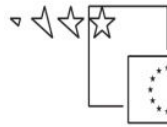




REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad

INŽENIRSKA GEODEZIJA

ANDREJ BERDAJS
MELITA ULBL

Višješolski strokovni program: Gradbeništvo
Učbenik: Inženirska geodezija
Gradivo za 2. letnik

Avtorja:

mag. Andrej Berdajs, univ. dipl. inž. geod.
Melita Ulbl, univ. dipl. inž. geod.
Višja strokovna šola ACADEMIA



Strokovni recenzent:

izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud.

Lektorica:

Tatjana Vučajnk, prof. slov.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

528(075.034.2)

BERDAJS, Andrej

Inženirska geodezija [Elektronski vir] : gradivo za 2. letnik /
Andrej Berdajs, Melita Ulbl. - El. knjiga. - Ljubljana : Zavod IRC,
2010. - (Višješolski strokovni program Gradbeništvo / Zavod IRC)

Način dostopa (URL): http://www.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Inzenirska_geodezija-Ulbl_Berdajs.pdf. - Projekt Impletum

ISBN 978-961-6824-55-2

1. Ulbl, Melita, geodetinja
252003584

Izdajatelj: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM

Založnik: Zavod IRC, Ljubljana.

Ljubljana, 2010

Strokovni svet RS za poklicno in strokovno izobraževanje je na svoji 126. seji dne 26. 11. 2010 na podlagi 26. člena Zakona o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja (Ur. l. RS, št. 16/07-ZOFVI-UPB5, 36/08 in 58/09) sprejel sklep št. 01301-6/2010 / 11-3 o potrditvi tega učbenika za uporabo v višješolskem izobraževanju.

© Avtorske pravice ima Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum 'Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008-11'.

Projekt oz. operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.

KAZALO VSEBINE

PREDGOVOR	3
1 UVOD V UČBENIK	5
2 OSNOVE GEODEZIJE	7
2.1 DEFINICIJA GEODEZIJE	7
2.2 RAZVOJ GEODEZIJE	7
2.3 DELITEV GEODEZIJE	8
2.4 PODROČJA UPORABE GEODEZIJE.....	8
2.5 POVZETEK	8
3 KOORDINATNI SISTEMI IN GEODETSKE MREŽE	10
3.1 OBLIKA IN DIMENZIJE ZEMLJE	10
3.2 KOORDINATNI SISTEM IN KOORDINATNI SESTAV	11
3.2.1 Pravokotni (kartezični) koordinatni sistemi.....	12
3.2.2 Polarni koordinatni sistem	13
3.2.3 Transformacija iz polarnega v pravokotni koordinatni sistem in obratno	13
3.3 KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE	14
3.3.1 Projekcija TM (Transverzalna Mercatorjeva).....	15
3.3.2 Gauss-Kruegerjeva projekcija.....	16
3.3.3 Projekcija UTM (Univerzalna Transverzalna Mercatorjeva)	17
3.4 DRŽAVNI KOORDINATNI SISTEM.....	17
3.4.1 Višinski državni koordinatni sistem	17
3.4.2 Horizontalni državni koordinatni sistem (D48/GK)	17
3.4.3 Horizontalni državni koordinatni sistem (D96/TM).....	18
3.5 GEODETSKA MREŽA	18
3.5.1 Položajna geodetska mreža in njena stabilizacija	19
3.5.2 Višinska geodetska mreža in njena stabilizacija	20
3.6 POVZETEK	21
4 PREPROSTO GEODETSKO MERSKO ORODJE	23
4.1 MERSKI SISTEMI ZA MERJENJE DOLŽIN, KOTOV IN POVRŠIN	23
4.1.1 Merske enote.....	23
4.2 OSNOVNI PRIPOMOČKI PRI TERENSKIH MERITVAH	24
4.2.1 Označevanje točk na terenu	24
4.2.2 Trasirke	25
4.2.3 Grezila	25
4.2.4 Libele	25
4.2.5 Merski trakovi.....	25
4.2.6 Ročni laserski merilnik razdalj	25
4.3 OSNOVE GEOMETRIJSKE OPTIKE IN OSNOVNI OPTIČNI ELEMENTI	26
4.3.1 Odboj žarka	26
4.3.2 Lom žarka	26
4.3.3 Totalni odboj žarka	28
4.3.4 Prehod žarka skozi planparalelno ploščo	28
4.3.5 Prehod žarka skozi optični klin.....	29
4.3.6 Leče	30
4.4 POVZETEK	31
5 MERJENJE KOTOV	33
5.1 DEFINICIJA HORIZONTALNEGA IN VERTIKALNEGA KOTA	33
5.1.1 Smerni kot	34
5.2 TEODOLIT	35
5.2.1 Zgradba teodolita	35
5.2.2 Osi teodolita.....	37
5.2.3 Pogreški (napake) teodolita	37
5.2.4 Preizkušanje in rektifikacija teodolita.....	38
5.2.5 Postavitev teodolita.....	39
5.2.6 Merjenje kotov.....	39
5.2.7 Vrste teodolitov	40
5.3 MERJENJE HORIZONTALNIH IN VERTIKALNIH KOTOV	41
5.4 POVZETEK	42
6 MERJENJE VIŠIN	44
6.1 ABSOLUTNA VIŠINA IN RELATIVNA VIŠINA (VIŠINSKA RAZLIKA)	44
6.2 METODE MERJENJA VIŠIN	44

6.2.1	Barometrično višinomerstvo	44
6.2.2	Trigonometrično višinomerstvo	44
6.2.3	Niveliranje	46
6.3	NIVELIR	47
6.3.1	Zgradba nivelirja	47
6.3.2	Vrste nivelirjev	47
6.3.3	Pogoji delovanja nivelirja	48
6.4	NIVELACIJSKO ORODJE – LATE IN PODLOŽKE	49
6.5	METODE NIVELIRANJA	49
6.5.1	Niveliranje iz sredine	49
6.5.2	Niveliranje s krajišča	50
6.5.3	Generalni nivelman	51
6.5.4	Detajlni nivelman	52
6.6	PRENOS VIŠINE	53
6.6.1	Prenos višine v gradbeno jamo	53
6.7	POVZETEK	54
7	MERJENJE DOLŽIN	56
7.1	METODE MERJENJA DOLŽIN	56
7.2	RAZDALJEMERI	56
7.2.1	Optični razdaljemerji	56
7.2.2	Elektrooptični razdaljemerji	58
7.3	POVZETEK	59
8	ELEKTRONSKI TAHIMETER IN 3D SKENER	60
8.1	ELEKTRONSKI TAHIMETER	60
8.2	3D SKENER	61
8.3	POVZETEK	62
9	GEODETSKA IZMERA	63
9.1	METODE IZMERE	63
9.2	ORTOGONALNA METODA IZMERE	63
9.3	POLARNA METODA IZMERE	64
9.4	METODE IZMERE GNSS	65
9.5	METODE DALJINSKEGA ZAZNAVANJA	65
9.6	FOTOGRAMetriJA	65
9.7	POVZETEK	66
10	GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SISTEM (GNSS)	68
10.1	POJEM GNSS	68
10.2	SESTAVA IN DELOVANJE SISTEMOV GNSS	68
10.3	DOLOČITEV POLOŽAJA NA OSNOVI OPAZOVANJ GNSS	69
10.3.1	Absolutna in relativna določitev položaja točke	70
10.3.2	Omrežje SIGNAL	70
10.3.3	Transformacija	71
10.4	VPLIVI NA OPAZOVANJA GNSS	71
10.4.1	Vplivi z izvorom v satelitu	71
10.4.2	Geometrijska razporeditev satelitov	72
10.4.3	Vplivi atmosfere	72
10.4.4	Vplivi z izvorom v sprejemniku GNSS in v njegovi okolici	72
10.5	METODE IZMERE GNSS	73
10.5.1	Statična metoda izmere GNSS	73
10.5.2	Hitra statična metoda izmere GNSS	73
10.5.3	Kinematična metoda izmere GNSS	73
10.5.4	Metoda izmere RTK GNSS	73
10.6	POVZETEK	74
11	GEODETSKA DELA V GRADBENIŠTVU	76
11.1	PREGLED GEODETSKIH DEL V GRADBENIŠTVU	76
11.2	POJEM IN POMEN ZAKOLIČENJA	76
11.3	OSNOVNI NAČINI ZAKOLIČENJA	77
11.3.1	Ortogonalna metoda zakoličenja	78
11.3.2	Polarna metoda zakoličenja	78
11.3.3	Metoda presekov	79
11.3.4	Odmerjanje od obstoječih objektov	79
11.4	METODE MERJENJA POMIKOV IN DEFORMACIJ	79
11.5	DOLOČANJE VERTIKAL	80
11.6	METODE RAČUNANJA PROSTORNIN	81

