

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Geodezija,
smer Prostorska informatika

Kandidat:

Vasja Lapanja

Projekt geodetskega opazovanja vpliva plazov na pilotne stene

Diplomska naloga št.: 681

Mentor:
doc. dr. Aleš Breznikar

Ljubljana, 1. 6. 2006

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK	528.48:624.13 (043.2)
Avtor	Vasja Lapanja
Mentor	Aleš Breznikar
Naslov	Projekt geodetskega opazovanja plazov in pilotne stene
Obseg in oprema	77 str., 16 pregl., 22 sl., 3 pril.
Ključne besede	geodetski projekt, opazovanje plazov, premiki točk, natančnost premikov opazovanih točk, pilotna stena, geodetska mreža objekta, geodetska mreža, reprezentacija

Izvleček

Pri gradnji avtocest na zahtevnejših terenih je pogosto potrebno izdelati sidrane oporne zidove – pilotne stene, ki preprečujejo zdrs hribine. Nemalokrat se zgodijo manjši ali večji zdrsi oziroma plazovi, ki se jih opazuje z ustreznimi geodetskimi metodami, da se lahko izvede dodatne varovalne ukrepe, ki stabilizirajo hribino. V diplomski nalogi so predstavljene posamezne faze geodetskega projekta, ki jih mora geodet pri tovrstnih opazovanjih upoštevati. V geodetskem projektu se določi natančnost premikov opazovanih točk, metodo izmere, inštrumentarij, obliko geodetske mreže, razporeditev točk na opazovanem objektu in plazišču ter ustrezno reprezentacijo podatkov.

Namen diplomske naloge je, z geodetskim projektom, pridobiti kvalitetne podatke o morebitnih premikih točk na opazovanem objektu in plazišču.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC	528.48:624.13 (043.2)
Author	Vasja Lapanja
Supervisor	Aleš Breznikar
Title	Project of geodetic observation of avalanche influence on sleeved piles
Notes	77 p., 16 tab., 22 fig., 3 ann.
Key words	Geodetic project, avalanche observation, points displacement, displacement accuracy of observed points, sleeved pile, geodetic object frame, geodetic frame, representation

Abstract

By constructioning highways on exact ground is often required to make out anchored retaining wall – sleeved piles that protect hillside from sliding. It occur frequently smaller or bigger avalanches and they have to be observed with appropriate geodetic method to perform additional protective arrangements that stabilize hillside. In diploma work are represented particular stages of geodetic project that land surveyor have to consider by these observations. In geodetic project are defined accuracy of observed point displacements, measurement method, geodetic instruments, point disposition on observed structure and landslide, form of geodetic frame and appropriate data representation. The purpose of diploma work is with a geodetic project to acquire a quality information of eventual point displacement on observed structures and landslide.

VSEBINA

1	UVOD.....	7
2	VRSTE GEODETSKIH DEL PRI GRADNJI OBJEKTOV	9
2.1	Geodetska dela pred gradnjo objektov	9
2.2	Geodetska dela med gradnjo objektov	10
2.3	Geodetska dela po izgradnji	10
3	PROJEKT GEODETSKEGA OPAZOVANJA OBJEKTA.....	12
3.1	Projektiranje geodetskih mrež	13
3.1.1	Oblike geodetskih mrež objektov	14
3.1.2	Vsebina projekta mreže	15
3.1.3	Primer geodetske mreže za potrebe meritev na trasi HC Razdrto – Vipava	18
3.1.4	Obdelava rezultatov merjenja.....	20
3.2	Mere natančnosti	22
3.2.1	Varianca in standardna deviacija.....	24
3.2.2	Normalna porazdelitev	25
3.2.3	Interval zaupanja	28
3.2.4	Merska negotovost.....	32
3.2.5	Natančnost in zanesljivost geodetskih mrež.....	34
3.2.6	Globalni test.....	35
3.3	Standardni pogrešek položaja določene točke.....	37
3.4	Kontrolne meritve – določevanje premikov in deformacij.....	39
3.4.1	Določevanje premikov.....	41
3.4.2	Vrste deformacij in metode merjenja deformacij	42
3.4.2.1	Aperiodična deformacija	43
3.4.3	Izbira merskega postopka	44
4	VLOGA GEODEZIJE PRI GEOLOŠKIH DELIH.....	47
4.1	Preliminarne raziskave	47
4.2	Glavne raziskave	48
4.3	Dopolnilne raziskave	48
4.4	Priprava temeljnih tal	48
4.4.1	Ojačitve planuma temeljnih tal.....	50
4.5	Plazovi	50
4.5.1	Vrste drsenja	51
4.5.2	Terensko in geološko snemanje in kartiranje plazov.....	52
4.5.3	Terenske raziskave in instrumentalno merjenje na plazovih.....	52
5	PROJEKT GEODETSKEGA OPAZOVANJA PLAZU IN PILOTNE STENE	54
5.1	Predstavitev problema na pilotni steni Z-5.....	54
5.2	Geodetska mreža za namene spremljanja premikov.....	55
5.2.1	Stabilizacija točk geodetske mreže za namene spremljanja premikov.....	56
5.3	Točke na objektu in plazišču	57
5.3.1	Razporeditev točk na pilotni steni in plazišču	57
5.3.2	Stabilizacija točk	57
5.3.3	Signalizacija točk.....	58
5.4	Zahteve natančnosti pri opazovanju premikov plazov in pilotne stene.....	58
5.4.1	Določitev natančnosti točk na pilotni steni in plazov.....	58
5.5	Metoda opazovanja premikov	61

5.5.1	Inštrumentarij	61
5.5.2	Določevanje premikov	61
5.5.3	Merjenje premikov na pilotni steni	61
5.6	Terminski plan meritev	62
5.7	Reprezentacija podatkov	63
5.7.1	Ostali načini predstavitve premikov in deformacij pilotne stene ter plazju.....	63
6	ANALIZA IZVEDENIH DEL PRI MERJENJU PLAZJU IN PILOTNE STENE Z-5	66
6.1	Geodetska mreža.....	66
6.2	Določitev relativne natančnosti pri opazovanju premikov plazju in pilotne stene	66
6.3	Metoda opazovanja	67
6.4	Inštrumentarij	68
6.5	Dejanski potek meritev	69
6.6	Določitev signifikantnih premikov opazovanih točk	70
6.7	Reprezentacija podatkov	72
6.7.1	Kartografski prikaz tematske vsebine karte	73
7	ZAKLJUČEK.....	76

KAZALO SLIK

Slika 1: Oblike geodetskih mrež.....	14
Slika 2: Geodetska mreža tunela	15
Slika 3: Trigonometrična točka Šija	19
Slika 4: Širše območje s trigonometričnimi točkami in območjem opazovanja	19
Slika 5: Obstoječa geodetska mreža na trasi HC RAZDRTO – VIPAVA.....	20
Slika 6: Prava, slučajna in sistematična odstopanja	23
Slika 7: Normirana normalna porazdelitev.....	27
Slika 8: Interval zaupanja za pravo vrednost.....	29
Slika 9: Trikotniška in pravokotniška porazdelitev	30
Slika 10: Vektorji premikov točk, ki so stabilizirane na premikajočem se objektu	40
Slika 11: Geometrijski model objekta	42
Slika 12: Grafična predstavitev zajemanja	43
Slika 13: Stopničenje nasipa.....	49
Slika 14: Peta nasipa.....	50
Slika 15: Prerez pilotne stene	53
Slika 16: Območje plazu	55
Slika 17: Območje plazu ter pilotne stene z betonskimi stebri	56
Slika 18: Opazovalni betonski steber 5012	57
Slika 19: Zenitna razdalja	60
Slika 20: Dodatne opazovalne točke na plazišču.....	70
Slika 21: Prikaz velikosti vertikalnih premikov reperjev (R4 in R5).....	74
Slika 22: Prikaz velikosti horizontalnih premikov točk na plazu v smeri Y - osi	75

KAZALO TABEL

Preglednica 1: Gostota in porazdelitvena funkcija normirane normalne porazdelitve	27
Preglednica 2: Vrednost kvantilov normalne porazdelitve	29
Preglednica 3: Primerjava porazdelitev	30
Preglednica 4: Intervali zaupanja pri t - porazdelitvi	31
Preglednica 5: Vrednost kvantilov χ^2 – porazdelitve	32
Preglednica 6: Mere natančnosti za pozicijske meritve	33
Preglednica 7: Mere natančnosti za višinske meritve	33
Preglednica 8: Zahteve pri pozicijski natančnosti	34
Preglednica 9: Enačbe za računanje standardnega pogreška položaja točk	38
Preglednica 10: Zahteve pri pozicijski natančnosti	58
Preglednica 11: Terminski plan meritev	62
Preglednica 12: Relativna pozicijska natančnost opazovanih točk	67
Preglednica 13: Relativna višinska natančnost opazovanih točk	67
Preglednica 14: Prikaz premikov v tabelarični obliki	68
Preglednica 15: Horizontalni premiki opazovanih točk in izračunana natančnost	71
Preglednica 16: Višinski premiki opazovanih točk in izračunana natančnost	72

1 UVOD

Projekt geodetskega opazovanja plazju in pilotne stene je eno izmed tipičnih geodetskih del, ki se jih izvaja v inženirski geodeziji. Spremljanje premikov in deformacij pomeni določitev koordinat (y, x, H) istih točk objekta, z ustrežno metodo dela, v različnih časovnih trenutkih. V našem primeru so točke objekta reperji, ki so bili postavljeni na dilatacijah pilotne stene ter tarče, ki smo jih postavili na ustrežna mesta na plazišču. S primerjavo koordinat, dobljenih v dveh različnih časovnih trenutkih, dobimo spremembe koordinat $(\Delta y, \Delta x, \Delta H)$ v določenem časovnem intervalu. Spremembe koordinat predstavljajo osnovni vir podatkov, ki podajajo informacije o stanju objekta. Osnovni elementi planiranja, ki pridejo v upoštevanje pri projektu geodetskega opazovanja plazju in pilotne stene:

- rekognosciranje terena,
- postavitve ustrežne in kvalitetne geodetske mreže,
- zahtevana natančnost določitve premikov na pilotni steni in na plazišču,
- določitev primerne inštrumentarije za izvedbo meritev,
- način stabilizacije opazovalnih točk,
- proces spremljanja prostorskih premikov in deformacij na pilotni steni ter plazišču,
- ustrežna predstavitev podatkov.

V našem primeru je opazovanje plazju le del širšega procesa, ki se izvaja v okviru geodetske službe Primorja.

Najprej smo teoretično opredelili, kaj vse je potrebno upoštevati pri kvalitetni izvedbi projekta. Predstavili smo oblike geodetskih mrež objektov, stabilizacijo točk geodetske mreže objekta, obdelali Gaus-Markov model izravnave in način kvalitetne stabilizacije točk.

Podrobno smo opisali pomembnejša geološka dela, ki se dotikajo obravnavane tematike:

- preliminarne geološke raziskave,
- priprava temeljnih tal,
- ojačitve planuma temeljnih tal,
- opredelitev vrste plazov ter vrste drsenja,
- terensko in geološko snemanje in kartiranje.

V nadaljevanju smo izpeljali definicijo variance in standardne deviacije, normalno porazdelitev, obseg zaupanja ter mersko negotovost.

Sledi sam projekt opazovanja geodetskega plazu, kjer smo opisali problem na pilotni steni Z-5, predstavili smo različne metode za računanje standardnih napak položaja opazovane točke in elementov za opazovanje. Predstavljene so štiri metode:

- metoda polarnih koordinat,
- metoda pravokotnih koordinat,
- metoda presekov smeri,
- metoda ločnega preseka.

S postopki avtomatizirane kartografije smo za grafični prikaz premikov in deformacij obravnavanih objektov uporabili sledeče metode tematske kartografije:

- metoda prikaza z 2D histogramom,
- metoda prikaza z migracijskimi tokovi.

2 VRSTE GEODETSKIH DEL PRI GRADNJI OBJEKTOV

Katera od navedenih geodetskih del, kdaj, v kakšnem obsegu in kolikokrat bodo izvršeni, je odvisno od značilnosti objekta: vrste, namena, velikosti in lokacije objekta ter od faze izgradnje objekta. Pomembno je tudi obdobje uporabe objekta.

Za uspešno izvedbo geodetskih del v inženirstvu se je potrebno držati inženirskega principa: Projektna naloga – projekt – realizacija projekta – elaborat o realizaciji projekta

Geodetska dela pri gradnji objektov lahko v splošnem razdelimo na dela pred, med in po izgradnji objekta.

2.1 Geodetska dela pred gradnjo objektov

- V Zakonu o gradnji objektov so predpisane vrste projektne dokumentacije, ki jih sestavljajo različni načrti, med katerimi lahko zasledimo tudi geodetske načrte. Tako je potrebno za idejni projekt, ki po pravilniku o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije obsega tudi značilne risbe, pri objektih s področja inženirskih gradenj, izdelati tudi geodetski načrt s prikazom objektov z osnovnimi gabariti, podolžni profil in ustrezno število prečnih profilov in izravnavo zemeljskih mas. Izdelati je potrebno tudi geodetske načrte v ustreznem merilu, ki služijo projektantom kot podlaga za izdelavo projektne dokumentacije. Predpisano merilo ali vsebina geodetskega načrta se prilagaja potrebam investitorja oziroma projektanta;
- Projektiranje in stabilizacija položajne in višinske geodetske mreže za potrebe izvajanja geodetskih del v vseh fazah izgradnje objekta. Omenjeni geodetski mreži lahko uporabimo, kot osnovo za detajlno izmero terena za potrebe izdelave geodetskega načrta, za zakoličevanje detajlnih točk objekta in kot mrežo za izvajanje kontrolnih meritev po izgradnji objekta, če seveda ustreza kriterijem, na osnovi katerih ocenimo kvaliteto določene geodetske mreže;
- Izdelava katastrskega načrta pripadajoče gradbene parcele, ki jo potrebujemo za izgradnjo objekta (pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije);
- Izdelava elaborata za zakoličevanje detajlnih točk objekta in načrta geodetskih del pri izgradnji objekta. Elaborat za zakoličevanje detajlnih točk objekta izdelamo na osnovi projektne dokumentacije. V Elaboratu za zakoličevanje detajlnih točk objekta so zbrani podatki o položajni in višinski geodetski mreži, koordinate posameznih detajlnih točk v ustreznem koordinatnem sistemu in zakoličbeni elementi z oceno

natančnosti zakoličevanja posamezne detajlne točke. Poleg tega so priložene skice zakoličevanja posameznih detajlnih točk v ustreznem merilu. Načrt geodetskih del je sestavni del Mrežnega plana izgradnje posameznega objekta. Osnovni namen načrta geodetskih del je, da se v okviru gradnje predvidi čas, ki ga potrebujemo za izvajanje posameznih geodetskih del in ostale zahteve, ki so povezane z izvajanjem geodetskih del (proste vizure med določenimi točkami, izvajanje drugih aktivnosti v času izvajanja geodetskih del, ...);

- Zakoličevanje detajlnih točk objektov in komunalnih vodov. Po pravilniku o vsebini in načinu vodenja dnevnika o izvajanju del ter o načinu označitve gradbišča, je potrebno podatke o zakoličbi objekta vpisati v uvodni del gradbenega dnevnika, med splošne podatke o grajenem objektu. Poleg tega je potrebno v vsakodnevni del gradbenega dnevnika med posebne podatke navesti tudi podatke o regulacijski črti oziroma osi, stalnih višinskih točkah, trasi, profilih in zakoličenju objekta ali delov objekta ter ugotovitvah v zvezi s poteki obstoječih energetskih, prometnih, vodnogospodarskih, komunalnih in drugih infrastrukturnih objektov in naprav na območju gradbišča oziroma v njegovi neposredni bližini, s skico in oznakami na terenu in o njihovem zavarovanju.

2.2 Geodetska dela med gradnjo objektov

Med gradnjo objektov izvajamo zakoličevanje posameznih delov objekta, kontrolne meritve, katerih osnovni namen je ugotovitev skladnosti izvedenih del s projektno dokumentacijo in geodetsko izmero komunalnih vodov za potrebe izdelave katastra komunalnih naprav in vodov.

2.3 Geodetska dela po izgradnji

- Geodetske izmere za izdelavo načrta izvedenih del in za potrebe reambulacije geodetskih načrtov, ki so v pristojnosti države oziroma geodetske službe, saj je investitor na dan tehničnega pregleda dolžan predložiti tudi geodetski načrt novega stanja zemljišča po končani gradnji, ki je v skladu z geodetskimi predpisi izdelan kot geodetsko – katastrski načrt;

- Poleg tega so predpisane tudi vrste tehnične dokumentacije, med katero spada tudi Projekt za vpis v uradne evidence, na podlagi katerega je investitorju oziroma lastniku objekta omogočeno, da se zemljiška parcela, na kateri stoji objekt, evidentira v zemljiškem katastru oziroma, če gre za stavbo, tudi v katastru stavb in da se objekti gospodarske javne infrastrukture evidentirajo v katastru gospodarske javne infrastrukture. Projekt za vpis v uradne evidence je investitor dolžan naročiti pri projektantu oziroma geodetskem podjetju v 15 dneh po dnevu pravnomočnosti uporabnega dovoljenja. Če so objekti grajeni za trg, je investitor, takoj po prejemu projekta za vpis v uradne evidence, dolžan objekt vpisati v zemljiški kataster oziroma stavbe v kataster stavb. Prav tako je investitorjeva naloga, da v 15 dneh od dneva pravnomočnosti uporabnega dovoljenja poskrbi, da se objekte javne gospodarske infrastrukture vpiše v kataster gospodarske javne infrastrukture;
- Izdelava Geodetskega elaborata po izgradnji objektov, v katerem so zbrani vsi podatki o stabilizirani geodetski mreži, podatki o izmeri in izravnavi geodetske mreže. Geodetski elaborat izdelamo za potrebe investitorja;
- Dopolnitev ekspropriacijskega elaborata, če se je spremenil obseg gradnje in je bilo potrebno pridobiti dodatna zemljišča za potrebe gradnje objektov;
- Kontrolne meritve, katerih namen je:
 - ugotoviti skladnost zgrajenega objekta s projektno dokumentacijo,
 - preveriti kvaliteto izvajanja posameznih del na objektu,
 - določiti premike objekta v prostoru in deformacije, ki se lahko pojavijo na posameznih objektih.

3 PROJEKT GEODETSKEGA OPAZOVANJA OBJEKTA

Dela, ki jih je potrebno neobhodno izvesti v času projektiranja, gradnje in koriščenja objekta:

Dela se izvedejo v sledečih fazah:

- predhodna dela
- tehnična dokumentacija
 - izdelava tehnične dokumentacije:
 - generalni projekt in predhodna študija upravičenosti
 - idejni projekt in študija upravičenosti
 - glavni projekt
 - izvedbeni projekt
 - projekt za izvedbo del
 - kontrola tehnične dokumentacije
- izdajanje gradbenega dovoljenja
- gradnja:
 - pripravljalna dela
 - gradnja objekta
- strokovni nadzor
- potrebna dovoljenja:
 - tehnični pregled objekta
 - poskusna dela
- inšpekcijski nadzor
- koriščenje objekta
 - vzdrževanje objekta
 - koriščenje objekta
 - rekonstrukcija objekta
 - sanacija objekta

3.1 Projektiranje geodetskih mrež

Projektiranje geodetskih mrež je ena najpomembnejših faz vzpostavljanja geodetskih mrež. Dober projekt je predpogoj za izpolnitev zahtev investitorja glede kakovosti oblike geodetske mreže in natančnosti končnih rezultatov ter zagotavlja izvedbo del z optimalnimi stroški. Način projektiranja in vsebina projekta formalno nista predpisana z zakonskimi akti. Posamezne faze projektiranja se lahko zelo razlikujejo glede na vrsto mreže ter predvideno metodo izmere. Od tega je odvisna tudi končna vsebina projekta.

Vhodni podatki za projektiranje mreže so vrsta mreže, velikost mreže, gostota točk mreže ter zahtevana natančnost določitve koordinat točk mreže skupaj z obstoječo vrsto in obliko naravnega terena z zgrajenimi objekti. Za zagotovitev uspešnosti opravljenega dela so za razvijanje geodetskih mrež definirana pravila, katerih cilj je predvsem zagotoviti primerno obliko in trajnost mreže.

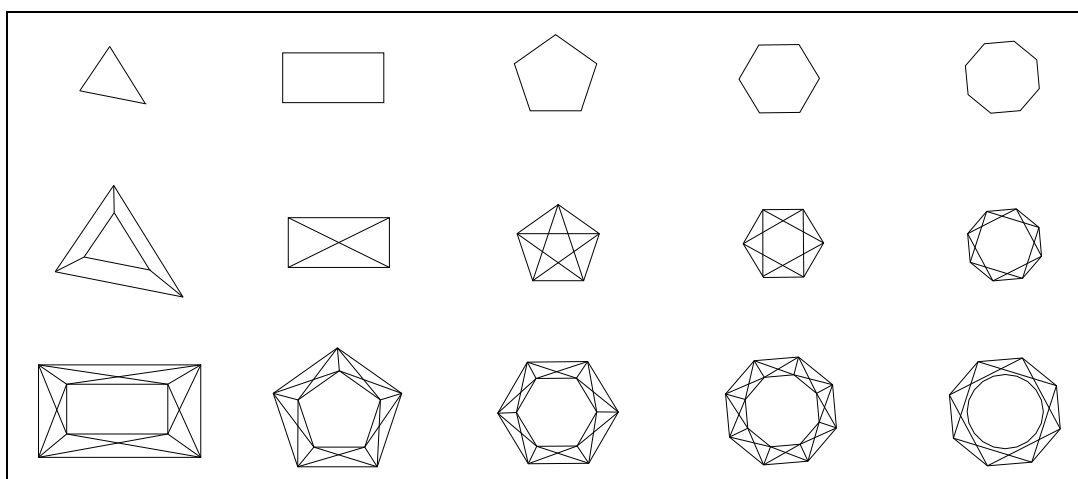
Vrste in oblike mrež ter metode izmere:

- Trigonometrična mreža – triangulacija, trilateracija, poligonska mreža (način stabilizacije točk, navezava glede na red mreže, zagotovitev idealnih presekov, enakomerna oddaljenost med točkami, vrsta in število smeri, način zagotavljanja vidnosti (ekscentri), metoda merjenja smeri in število ponovitev, način merjenja dolžin, vklapljanje obstoječih točk, orientacijske točke, ...);
- Trigonometrična mreža, poligonska mreža – trigonometrično višinerstvo (način stabilizacije točk, navezava glede na red mreže, zagotovitev višinskih vozič, maksimalna in enakomerna oddaljenost med točkami, način zagotavljanja vidnosti (ekscentri), metoda merjenja zenitnih razdalj in število ponovitev, vklapljanje obstoječih točk trigonometrične in nivelmanske mreže,...);
- Nivelmanska mreža – geometrični nivelman (način stabilizacije točk, navezava višinske mreže, način in oblika razvijanja mreže, dolžina vlakov in zank, oddaljenost med reperji, potek nivelmanskih vlakov, dolžine vlakov, niveliranje v ekstremnih pogojih (prenos višine, strmi vzponi in spusti, nestabilen teren, vklapljanje obstoječih reperjev, ...);

- GPS (čas meritev – vidnost in razporeditev satelitov, izločitev odboja signala, način navezave na obstoječo terestrično mrežo, metoda izmere, število sprejemnikov, število serij, dane in nove točke in dostopnost točk, razmerje dolžin in vektorjev, ...).

