

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:

Gojčič, Ž., 2013. Primerjava zakoličevanja točk z različnimi metodami. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Urbančič, T.): 33 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Gojčič, Ž., 2013. Primerjava zakoličevanja točk z različnimi metodami. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Urbančič, T.): 33 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE GEODEZIJE
IN GEOINFORMATIKE

Kandidat:

ŽAN GOJČIČ

**PRIMERJAVA ZAKOLIČEVANJA TOČK Z
RAZLIČNIMI METODAMI**

Diplomska naloga št.: 26/GIG

**COMPARISON OF DIFFERENT SETTING OUT
METHODS**

Graduation thesis No.: 26/GIG

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 01. 07. 2013

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani **ŽAN GOJČIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**PRIMERJAVA ZAKOLIČEVANJA TOČK Z RAZLIČNIMI METODAMI**«.

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

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

Rače, 19. 6. 2013

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.5(043.2)
Avtor:	Žan Gojčič
Mentor:	doc. dr. Božo Koler
Somentor:	asist. Tilen Urbančič
Naslov:	Primerjava zakoličevanja točk z različnimi metodami
Tip dokumenta:	Diplomska naloga
Obseg in oprema:	33 strani, 17 preglednic, 20 slik, 7 enačb
Ključne besede:	zakoličevanje, prosto stojišče, polarna metoda, natančnost

Izvleček

V diplomski nalogi so predstavljene različne metode zakoličevanja. Na praktičnem primeru zakoličbe je izvedena tudi primerjava posameznih metod. Objekt je bil zakoličen po polarni metodi, polarni metodi s prostega stojišča z dobro in slabo razporeditvijo danih točk in s prenosom osi z gradbenih profilov. Primerjava metod vsebuje premike po koordinatnih oseh, vektorje premikov ter smeri premikov.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.5(043.2)
Author:	Žan Gojčič
Supervisor:	assist. prof. Božo Koler, Ph.D.
Co-advisor:	assist. Tilen Urbančič
Title:	Comparison of Different Setting out Methods
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	33 p., 17 tab., 20 fig., 7 eq.
Key words:	setting out, free station, polar method, accuracy

Abstract:

The aim of this graduation thesis is to present various setting out methods. The analysis of a practical example shows the accuracy of each method. The object was set out by the polar method, free-standing polar method with a good distribution of given points, free-standing polar method with a poor distribution of given points, and by transfer off of building profiles. The comparison includes shifts along the coordinate axes, vectors of motion, and the directions of movements.

ZAHVALA

Za pomoč, številne koristne nasvete in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Božu Kolerju ter somentorju asist. Tilnu Urbančiču.

Zahvaljujem se tudi svojim staršem, Barbari in vsem sošolcem, ki so mi bili tekom študijskih let v pomoč, vzpodbudo ter družbo.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	IV
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA	VII
1 UVOD	1
2 GEODEZIJA V INŽENIRSTVU	2
2.1 GEODETSKA DELA PRI IZGRADNJI OBJEKTOV	2
2.2 METODE ZAKOLIČEVANJA TOČK	3
2.2.1 Polarna metoda	4
2.2.2 Polarna zakoličba s prostega stojišča	6
3 PRAKTIČEN PREIZKUS NATANČNOSTI ZAKOLIČEVANJA	8
3.1 GEODETSKA MREŽA OB MOSTU ČEZ GRADAŠČICO	8
3.2 PROJEKTIRANJE OBJEKTA	9
3.3 UPORABLJENA OPREMA IN INSTRUMENTARIJ	12
3.4 GROBO ZAKOLIČEVANJE	13
3.5 ZAKOLIČBA OSI NA GRADBENIH PROFILIH	14
3.6 ORIENTACIJA MILIMETRSKIH PAPIRJEV	16
4 ZAKOLIČEVANJE TOČK Z RAZLIČNIMI METODAMI	18
4.1 ZAKOLIČBA PO POLARNI METODI	18
4.1.1 Ocena natančnosti polarne metode zakoličevanja	19
4.2 ZAKOLIČBA S PROSTEGA STOJIŠČA	20
4.2.1 Dobra razporeditev danih točk	20
4.2.2 Slaba razporeditev danih točk	22
4.3 ZAKOLIČBA PO METODI PRENOSA Z GRADBENIH PROFILOV	23
5 PRIMERJAVA POLOŽAJEV ZAKOLIČENIH TOČK Z RAZLIČNIMI METODAMI	23
5.1 PRIPRAVA PODATKOV	23
5.1.1 Podatki zakoličbe na točki T1	24
5.1.2 Podatki zakoličbe na točki T2	25
5.1.3 Podatki zakoličbe na točki T3	26
5.1.4 Podatki zakoličbe na točki T4	27
5.2 PRIMERJAVA POLOŽAJEV TOČK, ZAKOLIČENIH S PROSTEGA STOJIŠČA	28
5.2.1 Dobra razporeditev danih točk	28
5.2.2 Slaba razporeditev danih točk	29
5.3 PRIMERJAVA POLOŽAJEV TOČK ZAKOLIČENIH PO METODI PRENOSA Z GRADBENIH PROFILOV	30
6 ZAKLJUČEK	31
VIRI	33

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica polarne metode zakoličevanja (Breznikar, Koler, 2009)	5
Slika 2: Polarna zakoličba s prostega stojišča (Breznikar, Koler, 2009)	6
Slika 3: Geodetska mreža	8
Slika 4: Položaj obstoječega objekta znotraj geodetske mreže	10
Slika 5: Položaj projektiranega objekta glede na obstoječi objekt	11
Slika 6: Leica FlexLine TS06 (Leica FlexLine, 2013)	12
Slika 7: Stojišče in navezovalne točke za grobo zakoličbo	13
Slika 8: Lesen količek z milimetrskim papirjem za označevanje zakoličenih točk	14
Slika 9: Zavarovanje točke z gradbenimi profili	14
Slika 10: Zakoličba na gradbene profile in prenos zakoličenih točk na količke	15
Slika 11: Oznaka zakoličenih točk na gradbenih profilih	16
Slika 12: Vzpostavitev lokalnega koordinatnega sistema na točki	17
Slika 13: Signaliziranje točke na milimetrskem papirju	18
Slika 14: Ocena natančnosti polarne metode zakoličevanja	19
Slika 15: Prosto izbrano stojišče in navezovalne točke geodetske mreže – dobra razporeditev danih točk	20
Slika 16: Prosto izbrano stojišče in navezovalne točke geodetske mreže – slaba razporeditev danih točk	22
Slika 17: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T1	24
Slika 18: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T2	25
Slika 19: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T3	26
Slika 20: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T4	27

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koordinate točk geodetske mreže (Fröhlich, 2013)	9
Preglednica 2: Koordinate točk obstoječega objekta	11
Preglednica 3: Tehnični podatki instrumenta Leica TS06 (Leica FlexLine, 2013)	12
Preglednica 4: Lokalne koordinate zakoličenih točk s polarno metodo	18
Preglednica 5: Rezultati ocene natančnosti polarne metode zakoličevanja	20
Preglednica 6: Koordinate stojišča z natančnostjo – dobra razporeditev danih točk	21
Preglednica 7: Lokalne koordinate točk, zakoličenih s prostega stojišča – dobra razporeditev danih točk	21
Preglednica 8: Koordinate stojišča – slaba razporeditev danih točk	22
Preglednica 9: Lokalne koordinate točk, zakoličenih s prostega stojišča – slaba razporeditev danih točk	23
Preglednica 10: Lokalne koordinate točk, zakoličenih s prenosom z gradbenih profilov	23
Preglednica 11: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T1	24
Preglednica 12: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T2	25
Preglednica 13: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T3	26
Preglednica 14: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T4	27
Preglednica 15: Premiki in smeri premikov točk, zakoličenih s prostega stojišča z dobro razporeditvijo danih točk	28
Preglednica 16: Premiki in smeri premikov točk, zakoličenih s prostega stojišča s slabo razporeditvijo danih točk	29
Preglednica 17: Premiki in smeri premikov točk, zakoličenih s prenosom z gradbenih profilov	30

1 UVOD

Zakoličevanje je ena najpomembnejših nalog geodezije v inženirstvu, saj projekte oz. projektirane objekte z zakoličevanjem prenesemo v naravo. Zakoličujemo posamezne točke objektov, osi jeklenih konstrukcij, osi linijskih objektov, podporne stebre, podpore, točke v strojegradnji in druge točke. Obstaja veliko različnih metod zakoličevanja. Izbira metode je odvisna predvsem od zahtevane natančnosti in od instrumentarija, ki nam je na voljo.

Zakoličba enostavnega objekta, ki smo jo izvedli v sklopu diplomske naloge, je potekala z geodetske mreže v Ljubljani, ki je bila izravnana za potrebe izdelave druge diplomske naloge. Poizkušali smo ustvariti realno situacijo zakoličevanja, zato smo projektirali objekt in ga zakoličili z metodami, ki so v današnjem času najpogosteje v uporabi. Odločili smo se za polarno zakoličbo z danih točk in prostega stojišča, katerega koordinate so bile določene na osnovi opazovanj do danih točk geodetske mreže. Za potrebe analize kakovosti zakoličevanja točk s prostega stojišča, smo določili prosto stojišče z dobro in slabo razporeditvijo navezovalnih točk. Objekt smo zakoličili tudi z metodo prenosa osi na gradbene profile. Zakoličene osi smo nato z gradbenih profilov prenesli na količek.

Glavni cilj naloge je bil določiti odstopanja, ki se pojavijo pri zakoličbi istega objekta po različnih metodah. Želeli smo preveriti tudi vpliv razporeditve navezovalnih točk na navezovalne točke pri zakoličevanju s prostega stojišča. V diplomski nalogi je opisan celotni postopek od projektiranja objekta, grobe zakoličbe do precizne zakoličbe detajlne točke in kasnejše primerjave različnih metod.

Kot referenčne točke za primerjavo metod in odstopanj smo izbrali točke, zakoličene s polarno metodo iz dane točke geodetske mreže, z orientacijo na tri druge točke mreže. Pričakovali smo, da bomo z zakoličbo s prostega stojišča z dobro razporeditvijo navezovalnih točk in z zakoličbo s prenosom iz gradbenih profilov dobili boljše rezultate kot z zakoličbo iz prostega stojišča s slabo razporeditvijo navezovalnih točk. Pričakovani položajni premiki pri izbranih metodah in glede na natančnost uporabljenega instrumentarija znašajo od 2 do 4 mm. Pri zakoličbi s prostega stojišča s slabo razporeditvijo navezovalnih točk so pričakovani slabši rezultati. Pri zakoličbi s prostega stojišča s slabo razporeditvijo navezovalnih točk je tudi večja verjetnost, da nam geometrija danih točk in stojišča povzroči tudi zasuk zakoličenega objekta.

