih postaj, ki smo jih pridobili s serverja CROPOS, podatke iz preciznih efemerid in podatke iz zapisnika izmere GNSS.



Slika 22: Prikaz uporabniškega vmesnika Magnet Office Tools softwerja

Prvi korak je vnos podatkov izmere, pridobljenih s statičnimi opazovanji GNSS. Sledi vnos podatkov virtualnih referenčnih postaj, ki smo jih prevzeli s spletne strani omrežja CROPOS. Pred prevzemom se je na spletni strežnik omrežja CROPOS treba prijaviti z uporabniškim imenom in geslom, ki ga pridobimo od državne geodetske uprave Hrvaške. Na praznem polju delovne površine Office Tools programa izberemo minimalno 3 točke, ki obkrožajo območje naše izmere. Koordinate točk v koordinatnem sistemu ETRS89 vpisujemo v spletni obrazec na strežniku. Poleg koordinat je treba vpisati tudi čas izvedbe opazovanj s statično metodo izmere. Po vpisu teh potrebnih podatkov se na strani strežnika CROPOS generirajo podatki virtualnih referenčnih postaj, ki jih nato prenesemo na svoj računalnik. Naslednji korak je vnos podatkov s CROPOS-strežnika v program za obdelavo in izravnavo komponent baznih vektorjev. V izbirniku *Process* in podizbirniku *GPS+PostProcessing* izbiramo izravnavo po metodi najmanjših kvadratov.

Rezultat obdelave so bazni vektorji med točkami mreže v geocentričnem kartezičnem trirazsežnem koordinatnem sistemu HTRS96/TM. Geodetski datum baznih vektorjev je določen s privzetimi danimi koordinatami točk v obdelavi faznih opazovanj, ki jih v našem primeru predstavljajo dane koordinate VRS-točk ter parametri tirnic satelitov GNSS. Mrežo GNSS sestavljajo bazni vektorji med točkami mreže. Bazne vektorje nato izravnavamo v okviru mreže GNSS, kjer komponente baznih vektorjev obravnavamo kot opazovanja. V spodnjih preglednicah so prikazane izravnane komponente baznih vektorjev in izravnane koordinate

točk izmeritvene mreže s pripadajočimi standardnimi odkloni. Skica mreže z baznimi vektorji in pripadajočimi elipsami pogreškov je v Prilogi 4.

Preglednica 7: Izravnane komponente baznih vektorjev

Ime	dN(m)	dE(m)	dH(m)	Horz RMS(m)	Vert RMS(m)
A-B	-101,855	6,975	0,581	0,001	0,001
A-C	-119,514	67,2	0,449	0,001	0,001
A-D	-25,754	180,993	-0,105	0,001	0,001
A-V306	-145,014	-22,409	-43,442	0,001	0,001
A-V307	40,25	-43,624	-43,441	0,001	0,001
A-V308	-52,571	212,638	-43,443	0,001	0,001
B-C	-17,658	60,225	-0,128	0,001	0,001
B-D	76,101	174,019	-0,68	0,001	0,001
B-V306	-43,159	-29,383	-44,015	0,001	0,001
B-V307	142,104	-50,598	-44,015	0,001	0,001
B-V308	49,283	205,665	-44,015	0,001	0,001
C-D	93,76	113,793	-0,555	0,001	0,001
C-V306	-25,502	-89,61	-43,888	0,001	0,001
C-V307	159,761	-110,824	-43,888	0,001	0,001
C-V308	66,94	145,438	-43,889	0,001	0,001
D-V306	-119,262	-203,403	-43,337	0,001	0,001
D-V307	66,002	-224,618	-43,337	0,001	0,001
D-V308	-26,819	31,645	-43,338	0,001	0,001
V306-V307	185,263	-21,215	0,000	0,001	0,001
V306-V308	92,442	235,048	0,000	0,001	0,001
V307-V308	-92,821	256,263	-0,001	0,001	0,001

Preglednica 8: Izravnane koordinate točk izmeritvene mreže

GNSS-statična določitev koordinat (CROPOS GPPS-storitev)						
Točka	N(m)	E(m)	H(m)	σN (mm)	σE (mm)	σH (mm)
A	5139656,009	495216,025	163,390	0,500	0,470	0,910
B	5139554,154	495222,999	163,968	0,490	0,480	0,910
C	5139536,496	495283,225	163,842	0,490	0,470	0,930
D	5139630,256	495397,019	163,291	0,510	0,470	0,880

4.3.2 IZMERA RTK-GNSS

Z metodo RTK-GNSS in z uporabo CROPOS-ove visoko natančne storitve pozicioniranja (VPPS) smo prav tako določili koordinate točk izmeritvene mreže. Uporabili smo Topcon HiPer SR GNSS-sprejemnik ter kontroler Topcon Tesla. Izmera vseh točk je bila opravljena z instrumentom na togem grezilu. Vse štiri točke smo neodvisno trikrat opazovali, vsakokrat v trajanju tridesetih epoh (PRILOGA 9). Končne koordinate točk izmeritvene mreže so izračunane kot enostavna aritmetična sredina treh meritev.

Preglednica 9: Koordinate izmeritvene mreže – izmera RTK-GNSS

Izmera RTK-GNSS			
Točka	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>H(m)</i>
A	5139656,005	495216,026	163,391
B	5139554,153	495223,006	163,973
C	5139536,491	495283,227	163,849
D	5139630,256	495397,024	163,293

4.3.3 TAHIMETRIČNA IZMERA

Nato smo opravili tahimetrično izmero izmeritvene mreže z uporabo robotiziranega tahimetra Topcon QS ter pribora za prisilno centriranje. Horizontalne smeri smo opazovali po girusni metodi, in sicer v dveh girusih. Zenitne razdalje in poševne dolžine so bile merjene dvakrat v obeh krožnih legah. Skica izmeritvene mreže je v Prilogi 6.

Izravnavo mreže smo prav tako izvedli v programskem okolju Magnet Office Tools. Vhodni podatki v izravnavo po metodi najmanjših kvadratov so urejeni podatki meritev in približne koordinate točk mreže. Pred izravnavo mreže še vedno nismo imeli izravnanih koordinat statične izmere GNSS, zato smo za približne koordinate točk privzeli koordinate, določene z metodo izmere RTK-GNSS. Izvedeno je preverjanje in odstranitev grobih pogreškov (angl. Outliers), nato je sledila izravnavo. Po izravnavi smo ponovno ugotavljali prisotnost morebitnih grobih pogreškov. Izravnavo opazovanj v geodetski mreži smo opravili v t. i. prosti mreži.

Preglednica 10: Izravnane koordinate izmeritvene mreže – prosta mreža

Tahimetrična izmera – izravnava proste mreže						
Točka	$N(m)$	$E(m)$	$H(m)$	$\sigma N(mm)$	$\sigma E(mm)$	$\sigma H(mm)$
A	5139656,021	495216,027	163,391	2,210	1,620	1,980
B	5139554,160	495223,005	163,972	1,250	1,170	1,290
C	5139536,496	495283,244	163,849	1,000	2,570	1,570
D	5139630,276	495397,046	163,297	4,290	2,360	4,380

Preglednica 11: Elipse pogreškov točk izmeritvene mreže

Tahimetrična izmera – parametri elipse pogreškov			
Točka	Polos a (m)	Polos b (m)	Kot zasuka
A	0,002	0,002	154°17'15"
B	0,001	0,001	42°37'40"
C	0,003	0,001	95°30'07"
D	0,004	0,002	11°37'04"

V preglednici 11 so prikazane 95-odstotne elipse pogreškov, kjer je verjetnost nahajanja izravnane točke znotraj elipse enaka 95 %. Poročila o izravnavi proste mreže, izravnane koordinate točk izmeritvene mreže in skica mreže s pripadajočimi elipsami pogreškov so v Prilogi 5.

4.3.4 IZMERA S SISTEMOM TOPCON HYBRID POSITIONING

Izmera izmeritvene mreže s sistemom Topcon Hybrid positioning je izvedena na vsaki posamezni točki mreže. Položaj stojišča je določen z notranjim urezom z navezavo na točke, katerim smo koordinate določili z metodo RTK-GNSS. V določanju koordinat prostega stojišča tahimetra smo neposredno uporabljali zmožnosti in funkcije sistema Topcon Hybrid positioning, in sicer »hibridno zaklepanje«, »hibridni presek« in »hibridni prehod«. Le-te so opisane v poglavju 2.1.6. Ko smo z metodo RTK-GNSS določili koordinate dveh točk z opazovanji v trajanju 30 epoh, se z uporabo funkcije »hibridnega prehoda« preusmerimo na način tahimetrične izmere in opazujemo smeri in dolžine do točk, ki smo jim predhodno določili koordinate z izmero RTK-GNSS. Nato z uporabo funkcije »hibridnega preseka« določimo prosto stojišče z navezavo na točke, določene z metodo RTK-GNSS.

»Hibridni presek« je izveden z opazovanjem smeri in razdalj do dveh točk predhodno vzpostavljene izmeritvene mreže, čeprav bi lahko bil izveden z uporabo katerih koli dveh točk. Enak postopek je izveden na vseh štirih točkah izmeritvene mreže.

4.4 DETAJLNA IZMERA S SISTEMOM TOPCON HYBRID POSITIONING

Zaradi določenih omejitev, ki so razložene na začetku naloge, nismo imeli možnosti izvesti detajlne izmere na tri načine, in sicer s: tahimetrično izmero, izmero RTK-GNSS in kombinirano izmero. Torej je detajlna izmera izvedena le s kombinirano metodo izmere z uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Tahimeter smo postavili tako, da je bilo z enega stojišča mogoče posneti čim več detajla. Položaj in orientacija tahimetra sta določena s funkcijo »hibridnega preseka«, ki je opisana v poglavju 2.1.6. V bližini tahimetra je vklopljena funkcija »hibridnega zaklepanja«, ki nam omogoča avtomatsko viziranje in sledenje tarče, nato pa smo začeli z detajlno izmero. Na območju, kjer je obstajalo dogledanje med tahimetrom in tarč, smo uporabili polarno metodo izmere s pomočjo robotiziranega tahimetra. Na posameznih delih terena, kjer je prišlo do prekinitve dogledanja med tahimetrom in tarčo, smo uporabili funkcijo »hibridnega prehoda« in izmero nadaljevali z RTK-GNSS-izmero. Prav tako smo z uporabo funkcije »hibridnega prehoda« v kateremkoli času preklopili nazaj na tahimetrično izmero. Med izmero se lahko zgodi, da tahimeter izgubi prizmo iz vidnega polja. V tem primeru tahimeter v predhodno definiranem območju iskanja poskuša locirati prizmo. Razlogi izgube ciljne točke oziroma povezave instrumenta in prizme so različni. Ko pride do prekinitve avtomatskega sledenja tarče, se ponovno sproža funkcija »hibridnega zaklepanja«. Togo grezilo s sprejemnikom GNSS in prizmo je treba postaviti na najbližji prostor z odprtim nebom, da lahko sprejemnik GNSS določi svoj položaj. Na podlagi določenih koordinat sprejemnika GNSS z izmero RTK-GNSS programska oprema izračuna parametre orientacije tahimetra proti prizmi. Tahimeter z grobim viziranjem ponovno vzpostavi stik s prizmo, sledi fino viziranje. Tako se lahko ponovno aktivira funkcija avtomatskega sledenja tarče ter lahko nadaljujemo z detajlno izmero.

