

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:

Golob, T. 2012. Geodetska dela pri izgradnji železniške proge. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B.): 24 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:

Golob, T. 2012. Geodetska dela pri izgradnji železniške proge. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B.): 24 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

Kandidatka:

TINA GOLOB

**GEODETSKA DELA PRI IZGRADNJI ŽELEZNIŠKE
PROGE**

Diplomska naloga št.: 11/GIG

**SURVEYING WORK IN THE CONSTRUCTION OF THE
RAILWAY LINE**

Graduation thesis No.: 11/GIG

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Član komisije:

izr. prof. dr. Radoš Šumrada

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

doc. dr. Dušan Petrovič

Ljubljana, 20. 09. 2012

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



STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana **TINA GOLOB** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: »**GEODETSKA DELA PRI IZGRADNJI ŽELEZNIŠKE PROGE**«.

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

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

Ljubljana, 6.9.2012

Tina Golob

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528:625.1 (043.2)
Avtor:	Tina Golob
Mentor:	doc. dr. Božo Koler
Naslov:	Geodetska dela pri izgradnji železniške proge
Tip dokumenta:	Diplomska naloga
Obseg in oprema:	24 str., 2 pregl., 16. sl., 2 pril.
Ključne besede:	železniški tir, instrumentarij, geodetska dela, zakoličba

Izvleček

V prvem delu diplomske naloge sem opisala, kakšna so geodetska dela pri izgradnji objekta. Ker je bila moja naloga opis del pri izgradnji nove železniške proge, sem bila tekom celotne diplomske naloge usmerjena v predstavitev del pri tovrstnih gradnjah. Največjo pozornost sem posvetila izvajanju geodetskih del med samo izgradnjo objekta (predvsem zakoličbo), saj sem pri tem tudi sodelovala. Ker sta stroki gradbeništvo in geodezija med seboj tesno povezani, sem na koncu predstavila tudi nekaj gradbenih del, s katerimi mora biti geodet seznanjen, da lahko opravlja svoja dela.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528:625.1 (043.2)
Author: Tina Golob
Supervisor: Asist. Prof. Božo Koler, Ph.D.
Title: Surveying Work in the Construction of the Railway Line
Document type: Thesis
Notes: 24 p., 2 tab., 16. fig., 2 att.
Key words: railway track, instrumentation, geodetic works, stakeout

Abstract

In the first part of my diploma thesis I described the function of the surveying work in the construction of the facility. As my task was to describe the construction of a new railway track, the entire thesis is focused on the presentation of such constructions. Having participated in the project myself, I paid specific attention to the implementation of the surveying work during the whole process in construction of the facility (mainly stakeout). Whereas there is a direct correlation between construction and surveying, I concluded my thesis with some construction work, which the surveyor must be familiar with to be able to carry out their job.

ZAHVALA

Zahvaljujem se doc. dr. Koler Božu za mentorstvo, strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi Žnidaršič Gregorju, ki mi je strokovno pomagal tekom izdelave diplomske naloge in tudi pri samem praktičnem usposabljanju, kjer sem pridobila navdih za temo naloge. Seveda pa gre zahvala tudi mojim staršem, ki so me spodbujali tekom celotnega študija.

KAZALO

1	UVOD	1
2	FAZE GEODETSKIH DEL PRI IZGRADNJI OBJEKTA	2
2.1	Geodetska dela pred izgradnjo objekta	2
2.2	Geodetska dela med izgradnjo objekta.....	4
2.3	Geodetska dela po izgradnji objekta	4
3	OPIS ŽELEZNIC	5
3.1	Spodnji ustroj	5
3.2	Zgornji ustroj.....	5
3.3	Elementi trase v tlorisu.....	6
3.4	Krožni lok.....	6
3.5	Prehodna klančina	7
3.6	Prehodnica.....	8
3.7	Elementi trase v narisu	8
4	ZAKOLIČBA DETALJNIH TOČK OBJEKTA IN NAPRAV	10
4.1	Merski instrumentarij	10
4.2	Polarna metoda zakoličevanja točk	12
4.2.1	Ocena natančnosti zakoličevanja točk s polarno metodo	15
4.3	Višinska zakoličba.....	17
5	IZVEDBA GRADBNIH IN GEODETSKIH DEL PO PRVI ZAKOLČBI	19
5.1	Izračun volumnov.....	21
6	ZAKLJUČEK	23
VIRI		24

KAZALO SLIK

Slika 1: Poligonska točka (foto: Žnidaršič).....	3
Slika 2: Železniška proga z različnimi elementi trase (foto: Golob).....	6
Slika 3: Geometrijski elementi krožnega loka (Zgonc, 1996, str. 64).....	7
Slika 4: Nadvišanje na zgrajeni železniški progi (foto: Golob)	8
Slika 5: Elektronski tahimeter Leica TC 803 (Leica Geosystems)	11
Slika 6: Nivelir Leica NA730 in teleskopska nivelmanska lata (Geoservis)	12
Slika 7: Polarna zakoličba s prostega stojišča (Breznikar, Koler, 2009, str. 21).....	13
Slika 8: Projekt železniške proge na območju Predole (foto: Žnidaršič)	13
Slika 9: Primer zavarovanja točke (foto: Žnidaršič)	15
Slika 10: Grafični prikaz pogreškov (foto: Golob)	16
Slika 11: Niveliranje iz sredine s pogreškom vizurne osi (Berdajs, Ulbl, 2010)	18
Slika 12: Izvajanje zemeljskih del na trasi železniške proge (foto: Golob)	19
Slika 13: Nasutje tampona železniške proge (foto: Žnidaršič).....	20
Slika 14: Nivelirni stroj (foto: Žnidaršič).....	20
Slika 15: Izris profila (foto: Žnidaršič)	21
Slika 16: Izris starega in novega stanja (foto: Žnidaršič).....	22

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki za elektronski tahimeter Leica TC 803.....	11
Preglednica 2: Tehnični podatki nivelir Leica NA 730.....	11

KRATICE

ŽGP	Železniško gradbeno podjetje
ZGO-1	Zakon o graditvi objektov
ZUreP-1	Zakon o urejanju prostora
GJI	Gospodarska javna infrastruktura

1 UVOD

V Predolah, na odseku železniške proge med Grosupljem in Kočevjem, se je lani (2011) gradil nov železniški tir. Dela so potekala od začetka junija pa do začetka novembra. V tem času, predvsem meseca julija in avgusta sem imela priložnost spremljati delo geodeta na terenu.

Naloga geodeta pri izgradnji objektov je, da je na gradbišču prisoten ves čas. To pomeni, da sodeluje pred, med in po izgradnji objekta. Pred izgradnjo zagotovi ustrezne podlage za planiranje in projektiranja ter predvidi vsa geodetska dela, ki jih bo potrebno izvesti v sklopu projekta. Ves čas mora sodelovati tudi z ostalimi strokami, ki sodelujejo v procesu izgradnje določenega objekta. Glede na zahtevano natančnost pri gradnji posameznega objekta mora izbrati tehnično in ekonomsko optimalni merski postopek in merski instrumentarij, s katerimi bo izvedel meritve.

Geodet ima zahtevno nalogo, saj mora najprej dobro poznati geodetske postopke, da lahko nato vse postopke zakoličevanja in predvidene kontrolne meritve izvede korektno. Pomembno je, da so vsa dela izvedena korektno tudi v primeru, ko se na terenu pojavijo težki pogoji za izvedbo meritev.

Vsa gradbena dela je izvajalo Železniško gradbeno podjetje (ŽGP), ki je na vodilnem mestu med ponudniki gradbenih storitev, kot so dejavnosti novogradenj in obnov železniške infrastrukture. V petih desetletjih je bilo podjetje glavni izvajalec večine gradbenih projektov na železniški infrastrukturi. Zgradili so železniško progo do Kopra in železniško povezavo z Madžarsko, poleg tega pa obnavljajo slovensko železniško omrežje (SŽ – ŽGP). Kljub temu, da je to gradbeno podjetje ima zaposlene tudi geodete, ki opravijo večino geodetskih del pri izgradnji objekta.