Diplomska naloga je sestavljena iz treh delov. V prvem delu je opisana teoretična podlaga uporabljenih metod zakoličevanja. V drugem delu je opisano delo na terenu. Tretji del pa obsega analizo rezultatov, ki smo jih dobili z zakoličbo točk na terenu.

2 GEODEZIJA V INŽENIRSTVU

Geodezija v inženirstvu je kompleksno področje geodezije, ki je še zelo mlado. Kot posamezni del geodezije se začne omenjati po II. svetovni vojni. Takrat so se začeli številni večji projekti, za katere dotedanji postopki izmere niso bili dovolj natančni. To je pomenilo začetek geodezije v inženirstvu, ki je prinesla kvalitetnejše metode geodetske izmere, kot so bile poznane do takrat. Geodezija v inženirstvu ima zelo pomembno vlogo pri vseh projektih, ki jih izvajamo v gradbeništvu, strojništvu ter pri montaži in vzdrževalnih delih na strojnih orodjih in proizvodnih linijah (Breznikar, Koler, 2009).

2.1 Geodetska dela pri izgradnji objektov

Geodet je oseba, ki na gradbišče pride prva in ga zadnja zapusti. Geodetska dela pri gradnji objektov lahko razdelimo na dela, katera geodet opravi pred, med in po izgradnji določenega objekta (Breznikar, Koler, 2009). Geodetska dela pri gradnji objektov niso opredeljena s posebnim zakonom, opisujejo pa jih mnogi člani v Zakonu o graditvi objektov (ZGO-1), Zakonu o geodetski dejavnosti (ZgeoD-1) ter Zakonu o urejanju prostora (ZUreP-1).

Geodete potrebujemo pri vseh fazah izgradnje objekta, to dejstvo daje geodeziji dodatno težo. Če želimo, da so vsa geodetska dela opravljena v predvidenem časovnem okviru, moramo za vsak večji projekt izdelati ustrezno geodetsko tehnično dokumentacijo. Z izdelavo takšne dokumentacije ne samo, da zagotovimo, da bodo geodetska dela opravljena dobro, temveč tudi dvignemo ugled geodeziji kot vedi (Breznikar, 1994).

”Geodetska dela, ki so potrebna za realizacijo izgradnje novega objekta (Breznikar, 1994 137):

- geodetske podlage za planiranje,
- ureditev lastniškega stanja,
- geodetske mreže,
- zakoličba objekta
- posnetek zgrajenega objekta,
- opazovanje deformacij objekta,
- geodetski tehnični prevzem objekta,
- izgradnja informacijskega sistema za uporabo in vzdrževanje objekta.”

V kakšnem obsegu so posamezne faze zastopane je seveda odvisno od velikosti in namena objekta. Za vsak projekt bi bilo potrebno opredeliti obseg in časovni razpon, kdaj bodo izvedene posamezne faze oziroma geodetska dela (Breznikar, 1994).

V Zakonu o graditvi objektov je objekt definiran kot s tlemi povezana stavba ali gradbeni inženirski objekt, narejen iz gradbenih proizvodov in naravnih materialov, skupaj z vgrajenimi inštalacijami in tehnološkimi napravami (ZGO, 2002).

2.2 Metode zakoličevanja točk

Zakoličevanje je eden izmed najpomembnejših postopkov geodezije v inženirstvu, kjer gre v bistvu za prenos izbranega projekta v naravo. Zakoličevanje je postopek, ki je ravno obraten postopku geodetskega posnetka nekega objekta.

Zakoličevanje je postopek, ki je sestavljen iz naslednjih korakov:

- kontrola podlag za zakoličevanje,
- izračun zakoličbenih elementov (odvisno od metode zakoličbe),
- na podlagi zahtevane natančnosti naročnika izberemo metodo zakoličbe in instrument,
- kontrola položaja geodetske mreže, ki jo bomo uporabili za zakoličevanje,
- zakoličba in označitev točk na terenu,
- zavarovanje zakoličenih točk (prenos na gradbene profile),
- neodvisne kontrole zakoličenih in označenih točk (merjenje front ...),
- izdelava zapisnika o zakoličenju,
- predaja zakoličenih točk vključno z zakoličenimi podlagami izvajalcu gradbenih del.

Posamezni koraki zakoličevanja so med seboj tesno povezani. Za izračun zakoličbenih elementov si je najprej potrebno definirati koordinatni sistem, v katerem izvedemo zakoličbo. Koordinatne sisteme za zakoličbe razvijamo v obliki geodetskih mrež, katerih točke so stabilizirane na stabilnem območju. Pri zakoličevanju se navezujemo na obstoječe geodetske mreže. Načrti projekta oziroma projektirane koordinate novih točk morajo biti usklajeni s koordinatnim sistemom, v katerem so določene koordinate točk geodetske mreže. Običajno so to državni koordinatni sistemi oziroma to izvedemo z različnimi transformacijami.

Z uskladitvijo koordinatnih sistemov dobimo koordinate novih točk, ki jih bomo zakoličili. Iz teh koordinat nato izračunamo zakoličbene elemente za metodo zakoličbe, ki jo bomo uporabili. Poleg tega moramo izbrati stojišča in navezovalne točke.

Med posameznimi metodami zakoličevanja točk je seveda veliko razlik, ki so odvisne predvsem od zahtevane natančnosti zakoličevanja (Breznikar, Koler, 2009).

Zakoličene točke v naravi označimo in stabiliziramo s potrebno točnostjo. Zakoličbo ločimo na zakoličevanje točk v horizontalni ravnini in zakoličevanje višine točk. Zakoličevanje višin točk praviloma izvedemo z metodo geometričnega nivelmana, razen če je zahtevana natančnost tako nizka, da lahko uporabimo tudi druge metode višinomerstva. Horizontalni položaj točk zakoličujemo po različnih metodah, običajno na osnovi merjenja dolžin ali smeri, ali pa kombinacije obeh postopkov (Breznikar, Koler, 2009).

Metode horizontalne zakoličbe delimo v osnovne in dopolnilne oziroma izpeljane metode.

Osnovne metode zakoličbe horizontalnega položaja so (Breznikar, Koler, 2009):

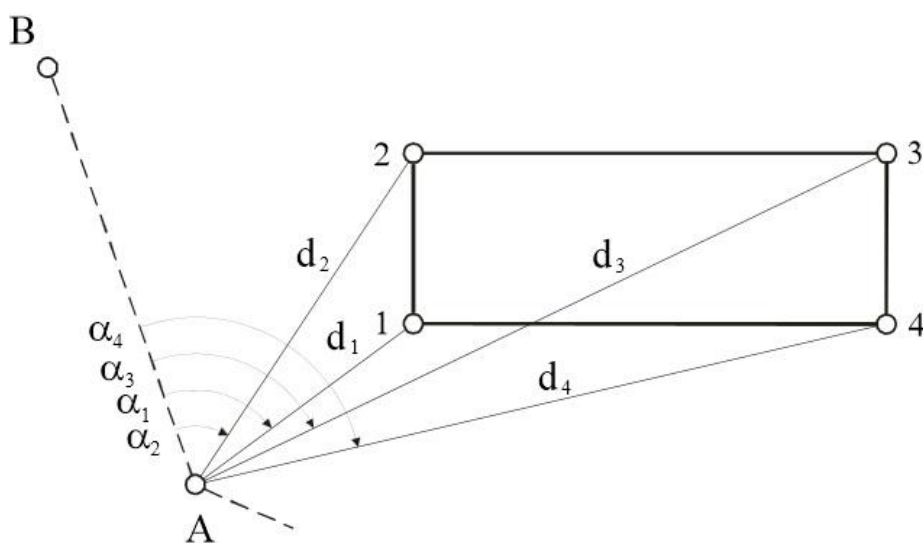
- polarna metoda,
- ortogonalna metoda in
- metoda preseka smeri.

Dopolnilne oziroma izpeljane metode zakoličbe horizontalnega položaja so (Breznikar, Koler, 2009):

- linijska zakoličba,
- metoda ločnega preseka,
- metoda direktnega preseka linij in
- druge kombinirane metode.

2.2.1 Polarna metoda

Polarna metoda zakoličevanja, prikazana na Slika 1, je v praksi največkrat uporabljena metoda pri zakoličevanju. Za izvedbo polarne postopka zakoličevanja potrebujemo dve stabilni točki z znanimi koordinatami. Eno izmed teh točk A uporabimo kot stojišče, s katerega zakoličujemo, druga točka B pa nam služi kot navezovalna smer oziroma smerni priklep.



Slika 1: Skica polarne metode zakoličevanja (Breznikar, Koler, 2009)

Zakoličbena elementa polarne metode sta smer α_i ter dolžina d_i . Zakoličbena elementa posamezne točke, ki jo zakoličujemo, izračunamo tako, da najprej izračunamo smerni kot med točkama A in B po enačbi (1) (Breznikar, Koler, 2009).

$$v_A^B = \arctan\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right) \quad (1)$$

Temu sledi izračun zakoličbenih elementov smeri α_i ter dolžine d_i do točke T_i po enačbah (2), (3), (4) (Breznikar, Koler, 2009).

$$v_A^{T_i} = \arctan\left(\frac{y_{T_i} - y_A}{x_{T_i} - x_A}\right) \quad (2)$$

$$d_{T_i} = \sqrt{(x_{T_i} - x_A)^2 + (y_{T_i} - y_A)^2} \quad (3)$$

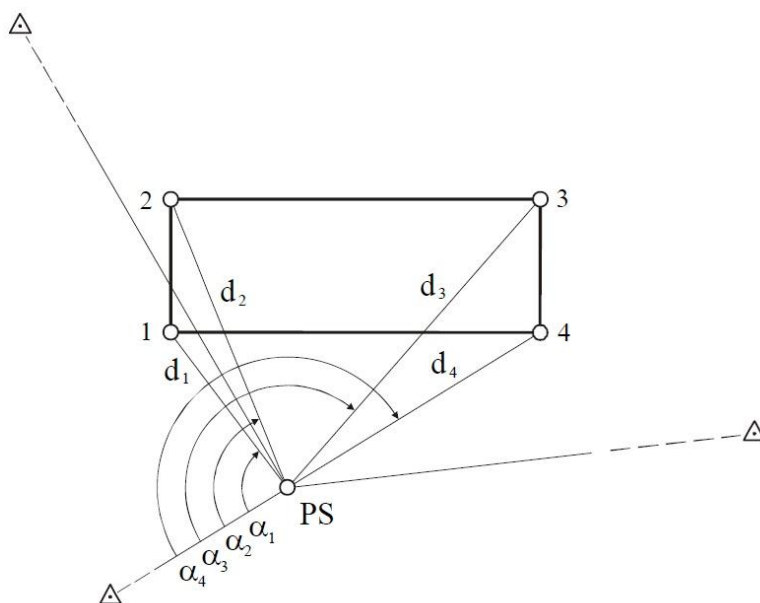
$$\alpha_{T_i} = v_A^{T_i} - v_A^B \quad (4)$$

Ko imamo izračunane zakoličbene elemente, lahko zakoličimo točke T_i . To izvedemo tako, da instrument postavimo na točko A in signaliziramo točko B. Naviziramo točko B in odčitamo vrednost opazovane horizontalne smeri. Glede na vrednost navezovalne smeri proti točki B zakoličimo kot α_i .