Med postopkom snemanja detajlov je bila aktivirana funkcija avtolokalizacije, ki nam omogoča avtomatsko lokalizacijo na koordinate, določene s sprejemnikom GNSS. Na podlagi lokalizacije je bilo na satelitskih posnetkih označeno vidno območje, kjer se nahajamo ter ujemanje dejansko opazovanih detajlnih točk z detajli na satelitskih posnetkih.

Ker smo uporabljali kodirano izmero, smo v terenskem kontrolerju za vsako izmerjeno detajlno točko določili ustrezni atribut z določenim vizualnim elementom. Isti atributi so se potem povezovali v smiselno celoto in so bili prikazani na zgoraj omenjenih satelitskih posnetkih. Skica detajlne izmere na digitalnem katastrskem načrtu in skica opazovanih točk detajlne izmere na DOF-podlagi sta podani v Prilogi 11 in Prilogi 12.

4.5 ANALIZA REZULTATOV

Koordinate točk izmeritvene mreže, pridobljene z obravnavanimi metodami, smo primerjali s koordinatami točk, pridobljenih s statično izmero GNSS. Koordinate točk, pridobljene s statično izmero GNSS, smo torej prevzeli kot referenčne. V preglednici 12 so prikazane vrednosti koordinat točk geodetskega štirikotnika ABCD, pridobljene s statično izmero GNSS.

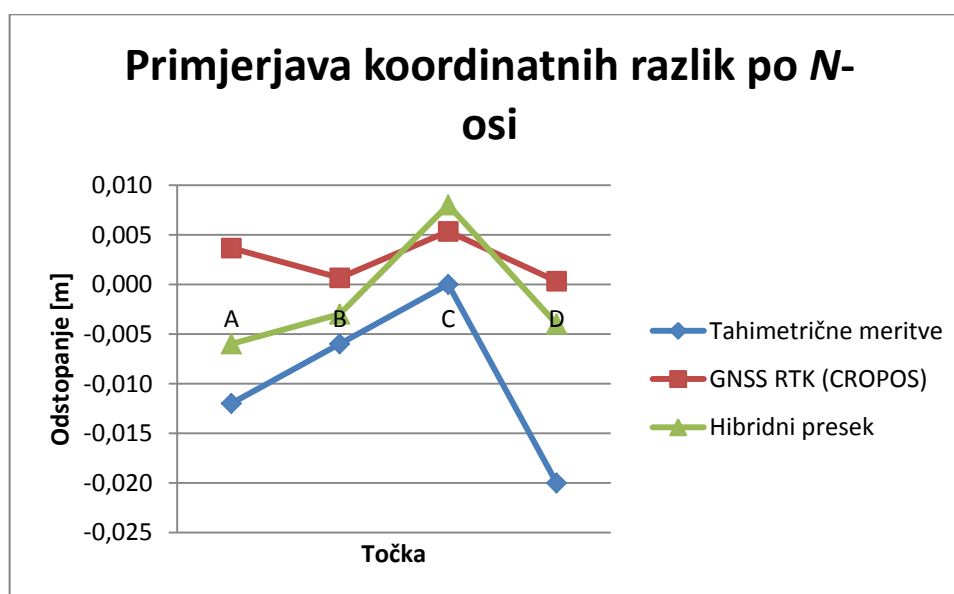
Preglednica 12: Koordinate izmeritvene mreže – GNSS-statično pozicioniranje

GNSS-statična določitev koordinat (CROPOS GPPS-storitev)						
Točka	$N[m]$	$E[m]$	$H[m]$	$\sigma N[mm]$	$\sigma E[mm]$	$\sigma H[mm]$
A	5139656,009	495216,025	163,390	0,500	0,470	0,910
B	5139554,154	495222,999	163,968	0,490	0,480	0,910
C	5139536,496	495283,225	163,842	0,490	0,470	0,930
D	5139630,256	495397,019	163,291	0,510	0,470	0,880

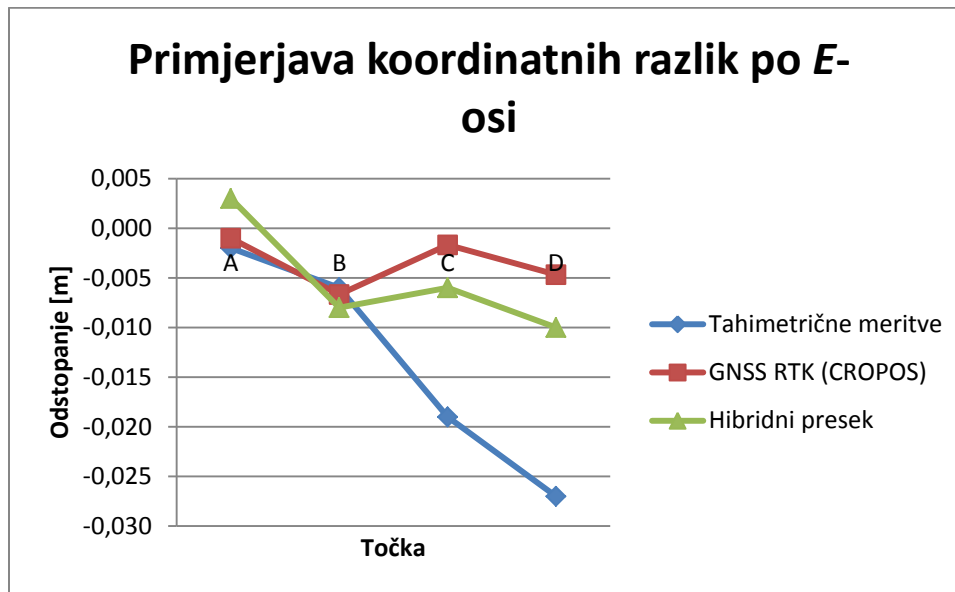
V preglednici 13 so prikazane vrednosti pridobljenih koordinat točk geodetskega štirikotnika ABCD z različnimi metodami izmere ter koordinatne razlike glede na referenčne koordinate. Rezultati so prikazani tudi grafično na podlagi linijskih grafov na slikah 23, 24 in 25. Treba je poudariti, da v tem primeru nobena metoda in tudi statična izmera GNSS ne zagotavlja absolutno točnih koordinat ter da so prikazane le medsebojne primerjave doseženih rezultatov. Na podlagi tako pridobljenih rezultatov ne moremo trditi, da z uporabo posamezne metode lahko dobimo natančnejše rezultate, ampak lahko dobimo le informacijo, ali je uporaba posamezne metode primerna za izvajanje določenih geodetskih storitev.

Preglednica 13: Primerjava koordinat točk, pridobljenih s tahimetrično izmero, izmero RTK-GNSS in izmero z uporabo sistema Topcon Hybrid Positioning glede na koordinate točk, pridobljene s statično izmero GNSS

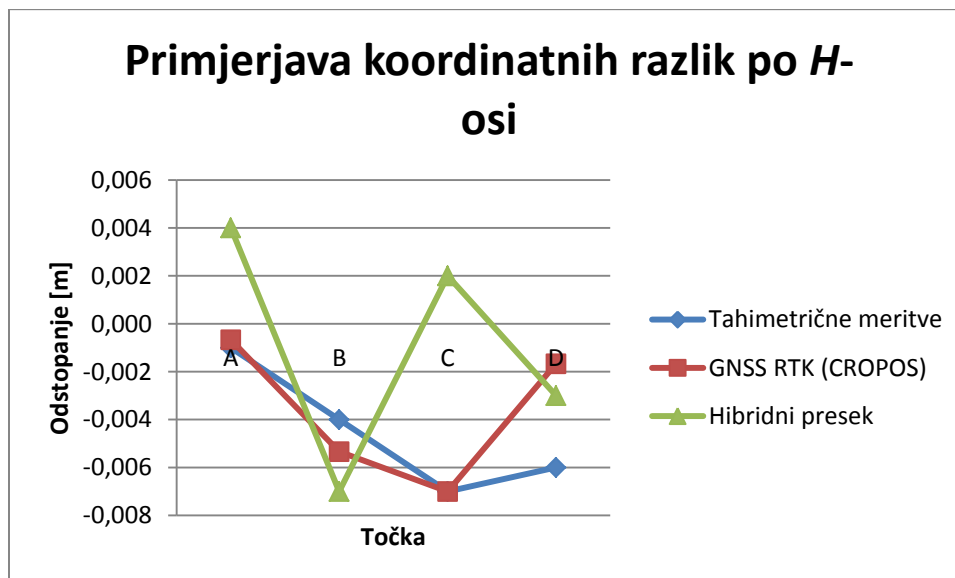
Tahimetrična metoda meritev						
Točka	$N[m]$	$E[m]$	$H[m]$	$\Delta N[m]$	$\Delta E[m]$	$\Delta H[m]$
A	5139656,021	495216,027	163,391	-0,012	-0,002	-0,001
B	5139554,160	495223,005	163,972	-0,006	-0,006	-0,004
C	5139536,496	495283,244	163,849	0,000	-0,019	-0,007
D	5139630,276	495397,046	163,297	-0,020	-0,027	-0,006
RTK-GNSS (CROPOS)						
Točka	$N[m]$	$E[m]$	$H[m]$	$\Delta N[m]$	$\Delta E[m]$	$\Delta H[m]$
A	5139656,005	495216,026	163,391	0,004	-0,001	-0,001
B	5139554,153	495223,006	163,973	0,001	-0,007	-0,005
C	5139536,491	495283,227	163,849	0,005	-0,002	-0,007
D	5139630,256	495397,024	163,293	0,000	-0,005	-0,002
Topcon Hybrid Positioning – »hibridni presek«						
Točka	$N[m]$	$E[m]$	$H[m]$	$\Delta N[m]$	$\Delta E[m]$	$\Delta H[m]$
A	5139656,015	495216,022	163,386	-0,006	0,003	0,004
B	5139554,157	495223,007	163,975	-0,003	-0,008	-0,007
C	5139536,488	495283,231	163,840	0,008	-0,006	0,002
D	5139630,260	495397,029	163,294	-0,004	-0,010	-0,003



Slika 23: Primerjava koordinatnih razlik točk izmeritvene mreže po N -osi z različnimi metodami izmere glede na statično izmero GNSS



Slika 24: Primerjava koordinatnih razlik točk izmeritvene mreže po E-osi z različnimi metodami izmere glede na statično izmero GNSS



Slika 25: Primerjava koordinatnih razlik točk izmeritvene mreže po H-osi z različnimi metodami izmere glede na statično izmero GNSS

Iz rezultatov je razvidno, da je do večjih razlik v koordinatnih odstopanjih v položajnem smislu prišlo na točki D pri izmeri s tahimetrično metodo, kar nakazuje na morebitno prisotnost grobih pogreškov. Poleg tega so vse vrednosti razlik koordinat negativne. V meritvah na točki D je v drugem girusu prišlo do grobega pogreška, horizontalne smeri proti točki A v prvi in drugi legi instrumenta namreč niso bile dobro določene. Horizontalne smeri v

obeh legah instrumenta so se razlikovale za več kot 180° . Zaradi tega drugi girus na točki D ni obravnavan v nadaljnji obdelavi, kar je lahko razlog za večje razlike koordinat na točki D. Metoda določanja koordinat točk izmeritvene mreže s »hibridnim presekom« je zadovoljila potrebe glede natančnosti, ki se zahteva v praksi, na primer pri geodetsko-katastrskih delih, kot so izdelava geodetskega načrta, parcelacije zemljišča, legalizacije, izmere objektov in zemljišča in podobno. Po drugi strani lahko sklepamo, da ta metoda ni namenjena določanju koordinat točk z največjo natančnostjo, kot so vzpostavitev točk državne geodetske mreže ali mrež za spremljanje premikov ali deformacij. Treba je poudariti, da je funkcija »hibridnega preseka« izvedena na podlagi dveh točk. Če bi uporabili več točk, bi lahko pridobili bolj kakovostne rezultate.