3.1.1 Oblike geodetskih mrež objektov

Na skici so prikazane tristopenjske oblike geodetskih mrež objektov: visoke zgradbe, TV stolpi, dimniki, rezervoarji in drugi objekti. Oblika mreže je odvisna od značilnosti objekta. V inženirski praksi so primeri, kjer se uporabljajo samo mreže, ki so na skici prikazane v prvi vrsti:

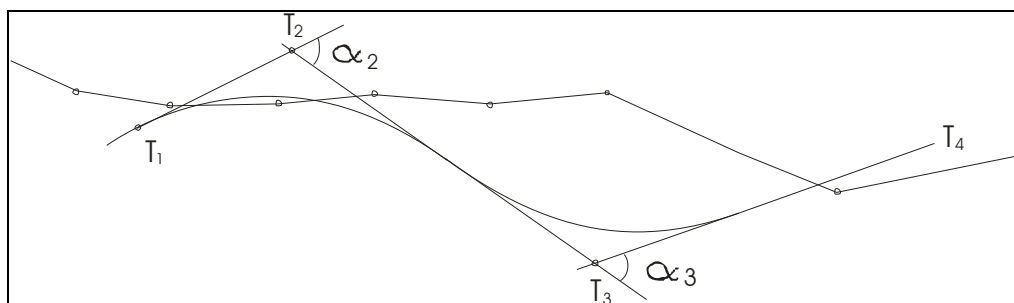


Slika 1: Oblike geodetskih mrež

Mreže takih oblik niso kvalitetne, njihova zanesljivost oziroma sposobnost odkrivanja grobih pogreškov je zelo majhna. Boljša rešitev je uporaba oblike mreže, ki je prikazana v drugi vrsti. Pojavi se lahko problem vidnosti med točkami, če so le-te v notranjosti mreže objekta, ki se gradi. Zaradi tega je najugodnejša rešitev izbira oblike mreže prikazana v tretji vrsti. Take mreže je mogoče uspešno projektirati in realizirati, ker je očitno, da se le-te razvijajo okoli objekta, tako da objekt ne predstavlja ovire pri viziranju opazovanih točk.

Geodetska mreža linijskih objektov

Linijski objekti so cevovodi, plinovodi, vodovodi kanalizacij, daljinski vodi, telekomunikacijske inštalacije in drugo. Na skici je prikazana oblika geodetske mreže, ki se uporablja pri izgradnji linijskih objektov. Pri poligonskem vlaku oziroma operativnem poligonu je treba vedeti, da ima taka oblika mreže majhno zanesljivost, oziroma sposobnost, da se odkrijejo grobi pogoški v merjenjih. Manjša zanesljivost mreže ima lahko za posledice slabšo izvedbo geodetskih del pri zakoličevanju geometrije objekta.



Slika 2: Geodetska mreža tunela

Na skici je prikazana geodetska mreža, ki je projektirana za izgradnjo tunela. Specifičnost te mreže je, da obstaja nadzemni del mreže, ki se nahaja izven tunela in podzemni del mreže, ki se nahaja v tunelu. Pred začetkom izgradnje tunela ni mogoče izdelati dela geodetske mreže v tunelu, le-ta se realizira vzporedno s prebojem tunela. Tak del mreže ima obliko slepega vlaka z obeh koncev tunela. Znano je dejstvo, da ima slepi poligon majhno zanesljivost. Sčasoma so se za podzemni del mreže začele uporabljati bolj povezane oblike mreže: dvojni poligonski vlak, zaprti poligon. Na tak način se je povečala zanesljivost geodetske mreže v tunelu, ki služi za preboj tunela.

3.1.2 Vsebina projekta mreže

Vsebina projekta mreže mora glede na vrsto mreže in metodo izmere vsebovati nekatere nujne sestavine. Izbira je prepuščena projektantu.

V projektu je potrebno navesti:

- Opis zastavljene naloge z osnovnimi podatki o vrsti in velikosti mreže, gostoti točk ter zahtevani natančnosti določitve koordinat točk mreže skupaj z opisom območja razvijanja mreže ali opazovanega oz. projektiranega objekta;
- Skico mreže na topografski podlagi ali na načrtu objekta oz. projekta v primernem merilu, z vrisanimi danimi in novimi oz. opazovalnimi in detajlnimi točkami in medsebojnimi povezavami v primernem merilu. Na ta način je definirana oblika mreže – (modelna matrika) B;
- Opis vrste in način stabilizacije točk mreže, ki poleg pisnega dela vrste vsebuje tudi skice stabilizacij točk ter opis postopka postavitve točk. V nekaterih primerih je vrsta stabilizacije posebej predpisana;
- Opis inštrumentarija in pribora, ki bo uporabljen pri meritvah. Kratek opis vsebuje tudi osnovne tehnične podatke o inštrumentih (predvsem natančnost) in priboru (način postavitve na točke – centriranje, vrsta signalizacije točk ...);
- Opis uporabljene metode izmere, ki vsebuje kratek opis načina meritev (girusna metoda, dvostranske meritve, značilnosti generalnega nivelmana, GPS, število ponovitev, predvideni dnevni čas meritev ...);
- Opis načina izračuna iskanih vrednosti, ki vsebuje kratek opis postopka izravnave (vrsto mreže, način izravnave, datum mreže, koordinatni sistem ...);
- A priori oceno natančnosti meritev, ki je pogoj za oceno določitve natančnosti iskanih količin. Natančnost merjenih količin je mogoče oceniti po zakonu o prenosu varianc in kovarianc na osnovi oblike in dimenzij mreže, natančnosti uporabljenega inštrumentarija ter uporabljene metode meritev in izkušenj opazovalca. Ocena je lahko subjektivna ali objektivna, rezultat so standardne deviacije σ_{l_i} merjenih količin.

Vrednosti so osnova za izračun uteži meritev – matrike uteži P ter matrike B;

- A priori ocena natančnosti iskanih količin na osnovi elementov variančno kovariančne matrike neznanek: vhodni podatki so modelna matrika B in matrika uteži P. Referenčna standardna deviacija σ_0 je enaka 1. Kovariančna matrika bo $\Sigma_{\Delta\Delta} = \sigma_0^2 (B^T P B)^{-1}$.

Elementi kovariančne matrike $\Sigma_{\Delta\Delta}$ definirajo natančnost

položaja točk v smeri koordinatnih osi in so osnova za izračun elementov elips ali elipsoidov pogreškov glede na izbrani datum mreže.

A priori ocena je mogoča tudi z izravnavo simuliranih opazovanj. Postopek zahteva ustrezno programsko opremo, končni rezultat pa je praktično isti. Na osnovi dobljenih vrednosti predhodne izravnave je mogoče mrežo optimizirati (sprememba oblike mreže ali natančnost meritev);

- Opis poteka terenskih meritev, ki opisuje postopek terenskih meritev in ga terminsko opredeljuje. Navaja se tudi število terenskih ekip oz. izvajalcev meritev;
- Finančno ovrednotenje projekta, ki vsebuje izračun stroškov izvedbe projekta v celoti in po delih.

Projekt naj bo izdelan tako, da je mogoča njegova 100% realizacija. Zato projektiranje geodetskih mrež zahteva tudi nujen predhodni ogled terena (rekognosciranje terena), kar pomeni odkrivanje točk že obstoječe mreže ter določitev mikro lokacij novih točk (pri izboru je potrebno upoštevati dodatna pravila, ki zagotavljajo varnost točke pred uničenjem, lokalno stabilnost točke in možnost realizacije povezav točk v mrežo). Rezultat ogleda je tudi odločitev o izbiri načina stabilizacije in signalizacije točk ter odločitev o postopku zagotovitve pogojev za merjenje. Geodetske točke se stabilizira s trajnimi oznakami (stebri raznih tipov, reperji, kamni) na način, da se ohrani njihova funkcionalna uporabnost skozi daljši čas gradnje. Na kritičnih mestih se pri stabilizaciji točk geodetske mreže objekta posvetuje z geologom in gradbenim strokovnjakom. Potrebno jih je zaščititi tudi pred vplivom sončnega sevanja, vpliva vibracij tal, zaradi delovanja gradbene mehanizacije ali vpliva dela naprav in opreme, ki so vgrajeni v objekt v času uporabe.

Na stabilnost točk mreže vplivajo tudi različne vrste tal (od peskovitih do kamnitih) in drugi faktorji.

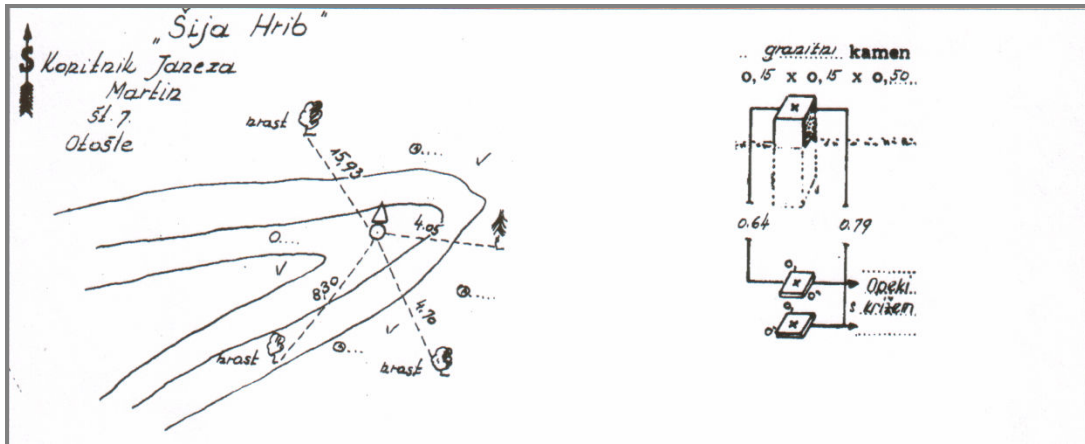
Detajlna izmera sloni na geodetski mreži, ki predstavlja geometrično osnovo izmere. Položaj točk mreže mora poleg zagotavljanja primerne oblike mreže zagotoviti tudi možnost snemanja detajla. Točke so stabilizirane na mestih, kjer je vidnost detajlnih točk optimalna. To velja predvsem za klasično numerično izmero. Zahteve za GPS izmere so nekoliko specifične. Potrebno je zagotoviti sprejem signalov satelitov na detajlnih točkah. Natančnost določitve položaja točk geometrične osnove se direktno odraža v natančnosti detajlne izmere.

Pri vzpostavljanju mreže se je potrebno posvetovati s projektantom in podjetjem, ki gradi objekt, da preučimo razvojni plan, detajlni plan in plan opreme gradbišča ter se vse navedeno upošteva pri oblikovanju mreže. Preverimo stabilnost in natančnost obstoječih točk. Viziramo vsaj 1m stran od zgradb, od drogov in se tako izognemo refrakcijskemu učinku. Pri tirnih konstrukcijah je varna razdalja vsaj 3 metre.

Nulta točka in glavne osi koordinatnega sistema se morajo določiti skupaj z naročnikom in projektantom. Pri tem je koristno, če so v lokalnem sistemu podane le pozitivne koordinate. Mrežno zgoščevanje naj bi bilo izvršeno brez problemov. Pri preučevanju je prav tako potrebno preveriti povezavo z nadrejenim koordinatnim sistemom za nadaljne prevzeme v obstoječih planih.

3.1.3 Primer geodetske mreže za potrebe meritev na trasi HC Razdrto – Vipava

Trasa HC RAZDRTO – VIPAVA se nahaja na južnem pobočju Nanosa. Prva trigonometrična točka 4 reda se nahaja na anteni nad vasjo Razdrto. Druga trigonometrična točka, ki je tudi najbližja, se nahaja na sami trasi HC Razdrto – Vipava v borovem gozdičku. Med obema trigonometričnima točkama je bilo izmerjenih večje število poligonov za potrebe geodetskih meritev na trasi hitre ceste (zakoličevanje premostitvenih objektov, kanalizacije, vkopov, izkopov, ...). Tretja trigonometrična točka je vrh Nanosa, ki pa na večjem delu trase ni vidna. Ostale trigonometrične točke se nahajajo na severnem pobočju Krasa in so glede na prve tri točke že relativno daleč od trase hitre ceste.

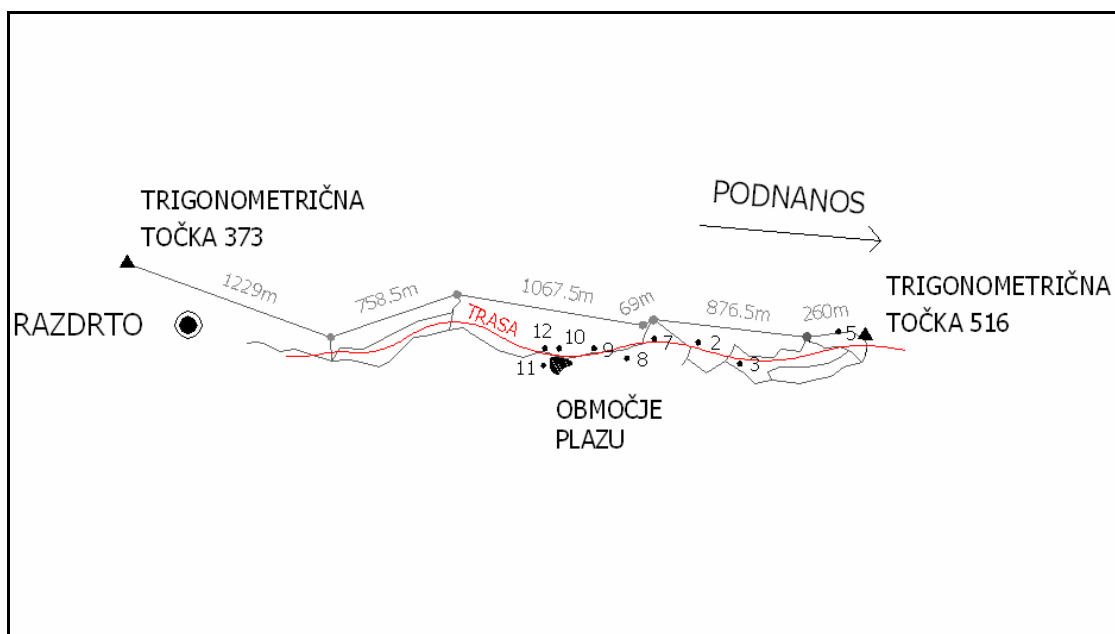


Slika 3: Trigonometrična točka Šija



Slika 4: Širše območje s trigonometričnimi točkami in območjem opazovanja

Med trigonometrom Orešje in Goli vrh je bila izmerjena mreža poligonov za potrebe geodetskih meritev, zakoličb in opazovanj za kvalitetno izgradnjo avtocestnega odseka Razdrto-Podnanos.



Slika 5: Obstoječa geodetska mreža na trasi HC RAZDRTO – VIPAVA

3.1.4 Obdelava rezultatov merjenja

V geodetskih mrežah objektov so merjenja najpogosteje sestavljena iz nizov meritev, parov meritev in podobno. S statističnimi testi preverimo, ali merjenja vsebujejo grobe pogoške.

Če obstajajo meritve z grobimi pogoški, jih je treba izločiti iz nadaljne obdelave ali ponoviti te meritve. Pred uporabo modela izravnave za merjenja se rezultati meritev testirajo za: normalno porazdeljene meritve, homogenost rezultatov merjenja in obstoj grobih in sistematičnih napak.

Pri ocenjevanju pričakovane vrednosti opazovanja in njihove disperzije so koristne robustne metode: Danska metoda, Huberova metoda in druge. S temi metodami je možno izločiti grobe pogoške.

Za testiranje homogenosti disperzij se lahko uporabi Bartletov test. Testov, s katerimi se raziskuje, ali imajo rezultati opazovanja odgovarjajoči raspored, je več. Med njimi je najbolj znan Pearson-ov χ^2 test, ki kaže najboljšo soglasnost pri velikem številu opazovanj.

V geodetskih meritvah se najbolj pogosto pojavlja primer, ko imamo veliko število serij majhnega števila meritev. Na primer, imamo veliko število merjenih kotov v majhnem številu

girusov, ali veliko število merjenih dolžin z malim številom ponavljanja merjenja ene in iste dolžine.

Gauss-Markov model izravnave

Za izravnavo geodetskih kontrolnih mrež po metodi najmanjših kvadratov se uporablja Gauss-Markov model posredne izravnave, ki je sestavljen iz funkcionalnega in stohastičnega dela.

Gauss-Markov model se glasi:

$$v = Ax + f; \quad r(A) = r < u \quad (1)$$

$$M(v) = 0 \quad \text{in} \quad M(vv^T) = K = \sigma^2 * Q, \quad (Q = P^{-1}) \quad (2)$$

Kjer je enačba (1) funkcionalni, a enačba (2) stohastični del.

Oznake v tem modelu imajo naslednji pomen:

$A_{n,u}$ – matrikaj znanih koeficientov

$x_{u,1}$ – vektor neznanih (konstantnih) parametrov

$f_{n,1} = l_0 - l$ – vektor prostih členov

$l_{n,1}$ – vektor opazovanj

$l_{0, n \times 1}$ – vektor približnih vrednosti opazovanih količin

$v_{n,1}$ – vektor popravkov

σ^2 – disperzijski (apriorni) faktor

$K_{n,n}$ – kovarianca matrike merjenja

$Q_{n,n}$ – kofaktorska matrika merjenja

$P_{n,n}$ – matrika uteži opazovanj in

$M(.)$ – operator matematičnega pričakovanja

Količina $r = r(A)$ je rang linearnega funkcionalnega modela, a količina $d = u - r$ je defekt funkcionalnega modela.

Za vektor opazovanj \mathbf{l} predpostavljamo, da ima normalni razpored in merjenja so nekolerirana in neodvisna.

Test grobih pogrškov

Meritve v geodetskih mrežah objektov, ki vsebujejo grobe pogrške, morajo biti odkrite.

Generalni napotek, kako analiziramo rezultate, ki odstopajo, je sledeči:

- statistično analizirati odstopanje, da ugotovimo s kakšnim odstopanjem imamo opravka;
- kontrolirati podatke, da bi se našel razlog odstopajočih rezultatov: napačno registriranje ali nepričakovani pogoji merjenja in podobno;
- izvršiti analizo z in brez odstopajočih rezultatov, da bi se ugotovilo, kakšne efekte proizvedejo.

Baard-ovo in Pope-ovo metodo uporabljamo za iskanje rezultatov z grobimi pogrški v Gauss – Markovem modelu.

3.2 Mere natančnosti

Merska količina in mera natančnosti

Prava vrednost \tilde{X} merske količine (skalar X ali vektor \mathbf{X}) je dejanska vrednost v trenutnem opazovanju. Merska količina je lahko neposredno opazovanje (na primer razdalja).

Merska količina \hat{x} je ocenjena vrednost za pravo vrednost in je določena z ponovljivimi meritvami na primer z aritmetično sredino.

Če je meritev merske količine X izpeljana večkrat pod enakimi pogoji (na primer smerne meritve v presledkih), dobimo mersko vrednost x_i z mersko vrsto $i = 1, 2, \dots, n$. Zaradi slučajnih odstopanj imajo merske vrednosti x_i merske vrste različne vrednosti in peljejo v disperzijo merske vrednosti okoli srednje vrednosti

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i. \quad (3)$$

Pri $n \rightarrow \infty$ govorimo o celotni populaciji merske vrednosti s pričakovano vrednostjo μ_x za mersko količino X

$$E\{X\} = \mu_x \quad (4)$$

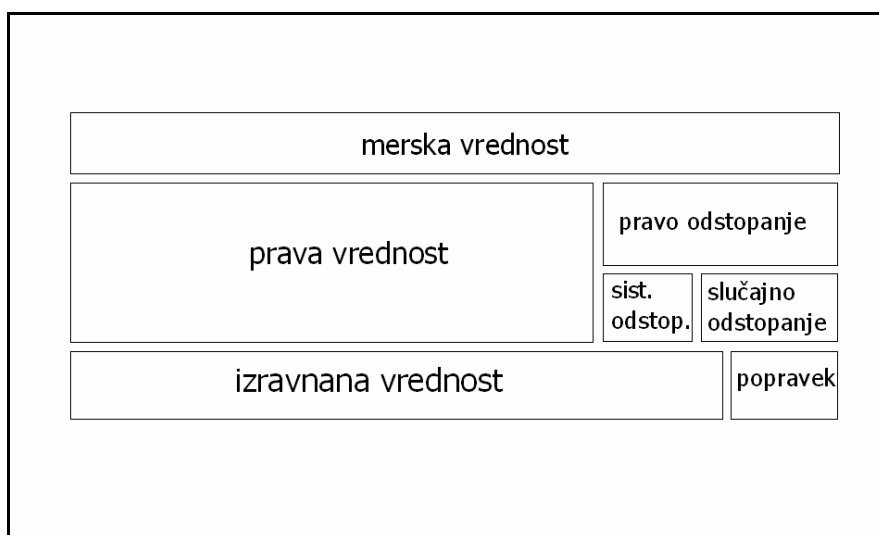
Približek rezultatov meritev prave vrednosti ali pričakovane vrednosti merske količine bo opisana z mero natančnosti.

Enačba (5) kaže, da pričakovana vrednost μ_x merske količine X s pravo vrednostjo \tilde{X} te količine ne sovpadata. Razliko, ki nastane, imenujemo vsoto sistematičnih odstopanj.

$$\Delta_x = E\{X\} - \tilde{X} \quad (5)$$

Mersko vrednost dobimo kot vsoto iz prave vrednosti \tilde{X} , slučajnega merskega odstopanja ε_i ter sistematičnega odstopanja Δ_x .

$$x_i = \tilde{X} + \varepsilon_i + \Delta_x \quad (6)$$



Slika 6: Prava, slučajna in sistematična odstopanja

Le kadar ni nobenih sistematičnih odstopanj, sta pričakovana vrednost in prava vrednost enaki. Popravek je odstopanje teh merskih vrednosti od srednje vrednosti \bar{x} .

pravo odstopanje

Razlika med izmerjeno vrednostjo in pravo vrednostjo merske količine je pravo odstopanje:

$$\eta = x_i - \tilde{X} = \Delta_x + \varepsilon_i \quad (7)$$

slučajno odstopanje

Ko pričakovana vrednost μ_x ne pokaže stohastične komponente, je diferenca med mersko vrednostjo in pričakovano vrednostjo slučajna razlika merske vrednosti:

$$\varepsilon_i = x_i - \mu_x \quad (8)$$

sistematično odstopanje

Diferenca med pričakovano vrednostjo in pravo vrednostjo

$$\Delta_x = \mu_x - \tilde{X} \quad (9)$$

popravek

Popravek je razlika med izravnano vrednostjo merske količine in mersko vrednostjo:

$$v_i = \bar{x} - x_i \quad (10)$$

3.2.1 Varianca in standardna deviacija

Enostavna količina za opisovanje merske vrste z mersko vrednostjo $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ je razpon R. Velja

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (11)$$

Razpon ni primerna količina za opisovanje merskih vrst, kajti v tej merski vrsti sta lahko x_{\max} ali x_{\min} grobi napaki. Za opisovanje merskih vrst uporabljamo varianco σ_x^2 .

$$\sigma_x^2 = \sigma^2(X) = E\{(X - \mu_x)^2\} \quad (12)$$

Ocenjena vrednost za neznanu varianco σ_x^2 je empirična varianca

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2 \quad (13)$$

Z rastočim n konvergira \bar{x} proti μ_x in s_x^2 proti σ_x^2 . Za praktično uporabo je varianca kot disperzijska mera manj primerna. Če se ugotavlja razpršenost merske vrednosti x_i merske vrste, se računa empirično standardno deviacijo s_x kot kvadratni koren iz enačbe (14):

$$s_x = + \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} \quad (14)$$

Empirična standardna deviacija je le ocena σ_x , ker ne vsebuje vseh elementov osnovne populacije, ampak le tiste od naključno vzetega vzorca.

Standardna deviacija srednjih vrednosti \bar{x} se izračuna

$$\text{za } n \rightarrow \infty \quad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \quad \text{in za } n \text{ mersko vrednost merske vrste } s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} \quad (15)$$

in velja, da bo z naraščajočim obsegom n standardna deviacija sredin merskih vrst manjša.