2 FAZE GEODETSKIH DEL PRI IZGRADNJI OBJEKTA

Kot sem že v uvodu omenila, se geodetska dela pri izgradnji objekta delijo na dela pred, med in po izgradnji objekta. Za geodetska dela v inženirski geodeziji nimamo posebnega zakona ali pravilnika. Pomembni pa so Zakon o graditvi objektov (ZGO-1), Zakon o geodetski dejavnosti ter Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1). ZGO-1 ureja pogoje za graditev vseh objektov, določa bistvene zahteve in njihovo izpolnjevanje glede lastnosti objektov, predpisuje način in pogoje za opravljanje dejavnosti, ki so v zvezi z graditvijo objektov, ureja organizacijo in delovno področje dveh poklicnih zbornic, ureja inšpekcijsko nadzorstvo, določa sankcije za prekrške, ki so v zvezi z graditvijo objektov ter ureja druga vprašanja, povezana z graditvijo objektov.

Geodetska dela se morajo vedno izvajati z ustrežno natančnostjo, zato je le-ta predpisana z dovoljenimi odstopanji, ki so navedena v posameznih standardih (mednarodni- ISO, evropski- EN ali nemških- DIN) ter v projektni dokumentaciji.

2.1 Geodetska dela pred izgradnjo objekta

Za potrebe projektiranja je potrebno najprej izdelati geodetski načrt. S projektiranjem železnic se ukvarjata podjetji Tiring in Projektivno podjetje, ki sodelujeta z Železniškim gradbenim podjetjem. Podjetji sta sodelovali pri izdelavi geodetskega načrta, ki je moral biti izdelan z ustrežno natančnostjo. Le-ta je odvisna od potreb investitorja oziroma projektanta. Geodetski načrt, ki je prikazoval obstoječe stanje pred izgradnjo so izrisali na podlagi geodetskega posnetka. Načrt se vedno izdelava za večje območje kot je sama velikost objekta in služi tako projektantom kot tudi geodetom. Uporablja pa se lahko le za namen, ki je naveden v certifikatu.

Za potrebe izvajanja geodetskih del v vseh fazah izgradnje objekta je potrebno projektirati in stabilizirati položajne in višinske geodetske mreže oziroma točke (Slika 1). Dobro je, da investitor ves čas sodeluje z istim geodetskim podjetjem, saj tako isti geodet ves čas sodeluje s projektantom in izvajalcem gradbenih del. Za potrebe izvajanja geodetskih del je potrebno stabilizirati geodetsko mrežo, ki ustreza določenim kriterijem, saj lahko le s kvalitetno mrežo omogočimo različne vrste del, kot so: detajlna izmera terena za potrebe izdelave geodetskega načrta, zakoličevanje detajlnih točk objekta ter izvajanje kontrolnih meritev med in po izgradnji objekta. Geodetska mreža je bila na območju izgradnje novega tira že predčasno vzpostavljena, zato je bila potrebna le transformacija iz Gauss - Kruegerjevega koordinatnega sistema v lokalni koordinatni sistem, saj je bil tudi geodetski načrt risan v lokalnem koordinatnem sistemu.



Slika 1: Poligonska točka (foto: Žnidaršič)

Investitor mora pred začetkom del pridobiti gradbeno parcelo, na kateri je predvidena gradnja. Če je trenutna meja slabo določena, je potrebna katastrska izmera. Prav tako je potrebna v primeru, ko moramo izdelati načrt za pridobitev gradbene parcele. Železniško gradbeno podjetje se z urejanjem mej ni ukvarjalo, saj je bila to naloga podjetja Tiring in Projektivnega podjetja.

Nato se izdelata elaborat za zakoličevanje detajlnih točk objekta in načrt geodetskih del pri izgradnji objekta. Elaborat za zakoličevanje izdelamo na osnovi projektne dokumentacije in predstavlja zbirko podatkov, na osnovi katerih so izračunani zakoličbeni elementi. Zakoličbeni elementi predstavljajo osnovo za prenos objektov v naravo oziroma zakoličevanje detajlnih točk objektov in gospodarske javne infrastrukture (GJI). Elaborat pri izgradnji železniškega tira je vseboval: podatke o zahtevani natančnosti koordinat točk geodetske mreže, transformacijske podatke, podatke o položajni in višinski geodetski mreži, koordinate posameznih detajlnih točk v lokalnem koordinatnem sistemu in zakoličbene elemente z oceno natančnosti zakoličevanja posamezne detajlne točke. Priložene so bile tudi topografije posameznih detajlnih točk (Priloga A) v ustreznem merilu. Načrt geodetskih del pa predstavlja sestavni del mrežnega plana (terminekega plana) izgradnje posameznega objekta. Termineki plan definira datume izvajanja posameznih del ter čas izvajanja geodetskih del. Namen načrta geodetskih del je, da se predvidi časovni plan za izvajanje vseh geodetskih del med izgradnjo objekta (Breznikar, Koler, 2009).

2.2 Geodetska dela med izgradnjo objekta

Med gradnjo objektov se ukvarjamo z zakoličbo detajlnih točk objektov in zakoličbo gospodarske javne infrastrukture (GJI). Poleg tega izvajamo kontrolne meritve ter posnetke GJI, ki jih praviloma izvedemo pred zasutjem. S posnetkom GJI pridobimo podatke za zbirni kataster GJI. Kontrolne meritve delimo v dve skupini:

- kontrolne meritve, s katerimi preverimo skladnost grajenega objekta s projektno dokumentacijo (višine in dimenzije),
- monitoring objekta - spremljanje premikov in deformacij na objektu.

Podrobneje bom geodetska dela med izgradnjo objekta opisala v naslednjih poglavjih.

2.3 Geodetska dela po izgradnji objekta

Po izgradnji objekta potrebujemo tehnično dokumentacijo, ki je potrebna za tehnični pregled, tehnični prevzem ter za pridobitev uporabnega dovoljenja. Med tehnično dokumentacijo spadajo:

- projekt izvedenih del,
- projekt za vzdrževanje in obratovanje objekta,
- projekt za vpis v uradne evidence.

Geodetski elaborat po izgradnji objektov izdelamo za potrebe investitorja. V tem so zbrani podatki o stabilizirani geodetski mreži, podatki o izmeri in izravnavi geodetske mreže.

V primeru, da se spremeni obseg gradnje in je potrebno pridobiti dodatna zemljišča, je potrebna dopolnitev katastrskega elaborata.

Kot mi je predstavil Žnidaršič G. na ŽGP-ju, je po izgradnji železniškega tira sledil posnetek novega stanja, na osnovi katerega so nato izrisali geodetski načrt. Ob zaključku vseh del na gradbišču (tako gradbenih kot geodetskih), pa je sledil pregled certifikatov in ustreznost vgrajenih materialov. Že pred samim začetkom so bile vrste le-teh določene po standardih ter na osnovi geološkega mnenja. Preverili so, če je objekt zgrajen v skladu z gradbenim dovoljenjem. Na osnovi opravljenega tehničnega pregleda je bilo izdano uporabno dovoljenje. V času dve letne garancije Železniško gradbeno podjetje opravlja vzdrževalna dela in kontrolne meritve tira. Po preteku dveh let sledi predaja železniške proge Slovenskim železnicam.

3 OPIS ŽELEZNIC

Železniška proga je sestavljena iz spodnjega in zgornjega ustroja, signalno-varnostnih in telekomunikacijskih naprav, stabilne naprave za električno vleko, progovne naprave, opreme proge, poslovne stavbe železnice na progi s pripadajočim zemljiščem, progovnim pasom in zračnim prostorom nad progo do višine 12 m oziroma 14 m.