4.6 PRIMERJAVA PORABE ČASA IN ŠTEVILA OPERATERJEV V POSAMEZNIH METODAH IZMERE

Da bi primerjali stroške (porabo časa) posamezne metode izmere, smo analizirali tudi porabo časa posamezne metode. Dejansko porabljen čas se nanaša na čas, potreben za izmero brez upoštevanja časa za odpravo različnih tehničnih težav.

Za terensko delo pri statični izmeri GNSS smo porabili 65 minut, v kar je vključeno postavljanje sprejemnikov GNSS na točke ter sama opazovanja v trajanju 30 minut. Poleg časa, ki smo ga porabili na terenu, je treba dodati še 30 minut za obdelavo podatkov v pisarni. Na terenu so meritve izvajale štiri osebe, in sicer vsaka z enim instrumentom. Ves porabljen čas za izvedbo in obdelavo statične izmere GNSS je določen na naslednji način: štiri osebe potrebujejo 65 minut za terenske izmere, ena oseba pa 30 minut za obdelavo, kar skupaj znaša 290 minut.

Klasično tahimetrično izmero izmeritvene mreže sta izvedla dva operaterja. V 70 minut na terenu je vključeno še postavljanje instrumenta in terenska izmera. Obdelava podatkov in izravnava mreže je trajala približno 30 minut. Celoten porabljen čas za izvedbo in obdelavo klasične tahimetrične izmere je bil naslednji: dve osebi sta potrebovali 70 minut za izmero, ena oseba 30 minut za obdelavo, kar skupaj znaša 170 minut.

Izmero RTK-GNSS-izmeritvene mreže je izvajala ena oseba. Potek dela je z vsemi izmerami trajal 40 minut, v kar je trikrat vključeno določanje položaja vsake točke po zgoraj opisani metodi. Ves porabljen čas za izvedbo izmere RTK-GNSS je določen na naslednji način: Ena oseba je porabila 40 minut za izmero, časa, potrebnega za obdelavo podatkov, pa ne

upoštevamo, ker se koordinate točk določijo v realnem času. Ves porabljen čas skupaj znaša 40 minut.

V skupen čas izmere izmeritvene mreže s sistemom Topcon Hybrid positioning je vključeno postavljanje instrumenta na vsako posamezno točko mreže in določanje prostega stojišča s funkcijo »hibridnega preseka«. Obdelava podatkov ni bila potrebna, ker programska oprema vse potrebne podatke računa in jih shranjuje v spomin v realnem času. Za celoten postopek in delo tega sistema lahko zadostuje en sam operater. Skupen čas, porabljen za izvedbo izmere, določamo na naslednji način: ena oseba je porabila 70 minut za terensko izmero, obdelava pa je izvedena v realnem času. Ves porabljen čas skupaj znaša 70 minut.

Končni pregled porabljenega časa za izmero za vsako metodo posebej je prikazan v preglednici 14. Poleg časa je omenjeno še število operaterjev, ki so bili potrebni za izvajanje posamezne metode izmere. Poudariti je treba, da je statična izmera GNSS lahko izvedena tudi z manjšim številom operaterjev, kar bi bistveno skrajšalo skupen čas, porabljen za izvedbo statične izmere GNSS.

Preglednica 14: Primerjava časa meritev po metodah izmere

Čas meritev in število operaterjev				
Metoda	Terenski del [min]	Obdelava [min]	Skupaj [min]	Število operaterjev
Statična GNSS-izmera	4*65	30	290	4
Tahimetrična izmera	2*70	30	170	2
RTK-GNSS (Cropos)	1*40	0	40	1
Topcon Hybrid positioning	1*70	0	70	1

5 POTRDITEV DELOVNIH HIPOTEZ

Po opravljenem praktičnem delu in obdelavi opazovanj lahko komentiramo hipoteze, postavljene na začetku naloge:

- *Vzpostavitev niza točk izmeritvene mreže z različnimi metodami izmere, statična izmera GNSS, RTK-GNSS in tahimetrična izmera so možne z uporabo le enega terenskega kontrolerja in programske opreme, podatki meritev pa se shranjujejo na skupno pomnilniško enoto. Na podlagi tega se lahko merski podatki kombinirajo in skupno obdelajo, kar predstavlja cenovno učinkovito vzpostavitev izmeritvene mreže.*

V našem primeru smo opravili izmero izmeritvene mreže z različnimi metodami. Za vse metode smo uporabljali isti instrumentarij in programsko opremo. Obdelava podatkov satelitskih in tahimetričnih opazovanj je narejena v enotnem programskem paketu, in sicer Magnet Office Tools. Na podlagi tega lahko potrdimo postavljeno hipotezo in sklepamo, da je sama izmera za operaterja zelo olajšana, ker lahko vse delo opravi le na enem terenskem kontrolerju, poleg tega pa lahko obdelavo vseh opazovanj izvede z isto programsko opremo, kar poveča hitrost postopka obdelave meritev.

- *Z metodo RTK-GNSS lahko razširimo območje detajlne tahimetrične izmere brez potrebe po vzpostavitvi poligona ter privarčujemo čas in stroške izvedbe meritev.*

Ena od prednosti uporabe metode RTK-GNSS nastane v primeru vzpostavitve prostega stojišča tahimetra z orientacijo na novo vzpostavljene točke z izmero RTK-GNSS. V tem primeru prihranimo potreben čas za vzpostavitev poligonske mreže.

- *Uporaba sistemov za izvedbo kombiniranih meritev omogoča večjo prilagodljivost pri izvedbi detajlne izmere. V odvisnosti od terenskih zahtev in pogojev imamo namreč na izbiro meritve GNSS ali tahimetrične meritve. V primeru izmere velikih nepozidanih območij imamo na razpolago meritve GNSS, v primeru izmere pozidanega območja z visokimi ovirami pa uporabljamo tahimetrične meritve. Podoben princip uporabe sistema je tudi pri izvedbi zakoličbe.*

Detajlna izmera območja izmere z uporabo kombiniranih meritev s sistemom Topcon Hybrid positioning je v našem primeru izvedena z enega samega stojišča z motoriziranim tahimetrom. To nam je omogočeno izključno zaradi možnosti preklopa med metodo izmere RTK-GNSS in tahimetrično metodo izmere v katerem koli trenutku. V primerih, kjer ni bilo dogledanja med detajlno točko in tahimetrom, smo preprosto prekopili na metodo RTK-GNSS in določili koordinate točke. Na ta način smo prihranili čas, potreben za vzpostavljanje novih prostih stojišč.

6 ZAKLJUČEK

V geodetski stroki so inovacije vse pogostejše. Vendar se pogosto zgodi, da posamezna inovacija ni sprejeta s strani stroke in v finančnem smislu proizvajalcu pogosto prinaša izgubo. Tema raziskave ni bila analiza potencialnega trga geodetske opreme in podajanje mnenj glede uspešnosti posameznih inovacij na trgu. Namen raziskave je bil preizkus sistema Topcon Hybrid positioning v realnih delovnih pogojih ter ugotovitev njegovih prednosti in slabosti. Za veliko slabost bi označil maso celotne opreme, ki jo mora uporabnik nositi v eni roki. Celodnevno delo s tako opremo je lahko zelo naporno. Razvoj tehnologij pa upošteva tudi to težavo, kajti novejši instrumenti so vedno manjši in lažji. Kot pri vsakem srečanju z novimi tehnologijami je prišlo do precej težav med obdelavo opazovanj, kjer je bilo treba najprej spoznati programsko opremo, namenjeno obdelavi podatkov. Ker sem se pri izdelavi magistrske naloge prvič srečal s tem sistemom, je bil postopek obdelave nekoliko daljši in zahtevnejši. Eden od primerov težav je določitev višin. Na terenu so namreč z izmero GNSS določene in merjene elipsoidne višine. V končnih rezultatih pa je predvideno, da so vse višine preračunane v ortometrične. Da pridemo do ortometričnih višin, potrebujemo še model geoida območja in programsko opremo, na podlagi katerih lahko na podlagi elipsoidnih višin določimo ortometrične višine. Porabljenega je veliko časa za prepoznavo načina uporabe programske opreme, nato je nadaljnja uporaba le-te izvedena na strokoven način in pridobljene rezultate lahko imamo za zanesljive.

Kot je bilo že ugotovljeno, tehnologija Topcon Hybrid Positioning ni en sam instrument ali en sam izdelek, temveč celoten sistem. Zaradi tega inovacijo v tem primeru predstavlja delovanje sistema kot celote in z njegovo uporabo kot celote lahko pričakujemo večjo produktivnost. Predvsem je omogočena samostojna izvedba terenskih nalog in prihranek časa pri zbiranju podatkov. Terensko delo lahko v celoti izvede en sam operater, čeprav se pojavlja vprašanje o varnosti instrumenta, ki je brez nadzora. Programska oprema omogoča integracijo posameznih metod izmere, kot tudi sinhronizacijo merskih podatkov med terenom in pisarno, kar v veliki meri skrajša čas terenskih meritev in odpravi morebitne potrebe po ponovni izmeri.

Glede na doseženo natančnost koordinat je sistem Topcon Hybrid positioning v primerjavi z ostalimi metodami, predstavljenimi v raziskavi, uporaben pri izvedbi večine geodetskih storitev. Za geodetske storitve, kjer se zahtevajo visoko natančne meritve, pa uporaba sistema ni priporočljiva.

Navedene značilnosti vplivajo na konkurenčnost izvedbe geodetskih storitev. Geodetski strokovnjaki pa se bodo sami odločali, ali so pripravljene sprejeti nove tehnologije in ali so pripravljene na finančna vlaganja za doseganje večje učinkovitosti in produktivnosti.