3.2.2 Normalna porazdelitev

Normalna porazdelitev opiše razpršenost merskih vrednosti okoli vrednosti, ki se statistično najpogosteje pojavi. Izhajajoč iz tega, da merska vrsta, kolikor je mogoče, ne vsebuje sistematičnih merskih odstopanj, se opazovanje sklicuje na slučajno mersko odstopanje.

Merska odstopanja so kot slučajna napaka normalno porazdeljena. Njihova funkcija gostote ali gostota verjetnosti je prvi odvod porazdelitvene funkcije. Razvil jo je C. F. Gauss. Znana je tudi kot Gaussov zakon napake in se glasi:

$$\varphi(x, \mu_x, \sigma_x^2) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2}} \quad (16)$$

Za $-\infty < x < +\infty$ in $\pi = 3,14 \dots$, $e = 2,718 \dots$.

Parametri normalne porazdelitve so srednja vrednost μ_x in varianca. Kadar so te, z enačbo (16) pri znanem μ_x in σ_x^2 v odvisnosti od x , izračunane vrednosti funkcije gostote vnešene v koordinatni sistem, potem dobimo Gaussovo zvonasto krivuljo. Njihovo teme leži pri $x =$

μ_x , njihov prevoj je v razdalji $\pm \sigma_x^2$ od srednje vrednosti μ_x . Čim višja in bolj strma je krivulja, toliko manjši je σ_x . Ker je vrednotenje enačbe (16) prezapleteno, se zaradi praktične rabe vnaša normirano ali standardizirano normalno porazdelitev. To pomeni, da imamo pri $\mu_x = 0$ in standardni deviaciji $\sigma_x = 1$ enačbo:

$$\varphi(x,0,1) = \varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (17)$$

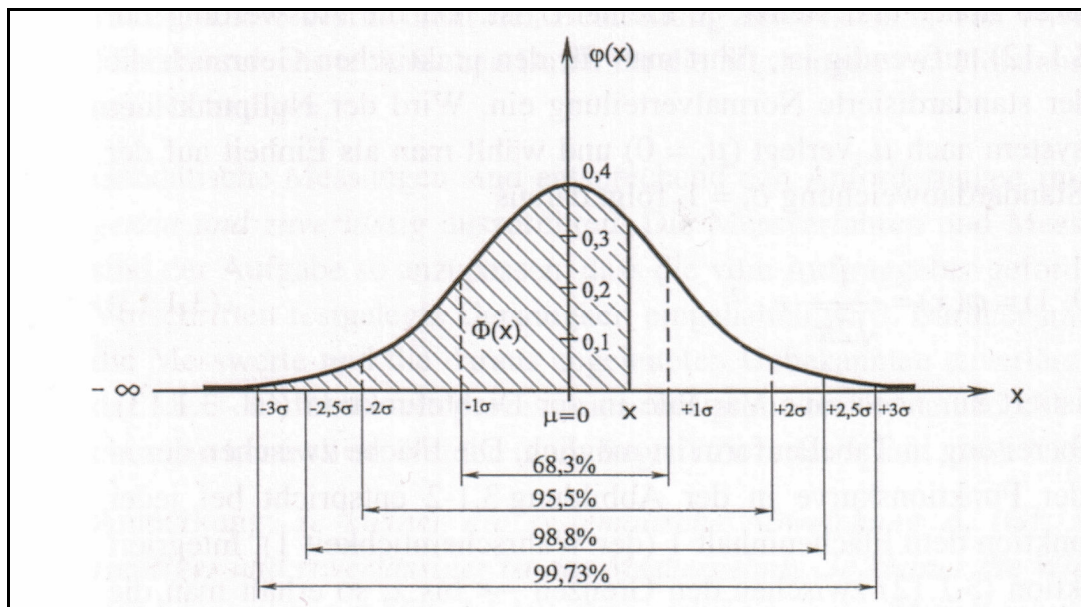
Sedaj obstaja le še ena spremenljivka v funkciji gostote, in lahko pripravimo tudi tabelo. Površina med x – osjo in krivuljo (slika 4) ustreza pri vsaki porazdelitveni funkciji površini 1 (verjetnost 1). Če integriramo funkcijo med mejama $-\infty$ do x , dobimo porazdelitveno funkcijo:

$$\Phi(x,0,1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (18)$$

s t - jem kot integracijsko spremenljivko.

V preglednici 1 so za geodetske naloge določene pogosto uporabljene vrednosti. V stolpcu je vrednost $2\Phi(x) - 1$, ki poda površino med mejo $x = -\lambda$ in $x = +\lambda$. Ta površina ustreza verjetnosti zato, da se merska količina X razlikuje od pričakovane vrednosti μ_x za manj kot $\lambda \cdot \sigma$. Parameter λ je faktor, ki je odvisen od statistične gotovosti in porazdelitvenega načina. Preglednica vsebuje izbrane λ – vrednosti in njihove verjetnosti pri normalni porazdelitvi.

Za $x = \mu_x \pm \lambda \cdot \sigma$, kjer je $\lambda = 1$, nam funkcija $2\Phi(x) - 1$ pove, da 68,27 % vseh merskih vrednosti leži v mejah med $\mu_x + \sigma_x$ in $\mu_x - \sigma_x$. Pri $\mu_x \pm 2\sigma$ se poveča gotovost na 95,45% in pri $\mu_x + 3\sigma$ na 99,73%.



Slika 7: Normirana normalna porazdelitev

$x(\lambda)$	$\varphi(x)$	$\Phi(x)$	$2\Phi(x)-1$	P in %
0	0,3989	0,5000	0	
1	0,2420	0,8414	0,6827	68,3
2	0,0540	0,9772	0,9545	95,5
2,5	0,0175	0,9938	0,9876	98,8
3	0,0044	0,9986	0,9973	99,73

Preglednica 1: Gostota in porazdelitvena funkcija normirane normalne porazdelitve

V inženirskih meritvah se merske vrednosti in njihove pripadajoče deviacije prizvame kot normalno porazdeljene. Pod dopustnim odstopanjem je mišljena vrednost, ki po uradni določitvi pri meritvah ne sme biti prekoračena. Le ta večinoma odgovarja trikratni standardni deviaciji in je označena kot toleranca.

Interval zaupanja in merska negotovost

Srednja vrednost \bar{x} in standardna deviacija s so ocenjene vrednosti neznanih parametrov μ_x in σ_x . Te ocenjene točke ne vsebujejo še nobenih informacij o njihovi zanesljivosti ali

natančnosti. Ne poznamo tudi odstopanja od prave vrednosti; zato določimo interval zaupanja. V predhodnem poglavju je bilo predstavljeno, da pri normalno porazdeljeni populaciji 68,3% merskih vrednosti leži v področju $\mu_x \pm \sigma_x$. Drugače povedano: Verjetnost (statistična sigurnost), da interval $x_i \pm \sigma_x$ vključuje neznanu pričakovano vrednost μ_x , znaša le 68,3% in v 31,7% primerov lahko leži pričakovana vrednost μ_x , ki je določena z enostavno standardno deviacijo, tudi izven meja. Kadar se izbere večje področje zaupanja, recimo $x_i \pm 2\sigma_x$ ali $x_i \pm 3\sigma_x$ je verjetnost, da leži pri istem številu n pričakovana vrednost znotraj (na primer 95,5% ali 99,7%) bistveno večja.

3.2.3 Interval zaupanja

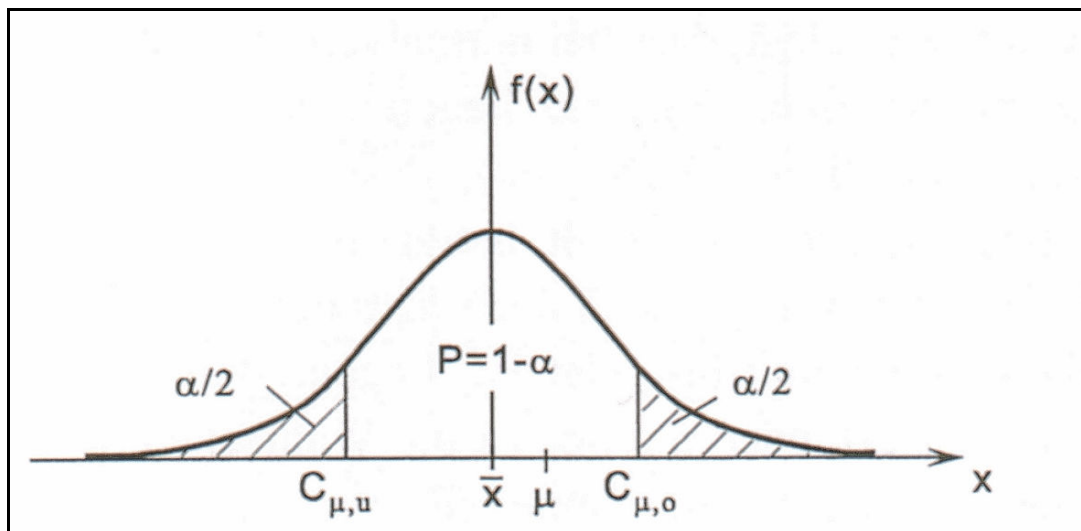
Območje zaupanja oziroma interval zaupanja, ki neznanu vrednost merskih količin prekriva s predpisano in vnaprej dano verjetnostjo. V takem primeru se odločimo, ali je standardna deviacija s_x znana ali ne.

Interval zaupanja za pravo vrednost

Za pravo vrednost \tilde{X} bomo določili interval zaupanja $C = [C_u, C_0]$, ki vsebuje pravo vrednost s predpisano verjetnostjo $1 - \alpha$:

$$P\{C_u \leq \tilde{X} \leq C_0\} = 1 - \alpha \quad (19)$$

α je verjetnost, da leži \tilde{X} izven intervala zaupanja. Označili jo bomo z zmotno verjetnostjo. Meji C_u in C_0 tega intervala se imenujeta spodnja in zgornja meja zaupanja in sta izračunani v odvisnosti od statistične sigurnosti in porazdelitve. Interval imenujemo interval zaupanja za pravo vrednost z nivojem zaupanja $1 - \alpha$.



Slika 8: Interval zaupanja za pravo vrednost

$$s \ C_u = \bar{x} - k_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_x \text{ oziroma } C_u = \bar{x} + k_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_x \quad (20)$$

in \bar{x} ocenjena vrednost (srednja vrednost) za pravo vrednost \tilde{X}
 $k_{1-\alpha/2}$ kvantil normalne porazdelitve $N(0,1)$

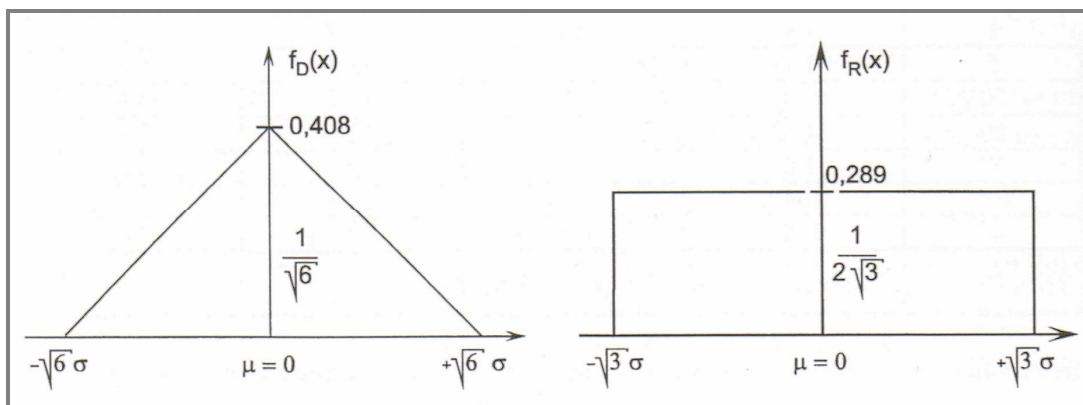
$$\text{Bo } P\{\bar{x} - k_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_{\bar{x}} \leq \tilde{X} \leq \bar{x} + k_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_{\bar{x}}\} = 1 - \alpha \quad (21)$$

V goedeziji se, če ni drugače dogovorjeno (na primer pri ocenjevanju nadzornih meritev zgradb), rabi internacionalni običajni interval zaupanja 95% ($\alpha = 5\% = 0,05$). S tem povezano zmotno verjetnostjo 5% se dobi vrednost kvantila normalne porazdelitve $z_{0,975} = 1,96$.
 Nadaljnji primeri za faktor $k_{1-\alpha/2}$ lahko vzamemo iz spodnje tabele. Kolikor večja statistična varnost je izbrana, toliko širši je interval zaupanja.

P	68,3%	90%	95%	95,4%	99%	99,7%	99,9%
$k_{1-\alpha/2}$	1,00	1,64	1,96	2,00	2,58	3,00	3,30

Preglednica 2: Vrednost kvantilov normalne porazdelitve

Pri drugih porazdelitvah (slika 9) se lahko $k_{1-\alpha/2}$ vrednost za isto statistično varnost pomenljivo spremeni; kot kaže primerjava trikotniške in pravokotniške porazdelitve. Ker gre v tem primeru za porazdelitve s končnimi mejami, se v tabeli (preglednica 3) izpelje porazdelitev s $P = 99,73\%$ oziroma $P = 100\%$.



Slika 9: Trikotniška in pravokotniška porazdelitev

Porazdelitev	P	$k_{1-\alpha/2}$
normalna porazdelitev	99,73%	3,00
trikotniška porazdelitev	100%	2,45
pravokotniška porazdelitev	100%	1,73

Preglednica 3: Primerjava porazdelitev

Če je pri približni normalno porazdeljeni osnovni populaciji σ neznan, izračunamo empirično standardno deviacijo s_x iz končnega števila merskih vrednosti in intervala zaupanja s pomočjo t – ali Studentove porazdelitve. T – porazdelitev poteka nekoliko bolj ravno in širše kot normalna porazdelitev in ima za vsak n drugačen potek. Za $n \rightarrow \infty$ prehaja t – porazdelitev v normalno porazdelitev. Kadar je t – porazdelitev bolj širša, se dobi za enake statistične verjetnosti tudi večje intervale zaupanja za srednjo vrednost.

Interval zaupanja pridobimo

$$P\{\bar{x} - t_{f;1-\alpha/2} \cdot s_{\bar{x}} \leq \tilde{X} \leq \bar{x} + t_{f;1-\alpha/2} \cdot s_{\bar{x}}\} = 1 - \alpha \quad (22)$$

Z vrednostjo kvantila t – porazdelitve in s prostostno stopnjo f . Faktor t je odvisen od nivoja zaupanja in prostostne stopnje $f = n - 1$.

V preglednici 4 so nekatere številke vrednosti t – funkcije k izračunu intervala zaupanja predstavljene skupaj. Vrednost $t = 1$ ima statistično vrednost le od 50% do 68% glede na obseg statistične vrste (serije testov). Pri majhnem številu merskih vrednosti se dobi večje intervale zaupanja.

f	P = 68,3%	P = 95%	P = 99%	P = 99,73%
1	1,82	12,71	63,66	235
5	1,11	2,57	4,03	6,6
10	1,05	2,23	3,17	4,1
20	1,03	2,09	2,84	3,4
50	1,01	2,01	2,68	3,2
100	1,005	2,00	2,63	3,1
∞	1,000	1,96	2,58	3,0

Preglednica 4: Intervali zaupanja pri t - porazdelitvi

Primer: Interval zaupanja pri neznan in znani standardni deviaciji

- Proizvajalec totalne postaje je kot navedbo natančnosti za merjenje razdalj podal $\sigma = 2\text{mm} + 2\text{ppm}$. S tem inštrumentom je treba približno 500m dolgo razdaljo 5 krat izmeriti. Za tako razdaljo znaša standardna deviacija posamezne meritve $\sigma_x = 3\text{mm}$. Standardna deviacija srednje vrednosti je ocenjena z $\sigma_{\bar{x}} = 1,3\text{mm}$. S $P = 95\%$ in s kvantilom normalne porazdelitve $k_{1-\alpha/2} = 1,96$ dobimo interval zaupanja $\bar{x} \pm 1,96 \cdot 1,3\text{mm} = \bar{x} \pm 2,6\text{mm}$.
- Z merjenjem te distance dobimo dejansko srednjo vrednost 513,531m. Iz merske vrednosti bo izračunana empirična standardna deviacija posamezne meritve $s_x = 3,5\text{mm}$ in standardna deviacija srednje vrednosti $s_{\bar{x}} = 1,6\text{mm}$. S $P = 95\%$ in s kvantilno vrednostjo t – porazdelitve $t = 2,8$ in $n = 5$ dobimo interval zaupanja za pravo vrednost: $\bar{x} \pm 2,8 \cdot 1,3\text{mm}$ ali 513,531 m ± 4 mm oziroma $P\{513,527\text{m} \leq \bar{x} \leq 513,535\text{m}\} = 95\%$.

Interval zaupanja za standardno deviacijo je mogoče podati z obojestranskim rizikom

$$P\{C_{\sigma,u} \leq \sigma_x \leq C_{\sigma,0}\} = 1 - \alpha. \quad (23)$$

Pri preverjanju natančnosti geodetskega inštrumenta pa nas od vsega zanima enostranski riziko. Razišče se, ali je σ_x večji kot zgornja intervalna meja C_e oziroma leži izven intervala $[0, C_e]$. Za enostranski riziko velja

$$P\{0 \leq \sigma_x \leq C_{\sigma,e}\} = P(\sigma_x \leq C_{\sigma,e}) = 1 - \alpha. \quad (24)$$

Če so merske vrednosti normalno porazdeljene, se lahko kvocient iz empirične variance s_x^2 in variance σ_x^2 dokaže s χ^2 – porazdelitvijo. Na osnovi tega kvocienta se ugotavlja ocenjeno vrednost za mejo zaupanja

$$C_{\sigma,u} = s_x \cdot \sqrt{\frac{f}{\chi_{f,1-\alpha/2}^2}} \text{ oziroma } C_{\sigma,0} = s_x \sqrt{\frac{f}{\chi_{f,\alpha/2}^2}} \quad (25)$$

z odgovarjajočo vrednostjo kvantila χ^2 – porazdelitve (preglednica 5) ter prostostne stopnje f .

f	P = 90 %	P = 95 %	P = 99 %
1	2,71	3,84	6,63
5	9,24	11,1	15,1
10	16,0	18,3	23,2
20	28,4	31,4	37,6
50	63,1	67,4	76,2
100	118	124	136

Preglednica 5: Vrednost kvantilov χ^2 – porazdelitve

3.2.4 Merska negotovost

Merska negotovost označuje zalogo vrednosti za pravo vrednost merske količine. Merska negotovost vsebuje slučajnostno in sistematično komponento, kjer sta oba deleža k merski negotovosti σ_x kvadratično seštetata.

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\Delta^2}. \quad (26)$$

Sistematična komponenta je v primerjavi s slučajno komponento zanemarljiva. Preostali odkloni nastanejo iz nezadostnega poznavanja korekcij in redukcij, ki jih lahko pojmuje kot slučajne količine. Navedba merske negotovosti za rezultate meritev poteka kot

ponovna standardna deviacija σ_x pod navajanjem zaloge vrednosti, v kateri leži z verjetnostjo $P = 1 - \alpha$ prave vrednosti.

$$P\{\hat{x} - t \cdot \sigma_x \leq \tilde{X} \leq \hat{x} + t \cdot \sigma_x\} = P\{\hat{x} - C_u \leq \tilde{X} \leq \hat{x} + C_0\} = 1 - \alpha \quad (27)$$

V inženirski geodeziji, na primer pri zakoličevanju, bo pogosto zahtevana relativna mera natančnosti, ki opiše položaj dveh točk medsebojno. Iz tega pridobimo relativno mersko negotovost σ_x / D razdalje dveh točk ($D > 0$) k ppm – vrednost (parts per million – okvirna količina je 1 km), ki se na primer lahko nanaša na natančnost lege točke, na od oddaljenost odvisnih niveliranih višinskih razlik, merjene distance ali na navzkrižno deviacijo pri merjenju smeri.

Dokončno lahko podamo popolni merski rezultat

$$\bar{x} \pm \sigma_x \quad \text{ali} \quad \bar{x} \pm \sigma_x \cdot \frac{\bar{x}}{D} \quad (28)$$

In lahko zaključimo: Kolikor večja je merska natančnost, toliko manjša je merska negotovost.

MERA NATANČNOSTI	STOPNJA NATANČNOSTI
50 mm > σ_L	zelo majhna natančnost
15 mm < σ_L < 50 mm	majhna natančnost
5 mm < σ_L < 15 mm	srednja natančnost
0,5 mm < σ_L < 5 mm	velika natančnost
σ_L < 0,5 mm	zelo velika natančnost

Preglednica 6: Mere natančnosti za pozicijske meritve

MERA NATANČNOSTI	STOPNJA NATANČNOSTI
20 mm > σ_H	zelo majhna natančnost
5 mm < σ_H < 20 mm	majhna natančnost
2 mm < σ_H < 5 mm	srednja natančnost
0,5 mm < σ_H < 2 mm	velika natančnost
σ_H < 0,5 mm	zelo velika natančnost

Preglednica 7: Mere natančnosti za višinske meritve

V preglednici 6 in 7 so mere natančnosti glede na pozicijske- σ_L in višinske meritve σ_H razdeljene v razrede natančnosti po DIN 18710.

Prizadevali naj bi si za tako postavitev natančnosti v mreži, da bi bil vpliv deviacij elementov mreže na zakoličbo in ostale meritve zanemarljivo majhen. Kot mera natančnosti služi relativna mera nesigurnosti σ , ki z množenjem razdalje dveh točk v pozicijski mreži pridobi mero nesigurnosti v koordinatnem sistemu. Preglednica 11 kaže zgledno uvrščanje uporabe v zahtevah natančnosti, ki pride v poštev tudi za opazovanje plazju in pilotne stene.

$\sigma_s : s$	Relacija	Uporaba
$5,0 \cdot 10^{-6}$	1:200 000	Stroji in inženiring
$4,0 \cdot 10^{-5}$	1:25 000	Industrijska gradnja, nadzorne mreže, trasiranje
$1,0 \cdot 10^{-4}$	1:10 000	Kataster
$2,0 \cdot 10^{-4}$	1:5000	Grobo količenje

Preglednica 8: Zahteve pri pozicijski natančnosti

Tako σ v tem primeru pomeni $s = 1:25\ 000$, da je zahtevana relativna natančnost lege točke dveh 100m oddaljenih določenih točk mreže 4mm. Poleg relativnih podatkov lahko damo tudi absolutno pozicijsko standardno deviacijo σ_L oziroma standardno deviacijo koordinat σ_x in σ_y .

3.2.5 Natančnost in zanesljivost geodetskih mrež

Posebne mreže inženirskih meritev (pozicijska mreža za gradnjo, nadzorne mreže) služijo zgoščevanju fiksnih točk za snemanje in zakoličevanje točk ter nadzoru in geometrijski kontroli inženirskih konstrukcij. Vse meritve in izračuni v polju danih točk morajo biti opravljeni na takšen način, da so izmerjene vrednosti in določitve točk zanesljive in zadostno natančne. Z optimizacijo lahko mrežo ovrednotimo po naslednjih kriterijih:

- natančnost
- zanesljivost
- ekonomičnost

Pri tem moramo biti pozorni, ker so zahteve lahko različne in jih zato mora uporabnik definirati. V osnovni mreži terenskih meritev zahtevamo homogeno natančnost v vseh

točkah. Nasprotno pa so v mrežah inženirskih meritev možne pozicijske in smernoodvisne zahteve po natančnosti.