Zahteve za projektiranje in gradnjo železniških prog so odvisne od vrste in namena železniške proge. Pri tem je potrebno upoštevati prevozno in prepustno moč proge, hitrost vlakov, osno obremenitev, maso vozil, varnost prometa ter druge zahteve, ki jih predpisuje država ali pa mednarodni predpisi. Za potrebe projektiranja železniške proge razvrstimo po:

- obsegu prometa in pomenu,
- namenu,
- prenosu vlečne sile,
- vrsti vleke,
- tirni širini,
- številu tirov,
- osni obremenitvi,
- obsegu fiktivnega dnevnega prometa. (Zgonc, 1996)

3.1 Spodnji ustroj

Progovno telo, ki ga sestavljajo zemeljski in umetni objekti imenujemo spodnji ustroj. Predstavlja del med zgornjim ustrojem in raščenim terenom. Naloga le-tega je, da prenaša obremenitev zgornjega ustroja na teren. Spodnji ustroj sestavljajo nasipi, useki, mostovi, propusti, predori, galerije, viadukti, podporni in oporni zidovi, podvozi in nadvozi ter objekti za zaščito proge. Poleg tega v to skupino štejemo tudi nakladalne klančine, tirne tehtnice, naprave za preskrbe z vodo in opremo proge.

Spodnjemu ustroju je pri gradnji potrebno posvetiti največjo pozornost.

3.2 Zgornji ustroj

Del železniške proge, po katerem vozijo tirna vozila imenujemo zgornji ustroj. Sestavljajo ga tirnice, pragovi, grede, tamponski sloj, tirni pribor, kretnice in tirna križišča. Oblika in mere zgornjega ustroja so odvisne od vrste in reda proge, števila tirov, vrste pragov ter od tega, ali so tirnice zvarjene v dolgi tirni trak ali ne.

3.3 Elementi trase v tlorisu

Umestitev železniške proge v prostor je razvidna iz projekta, kjer je potek trase prikazan v tlorisu in narisu. Lega vzdolžne osi železniške proge predstavlja traso železniške proge v tlorisu. Trasa je v bistvu poligon, ki ga sestavljajo različni elementi. V tlorisu so elementi trase prema, krožni lok in prehodnica (Slika 2). Prema je določena samo s smerjo in dolžino, krožni lok in prehodnica pa sta določena z več elementi. Krožni lok je povezan z nadvišanjem, prehodnica pa s prehodno klančino. Elementi krožne krivine, ki natančno določajo njeno obliko in položaj ter opredeljujejo njene vozno-tehnične značilnosti so nadvišanje, polmer krožnega loka, prehodna klančina in prehodnica. Nadvišanje nam pove, kolikšna je pri danem polmeru krožnega loka največja dovoljena hitrost v krivini. Določa tudi osnovne parametre prehodne klančine in prehodnice ter vpliva na obrabo in vzdrževanje zgornjega ustroja proge. Pri izboru elementov trase moramo dobro poznati temeljna načela projektiranja posameznih elementov, njihovo medsebojno odvisnost ter udobnost, varnost in ekonomičnost obratovanja. (Zgonc, 1996)

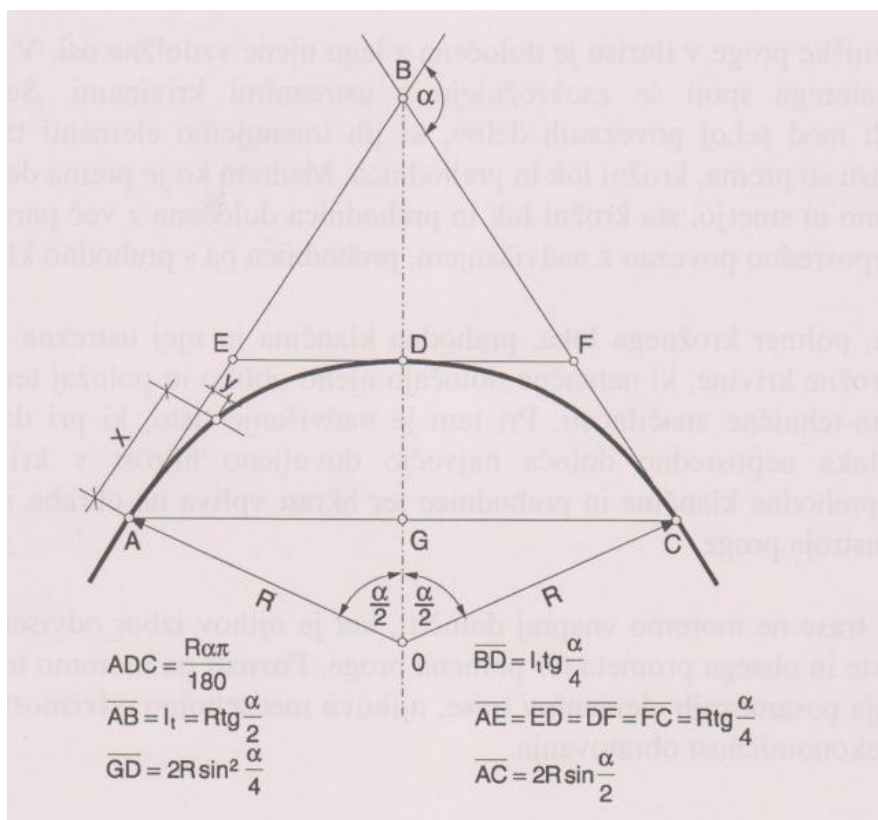


Slika 2: Železniška proga z različnimi elementi trase (foto: Golob)

3.4 Krožni lok

Krožni lok je najenostavnejši geometrijski element, ki omogoča spremembo smeri (Slika 3). Določen je s svojim polmerom R in velikostjo središčnega kota α . S tema podatkom lahko pridobimo vse druge podatke, ki jih potrebujemo za zakoličevanje. Na odprti progi mora biti po naši zakonodaji

polmer krožnega loka večji ali enak 300 m, na glavnih prevoznih tirih postaj pa večji ali enak 180 m. Pomemben parameter krožnega loka je nadvišanje, ki predstavlja razliko med višinsko lego notranje in zunanje tirnice v krivini. Nadvišanje merimo v milimetrih, označujemo s črko h in ga praviloma izvedemo z dvigom zunanjega tirnega traku. Največje dovoljeno nadvišanje je 150 mm. Nadvišanje je odvisno od hitrosti vozila, dopustnega bočnega pospeška in polmera krožnega loka.



Slika 3: Geometrijski elementi krožnega loka (Zgonc, 1996, str. 64)

3.5 Prehodna klančina

Prehodna klančina omogoča prehod iz nenadvišane preme v nadvišan krožni lok in obratno ali pa prehod med dvema različno nadvišanima krožnima lokoma. Poznamo premočrtno in krivočrtno prehodno klančino. Razlika je, da pri premočrtni nadvišanje narašča linearno pri krivočrtni pa po krivulji višje stopnje. Prehodno klančino izvedemo z (delnim) nadvišanjem zunanje tirnice in (delno) poglobitvijo notranje tirnice (Slika 4). (Zgonc, 1996)



Slika 4: Nadvišanje na zgrajeni železniški progi (foto: Golob)

3.6 Prehodnica

Prehodnica je prehodna krivulja, ki omogoča miren prehod iz preme v krožni lok in obratno, ali za prehod med dvema krožnima lokoma različnih polmerov. Če je krivina nadvišana, se na mestu prehodnice vgradi tudi prehodna klančina. Prehodna klančina in prehodnica morata zato ustrezati dvema osnovnima pogojema:

- vsaki obliki prehodne klančine mora ustrezati točno določena oblika prehodnice,
- prehodna klančina in prehodnica morata sovpadati po vsej svoji dolžini in biti enako dolgi.

Pri prehodnih klančinah ločimo med premočrtno in krivočrtno sliko nadvišanja, pri prehodnicah pa ločimo med premočrtno in krivočrtno sliko ukrivljenosti.