Ko usmerimo figuranta na zakoličeno smer, sledi zakoličba izračunane dolžine d_i . Z večkratnim preverjanjem odstopanj od zakoličevane smeri in dolžine določimo lego zakoličevane točke v naravi. Ko so odstopanja znotraj dovoljenih meja, zakoličeno točko označimo s primerno stabilizacijo (količek, žebelj, klin ...) (Koler, 2013).

2.2.2 Polarna zakoličba s prostega stojišča

Metoda polarne zakoličbe s prostega stojišča, ki je prikazana na Sliki 2, velja za eno izmed modernejših in najbolj uporabnih metod zakoličevanja točk s pomočjo elektronskega tahimetra. Pri zakoličevanju s prostega stojišča instrument postavimo na poljubno izbrano točko v bližini točk, ki jih želimo zakoličiti. To pomeni, da instrumenta ni potrebno postaviti na točko z znanimi koordinatami. S tem se izognemo pogrešku zaradi centriranja instrumenta. Koordinate stojišča določimo na podlagi meritve smeri in razdalj na minimalno dve ali več navezovalnih točk (Breznikar, Koler, 2009).



Slika 2: Polarna zakoličba s prostega stojišča (Breznikar, Koler, 2009)

Izbrani instrument omogoča sledeče kombinacije meritev za določitev prostega stojišča (Geoservis, 2009):

- horizontalne smeri in vertikalne kote (metoda ureza),
- horizontalne smeri in vertikalne kote vključno z razdaljami ter
- horizontalne smeri, vertikalne kote in razdalje na nekatere točke in na preostale točke samo horizontalne smeri in vertikalne kote.

Postopek izračuna koordinat prostega stojišča je odvisen od vrste meritev, ki smo jih opravili. V primeru nadštevilnih opazovanj so koordinate določene na osnovi izravnave opazovanj po metodi najmanjših kvadratov. Rezultat izravnave so izravnane koordinate prosto izbranega stojišča z oceno natančnosti določitve položaja in srednja orientacijska smer s standardnim odklonom orientacijske smeri (Geoservis, 2009).

Iz izračunanih koordinat stojišča in projektiranih koordinat točk, ki jih moramo zakoličiti, nato za vsako točko izračunamo polarne zakoličbene elemente in nadaljujemo zakoličevanje po polarni metodi (Breznikar, Koler, 2009).

Pri določitvi koordinat prostega stojišča je zelo pomembna razporeditev danih točk, na katere se navezujemo. Optimalno je, da imamo navezovalne točke porazdeljene enakomerno po celotnem horizontu in da so razdalje do danih točk daljše kot razdalje, ki jih bomo kasneje zakoličevali.

3 PRAKTIČEN PREIZKUS NATANČNOSTI ZAKOLIČEVANJA

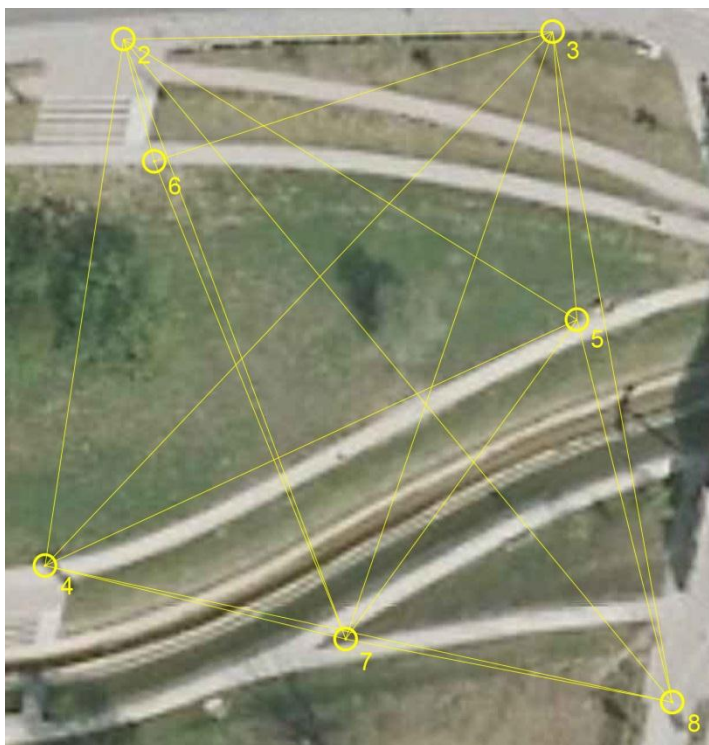
Primerjavo zakoličevanja točk z različnimi metodami smo izvedli iz rezultatov praktične zakoličbe. Za potrebe zakoličbe smo uporabili izravnano geodetsko mrežo, ki je stabilizirana v Ljubljani ob mostu čez Gradaščico (Fröhlich, 2013). Detajlne točke objekta smo zakoličili s štirimi različnimi metodami:

- po polarni metodi z danih točk geodetske mreže,
- s prenosom zakoličenih osi z gradbenih profilov,
- s prostega stojišča z dobro razporeditvijo danih točk in
- s prostega stojišča s slabo razporeditvijo danih točk.

Za primerjavo natančnosti zakoličevanja z različnimi metodami, smo predpostavili, da so točke, ki so bile zakoličene s polarno metodo z danih točk, prave vrednosti. Na osnovi polarne zakoličbe smo določili odstopanja točk, ki so bile zakoličene po ostalih metodah glede na te točke.

3.1 Geodetska mreža ob mostu čez Gradaščico

V geodetsko mrežo je vključeno 7 točk, ki so stabilizirane s kovinskimi čepi. Mreža je bila leta 2013 vzpostavljena, izmerjena in izravnana v sklopu diplomske naloge Barbare Fröhlich (Fröhlich, 2013). Za določitev geodetskega datuma in kot približne koordinate so bile uporabljene koordinate izmerjene z GNSS RTK opazovanji. Točke mreže so bile nato izmerjene s klasičnimi opazovanji.



Slika 3: Geodetska mreža

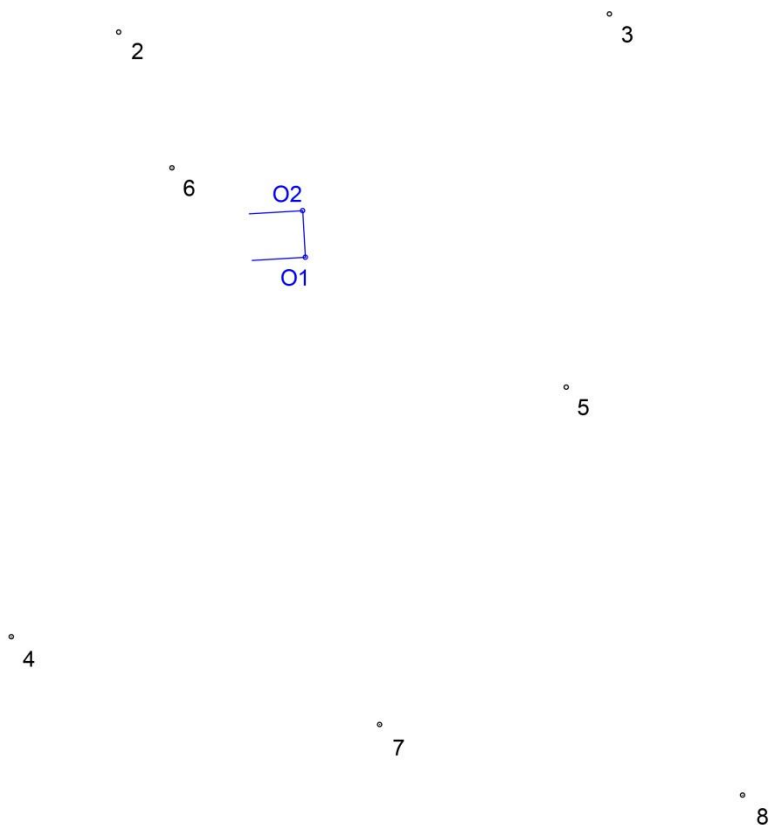
Po izravnavi je srednji položajni pogrešek točk mreže znašal 0,0003 m. Izravnane koordinate točk z oceno natančnosti določitve so podane v Preglednici 1. Koordinate so podane v D96/TM koordinatnem sistemu (Fröhlich, 2013).