VIRI

- Bačić, Ž. 2012. Zapiski s predavanj pri predmetu Satelitsko pozicioniranje. Uvod u satelitsko pozicioniranje. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.
- Benčić, D. 1990. Geodetski instrumenti. Zagreb, Školska knjiga.
- Benčić, D., Solarić, N. 2008. Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici. Zagreb, Školska knjiga d.d.
- Dargie Chekole, S. 2014. Surveying with GPS, total station and terrestrial laser scanner: a comparative study. Magistrska naloga. Stockholm, Royal Institute of Technology, School of Architecture and the Built Environment: 48–51 f.
- GSA, URL1. <http://www.gsa.europa.eu/galileo/benefits> , pridobljeno 4. 12. 2015.
- Hrvatski pozicijski sustav. 2015. Državna geodetska uprava Republike Hrvatske. <http://www.cropos.hr>
(Pridobljeno 24. 07. 2015).
- Kogoj, D. 2012/13. Zapiski s predavanj pri predmetu Geodetski merski sistemi. TPS sistemi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Kogoj, D., Ambrožič, T., Savšek-Safić, S., Bogatin, S., Marjetič, A., Stopar, B., Radovan, D., Berk, S., Mesner, N. 2006. Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu. Ljubljana, Geodetski inštitut Slovenije: 4 str.
- Kogoj, D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera – gradivo za strokovni izpit geodetske stroke. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: str. 15–20.
- Kolenc, M. 2008. Analiza klasično in z avtomatskim viziranjem izvedenih opazovanj na mreži večjih razsežnosti. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Kolenc): 13 f.
- Košorak, A. 2006. Uporaba spletnega strežnika pri geodetski RTK GPS izmeri. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Košorak): 23 f.
- Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik 47, 4: 404–413.
- Leica Geosystems – AG (2006b) Leica SmartPole: Measure noon-stop with setup On-The-Fly. Heerbrugg, Švica.
- Lemmon, T., Wetherbee, L. 2005. Trimble Integrated Surveying Techniques. Westminster, Trimble Navigation Limited: 7 str.

-
- Lienhart, W. 2011. The impact of image assisted surveying and image based documentation on traditional surveying workflows. Heerbrugg, Leica Geosystems - AG: str. 3–4.
 - Marjetič, A., Stopar, B. 2007. Geodetski datum in S-transformacija. Geodetski vestnik 51, 3: 549–564.
 - Mohammad Taha, A. A. 2008. Mapping The Underworld: Integrated GNSS Based Positioning and GIS Based GNSS Simulation. Doktorska disertacija. Nottingham, University of Nottingham, Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy School of Civil Engineering: str. 142–181.
 - Omrežje SIGNAL. 2015. Geodetska uprava Republike Slovenije.
<http://www.gu-signal.si>
(Pridobljeno 24. 07. 2015).
 - RTK Networks. Different Methods. 2009. System 1200 Newsletter, 53: 6 str.
http://incors.in.gov/System1200_53_RTK_Networks_-_The_Different_Methods.pdf
(Pridobljeno 30. 7. 2015).
 - Spreicer, M. 2013. Testiranje višjih stopenj avtomatizacije univerzalnih tahimetrov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Spreicer): 16 f.
 - State of the art Total Stations. 2011.
<http://www.gim-international.com/content/article/state-of-the-art-total-stations>
(Pridobljeno 25. 10. 2015.)
 - Sterle, O., Pavlovčič, P. P., Stopar, B. 2014. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik 58, 3: 466–481.
 - Stopar, B., Pavlovčič P. P. 2011. Satelitsko podprta geodetska izmera. Študijsko gradivo za visokošolski študij TUN. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 60 str.
 - Švarc, M., Horvat, T., Mihoković, V., Zalović, L. 2014. Primjena „Hybrid Positioning“ sustava u terenskim mjerjenjima. Ekscentar 17, pp: 50–55.
 - Tuno, N., Mulahusić, A., Marjetič, A., Kogoj, D. 2010. Pregled razvoja elektronskih tahimetrov Leica Geosystems. Geodetski vestnik 54, 4: 643–660.
 - Valh, M. M., Marjetič, A., Ježovnik, V., Kogoj, D. 2008. Avtomatski elektronski tahimetri ali kam vodi razvoj TPS sistemov. Geodetski vestnik 52, 3: 487–499.
 - Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu (ZDGRS). Uradni list RS št. 25/2014: 16. člen.

- Zorec, J., 2011. Analiza uporabnosti metod geodetske izmere GNSS za potrebe spremljanja premikov. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Zorec): 32 f.

- Topcon. 2011. Slika TopconIS Imaging Station.
http://www.topcon.co.jp/en/positioning/products/pdf/IS_E.pdf
(Pridobljeno 25. 10. 2015)
- Leica SmartStation. 2008. Slika Leica SmartStation sistema.
http://www.toposurvey.ro/secundare/Leica/SmartStation_brochure_en.pdf
(Pridobljeno 6. 7. 2015)
- Leica SmartPole. 2010. Slika Leica SmartPole sistema.
<http://surveyequipment.com/assets/index/download/id/331/>
(Pridobljeno 6. 7. 2015)
- Topcon Hybrid Positioning. Slika Topcon Hybrid Positioning.
https://www.topconpositioning.com/sites/default/files/hybrid_robotic_system_brochure_a_team_en_eu_low_0.pdfAsd
(pridobljeno 6. 7. 2015)
- Trimble IS Rover. Slika Trimble IS Rover.
http://www.couderefr.be/downloads/producten/BrochureUK_ISRover_0107.pdf
(Pridobljeno 7. 7. 2015)
- RTK VRS. Slika principa delovanja VRS metode.
<http://www.sage.unsw.edu.au/currentstudents/ug/projects/White/Introduction.html>
(Pridobljeno 19. 4. 2014)
- Leica Geosystems. Slika. Combining TPS and GPS. SmartStation and SmartPole. High performance GNSS system. 2007.
http://www.sertopo.net/Downloads-en/Leica_SmartPole_QuickGuide_en.pdf
(Pridobljeno 6. 7. 2015)
- CCR. Slika. RTK-GNSS metode izmere.
<http://canadiangis.com/guidelines-for-real-time-kinematic-rtk-surveying.php>
(Pridobljeno 28. 8. 2015)

PRILOGE

Priloga 1: Tehnične specifikacije Topcon HyperSR GNSS sprejemnika

Priloga 2: Tehnične specifikacije Topcon QS tahimetra

Priloga 3: Tehnične specifikacije Topcon Tesla kontrolerja

Priloga 4: Izpis poročila izravnave baznih vektorjev z skico mreže in elips pogreškov iz programa Magnet Office Tools

Priloga 5: Izpis poročila izravnave proste mreže z pripadajočo skico iz programa Magnet Office Tools

Priloga 6: Skica izmeritvene mreže

Priloga 7: GPS zapisnik izmere izmeritvene mreže

Priloga 8: Zapisnik izmere izmeritvene mreže z tahimetrično metodo izmere

Priloga 9: Zapisnik izmere izmeritvene mreže z metodo izmere RTK-GNSS

Priloga 10: Zapisnik detajlne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning

Priloga 11: Skica opazovanih točk detajlne izmere na ortofoto podlagi

Priloga 12: Skica detajlne izmere na digitalnem katastrskem načrtu

PRILOGA 1: TEHNIČNE SPECIFIKACIJE TOPCON HYPER SR GNSS SPREJEMNIKA (vir:

<http://geocentar.com/proizvod/hiper-sr/>)

Sledenje	
Število kanalov	226 kanalov
Signal	GPS, GLONASS, SBAS, QZSS, Galileo i Compass
Tip antene	Integrirana antena "Fence"
Natančnost pozicioniranja	
RTK (L1+L2)	H: 10 mm + 1.0 ppm
	V: 15 mm + 1.0 ppm
Hitra statika(L1)	H: 3 mm + 0.8 ppm
	V: 4 mm + 1.0 ppm
Hitra statika(L1+L2)	H: 3 mm + 0.5 ppm
	V: 5 mm + 0.5 ppm
DGPS:	H: .04 m
	V: .06 m
SBAS:	H: 1.0 m
	V: 1.5 m
Komunikacija	
RTK prenos	LongLink 300m+ doseg (Do 3 rovera istočasno)
I/V	Bluetooth, USB
Podatki in spomin	
Spomin	Interna, 4GB (2GB za firmware)
Prenos podatov v realnem času	TPS, RTCM SC104 v 2x, 3x; CMR/CMR+
ASCII izhod	NMEA 0183 verzija 2x in 3.0
Fizično	
Dimenzije	150x150x64 mm
Teža	850 g
Statusni zaslon/pločša	MINTER
Čas dela	Do 20 ur
Okolje	
Temperatura dela	Od -20°C do +65°C s internimi baterijami Od -40°C do +65°C s zunanjim polnjenjem
Temperatura skladiščenja	Od -40°C do +70°C
Vlaga	100%, kondenzacija
Odpornost na vodu/prah	IP67

PRILOGA 2: TEHNIČNE SPECIFIKACIJE TOPCON QS TAHIMETRA (vir:

<http://geocentar.com/proizvod/os-onboard-station/>)

Kotne meritve	
Min. odčitanje/natančnost	1"/2"
Povečava	30x
Min. ločljivost	3"
Kompensator	
Kompensacija	Dvoosni kompenzator
Doseg	±6'
Meritev dolžine	
Doseg meritev z 1 prizmo	4,000m
Natančnost (1 prizma)	2mm+2ppm
Doseg meritev brez prizme	500m
Natančnost (brez prizme)	3mm+2ppm (0.3-200m)
Čas meritev	Fino: 0.9 sek Hitro: 0.6 sek Sledenje: 0.4 sek
Komunikacija	
LongLink™ prenos podatkov Bluetooth	
USB 2.0 port	
RS-232C serijski port	
Osnovno	
Zaslon	Dvostrani zaslon b barvi z osvetlenim ozadjem
Tipkovnica	25 osvetlenih tipk (estranska tipkovnica)
Čas dela z baterijo	Do 18 ur
Zaščita od vode i prahu	IP65
Brezžična povezava	Bluetooth klasa 1
Temperatura v času dela	Od -30°C do +60°C
	* Modeli prilagojeni niskimi in visokimi temperaturami

PRILOGA 3: TEHNIČNE SPECIFIKACIJE TOPCON TESLA KONTROLERJA (vir:

<http://geocentar.com/proizvod/topcon-tesla-registrator-podataka-s-velikim-ekranom-u-boji>)

Osnovni podatki	
Procesor	806 Mhz PXA320
Uporabniški vmesnik	Microsoft Windows Mobile 6.5.3. Pro
Zaslon	5,7" barvni zaslon na dotik „Portrait“ ali „Landscape“ orientacija
Tipkovnica	15 kontrolnih tipk Tipka z strelicami
Kamera	3.2MP z avto fokusom
Brezžična komunikacija	
Bluetooth	2.0 +EDR, klasa 1
Wi-Fi	802.11 b/g
Antena	3G GSM/GPRS/EDGE/HSDPA 850/900/1800/1900/2100 Mhz
Baterija	
Baterija	Li-Ion 7.4VDC @ 2550mAh, 18.9 Whr
Čas polnjenja baterije	2-4 ure
Čas dela z baterijo	Do 16 ur
Število vhodov za baterijo	2
Spomin	
RAM	256 MB
ROM	4 GB
I/V	SD/SDHC port
Fizične specifikacije	
Dimenzije	136x200x51 mm
Teža	Z eno baterijo 862 g Z dve bateriji 998 g
Ohišje	Magnezij in plastika
Okolje	
Temperatura	V času dela -30°C do 60°C V skladišču -30°C do 70°C
Temperatura skladiščenja	Od -40°C do +70°C
Vlaga	100%, kondenzacija
Odpornost na vodu/prah	IP67