3.7 Elementi trase v narisu

Traso železniške proge v narisu prikazujemo z vzdolžnim profilom, ki je presek razvite trase z vertikalno ravnino v njeni osi. Iz tega profila je razviden potek terenske linije, oblika in položaj projektirane trase, useki, nasipi, umetni objekti in križanja z drugimi prometnicami in vodotoki. V vzdolžnem profilu imamo niveleto (črto), ki prikazuje obliko in položaj osi projektiranja trase. Pri obstoječih progah se niveleta nanaša na kote zgornjega roba tirnice, pri novogradnjah pa se nanaša na kote osi planuma. V krivinah se običajno upoštevajo koti zgornjega roba notranje tirnice. Položaj nivelete nam tako v odnosu do linije terena pove, kje je potreben nasip in kje usek proge. Niveleta je sestavljena iz horizontalnih in nagnjenih odsekov. Lom nivelete predstavlja sečišče dveh različno

nagnjenih odsekov, odsek med dvema sosednjima lomoma imenujemo element nivelete, njegovo dolžino pa dolžino elementa nivelete. Nagibe merimo v promilih in označujemo s črko i . Nagib je vzpon, ki je pozitiven, če višina nivelete v smeri vožnje vlaka narašča in negativen, če višina nivelete v smeri vožnje vlaka pada. (Zgonc, 1996)

4 ZAKOLIČBA DETALJNIH TOČK OBJEKTA IN NAPRAV

Objekt prenesemo v naravo s postopkom zakoličevanja, ki je eden od pomembnejših postopkov, ki jih uporabljamo v inženirski geodeziji. Obraten postopek je izmera terena, s pomočjo katerega pridobimo dejansko stanje obstoječe situacije.

Zakoličevanje sestavljajo naslednje mersko tehnične naloge:

- kontrola podlag za zakoličevanje,
- izbor metode zakoličevanja vključno z izborom instrumentarija ob upoštevanju zahtevane natančnosti naročnika,
- izračun ustreznih zakoličbenih elementov,
- kontrola navezovalnih točk geodetske mreže, iz katerih izvajamo zakoličevanje,
- zakoličba in označevanje ter zavarovanje točk osi in gradbenih profilov,
- neodvisna kontrola vseh zakoličenih in označenih točk,
- predaja horizontalno in višinsko zakoličenih točk skupaj z zakoličbenimi podlagami izvajalcu gradbenih del.

Zakoličene točke nam določijo položaj in obliko projektiranega objekta v naravi. Ločimo zakoličbo v horizontalni ravnini in zakoličbo višin. Zakoličba v horizontalni ravnini poteka na osnovi merjenja dolžin ali smeri oziroma kombinacije obeh postopkov, medtem ko zakoličevanje višin izvedemo z metodo geometričnega ali trigonometričnega višinomerstva. Za položajno zakoličbo lahko uporabimo različne metode zakoličevanja (osnovne in dopolnilne). Katero metodo izberemo je odvisno od:

- razpoložljivega instrumentarija,
- obsega zakoličevanja in oblike objekta,
- načina gradnje,
- pogojev na gradbišču, ki omogočajo izvedbo določene metode,
- zahtevane natančnosti zakoličevanja.

4.1 Merski instrumentarij

Za položajno zakoličbo smo uporabljali elektronski tahimeter Leica TC 803 (Slika 5), tehnični podatki instrumenta so prikazani Preglednici 1.

Preglednica 1: Tehnični podatki za elektronski tahimeter Leica TC 803 (Leica Geosystems)

Standardna deviacija (ISO 17123-3)	3" (1 mgon)
Ločljivost	1" (0,1 mgon)
Povečava	30 x
Vidno polje	1° 30' (26 m na 1 km)
Minimalna razdalja do cilja	1,7 m
Nastavitev natančnosti	1"
Merilno območje s prizmo GPR1	3'500 m
Merilno območje z odsevno folijo (60 mm x 60 mm)	250 m
Standardna deviacija (ISO 17123-4)	5 mm + 2 ppm
Čas merjenja	0,8 s
Teža inštrumenta	5,4 kg



Slika 5: Elektronski tahimeter Leica TC 803 (Leica Geosystems)

Za vertikalno zakoličbo detajlnih točk smo uporabljali nivelir Leica NA730 (Slika 6). Pri niveliranju smo uporabljali aluminijasto teleskopsko lato (4 m ali 5 m) s klasično razdelbo. Tehnični podatki za omenjeni nivelir so zbrani v spodnji preglednici.

Preglednica 2: Tehnični podatki za nivelir Leica NA730 (Geoservis)

Povečava	30 x
Natančnost posamezne meritve na 30 m	0,8 mm
Standardna deviacija 1 km dvojnega nivelmana	1,2 mm

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 1:

Vrtenje horizontalnega kroga	neskončen, obojestranski mikrometrski vijak
Delovno področje kompenzatorja	±15'
Teža instrumenta	1.7 kg

Kljub temu, da proizvajalec navaja natančnost posamezne meritve na 30 m 0,8 mm in standardno deviacijo 1 km dvojnega nivelmana le 1,2 mm, je v praksi to težko izvedljivo, saj pri na nivelmanskimi lati s centimetrsko razdelbo cenimo na milimeter natančno.



Slika 6: Nivelir Leica NA730 in teleskopska nivelmanska lata (Geoservis)

Poleg navedenih instrumentov smo uporabili tudi stativ, prizmo s podstavkom, trasirko, žabo ter merski trak.

4.2 Polarna metoda zakoličevanja točk

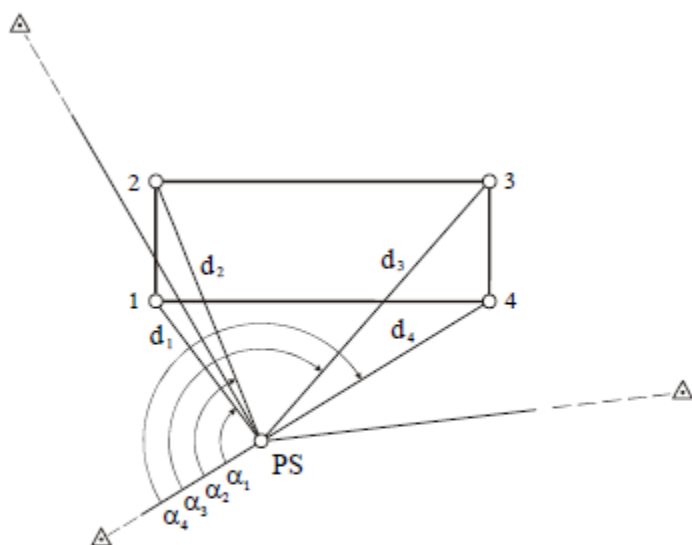
V praksi se največkrat uporablja polarna metoda zakoličevanja (Slika 7). Na osnovi izračunanih zakoličbenih elementov smo zakoličevali osi tirov, gradbene konstrukcije kot so propusti, nadvozi, podvozi, ceste, jarke, objekte odvodnavanja ter vse elemente trase (začetek in konec preme, začetek in konec prehodnice, začetek in konec loka).

Zakoličbene elemente (smer r , razdalja k točki d), izračunamo iz podanih koordinat točk geodetske mreže in projektiranih koordinat detaljnih točk objekta:

$$d_{PSi} = \sqrt{(x_i - x_{PS})^2 + (y_i - y_{PS})^2}$$

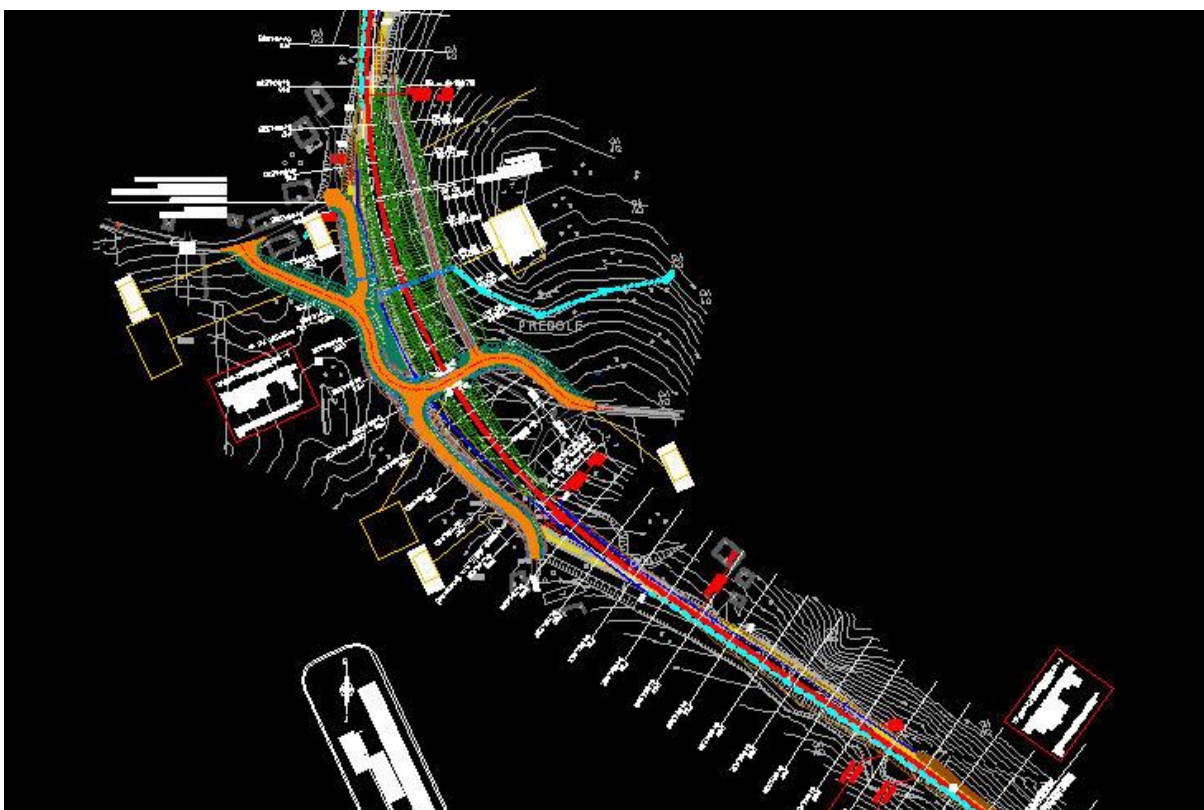
$$v_{PS}^i = \arctan \frac{y_i - y_{PS}}{x_i - x_{PS}}$$

$$r_i = r_A + v_{PS}^i - v_A^{PS} \pm 180^\circ$$



Slika 7: Polarna zakoličba s prostega stojišča (Breznikar, Koler, 2009, str. 21)

Pred samo zakoličbo je potrebno najprej pridobiti projektirane koordinate detajlnih točk, ki jih dobimo iz projekta (Slika 8). Za izračun zakoličbenih elementov potrebujemo tudi koordinate točk geodetske mreže ali prostega stojišča, s katerega zakoličujemo.



Slika 8: Projekt železniške proge na območju Predole (foto: Žnidaršič)

Zaradi razgibanega terena in majhnega števila točk geodetske mreže, smo geodetsko mrežo zgostili s prostimi stojišči. Metoda proste izbire stojišča oziroma »prosto stacioniranje« je trenutno najbolj uporabna metoda, s katero določimo koordinate prosto izbranega stojišča. Pozitivna lastnost te metode je, da lahko izberemo stojišče kjerkoli, pomembno je le, da imamo vsaj dve navezovalni točki, ki nam omogočata izračun koordinat stojišča. Instrumenta tako ni potrebno postaviti na že znano poligonsko ali drugo točko z znanimi koordinatami. Tako se izognemo tudi vplivu pogreška centriranja na zakoličevanje detaljnih točk. Na terenu smo prosto stojišče vedno izbrali tako, da je bil položaj čim bolj ugoden (ustrezna geometrija, varno območje). Ker so na območju potekala gradbena dela, je bilo prisotne veliko gradbene mehanizacije, ki je zaradi vožnje po neutrjenem terenu nekoliko otežila geodetska dela. Zaradi tega instrument nismo postavljali na neutrjen teren, saj bi lahko prišlo do premikov le-tega. Položajne koordinate stojišča smo določili z merjenjem smeri in razdalj vsaj k dvema ali več navezovalnim točkam v dveh krožnih legah. Tako smo zagotovili boljšo natančnost določitve koordinat prosto izbranega stojišča. Prosto stojišče smo poizkusili izbrati tako, da je bilo čim bolj na sredini med orientacijskimi točkami, stranice razdalj do teh točk pa čim daljše in približno enako dolge.

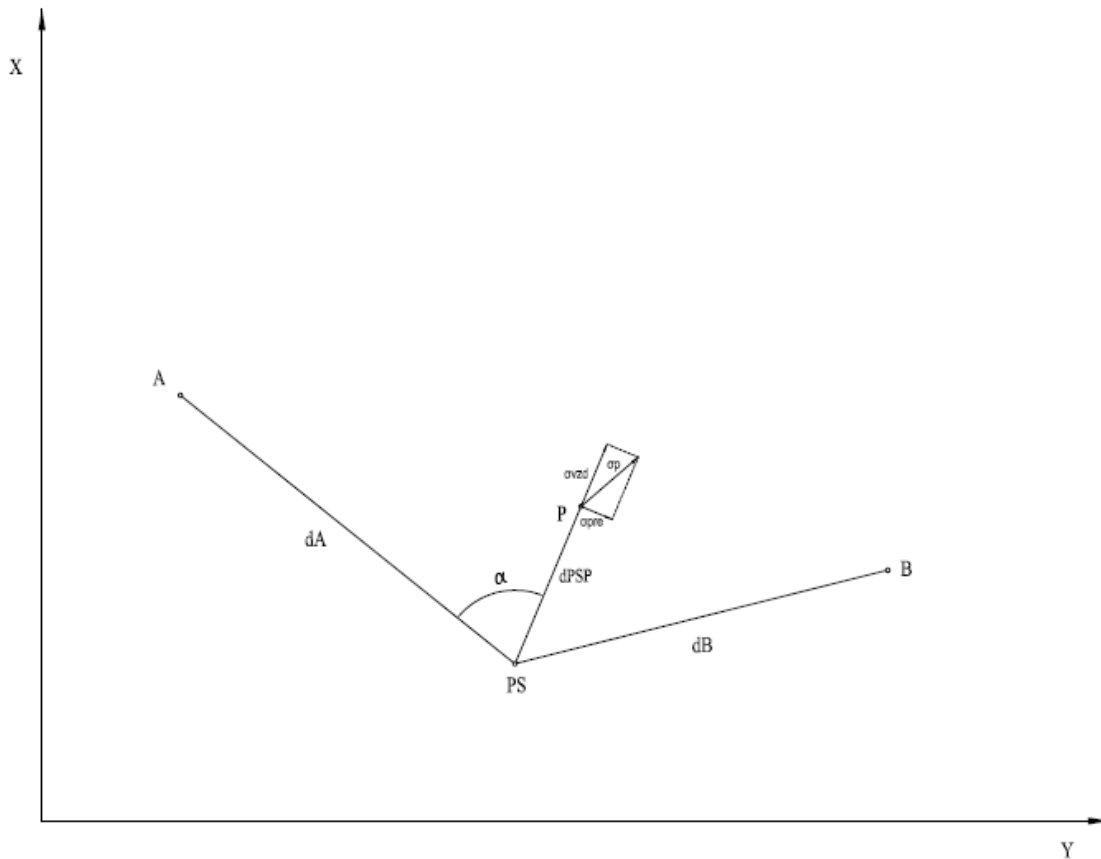
Sodobni geodetski instrumenti imajo vgrajene programe za izračun koordinat prosto izbranega stojišča. Prav tako lahko izračunajo zakoličbene elemente detaljnih točk na osnovi danih koordinat stojišča in navezovalnih točk in projektiranih koordinat detaljnih točk. Dane in projektirane koordinate smo neposredno vnesli v instrument in pričeli s postopkom zakoličevanja. Ker zakoličba osi tirov in ostalih detaljnih točk na začetku služi za izvajanje zemeljskih del pred izgradnjo spodnjega ustroja, je bila natančnost prve zakoličbe cca 5-10 cm. Zakoličene točke smo na terenu označili in zavarovali. Glede na to, da so na samem območju izgradnje nato potekala zemeljska dela, smo zavarovanje zakoličenih točk izvedli izven območja gradbenih del (Slika 9). Najlažje delo smo imeli tam, kjer je bil v bližini kakšen stalen naravni objekt (npr. skala) in smo lahko nanj zapisali ustrezne podatke pomembne za izvajalce gradbenih del in njihove nadzornike. V nasprotnem primeru smo podatke zapisali na količke, ki so bili ustrezno odmaknjeni iz območja izvajanja gradbenih del.