11.7	POVZETEK	82
12	NEPREMIČNINSKE EVIDENCE	84
12.1	NEPREMIČNINA	84
12.2	GEODETSKE PROSTORSKE EVIDENCE	84
	12.2.1 Zemljiški kataster	84
	12.2.2 Kataster stavb	89
	12.2.3 Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture	91
	12.2.4 Topografski in kartografski podatki	92
12.3	ZEMLJIŠKA KNJIGA	94
12.4	POVZETEK	95
13	LITERATURA	97

PREDGOVOR

Geodezija spada med najstarejše tehniške znanosti. V zadnjem času doživlja izreden razvoj tako v znanosti kot tudi v praksi. Razvoj geodezije je zelo povezan z razvojem drugih znanosti in novih tehnologij, prav tako pa tudi s potrebami družbe po kvalitetnih prostorskih podatkih. V ta namen prihaja do interdisciplinarnega sodelovanja med različnimi strokami. V področje geodezije danes spadajo nižja in višja geodezija, fotogrametrija, daljinsko zaznavanje, satelitska geodezija, geodetske evidence, urbanistično in ruralno planiranje, urejanje prostora, geografski informacijski sistemi in kartografija. Ime geodezija je sestavljeno iz grških besed 'geo', kar pomeni Zemlja, in 'desis', kar pomeni meriti. V svoji osnovi se geodezija torej ukvarja z določanjem položaja.


Pri nižji geodeziji gre predvsem za merjenje posameznih manjših delov zemeljskega površja in njihovo predstavitev na načrtih in kartah. Med dela nižje geodezije spadajo tudi dela inženirske geodezije in katastrske izmere. Inženirska geodezija se ukvarja predvsem s prenosom projektiranih objektov v naravo (zakoličenje objektov) in spremljanjem objektov skozi njihovo življenjsko dobo, katastrska izmera pa se ukvarja z določanjem mej med lastniškimi parcelami in lastništvom na objektih.

Višja geodezija se ukvarja z merjenjem Zemlje kot celote oz. z določanjem oblike in dimenzij Zemlje kot nebesnega telesa, torej z opazovanjem geodinamičnih pojavov, med katere spadajo premiki zemeljske skorje, plimovanje in gibanje zemeljskih polov.

Fotogrametrija in daljinsko zaznavanje se ukvarjata z izmero zemeljske površine, praviloma iz zraka, in izdelavo grafičnih prikazov te površine.

Kartografija se ukvarja z izdelavo, vzdrževanjem in reprodukcijo kart.

Lociranje prostorskih podatkov zahteva njihovo obravnavo v koordinatnem sistemu. V ta namen so po vsej Zemlji razvite globalne in nacionalne mreže geodetskih točk.

V kontekstu uporabe geodezije v gradbeništvu ta učbenik poudarja predvsem nižjo geodezijo; tako so opisane geodetske terenske meritve, osnove kartiranja ter nepremičninske evidence. Ostala področja geodezije so predstavljena toliko, kolikor je nujno potrebno, da se študent gradbeništva z njimi spozna. Učbenik je zasnovan na teoretični osnovi in praktični uporabi posameznih merskih metod za potrebe študija inženirske geodezije na višješolskih strokovnih programih gradbeništva in je pripravljen v skladu s katalogom znanja za ta predmet. Skozi celoten učbenik študenta popelje investitor, ki ima v vsakem poglavju nerešena vprašanja in jih zato zastavlja študentom. Tovrstna vprašanja so označena s simbolom . Vsako poglavje vsebuje tudi dodatno ponavljanje znanja (*Ponavljjanje*) in napotek študentom za nadaljnje poglobljanje strokovnega področja (*Več informacij o tem poglavju dobite v*), ki ga poglavje obravnava. Glede na to, da smo v dobi elektronskih komunikacij, učbenik usmerja študente, da za vsako temo najdejo kakšne dodatne vire in slikovno gradivo, ki jim bo razjasnilo snov posameznega poglavja. Pri tem mora študent biti sposoben ločiti zrna od plevela.

Učbenik sva pripravila tako, da sva si razdelila posamezna poglavja:

- Andrej Berdajs poglavja 2, 4, 6, 7 in 11, razen podpoglavij 4.3 in 6.2.2 ter uvodov in povzetkov poglavij.
- Melita Ulbl poglavja 1, 3, 5, 8, 9, 10 in 12 ter podpoglavji 4.3 in 6.2.2, prav tako pa tudi vse uvode in povzetke poglavij.

Zahvaljujeva se recenzentu izr. prof. dr. Tomažu Ambrožiču, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud., za strokovni pregled vsebine in koristne napotke pri izdelavi učbenika. Prav tako lepa hvala lektorici Tatjani Vučajnk.

Maribor, marec 2010

Andrej Berdajs in Melita Ulbl

1 UVOD V UČBENIK

Na kratko pogledimo, s kakšnimi težavami se ubada nek investitor na začetku gradnje. Ima nekaj denarja in ga želi vložiti v nepremičnine. Odloči se, da bo zgradil štiri dvostanovanjske vrstne hiše. Zaveda se, da za gradnjo potrebuje najprej parcelo, na kateri bo gradil, vendar ne ve, kako bi se pravilno in celovito lotil nakupa ter gradnje.

Ta učbenik bo investitorja popeljal skozi večino geodetskih del, s katerimi se bo srečal med gradnjo. Zanimalo ga bo tudi vse, kar je povezano z nepremičninami, saj bo moral za gradnjo najprej imeti parcelo, na kateri bo gradil.

Za nakup parcele se bo obrnil na nepremičninsko agencijo, kjer mu bodo pri nakupu nudili strokovno pomoč. Seznam nepremičninskih posrednikov bo našel na spletnem naslovu <http://www.nepremicninsko-posredovanje.mop.gov.si/imenik/index.php>. Prav tako bo na spletu poiskal seznam nepremičninskih agencij, na katere se bo obrnil s svojo željo. Skupaj z nepremičninskim posrednikom bo našel primerno nepremičnino in o njej preveril nekaj podatkov s pomočjo geografskih informacijskih sistemov v geodetskih prostorskih evidencah. Več o tem bo našel v poglavju *12.1 Nepremičnina*. Prav tako bo preveril pravno stanje nepremičnine, o čemer se bo poučil v poglavju *12.3 Zemljiška knjiga*.