PRILOGA 4: IZPIS POROČILA IZRAVNAVE BAZNIH VEKTORJEV S SKICO MREŽE IN ELIPS POGREŠKOV IZ PROGRAMA MAGNET OFFICE TOOLS



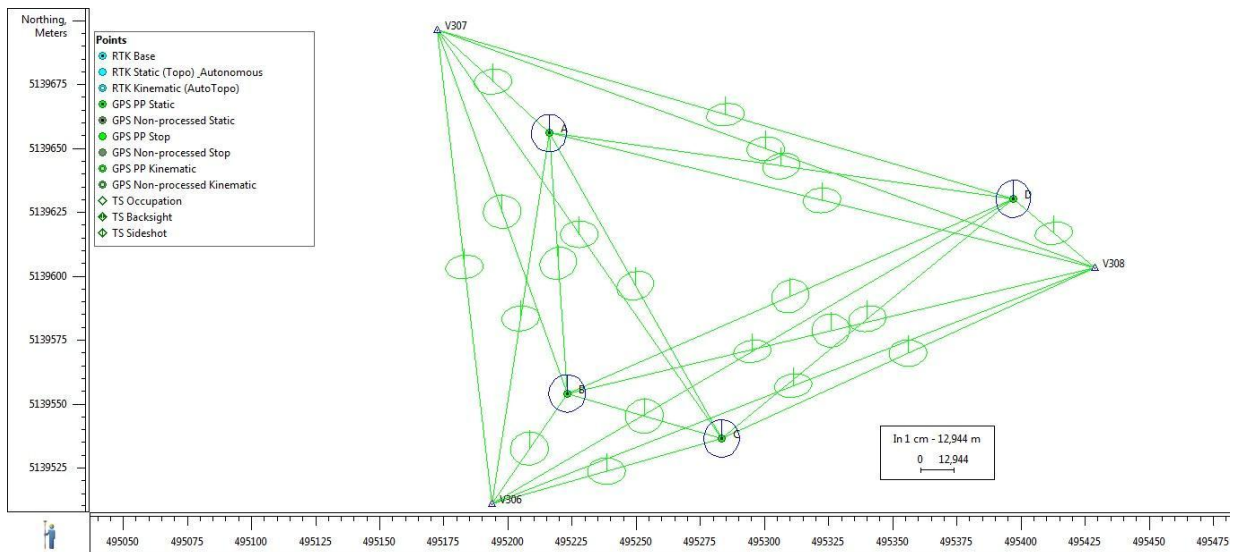
GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dH (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
A-B	-101,855	6,975	0,581	0,001	0,001
A-C	-119,514	67,200	0,449	0,001	0,001
A-D	-25,754	180,993	-0,105	0,001	0,001
A-V306	-145,014	-22,409	-43,442	0,001	0,001
A-V307	40,250	-43,624	-43,441	0,001	0,001
A-V308	-52,571	212,638	-43,443	0,001	0,001
B-C	-17,658	60,225	-0,128	0,001	0,001
B-D	76,101	174,019	-0,680	0,001	0,001
B-V306	-43,159	-29,383	-44,015	0,001	0,001
B-V307	142,104	-50,598	-44,015	0,001	0,001
B-V308	49,283	205,665	-44,015	0,001	0,001
C-D	93,760	113,793	-0,555	0,001	0,001
C-V306	-25,502	-89,610	-43,888	0,001	0,001
C-V307	159,761	-110,824	-43,888	0,001	0,001
C-V308	66,940	145,438	-43,889	0,001	0,001
D-V306	-119,262	-203,403	-43,337	0,001	0,001
D-V307	66,002	-224,618	-43,337	0,001	0,001
D-V308	-26,819	31,645	-43,338	0,001	0,001
V306-V307	185,263	-21,215	0,000	0,001	0,001
V306-V308	92,442	235,048	0,000	0,001	0,001
V307-V308	-92,821	256,263	-0,001	0,001	0,001

Point Summary

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Error Ellipse major axis (m)	Error Ellipse minor semi-axis (m)	Error Ellipse azimuth	Code
A	5139656,009	495216,025	208,440	0,001	0,000	172°20'20,9342"	
B	5139554,154	495222,999	209,017	0,000	0,000	171°03'46,1310"	
C	5139536,496	495283,225	208,889	0,000	0,000	175°26'12,5623"	
D	5139630,256	495397,019	208,337	0,001	0,000	171°41'51,4640"	
V306	5139510,995	495193,616	165,000	0,000	0,000	0°00'00,0000"	
V307	5139696,258	495172,401	165,000	0,000	0,000	0°00'00,0000"	
V308	5139603,437	495428,664	165,000	0,000	0,000	0°00'00,0000"	

Observation View



PRILOGA 5: IZPIS POROČILA IZRAVNAVE PROSTE MREŽE S PRIPADAJOČO SKICO IZ PROGRAMA MAGNET OFFICE TOOLS

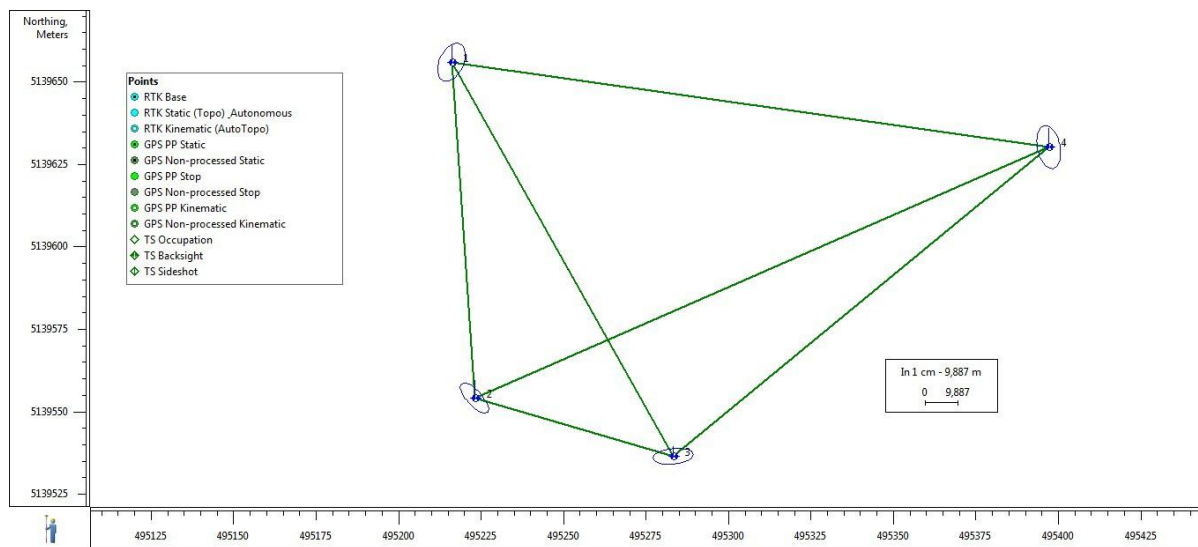


Adjustment

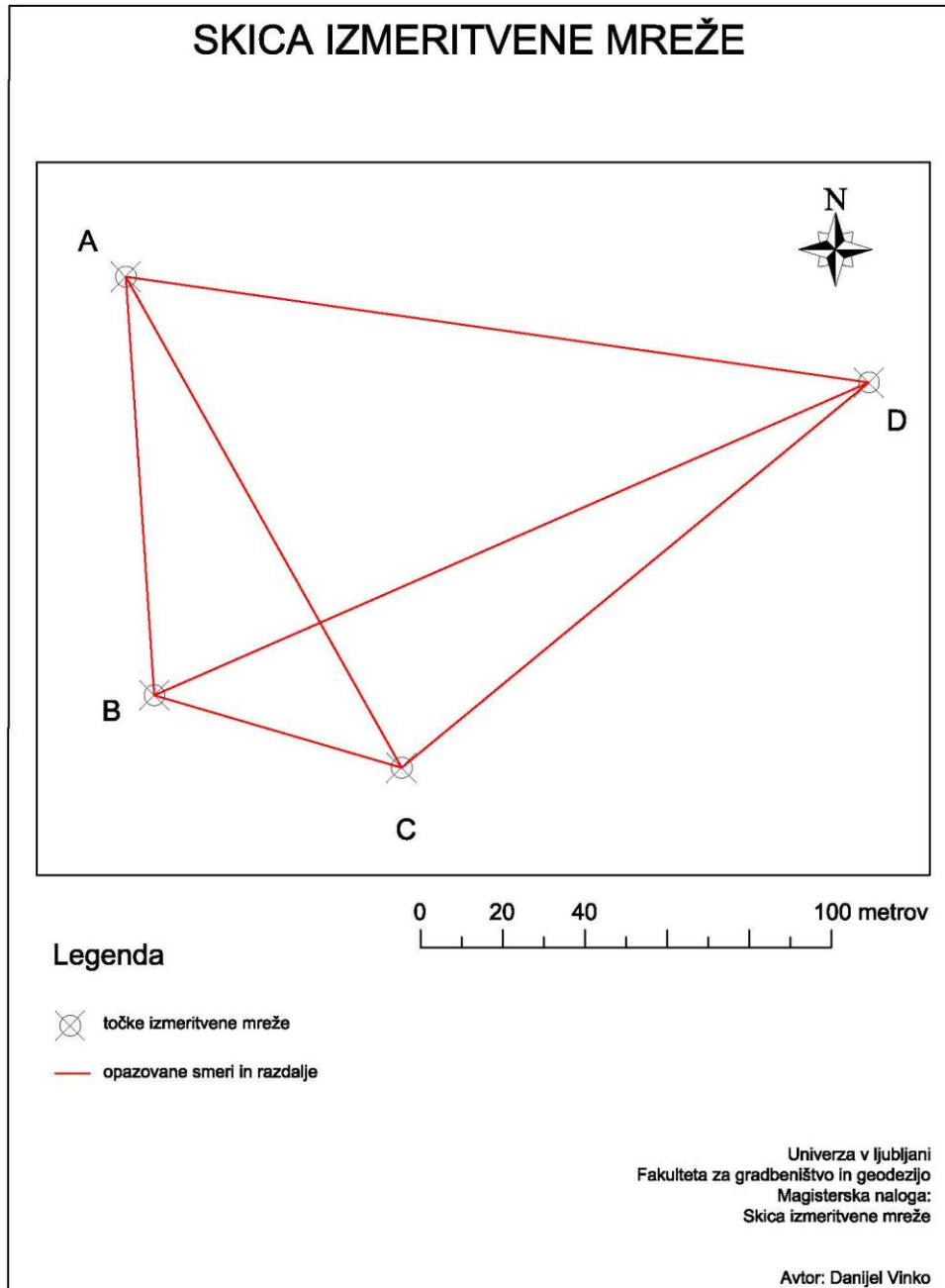
Adjustment type: Plane + Height, Inner constraint
Confidence level: 95 %
Number of adjusted points: 4
Number of plane control points: 0
A priori TSSD UWE: 2
Number of SD conditions: 11
Number of HA conditions: 9
A posteriori plane or 3D UWE: 0,7618707 , Bounds: (0,6341473 , 1,365911)
Number of height control points: 0
Number of VA conditions: 13
A posteriori height UWE: 0,764061 , Bounds: (0,5700877 , 1,431083)

Name	Ground Northing (m)	Ground Easting (m)	Ground Elevation (m)	Code	Point Summary			Error Ellipse		Error Ellipse Azimuth
					Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	major semi-axis (m)	minor semi-axis (m)	
1	5139656,021	495216,027	163,391		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	154°17'14,9261"
2	5139554,160	495223,005	163,972		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	42°37'39,9344"
3	5139536,496	495283,244	163,849		0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	95°30'07,0756"
4	5139630,276	495397,046	163,297		0,004	0,002	0,003	0,004	0,002	11°37'03,5800"