Natančnost mreže se lahko oceni iz standardnih deviacij opazovanih in izravnanih merskih količin in s pomočjo iz njih izpeljanih funkcij. V mrežah lahko z nadštevilnimi meritvami odkrijemo majhne grobe meritvene napake (to pomeni od 5σ do 20σ), ki vodijo k popačenju koordinatnih izračunov, vendar le-te ne vplivajo na mere natančnosti. Obstajajo torej napake v matematičnih in stohastičnih modelih, npr. določeni sistematični efekti ali nepravilne a priori domneve o utežeh, ki se niso ujemale z merilnimi pogoji in so redko dejanske merske napake.

Te količine zanesljivosti omogočajo izjave o:

- obojestranski kontroli opazovanj
- vplivu neodkritih majhnih grobih napak na izravnana opazovanja in koordinate
- mejni vrednosti za nerazpoznavne napake

3.2.6 Globalni test

Test, ali je bila natančnost mreže dosežena, se po Baardi imenuje globalni test.

Preverja se, če je empirična standardna deviacija s , ki je bila označena pri izravnavi, v nasprotju z a priori standardno deviacijo σ pri zmotni verjetnosti α . Pri tem se uporablja F-test dveh varianc oz. preverjanje domnevane teže.

$$T = \frac{s^2}{\sigma^2} < F_{f_1, f_2, \alpha} \quad (29)$$

je podvržena Fisherjevi porazdelitvi s prostostnimi stopnjami $f_1 = n - u$, $f_2 = \alpha$.

Če je nulna hipoteza zavržena, je T torej večji kot $(1 - \alpha)$ – kvantil F – porazdelitve, in je prisotna vzorčna napaka. Predpostavka za aplikacijo globalnega testa so normalno porazdeljene meritve. Za $f_2 = \alpha$ prehaja Fischerjeva porazdelitev proti χ^2 – porazdelitvi. Dokazljiva velikost se računa po

$$T = \frac{s^2}{\sigma^2} < \frac{\chi_{n-u, 1-\alpha}^2}{n-u} \quad (30)$$

Če je neka mreža po globalnem testu sprejeta, ustreza zahtevam, tudi če normalna porazdelitev ni dokazljiva kot predpostavka za metodo najmanjšega kvadrata.

Cenitev komponent varianc

Za skupno izravnavo različnih merskih količin (na primer smeri in razdalje ali trigonometrično in z niveliranjem določene višinske razlike) moramo določiti a priori standardne deviacije skupin izmerjenih vrednosti v povezavi z odgovarjajočo ugotovljeno utežjo. Te standardne deviacije za skupine izmerjenih vrednosti so izpeljane iz empiričnih vrednosti. A priori standardna deviacija se mora ujemati s standardno deviacijo izhajajoč iz izravnave.

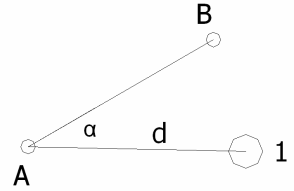
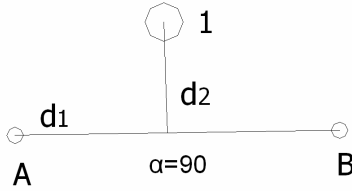
Za a posteriori standardno deviacijo s_0 utežne enote skupno oziroma za posamezno skupino izmerjenih vrednosti naj bi veljalo:

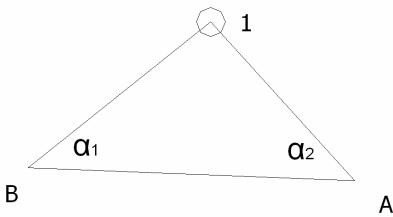
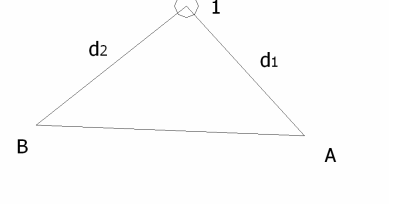
- za smeri in razdalje $0,5 \leq s_0 \leq 1,5$
- za skupno izravnavo $0,7 \leq s_0 \leq 1,3$

Če s_0 odstopa od pričakovane vrednosti 1, to opiše razliko standardnih deviacij pred in po prosti izravnavi. Vrednosti nad 1 kažejo, da je bila standardna deviacija a priori preveč ugodno ocenjena. Če so postavljene meje za s_0 bistveno prekoračene oz. niso dosežene, moramo preveriti a priori natančnosti in meritve zaradi možnih grobih in sistematičnih odklonov.

3.3 Standardni pogrešek položaja določene točke

V preglednici imamo podane enačbe za standardne pogreške položaja določene točke in elementov za določevanje.

Elementi za opazovanje točke	Skica določitve položaja (y, x, H) točk na terenu	Formule za računanje standardnih napak položaja opazovane točke in elementov za opazovanje
α d		<p>1. Metoda polarnih koordinat</p> $\sigma_{(y,x)} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{kot} \cdot d}{\rho''}\right)^2 + \sigma_d^2}$ <p>kjer je:</p> $\sigma_{kot} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + 2 \cdot \frac{\sigma_{\epsilon,p}^2}{n}}$ $\sigma_d = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + (a + b \cdot D_{[km]})^2}$
d_1 $\alpha = 90$ d_2		<p>2. Metoda pravokotnih koordinat</p> $\sigma_{(y,x)} = \sqrt{\sigma_{d_1}^2 + \left(\frac{\sigma_{kot=90} \cdot d_2}{\rho''}\right)^2 + \sigma_{d_2}^2}$ <p>kjer je:</p> $\sigma_{d_1} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + (a + b \cdot D_{[km]})^2}$ $\sigma_{kot} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + 2 \cdot \frac{\sigma_{\epsilon,p}^2}{n}}$ $\sigma_{d_2} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + (a + b \cdot D_{[km]})^2}$

α_1 α_2		<p>3. Metoda presekanja kotov naprej</p> $\sigma_{(y,x)} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{kot1} \cdot d_1}{\rho''}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{kot2} \cdot d_2}{\rho''}\right)^2}$ <p>kjer je:</p> $\sigma_{kot1} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + 2 \cdot \frac{\sigma_{\varepsilon,p}^2}{n}}$ $\sigma_{kot2} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + 2 \cdot \frac{\sigma_{\varepsilon,p}^2}{n}}$
d_1 d_2		<p>4. Metoda linearnega ločnega preseka</p> $\sigma_{(y,x)} = \sqrt{\sigma_{d_1}^2 + \sigma_{d_2}^2}$ <p>kjer je:</p> $\sigma_{d_1} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + (a + b \cdot D_{[km]})^2}$ $\sigma_{d_2} = \sqrt{\sigma_{ci}^2 + \sigma_{cs}^2 + \sigma_r^2 + (a + b \cdot D_{[km]})^2}$

Preglednica 9: Enačbe za računanje standardnega pogreška položaja točk

σ_{kot} – standardna napaka horizontalnega kota

d – dolžina (merjena z elektrooptičnim razdaljemerom)

σ_d – standardna napaka dolžine (z elektrooptičnim razdaljemerom)

$\sigma_{\varepsilon,p}$ – standardna napaka smeri (prisotne samo slučajne napake)

a – standardna napaka adicijske konstante elektrooptičnega razdaljemera

b – standardna napaka multiplikacijske konstante elektrooptičnega razdaljemera

$D_{[km]}$ – dolžina v kilometrih

n – število merjenj

σ_{ci} – standardna napaka centriranja inštrumenta

σ_{cs} – standardna napaka centriranja signala

σ_r – standardna napaka refrakcije

3.4 Kontrolne meritve – določevanje premikov in deformacij

Osnovni nalogi kontrolnih meritev, ki jih izvajamo na posameznih objektih, sta:

- določiti premike objekta v horizontalni ali vertikalni ravnini oziroma prostoru,
- določiti spremembo geometrijske oblike objekta, ki je največkrat posledica premika objekta v prostoru oziroma deformacij, ki se zgodijo na objektu.

Največkrat kontrolne meritve izvajamo:

- Na gradbenih objektih, kot so hidroelektrarne, zaježitve, premostitveni objekti (mostovi, viadukti), kjer je osnovni namen, da pravočasno odkrijemo anomalije na objektu, ki bi lahko povzročile večjo škodo oziroma predstavljajo nevarnost za okolico. Na osnovi rezultatov kontrolnih meritev dobimo tudi podatke o lastnostih materialov in konstrukcijskih značilnostih posameznih objektov;
- Na strojnih in industrijskih napravah, kot so žerjavi, turbine, posamezni stroji. Omenjene naprave lahko služijo svojemu namenu le v primeru, če so izpolnjeni posamezni geometrijski pogoji, ki so predpisani za nemoteno in pravilno delovanje posameznega stroja ali celotne proizvodne linije;
- Za potrebe inženirske geologije in mehanike tal, kjer gre predvsem za lokalne in regionalne probleme v zvezi s premikanjem zemeljske skorje, plazanjem hribin.

Idealno bi bilo, če bi lahko s kontrolnimi meritvami zajeli vsako točko objekta in da bi lahko meritve izvajali kontinuirano. Ker običajno tehnično in finančno to ni izvedljivo, govorimo o tako imenovani prostorski in časovni poenostavitvi.

Prostorska poenostavitev pomeni, da je objekt predstavljen s posameznimi točkami, ki so stabilizirane v deformabilno sredino in predstavljajo model objekta. Mesto stabilizacije točk na objektu določita skupaj projektant in geodet. Projektant pozna konstrukcijo objekta in lahko predvidi, kje se bodo pojavile deformacije. Geodet pa oceni, ali je možno določiti koordinato oziroma premik določene točke z ustrežno natančnostjo. Če izvajamo kontrolne

meritve za potrebe določitve premikov zemeljske skorje ali plazenja hribine, potem mesto stabilizacije točk izbiramo skupaj z geologom, geofizikom ali geomehanikom.

Časovna poenostavitev pomeni, da kontinuirano spremljanje točk na objektu nadomestimo s posameznimi izmerami, ki jih izvedemo v različnih časovnih obdobjih.

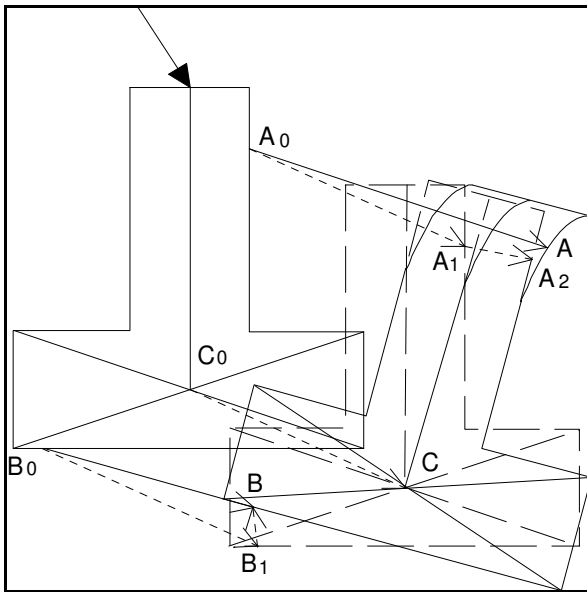
Število točk, ki so stabilizirane na objektu in časovno razporeditev meritev izberemo tako, da izgubimo zanemarljivo informacij o premikih in deformacijah na objektu.

Vektorji premika točk so:

točka A: $\bar{a} = \bar{a} + a \cdot \varphi + a \cdot \varepsilon$... premik točke A je posledica translacije, rotacije (φ) in deformacije (ε) stolpa,

točka B: $\bar{b} = \bar{b} + b \cdot \varphi$... premik točke B je posledica translacije in rotacije(φ) objekta,

točka C: $\bar{c} = \bar{c}$... premik točke C je posledica translacije objekta.



Slika 10: Vektorji premikov točk, ki so stabilizirane na premikajočem se objektu

3.4.1 Določevanje premikov

Na osnovi koordinat (y, x) in H opazovane točke na objektu lahko za vsak časovni trenutek posebej določimo horizontalni premik

$$d = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}, \quad (31)$$

kjer so:

$y_1, x_1 \dots$ začetne koordinate oziroma predhodne koordinate v trenutku $(t - 1)$

$y_2, x_2 \dots$ končne koordinate, ki so bile določene na osnovi zadnje izmere, v trenutku (t)

Osnovni količini, ki določata velikost premikov in deformacij sta d – horizontalni premik in ΔH - vertikalni premik.

Včasih smo meritve, ki smo jih izvajali za potrebe določitve premikov objektov in deformacij na objektu, delili na geodetske in fizikalne. Danes govorimo o absolutnih in relativnih merskih tehnikah. Za absolutno določitev premikov objekta v prostoru in deformacij na objektu moramo imeti stabilizirane sledeče točke:

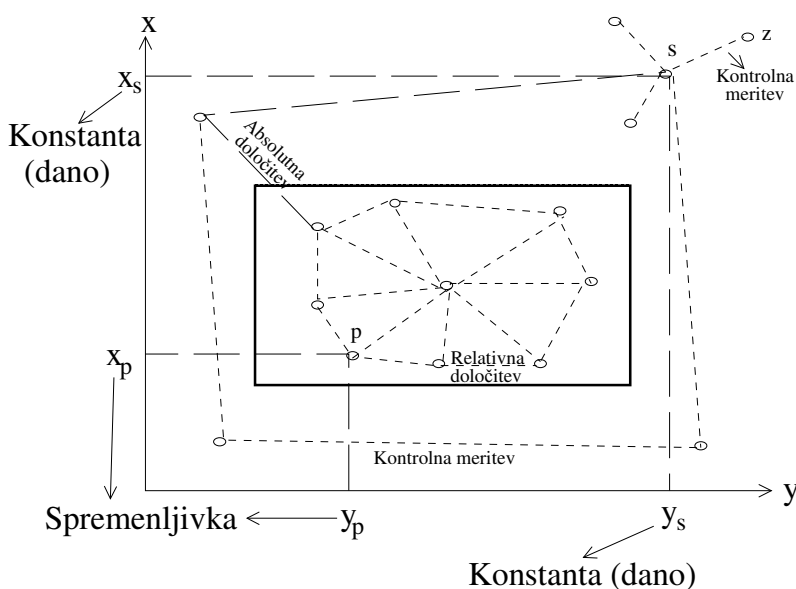
Točke geodetske mreže – S

Absolutne premike (premik objekta v prostoru oziroma glede na okolico) lahko določimo z navezavo na geodetsko mrežo točk, ki morajo biti stabilizirane na stabilnem območju oziroma izven delovanja oziroma vpliva objekta na okolico. Geodetske točke so med seboj in s kontrolnimi točkami povezane preko direktno oziroma indirektno določenih merskih količin. Stabilnost danih točk kontroliramo s ponovnimi kontrolnimi meritvami in kontrolnimi meritvami med dano točko in zavarovanjem. V primeru, da s statistično analizo ugotovimo, da so dane točke stabilne, potem lahko koordinate danih točk in zavarovanj obravnavamo kot konstante. Če se določene dane točke premaknejo, potem moramo te točke uvrstiti med spremenljivke, saj se v nasprotnem primeru premik dane točke prenese v premike kontrolnih točk, ki so stabilizirane na objektu

Kontrolne točke na objektu - P

Vsak preizkušan objekt je predstavljen z ustreznim številom kontrolnih točk, ki so stabilizirane v deformabilno sredino. Tako lahko določimo relativne in absolutne premike, saj

kontrolne točke sledijo premiku in deformaciji, ki se je zgodila na objektu. Koordinate kontrolnih točk so med posameznimi izmerami spremenljivke, povezavo med kontrolnimi točkami dobimo preko direktno oziroma indirektno merjenih količin (dolžine, koti, višinske razlike...). Relativni premiki so osnova za določitev geometrijske oblike in njenih sprememb, problem pa predstavlja datum geodetske mreže.



Slika 11: Geometrijski model objekta

3.4.2 Vrste deformacij in metode merjenja deformacij

V splošnem delimo deformacije na plastične in elastične. Če na objekt deluje neka sila, ki povzroči spremembo geometrijske oblike objekta – deformacijo na objektu in če se ta deformacija ohrani, kljub temu, da sila na objekt ne deluje več, potem govorimo o plastični deformaciji. Z elastično deformacijo imamo opravka, če se objekt, po končanem delovanju določene sile, vrne v prvotno geometrijsko obliko, ki jo je imel pred pričetkom delovanja določene sile na objekt.

V praksi se največkrat srečamo z deformacijami na objektu, ki so posledica:

- raztezanja oziroma krčenja v določeni smeri,
- striga med dvema mejnima ploskvama,
- upogiba,
- zvijanja oziroma torzije okrog določene osi objekta.

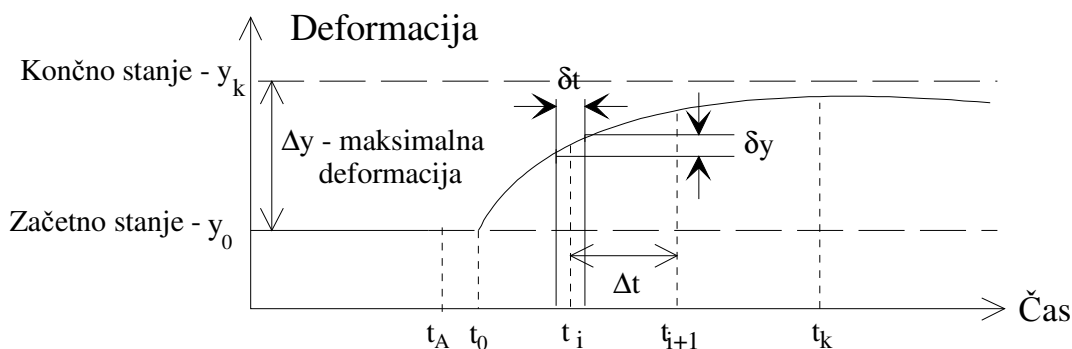
V okviru deformacijske analize dobimo tudi določene kriterije, na osnovi katerih izberemo merski postopek. Osnovni kriteriji na osnovi katerih izbiramo merski postopek so:

- zahtevana natančnost določitve deformacij,
- število meritev in časovni razpored meritev,
- čas, ki je na voljo za izvedbo posamezne izmere.

Pri obravnavi omenjenih kriterijev moramo upoštevati tudi dve značilni deformaciji - a) periodično in b) aperiodično deformacijo.

3.4.2.1 Aperiodična deformacija

Na spodnji sliki je grafično predstavljena zajemanja aperiodične deformacije.



Slika 12: Grafična predstavitev zajemanja

Na sliki 9 so:

Δt . . . čas med dvema izmerama

δt . . . čas izmere

δy . . . minimalni prirastek deformacije

a1) Določitev zahtevane natančnosti oziroma ločilne sposobnosti instrumentarija oziroma merskega postopka - σ_y

Zahtevana natančnost je povezana s pričakovano maksimalno deformacijo Δy , ki je določena z enačbo:

$$\Delta y = y_k - y_0 \quad (32)$$

Če izhajamo iz maksimalne pričakovane deformacije, ki jo obravnavamo kot dovoljeno odstopanje, potem mora biti:

$$\sigma_y \leq \frac{\Delta y}{10} \quad (33)$$

Ker maksimalne pričakovane deformacije ne poznamo oziroma je lahko določena nezanesljivo, nas običajno bolj zanima minimalni prirastek - δy . Minimalni prirastek δy je minimalna razlika med dvema stanjema deformacije, ki jo še lahko določimo z zanesljivo natančnostjo (t.j. s stopnjo zaupanja vsaj 95 %). Tako lahko minimalni prirastek δy uporabimo kot mero za določitev ločilne sposobnosti instrumenta oziroma merskega postopka. Ustrezno zanesljivo ločilno sposobnost dobimo, če namesto enačbe (19) zapišemo:

$$\sigma_y \leq \frac{\delta y}{5} \quad (34)$$

3.4.3 Izbira merskega postopka

Ko imamo določene zahteve in ustrezen program meritev, potem lahko izberemo merski postopek. Vsak primer zahteva svojo ovrednotenje zahtev, mejnih pogojev in analizo, ki nam omogočajo izbrati ustrezni merski postopek. V splošnem pa pri izboru merskega postopka upoštevamo sledeče robne - mejne pogoje:

1. Zahtevano natančnost merskega postopka

Iz predhodnih analiz dana zahtevana natančnost določitve koordinat točk in natančnost določitve koordinatnih razlik kontrolnih točk (položaj in višine). V splošnem so koordinate točk določene z indirektno metodo, z izmero povezovalnih elementov med danimi in novimi točkami. Ali mreža geodetskih in kontrolnih točk ustreza zahtevani natančnosti preizkusimo s predhodno izravnavo in analizo natančnosti določitve koordinat točk. Zato potrebujemo:

- mrežo geodetskih točk in povezovalne elemente,
- natančnost posameznih merskih postopkov in instrumentov (uporabimo lahko podatke o natančnosti instrumentov, ki jih navaja proizvajalec v tehnični dokumentaciji. Boljši način je, da opravimo preizkus instrumenta po ustreznem DIN/ ISO standardu v čim bolj podobnih razmerah, kot bo kasneje potekala izmera, saj meteorološki vplivi na natančnost izvajanja meritev niso zanemarljivi).

2. Čas, ki ga imamo na voljo, da izvedemo posamezno izmero

Izmero moramo zaključiti v nekem času δt , drugače nam deformacija na objektu "pokvari" rezultate izmere. Čas, ki ga imamo na voljo za izvedbo izmere je odvisen od hitrosti deformacije in zahtevane natančnosti izmere. Pri počasnih deformacijah z letno periodo imamo za izvedbo izmere na voljo tudi dan ali več. V tem primeru lahko izmerimo obsežne geodetske mreže s klasičnimi geodetskimi merskimi postopki. Pri večjih hitrostih deformacije je čas, ki ga imamo na voljo za izvedbo izmere krajši (nekaj minut/ur), kar pomeni da kontrolne točke težko spremljamo vizualno oziroma s klasičnimi geodetski merskimi postopki. V tem primeru opazujemo malo kontrolnih točk oziroma uporabimo avtomatizirane merske postopke (tudi fotogrametrijo).

3. Ekonomičnost - gospodarnost izvedbe merskega postopka

Ko ocenjujemo ekonomičnost - gospodarnost merskega postopka imata velik vpliv število meritev in časovni raspored meritev. Skupni strošek za potrebe določitve deformacij na objektih lahko razdelimo v:

- Stroški za nastavitev sistema
 - projektiranje, stabilizacija točk, namestitvev posebnih konzol za stojišča instrumentov, namestitvev sistemov za kontinuirano spremljanje premikov,
 - programska oprema za obdelavo in izrednotenje merskih podatkov in rezultatov meritev.

- Stroški za zagon/izvedbo posamezne izmere
 - priprava osebja in instrumentarija, začasna signalizacija točk...
- Stroški za izmero
 - izvedba izmere, obdelava podatkov, izravnava meritev in analiza merskih rezultatov
- Stroški za vzdrževanje
 - gre za zaščito sistema pred uničenjem in poškodbami (označevanje točk, merski pribor)

Višina posameznih stroškov je predvsem odvisna od izbire merskega postopka in je v splošnem zelo različna. Običajno višja vlaganja v nastavitev sistema pomenijo manjše stroške za izvedbo posamezne izmere. Če imamo malo izmer, potem so začetni stroški relativno nizki in drage posamezne izmere. V tem primeru so klasične geodetske merske metode konkurečne. Če imamo planiranih veliko izmer, potem so začetni stroški veliki, saj običajno v tem primeru investiramo v ustrezne avtomatske merske sisteme, ki omogočajo kontinuirano spremljanje premikov in deformacij na objektu. Poleg tega je potrebno zagotoviti tudi ustrezno programsko in strojno opremo, s pomočjo katere lahko ustrezno izvednotimo merske podatke.