Slika 9: Primer zavarovanja točke (foto: Žnidaršič)

4.3 Ocena natančnosti zakoličevanja točk s polarno metodo

Natančnost zakoličevanja je odvisna od natančnosti določitve koordinat prostega stojšča in od natančnosti zakoličevanja zakoličbenih elementov. Teoretično (pogreškovno) ugodno izbrano stojšče leži v sredini med obema navezovalnima točkama, kot kaže slika:



Slika 10: Grafični prikaz pogreškov (foto: Golob)

PS...prosto stojišče

A, B...orientacijski točki

P...zakoličena točka

Ocena natančnosti določitve koordinat prostega stojišča:

$$\sigma_{x_{PS}}^2 = \sigma_{d_A}^2 \cos^2 v_A^{PS} + \frac{d_A^2 \sigma_\alpha^2 \sin^2 v_A^{PS}}{\rho^2} \text{ (odstopanje v koordinatni smeri x)}$$

$$\sigma_{y_{PS}}^2 = \sigma_{d_A}^2 \sin^2 v_A^{PS} + \frac{d_A^2 \sigma_\alpha^2 \cos^2 v_A^{PS}}{\rho^2} \text{ (odstopanje v koordinatni smeri y)}$$

$$\sigma_\alpha^2 = 2\sigma_f^2$$

$$\sigma_{PS}^2 = \sigma_{x_{PS}}^2 + \sigma_{y_{PS}}^2 \text{ [mm}^2\text{] (odstopanje koordinat prostega stojišča)}$$

V enačbah nastopajo naslednje količine:

d_A ...razdalja od prostega stojišča (PS) do orientacijske točke A (prib. 200 m)

d_B ... razdalja od prostega stojišča (PS) do orientacijske točke B (prib. 180 m)

σ_{d_A} ... odstopanje pri merjenju dolžine d_A

v_A^{PS} ... smerni kot iz točke A na PS

σ_α ... standardno odstopanje merjenja kota α

σ_r ...odstopanje pri merjenju smeri (1 mgon)

Natančnost zakoličenih točk :

$$\sigma_{vzd} = \sqrt{\sigma_d^2 + \frac{\sigma_{oz}^2}{2}} \quad (\text{vzdolžno odstopanje})$$

$$\sigma_{pre} = \sqrt{\left(\frac{d\sigma_r\sqrt{2}}{\rho}\right)^2 + \frac{\sigma_{oz}^2}{2} + \sigma_{sig}^2} \quad (\text{prečno odstopanje})$$

$$\sigma_{sig} = \frac{d_A}{d_B \cdot \sqrt{2}}$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{vzd}^2 + \sigma_{pre}^2 + \sigma_{xPS}^2 + \sigma_{yPS}^2} \quad [\text{mm}]$$

V enačbah nastopajo naslednje količine:

σ_{oz} ...pogrešek označevanja točk (5 mm)

σ_{sig} ...pogrešek signaliziranja (0,62mm)

d...srednja oddaljenost zakoličevanja (80 m)

Za elektronski tahimeter Leica TC 803 velja: $\sigma_d = 5$ mm (odstopanje pri merjenju dolžin) in $\sigma_r = 1,0$ mgon (odstopanje pri merjenju smeri).

Natančnost zakoličenih točk z uporabljenim tahimetrom je:

$$\sigma_{vzd} = 6,1 \text{ mm}$$

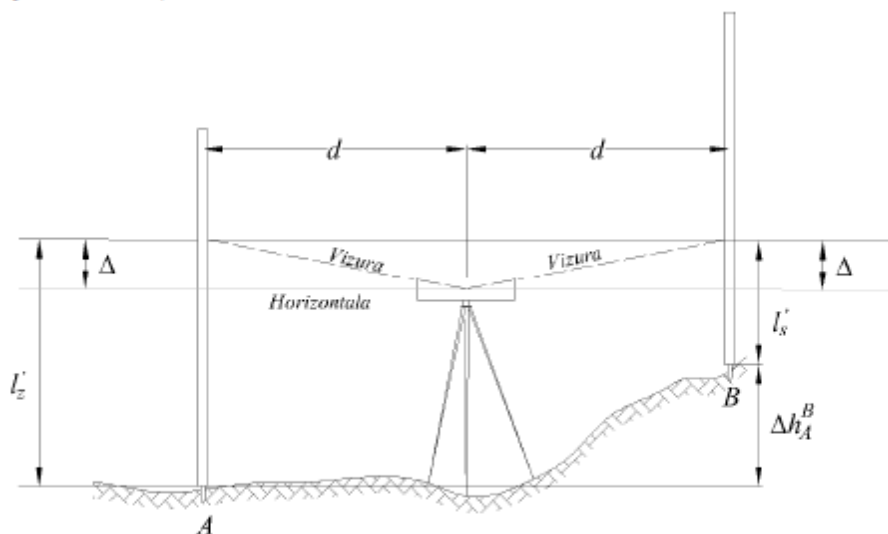
$$\sigma_{pre} = 4 \text{ mm}$$

$$\sigma_P = 7,3 \text{ mm} \quad (\text{natančnost je zaradi pomanjkanja podatkov izračunana le iz } \sigma_{vzd} \text{ in } \sigma_{pre})$$

Ugotovimo, da ima na natančnost velik vpliv pogrešek označevanja točk (5mm), zaradi katerega je natančnost zakoličenih točk nekoliko slabša.

4.4 Višinska zakoličba

Po položajni zakoličbi je sledila še višinska zakoličba. Zakoličbo višin smo izvedli z metodo geometričnega nivelmana. Metoda je najbolj ustrezna, saj z njo zagotovimo največjo natančnost zakoličevanja višin točk. Glede na to, da je bil čas izvedbe vseh del na gradbišču v poletnem času in so bile temperature posledično visoke, vreme pa sončno, smo poizkusili zakoličbo višin izvesti v čim bolj ustreznem času. To pa velikokrat ni bilo izvedljivo, saj je v poletnem času najugodnejši del dneva za tovrstne meritve od 5h – 7/8h (do začetka trepetanja slike), ali pa v popoldanskem času po prenehanju trepetanja slike, ko se hladnejše plasti zraka začnejo enakomerno spuščati k tlom. Kljub temu, da nismo imeli na voljo najbolj ustreznega časa za zakoličevanje pa smo imeli vsaj dovolj dober instrument, da smo lahko brez težav opravili višinsko zakoličbo. Zakoličevali smo iz sredine in s tem tudi eliminirali pogrešek nagnjenosti vizurne osi (Slika 11).



Slika 11: Niveliranje iz sredine s pogreškom vizurne osi (Berdajs, Ulbl, 2010)

Nivelirati smo vedno začeli na znani točki (točki geodetske mreže z znanimi koordinatami in višino), katere višina se je pridobila z izmero med dvema danima reperjema. Nadaljevali smo z niveliranjem nivelmanske linije proti naslednji novo stabilizirani točki. Pazili smo, da vizura nikoli ni bila daljša od 30 metrov. Večinoma je bila precej krajša, saj je bil teren dokaj razgiban. Po meritvah smo kar na terenu izračunali merjeno višinsko razliko med danimi točkami in preverili, če se ujema z obstoječimi podatki v projektu. Sledil je zapis podatkov na zavarovane točke po profilih. Zapisovali smo: odmik od osi tira, višino izkopa, višino tampona, višino gramoza, odmik od osi jarka ter višino dna jarka. Vse podane višine so v naslednjih fazah izgradnje objekta v pomoč pri izvajanju gradbenih del.