Preglednica 1: Koordinate točk geodetske mreže (Fröhlich, 2013)

Točka	$E[m]$	$N[m]$
2	461249,599	100587,406
3	461295,538	100589,115
4	461239,559	100530,893
5	461291,491	100554,215
6	461254,585	100574,726
7	461274,014	100522,679
8	461307,984	100516,070

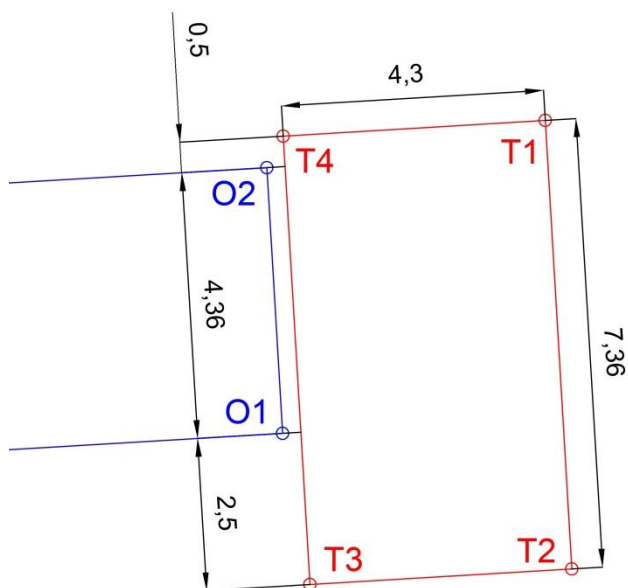
3.2 Projektiranje objekta

Na območju znotraj geodetske mreže, ki smo jo uporabili za potrebe zakoličevanja, stoji začasen objekt v sklopu eksperimenta Celica. Odločili smo se, da bomo objekt, ki ga bomo zakoličevali, projektirali s pomočjo odmikov od obstoječega objekta. Za projektiranje novega objekta z odmiki od obstoječega objekta smo se odločili, ker nam v fazah kontrolnih meritev ter pri primerjavi zakoličevanja točk po različnih metodah omogoča primerjavo projektiranih in zakoličenih točk oz. odmikov in ker je tak način projektiranja pogost tudi v praksi. Za projektiranje smo torej predhodno določili koordinate vogalov obstoječega objekta. Položaj objekta smo nato izrisali s pomočjo programske opreme AutoCAD (Slika 4).



Slika 4: Položaj obstoječega objekta znotraj geodetske mreže

Na Sliki 4 točke 2-8 predstavljajo točke geodetske mreže, točki O1 in O2 pa sta karakteristični točki objekta, kateri določata stranico, glede na katero smo projektirali novi objekt. Objekt je sprojektiran vzporedno s stranico O1-O2. Bližja stranica novega objekta je od obstoječega objekta oddaljena 0,3 m. Vogala novega objekta smo na stranici, ki je bližje staremu objektu, določili tako, da smo jo v smeri severa podaljšali za 0,5 m (pri točki O2) in v smeri juga za 2,5 m (pri točki O1). S tem smo dobili daljšo stranico objekta, ki je dolga 7,36 m. Določili smo še širino objekta, ki znaša 4,3 m. (Slika 5).



Slika 5: Položaj projektiranega objekta glede na obstoječi objekt

Na Sliki 5 točke T1-T4 predstavljajo točke objekta, ki smo jih zakoličevali. Za izračun zakoličbenih elementov smo potrebovali koordinate teh točk (Preglednica 2), ki so bile določene na podlagi projektiranih odmikov od obstoječega objekta.

Preglednica 2: Koordinate točk obstoječega objekta

Točka	$E[m]$	$N[m]$
T1	461271,377	100571,492
T2	461271,814	100564,142
T3	461267,522	100563,886
T4	461267,084	100571,236

3.3 Uporabljena oprema in instrumentarij

Za potrebe meritev in zakoličevanja smo uporabili sodoben elektronski tahimeter švicarskega proizvajalca Leica, ki je v lasti Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Tehnični podatki uporabljenega tahimetra Leica TS06 serije FlexLine, prikazanega na Sliki 6, so prikazani v Preglednici 3.



Slika 6: Leica FlexLine TS06 (Leica FlexLine, 2013)

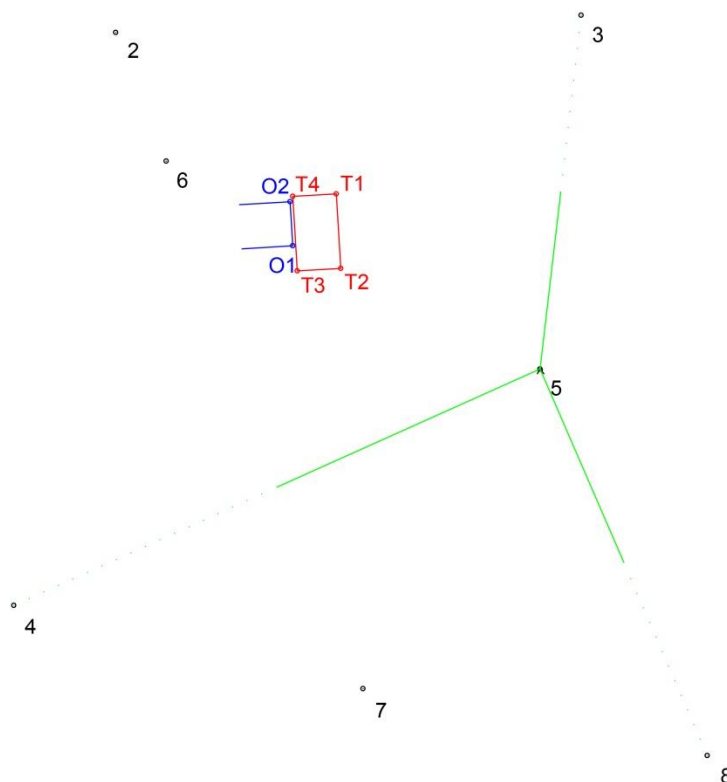
Preglednica 3: Tehnični podatki instrumenta Leica TS06 (Leica FlexLine, 2013)

Natančnost merjenja smeri (Standardna deviacija ISO-17123-3)	2" (0.6 mgon)
Natančnost merjenja dolžin (Standardna deviacija ISO-17123-4)	1,5 mm ± 2 ppm
Največja razdalja(z uporabo reflektorja)	3500 m
Vidno polje	1° 30"
Povečava	30x
Natančnost centriranja	1,5 mm pri višini instrumenta 1,5 m
Teža	5,1 kg

Uporabili smo tudi drugo opremo proizvajalca Leica: prizmo GPR1, s pomočjo katere smo signalizirali navezovalne točke, mini prizmo GMP111-0 za precizno zakoličbo in stativ. Pri zakoličbi smo uporabili tudi količke, s katerimi smo označili zakoličene točke, lesene ploščice s pritrjenim milimetrskim papirjem ter gradbene profile, s katerimi smo zakoličene točke zavarovali.

3.4 Grobo zakoličevanje

Velik vpliv na natančnost zakoličevanja ima označevanje zakoličenih točk. Da bi zagotovili visoko natančnosti zakoličevanja, smo na terenu najprej izvedli približno zakoličbo točk po polarni metodi. V instrument smo vnesli koordinate točk mreže in koordinate točk objekta, katerega smo zakoličevali. Stojišče je predstavljala točka 5 geodetske mreže, za orientacijo pa smo opazovali smeri na točke 4, 3 in 8 (Slika 7). Ker smo opazovali smeri na tri dane točke, imamo nadštevilna opazovanja. Instrument je na podlagi danih koordinat točk izračunal srednjo orientacijsko smer.



Slika 7: Stojišče in navezovalne točke za grobo zakoličbo

Na osnovi izračunane srednje orientacije smo po polarni metodi približno zakoličili točke objekta T1, T2, T3 in T4. Točke smo označili z lesenimi količki, na katere smo privili lesene kvadratne plošče s stranico, dolgo 7 cm (Slika 8). Plošče smo prelepili z milimetrskim papirjem, ki smo ga kasneje tudi orientirali v smeri stranic objekta. Na ta milimetrski papir smo nato s pomočjo pisal različnih barv označevali točke, ki smo jih zakoličili s posamezno metodo. Takšen način nam je omogočil visoko natančno označevanje zakoličenih točk.



Slika 8: Lesen količek z milimetrskim papirjem za označevanje zakoličenih točk

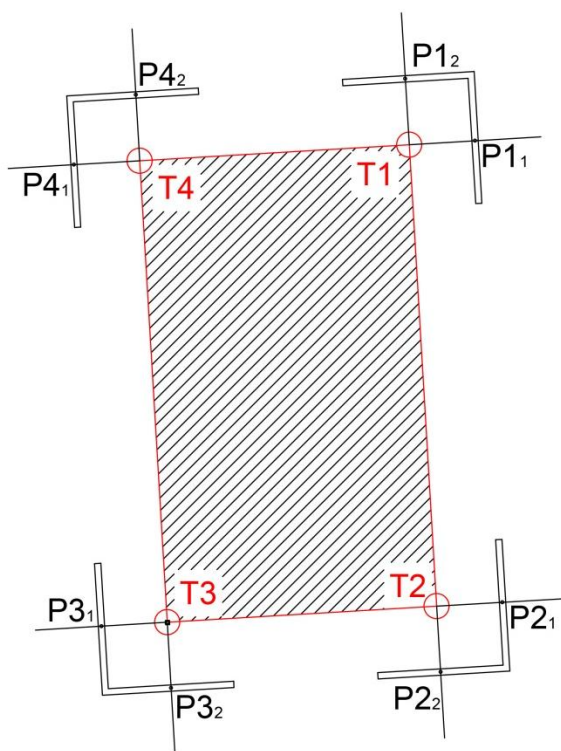
3.5 Zakoličba osi na gradbenih profilih

Ko smo točke približno zakoličili s polarno metodo in jih označili s količki, smo točke zavarovali z gradbenimi profili. Gradbeni profil je sestavljen iz treh navpičnih lesenih kolov, ki jih zabijemo v tla na oddaljenosti 1-2 m od zakoličene točke na zunanji strani predvidenega objekta, da med gradnjo ne bi bili podrti. Koli so med seboj povezani z vodoravnimi lesenimi deskami tako, da okoli količka tvorimo zavarovanje v obliki črke L. Gradbeni profili se običajno postavijo na projektirano višino objekta oziroma na nek okrogel odmik od te višine (npr. + 1.00 m) (Slika 9).



Slika 9: Zavarovanje točke z gradbenimi profili

Najpogosteje se na gradbenih profilih označujejo osi objekta, in sicer na osnovi predhodno zakoličenih točk objekta. Sodobnejši tahimetri omogočajo, da točke, na podlagi koordinat točk objekta in z uporabo vgrajenih programov, zakoličimo direktno na gradbene profile. Instrument smo postavili na točko 5 in ponovno opazovali smeri na točke 3, 4 in 8. Na osnovi teh opazovanj je instrument izračunal srednjo orientacijsko smer. Iz danih koordinat obstoječega objekta in projektiranih koordinat objekta, ki ga zakoličujemo, je instrument izračunal zakoličbene elemente za metodo zakoličevanja neposredno na gradbene profile. Zakoličbo smo izvedli tako, da se je figurant z mini prizmo premikal po horizontalni deski gradbenega profila, dokler ni signaliziral točke, ki jo moramo zakoličiti na gradbeni profil. Postopek se za 4 detajlne točke objekta ponovi 8-krat, tako da dobimo za vsako točko objekta, ki ga zakoličujemo, dve označeni točki na gradbenih profilih (Slika 10).