4 VLOGA GEODEZIJE PRI GEOLOŠKIH DELIH

V našem primeru je opazovanje plazju le del širšega procesa, ki se izvaja v okviru geodetske službe Primorja. V tem poglavju bomo opisali posamezne faze, ki vključujejo tudi gradnjo podpornega zidu.

Preden se izvede izkop profilov pri gradnji avtocest, so potrebne geološke raziskave. Sestavo tal in njihove lastnosti je za razliko od drugih inženirskih materialov (kovine, beton, les) potrebno predhodno raziskati na terenu, kjer je predvidena gradnja.

Raziskave razdelimo v tri faze:

- Predhodne (preliminarne) raziskave
- glavne raziskave
- Dopolnilne (kontrolne) raziskave

4.1 Preliminarne raziskave

Ugotoviti je potrebno splošno primernost terena za načrtovano gradnjo, okvirno sestavo in kvaliteto tal, nastopanje podtalnice ter morebitne posebnosti (npr. vpliv rudarjenja na območju gradnje).

Potrebno je:

- Pregledati geološke karte,
- Pregledati obstoječe podatke iz bližnjih lokacij,
- Pridobiti geodetske posnetke v primernem merilu,
- Inženirsko geološko kartiranje (pregled terena, morfoloških značilnosti, hidrogeoloških značilnosti, izdankov hribine, obstoječih vkopov, nestabilnosti, ...),
- Pregledati letalske posnetke stereoskopom (fotogeologija),
- Pregledati podatke o potresni ogroženosti terena,
- Če je obstoječih podatkov premalo ali jih sploh ni, je že v tej fazi potrebna izvedba razkopov, vrtin ali drugih primernih terenskih raziskav.

4.2 Glavne raziskave

Raziskati moramo sestavo tal in fizikalne karakteristike posameznih slojev tal, režim podtalnice ter vse pomembne posebnosti, da lahko varno in ekonomično načrtujemo predvidene faze gradnje.

4.3 Dopolnilne raziskave

V primeru, da se pri interpretaciji glavnih preiskav pojavljajo dvomi glede strukture ali karakteristike tal in režima podtalnice, moramo dopolniti spoznanja glavnih preiskav. Metode in obseg teh raziskav je potrebno smiselno izbrati glede na konkretne cilje dopolnilnih preiskav.

4.4 Priprava temeljnih tal

Potrebne so preiskave zemljin iz sloja, v katerem bo pripravljen planum temeljnih tal:

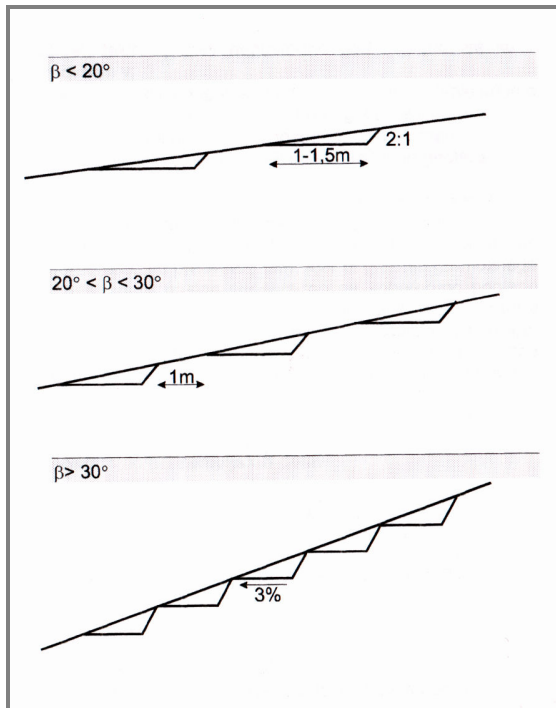
- vlažnost,
- lezne meje,
- delež organskih in humusnih primesi,
- optimalna vlažnost.

Vlažnost mora biti takšna, da je pri zgoščevanju dosegljiva predpisana gostota. Če je vlažnost večja, je potrebna površinska stabilizacija, ali drugi tehnični ukrepi (dreniranje, nadomeščanje).

Priprava temeljnih tal poteka v naslednjih fazah:

- široki odkop ali vsaj odziv humusa ter morebitnih organskih ali zelo razmočenih plasti temeljnih tal,
- planiranje (zaradi odvodnje),
- stabilizacija (po potrebi),
- zgoščevanje,
- kontrola ravnosti, zgoščenosti in deformabilnosti (izotopska sonda, krožna plošča).

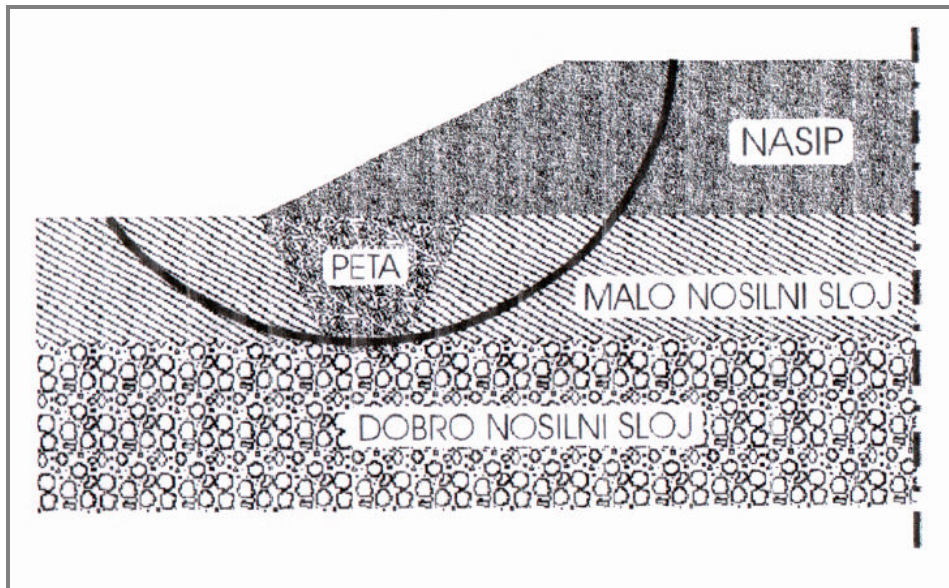
Na nagnjenih terenih stik med tlemi in nasipom stopničimo. Podobno postopamo, ko želimo razširiti obstoječi nasip.



Slika 13: Stopničenje nasipa

Neposredno na planum temeljnih tal pogosto zgradimo prvi sloj nasipa v debelini 0,5 do 1,5 m iz kamnitega materiala, predvsem tam, kjer:

- obstaja nevarnost vdora talne vode iz temeljnih tal v nasip in je nasip sicer grajen iz materiala, občutljivega na vodo (ploskovni drenažni filter),
- obstaja nevarnost poplavnih vod. V takem primeru gradimo nasip iz kamnitega materiala do kote maksimalne pričakovane poplavne vode.
- Je ogrožena stabilnost temeljnih tal pod nasipom, gradimo kamnite pete pod vznožji nasipa:



Slika 14: Peta nasipa

4.4.1 Ojačitve planuma temeljnih tal

Na malonosilnih temeljnih tleh se lahko pripeti, da ta niso primerna za gradnjo nasipa, niti ni možen dostop s težko gradbeno mehanizacijo. Tedaj si lahko pomagamo z ojačitvami temeljnih tal z geosintetičnimi materiali. Običajno so to:

- Geotekstil (polst in podobno) ali
- Geomreže (običajno plastične).

Učinek takih ojačitev neposredno pod nasipom se kaže predvsem v:

- Prerazporeditvi napetosti pod ozkimi bremenami (kolesa) in s tem večjo lokalno varnost, kar omogoča transporte,
- Enakomernejšemu profilu posedkov pod bremenami

Tovrstni učinek je večji pri bolj togih mrežah in geotekstilih.

4.5 Plazovi

Do zdrsa hribine pride, ko teža dela kamenine prekorači strižno trdnost na kritični ploskvi. Imamo dve nasprotujoči si sili: gravitacija (teži h premiku kamenine navzdol) in notranja trdnost hribine (preprečuje premik). Strižna trdnost se spreminja (zmanjšuje) zaradi

delovanja eksogenih sil + poseg človeka v prostor. Do porušitve stabilizacije ne pride, če so sile težnosti v ravnotežju z mobiliziranimi silami notranjega odpora v kamnini.

Preperinski plazovi so najpogostejši v Sloveniji in nastanejo zaradi zdrsa preperinskega pokrova po podlagi.

Tipični znaki:

- Po nastanku odlomnega roba ni nujno, da takoj sledi plazenje
- Imajo zelo tipično obliko: zgornji odlomni rob strmo sega v podlago, prevladujejo vertikalni premiki
- Včasih se pojavi zgornji odlomni roba skupaj s prečnimi razpokami
- Čelo plazu: odlomne razpoke, prečne razpoke; vertikalno gibanje se spreminja v horizontalno
- Odlomni robi se pogosto širijo po pobočju navzgor

4.5.1 Vrste drsenja

- Lezenje: je počasno gibanje plazine paralelno z ravnino padnice pobočja. Po Terzaghiju je lezenje gibanje tal s hitrostjo manjšo od 30 cm/leto;
- Rotacijsko plazenje: nastaja v homogenih glinastih meljastih ali peščenih pobočjih, kjer se v zgornjem delu pojavljajo razpoke, na spodnjem delu pa se material pregnete;
- Kombinirano plazenje: v nehomogenem plastovitem materialu, drsna ploskev je lahko iz več zakrivljenih ali ravnih delov, gibanje po ploskvi povzroča notranjo deformacijo;
- Translacijsko plazenje: nastane, kadar je v pobočju diskontinuiteta z nižano strižno trdnostjo vzdolž nje, ki je v majhni globini in je njena padnica približno paralelna s padnico pobočja, pri čemer je nagib ploskve zdrsa položnejši od nagiba pobočja. Pogosto tam, kjer sloj razpokane kamnine leži na sloju z manjšo strižno trdnostjo;
- Zemeljski tok: povezan je s strukturno spremembo in sestavljenostjo zemljine. Do gibanja pride pri spremembi konsistence materiala in/ali ob zadostnem povečanju obtežbe.

4.5.2 Terensko in geološko snemanje in kartiranje plazov

Posnemanje plazov:

- Izdelava načrta plazov z vsemi njegovimi fenomeni na geodetski karti v merilu 1:100 do 1:2000.

Kartiranje plazov:

- Pregled celega območja z več plazovi in ugotovitev splošnih vzrokov nastanka in posledic plazov. Merila od 1:2000 do 1:10000.
- Priporočljiv je še vzdolžni profil, na katerem je označeno prejšnje površje pobočja
- Zelo si pomagamo z aerofoto posnetki

Ugotavljanje plazenja na terenu:

- Na plaz nam kaže nagnjenost pobočja in morfologije
- Znaki, ki kažejo na stopnjo plazenja: deloma neporaščena strma pobočja, stopnje prečno na pobočje, vdrtine, nagrbančene površine prečno na pobočje, stebila dreves sabljaste oblike
- Velikost premika plazov lahko ugotovimo iz ravnih linij (gozdna meja, drevored, cesta)

4.5.3 Terenske raziskave in instrumentalno merjenje na plazovih

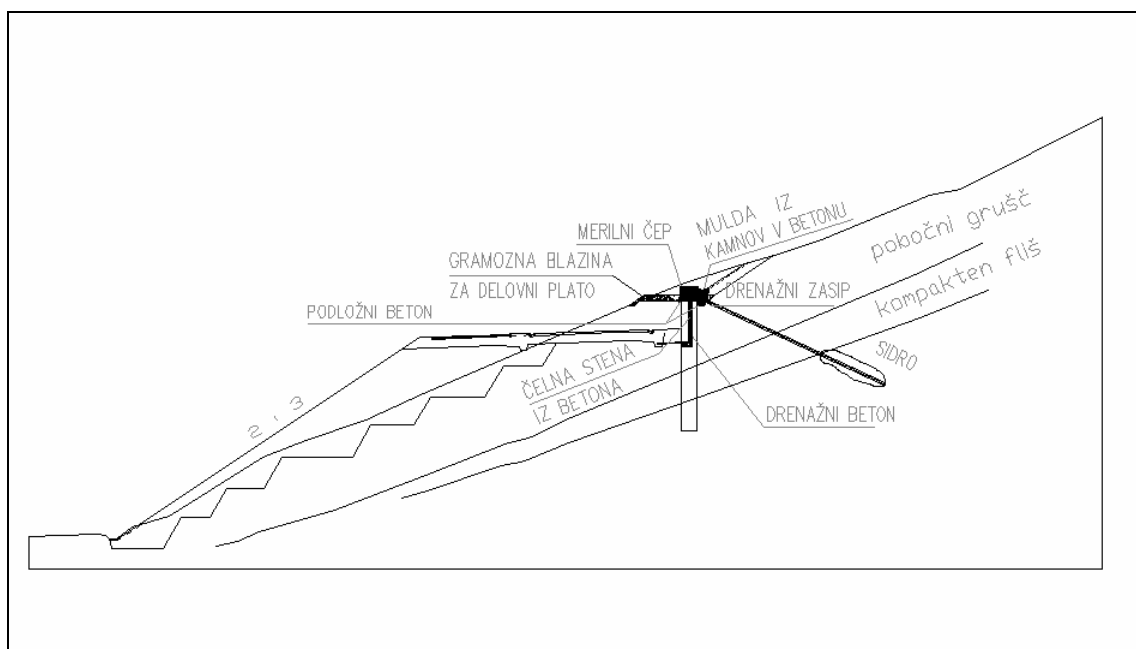
Fototerestična analiza premikov:

- Opazujemo spremembe: vektorsko gibanje plazine navzdol, nastanek razpok, zgornji odlomni rob, novi odlomni robovi, napredovanje masivnega roba, spreminjanje vlažnosti površine
- Fototerestične analize izdelujemo v času enakomernih premikov plazov iz istih opazovalnih točk izven plazišča
- Uporabljamo IR slikanje plazov; interpretacija fotografij z barvno skalo
- Oprema: dober fotoaparati, fotogravimetrični stereoskopski analitski aparat, skaner, PC z opremo, softver

- Postopek:
 - Postavitev reperjev enakomerno po plazini in okolici plazju
 - Izbira stojišča za slikanje
 - Analiza posnetkov s fotograv. stereo. anal. aparatom
 - Skeniranje fotografij

Geodetske metode:

- Služijo enakemu namenu kot fototerestična analiza
- Podoben postopek priprave terena
- Uporaba: za ugotavljanje premikov objektov



Slika 15: Prerez pilotne stene

5 PROJEKT GEODETSKEGA OPAZOVANJA PLAZU IN PILOTNE STENE

Priloga: Poročilo o pregledu plazu nad pilotno steno Z-5, med P-130 in P-134 na trasi HC RAZDRTO – VIPAVA

5.1 Predstavitev problema na pilotni steni Z-5

Nad pilotno steno Z-5 so sredi marca 2005 opazili plaz. Smer plazenja je pravokotno na os pilotne stene in obsega območje med profili P-130 in P-134 – 10. Plaz je pogojen s specifično geološko zgradbo, ki je narekovala gradnjo dokaj obsežne podporne konstrukcije. K sprožitvi sami pa je gotovo prispevala sprememba vremenskih razmer.

Površino na območju plazu v celoti prekriva apnenčev grušč, zelo spremenljive debeline. Natančnejši opis geoloških razmer je v prilogi. Natančneje vzroke plazenja bo potrebno definirati na osnovi raziskav. Preseneča izrazitost plazu v zgornjem delu, ter zelo slaba izraženost v spodnjem delu. Trenutno se zato ne da natančno določiti izrivnega roba; ni jasno, v kolikšni meri plaz pritiska na pilotno steno. Predvideni so naslednji ukrepi:

- na plaz se vgradi več geodetskih točk za spremljavo premikov (predvidoma 9).
- izvede se štiri inklinometre za spremljavo premikov plazu in ugotovitev globine drsne ploskve. Inklinometre se opremi tudi kot piezometre. En inklinometer se vgradi v neposredni bližini pilotne stene. Ustja vrtin je potrebno geodetsko spremljati.
- v oporni zid naj izvajalec vgradi 11 reperjev iz pocinkanega jekla. Reperji so vgrajeni v krono zidu, in sicer na začetku in koncu zidu ter ob vsaki dilataciji po 2 reperja. V vseh reperjih je izvrtana luknjica, na katero se nanašajo koordinate y, x, H , ki jih določamo z ustrezno geodetsko metodo dela.
- izvajati je potrebno periodične meritve sidrnih sil in eventualnih premikov (deformacij) pilotne stene.

Pri tem se je potrebno posvetovati s projektantom, ki bo podal mnenje o dopustnih obremenitvah pilotne stene.

Te raziskave in meritve bodo osnova za dodatne stabilnostne analize in ponovno preverbo aktivnih pritiskov na pilotno steno.

Sanacijski ukrepi morajo temeljiti na popolnem poznavanju mehanizma plazu in geometrije drsne ploskve.

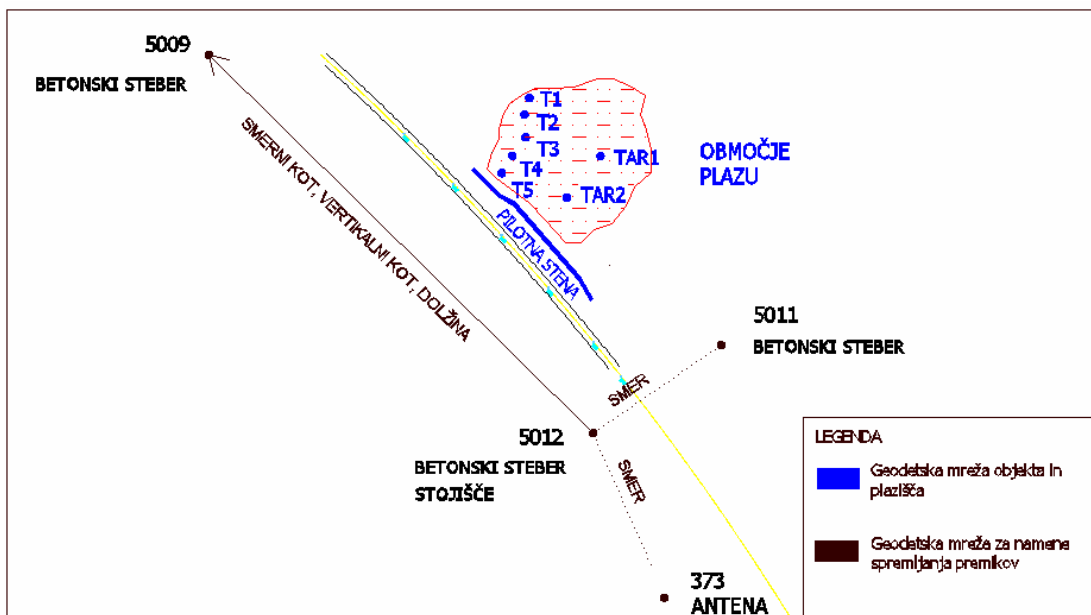
Območje plazu:



Slika 16: Območje plazu

5.2 Geodetska mreža za namene spremljanja premikov

Geodetsko mrežo predstavljajo betonski steber 5012, navezava na betonski steber 5009 in smer do antene 373 nad Razdrtim. Geodetsko mrežo objekta predstavljajo reperji na podpornem zidu ter točke na plazišču. Na osnovi meritev v mreži naj bo možno ugotoviti (ne)stabilnost te mreže.



Slika 17: Območje plazu ter pilotne stene z betonskimi stebri

Na sliki je s črno barvo prikazana geodetska mreža za namene spremljanja premikov. Z modro barvo je prikazana geodetska mreža objekta (točke na plazišču ter na pilotni steni). Zaradi neenakomerne porazdelitve reperjev po dilatacijah (paroma so postavljeni na razmaku približno 20cm) smo točne lokacije reperjev v obliki skice izpustili. Pilotna stena je na skici prikazani kot debelejša polna modra črta.

5.2.1 Stabilizacija točk geodetske mreže za namene spremljanja premikov

Betonski stebri naj bodo postavljeni na robu samega delovišča, da ne motijo gradbenega procesa; lokacije naj bodo izbrane tako, da bodo postavljeni stebri kar se da minimalno izpostavljeni premikom tal; bodisi zaradi gradbene mehanizacije ali zaradi nestabilnega terena. Po postavitvi stebrov je potrebno počakati vsaj mesec dni, da se le-ti stabilizirajo oziroma utrdijo. Na zgornji ploskvi stebra naj bo vpeta kovinska ploščica, ki bo dodatno stabilizirala na steber postavljen geodetski inštrument.



Slika 18: Opazovalni betonski steber 5012

5.3 Točke na objektu in plazišču

5.3.1 Razporeditev točk na pilotni steni in plazišču

V oporni zid naj izvajalec vgradi 11 reperjev iz pocinkanega jekla. Reperji so vgrajeni v krono zidu, in sicer na začetku in koncu zidu ter ob vsaki dilataciji po 2 reperja. Reperji ob dilatacijah so medsebojno oddaljeni približno 30cm. Na plaz se vgradi več geodetskih točk za spremljavo premikov (predvidoma 9 točk). Točke naj bi bile enakomerno razporejene po plazišču. Po potrebi se gostota točk poveča na dejavnejšem delu plazišča.

5.3.2 Stabilizacija točk

Reperji so vgrajeni v krono zidu, in sicer na začetku in koncu zidu ter ob vsaki dilataciji po 2 reperja. V vseh reperjih je izvrtana luknjica, na katero se nanašajo koordinate y, x, H , ki jih določamo z ustrezno geodetsko metodo dela.

Na pobočje postavimo vsaj 7 železnih tarč, dolžine 80 cm. Na zastavici na vrhu tarče naj bo izvrtana luknjica, na katero se nanašajo koordinate y, x, H , ki jih določamo z ustrezno geodetsko metodo dela.

5.3.3 Signalizacija točk

Točke na plazju in podpornemu zidu signaliziramo z malo prizmo, ki ima konstanto 17mm. Višina prizme naj bo nastavljena na 10cm, razen v primerih, ko je potek vizure onemogočen. Vse serije meritev naj se izvajajo s prizmo, ki ima isto konstanto.

5.4 Zahteve natančnosti pri opazovanju premikov plazju in pilotne stene

V končni fazi zahtevana natančnost vpliva na zahtevnost izvedbe projekta z vidika izbrane metodologije, organizacije terenske izvedbe ter sredstev, ki jih je za pridobitev rezultatov potrebno vložiti v samo pripravo ter izvedbo projekta. Na podlagi zahtev natančnosti izberemo tudi primeren inštrumentarij, prizme in nivelmanske late.

$\sigma_s : s$	Relacija	Uporaba
$4,0 \cdot 10^{-5}$	1:25 000	Industrijska gradnja, nadzorne mreže, trasiranje

Preglednica 10: Zahteve pri pozicijski natančnosti

Tako σ v našem primeru pomeni $s = 1:25\ 000$, da je zahtevana relativna natančnost lege točke dveh 100m oddaljenih določenih točk mreže 4mm. Poleg relativnih podatkov lahko damo tudi absolutno pozicijsko standardno deviacijo σ_L oziroma standardno deviacijo koordinat σ_x in σ_y .