5 IZVEDBA GRADBNIH IN GEODETSKIH DEL PO PRVI ZAKOLČBI

Po prvi zakoličbi so pričeli z izvedbo zemeljskih del (Slika 12). Na podlagi zapisanih višin na zavarovanih točkah, so delovodje lahko narekovali začetna zemeljska dela (nasip ali izkop).



Slika 12: Izvajanje zemeljskih del na trasi železniške proge (foto: Golob)

Zaradi velikega števila gradbene mehanizacije na gradbišču, naslednja zakoličba ni bila tako enostavna, saj stojišča ni bilo več mogoče postaviti na katerokoli območje. Upoštevati je bilo potrebno, kje bosta tako geodet in instrument najbolj na varnem, prav tako pa tudi, da ne bo v napoto različni mehanizaciji. Sledila je druga zakoličba po izkopu oziroma nasutju. Zopet smo za stojišče uporabili metodo prostega stojišča ter nato zakoličevali po polarni metodi. Izbira stojišča je bila tokrat nekoliko težja, saj so bile določene dane točke, ki so služile za izračun koordinat prosto izbranega stojišča in orientacijo, uničene. Po drugi zakoličbi in kontroli višin je bila centimetrska natančnost zadovoljiva, da so lahko začeli z nasipom tampona (Slika 13).

Naslednja zakoličba je sledila po nasutju tampona, zahtevana natančnost je bila centimetrska. Nato je sledilo nasutje prve plasti tolčenca v višini 15 cm v osi tira. Gradbeni delavci so zatem na os tira položili pragove, ki so med seboj oddaljeni 60 cm. Sledilo je še polaganje tirov dolžine 75 m. Na koncu je sledilo še zasutje z gramozom ter regulacija. Regulacija se izvede z nivelirnim strojem (Slika 14), ki sprva postavi tir na projektirano višino in os, nato pa zaokroži loke in medsebojno višino tirnic. Po postavitvi tirov sledi še zadnje zakoličevanje višin. Tokrat je zahtevana natančnost večja, saj je dovoljeno višinsko odstopanje le dva milimetra, zato smo nivelirali v obe smeri. Pri niveliranju smo

uporabljali nivelir Leica NA730, za katerega proizvajalec navaja standardno deviacijo na kilometer dvojnega nivelmana 1,2 mm.



Slika 13: Nasutje tampona železniške proge (foto: Žnidaršič)



Slika 14: Nivelirni stroj (foto: Žnidaršič)

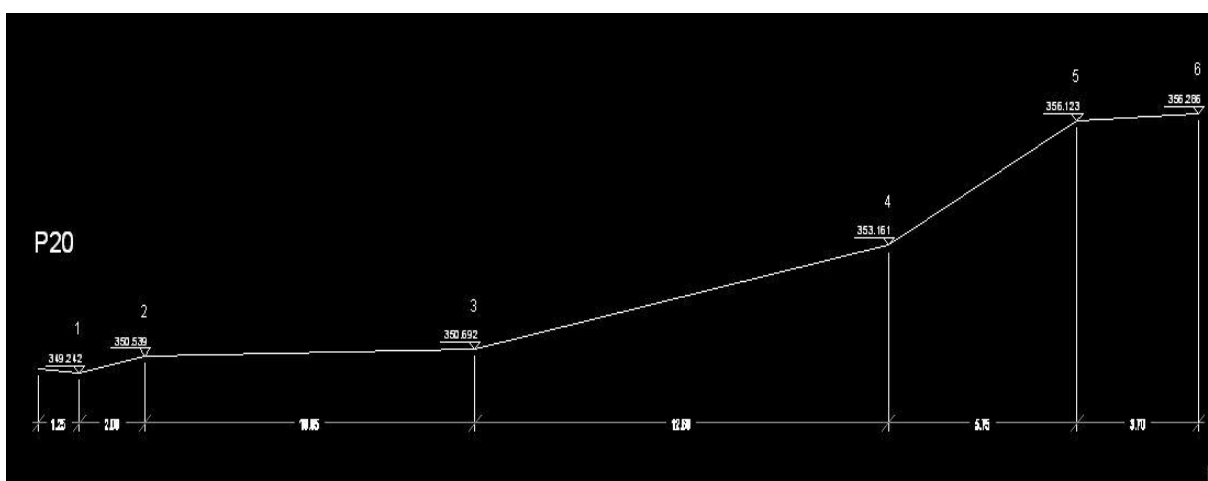
Istočasno ob izgradnji novega tira se je gradila še cesta, odvodnjavanje ter transformatorska postaja. Pred zasutjem gospodarske javne infrastrukture je bil potreben posnetek GJI, saj smo s tem pridobili podatke za zbirni kataster GJI. Pri izgradnji ceste je z ŽGP-jem sodelovalo tudi drugo geodetsko podjetje, zato je bilo delo geodeta porazdeljeno.

5.1 Izračun volumnov

Pri gradnji linijskih objektov, predvsem cest in železnic, precejšna finančna postavka v celotnem projektu predstavlja obseg zemeljskih del. Izračun volumna zemeljskih mas, ki jih je potrebno premestiti predstavlja neposredno povezavo z zemeljskimi deli. Na hribovitem terenu imajo tako zemeljska dela velik vpliv na celotni izračun stroškov, saj so lahko zelo obsežna. Zemeljska dela predstavljajo enega izmed kriterijev za izbiro najboljšega poteka trase pri linijskih objektih. Zato je potrebna strokovnost in ustrezna natančnost. (Breznikar, Koler, 2009)

Za izračun volumna je potrebno poznati površino posameznega prečnega profila, oziroma delež useka in nasipa v profilu. Prečni profil je na eni strani omejen z novozgrajenim (projektiranim) stanjem, na drugi pa z obstoječim terenom. Podatke za izračun površine profila lahko pridobimo na različne načine, odvisno od tega, katera merska tehnika in tehnika za izvedenost je razpoložljiva.

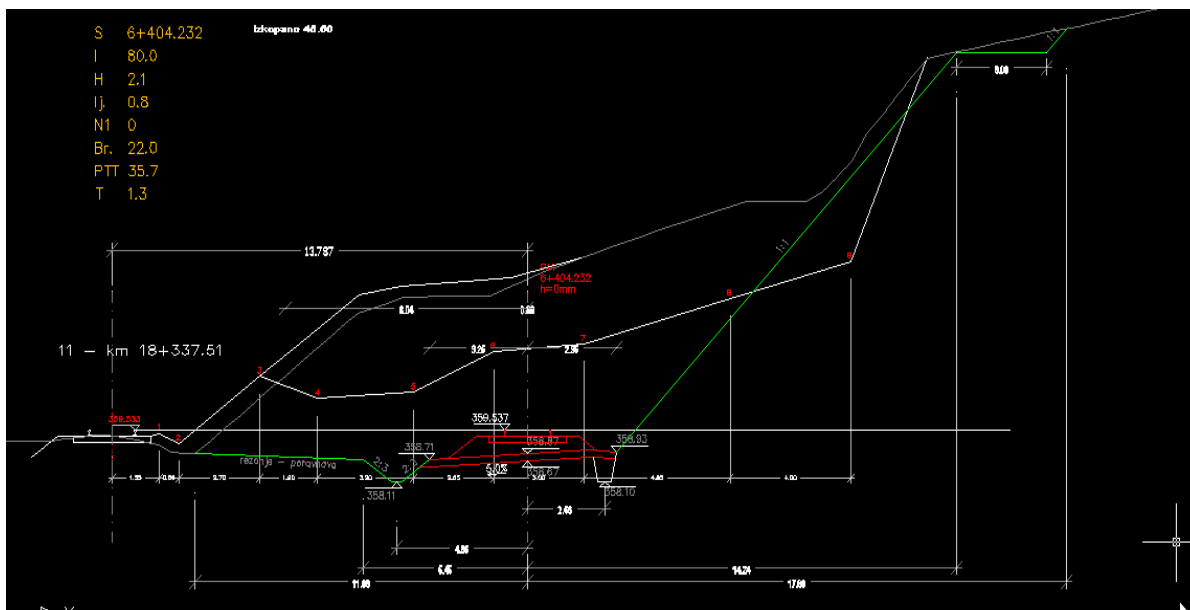
V Predolah, na območju izgradnje novega tira, je izračun volumnov potekal kar s pomočjo programa AutoCad. Pred začetkom zemeljskih del je geodet posnel celotno območje po profilih. S pomočjo niveliranja je pridobil višine lomnih točk, nato pa je izmeril še razdalje med njimi. V programu AutoCad je nato izrisal profil (Slika 15).