Observation View



PRILOGA 6: SKICA IZMERITVENE MREŽE



PRILOGA 7. GPS ZAPISNIK IZMERE IZMERITVENE MREŽE

Točka	GNSS sprejemnik	H[m]	Datum	Začetek meritev	Konec meritev	Čas meritev	Metoda	Hz RMS[mm]	V RMS[mm]
A	HiPer SR	1,51	19.11.2014	9:11:48	9:48:43	0:36:55	static	1,343	1,142
B	HiPer SR	1,56	19.11.2014	9:15:55	9:55:08	0:39:13	static	1,924	1,617
C	HiPer SR	1,56	19.11.2014	9:26:19	9:57:26	0:31:07	static	1,749	1,456
D	HiPer SR	1,6	19.11.2014	9:24:04	10:01:37	0:37:33	static	2,081	1,924
V306	TRM55971 TZGD	0	19.11.2014	9:25:00	9:50:00	0:25:00	static	1,423	1,221
V307	TRM55971 TZGD	0	19.11.2014	9:25:00	9:50:00	0:25:00	static	1,447	1,246
V308	TRM55971 TZGD	0	19.11.2014	9:25:00	9:50:00	0:25:00	static	1,471	1,269

PRILOGA 8. ZAPISNIK IZMERE IZMERITVENE MREŽE Z TAHIMETRIČNO METODO IZMERE

Stojišče	Girus		h [m]	Hz						V						d [m]
				1 lega [° ' "]	2 lega [° ' "]	1 lega [° ' "]	2 lega [° ' "]	1 lega [° ' "]	2 lega [° ' "]							
A	1	B	1,552	0	0	0	179	59	58	89	40	22	270	19	47	102,101
		C	1,552	334	34	0	154	34	0	89	46	52	270	13	15	137,13
		D	1,552	282	0	50	102	0	50	90	0	6	270	0	6	182,84
	2	B	1,552	359	59	56	179	59	55	89	40	23	270	19	51	102,101
		C	1,552	334	34	2	154	34	1	89	46	51	270	13	15	137,13
		D	1,552	282	0	53	102	0	53	90	0	5	270	0	5	182,84
B	1	A	1,53	359	59	59	179	59	57	90	18	34	269	41	33	102,106
		C	1,53	110	15	40	290	15	38	90	1	37	269	58	29	62,768
		D	1,53	70	17	51	250	17	50	90	9	48	269	50	14	189,957
	2	A	1,53	359	59	55	179	59	55	90	18	30	269	41	34	102,106
		C	1,53	110	15	33	290	15	35	90	1	31	269	58	29	62,768
		D	1,53	70	17	46	250	17	45	90	9	50	269	50	14	189,957
C	1	A	1,6	0	0	6	180	0	3	90	12	26	269	47	36	137,13
		B	1,6	315	41	49	135	41	52	89	55	29	270	4	39	62,768
		D	1,6	79	51	39	259	51	39	90	11	19	269	48	47	147,468
	2	A	1,6	0	0	9	180	0	7	90	12	24	269	47	38	137,13
		B	1,6	315	41	54	135	41	56	89	55	25	270	4	40	62,769
		D	1,6	79	51	41	259	51	41	90	11	18	269	48	48	147,467
D	1	A	1,64	0	0	1	180	0	2	89	59	47	270	0	15	182,842
		B	1,64	328	17	3	148	16	58	89	49	24	270	10	42	189,956
		C	1,64	312	24	54	132	24	53	59	47	41	270	12	24	147,468

PRILOGA 9. ZAPISNIK IZMERE IZMERITVENE MREŽE Z IZMERO RTK-GNSS

Točka	<i>N</i> [m]	<i>E</i> [m]	<i>H</i> [m]	Kod	<i>H</i> <i>RMS</i>	<i>V</i> <i>RMS</i>	Datum	Čas	PDOP	HDOP	VDOP	Reš.	GPS	GLN.
A1	5139656,010	495216,029	163,391	go	0,001	0,002	19.11.2014	10:14:31	2,207	1,005	1,964	FIX.	6	6
A2	5139656,000	495216,022	163,388	go	0,001	0,001	19.11.2014	10:15:54	2,105	1,12	2,001	FIX.	6	6
A3	5139656,006	495216,027	163,393	go	0,001	0,001	19.11.2014	10:17:13	2,151	1,077	1,995	FIX.	6	6
B1	5139554,156	495223,007	163,973	go	0,001	0,002	19.11.2014	10:30:44	2,253	1,025	2,006	FIX.	6	6
B2	5139554,149	495223,005	163,975	go	0,001	0,001	19.11.2014	10:31:56	2,211	1,022	1,998	FIX.	6	6
B3	5139554,155	495223,005	163,972	go	0,001	0,001	19.11.2014	10:32:48	2,24	1,026	1,997	FIX.	6	6
C1	5139536,488	495283,231	163,846	go	0,001	0,002	19.11.2014	10:46:11	2,268	1,032	2,02	FIX.	6	6
C2	5139536,494	495283,225	163,850	go	0,001	0,001	19.11.2014	10:47:36	1,958	0,988	1,56	FIX.	7	6
C3	5139536,490	495283,224	163,851	go	0,001	0,001	19.11.2014	10:48:28	1,981	0,985	1,559	FIX.	7	6
D1	5139630,260	495397,024	163,292	go	0,001	0,002	19.11.2014	11:02:01	1,836	0,972	1,557	FIX.	7	6
D2	5139630,255	495397,024	163,294	go	0,001	0,002	19.11.2014	11:03:20	1,839	0,977	1,554	FIX.	7	6
D3	5139630,252	495397,023	163,292	go	0,001	0,002	19.11.2014	11:04:26	1,722	0,972	1,559	FIX.	7	6

PRILOGA 10: ZAPISNIK DETAJLNE IZMERE S UPORABO SISTEMA TOPCON HYBRID POSITIONING

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
A	495216,022	5139656,000	163,388	go										
B	495223,004	5139554,149	163,976	go										
C	495283,225	5139536,494	163,850	go										
D	495397,024	5139630,255	163,294	go										
PS	495235,043	5139568,322	165,270	go										
100	495196,006	5139653,446	163,423	cesta								20.11.2014	8:40:11	
101	495199,566	5139647,421	163,464	cesta								20.11.2014	8:41:29	
102	495190,878	5139659,965	163,310	cesta								20.11.2014	8:41:35	
103	495195,368	5139661,355	163,282	cesta								20.11.2014	8:42:03	
104	495197,628	5139664,394	163,232	cesta								20.11.2014	8:43:55	
105	495205,345	5139664,963	163,223	cesta								20.11.2014	8:44:36	
106	495208,528	5139662,180	163,265	cesta								20.11.2014	8:44:59	
107	495212,519	5139661,558	163,274	cesta								20.11.2014	8:46:03	
108	495219,400	5139662,153	163,226	cesta								20.11.2014	8:53:16	
109	495220,166	5139655,975	163,358	cesta								20.11.2014	8:54:42	
110	495213,099	5139655,691	163,370	cesta								20.11.2014	8:55:14	
111	495207,470	5139653,285	163,386	cesta								20.11.2014	8:57:43	
112	495205,481	5139645,338	163,426	cesta								20.11.2014	8:57:33	
113	495200,103	5139639,273	163,506	cesta								20.11.2014	8:57:56	
114	495199,575	5139638,174	163,532	cesta								20.11.2014	9:15:41	
115	495198,715	5139637,784	163,505	cesta								20.11.2014	9:16:02	
116	495195,836	5139637,408	163,467	cesta								20.11.2014	9:22:49	
117	495205,441	5139625,290	163,439	saht	0,003	0,004	0,768	1,579	1,379	8	7	20.11.2014	9:23:53	FIX.
118	495202,095	5139658,003	163,276	saht	0,003	0,004	0,769	1,579	1,379	8	7	20.11.2014	9:24:30	FIX.

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje tabele Zapisnika detajlne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
119	495217,221	5139658,325	163,308	saht	0,003	0,004	0,769	1,579	1,379	8	7	20.11.2014	9:24:54	FIX.
120	495212,795	5139654,635	163,311	voda	0,003	0,004	0,769	1,579	1,379	8	7	20.11.2014	9:25:31	FIX.
121	495209,887	5139654,094	163,384	plin	0,003	0,004	0,769	1,578	1,378	8	7	20.11.2014	9:26:27	FIX.
122	495260,958	5139662,019	163,219	saht	0,003	0,004	0,77	1,577	1,376	8	7	20.11.2014	9:27:24	FIX.
123	495293,151	5139664,441	163,250	saht	0,002	0,004	0,729	1,486	1,295	9	7	20.11.2014	9:28:00	FIX.
124	495306,453	5139665,385	163,130	saht	0,003	0,005	0,721	1,468	1,279	9	7	20.11.2014	9:28:40	FIX.
125	495356,096	5139668,707	163,260	saht	0,002	0,004	0,741	1,523	1,331	9	7	20.11.2014	9:29:32	FIX.
126	495318,895	5139673,295	162,416	vegetacija	0,003	0,005	0,804	1,669	1,463	8	7	20.11.2014	9:30:58	FIX.
127	495342,128	5139674,750	162,388	vegetacija	0,004	0,006	0,856	1,743	1,519	8	5	20.11.2014	9:31:26	FIX.
128	495371,026	5139677,053	162,518	vegetacija	0,003	0,005	0,914	1,856	1,615	8	5	20.11.2014	9:31:58	FIX.
129	495401,765	5139678,059	162,610	vegetacija	0,003	0,005	0,725	1,475	1,285	9	7	20.11.2014	9:32:35	FIX.
130	495406,012	5139671,834	163,368	saht	0,003	0,004	0,726	1,476	1,285	9	7	20.11.2014	9:32:54	FIX.
131	495410,513	5139641,337	163,044	plin	0,002	0,004	0,727	1,476	1,284	9	7	20.11.2014	9:33:48	FIX.
132	495421,531	5139637,960	163,181	cesta	0,002	0,004	0,727	1,475	1,284	9	7	20.11.2014	9:34:41	FIX.
133	495407,003	5139637,075	163,069	cesta	0,003	0,004	0,744	1,541	1,349	9	6	20.11.2014	9:35:04	FIX.
134	495405,488	5139637,513	163,051	cesta	0,003	0,004	0,744	1,541	1,349	9	6	20.11.2014	9:35:13	FIX.
135	495397,735	5139632,743	163,117	cesta	0,003	0,005	0,759	1,569	1,373	9	6	20.11.2014	9:35:31	FIX.
136	495412,455	5139614,980	163,314	cesta	0,003	0,005	0,899	1,745	1,495	8	5	20.11.2014	9:36:03	FIX.
137	495409,295	5139618,992	163,279	cesta	0,003	0,005	0,882	1,759	1,522	8	6	20.11.2014	9:36:17	FIX.
138	495404,665	5139621,000	163,326	cesta	0,003	0,005	0,852	1,685	1,454	8	6	20.11.2014	9:36:30	FIX.
139	495398,363	5139619,116	163,381	cesta	0,003	0,005	0,872	1,748	1,515	7	6	20.11.2014	9:36:45	FIX.
140	495418,687	5139618,291	163,120	cesta	0,003	0,005	0,884	1,79	1,556	8	5	20.11.2014	9:37:10	FIX.
141	495415,999	5139623,819	163,080	cesta	0,003	0,005	0,858	1,762	1,539	9	4	20.11.2014	9:37:24	FIX.
142	495418,563	5139630,849	163,109	cesta	0,003	0,005	0,88	1,721	1,479	7	6	20.11.2014	9:37:39	FIX.