Za določitev standardnega pogreška položaja določene točke po metodi polarnih koordinat uporabljamo enačbe:

5.4.1 Določitev natančnosti točk na pilotni steni in plazju

Ločimo naslednje pogreške:

σ_x pogrešek zakoličene točke P v x – smeri

σ_y pogrešek zakoličene točke P v y– smeri

Določimo skupni pogrešek v smeri x in y – osi:

$$\sigma_p^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 \quad (35)$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_z^2 + \sigma_{f_a}^2 + \left(\frac{d\sigma_\alpha}{\rho} \right)^2 + \sigma_d^2 \quad (36)$$

$$\sigma_z = \sigma_e * k_D = \sigma_e * \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} * D^2 + D * \cos \alpha} \quad , \quad D = \frac{S_2}{S_1} \quad , \quad (37)$$

$$\alpha = v_{5012}^{T1} - v_{5012}^{5008} \quad (38)$$

$$\sigma_{f_a} = \sigma_e * \frac{S_2}{S_1} * \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (39)$$

$$\sigma_\alpha = \sqrt{2} * \sigma_r \quad (40)$$

$$\sigma_d = \sqrt{a_{mm}^2 + b_{ppm}^2 * S_1^2} \quad (41)$$

S_2 – razdalja od stojišča do opazovane točke (tarča na plazua, reperji na Z-5)

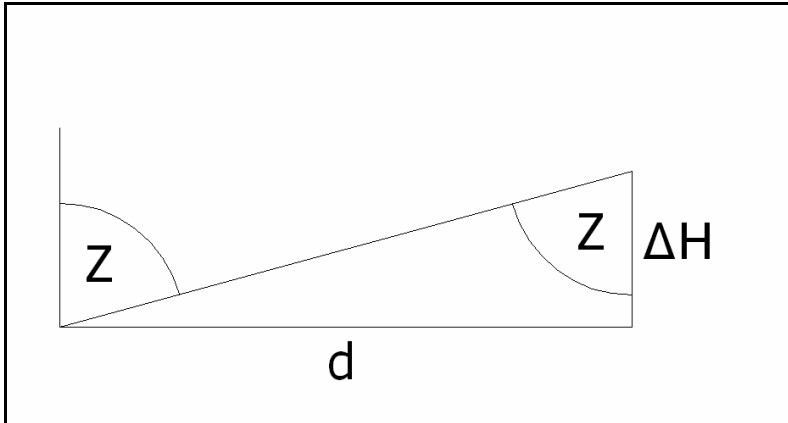
S_1 – razdalja od stojišča do navezovalnega opazovalnega stebra

α – kot med dvema opazovanima smerema

σ_e – pogrešek signala

σ_r – pogrešek smeri oziroma viziranja

Izračun zenitne razdalje za določitev natančnosti višine :



Slika 19: Zenitna razdalja

$$\operatorname{tg}Z = \frac{d}{\Delta H} \quad (42)$$

Standardno odstopanje v okviru enega stojišča :

$$\sigma_{\Delta h_i} = \sqrt{ctg^2 Z * \sigma_d^2 + \frac{d_i^2}{\sin^4 Z * \rho^2} * \sigma_Z^2 + \frac{d_i^4}{4 * R^2} * \sigma_k^2 + \sigma_{(i-l)}^2} \quad , \quad d_i = \frac{d}{n} \quad (43)$$

d – horizontalna razdalja

ΔH – višinska razlika

R – polmer zemlje

σ_d – standardno odstopanje določitve dolžine

σ_Z – standardno odstopanje zenitne razdalje

σ_k – standardno odstopanje pri določitvi refrakcijskega koeficienta

$\sigma_{(i-l)}$ – standardno odstopanje določitve višine inštrumenta in signala

Dejanska pozicijska natančnost meritev je bila ocenjena na $\sigma_{(y,x)} = 5\text{mm}$.

5.5 Metoda opazovanja premikov

Uporabimo metodo polarne izmere, kjer merimo horizontalne smeri, vertikalne kote in dolžino do reperjev na pilotni steni ter tarč na plazju.

5.5.1 Inštrumentarij

Pri izboru inštrumentarija priporočamo eno izmed vrst kvalitetnih totalnih postaj. Pri prizmah pazimo, da uporabljamo pri opazovanju premikov vedno isto vrste prizme zaradi različnih konstant.

5.5.2 Določevanje premikov

Na osnovi koordinat (y,x) in H opazovane točke na objektu in plazišču lahko za vsak časovni trenutek posebej določimo sledeče:

- horizontalni premik

$$d = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}, \quad (44)$$

Kjer so:

$y_1, x_1 \dots$ začetne koordinate oziroma predhodne koordinate v trenutku $(t - 1)$

$y_2, x_2 \dots$ končne koordinate, ki so bile določene na osnovi zadnje izmere, v trenutku (t)

Osnovni količini, ki določata velikost premikov in deformacij sta d – horizontalni premik in ΔH - vertikalni premik. V praksi jih običajno predstavimo z numerično metodo v tabelarni obliki.

5.5.3 Merjenje premikov na pilotni steni

Zahtevana natančnost je povezana s pričakovanim maksimalnim premikom Δy , ki je določena z enačbo:

$$\Delta y = y_k - y_0 \quad (45)$$

Če izhajamo iz maksimalne pričakovane deformacije, ki jo obravnavamo kot dovoljeno odstopanje, potem mora biti:

$$\sigma_y \leq \frac{\Delta_y}{10} \quad (46)$$

Projektant maksimalne pričakovane deformacije ni podal. V tem primeru opazujemo minimalni prirastek δ_y , ki je minimalna razlika med dvema stanjema deformacije, ki jo še lahko določimo z zanesljivo natančnostjo (t.j. s stopnjo zaupanja vsaj 95 %). Tako lahko minimalni prirastek δ_y uporabimo kot mero za določitev ločilne sposobnosti instrumenta oziroma merskega postopka. Ustrezno zanesljivo ločilno sposobnost dobimo, če namesto enačbe (44) zapišemo:

$$\sigma_y \leq \frac{\delta_y}{5} \quad (47)$$

5.6 Terminski plan meritev

Meritve naj bi potekale vsak teden, vsaj v času, ko so pogostejša obdobja deževnega vremena. Projektant je ocenil, da obstaja zaradi sprožitve plazu verjetnost deformiranja pilotne stene, zato naj bo čas posamezne izmere čim krajši. Meritve naj se izvajajo toliko časa, dokler ne bo iz rezultatov meritev nedvoumno razvidno, da se je zemljina nad pilotno steno umirila.

VRSTA DELA	DATUM PRIČETKA	TRAJANJE	DATUM KONCA
GEOLOŠKA ANALIZA, PREDHODNA DELA	24.3.2005	2 DNI	25.3.2005
VZPOSTAVITEV GEOD. MREŽE	28.3.2005	2 DNI	29.3.2005
STABILIZACIJA OPAZOVALNIH TOČK - STEBROV	30.3.2005	1 MESEC	25.4.2005
SNEMANJE PLAZU – IZDELAVA NAČRTA Z VSEMI NJEVIM FENOMENI NA GEODETSKI KARTI	31.3.2005	1 DAN	31.3.2005
DOLOČITEV TOČK NA PILOTNI STENI IN PLAZIŠČU	1.4.2005	1 DAN	1.4.2005
IZVAJANJE MERITEV	4.4.2005	9 MESECEV	31.1.2006

Preglednica 11: Terminski plan meritev

5.7 Reprezentacija podatkov

Za kvalitetno predstavitev opazovanj je potrebno izbrati ustrezno metodo. Najpogostejša načina za kartografski prikaz premikov in deformacij zidu sta:

- metoda 2D histograma
- metoda prikaza z migracijskimi tokovi.

Z metodo 2D histograma najpogosteje prikazujemo kvantitativne lastnosti obravnavanih pojavov značilnih za določen objekt. Kvantitativne lastnosti pojavov so predstavljene s strukturo histograma in so med seboj ločene z različnimi šrafurami ali barvami. V našem primeru gre za horizontalne ter vertikalne premike. Kvantitativna lastnost je velikost premikov v določenih časovnih obdobjih, objekte pa predstavljajo opazovani reperji.

5.7.1 Ostali načini predstavitve premikov in deformacij pilotne stene ter plazu

Z modeliranjem lahko tvorimo aproksimacijo funkcionalne površine na podlagi obstoječih trirazsežnih točkovnih podatkov, ki so lahko naključno ali pa geometrično pravilno razporejeni. Funkcionalne površine se navadno prikazujejo kot digitalni model reliefa, z izolinijami in kot mreža neenakih trikotnikov.

Vir podatkov za prostorske interpolacije funkcionalne površine so lahko:

- skenirani načrti in karte
- končna množica diskretno naključno razporejenih točk, na katerih je obravnavani atribut opazovan neposredno ali določen posredno
- stereoskopski letalski ali satelitski posnetki

Izdelava rastrske celične mreže DMR

Rastrska ponazoritev prostorske ploskve temelji na geometrično pravilni celični mreži, kjer so vrednosti modeliranega atributa podane v vogalih vsake mrežne celice. Velikost celice, ki je navadno kvadrat, določa natančnost rastrske ponazoritve. Celična mreža se formira s procesom interpolacije na osnovi višin danih točk.

Prileganje ploskve z inverzno razdaljo

Metoda inverzne razdalje je lokalna analitična metoda, ki pri interpolaciji vrednosti ploskve za vsako celico izhodne celične mreže upošteva izbrani niz bližnjih točk. Podane točke so ponavadi naključno porazdeljene po celotnem obravnavanem območju. Izbira primerne razdalje iskanja je zato ključni problem, ki določa končni niz sosednjih točk za določitev vrednosti v vsakem ogljišču trikotnika, oziroma celice. Za obliko vplivnega območja se zaradi procesne enostavnosti navadno prizvame krog z izbranim radijem.

Tretja vrednost, oziroma višina točke se pri izbranih točkah, ležečih v vplivnem območju, pred izračunom iskanega povprečja pomnoži z ustrežno utežjo. Vrednost utežnih faktorjev pada sorazmerno z razdaljo med iskano in podano točko.

Izdelava mreže TIN

Trikotniška ponazoritev prostorske ploskve temelji na sklenjeni mreži neprekrivajočih se trikotnikov. Trikotniki se tvorijo na podlagi naključno prostorsko lociranih točk. Tako se lahko trikotniki zelo dobro prilagajajo spremenljivosti opazovanega atributa.

Mreža TIN dokaj verodostojno in zanesljivo podaja značilnosti prostorske ploskve. Točkovni pojavi se podajo z ogljišči trikotnikov. Območni pojavi pa se ponazarjajo kot sklenjena skupina sosednjih trikotnikov.

Izdelava kombinirane mreže

Kombinirana mreža je mreža kvadratov in trikotnikov. Diagonale delijo kvadrate na trikotnike. S kombinacijo celične mreže in mreže neenakih trikotnikov so prikazani tudi detajli na robovih ploskve, in sicer z nepravilnimi trikotniki. Kombinirana mreža je lahko prikazana v kombinaciji z barvo.

V našem primeru predstavlja končna množica točk osnovni vir za izdelavo DMR in mrežo TIN. Obravnavani atribut je višina opazovanih točk, ki je bila neposredno določena z polarno izmero. Končna množica točk nastopa kot:

- geometrično pravilna celična mreža (urejena rastrska mreža),
- posamič (kot množica naključno razporejenih točk),

Končna množica opazovanih točk na plazu lahko nastopa kot množica točk, ki so neenakomerno razporejene po površju plazu, glede na geologovo določitev ustreznih lokacij. Za prikaz premikov na plazu je primerna izdelava mreže TIN, za katero kot vhodni podatek uporabimo končno množico točk, ki so prostorsko opredeljene (y,x – koordinate) v obliki geometrično nepravilne mreže. Obravnavani atribut točk je višina, oziroma višinska razlika med dejanskim in začetnim stanjem opazovanja plazu.

6 ANALIZA IZVEDENIH DEL PRI MERJENJU PLAZU IN PILOTNE STENE Z-5

V tem poglavju predstavljamo dejanski potek dela, rezultate meritev in ustrezno reprezentacijo podatkov.

6.1 Geodetska mreža

Geodetsko mrežo predstavljajo opazovalni betonski steber 5012, navezava na betonski steber 5009 in smer do antene 373 nad Razdrtim ter opazovane točke na plazju in podpornem zidu.

6.2 Določitev relativne natančnosti pri opazovanju premikov plazju in pilotne stene

Za vsako opazovano točko smo določili relativno pozicijsko natančnost σ_P po enačbi:

$$\sigma_P^2 = \sigma_Z^2 + \sigma_{f_a}^2 + \left(\frac{d\sigma_\alpha}{\rho} \right)^2 + \sigma_d^2. \quad (48)$$

OPAZ.TOČKE	Y	X	σ_P v mm
T1	424.905,69	70.132,11	3,9
T2	424.883,34	70.111,75	3,5
TN1	424.870,09	70.172,19	4,7
TN2	424.867,30	70.164,41	4,6
TN3	424.865,20	70.154,18	4,4
TN4	424.863,09	70.141,59	4,2
TN5	424.860,54	70.132,14	4,0
R1	424.900,59	70.055,13	2,6
R2	424.894,32	70.065,86	2,7
R3	424.894,16	70.066,14	2,7
R4	424.884,89	70.077,39	2,9
R5	424.884,68	70.077,64	2,9
R6	424.875,08	70.088,72	3,2
R7	424.874,87	70.088,96	3,2
R8	424.861,68	70.103,53	3,5

R9	424.861,46	70.103,79	3,5
R10	424.847,72	70.113,83	3,8
R11	424.847,49	70.114,05	3,8
R12	424.840,82	70.120,85	3,9

Preglednica 12: Relativna pozicijska natančnost opazovanih točk

Določili smo tudi višinsko natančnost opazovanih točk σ_z po enačbi:

$$\sigma_{\Delta h_i} = \sqrt{\operatorname{ctg}^2 Z * \sigma_d^2 + \frac{d_i^2}{\sin^4 Z * \rho^2} * \sigma_Z^2 + \frac{d_i^4}{4 * R^2} * \sigma_k^2 + \sigma_{(i-l)}^2} \quad (49)$$

OPAZ.TOČKE	višine	$\sigma_{\Delta h}$ v mm
T1	512,657	6,0
T2	500,734	5,2
TN1	524,025	7,7
TN2	519,966	7,4
TN3	514,104	7,0
TN4	506,731	6,5
TN5	501,709	6,1
R1	495,264	3,2
R2	494,485	3,5
R3	494,445	3,5
R4	493,432	4,0
R5	493,406	4,0
R6	492,292	4,5
R7	492,289	4,5
R8	492,375	5,1
R9	492,368	5,1
R10	492,413	5,7
R11	492,424	5,7
R12	492,471	6,0

Preglednica 13: Relativna višinska natančnost opazovanih točk

6.3 Metoda opazovanja

Osnovni količini, ki določata velikost premikov in deformacij sta d – horizontalni premik in ΔH - vertikalni premik. V praksi smo jih predstavili z numerično metodo v tabelarni obliki kot je prikazano v preglednici 13.

Št.	Y 13.04.	Y 30.05.	ΔY [mm]	X 13.04.	X 30.05.	ΔX [mm]	H 13.04.	H 30.05.	ΔH [mm]
R1	424900.589	424900.593	4	70055.127	70055.129	2	495.264	495.264	0
R2	424894.318	424894.322	4	70065.855	70065.855	0	494.485	494.485	0
R3	424894.158	424894.160	2	70066.142	70066.141	-1	494.445	494.446	1
R4	424884.886	424884.889	3	70077.394	70077.396	2	493.432	493.433	1
R5	424884.682	424884.681	-1	70077.639	70077.637	-2	493.406	493.409	3
R6	424875.075	424875.076	1	70088.722	70088.723	1	492.292	492.295	3
R7	424874.866	424874.869	3	70088.963	70088.958	-5	492.289	492.289	0
R8	424861.678	424861.678	0	70103.531	70103.530	-1	492.375	492.373	-2
R9	424861.455	424861.465	10	70103.787	70103.788	1	492.368	492.373	5
R10	424847.721	424847.726	5	70113.830	70113.833	3	492.413	492.416	3
R11	424847.487	424847.498	11	70114.049	70114.052	3	492.424	492.430	6
R12	424840.822	424840.830	8	70120.849	70120.854	5	492.471	492.476	5
TR.1	424905.693	424905.596	-97	70132.112	70131.991	-121	512.657	512.572	-85
TR.2	424883.335	424883.249	-86	70111.754	70111.664	-90	500.734	500.720	-14

Preglednica 14: Prikaz premikov v tabelarni obliki.

Preglednica prikazuje premike reperjev na opornem zidu ter tarč na plazišču med dvema izmerama. Posebej so prikazani premiki v smeri y in x-osi. ΔH prikazuje vertikalni premik. Iz preglednice je razvidno, da sta se tarči med dvema izmerama na plazišču pomembno premaknili.

Pri opazovanju premikov in morebitnih deformacij pilotne stene nismo zabeležili pomembnega odstopanja koordinat reperjev, zato smo zaključili, da je stanje pilotne stene ostalo nespremenjeno v celotnem obdobju meritev (glej prilogo opazovanja premikov).

6.4 Inštrumentarij

NIKON DTM-821

Max/min natančnost:

Stopinje 1" / 5"

Goni 0.2mgon / 1.0mgon

Mili 0.005MIL / 0.02MIL

Temperatura:

Enota	Obseg	minimalni inkrement
Celzij	-40°C...+55°C	1°C
Fahrenheit	-40°F...+131°F	1°F

Zračni pritisk:

Enota	Obseg	minimalni inkrement
hPa	533hPa...1332hPa	1hPa
mmHg	400mmHg...999mmHg	1mmHg
inHg	15.8inHg...39.3inHg	0.1inHg

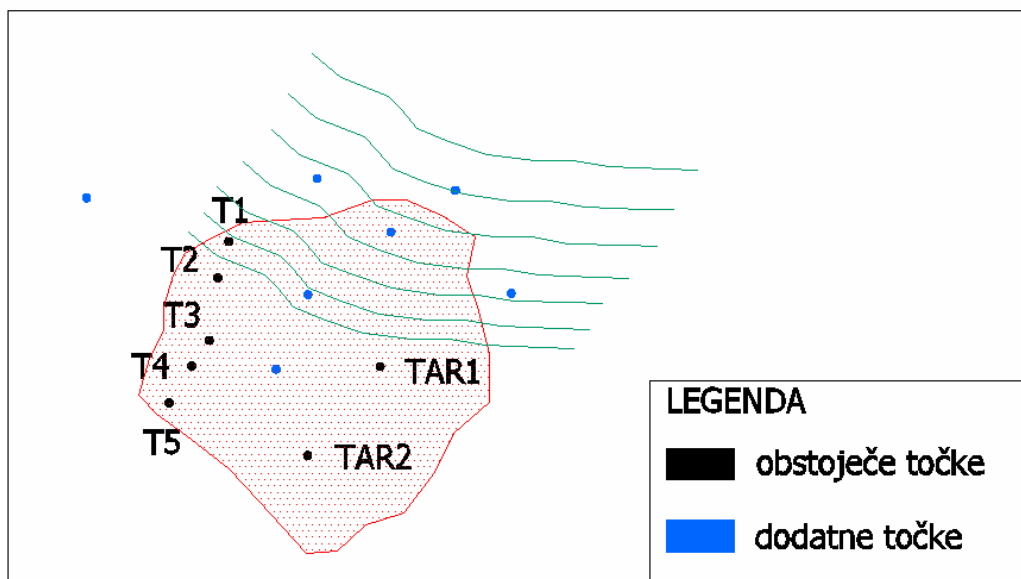
Prizme:

Konstante: 0mm, 17mm, 30mm

6.5 Dejanski potek meritev

V praksi smo v deževnem aprilu meritve izvajali tudi dvakrat tedensko, ker je bila zemljina bolj labilna, v poletnih mesecih pa le 1 do 2 mesečno.

Na začetku smo na plaz postavili tarčo 1 in tarčo 2, naknadno pa še pet dodatnih točk T1, T2, T3, T4 in T5. Za celovito spremljanje plazov bi bilo potrebno na plazišče postaviti vsaj še tri točke, ki so na skici označene z modro barvo. Tako bi dosegli dokaj enakomerno razporeditev točk po terenu in bi lažje določili morebitne prelomnice, cone hitrejšega in počasnejšega gibanja plazov. Nekaj točk bi se morale postaviti na zunanji rob plazovitega območja za kontrolo. Celotno območje je težko prehodno, v zgornjem odlomnem robu plazišča pa vidljivost otežuje gozd, ki je na sliki označen z zeleno barvo.



Slika 20: Dodatne opazovalne točke na plazišču

V obdobju od 13.aprila do 30.maja sta se T1 in T2 premaknili za približno 16cm, medtem ko so se točke TN1, TN2, TN3, TN4 in T5 v prvi dekadi premaknile za največ 1cm. Kasnejša opazovanja do začetka septembra so obdržala podobno situacijo, tako da se je plazišče na območju T1 in T2 očitno umirilo. Na spodnji sliki so z rdečo označeni večji premiki na območju T1 in T2, ter manjši premiki na območju točk TN1, TN2, TN3, TN4 in T5. V primeru, če bi imeli dodatne točke, ki bi skupaj z danimi tvorili približno enakomerno razporejeno trikotniško mrežo, bi lahko prikazali z metodo TIN (Triangulated irregular network) območja, kjer so se zgodili večji premiki in območja, kjer so se zgodili manjši premiki.

V celotnem obdobju opazovanja nismo opazili na pilotni steni (april – november) pomembnejših premikov, ki bi ogrozili nadaljno gradnjo avtoceste.

6.6 Določitev signifikantnih premikov opazovanih točk

S pomočjo določitve natančnosti opazovanih točk smo opredelili tiste premike opazovanih točk med posameznimi serijami meritev, ki so bili večji od izračunane natančnosti.

Poiskali smo:

- horizontalne premike opazovanih točk, ki so večji od izračunane pozicijske natančnosti določitve opazovanih točk
- vertikalne premike opazovanih točk, ki so večji od izračunane višinske natančnosti določitve opazovanih točk

Št. T	1504	1804	2204	2405	3005	1306	σP	$2\sigma P$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
R1	2,2	2,2	3,0	3,6	4,5	2,8	2,6	5,2
R2	3,2	4,1	5,0	5,1	4,0	2,0	2,7	5,5
R3	2,2	0,0	3,0	5,0	2,2	2,2	2,8	5,5
R4	1,4	1,4	2,8	3,6	3,6	3,2	2,9	5,9
R5	2,2	2,0	3,2	1,4	2,2	4,5	3,0	5,9
R6	2,8	3,0	3,2	3,2	1,4	2,2	3,2	6,3
R7	3,0	2,2	5,0	7,2	5,8	6,3	3,2	6,3
R8	2,8	1,4	5,4	0,0	1,0	6,4	3,5	7,0
R9	3,0	3,0	4,1	8,0	10,1	2,2	3,5	7,0
R10	7,2	1,4	5,4	8,1	5,8	2,2	3,8	7,5
R11	3,6	2,0	7,6	9,9	11,4	6,3	3,8	7,5
R12	6,4	1,4	4,2	9,4	9,4	3,6	3,9	7,9
TAR.1	8,3	24,1	39,2	144,7	155,1	135,6	3,9	7,8
TAR.2	4,2	14,2	22,8	126,6	124,5	135,1	3,5	7,1
T1				2,8	2,2	4,0	4,7	9,5
T2				8,1	6,4	6,7	4,6	9,2
T3				8,1	6,3	7,1	4,4	8,8
T4				10,8	9,2	8,6	4,2	8,3
T5				5,0	10,3	2,2	4,0	8,0

Preglednica 15: Horizontalni premiki opazovanih točk in izračunana natančnost

Št. T	1504	1804	2204	2405	3005	1306	$\sigma\Delta h$	$2\sigma\Delta h$
R1	-1,1	-2,2	-3,0	-0,8	0,0	-2,0	3,2	6,3
R2	1,1	1,0	0,1	0,4	0,4	0,8	3,5	7,1
R3	2,0	1,4	-0,6	-1,0	1,3	2,2	3,5	7,1
R4	0,8	0,3	-2,2	-1,0	1,2	-1,1	4,0	8,0
R5	0,9	1,2	2,1	-0,9	3,1	1,0	4,0	8,0
R6	3,2	0,6	0,9	0,5	3,3	3,4	4,5	9,0
R7	-1,0	-0,7	-1,7	1,1	0,3	-2,0	4,5	9,0
R8	5,1	2,2	-2,1	-1,2	-1,7	4,4	5,1	10,3
R9	0,0	0,4	-3,3	-1,9	5,3	0,3	5,1	10,3
R10	3,3	2,1	-3,4	2,4	3,1	2,2	5,7	11,3
R11	4,0	1,0	-3,1	4,1	6,0	4,1	5,7	11,4
R12	6,1	1,0	-1,9	1,1	4,6	-3,7	6,0	12,0
TAR. 1	-2,5	1,2	-15,4	-88,1	-85,2	-90,3	6,0	12,0
TAR. 2	-2,0	-2,1	-2,1	-19,6	-14,4	-19,2	5,2	10,4
T1				1,8	6,1	2,1	7,7	15,4
T2				9,0	8,4	5,4	7,4	14,8
T3				3,1	8,2	13,1	7,0	13,9
T4				7,2	11,0	11,4	6,5	12,9
T5				5,8	4,8	7,0	6,1	12,3

Preglednica 16: Višinski premiki opazovanih točk in izračunana natančnost

Z rdečo so označeni premiki točk, ki so prekoračili izračunano natančnost. Projektant naj se, na podlagi velikosti premikov točk označenih z rdečo barvo, odloči za morebitne preventivne ukrepe.