Slika 15: Izris profila (foto: Žnidaršič)

Postopek je ponovil ob koncu zemeljskih del in izrisal profile novega stanja na terenu. V programu je nato izračunal razliko volumnov starega in novega stanja (Slika 16). Izračun je potekal za vsak profil

posebej. Skupaj je bilo izrisanih 37 profilov, med katerimi je bila razdalja 20 metrov. Na koncu je bil potreben seštevek volumnov vseh profilov. Posebej smo izračunali volumen nasipa in volumen izkopa ter tako pridobili vrednosti volumnov pri izgradnji linijskega objekta.



Slika 16: Izris starega in novega stanja (foto: Žnidaršič)

6 ZAKLJUČEK

Geodetska dela izvajamo pri izgradnji objektov vseh vrst. V splošnem le-ta delimo na dela, ki se izvajajo pred, med in po izgradnji objektov. Naloge so že vnaprej določene, vendar se kljub temu lahko ob sami izvedbi del pojavijo nepredvidljiva dodatna dela. Že na samem začetku mora geodet vzpostaviti geodetsko mrežo z ustrežno natančnostjo, saj le tako lahko omogočimo korektno izvedbo nadaljnjih geodetskih del. Pred izgradnjo objekta je potrebno izvesti detajlno izmero za potrebe izdelave geodetskega načrta, ki ga projektant potrebuje za projektiranje objektov.

Pri izvajanju geodetskih del med izgradnjo objekta mora biti pozoren na dogajanje na gradbišču, zato je dobro, da ves čas sodeluje tudi z ostalimi strokami. Strokovno znanje, tako na področju geodezije kot tudi gradbeništva (potrebno je namreč poznavanje strukture železniške proge in elementov le-te) in iznajdljivost geodetu lajšata delo. Geodet mora poznati tudi sodoben geodetski instrumentarij. Poleg dela na terenu, je potrebno znati izmerjene podatke obdelati z ustreznimi računalniškimi programi. Pri izgradnji železniškega tira je tako velik del predstavljal izris profilov, za izračun volumnov zemeljskih mas, saj so na podlagi le-teh lahko ocenili potrebna finančna sredstva za izvedbo zemeljskih del.

Kljub temu, da največji obseg geodetskih del predstavljajo dela med izgradnjo železniškega tira, pa so potrebne tudi kontrolne meritve po izgradnji. Na Železniškem gradbenem podjetju se kontrolne meritve izvajajo takoj po sami izgradnji tira (preverba višin) ter po potrebi v prihodnosti (npr. plazenje).

VIRI

Berdajs, A., Ulbl, M., 2010. Inženirska geodezija. Ljubljana: Zavod IRC. 48 str.

http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Inzenirska_geodezija-Berdajs_Ulbl.pdf.

(Pridobljeno 23. 4. 2012.)

Breznikar, A., 2012. Zapiski s predavanj pri predmetu Geodezija v inženirstvu. (feb – apr 2012.)

Breznikar, A., Koler, B. 2009. Inženirska geodezija. Ljubljana: Inženirska zbornica Slovenije. 4, 5, 6, 15, 18, 21, 52 str.

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/In__enirska_geodezija_2009.pdf.

(Pridobljeno 20. 4. 2012.)

Geoservis: <http://www.geoservis.si/produkti/41-opticni-nivelirji/59-leica-na700> (Pridobljeno 23. 4. 2012.)

Leica Geosystems: http://www.usedsurveyingstuff.com/files/TPS800_Brochure_en_pdf_Media.pdf
(Pridobljeno 23. 4. 2012.)

Zgonc, B. 1996. Železnice I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 3, 6, 7, 8, 63, 64, 65, 87, 103, 137 str.

Železniško gradbeno podjetje: <http://www.sz-zgp.si/index.php/stran/podjetje/dejavnosti> (Pridobljeno 13. 6. 2012.)

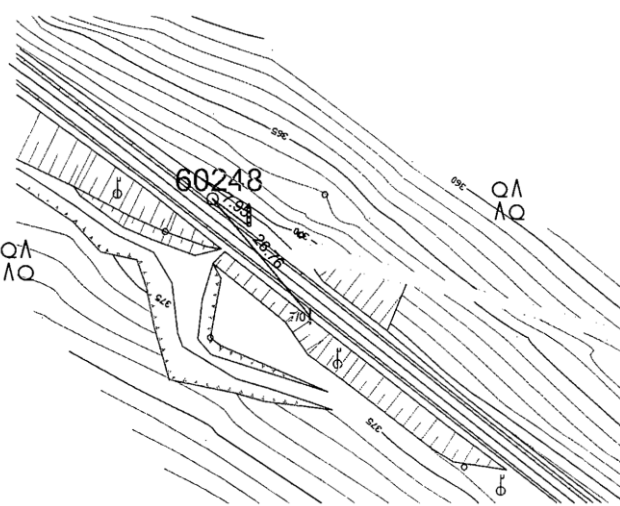
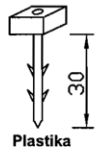
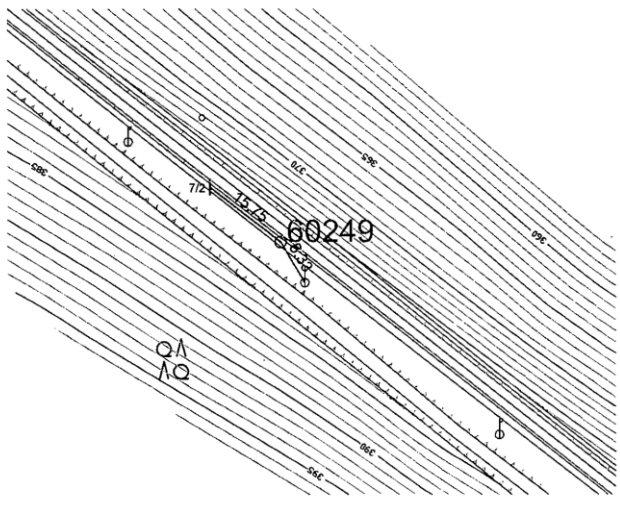
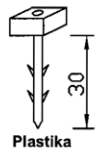
Žnidaršič, G. 2012. Lastna zbirka podatkov tekom izgradnje železniške proge. Osebna komunikacija. (maj 2012.)

SEZNAM PRILOG

Topografije:

A1: Topografija točke

A2: Topografija reperja

BB INŽENIRING d.o.o. Jamnikarjeva ulica 1, 1000 Ljubljana		Trig. obr. št 27	
<h1>TOPOGRAFIJE TOČK</h1>			
K.O.: Račna		Objekt: ŽP Grosuplje-Kočevje	
Št. točke: ○ 60248		GK koordinate $Y = 475695.968$ $X = 84638.587$ $H = 369.816$ LK koordinate $Y = 75695.778$ $X = 84639.275$ $H = 369.816$	
Topografija točke 		Smerni koti proti točkam ○ 60247 ○ ○ 60249 ○	
		Tip stabilizacije  Plastika	
Št. točke: ○ 60249		GK koordinate $Y = 475885.605$ $X = 84482.214$ $H = 375.289$ LK koordinate $Y = 75885.469$ $X = 84482.900$ $H = 375.289$	
Topografija točke 		Smerni koti proti točkam ○ 60248 ○ ○ 60250 ○	
		Tip stabilizacije  Plastika	

BB INŽENIRING d.o.o.
Jamnikarjeva ulica 1, 1000 Ljubljana

Trig. obr. št 27

TOPOGRAFIJA REPERJA

Objekt: ŽP Grosuplje-Kočevje

Št. reperja: **6273**

Višina

$H = 357.768$ m

Topografija reperja