Slika 10: Zakoličba na gradbene profile in prenos zakoličenih točk na količke

Točki P_{1_1} in P_{1_2} označujeta točko T_1 na gradbenem profilu, točki P_{2_1} in P_{2_2} označujeta točko T_2 na gradbenem profilu in tako dalje. Točke na gradbenih profilih smo označevali z žblji, ki smo jih zabili na vrhno stran horizontalnih desk gradbenega profila (Slika 11).

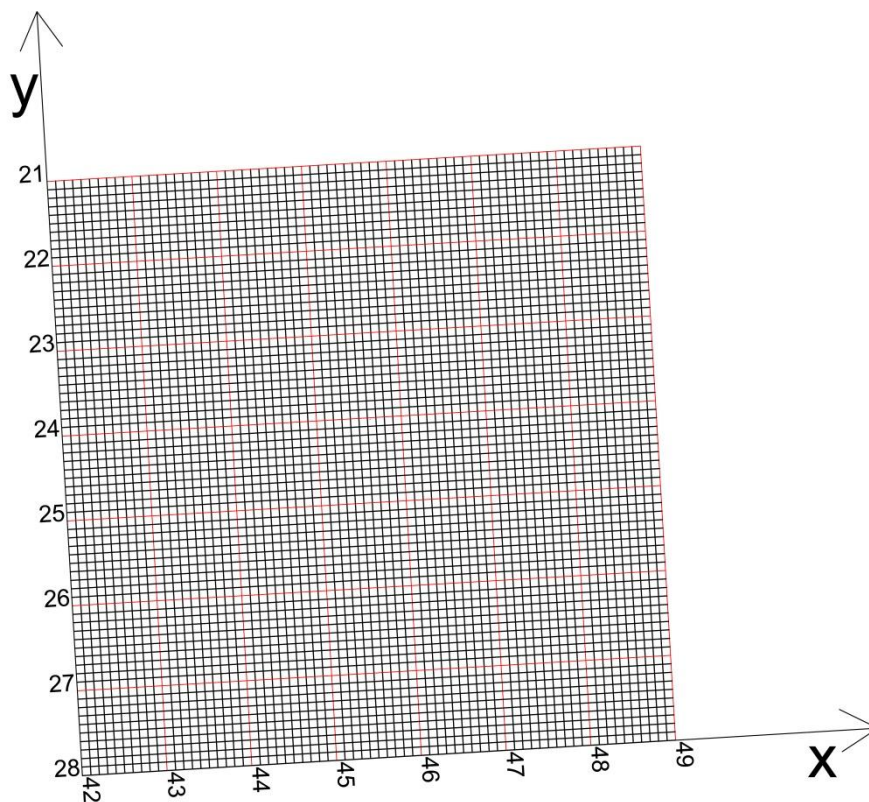


Slika 11: Oznaka zakoličenih točk na gradbenih profilih

3.6 Orientacija milimetrskih papirjev

Z zakoličbo na gradbene profile smo dobili 8 točk, ki definirajo vse 4 stranice objekta. Za primerjavo različnih metod smo milimetrske papirje, ki so bili nalepljeni na količke, morali orientirati glede na osi objekta. Orientacijo smo izvedli tako, da smo instrument postavili v podaljšek osi objekta, ki so jih določale točke na gradbenih profilih. Nato smo poravnali y os instrumenta tako, da se je prekrivala z obema žebeljema, ki sta označevala točki na gradbenih profilih. Vizurno os instrumenta smo nato prenesli na milimetrski papir, ki smo ga zavrteli tako, da je bila razdelba milimetrskega papirja vzporedna z osmi objekta.

Na orientiranih milimetrskih papirjih smo nato vzpostavili lokalne koordinatne sisteme (Slika 12), v katerih smo kasneje označevali točke, zakoličene z različnimi metodami zakoličbe.



Slika 12: Vzpostavitev lokalnega koordinatnega sistema na točki

Milimetrski papirji so naključni izseki iz A4 milimetrskega papirja tako, da je njihovo izhodišče naključna vrednost. Na točki T1 je razdelba v smeri X osi potekala od 42,0 do 49,0 in v Y smeri od 21,0 do 14,0. Na točki T2 je razdelba v smeri X osi potekala od 42,0 do 49,0 in v Y smeri od 25,0 do 18,0. Na točki T3 je razdelba v smeri X osi potekala od 42,0 do 49,0 in v Y smeri od 28,0 do 21,0. Na točki T4 je razdelba v smeri X osi potekala od 31,0 do 38,0 in v Y smeri od 28,0 do 21,0.

4 ZAKOLIČEVANJE TOČK Z RAZLIČNIMI METODAMI

4.1 Zakoličba po polarni metodi

Najprej smo točke zakoličili po polarni metodi. Instrument je bil postavljen na točko 5 geodetske mreže. Za orientacijo smeri smo opazovali horizontalne smeri na točke 3, 4 in 8. Standardni odklon orientacije je znašal 4,0 ″.

Na osnovi izračunanih zakoličbenih elementov smo točke zakoličili s pomočjo mini prizme. Položaj zakoličene točke smo označili na milimetrskem papirju (Slika 13).



Slika 13: Signaliziranje točke na milimetrskem papirju

Ko je bila signalizirana prava točka, smo jo označili s pomočjo pisala in izpisali njene koordinate v lokalnem koordinatnem sistemu (Preglednica 4).

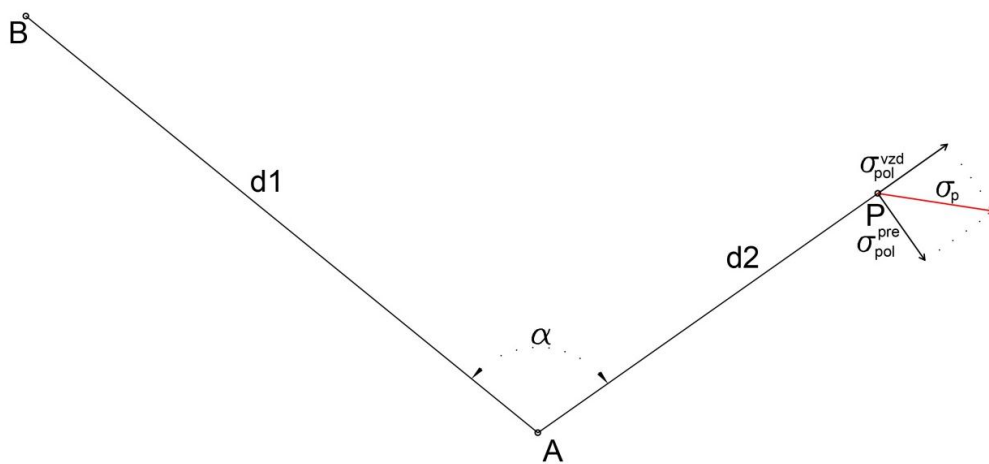
Preglednica 4: Lokalne koordinate zakoličenih točk s polarno metodo

Polarna metoda		
Točka:	$x [cm]$	$y [cm]$
T1	46,43	17,20
T2	45,52	21,50
T3	45,63	24,02
T4	33,72	24,34

Lokalne koordinate točk, zakoličenih po polarni metodi, smo določili za referenčne koordinate, ki smo jih primerjali z lokalnimi koordinatami točke, zakoličenih po drugih metodah.

4.1.1. Ocena natančnosti polarne metode zakoličevanja

Na podlagi zakoličbenih elementov polarne metode zakoličevanja smo ocenili natančnost zakoličevanja po polarni metodi (Slika 14). Na natančnost zakoličevanja po polarni metodi vplivajo: pogrešek centriranja instrumenta na zakoličevanje kota (σ_{ci}), pogrešek signaliziranja na zakoličevanje kota (σ_{si}), pogrešek označevanja (σ_{oz}), natančnost zakoličevanja kota (σ_{α}) in natančnost merjenja dolžin (σ_{d2}).



Slika 14: Ocena natančnosti polarne metode zakoličevanja

Najprej izračunamo natančnost zakoličevanja točke s polarno metodo v prečni smeri po enačbi (5) (Koler, 2013):

$$\sigma_{pre}^{pol} = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}^2}{2} + \sigma_{si}^2 + \left(\frac{d_2 \cdot \sigma_{\alpha}}{\rho}\right)^2 + \frac{\sigma_{oz}^2}{2}} \quad (5)$$

d_2 ... dolžina od stojišča do točke, ki jo zakoličujemo

Nato izračunamo natančnost zakoličevanja točke s polarno metodo v vzdolžni smeri po enačbi (6) (Koler, 2013):

$$\sigma_{vzd}^{pol} = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}^2}{2} + \sigma_{d2}^2 + \frac{\sigma_{oz}^2}{2}} \quad (6)$$

Natančnost zakoličevanja točke s polarno metodo se izračuna po enačbi (7) (Koler, 2013):

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_{pre}^{pol^2} + \sigma_{vzd}^{pol^2}} \quad (7)$$

Za oceno natančnosti smo vzeli vrednosti natančnosti centriranja instrumenta, ki je 1,0 mm, ter prav tako natančnost označevanja točke, ki znaša 1,0 mm. Podatka o natančnosti zakoličevanja kotov in natančnosti merjenja dolžin sta podana v tehničnih podatkih instrumenta. Rezultati ocene natančnosti zakoličenih točk po polarni metodi so prikazani v Preglednici 5.