6.7 Reprezentacija podatkov

Za kartografski prikaz premikov in deformacij zidu smo izbrali metodo 2D histograma in metodo prikaza z migracijskimi tokovi.

Premike smo obravnavali v časovnih obdobjih od aprila do konec novembra, v katerih so bile izvedene meritve. Posamezen histogram tako tvori pet razredov, kjer vsak razred predstavlja velikost premika v določenem obdobju. Razredi so med seboj ločeni z barvami. Horizontalne in vertikalne premike smo zaradi prenasičenosti karte obravnavali ločeno.

Z metodo histograma smo izdelali karto histogramskega prikaza vertikalnih premikov (ΔH) reperjev na opornem zidu Z-5 (priloga D).

Metoda migracijskih puščic v splošnem prikazuje smer premikov objektov in sicer glede na geografsko orientiranost ali pa glede na normalo na Zemeljsko površje

Pri izboru metode smo upoštevali sledeče dejavnike:

- obliko objekta
- neenakomerna razporejenost merskih točk – reperjev na objektu
- prikaz prostorskih premikov v več oziroma enem časovnem obdobju

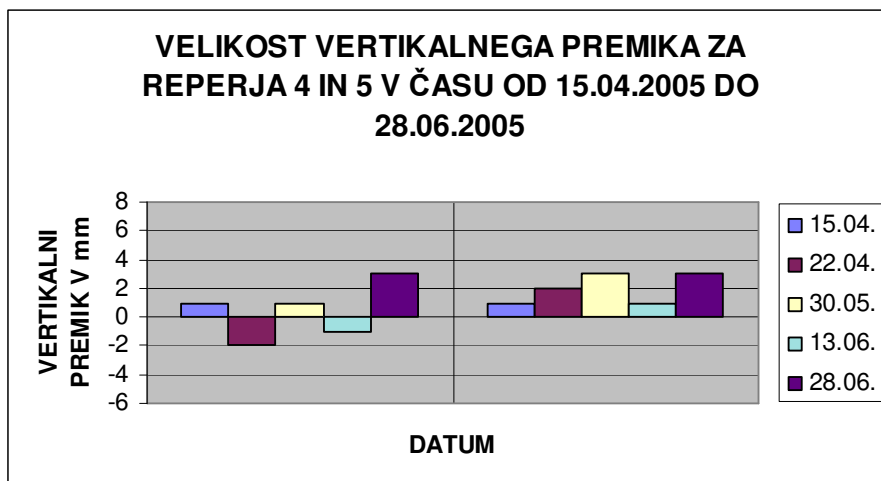
Oporni zid Z-5 je zelo dolg in ozek zid, ki daje podporo brežini vzdolž avtoceste. Reperji so na kroni zidu med seboj neenakomerno razporejeni, približno na vsakih 20m sta ob vsaki dilataciji postavljena po dva reperja, ki sta med seboj razmaknjena za približno 20cm.

Razmerje med dolžino zidu in razporeditvijo reperjev je zelo veliko. Prostorske premike smo obravnavali glede na začetno stanje od sredine aprila ter do konca maja.

6.7.1 Kartografski prikaz tematske vsebine karte

Priloga D

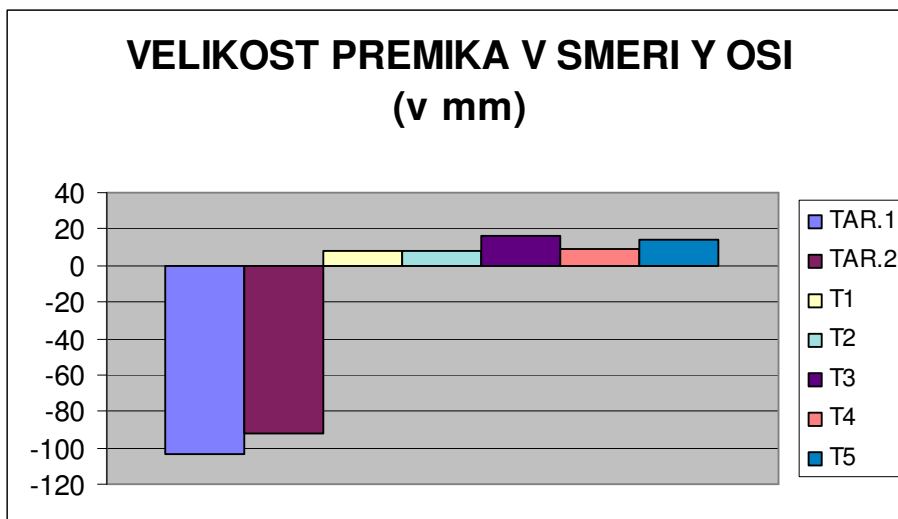
Pri vertikalnih premikih je vsak premik v določenem časovnem trenutku predstavljen s svojim stolpcem v histogramu. Tako je za pet izmer enega reperja prikazanih pet stolpcev v histogramu, katerih višina je odvisna od velikosti vertikalnega premika glede na začetno vrednost višine reperja. Abscisa predstavlja trenutek opazovanj na reperju, ordinata pa velikost vertikalnih premikov reperja. Ničla na ordinati predstavlja začetno višino reperja. S koordinatnim sistemom je tako razvidna tudi pozitivna in negativna vrednost premika. Za vsak koordinatni sistem so izrisani histogrami za dva reperja, ki sta bližje skupaj. Reperja št 1 in 12 nista v paru in imata tako v koordinatnem sistemu vsak svoj histogram.



Slika 21: Prikaz velikosti vertikalnih premikov reperjev (R4 in R5)

PRILOGA C

Horizontalne premike točk na plazišču smo na karti prikazali za obdobje med 15.04.2005 in 1.9.2005 in sicer za točke TAR1 in TAR2. Točke T1, T2, T3, T4 in T5 smo na plazišče postavili naknadno, tako da zanje velja časovno obdobje med 19.05.2005 in 1.9.2005. Prikaz horizontalnih premikov smo kombinirali s pomočjo smernih puščic ter histogramom. S puščicami smo prikazali zgolj smer premika. Velikost premika je prikazan z dvema histogramoma in sicer posebej za velikost premika v smer y – osi ter velikost premika v smeri x - osi točk na plazišču. To metodo smo uporabili zato, ker je bilo preveliko velikostno neskladje v premikih med TAR1 in TAR2 ter med ostalimi točkami T1, T2, T3, T4 in T5. TAR1 in TAR2 sta se v prikazanem obdobju premaknili za približno 10cm, druge točke pa komaj za 1cm. Opazovali smo sedem točk na plazu, ki so razvrščene v sedem razredov različnih barv v histogramu glede na premik v y – smeri oz. glede na premik v x – smeri.



Slika 22: Prikaz velikosti horizontalnih premikov točk na plazu v smeri Y - osi

7 ZAKLJUČEK

Za bolj celovito predstavitev premikov točk na plazišču bi morali postaviti več točk, ki bi jih razporedili bolj enakomerno po celem območju plazenja. Tako bi dosegli tudi bolj kvalitetno predstavitev rezultatov opazovanj, na osnovi katere dobimo popolne informacije o (ne)stabilnosti plazu in pilotne stene ter s tem pridobimo pomembne informacije o objektovem obnašanju v prihodnosti. Geodetska mreža, iz katere smo izhajali, je relativna, tako da nimamo popolnih informacij o tem, kam se cel sistem Reberniškega območja premika. V geodetsko mrežo bi bilo potrebno vključiti trigonometre, ki se nahajajo na drugi strani doline, na Krasu. Dobro projektirana mreža za ugotavljanje premikov naj v čim večji meri omogoča odkrivanje in izločanje grobo pogrešenih opazovanj, hkrati pa naj bo vpliv morebitnih neodkritih grobih pogreškov na neznanke čim manjši. Varnost in ekonomičnost sta faktorja, ki pogojujeta izgradnjo kvalitetne geodetske mreže, zahteve natančnosti, rekognosciranje terena, stabilizacijo opazovalnih stebrov, stabilizacijo reperjev na pilotni steni ter tarč na plazu, proces spremljanja prostorskih premikov in deformacij na pilotni steni ter plazišču ter ustrezno predstavitev podatkov. Absolutno geodetsko mrežo bi lahko na Rebernicah zgradili z metodo GPS meritev, katere naj bi se začele izvajati v prihajajočem letu. V konkretnem primeru smo zaključili, da drsenje plazu ni bistveno vplivalo na pilotno steno, saj je bil plaz površinskega tipa in je bila njegova dejavnost izrazitejša v začetnem obdobju opazovanja, kasneje se je skoraj popolnoma umiril in stabiliziral. Verodostojnost opazovanj je izjemno pomembna, saj le tako lahko preidemo na naslednje faze izgradnje, ko smo prepričani, da se je teren umiril in stabiliziral, drugače lahko povzročimo nepopravljivo škodo, v finančnem, ekonomskem in ekološkem smislu.

VIRI:

Ašanin, S. 2003. Inženjerska geodezija 1. Beograd.

Breznikar, Koler, 2001. Inženirska geodezija – strokovni izpiti. Ljubljana.

Geodetska služba Primorje, priloga Primerjava rezultatov opazovanja pilotne stene in plazu

Geodetska uprava Republike Slovenije. Trigonometrična točka Šija

Koler, B. 2002/2003. Zapiski predavanj Geodezija v inženirstvu II.

Moeser, Mueller, Schlemmer, Werner, 2000. Auswertung geodätischer

Überwachungsmessungen. Handbuch Ingenieurgeodäsie, H. Wichmann Verlag, Heidelberg

Moeser, Mueller, Schlemmer, Werner, 2000. Grundlagen. Handbuch Ingenieurgeodäsie, H.

Wichmann Verlag, Heidelberg

Projektni biro Primorje. Prečni prerez pilotne stene, PZI

Radovan, R. 2002. Zapiski predavanj Avtomatizirana kartografija.

Šumrada, R. 2003. GIS tehnologija, informacijski sistemi.

[www.fgg.uni-lj.si/KMTal/Gradiva za vec predmetov/Skripta Janko Logar/Terenske preiskave.](http://www.fgg.uni-lj.si/KMTal/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/Terenske%20preiskave)

[www.geocities.com/geowarez/porocila/inzinirska 2 povzetek.doc](http://www.geocities.com/geowarez/porocila/inzinirska%20povzetek.doc)

Kos, V., Inglič, B., Peterlin, S., Vuga, D., 1992. Atlas Slovenije. Ljubljana. Geodetski zavod Slovenije, Založba Mladinska knjiga.

PRILOGA A: SPREMLJANJE PREMICOV REPERJEV NA Z5 IN TARČ NA PLAZU

DATUM IZMERE: 15.04.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 1504	Δ Y	X 1304	X 1504	Δ X	H 1304	H 1504	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,590	1	70055,127	70055,129	2	495,264	495,263	-1
R2	424894,318	424894,321	3	70065,855	70065,854	-1	494,485	494,486	1
R3	424894,158	424894,160	2	70066,142	70066,143	1	494,445	494,447	2
R4	424884,886	424884,887	1	70077,394	70077,395	1	493,432	493,433	1
R5	424884,682	424884,684	2	70077,639	70077,640	1	493,406	493,407	1
R6	424875,075	424875,077	2	70088,722	70088,724	2	492,292	492,295	3
R7	424874,866	424874,869	3	70088,963	70088,963	0	492,289	492,288	-1
R8	424861,678	424861,680	2	70103,531	70103,533	2	492,375	492,380	5
R9	424861,455	424861,458	3	70103,787	70103,787	0	492,368	492,368	0
R10	424847,721	424847,727	6	70113,830	70113,834	4	492,413	492,416	3
R11	424847,487	424847,490	3	70114,049	70114,051	2	492,424	492,428	4
R12	424840,822	424840,826	4	70120,849	70120,854	5	492,471	492,477	6
TAR.1	424905,693	424905,691	-2	70132,112	70132,104	-8	512,657	512,655	-2
TAR.2	424883,335	424883,338	3	70111,754	70111,751	-3	500,734	500,732	-2

DATUM IZMERE: 18.04.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 1804	Δ Y	X 1304	X 1804	Δ X	H 1304	H 1804	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,590	1	70055,127	70055,129	2	495,264	495,262	-2
R2	424894,318	424894,322	4	70065,855	70065,854	-1	494,485	494,486	1
R3	424894,158	424894,158	0	70066,142	70066,142	0	494,445	494,446	1
R4	424884,886	424884,885	-1	70077,394	70077,395	1	493,432	493,432	0
R5	424884,682	424884,680	-2	70077,639	70077,639	0	493,406	493,407	1
R6	424875,075	424875,072	-3	70088,722	70088,722	0	492,292	492,293	1
R7	424874,866	424874,868	2	70088,963	70088,962	-1	492,289	492,288	-1
R8	424861,678	424861,679	1	70103,531	70103,532	1	492,375	492,377	2
R9	424861,455	424861,458	3	70103,787	70103,787	0	492,368	492,368	0
R10	424847,721	424847,720	-1	70113,830	70113,831	1	492,413	492,415	2
R11	424847,487	424847,485	-2	70114,049	70114,049	0	492,424	492,425	1
R12	424840,822	424840,821	-1	70120,849	70120,850	1	492,471	492,472	1
TAR.1	424905,693	424905,675	-18	70132,112	70132,096	-16	512,657	512,658	1
TAR.2	424883,335	424883,326	-9	70111,754	70111,743	-11	500,734	500,732	-2

PRILOGA A: SPREMLJANJE PREMICOV REPERJEV NA Z5 IN TARČ NA PLAZU

DATUM IZMERE: 22.04.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 2204	ΔY	X 1304	X 2204	ΔX	H 1304	H 2204	ΔH
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,592	3	70055,127	70055,127	0	495,264	495,261	-3
R2	424894,318	424894,323	5	70065,855	70065,855	0	494,485	494,485	0
R3	424894,158	424894,161	3	70066,142	70066,142	0	494,445	494,444	-1
R4	424884,886	424884,888	2	70077,394	70077,396	2	493,432	493,430	-2
R5	424884,682	424884,685	3	70077,639	70077,640	1	493,406	493,408	2
R6	424875,075	424875,078	3	70088,722	70088,723	1	492,292	492,293	1
R7	424874,866	424874,871	5	70088,963	70088,963	0	492,289	492,287	-2
R8	424861,678	424861,683	5	70103,531	70103,533	2	492,375	492,373	-2
R9	424861,455	424861,459	4	70103,787	70103,788	1	492,368	492,365	-3
R10	424847,721	424847,726	5	70113,830	70113,832	2	492,413	492,410	-3
R11	424847,487	424847,494	7	70114,049	70114,052	3	492,424	492,421	-3
R12	424840,822	424840,825	3	70120,849	70120,852	3	492,471	492,469	-2
TAR.1	424905,693	424905,669	-24	70132,112	70132,081	-31	512,657	512,642	-15
TAR.2	424883,335	424883,324	-11	70111,754	70111,734	-20	500,734	500,732	-2

DATUM IZMERE: 24.05.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 2405	ΔY	X 1304	X 2405	ΔX	H 1304	H 2405	ΔH
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,592	3	70055,127	70055,129	2	495,264	495,263	-1
R2	424894,318	424894,323	5	70065,855	70065,854	-1	494,485	494,485	0
R3	424894,158	424894,163	5	70066,142	70066,142	0	494,445	494,444	-1
R4	424884,886	424884,889	3	70077,394	70077,396	2	493,432	493,431	-1
R5	424884,682	424884,683	1	70077,639	70077,640	1	493,406	493,405	-1
R6	424875,075	424875,078	3	70088,722	70088,723	1	492,292	492,292	0
R7	424874,866	424874,872	6	70088,963	70088,959	-4	492,289	492,290	1
R8	424861,678	424861,678	0	70103,531	70103,531	0	492,375	492,374	-1
R9	424861,455	424861,463	8	70103,787	70103,787	0	492,368	492,366	-2
R10	424847,721	424847,728	7	70113,830	70113,834	4	492,413	492,415	2
R11	424847,487	424847,496	9	70114,049	70114,053	4	492,424	492,428	4
R12	424840,822	424840,830	8	70120,849	70120,854	5	492,471	492,472	1
TAR.1	424905,693	424905,599	-94	70132,112	70132,002	-110	512,657	512,569	-88
TAR.2	424883,335	424883,243	-92	70111,754	70111,667	-87	500,734	500,714	-20

Št. T	Y 1905	Y 2405	ΔY	X 1905	X 2405	ΔX	H 1905	H 2405	ΔH
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
T1	424870,093	424870,095	2	70172,191	70172,193	2	524,025	524,027	2
T2	424867,299	424867,306	7	70164,410	70164,414	4	519,966	519,975	9
T3	424865,203	424865,210	7	70154,180	70154,184	4	514,104	514,107	3
T4	424863,093	424863,102	9	70141,585	70141,591	6	506,731	506,738	7
T5	424860,541	424860,545	4	70132,138	70132,141	3	501,709	501,715	6

PRILOGA A: SPREMLJANJE PREMIOV REPERJEV NA Z5 IN TARČ NA PLAZU

DATUM IZMERE: 30.05.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 3005	Δ Y	X 1304	X 3005	Δ X	H 1304	H 3005	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,593	4	70055,127	70055,129	2	495,264	495,264	0
R2	424894,318	424894,322	4	70065,855	70065,855	0	494,485	494,485	0
R3	424894,158	424894,160	2	70066,142	70066,141	-1	494,445	494,446	1
R4	424884,886	424884,889	3	70077,394	70077,396	2	493,432	493,433	1
R5	424884,682	424884,681	-1	70077,639	70077,637	-2	493,406	493,409	3
R6	424875,075	424875,076	1	70088,722	70088,723	1	492,292	492,295	3
R7	424874,866	424874,869	3	70088,963	70088,958	-5	492,289	492,289	0
R8	424861,678	424861,678	0	70103,531	70103,530	-1	492,375	492,373	-2
R9	424861,455	424861,465	10	70103,787	70103,788	1	492,368	492,373	5
R10	424847,721	424847,726	5	70113,830	70113,833	3	492,413	492,416	3
R11	424847,487	424847,498	11	70114,049	70114,052	3	492,424	492,430	6
R12	424840,822	424840,830	8	70120,849	70120,854	5	492,471	492,476	5
TAR.1	424905,693	424905,596	-97	70132,112	70131,991	-121	512,657	512,572	-85
TAR.2	424883,335	424883,249	-86	70111,754	70111,664	-90	500,734	500,720	-14

Št. T	Y 1905	Y 3005	Δ Y	X 1905	X 3005	Δ X	H 1905	H 3005	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
T1	424870,093	424870,095	2	70172,191	70172,192	1	524,025	524,031	6
T2	424867,299	424867,303	4	70164,410	70164,415	5	519,966	519,974	8
T3	424865,203	424865,209	6	70154,180	70154,182	2	514,104	514,112	8
T4	424863,093	424863,099	6	70141,585	70141,592	7	506,731	506,742	11
T5	424860,541	424860,550	9	70132,138	70132,143	5	501,709	501,714	5

DATUM IZMERE: 13.06.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 1306	Δ Y	X 1304	X 1306	Δ X	H 1304	H 1306	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,591	2	70055,127	70055,129	2	495,264	495,262	-2
R2	424894,318	424894,320	2	70065,855	70065,855	0	494,485	494,486	1
R3	424894,158	424894,160	2	70066,142	70066,143	1	494,445	494,447	2
R4	424884,886	424884,889	3	70077,394	70077,395	1	493,432	493,431	-1
R5	424884,682	424884,678	-4	70077,639	70077,637	-2	493,406	493,407	1
R6	424875,075	424875,073	-2	70088,722	70088,723	1	492,292	492,295	3
R7	424874,866	424874,864	-2	70088,963	70088,957	-6	492,289	492,287	-2
R8	424861,678	424861,673	-5	70103,531	70103,527	-4	492,375	492,379	4
R9	424861,455	424861,457	2	70103,787	70103,786	-1	492,368	492,368	0
R10	424847,721	424847,723	2	70113,830	70113,831	1	492,413	492,415	2
R11	424847,487	424847,493	6	70114,049	70114,051	2	492,424	492,428	4
R12	424840,822	424840,825	3	70120,849	70120,851	2	492,471	492,467	-4
TAR.1	424905,693	424905,643	-50	70132,112	70131,986	-126	512,657	512,567	-90
TAR.2	424883,335	424883,241	-94	70111,754	70111,657	-97	500,734	500,715	-19

PRILOGA A: SPREMLJANJE PREMICOV REPERJEV NA Z5 IN TARČ NA PLAZU

DATUM IZMERE: 13.06.2005

Št. T	Y 1905 [m]	Y 1306 [m]	Δ Y [mm]	X 1905 [m]	X 1306 [m]	Δ X [mm]	H 1905 [m]	H 1306 [m]	Δ H [mm]
T1	424870,093	424870,097	4	70172,191	70172,191	0	524,025	524,027	2
T2	424867,299	424867,305	6	70164,410	70164,413	3	519,966	519,971	5
T3	424865,203	424865,210	7	70154,180	70154,179	-1	514,104	514,117	13
T4	424863,093	424863,100	7	70141,585	70141,590	5	506,731	506,742	11
T5	424860,541	424860,543	2	70132,138	70132,139	1	501,709	501,716	7

DATUM IZMERE: 28.06.2005

OPAZOVANE TOCKE									
Št. T	Y 1304 [m]	Y 2806 [m]	Δ Y [mm]	X 1304 [m]	X 2806 [m]	Δ X [mm]	H 1304 [m]	H 2806 [m]	Δ H [mm]
R1	424900,589	424900,591	2	70055,127	70055,128	1	495,264	495,264	0
R2	424894,318	424894,325	7	70065,855	70065,855	0	494,485	494,487	2
R3	424894,158	424894,160	2	70066,142	70066,142	0	494,445	494,447	2
R4	424884,886	424884,889	3	70077,394	70077,397	3	493,432	493,435	3
R5	424884,682	424884,683	1	70077,639	70077,636	-3	493,406	493,409	3
R6	424875,075	424875,077	2	70088,722	70088,723	1	492,292	492,297	5
R7	424874,866	424874,869	3	70088,963	70088,957	-6	492,289	492,291	2
R8	424861,678	424861,675	-3	70103,531	70103,528	-3	492,375	492,379	4
R9	424861,455	424861,464	9	70103,787	70103,788	1	492,368	492,372	4
R10	424847,721	424847,727	6	70113,830	70113,832	2	492,413	492,416	3
R11	424847,487	424847,496	9	70114,049	70114,052	3	492,424	492,431	7
R12	424840,822	424840,827	5	70120,849	70120,853	4	492,471	492,474	3
TAR.1	424905,693	424905,589	-104	70132,112	70131,986	-126	512,657	512,575	-82
TAR.2	424883,335	424883,241	-94	70111,754	70111,657	-97	500,734	500,719	-15