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje tabele Zapisnika detaljne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
143	495425,060	5139633,143	163,185	cesta	0,003	0,005	0,926	1,783	1,524	7	6	20.11.2014	9:37:54	FIX.
144	495395,853	5139632,254	163,261	stazica	0,003	0,004	0,746	1,541	1,349	9	6	20.11.2014	9:38:46	FIX.
145	495391,321	5139633,619	163,210	stazica	0,003	0,004	0,746	1,541	1,348	9	6	20.11.2014	9:39:01	FIX.
146	495383,039	5139632,965	163,187	stazica	0,003	0,004	0,773	1,611	1,414	9	6	20.11.2014	9:39:18	FIX.
147	495382,505	5139630,159	163,203	stazica	0,003	0,004	0,747	1,54	1,347	9	6	20.11.2014	9:39:32	FIX.
148	495387,270	5139627,704	163,266	stazica	0,003	0,004	0,747	1,54	1,347	9	6	20.11.2014	9:39:51	FIX.
149	495389,104	5139625,348	163,317	stazica	0,003	0,005	0,747	1,54	1,346	9	6	20.11.2014	9:40:04	FIX.
150	495389,579	5139622,347	163,418	stazica	0,003	0,004	0,747	1,539	1,346	9	6	20.11.2014	9:40:17	FIX.
151	495394,152	5139625,981	163,357	stazica	0,003	0,004	0,747	1,539	1,345	9	6	20.11.2014	9:40:31	FIX.
152	495395,757	5139628,847	163,309	stazica	0,003	0,004	0,747	1,538	1,345	9	6	20.11.2014	9:40:43	FIX.
156	495357,655	5139631,130	162,891	stazica	0,002	0,004	0,664	1,306	1,125	9	7	20.11.2014	9:43:24	FIX.
157	495354,605	5139632,540	162,877	stazica	0,002	0,004	0,664	1,306	1,125	9	7	20.11.2014	9:43:39	FIX.
158	495354,376	5139635,602	162,878	stazica	0,002	0,004	0,664	1,306	1,125	9	7	20.11.2014	9:43:55	FIX.
159	495345,602	5139624,442	162,876	stazica	0,002	0,004	0,669	1,325	1,144	9	7	20.11.2014	9:44:20	FIX.
160	495347,659	5139628,908	162,840	stazica	0,002	0,004	0,664	1,307	1,125	9	7	20.11.2014	9:44:35	FIX.
161	495345,832	5139633,289	162,806	stazica	0,002	0,004	0,664	1,307	1,125	9	7	20.11.2014	9:44:51	FIX.
162	495349,497	5139635,628	162,828	stazica	0,002	0,004	0,664	1,306	1,125	9	7	20.11.2014	9:45:26	FIX.
164	495381,664	5139632,858	163,200	stazica								20.11.2014	9:46:51	
165	495359,807	5139631,284	162,948	stazica								20.11.2014	9:47:46	
166	495352,645	5139628,726	162,923	stazica								20.11.2014	9:48:29	
167	495346,132	5139624,724	162,900	stazica								20.11.2014	9:49:23	
168	495359,303	5139628,886	162,957	stazica								20.11.2014	9:50:09	
169	495353,771	5139626,955	162,940	stazica								20.11.2014	9:51:43	
170	495347,297	5139622,830	162,952	stazica								20.11.2014	9:52:28	

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje tabele Zapisnika detajlne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
171	495334,914	5139614,963	162,953	stazica								20.11.2014	9:52:53	
172	495333,232	5139616,952	162,916	stazica								20.11.2014	9:53:16	
173	495302,543	5139598,277	162,917	stazica								20.11.2014	9:54:42	
174	495304,186	5139596,066	162,924	stazica								20.11.2014	9:55:14	
175	495281,107	5139581,809	163,137	stazica								20.11.2014	9:57:43	
176	495279,401	5139584,093	163,131	stazica								20.11.2014	9:57:33	
177	495275,181	5139580,876	163,174	stazica								20.11.2014	9:57:56	
178	495272,924	5139575,712	163,202	stazica								20.11.2014	9:58:36	
179	495276,927	5139577,806	163,135	stazica								20.11.2014	9:59:03	
180	495275,490	5139573,862	163,251	stazica								20.11.2014	10:59:26	
181	495341,896	5139634,731	162,773	di	0,002	0,004	0,664	1,306	1,125	9	7	20.11.2014	10:00:55	FIX.
182	495318,715	5139633,161	162,792	di	0,002	0,004	0,664	1,306	1,124	9	7	20.11.2014	10:01:22	FIX.
183	495287,430	5139631,000	162,928	di	0,002	0,004	0,664	1,306	1,124	9	7	20.11.2014	10:01:53	FIX.
184	495286,368	5139629,977	162,946	di	0,002	0,004	0,664	1,305	1,124	9	7	20.11.2014	10:02:02	FIX.
185	495286,795	5139627,229	162,959	di	0,002	0,004	0,664	1,305	1,124	9	7	20.11.2014	10:02:13	FIX.
186	495288,951	5139620,658	162,999	di	0,002	0,004	0,664	1,305	1,123	9	7	20.11.2014	10:02:32	FIX.
187	495294,295	5139608,488	163,009	di	0,002	0,004	0,664	1,305	1,123	9	7	20.11.2014	10:02:51	FIX.
188	495300,159	5139598,670	162,916	di	0,002	0,004	0,664	1,304	1,122	9	7	20.11.2014	10:03:10	FIX.
189	495300,825	5139598,164	162,927	di	0,002	0,004	0,665	1,303	1,121	9	7	20.11.2014	10:03:40	FIX.
190	495302,576	5139598,342	162,897	di	0,002	0,004	0,665	1,303	1,121	9	7	20.11.2014	10:03:50	FIX.
191	495305,065	5139617,760	162,997	di	0,003	0,004	0,697	1,391	1,203	8	7	20.11.2014	10:04:15	FIX.
192	495309,382	5139615,606	162,973	di	0,002	0,004	0,697	1,391	1,204	8	7	20.11.2014	10:04:32	FIX.
193	495317,407	5139617,658	162,912	di	0,002	0,004	0,697	1,392	1,204	8	7	20.11.2014	10:04:47	FIX.
194	495320,301	5139620,081	162,874	di	0,003	0,004	0,698	1,392	1,205	8	7	20.11.2014	10:04:59	FIX.

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje tabele Zapisnika detaljne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
195	495319,300	5139623,154	162,882	di	0,002	0,004	0,698	1,392	1,205	8	7	20.11.2014	10:05:11	FIX.
196	495315,627	5139623,809	162,888	di	0,003	0,004	0,698	1,393	1,205	8	7	20.11.2014	10:05:24	FIX.
197	495307,595	5139621,724	162,936	di	0,002	0,004	0,718	1,421	1,226	8	7	20.11.2014	10:05:40	FIX.
198	495282,976	5139629,358	162,927	stazica	0,003	0,004	0,698	1,394	1,206	8	7	20.11.2014	10:06:18	FIX.
199	495281,504	5139630,589	162,944	stazica	0,002	0,004	0,698	1,394	1,207	8	7	20.11.2014	10:06:29	FIX.
200	495285,421	5139621,247	162,964	stazica	0,002	0,004	0,698	1,394	1,207	8	7	20.11.2014	10:06:46	FIX.
201	495290,871	5139608,400	162,992	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,207	8	7	20.11.2014	10:07:06	FIX.
202	495297,286	5139597,217	162,922	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,207	8	7	20.11.2014	10:07:26	FIX.
203	495297,422	5139595,810	162,947	stazica	0,002	0,004	0,713	1,402	1,207	8	7	20.11.2014	10:07:36	FIX.
204	495296,566	5139594,603	162,998	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,207	8	7	20.11.2014	10:07:47	FIX.
205	495298,849	5139592,525	163,004	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,207	8	7	20.11.2014	10:08:01	FIX.
206	495300,672	5139592,562	162,951	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,207	8	7	20.11.2014	10:08:12	FIX.
207	495301,829	5139591,549	162,943	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,207	8	7	20.11.2014	10:08:25	FIX.
208	495304,158	5139592,996	162,930	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,208	8	7	20.11.2014	10:08:36	FIX.
209	495303,716	5139594,727	162,935	stazica	0,002	0,004	0,699	1,395	1,207	8	7	20.11.2014	10:08:46	FIX.
210	495305,435	5139596,556	162,921	stazica	0,002	0,004	0,7	1,396	1,207	8	7	20.11.2014	10:09:04	FIX.
211	495322,636	5139569,232	163,638	stazica	0,003	0,004	0,725	1,472	1,281	7	7	20.11.2014	10:09:45	FIX.
212	495320,725	5139567,721	163,659	stazica	0,003	0,004	0,726	1,473	1,282	7	7	20.11.2014	10:10:05	FIX.
213	495331,970	5139588,643	163,215	drvo	0,003	0,004	0,732	1,482	1,289	7	7	20.11.2014	10:10:47	FIX.
214	495354,940	5139605,752	163,312	drvo	0,002	0,004	0,688	1,322	1,13	8	7	20.11.2014	10:11:17	FIX.
215	495340,521	5139613,203	162,977	drvo	0,002	0,004	0,688	1,324	1,131	8	7	20.11.2014	10:11:41	FIX.
216	495330,372	5139608,292	162,882	drvo	0,003	0,004	0,71	1,409	1,217	8	7	20.11.2014	10:11:59	FIX.
217	495325,964	5139605,452	162,899	drvo	0,003	0,004	0,688	1,326	1,133	8	7	20.11.2014	10:12:14	FIX.
218	495317,881	5139600,750	162,963	drvo	0,002	0,004	0,716	1,395	1,197	8	7	20.11.2014	10:12:35	FIX.