Ko se bo odločil se za nakup nepremičnine in se s prodajalcem dogovoril o ceni na m², bo pred sklenitvijo pogodbe prodajalca poskusil prepričati v ureditev meje. Le v takem primeru bo površina parcele pravilna, kar bo seveda vplivalo na ceno, če se bosta dogovorila za ceno m² parcele. Več o postopkih zemljiškega katastra, kamor sodi tudi ureditev meje, bo lahko pogledal v poglavju *12.2 Geodetske prostorske evidence*.

Pri podpisu pogodbe s prodajalcem in podaji predloga za vpis lastninske pravice v zemljiško knjigo mu bo pomagal nepremičninski posrednik. Več o zemljiški knjigi bo izvedel v poglavju *12.3 Zemljiška knjiga*.

Kot lastnik nepremičnine se bo odločil, da bo gradil dvostanovanjske nadstropne vrstne hiše, zato bo pri geodetskem podjetju naročil izdelavo geodetskega načrta, ki projektantu služi za izdelavo projektne dokumentacije. Geodetsko podjetje bo ob izmeri za geodetski načrt stabiliziralo še geodetsko mrežo za izvajanje kontrolnih meritev med samo gradnjo in po njej. Več o tem bo izvedel v poglavjih: *3.5 Geodetska mreža*, *5 Merjenje kotov*, *6 Merjenje višin*, *7 Merjenje dolžin*, *9 Geodetska izmera*, *10 Globalni navigacijski satelitski sistem (GNSS)* in *11 Geodetska dela v gradbeništvu*.



Slika 1: Prikaz vrstnih hiš

Vir: http://www.realiteta.si/files/14/novogradnje/vrstne_hise_jesenca/mini-800x600-vstopna_stran.jpg (3. 5. 2010)

Po pridobitvi vseh dovoljenj bo pri geodetskem podjetju naročil zakoličenje objekta. Pred zakoličenjem bo želel vedeti kaj več o samem postopku, zato bo naštudiral poglavji *11.2 Pojem in pomen zakoličenja* ter *11.3 Osnovni načini zakoličenja*. Nato bo v skladu s projektno dokumentacijo zgradil objekte. V času gradnje bo geodetsko podjetje ves čas spremljalo pomike in deformacije objekta. Investitor se bo o merjenju le-teh poučil v poglavju *11.4 Metode merjenja pomikov in deformacij*. Po končani gradnji bo za projekt izvedenih del potreboval še geodetski načrt novega stanja, ki ga bo vnovič naročil pri geodetskem podjetju.

Vsako nadstropje posamezne vrstne hiše namerava prodati različnemu lastniku, zato mu bo geodet predlagal rešitev, in sicer parcelacijo parcele in delitev vsake stavbe na dva dela, o čemer bo našel več v poglavju *12.1 Nepremičnina*.

Ko se bodo ti postopki zaključili, se bo ponovno obrnil na nepremičninsko agencijo in s pomočjo nepremičninskega posrednika vzpostavil etažno lastnino za vse hiše. Z nepremičninskim posrednikom se bo dogovoril o prodaji nepremičnin – parcel s stavbami in nepremičnine prodal.

2 OSNOVE GEODEZIJE

Pri vsaki gradnji je geodezija stroka, brez katere ne gre. Geodet je eden izmed prvih strokovnjakov, ki je prisoten na gradbišču, in tudi med zadnjimi, ki na gradbišču opravi svoje delo. Prav tako geodet spremlja gradnjo ves čas njenega poteka.

V tem poglavju bo investitor spoznal pomen geodetske stroke in njeno sestavo, v nadaljnjih poglavjih pa bo našel podrobne odgovore na vprašanja, ki se mu porajajo v povezavi z geodetskimi deli pred, med in po gradnji.

2.1 DEFINICIJA GEODEZIJE

Geodezija velja za eno najstarejših tehničnih ved. Izraz geodezija izhaja iz grščine (gea – zemlja, desis – meriti). Neposreden prevod je torej izraz zemljičarstvo.

Geodezija se ukvarja z merjenjem Zemlje kot planeta, merjenjem zemeljske površine, z različno obdelavo teh meritev in prikazom zemeljske površine v različnih grafičnih ali elektronskih medijih.

Geodetska izmera je sestavljena iz zbiranja, obdelave in prikaza podatkov z različnimi geodetskimi metodami.

2.2 RAZVOJ GEODEZIJE

Začetki geodezije sovpadajo z začetkom obdelovanja zemeljskih površin, ko so se pojavile potrebe po določanju meja in površin posameznih lastniških kosov zemljišča ter reševanju sporov med lastniki v zvezi s tem. Časovno to sovpada z začetkom antike.

Šele kasneje so se geodeti začeli ukvarjati tudi z ugotavljanjem dimenzij in oblike Zemlje kot planeta. Razvoj geodezije je na tem področju sovpadal z razvojem matematike in astronomije. Za prvega, ki je pri teh problemih prišel do še danes veljavnih rezultatov, se šteje Eratosten iz egipčanske Aleksandrije (276–195 pr. n. št.), ki je na podlagi meritev dolžine in pripadajočega središčnega kota na zemeljski obli izračunal polmer Zemlje.

Predvsem v stari Grčiji so tedanji učenjaki prišli do mnogo matematičnih formul, ki so v uporabi tudi danes.

V dobi fevdalizma ni bilo večjih premikov v geodetski znanosti, pač pa je do velikega napredka prišlo v drugi polovici srednjega veka in ob vzponu kapitalizma. V teh obdobjih se je za odkrivanje novih celin in osvajanje novih dežel razvila kartografija.

Z razvojem kapitalizma (konec 18. in začetek 19. stoletja) se je z novimi davčnimi sistemi razvila evidenca zemeljskih površin – kataster, ki pomeni korenine današnjemu sistemu prostorskih evidenc.

Na začetku 20. stoletja so se razvile klasične numerične metode izmere terena, ki so po drugi svetovni vojni doživele nadgradnjo z daljinskim zaznavanjem – predvsem fotogrametrijo.

Zelo velik korak v razvoju operativne geodezije pomeni splošna uporaba elektronskih merskih instrumentov, ki so bistveno povečali natančnost in hitrost terenskih meritev.

Razvoj računalniških programov, predvsem tistih za grafično podporo, je v povezavi z elektronskimi merskimi instrumenti dal možnost zelo hitre obdelave in prezentacije geodetskih meritev.

Novo poglavje na področju geodetskih meritev odpirajo meritve na podlagi satelitov in s pomočjo zemeljskih referenčnih postaj, ki dajejo geodeziji možnost neposrednega nastopa na novih delovno-uporabniških problemih.