Preglednica 5: Rezultati ocene natančnosti polarne metode zakoličevanja

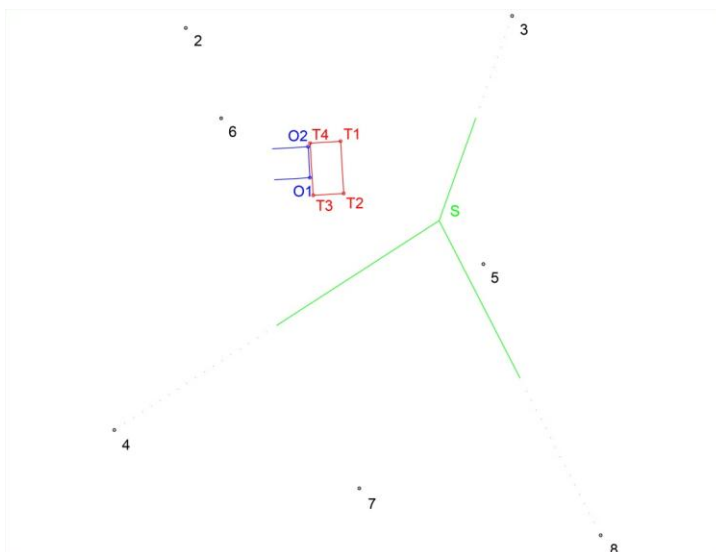
Točka	$d_2 [m]$	α	$\sigma_{pre}^{pol} [mm]$	$\sigma_{vzd}^{pol} [mm]$	$\sigma_p [mm]$
T1	26,516	64° 50' 19"	1,12	1,82	2,14
T2	22,040	50° 57' 02"	0,99	1,77	2,03
T3	25,848	46° 09' 13"	0,98	1,75	2,01
T4	29,757	59° 04' 15"	1,10	1,80	2,11

4.2 Zakoličba s prostega stojišča

Za prosto stojišče smo instrument postavili na naključno točko znotraj mreže in z opazovanji na druge dane točke geodetske mreže določili koordinate stojišča. Koordinate prostega stojišča so bile določene na osnovi dobre in slabe razporeditve danih točk. Ko smo določili koordinate prostega stojišča in orientacijo, je instrument izračunal zakoličbene elemente za polarno metodo zakoličevanja.

4.2.1 Dobra razporeditev danih točk

Pri zakoličbi po polarni metodi s prostega stojišča, ki smo ga določili tako, da smo opazovali smeri in razdalje na dobro razporejene točke, smo izbrali točke 3, 4 in 8 (Slika 15).



Slika 15: Prosto izbrano stojišče in navezovalne točke geodetske mreže – dobra razporeditev danih točk

S tem, ko smo opazovali tako smeri kot tudi dolžine, smo zagotovili nadštevilna opazovanja, ki so bila izravnana s programsko opremo, ki je vgrajena v instrumentu. Rezultat izravnave so koordinate stojišča S, srednji položajni pogrešek σ_p in standardni odklon orientacijske smeri σ_α (Preglednica 5).

Preglednica 6: Koordinate stojišča z natančnostjo – dobra razporeditev danih točk

Prosto stojišče – dobra razporeditev danih točk		
Točka	$E[m]$	$N[m]$
S	461285,264	100560,345
σ_p	0,0007 m	
σ_α	1,7 "	

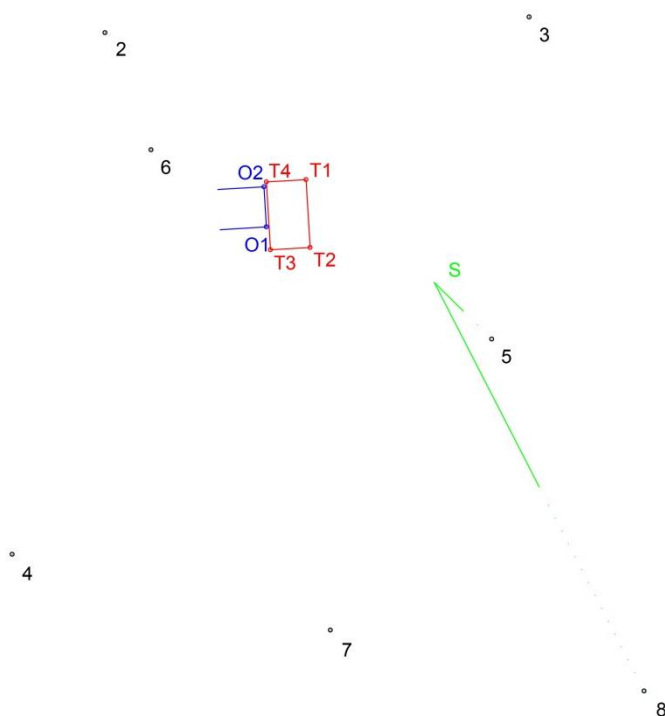
Točke smo nato zakoličili po polarni metodi enako, kot je opisano že v poglavju 4.1. Lokalne koordinate zakoličenih točk so predstavljene v Preglednici 6.

Preglednica 7: Lokalne koordinate točk, zakoličenih s prostega stojišča – dobra razporeditev danih točk

Prosto stojišče – dobra razporeditev danih točk		
Točka:	$x[cm]$	$y[cm]$
T1	46,30	17,66
T2	45,08	22,22
T3	45,50	24,20
T4	33,60	24,53

4.2.2 Slaba razporeditev danih točk

Prosto stojišče smo določili z opazovanji na točki 5 in 8. Na točko 5 smo opazovali le smer, na točko 8 pa smer in dolžino (Slika 16). Nato smo s prostega stojišča zakoličili točke po polarni metodi.



Slika 16: Prosto izbrano stojišče in navezovalne točke geodetske mreže – slaba razporeditev danih točk

S stojiščne točke smo proti danim točkam opazovali samo tri količine. Instrument zato v postopku izračuna koordinat stojišča ni mogel izvesti izravnave ter ocene položajne natančnosti. Glede na opazovane količine (dve smeri in ena dolžina) je lahko izračunal le srednjo orientacijo. Koordinate stojišča S ter standardni odklon orientacije σ_{α} so prikazani v Preglednici 7.

Preglednica 8: Koordinate stojišča – slaba razporeditev danih točk

Prosto stojišče – slaba razporeditev danih točk		
Točka	$E [m]$	$N [m]$
S	461285,260	100560,344
σ_{α}	2,6''	

Iz teh vrednosti je instrument ponovno izračunal zakoličbene elemente. Tako smo ponovili zakoličbo po polarni metodi po postopku, opisanem v poglavju 4.1. Lokalne koordinate zakoličenih točk so predstavljene v Preglednici 8.

Preglednica 9: Lokalne koordinate točk, zakoličenih s prostega stojišča – slaba razporeditev danih točk

Prosto stojišče – slaba razporeditev danih točk		
Točka:	$x [cm]$	$y [cm]$
T1	46,70	17,60
T2	45,50	22,25
T3	46,00	24,18
T4	34,12	24,55

4.3 Zakoličba po metodi prenosa z gradbenih profilov

Točke objekta smo zakoličili tudi tako, da smo zavarovanja zakoličenih točk, ki smo jih zakoličili na gradbene profile, prenesli na milimetrski papir. To smo storili tako, da smo se z instrumentom postavili v podaljšek osi, ki jo definirata točki na nasprotnih gradbenih profilih. Os smo prenesli na milimetrski papir, kjer smo jo označili s pomočjo pisala. To smo ponovili za vse točke. Tako smo na milimetrskih papirjih dobili presečišča osi, ki so določala lokalne koordinate zakoličenih točk (Preglednica 9).

Preglednica 10: Lokalne koordinate točk, zakoličenih s prenosom z gradbenih profilov

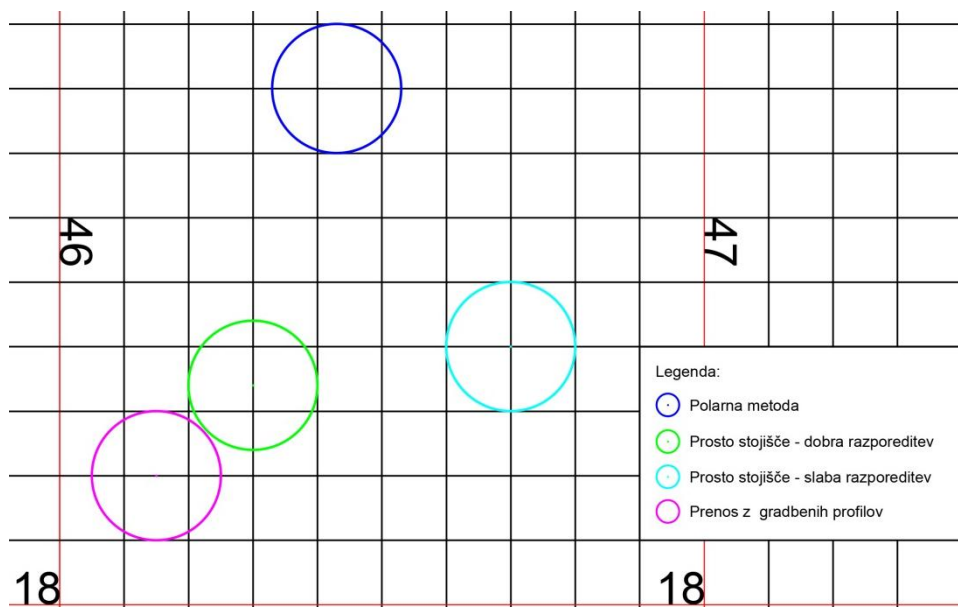
Prenos z gradbenih profilov		
Točka:	$x [cm]$	$y [cm]$
T1	46,15	17,80
T2	45,20	22,38
T3	45,59	24,28
T4	33,65	24,86

5 Primerjava položajev zakoličenih točk z različnimi metodami

5.1 Priprava podatkov

Za potrebe primerjave položajev zakoličenih točk z različnimi metodami smo računalniško rekonstruirali milimetrski papirje in za vsako metodo na posamezni točki določili odmike po koordinatnih oseh od točke, zakoličene s polarno metodo ($\Delta x, \Delta y$), nato položajni odmik od točke, zakoličene s polarno metodo (d_A^B) ter smer premika med točkama (α_A^B), kjer točka A predstavlja točko, ki je bila zakoličena s polarno metodo.