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje tabele Zapisnika detajlne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
219	495313,868	5139597,557	162,995	drvo	0,002	0,004	0,694	1,342	1,149	8	7	20.11.2014	10:13:01	FIX.
220	495280,731	5139594,009	163,144	drvo	0,002	0,004	0,699	1,346	1,151	8	7	20.11.2014	10:13:39	FIX.
221	495274,539	5139616,522	163,068	drvo	0,003	0,004	0,688	1,332	1,14	8	7	20.11.2014	10:14:06	FIX.
222	495275,649	5139630,150	162,925	di	0,002	0,004	0,689	1,333	1,142	8	7	20.11.2014	10:14:29	FIX.
223	495258,333	5139628,917	162,776	di	0,002	0,004	0,689	1,334	1,143	8	7	20.11.2014	10:14:51	FIX.
224	495256,906	5139627,970	162,758	di	0,003	0,004	0,689	1,335	1,143	8	7	20.11.2014	10:15:02	FIX.
225	495256,965	5139625,982	162,791	di	0,002	0,004	0,689	1,335	1,144	8	7	20.11.2014	10:15:13	FIX.
226	495260,684	5139613,722	162,988	di	0,002	0,004	0,689	1,336	1,145	8	7	20.11.2014	10:15:32	FIX.
227	495266,985	5139598,681	163,089	di	0,002	0,004	0,689	1,337	1,146	8	7	20.11.2014	10:15:53	FIX.
228	495275,508	5139583,790	163,106	di	0,002	0,004	0,689	1,338	1,147	8	7	20.11.2014	10:16:28	FIX.
229	495292,962	5139570,389	163,310	drvo	0,002	0,004	0,689	1,34	1,149	8	7	20.11.2014	10:17:15	FIX.
230	495272,117	5139526,782	163,818	plin	0,003	0,004	0,722	1,401	1,2	8	7	20.11.2014	10:18:34	FIX.
231	495269,441	5139526,850	163,930	stazica	0,002	0,004	0,69	1,343	1,152	8	7	20.11.2014	10:19:00	FIX.
232	495269,220	5139537,578	163,731	stazica	0,002	0,004	0,69	1,343	1,153	8	7	20.11.2014	10:19:22	FIX.
233	495266,851	5139537,590	163,724	stazica	0,002	0,004	0,69	1,344	1,153	8	7	20.11.2014	10:19:34	FIX.
234	495266,826	5139524,878	163,904	stazica	0,002	0,004	0,69	1,344	1,153	8	7	20.11.2014	10:19:55	FIX.
235	495271,555	5139522,622	163,823	saht	0,002	0,004	0,69	1,344	1,154	8	7	20.11.2014	10:20:12	FIX.
236	495261,243	5139527,457	164,024	plin	0,002	0,004	0,69	1,345	1,154	8	7	20.11.2014	10:20:38	FIX.
237	495292,686	5139539,439	163,689	saht	0,002	0,004	0,691	1,346	1,155	8	7	20.11.2014	10:22:07	FIX.
241	495394,893	5139623,979	163,268	cesta								20.11.2014	10:23:53	
242	495398,660	5139619,335	163,397	cesta								20.11.2014	10:24:36	
243	495337,504	5139570,796	163,650	cesta								20.11.2014	10:24:54	
244	495333,370	5139575,124	163,523	cesta								20.11.2014	10:25:26	
245	495271,228	5139525,862	163,792	cesta								20.11.2014	10:27:24	

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje tabele Zapisnika detaljne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
246	495266,497	5139523,967	163,858	cesta								20.11.2014	10:28:09	
247	495259,933	5139526,679	163,921	cesta								20.11.2014	10:29:32	
248	495275,203	5139521,332	163,881	cesta								20.11.2014	10:30:48	
249	495271,933	5139514,754	163,937	cesta								20.11.2014	10:31:18	
250	495273,840	5139508,910	163,961	cesta								20.11.2014	10:31:54	
251	495268,621	5139504,223	164,079	cesta								20.11.2014	10:32:54	
252	495262,636	5139507,650	164,150	cesta								20.11.2014	10:33:41	
253	495255,547	5139505,431	164,138	cesta								20.11.2014	10:35:04	
254	495251,899	5139510,180	164,089	cesta								20.11.2014	10:35:13	
255	495255,572	5139517,696	164,025	cesta								20.11.2014	10:35:31	
256	495254,485	5139523,988	164,032	cesta								20.11.2014	10:36:17	
257	495249,783	5139529,916	164,009	cesta								20.11.2014	10:36:30	
258	495249,078	5139530,209	164,015	cesta								20.11.2014	10:36:45	
259	495248,275	5139529,809	163,993	cesta								20.11.2014	10:37:24	
260	495245,421	5139527,450	163,964	cesta								20.11.2014	10:37:54	
261	495253,581	5139534,756	163,867	cesta								20.11.2014	10:39:01	
262	495230,781	5139560,447	163,740	saht	0,002	0,004	0,691	1,346	1,154	8	7	20.11.2014	10:39:36	FIX.
263	495197,337	5139645,945	163,536	voda	0,002	0,004	0,674	1,272	1,079	8	8	20.11.2014	10:42:18	FIX.
267	495404,013	5139637,789	163,042	livada	0,002	0,004	0,673	1,274	1,082	7	9	20.11.2014	10:48:10	FIX.
268	495401,892	5139655,204	162,835	livada	0,002	0,004	0,673	1,276	1,084	7	9	20.11.2014	10:48:33	FIX.
269	495400,555	5139665,832	162,818	livada	0,003	0,004	0,716	1,321	1,11	7	8	20.11.2014	10:48:57	FIX.
270	495355,974	5139663,020	162,748	livada	0,002	0,004	0,672	1,28	1,089	7	9	20.11.2014	10:49:41	FIX.
271	495306,208	5139661,766	162,556	livada	0,002	0,004	0,672	1,282	1,092	7	9	20.11.2014	10:50:28	FIX.
272	495266,570	5139659,073	162,627	livada	0,002	0,004	0,7	1,333	1,134	7	9	20.11.2014	10:51:08	FIX.

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje tabele Zapisnika detajlne izmere s uporabo sistema Topcon Hybrid positioning.

Točka	E[m]	N[m]	H[m]	Kod	HRMS	VRMS	HDOP	PDOP	VDOP	GPS	GLN.	Datum	Čas	Reš.
273	495219,950	5139655,861	163,368	livada	0,002	0,004	0,69	1,317	1,122	7	9	20.11.2014	10:51:55	FIX.
277	495152,999	5139652,020	163,585	cesta	0,002	0,003	0,757	1,371	1,144	8	6	20.11.2014	10:57:28	FIX.
278	495152,254	5139658,041	163,443	cesta	0,002	0,003	0,657	1,187	0,989	9	7	20.11.2014	10:57:40	FIX.
279	495164,979	5139658,381	163,401	cesta	0,002	0,003	0,657	1,187	0,989	9	7	20.11.2014	10:57:59	FIX.
280	495166,253	5139652,388	163,545	cesta	0,002	0,003	0,697	1,264	1,054	8	7	20.11.2014	10:58:31	FIX.
281	495191,405	5139653,994	163,485	cesta	0,002	0,003	0,656	1,186	0,988	9	7	20.11.2014	10:59:11	FIX.
282	495208,191	5139626,716	163,407	cesta	0,002	0,003	0,835	1,519	1,269	9	5	20.11.2014	11:00:42	FIX.
283	495212,576	5139608,284	163,446	cesta	0,002	0,003	0,835	1,516	1,265	9	5	20.11.2014	11:01:34	FIX.
284	495206,195	5139638,694	163,431	cesta								20.11.2014	11:01:53	
285	495219,823	5139587,677	163,578	cesta								20.11.2014	11:02:32	
286	495228,500	5139569,946	163,679	cesta								20.11.2014	11:02:51	
287	495235,698	5139558,390	163,747	cesta								20.11.2014	11:03:10	
288	495244,950	5139545,760	163,800	cesta								20.11.2014	11:03:50	
289	495236,992	5139538,215	163,869	cesta								20.11.2014	11:04:47	
290	495219,144	5139564,199	163,748	cesta								20.11.2014	11:05:24	
291	495210,613	5139581,527	163,643	cesta								20.11.2014	11:06:18	
292	495201,835	5139605,820	163,528	cesta								20.11.2014	11:07:36	
293	495198,312	5139620,998	163,503	cesta								20.11.2014	11:08:12	
295	495227,444	5139550,500	163,845	rasvjeta								20.11.2014	11:10:05	
296	495250,673	5139515,749	164,272	rasvjeta								20.11.2014	11:11:17	
297	495275,146	5139519,564	164,006	rasvjeta								20.11.2014	11:11:59	
298	495299,222	5139538,427	163,909	rasvjeta								20.11.2014	11:12:35	
299	495329,048	5139562,145	163,792	rasvjeta								20.11.2014	11:13:01	
300	495361,633	5139587,984	163,634	rasvjeta								20.11.2014	11:13:39	
301	495393,249	5139613,051	163,559	rasvjeta								20.11.2014	11:14:29	

PRILOGA 11: SKICA OPAZOVANIH TOČK DETAJLNE IZMERE NA ORTOFOTO PODLAGI

SKICA DETAJLNE IZMERE

M 1:1500



Legenda

- ⊗ detaljne točke
- ⊕ točke izmeritvene mreže
- ⊞ stojišče instrumenta

MBR. 302813
K.O. ČAKOVEC

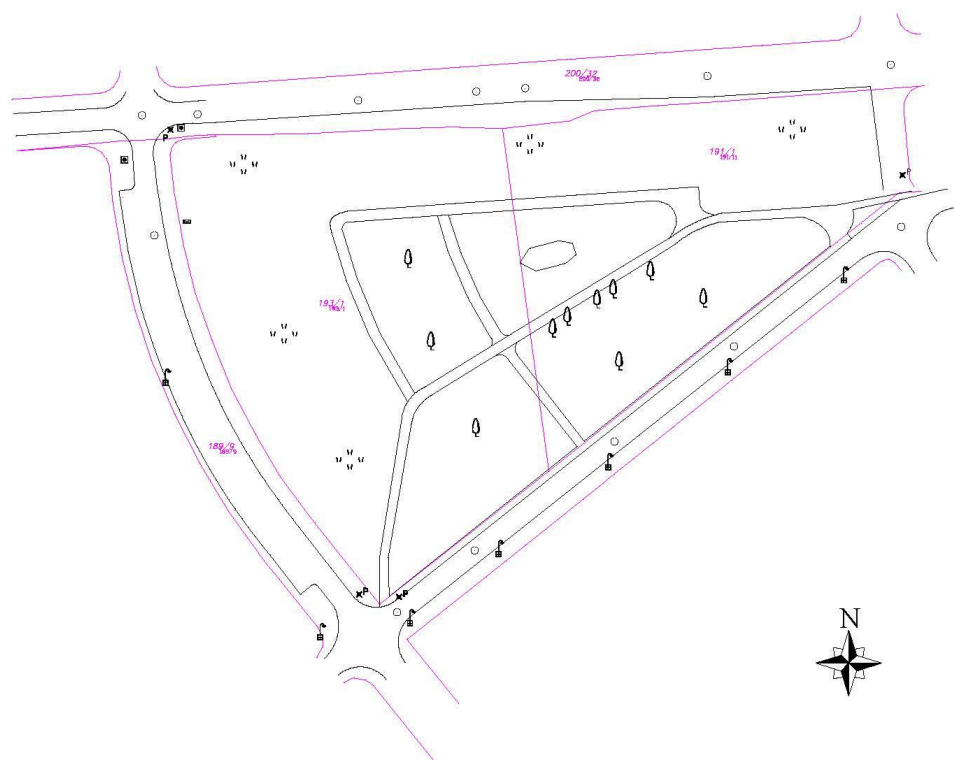
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Magisterska naloga:
Skica detajlnih točk na DOF podlagi

Avtor: Danijel Vinko

PRILOGA 12: SKICA DETAJLNE IZMERE NA DIGITALNEM KATASTRSKEM NAČRTU

SKICA DETAJLNE IZMERE

M 1:1500



Legenda

- meja parcele
- vodovodni jašek
- jašek komunalnih vodov
- ✕ plinski zapirac
- ⌋ svetilka na drogu
- ⊕ značilno listnato drevo
- u zelenica

MBR. 302813
K.O. ČAKOVEC

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Magisterska naloga:
Skica detajlne izmere na DKN podlagi

Avtor: Danijel Vinko