2.3 DELITEV GEODEZIJE

Geodezija se deli na naslednja področja:

- **praktična (ali nižja) geodezija**, ki se ukvarja z izmero manjših delov zemljišč za izdelavo načrtov in kart velikih meril. Pri tem uporabljamo predvsem naslednje postopke: triangulacijo, poligonometrijo, nivelman, trigonometrično merjenje višin, detajlno izmero;
- **inženirska geodezija** pokriva geodetska dela in postopke, ki pridejo v poštev pri projektiranju in gradnji objektov;
- **geodetske prostorske evidence (kataster)**, ki so osnova za gospodarjenje s prostorom, nastavitve davčnega sistema, zavarovanje lastništva nepremičnin;
- **fotogrametrija in daljinsko zaznavanje** se ukvarja z izmero zemeljske površine, praviloma iz zraka (lahko tudi s tal), in izdelavo grafičnih prikazov te površine;
- **geoinformacijski sistemi** so računalniški sistemi za zbiranje, obdelavo, analizo in prikaz prostorskih podatkov;
- **kartografija** se ukvarja z izdelavo, vzdrževanjem in reprodukcijo kart – preslikav delov zemeljske površine;
- **višja in fizikalna geodezija** imata za nalogo določitev oblike in dimenzije Zemlje, raziskovanje geometrijskih teles, s katerimi aproksimiramo Zemljo, določitev gravitacijskega polja in njegovih sprememb;
- **satelitska geodezija** se ukvarja z določanjem koordinat točk na zemeljski površini s pomočjo satelitov.

2.4 PODROČJA UPORABE GEODEZIJE

Najsplošneje in vsestransko uporabljan geodetski izdelek so različni geodetski načrti delov zemeljske površine, ki so osnovni pripomoček pri vseh dejavnostih v zvezi s prostorom – orientaciji v njem, načrtovanje posegov, pridobivanju različnih informacij ...

Poleg inženirske geodezije, ki je praktično v celoti svojih postopkov namenjena pripravi in izvedbi gradnje, je veliko podobnih geodetskih postopkov namenjenih tudi uporabi v gozdarstvu, rudarstvu, komunalnem gospodarstvu, kmetijstvu.

Temeljna osnova vsem pravnim poslom z nepremičninami in definiranju lastniških odnosov so geodetske prostorske evidence (katastri).

2.5 POVZETEK

Investitor je spoznal pojem, razvoj in strokovna področja geodezije ter geodetska dela, ki jih bo moral naročiti za potrebe graditve objekta. Sam je strokovnjak s področja gradbene stroke in ve, da zakonodaja zahteva, da mora nekatera geodetska dela pri gradnji opraviti geodet. Prav tako se tudi zaveda, da sam za nobeno geodetsko delo ni dovolj strokovno usposobljen, čeprav je že velikokrat uporabljal instrumentarij za opravljanje geodetskih meritev. Kljub vsemu želi spremljati gradnjo in vedeti čim več o postopkih, ki se izvajajo.

☞ Razmislite, katera področja geodezije zajemajo postopki, ki jih mora naš investitor opraviti od začetka do konca gradnje štirih dvonadstropnih vrstnih hiš.

Več informacij o tem poglavju dobite v:

- Kovačič, B. *Geodezija za gradbene inženirje*. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, 2004.
- Medak, D., in Pribičević, B. *Geodezija v građevinarstvu*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2003.

Ponavljanje

S čim se ukvarja geodezija?

Kako delimo geodezijo?

Na spletu poiščite več informacij o geodetski stroki.

3 KOORDINATNI SISTEMI IN GEODETSKE MREŽE

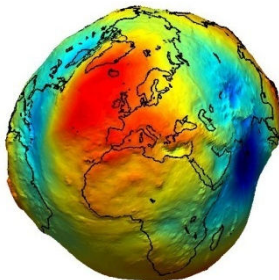
Naš investitor bo pred gradnjo pri geodetskem podjetju naročil izdelavo geodetskega načrta. Geodetsko podjetje bo za izdelavo geodetskega načrta in nadaljnjih geodetskih del na terenu najprej vzpostavilo geodetsko mrežo, ki je definirana v nekem koordinatnem sistemu, pri čemer bo uporabilo vse strokovno znanje o obliki in dimenzijah Zemlje, na kateri bo objekt zgrajen. Tako bo to poglavje investitorju na poenostavljen način predstavilo obliko in dimenzije Zemlje, težave pri prehodu iz takšne oblike v ravnino, pravila, ki se pri prehodu uporabljajo, koordinatni sistem in koordinatni sestav ter način stabilizacije tega v prostoru.

3.1 OBLIKA IN DIMENZIJE ZEMLJE

Oblika in velikost Zemlje sta bili zanimivi že v starem veku. Babilonci in Egipčani so mislili, da je Zemlja ravna okrogla plošča, obdana z vodo. V obdobju helenistične Grčije so Zemljo prvič začeli obravnavati kot kroglo. Teoretično je to dokazal Aristotel v 4. stoletju pred našim štejetem. Velikost Zemlje kot nebesnega telesa je prvi izmeril Eratosten iz Aleksandrije v 3. stoletju pred našim štejetem (Juvančič, 2000).

V 17. stoletju sta Anglež Newton in Nizozemec Hygens postavila hipotezo, da ima Zemlja obliko rotacijskega elipsoida.

Kasneje so z natančnejšimi merjenji določili obliko Zemlje kot **geoida**. Geoid je referenčna ekvipotencialna ploskev, ki najbolje sovпада s srednjim nivojem morja, podaljšanim pod kontinenti.



Slika 2: Prikaz geoida

Vir: http://ddzihrina.files.wordpress.com/2008/11/c71_geoid_smooth4.jpg (23. 11. 2009)

Ker je Zemlja nebesno telo matematično nedoločljive oblike (geoid), za določene namene njeno obliko predstavimo kot poenostavljeno telo.

Najboljši opis oblike zemeljske površine kot matematično določljivega geometrijskega telesa je **rotacijski elipsoid**, ki nastane pri vrtenju elipse okoli krajše osi. Enačba rotacijskega elipsoida je:

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1, \quad (3.1)$$

kjer so:

- a – velika polos rotacijskega elipsoida,
- b – mala oz. vrtilna polos rotacijskega elipsoida,
- e – sploščenost elipsoida,
- x, y, z – koordinate točke na elipsoidu.

Sploščenost elipsoida je definirana kot:

$$e = \frac{a-b}{a}. \quad (3.2)$$

Ker ima Zemlja neenakomerno obliko, oblike rotacijskega elipsoida, ki bi se celovito najbolje prilagodil obliki in velikosti Zemlje kot celote, ni mogoče nedvoumno določiti. Zaradi tega Zaradi tega si je vsaka država za svoje potrebe izbrala lokalni rotacijski elipsoid, ki se najbolj prilega površini na njenem območju. Imenujemo ga referenčni elipsoid. Vsako točko zemeljskega površja z navpičnico prenesemo na površino referenčnega elipsoida.

Določitev oblike in velikosti Zemlje je potekala s postopki geodetske astronomije in gravimetričnimi meritvami; danes satelitska geodezija opravlja meritve s pomočjo umetnih Zemljinih satelitov.

Med elipsoidi, ki določajo obliko in velikost Zemlje, se pri nas uporabljajo naslednji elipsoidi: Besselov, WGS84 in GRS80 s parametri, ki jih navaja preglednica 1.