5.1.1 Podatki zakoličbe na točki T1



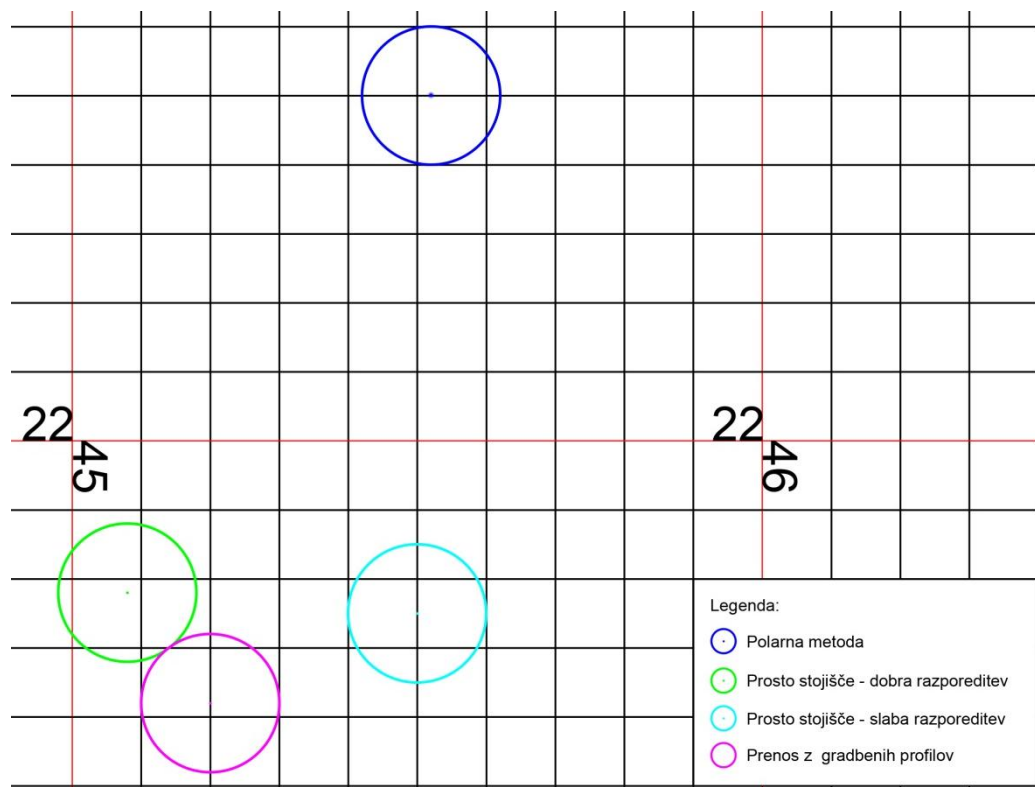
Slika 17: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T1

Milimetrski papir na točki T1 predstavlja položaje točk, zakoličenih po različnih metodah (Slika 17). Premiki točk na točki T1 po x in y osi ter položajni premik in smer premika so podani v Preglednici 10.

Preglednica 11: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T1

Metoda	$\Delta x [mm]$	$\Delta y [mm]$	$d_A^B [mm]$	α_A^B
Prosto stojišče (dobra razporeditev)	-1,3	-4,6	4,8	195° 46' 51"
Prosto stojišče (slaba razporeditev)	2,7	-4,0	4,8	145° 58' 51"
Prenos s profilov	-2,8	-6,0	6,6	205° 01' 13"

5.1.2 Podatki zakoličbe na točki T2



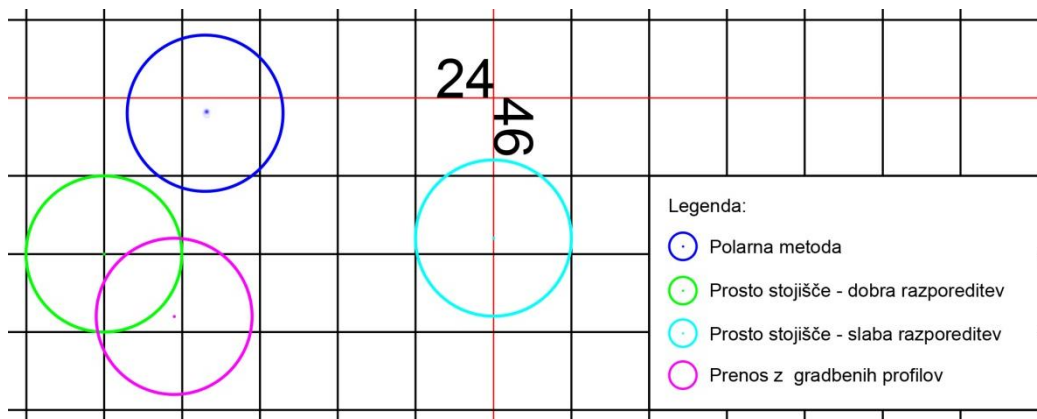
Slika 18: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T2

Milimetrski papir na točki T2 predstavlja položaje točk, zakoličenih po različnih metodah (Slika 18). Premiki točk na točki T1 po x in y osi ter položajni premik in smer premika so podani v Preglednici 11.

Preglednica 12: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T2

Metoda	$\Delta x [mm]$	$\Delta y [mm]$	$d_A^B [mm]$	α_A^B
Prosto stojišče (dobra razporeditev)	-4,4	-7,2	8,4	211° 25' 47"
Prosto stojišče (slaba razporeditev)	-0,2	-7,5	7,5	181° 31' 39"
Prenos s profilov	-3,2	-8,8	9,4	199° 58' 59"

5.1.3 Podatki zakoličbe na točki T3



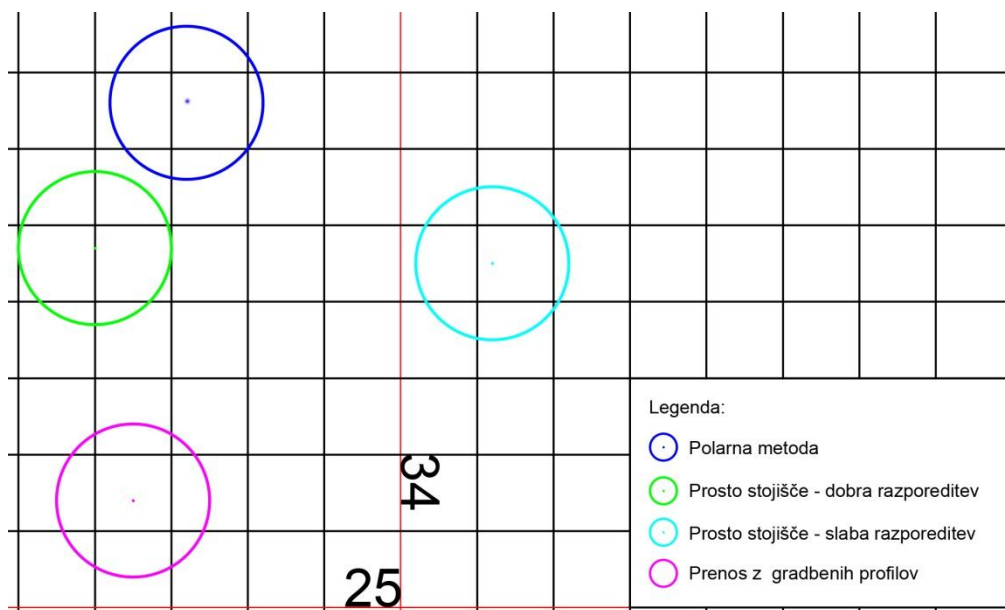
Slika 19: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T3

Milimetrski papir na točki T1 predstavlja položaje točk, zakoličenih po različnih metodah (Slika 19). Premiki točk na točki T1 po x in y osi ter položajni premik in smer premika so podani v Preglednici 12.

Preglednica 13: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T3

Metoda	$\Delta x [mm]$	$\Delta y [mm]$	$d_A^B [mm]$	α_A^B
Prosto stojišče (dobra razporeditev)	-1,3	-1,8	2,2	215° 50' 16"
Prosto stojišče (slaba razporeditev)	3,7	-1,6	4,0	113° 23' 07"
Prenos s profilov	-0,4	-2,6	2,6	188° 44' 46"

5.1.4 Podatki zakoličbe na točki T4



Slika 20: Rekonstruiran milimetrski papir na točki T4

Milimetrski papir na točki T1 predstavlja položaje točk, zakoličenih po različnih metodah (Slika 20). Premiki točk na točki T1 po x in y osi ter položajni premik in smer premika so podani v Preglednici 13.

Preglednica 14: Odstopanja ter smer premika med točkami na točki T4

Metoda	$\Delta x [mm]$	$\Delta y [mm]$	$d_A^B [mm]$	α_A^B
Prosto stojišče (dobra razporeditev)	-1,2	-1,9	2,2	212° 16' 32"
Prosto stojišče (slaba razporeditev)	4,0	-2,1	4,5	117° 41' 58"
Prenos s profilov	-0,7	-5,2	5,2	187° 40' 00"

5.2 Primerjava položajev točk, zakoličenih s prostega stojišča

5.2.1 Dobra razporeditev danih točk

Pri vsaki metodi smo obravnavali vse premike in zasuke v lokalnem koordinatnem sistemu. Premiki in smeri premikov točk, ki smo jih zakoličili iz prostega stojišča z dobro razporeditvijo danih točk, so opisani v Preglednici 14.

Preglednica 15: Premiki in smeri premikov točk, zakoličenih s prostega stojišča z dobro razporeditvijo danih točk

	$\Delta x [mm]$	$\Delta y [mm]$	$d_A^B [mm]$	α_A^B
T1	-1,3	-4,6	4,8	195° 46' 51"
T2	-4,4	-7,2	8,4	211° 25' 47"
T3	-1,3	-1,8	2,2	215° 50' 16"
T4	-1,2	-1,9	2,2	212° 16' 32"
Povprečna vrednost	2,0	3,9	4,4	208° 49' 51"

Že na prvi pogled lahko opazimo visoka odstopanja pri podatkih, ki smo jih rekonstruirali na točki T2. Kot pričakovano, so, razen na točki T2, premiki zelo majhni, predvsem v smeri x osi lahko vidimo, da so premiki velikosti od 1,2 do 4,4 mm, pri čemer premik na točki T2 od drugega največjega premika odstopa kar za 3,1 mm. V smeri y osi premiki znašajo od 1,8 do 7,2 mm, kjer je ponovno največji premik na točki T2. Prevelik se zdi tudi premik na točki T1. Vse točke so tako po x osi kot po y osi premaknjene v negativno stran. Točka T2 izstopa tudi v položajnem premiku, saj njen premik znaša 8,4 mm, medtem ko so ostali premiki od 2,2 do 4,8 mm.

Iz primerjave smeri premikov lahko opazimo, da so si vsi zelo podobni. Odstopa le smer premika na točki T1, ki je približno 15° manjši od ostalih smeri premikov. Razlog je v velikem odstopanju točke T1 po y osi.

Iz podatkov, da premiki na vseh točkah potekajo v negativni smeri obeh osi v kombinaciji s tem, da so vrednosti smeri premikov zelo podobne pomeni, da pri zakoličevanju ni prišlo do nobenega zasuka. Objekt je le v celoti premaknjen v negativni smeri obeh osi za približno 4 mm.