Št. T	Y 1905 [m]	Y 2806 [m]	Δ Y [mm]	X 1905 [m]	X 2806 [m]	Δ X [mm]	H 1905 [m]	H 2806 [m]	Δ H [mm]
T1	424870,093	424870,095	2	70172,191	70172,189	-2	524,025	524,027	2
T2	424867,299	424867,306	7	70164,410	70164,415	5	519,966	519,970	4
T3	424865,203	424865,207	4	70154,180	70154,179	-1	514,104	514,109	5
T4	424863,093	424863,099	6	70141,585	70141,591	6	506,731	506,736	5
T5	424860,541	424860,544	3	70132,138	70132,141	3	501,709	501,718	9

PRILOGA A: SPREMLJANJE PREMICOV REPERJEV NA Z5 IN TARČ NA PLAZU

DATUM IZMERE: 11.07.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 1107	Δ Y	X 1304	X 1107	Δ X	H 1304	H 1107	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,591	2	70055,127	70055,128	1	495,264	495,262	-2
R2	424894,318	424894,321	3	70065,855	70065,855	0	494,485	494,485	0
R3	424894,158	424894,158	0	70066,142	70066,142	0	494,445	494,445	0
R4	424884,886	424884,886	0	70077,394	70077,396	2	493,432	493,430	-2
R5	424884,682	424884,678	-4	70077,639	70077,635	-4	493,406	493,407	1
R6	424875,075	424875,074	-1	70088,722	70088,723	1	492,292	492,293	1
R7	424874,866	424874,865	-1	70088,963	70088,956	-7	492,289	492,287	-2
R8	424861,678	424861,675	-3	70103,531	70103,528	-3	492,375	492,373	-2
R9	424861,455	424861,458	3	70103,787	70103,787	0	492,368	492,366	-2
R10	424847,721	424847,725	4	70113,830	70113,832	2	492,413	492,413	0
R11	424847,487	424847,494	7	70114,049	70114,050	1	492,424	492,427	3
R12	424840,822	424840,827	5	70120,849	70120,853	4	492,471	492,474	3
TAR.1	424905,693	424905,596	-97	70132,112	70131,987	-125	512,657	512,566	-91
TAR.2	424883,335	424883,242	-93	70111,754	70111,658	-96	500,734	500,712	-22

Št. T	Y 1905	Y 1107	Δ Y	X 1905	X 1107	Δ X	H 1905	H 1107	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
T1	424870,093	424870,101	8	70172,191	70172,192	1	524,025	524,030	5
T2	424867,299	424867,306	7	70164,410	70164,416	6	519,966	519,968	2
T3	424865,203	424865,210	7	70154,180	70154,180	0	514,104	514,101	-3
T4	424863,093	424863,098	5	70141,585	70141,589	4	506,731	506,726	-5
T5	424860,541	424860,546	5	70132,138	70132,140	2	501,709	501,706	-3

DATUM IZMERE: 01.09.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 0109	Δ Y	X 1304	X 0109	Δ X	H 1304	H 0109	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,591	2	70055,127	70055,128	1	495,264	495,262	-2
R2	424894,318	424894,321	3	70065,855	70065,855	0	494,485	494,485	0
R3	424894,158	424894,158	0	70066,142	70066,142	0	494,445	494,445	0
R4	424884,886	424884,886	0	70077,394	70077,396	2	493,432	493,430	-2
R5	424884,682	424884,678	-4	70077,639	70077,635	-4	493,406	493,407	1
R6	424875,075	424875,074	-1	70088,722	70088,722	0	492,292	492,293	1
R7	424874,866	424874,870	4	70088,963	70088,957	-6	492,289	492,287	-2
R8	424861,678	424861,671	-7	70103,531	70103,527	-4	492,375	492,376	1
R9	424861,455	424861,459	4	70103,787	70103,786	-1	492,368	492,366	-2
R10	424847,721	424847,720	-1	70113,830	70113,831	1	492,413	492,416	3
R11	424847,487	424847,490	3	70114,049	70114,049	0	492,424	492,425	1
R12	424840,822	424840,820	-2	70120,849	70120,850	1	492,471	492,474	3
TAR.1	424905,693	424905,589	-104	70132,112	70131,988	-124	512,657	512,572	-85
TAR.2	424883,335	424883,243	-92	70111,754	70111,658	-96	500,734	500,717	-17

PRILOGA A: SPREMLJANJE PREMICOV REPERJEV NA Z5 IN TARČ NA PLAZU

DATUM IZMERE: 01.09.2005

Št. T	Y 1905 [m]	Y 0109 [m]	Δ Y [mm]	X 1905 [m]	X 0109 [m]	Δ X [mm]	H 1905 [m]	H 0109 [m]	Δ H [mm]
T1	424870,093	424870,101	8	70172,191	70172,190	-1	524,025	524,039	14
T2	424867,299	424867,307	8	70164,410	70164,417	7	519,966	519,975	9
T3	424865,203	424865,219	16	70154,180	70154,182	2	514,104	514,115	11
T4	424863,093	424863,102	9	70141,585	70141,588	3	506,731	506,745	14
T5	424860,541	424860,555	14	70132,138	70132,139	1	501,709	501,718	9

DATUM IZMERE: 19.09.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304 [m]	Y 1909 [m]	Δ Y [mm]	X 1304 [m]	X 1909 [m]	Δ X [mm]	H 1304 [m]	H 1909 [m]	Δ H [mm]
R1	424900,589	424900,591	2	70055,127	70055,128	1	495,264	495,262	-2
R2	424894,318	424894,321	3	70065,855	70065,855	0	494,485	494,485	0
R3	424894,158	424894,158	0	70066,142	70066,142	0	494,445	494,445	0
R4	424884,886	424884,893	7	70077,394	70077,399	5	493,432	493,434	2
R5	424884,682	424884,684	2	70077,639	70077,640	1	493,406	493,410	4
R6	424875,075	424875,080	5	70088,722	70088,728	6	492,292	492,294	2
R7	424874,866	424874,870	4	70088,963	70088,961	-2	492,289	492,290	1
R8	424861,678	424861,676	-2	70103,531	70103,531	0	492,375	492,381	6
R9	424861,455	424861,462	7	70103,787	70103,790	3	492,368	492,370	2
R10	424847,721	424847,726	5	70113,830	70113,835	5	492,413	492,417	4
R11	424847,487	424847,492	5	70114,049	70114,053	4	492,424	492,430	6
R12	424840,822	424840,830	8	70120,849	70120,856	7	492,471	492,474	3
TAR.1	424905,693	424905,592	-101	70132,112	70131,990	-122	512,657	512,570	-87
TAR.2	424883,335	424883,251	-84	70111,754	70111,658	-96	500,734	500,711	-23

Št. T	Y 1905 [m]	Y 1909 [m]	Δ Y [mm]	X 1905 [m]	X 1909 [m]	Δ X [mm]	H 1905 [m]	H 1909 [m]	Δ H [mm]
T1	424870,093	424870,104	11	70172,191	70172,193	2	524,025	524,039	14
T2	424867,299	424867,309	10	70164,410	70164,420	10	519,966	519,974	8
T3	424865,203	424865,219	16	70154,180	70154,185	5	514,104	514,105	1
T4	424863,093	424863,100	7	70141,585	70141,593	8	506,731	506,737	6
T5	424860,541	424860,555	14	70132,138	70132,143	5	501,709	501,713	4

PRILOGA A: SPREMLJANJE PREMICOV REPERJEV NA Z5 IN TARČ NA PLAZU

DATUM IZMERE: 09.11.2005

OPAZOVANE TOČKE									
Št. T	Y 1304	Y 0911	Δ Y	X 1304	X 0911	Δ X	H 1304	H 0911	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
R1	424900,589	424900,591	2	70055,127	70055,128	1	495,264	495,262	-2
R2	424894,318	424894,321	3	70065,855	70065,855	0	494,485	494,485	0
R3	424894,158	424894,158	0	70066,142	70066,142	0	494,445	494,445	0
R4	424884,886	424884,894	8	70077,394	70077,398	4	493,432	493,436	4
R5	424884,682	424884,684	2	70077,639	70077,639	0	493,406	493,408	2
R6	424875,075	424875,081	6	70088,722	70088,727	5	492,292	492,295	3
R7	424874,866	424874,873	7	70088,963	70088,961	-2	492,289	492,290	1
R8	424861,678	424861,677	-1	70103,531	70103,532	1	492,375	492,379	4
R9	424861,455	424861,464	9	70103,787	70103,790	3	492,368	492,369	1
R10	424847,721	424847,729	8	70113,830	70113,835	5	492,413	492,415	2
R11	424847,487	424847,497	10	70114,049	70114,054	5	492,424	492,426	2
R12	424840,822	424840,831	9	70120,849	70120,855	6	492,471	492,473	2
TAR.1	424905,693	424905,592	-101	70132,112	70131,990	-122	512,657	512,570	-87
TAR.2	424883,335	424883,248	-87	70111,754	70111,661	-93	500,734	500,699	-35

Št. T	Y 1905	Y 0911	Δ Y	X 1905	X 0911	Δ X	H 1905	H 0911	Δ H
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[mm]
T1	424870,093	424870,108	15	70172,191	70172,195	4	524,025	524,026	1
T2	424867,299	424867,320	21	70164,410	70164,421	11	519,966	519,965	-1
T3	424865,203	424865,216	13	70154,180	70154,185	5	514,104	514,109	5
T4	424863,093	424863,100	7	70141,585	70141,592	7	506,731	506,736	5
T5	424860,541	424860,548	7	70132,138	70132,142	4	501,709	501,714	5

PRILOGA B: ZNAČILNI HORIZONTALNI PREMIKI OPAZOVANIH TOČK

OPAZOVANE TOČKE								
v mm								
Št. T	1504	1804	2204	2405	3005	1306	σ_P	$2\sigma_P$
R1	2,2	2,2	3,0	3,6	4,5	2,8	2,6	5,2
R2	3,2	4,1	5,0	5,1	4,0	2,0	2,7	5,5
R3	2,2	0,0	3,0	5,0	2,2	2,2	2,8	5,5
R4	1,4	1,4	2,8	3,6	3,6	3,2	2,9	5,9
R5	2,2	2,0	3,2	1,4	2,2	4,5	3,0	5,9
R6	2,8	3,0	3,2	3,2	1,4	2,2	3,2	6,3
R7	3,0	2,2	5,0	7,2	5,8	6,3	3,2	6,3
R8	2,8	1,4	5,4	0,0	1,0	6,4	3,5	7,0
R9	3,0	3,0	4,1	8,0	10,0	2,2	3,5	7,0
R10	7,2	1,4	5,4	8,1	5,8	2,2	3,8	7,5
R11	3,6	2,0	7,6	9,8	11,4	6,3	3,8	7,5
R12	6,4	1,4	4,2	9,4	9,4	3,6	3,9	7,9
TAR.1	8,2	24,1	39,2	144,7	155,1	135,6	3,9	7,8
TAR.2	4,2	14,2	22,8	126,6	124,5	135,1	3,5	7,1

Št. T	1504	1804	2204	2405	3005	1306	σ_P	$2\sigma_P$
T1				2,8	2,2	4,0	4,7	9,5
T2				8,1	6,4	6,7	4,6	9,2
T3				8,1	6,3	7,1	4,4	8,8
T4				10,8	9,2	8,6	4,2	8,3
T5				5,0	10,3	2,2	4,0	8,0

PRILOGA B: ZNAČILNI HORIZONTALNI PREMIKI OPAZOVANIH TOČK

OPAZOVANE TOČKE							
v mm							
Št. T	2806	1107	109	1909	911	σP	$2\sigma P$
R1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	5,2
R2	7,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,7	5,5
R3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,5
R4	4,2	2,0	2,0	8,6	8,9	2,9	5,9
R5	3,2	5,7	5,7	2,2	2,0	3,0	5,9
R6	2,2	1,4	1,0	7,8	7,8	3,2	6,3
R7	6,7	7,1	7,2	4,5	7,3	3,2	6,3
R8	4,2	4,2	8,1	2,0	1,4	3,5	7,0
R9	9,1	3,0	4,1	7,6	9,5	3,5	7,0
R10	6,3	4,5	1,4	7,1	9,4	3,8	7,5
R11	9,5	7,1	3,0	6,4	11,2	3,8	7,5
R12	6,4	6,4	2,2	10,6	10,8	3,9	7,9
TAR.1	163,4	158,2	161,8	158,4	158,4	3,9	7,8
TAR.2	135,1	133,7	133,0	127,6	127,3	3,5	7,1

Št. T	2806	1107	109	1909	911	σP	$2\sigma P$
T1	2,8	8,1	8,1	11,2	15,5	4,7	9,5
T2	8,6	9,2	10,6	14,1	23,7	4,6	9,2
T3	4,1	7,0	16,1	16,8	13,9	4,4	8,8
T4	8,5	6,4	9,5	10,6	9,9	4,2	8,3
T5	4,2	5,4	14,0	14,9	8,1	4,0	8,0

PRILOGA B: ZNAČILNI VIŠINSKI PREMIIKI OPAZOVANIH TOČK

OPAZOVANE TOČKE								
v mm								
Št. T	1504	1804	2204	2405	3005	1306	$\sigma\Delta h$	$2\sigma\Delta h$
R1	-1	-2	-3	-1	0	-2	3,2	6,3
R2	1	1	0	0	0	1	3,5	7,1
R3	2	1	-1	-1	1	2	3,6	7,1
R4	1	0	-2	-1	1	-1	4,0	8,0
R5	1	1	2	-1	3	1	4,0	8,0
R6	3	1	1	0	3	3	4,5	9,0
R7	-1	-1	-2	1	0	-2	4,5	9,0
R8	5	2	-2	-1	-2	4	5,1	10,3
R9	0	0	-3	-2	5	0	5,1	10,3
R10	3	2	-3	2	3	2	5,7	11,3
R11	4	1	-3	4	6	4	5,7	11,4
R12	6	1	-2	1	5	-4	6,0	12,0
TAR. 1	-2	1	-15	-88	-85	-90	6,0	12,0
TAR. 2	-2	-2	-2	-20	-14	-19	5,2	10,4

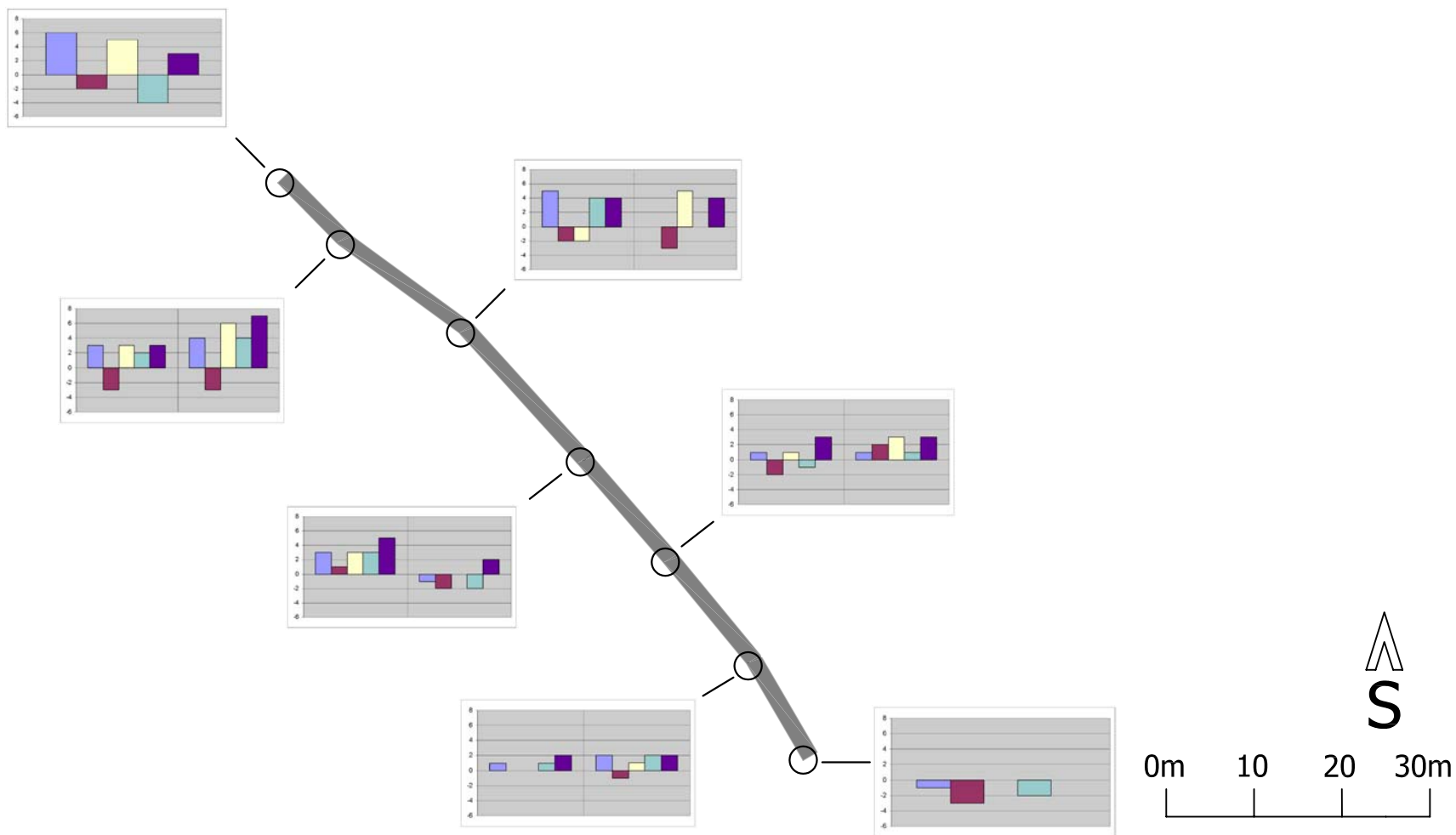
ŠT. T	1504	1804	2204	2405	3005	1306	$\sigma\Delta h$	$2\sigma\Delta h$
T1				2	6	2	7,7	15,4
T2				9	8	5	7,4	14,8
T3				3	8	13	7,0	13,9
T4				7	11	11	6,5	12,9
T5				6	5	7	6,1	12,3

PRILOGA B: ZNAČILNI VIŠINSKI PREMIKI OPAZOVANIH TOČK

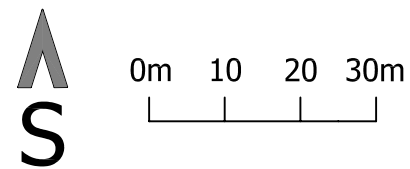
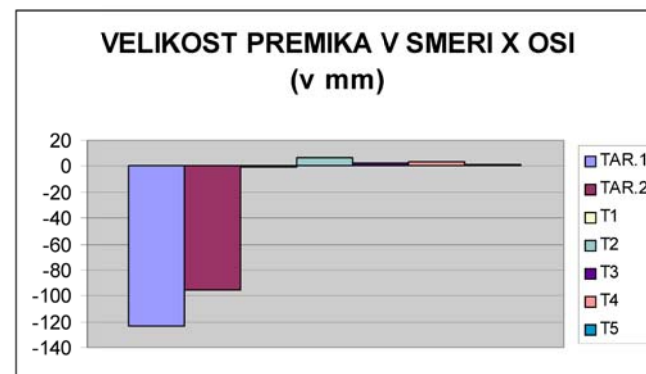
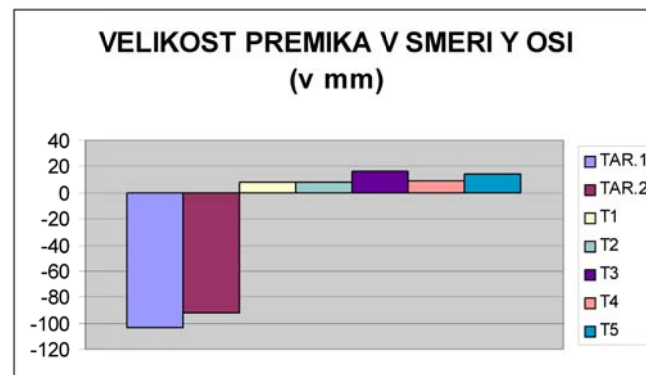
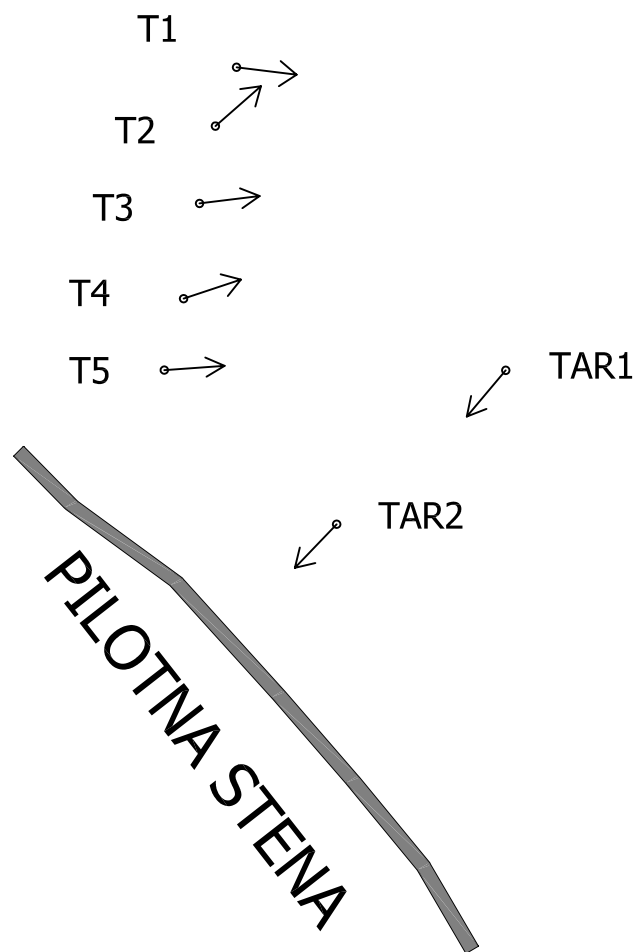
OPAZOVANE TOČKE							
v mm							
Št. T	2806	1107	109	1909	911	$\sigma\Delta h$	$2\sigma\Delta h$
R1	0	-2	-2	-2	-2	3,2	6,32
R2	2	0	0	0	0	3,5	7,08
R3	2	0	0	0	0	3,6	7,1
R4	3	-2	-2	2	4	4,0	8
R5	3	1	1	4	2	4,0	8,02
R6	5	1	1	2	3	4,5	8,96
R7	2	-2	-2	1	1	4,5	8,98
R8	4	-2	1	6	4	5,1	10,26
R9	4	-2	-2	2	1	5,1	10,28
R10	3	0	3	4	2	5,7	11,34
R11	7	3	1	6	2	5,7	11,36
R12	3	3	3	3	2	6,0	12,02
TAR. 1	-82	-91	-85	-87	-87	6,0	11,98
TAR. 2	-15	-22	-17	-23	-35	5,2	10,42

ŠT. T	2806	1107	109	1909	911	$\sigma\Delta h$	$2\sigma\Delta h$
T1	2	5	14	14	1	7,7	15,4
T2	4	2	9	8	-1	7,4	14,8
T3	5	-3	11	1	5	7,0	13,9
T4	5	-5	14	6	5	6,5	12,9
T5	9	-3	9	4	5	6,1	12,3

PRILOGA D: HISTOGRAFSKI PRIKAZ VIŠINSKIH Odstopanj REPERJEV



PRILOGA C: HORIZONTALNI PREMIKI TOČK NA PLAZU



PRILOGA D: VIŠINSKI PREMIKI TARČ NA PLAZU