Preglednica 1: Dimenzije elipsoidov Bessel, WGS84 in GRS80

	a	b	e
Bessel	6.377.397,15500	6.356.078,96325	1/299,15
WGS84	6.378.137,00000	6.356.752,30000	1/298,26
GRS80	6.378.137,00000	6.356.752,31414	1/298,26

Položaj vsake točke na zemeljskem referenčnem elipsoidu ali krogli določimo v koordinatnem sistemu, ki ga določimo z geografsko mrežo. Geografsko mrežo sestavljajo **vzporedniki** ali **paralele** in **poldnevnik** ali **meridiani**. Ta mreža izhaja iz geografskih polov oz. tečajev. **Ekvator** kot začetni vzporednik deli Zemljo na severno in južno poloblo. Ostali vzporedniki potekajo vzporedno z ekvatorjem. Od ekvatorja potekajo severno in južno vzporedniki. Poldnevnik vežejo kraje, kjer Sonce istočasno doseže opoldne najvišjo točko na nebu. Stikajo se v polih in pod pravim kotom sekajo vse vzporednike. Začetni poldnevnik je stvar dogovora. Najpogosteje predstavlja začetni poldnevnik poldnevnik skozi Greenwich blizu Londona. Proti vzhodu in zahodu štejemo od poldnevnik v Greenwichu 179 stopinjskih poldnevnikov, 180. poldnevnik pa je skupen.

Za nekatere potrebe Zemljo predstavimo tudi s **kroglo**. Polmer krogle je izbran tako, da se le ta najbolje prilega referenčnemu elipsoidu. V primeru aproksimacije dela Zemljinega elipsoida s kroglo srednji polmer krogle R računamo kot:

$$R_p = \frac{a+a+b}{3}. \quad (3.3)$$

Za elipsoid na območju Slovenije velja $R \approx 6400$ km.

3.2 KOORDINATNI SISTEM IN KOORDINATNI SESTAV

Za določitev položaja točk (objektov) v prostoru mora biti definiran koordinatni sistem. Položaj točk je podan s koordinatami (pravokotne, geografske).

Koordinatni sistem je sredstvo za podajanje geometrijskega položaja točke v prostoru. V okviru koordinatnega sistema je položaj točke podan s koordinatami. V geodeziji ločimo med koordinatnimi sistemi na elipsoidu ali krogli (prostorski koordinatni sistemi) in koordinatnimi

sistemi v ravnini (ravninski koordinatni sistemi). V nadaljevanju bodo obravnavani le sisteme v ravnini, ki jih delimo na pravokotne in polarne.

Ko imamo definiran koordinatni sistem, ga je potrebno povezati s telesom Zemlje, kar storimo preko trajno stabiliziranih geodetskih točk na zemeljskem površju, ki predstavljajo praktično realizacijo koordinatnega sistema. Praktično realiziran koordinatni sistem se imenuje **koordinatni sestav**. V klasični geodetski terminologiji ga predstavljajo fizično stabilizirane geodetske točke na zemeljski površini s koordinatami, določenimi v izbranem koordinatnem sistemu.

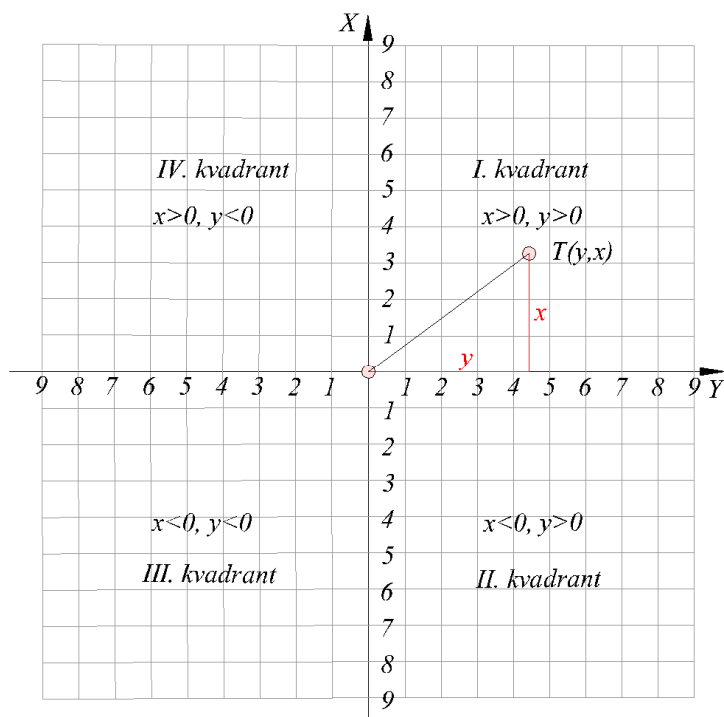
3.2.1 Pravokotni (kartezični) koordinatni sistemi

Pravokotni koordinatni sistem je koordinatni sistem, ki ga določata dve ali tri med seboj pravokotne osi. Osi imenujemo abscisna os (ali os X), ordinatna os (ali os Y) in aplikatna os (ali os Z). Presečišče osi koordinatnega sistema je točka, ki jo imenujemo koordinatno izhodišče.

Lego točke v kartezičnem koordinatnem sistemu opišemo s pravokotnimi projekcijami točke na koordinatne osi:

- projekcija točke na os x določa absciso točke;
- projekcija točke na os y določa ordinato točke;
- projekcija točke na os z določa aplikato točke.

Pri pravokotnem koordinatnem sistemu v ravnini predstavlja izhodišče presečišče abscise in ordinate. Položaj točke $T(y,x)$ je podan z dvema koordinatama y in x , kjer koordinata x predstavlja oddaljenost od osi Y , koordinata y predstavlja oddaljenost od osi X .



Slika 3: Pravokotni koordinatni sistem

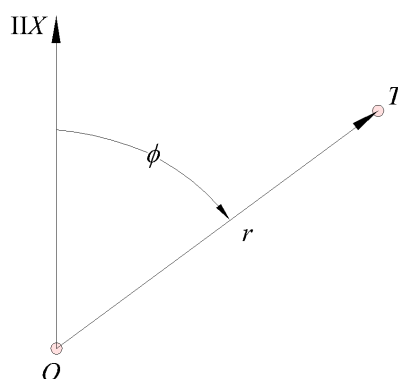
Opozorilo: geodetski pravokotni koordinatni sistem se razlikuje od matematičnega.

3.2.2 Polarni koordinatni sistem

Polarni koordinatni sistem se uporablja kot alternativa pravokotnemu koordinatnemu sistemu. Polarni koordinatni sistem se v geodeziji uporablja zelo pogosto, saj meritve v večji meri temeljijo na merjenju polarnega kota in dolžine.

Točka je v polarnem koordinatnem sistemu podana s polarnima koordinatama:

- prva koordinata točke je polmer (oddaljenost točke od izhodišča) – r ;
- druga koordinata točke je polarni kot – ϕ . To je kot, ki ga določa smer, vzporedna osi X , in smer proti točki T . Polarni kot je ponavadi podan na intervalu $[0^\circ, 360^\circ]$ ali pa na intervalu $[-180^\circ, 180^\circ]$. Tako določen polarni kot se v geodeziji imenuje smerni kot ν in je podan na intervalu $[0^\circ, 360^\circ]$.



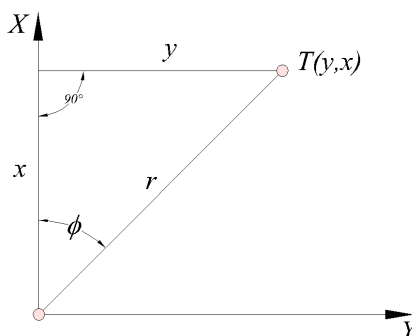
Slika 4: Polarni koordinatni sistem

Splošni polarni koordinatni sistem podajamo s polom (O) in polarno osjo, vzporedno osi X (IX), ki poteka iz pola.