Visoka odstopanja na točki T2 ponovno močno vplivajo na povprečne vrednosti absolutnih premikov tako, da povprečna vrednost premika po x osi znaša 2,0 mm, povprečna vrednost premika po y osi pa kar 3,9 mm. Če izvzamemo točko T2, sta rezultata seveda veliko boljša. Povprečna vrednost položajnega premika znaša 4,4 mm, kar je slabše, kot smo pričakovali. Rezultat pa je ponovno veliko

boljši, če izvezemo točko T2, potem znaša povprečna vrednost položajnega premika 3,1 mm, kar je nekje tako, kot je bilo pričakovano. Povprečna vrednost smeri premika znaša 208° 49' 51".

5.2.2 Slaba razporeditev danih točk

Premiki in smeri premikov točk, ki smo jih zakoličili s prostega stojišča s slabo razporeditvijo danih točk, so opisani v Preglednici 15.

Preglednica 16: Premiki in smeri premikov točk, zakoličenih s prostega stojišča s slabo razporeditvijo danih točk

	$\Delta x [mm]$	$\Delta y [mm]$	$d_A^B [mm]$	α_A^B
T1	2,7	-4,0	4,8	145° 58' 51"
T2	-0,2	-7,5	7,5	181° 31' 39"
T3	3,7	-1,6	4,0	113° 23' 07"
T4	4,0	-2,1	4,5	117° 41' 58"
Povprečna vrednost	2,6	3,8	5,2	139° 38' 54"

Ponovno lahko opazimo odstopanje podatkov, pridobljenih na točki T2 glede na ostale podatke. Na ostalih točkah imajo premiki v smeri x in y osi lokalnega koordinatnega sistema vedno enak predznak. Vse točke so po x smeri premaknjene v pozitivno stran za 2,7 do 4 mm ter po y smeri v negativno stran od 1,6 do 4 mm. Močno odstopa točka, zakoličena na točki T2, ki je glede na točko, zakoličeno s polarno metodo, premaknjena po x smeri v negativno stran za 0,2 mm ter po y smeri prav tako v negativno stran za 7,5 mm. Prav tako lahko opazimo odstopanje v položajnem odmiku točke, zakoličene s prostega stojišča z dobro razporeditvijo danih točk, ki smo jo zakoličili s polarno metodo. Položajno odstopanje na točkah T1 do T3 znaša od 4,0 do 4,8 mm, kar je nekje znotraj naših pričakovanj, na točki T2 to odstopanje znaša 7,5 mm, kar je skoraj dvakrat toliko.

Iz smeri premikov lahko prav tako opazimo, da se je zgodil zasuk, ki smo ga tudi pričakovali. Na točki T2 znaša smer premika 181° 31' 39" kar se močno razlikuje od smeri premikov na ostalih točkah, velika razlika v smereh premikov v kombinaciji s povečanim položajnim odstopanjem, ter premikom v obratno smer kot na ostalih točkah kaže na zasuk na točki T2.

Razlika podatkov, pridobljenih na točki T2, tako tudi močno vpliva na pridobljene absolutne povprečne vrednosti premikov in povprečno vrednost smeri premika točk zakoličenih iz prostega stojišča, določenega s slabo geometrijo glede na točke zakoličene s polarno metodo. Povprečna

vrednost premika po x osi tako znaša 2,6 mm, po y osi 3,8 mm, položajno odstopanje pa je 5,2 mm. Povprečna vrednost smeri premika znaša $139^{\circ} 38' 53''$.

5.3 Primerjava položajev točk zakoličenih po metodi prenosa z gradbenih profilov

Premiki in smeri premikov točk, ki smo jih zakoličili s prenosom z gradbenih profilov so opisani v preglednici 16.

Preglednica 17: Premiki in smeri premikov točk, zakoličenih s prenosom z gradbenih profilov

	$\Delta x [mm]$	$\Delta y [mm]$	$d_A^B [mm]$	α_A^B
T1	-2,8	-6,0	6,6	$205^{\circ} 01' 13''$
T2	-3,2	-8,8	9,4	$199^{\circ} 58' 59''$
T3	-0,4	-2,6	2,6	$188^{\circ} 44' 46''$
T4	-0,7	-5,2	5,2	$187^{\circ} 40' 00''$
Povprečna vrednost	1,8	5,6	5,9	$195^{\circ} 21' 12''$

Kot pri prejšnjih metodah zakoličbe tudi tukaj opazimo, da so premiki na točki T2 največji. V smeri x osi so vsi premiki negativno predznačeni in znašajo od -0,4 do -3,2 mm. Največji premik je na točki T2. Premiki v smeri y osi so prav tako negativno predznačeni in znašajo od -2,5 do -8,8 mm, kar je slabše, kot smo pričakovali. Točka T2 izstopa tudi v položajnem premiku, saj njen premik znaša 9,4 mm, medtem ko so ostali premiki veliki od 2,6 do 6,6 mm.

Razlike smeri premikov se na vseh točkah nahajajo znotraj 20° , kar pri tako malih premikih ni veliko. Smeri premikov znašajo od $187^{\circ} 40' 0''$ do $205^{\circ} 1' 13''$.

Iz rezultatov je razvidno, da so ponovno vsi premiki točk v negativni smeri x in y osi. Ker so vsi premiki v enako smer in ker so smeri premikov dokaj enake, ne moremo govoriti o zasuku in je objekt le premaknjen v negativni smeri obeh osi lokalnega koordinatnega sistema za približno 5-6 mm.

Povprečna vrednost premikov po x smeri znaša 1,8 mm, medtem ko je povprečna vrednost premikov v smeri y osi veliko večja in znaša 5,6 mm. Povprečna vrednost položajnega premika znaša 5,9 mm, povprečna vrednost smeri premika pa $195^{\circ} 21' 12''$. Rezultati so nekoliko slabši od pričakovanih, vendar se je z instrumentom zelo težko postaviti točno v podaljšek osi, ki jo določata točki, označeni na gradbenih profilih, kar je verjetno tudi vzrok za slabše rezultate.

6 ZAKLJUČEK

Zakoličba je bila opravljena znotraj točk geodetske mreže, katerih koordinate so bile določene z natančnostjo 0,0003 m. Točke smo zakoličili po štirih različnih metodah. Točke, zakoličene iz dane točke po polarni metodi, smo vzeli za referenčne točke.

Za potrebe primerjave položajev točk smo na vsaki zakoličeni točki s pomočjo milimetrskih papirjev vzpostavili lokalni koordinatni sistem. Pri analizi natančnosti smo tako določali odstopanja med različnimi metodami zakoličbe na dva načina: vzdolžna in prečna odstopanja v smeri osi objekta ter z vektorji in smermi odstopanj.

Pri pregledu rezultatov lahko hitro ugotovimo, da pri vseh metodah dobimo največja odstopanja na točki T2. Kar pomeni, da obstaja velika verjetnost, da je točka T2 zakoličena s slabšo natančnostjo.

Po analizi rezultatov lahko ugotovimo, da smo pri zakoličbi s prostega stojišča s slabo razporeditvijo danih točk dobili slabše rezultate kot pri zakoličbi s prostega stojišča z dobro razporeditvijo danih točk. Pri zakoličbi s prostega stojišča s slabo razporeditvijo danih točk znaša povprečna dolžina vektorja premika 5.2 mm, medtem ko pri zakoličbi s prostega stojišča z dobro razporeditvijo danih točk 4,4 mm. Prav tako se nam je pri zakoličbi s prostega stojišča s slabo razporeditvijo danih točk na točki T2 zgodil zasuk, ki smo ga tudi pričakovali. Kljub temu je razlika med metodama v rezultatih manjša, kot smo pričakovali, kar gre pripisati temu, da so bile koordinate navezovalnih točk določene z zelo visoko natančnostjo in razporeditev točk ni imela tako velikega pomena. Če ne bi imeli tako dobro določenih koordinat točk, bi bila razlika zagotovo veliko večja.

Presenečenje predstavljajo slabi rezultati pri zakoličbi s prenosom z gradbenih profilov, za katere smo pričakovali, da bo natančnost veliko večja. Povprečen položajni odmik znaša 5,9 mm. Slaba stran te metode je, da se je težko postaviti točno v podaljšek osi, ki jo določata dve točki, ki sta označeni na gradbenih profilih. Na slabšo natančnost vpliva tudi to, da sta prisotna dva pogreška označevanja, eden na gradbenem profilu in nato še direktno na točki.

Na splošno so rezultati slabši, kot smo pričakovali, glede na uporabljene metode in instrumentarij. Povprečno vrednost dolžine vektorja premika močno povečajo slabi rezultati na točki T2. Na primer, pri zakoličbi z dobro razporeditvijo danih točk povprečna dolžina vektorja premika znaša 4,4 mm. Če iz analize izzamemo točko T2, znaša povprečna dolžina vektorja premika 3,1 mm, kar pa je že znotraj pričakovanih rezultatov, ki smo jih ocenili na podlagi teoretičnih vrednosti natančnosti posameznih metod zakoličevanja.

Da lahko govorimo o statistično značilnih premikih, morajo biti premiki 3-krat večji od ocene natančnosti zakoličevanja. V našem primeru znaša ocena natančnosti zakoličevanja točk po polarni metodi 2,1 mm. Torej, da bi bili statistično značilni, bi moral biti premik večji od 6,3 mm. Na posameznih točkah pri posameznih metodah so premiki večji od te vrednosti. Vendar, če vzamemo povprečno vrednost dolžine premikov vsake metode, lahko ugotovimo, da noben povprečen premik ni statistično značilen.

VIRI

Breznikar A. 1994. Geodetsko-inženirska dela pri gradnji objektov. Geodetski vestnik. 38, 4: 316-320.

Breznikar A. Koler B. 2009. Inženirska geodezija. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 68 str.
http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/In__enirska_geodezija_2009.pdf
(Pridobljeno 29. 5. 2013.)

Fröhlich, B. 2013. Kontrola vzpostavitve geodetske mreže za potrebe zakoličevanja objektov.
Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
(samozaložba B. Fröhlich): 24 str.

Geoservis 2009. Leica FlexLine. Uporabna navodila: 58 str.

Koler, B. 2013. Prosojnice pri predmetu Inženirska geodezija.
Osebna komunikacija. (17. 4. 2013.)

Leica FlexLine TS06plus. 2013.
http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-FlexLine-TS06plus_99088.htm (Pridobljeno 29. 5. 2013.)

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 110/2002: 29.