V geodeziji in astronomiji merimo kote v smeri urinega kazalca, saj azimuti sonca na severni zemeljski polobli z dnevnim časom tako naraščajo.

3.2.3 Transformacija iz polarnega v pravokotni koordinatni sistem in obratno

Kadar poznamo polarne koordinate točke $T(r, \phi)$, lahko izračunamo tudi pravokotne koordinate točke $T(y, x)$. Prav tako lahko na osnovi znanih pravokotnih koordinat točke $T(y, x)$ izračunamo njene polarne koordinate $T(r, \phi)$. Pri tem uporabimo znanje trigonometričnih funkcij. Pretvarjanje med pravokotnimi in polarnimi koordinatami točke je v geodeziji zelo pomembno, saj najpogosteje merimo v polarnem sistemu (merimo dolžino in polarni kot), rezultate pa podajamo v pravokotnem koordinatnem sistemu (podajamo y in x točke).



Slika 5: Odnos med pravokotnimi in polarnimi koordinatami

Pravokotne koordinate lahko izrazimo iz polarnih:

$$y = r \cdot \sin \phi \quad (3.4)$$

$$x = r \cdot \cos \phi \quad (3.5)$$

Polarne koordinate lahko izrazimo iz pravokotnih:

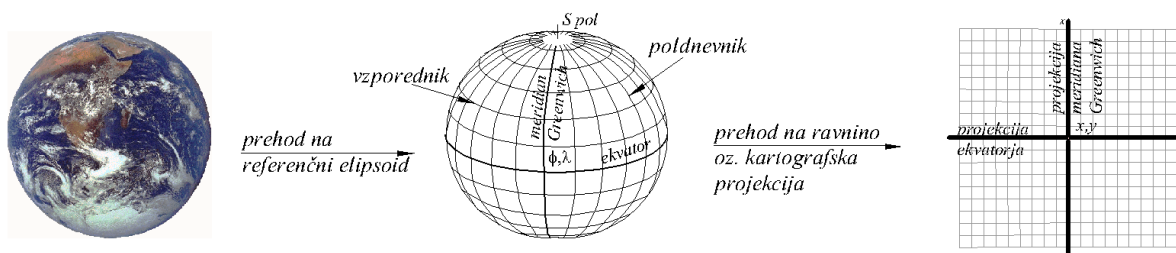
$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3.6)$$

$$\tan \phi = \frac{y}{x} \quad (3.7)$$

Računanje polarnih koordinat iz pravokotnih se v geodeziji najpogosteje uporablja za izračun elementov zakoličenja.

3.3 KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE

Objekte in pojave z referenčnega elipsoida ali krogle prenašamo na ravnino ali ploskev, ki je mogoče razviti v ravnino, z matematičnim predpisom, ki ga imenujemo **kartografska projekcija**.



Slika 6: Shematični prikaz prehoda iz fizične površine Zemlje na ravnino
Vir: Prirejeno po: <http://www2.arnes.si/~osljvodm1/slike/zemlja.gif> (8. 4. 2010)

Ploskve rotacijskega elipsoida ne moremo razviti v ravnino brez deformacij. Zaradi tega pri vsaki kartografski projekciji nastajajo deformacije.

Po Juvančič (2000) delimo kartografske projekcije **glede na vrsto deformacij**:

- konformne (ohranjajo se koti, podobnost likov);
- ekvivalentne (ohranjajo se površine);
- ekvidistantne (ohranjajo se razdalje v eni smeri).

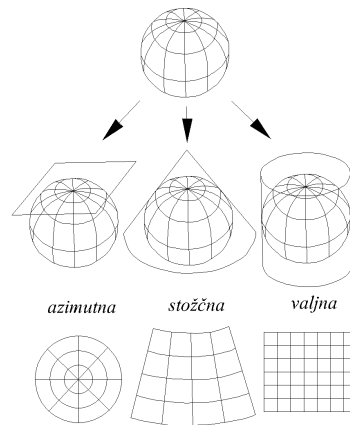
Konformne projekcije ohranjajo podobnost neskončno majhnih likov. Torej se npr. neskončno majhni krogi na različnih delih zemeljske površine preslikajo v kroge različnih velikosti. Te projekcije so primerne za karte velikih meril.

Ekvivalentne projekcije ohranjajo razmerje med površinami na elipsoidu in karti. Torej se krogi enakega premera preslikajo na karto kot elipse enakih ploščin. Pogosto se uporabljajo za karte v atlasih, saj omogočajo primerjavo površin posameznih kontinentov. Primerne so za izdelavo kart majhnih meril.

Ekvidistantne projekcije ohranjajo merilo projekcije v eni smeri, najpogosteje v glavnih smereh elipsoida (meridiani, paralele). Primerne so za izdelavo kart srednjih meril.

Po Juvančič (2000) delimo kartografske projekcije tudi **glede na pomožne projekcijske ploskve** na:

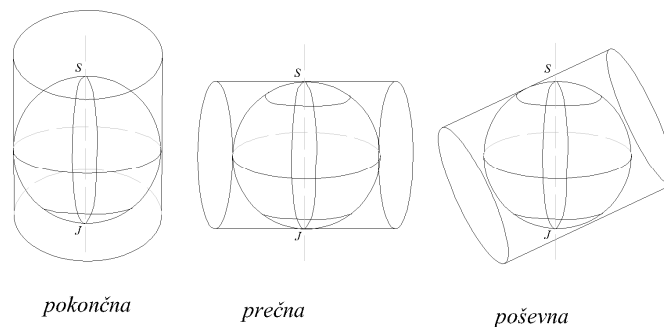
- azimutne (ravninske) projekcije (pomožna projekcijska ploskev je ravnina);
- stožčne (konusne) projekcije (pomožna projekcijska ploskev je plašč stožca);
- valjne (cilindrične) projekcije (pomožna projekcijska ploskev je plašč valja);
- modificirane projekcije.



Slika 7: Prikaz vrst projekcij glede na projekcijsko ploskev

Po Juvančič (2000) delimo kartografske projekcije tudi glede na položaj projekcijske ploskve v odvisnosti od položaja zemeljske osi na:

- pokončne projekcije (osi stožca, valja, ravnina sovpada z rotacijsko osjo Zemlje);
- prečne projekcije (os stožca, valja, ravnina je v ravnini ekvatorja, pri azimutnih projekcijah je projekcijska ploskev pravokotna na ravnino ekvatorja);
- poševne projekcije (projekcijska ploskev leži poljubno glede na rotacijsko os Zemlje).



Slika 8: Prikaz vrst projekcij glede na položaj projekcijske ploskve na primeru valjne projekcije

3.3.1 Projekcija TM (Transverzalna Mercatorjeva)

Projekcija TM je konformna cilindrična projekcija, pri kateri je cilindar rotiran za 90° (prečna oz. transverzalna) glede na ekvator. Vsi vzporedniki in poldnevnik, razen ekvatorja in dotikalnega meridiana, se v prečni Mercatorjevi projekciji preslikajo kot krivulje. Ekvator in dotikalni meridian se preslikata kot ravni liniji. Projekcija TM se uporablja za navigacijske karte.

Projekcija TM se pojavlja v različnih oblikah, ki imajo enake vse osnovne karakteristike in enačbe, razlikujejo se v izbiri koordinatnih transformacijskih parametrov. Med te spadajo:

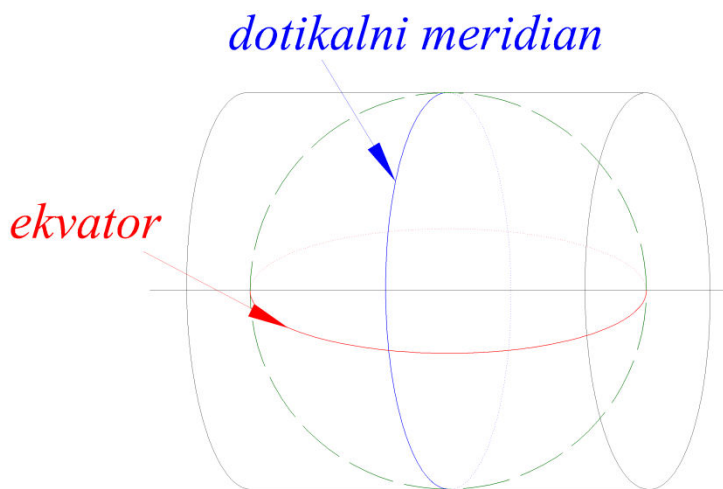
- geografska dolžina izhodišča koordinatnega sistema (centralni meridian),
- geografska širina izhodišča koordinatnega sistema,

- faktor merila na dotikalnem meridianu,
- odmik proti severu,
- odmik proti vzhodu,
- referenčna ploskev.

Prav tako se različne projekcije TM razlikujejo tudi v širini meridijskih con.

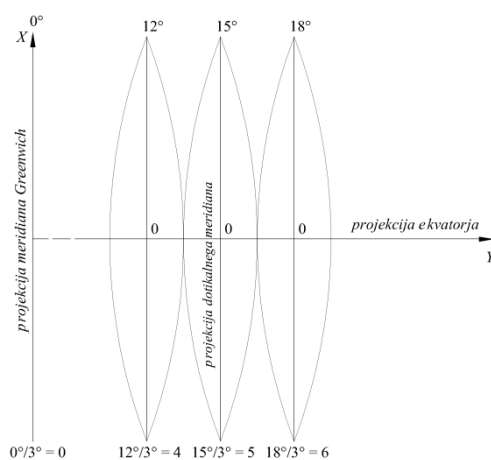
3.3.2 Gauss-Kruegerjeva projekcija

Matematična osnova slovenskega kartografskega sistema je bila in je še vedno Gauss-Kruegerjeva projekcija na Besselovem referenčnem elipsoidu. Gauss-Kruegerjeva projekcija je državna kartografska projekcija Slovenije in spada med projekcije TM, torej je konformna, prečna, cilindrična, centralna projekcija. Centralna projekcija pomeni, da je središče projiciranja v središču Zemlje.



Slika 9: Prikaz prečne cilindrične projekcije

Gauss-Kruegerjeva projekcija razdeli zemeljski elipsoid na 3° meridijske cone, ki potekajo od severnega do južnega pola. Izhodišče meridijskih con je meridian Greenwich. Torej je Zemlja razdeljena na $360^\circ/3^\circ = 120$ meridijskih con. Ker Slovenijo seka 15° vzhodni centralni meridian, je v 5. coni. Referenčna ploskev je Besselov elipsoid.



Slika 10: Prikaz meridijskih con Gauss-Kruegerjeve projekcije

3.3.3 Projekcija UTM (Univerzalna Transverzalna Mercatorjeva)

Projekcija UTM spada med projekcije TM. Za razliko od Gauss-Kruegerjeve projekcije ima projekcija UTM širino meridianske cone 6° . Referenčna ploskev je elipsoid WGS84. UTM projekcija je uradna kartografska projekcija vojaške zveze NATO.

3.4 DRŽAVNI KOORDINATNI SISTEM

Koordinatni sistem predstavlja temelj prostorske umestitve objektov ali pojavov v prostoru. V okviru koordinatnega sistema prostorsko umestimo točke, ki opisujejo objekte ali pojave iz narave. Uradno veljavni koordinatni sistem na območju države se imenuje državni koordinatni sistem. Za vzpostavljanje, vzdrževanje in vodenje državnega koordinatnega sistema je pristojna Geodetska uprava Republike Slovenije.

Državni koordinatni sistem je razdeljen na dve komponenti, horizontalno in višinsko. Položaj točke v horizontalnem in vertikalnem smislu torej obravnavamo ločeno. Horizontalno komponento (lego) obravnavamo v okviru horizontalnega koordinatnega sistema, višinsko komponento (višine) pa v okviru višinskega (vertikalnega) koordinatnega sistema.

Trenutno imamo v Sloveniji:

- višinski državni koordinatni sistem,
- horizontalni državni koordinatni sistem (D48/GK),
- horizontalni državni koordinatni sistem (D96/TM).

3.4.1 Višinski državni koordinatni sistem

Temeljno geodetsko višinsko mrežo Republike Slovenije podajajo višine reperjev v normalnem ortometričnem sistemu višin. Višine točk so določene na osnovi nivelmanske izmere, ki ima izhodišče v Trstu in je preračunana na raven fundamentalnega reperja Ruše. Višinska razlika med poljubno točko v prostoru in izbrano izhodiščno točko je določena geometrično z geometričnim nivelmanom.

Višinski sistem Republike Slovenije definirajo temeljne višinske geodetske točke, ki jih glede na natančnost in način razvijanja mrež uvrščamo v nivelmanske mreže z veliko natančnostjo (NVN). To so nivelmanske mreže 1. reda, nivelmanske mreže 2. reda, nivelmanske mreže 3. reda, nivelmanske mreže 4. reda in mestne nivelmanske mreže.

3.4.2 Horizontalni državni koordinatni sistem (D48/GK)

Horizontalni državni koordinatni sistem z oznako D48/GK je koordinatni sistem, ki ga predstavlja astrogeodetska mreža trigonometričnih točk prvega reda in je bil preračunan leta 1948, zato je tudi označen z oznako D48. Pri tem letnica predstavlja datum izračuna položajev točk astrogeodetske mreže. Ta koordinatni sistem je definiran z astronomskima koordinatama ter nadmorsko višino fundamentalne točke Hermannskogel pri Dunaju in opazovanim astronomskim azimutom na fundamentalni točki proti trigonometrični točki I. reda (Hundsheimer Berg).

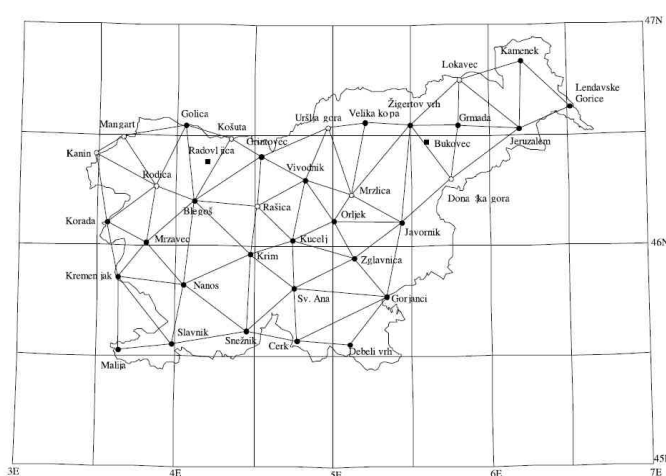
Koordinatni sistem D48/GK je realiziran z geodetskimi točkami, ki predstavljajo matematično osnovo za meritve, geokodiranje in kartografijo. Te točke so na terenu označene, določene so jim tudi koordinate v tem koordinatnem sistemu. Podatke o geodetskih točkah vodi, vzdržuje in posreduje Geodetska uprava Republike Slovenije.

Horizontalne geodetske točke se delijo na **temeljne** horizontalne geodetske točke (v centralni bazi jih je 29.900) in **izmeritvene** horizontalne geodetske točke (v centralni bazi jih je 227.000).

Temeljno horizontalno geodetsko mrežo tvorita položajna geodetska mreža **višjega** in **nižjega reda**. Redova se delita glede na metodo določitve horizontalnih koordinat ter stopnjo njihove natančnosti.

Višji red položajne temeljne geodetske mreže sestavljajo trigonometrična mreža I. reda, skupaj z astrogeodetsko in t. i. bazno mrežo, trigonometrična mreža II. glavnega reda in II. dopolnilnega reda, trigonometrična mreža III. glavnega reda, poligonometrična mreža III. glavnega reda in mestna trigonometrična mreža.

Nižji red položajne temeljne geodetske mreže sestavljajo trigonometrična mreža III. dopolnilnega reda, poligonometrična mreža III. dopolnilnega reda, trigonometrična mreža IV. reda, poligonometrična mreža IV. reda, navezovalna mreža, mestni poligonometrični mreži I. in II. reda.



Slika 11: Astrogeodetska mreža RS

Vir: <http://www.geodetski-vestnik.com/45/gv45-12.pdf> (21. 11. 2009)

Zaradi zahtev klasične terestrične geodezije se trigonometrične točke nahajajo na izpostavljenih mestih, kot so vrhovi gora in hribov.

3.4.3 Horizontalni državni koordinatni sistem (D96/TM)

Poleg dosedanjega (D48/TM) je v Sloveniji od 1. 1. 2008 v uporabi tudi nov koordinatni sistem D96/TM. Koordinatni sistem D96/TM temelji na skupnem evropskem prostorskem koordinatnem sistemu ESRS in se je s 1. 1. 2008 pričel uporabljati v zemljiškem katastru. Na ostalih področjih geodezije se D96/TM še ne uporablja.

Koordinatni sistem D96/TM je del ESRS – evropskega prostorskega referenčnega sistema (European Spatial Reference System). Na osnovi treh kampanj GPS v letih 1994, 1995 in 1996 je bila izvedena vključitev Slovenije v evropski referenčni sestav (EUREF).

3.5 GEODETSKA MREŽA

Osnovni namen geodetske izmere je izdelava topografskih in katastrskih načrtov in kart, za kar potrebujemo mrežo geodetskih točk, določenih v izbranem koordinatnem sistemu. V geodeziji najpogosteje ločeno obravnavamo horizontalno in višinsko mrežo, sodobne metode pa zagotavljajo direktno prostorsko določitev položaja posamezne točke. Po vsej državi je razvita mreža geodetskih točk. Koordinate geodetskih točk določamo z natančnimi

instrumenti za merjenje kotov, dolžin, višinskih razlik ter instrumenti in metodami satelitske geodezije. Z različnimi metodami izmere in izračuna določamo medsebojni položaj teh točk v prostoru. Mreža geodetskih točk je osnova za določitev položaja katerega koli objekta na zemeljskem površju in tudi pod njim.

Za vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje državne geodetske mreže skrbi Geodetska uprava Republike Slovenije. V preteklosti je bilo v Sloveniji stabiliziranih veliko geodetskih točk, ki so na terenu označene in imajo koordinate, določene v koordinatnem sistemu. Te točke nam služijo kot izhodišče za nadaljnje meritve. V današnjem času mrežo geodetskih točk velikokrat vzpostavimo sami na terenu s pomočjo satelitskih meritev (GNSS). Prikaz lege točke v naravi skupaj z njenimi koordinatami in dodatnimi opombami imenujemo **topografija točke**.

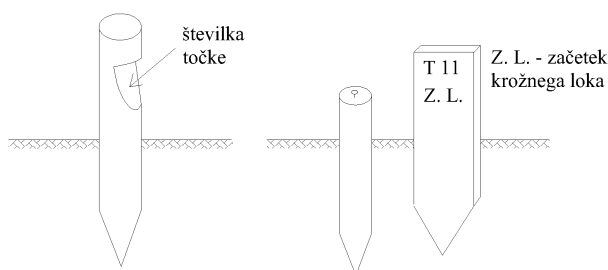
Geodetske točke ločimo na:

- položajne geodetske točke, ki se nadalje delijo na:
 - trigonometrične točke (temeljne), ki definirajo koordinatni sistem,
 - poligonske točke (izmeritvene), ki služijo za detajlno izmero;
- višinske geodetske točke – **reperji**;
- točke GNSS.

3.5.1 Položajna geodetska mreža in njena stabilizacija

Položajno geodetsko mrežo določajo položajne geodetske točke, ki so v naravi označene s trajnimi ali začasnimi znamenji. Točke označujemo na različne načine v odvisnosti od podlage in namena njihove uporabe, pri tem ločimo predvsem med:

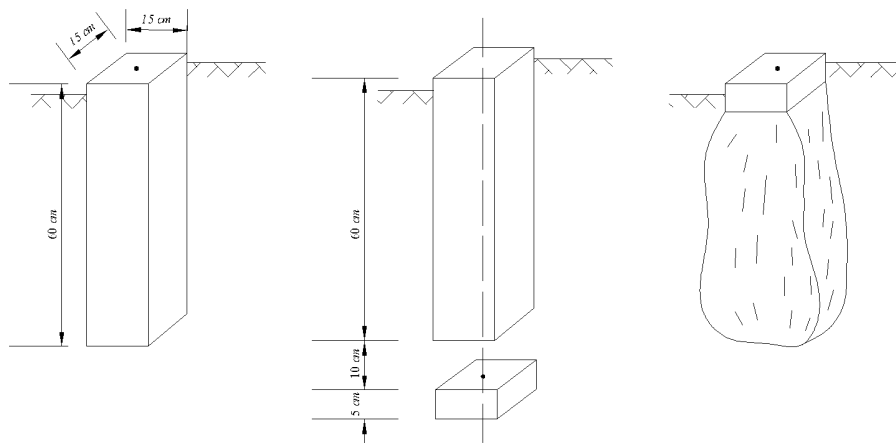
- trajno stabiliziranimi točkami, ki jih potrebujemo dalj časa;
- začasno stabiliziranimi točkami, ki jih potrebujemo le omejen čas (čas gradnje), označujemo jih z lesenimi količki z žebljem v sredini.



Slika 12: Lesen količek z žebljem

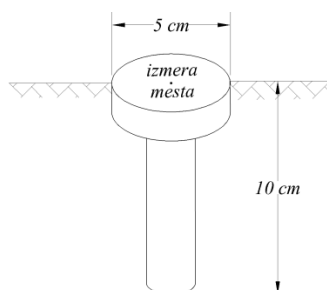
Trajna znamenja so naslednja:

- kvader iz naravnega kamna ali armiranega betona dimenzij $15 \times 15 \times 60 \text{ cm}^3$, na katerem je točka označena z vklesanim križem ali luknjico, pomembnejše točke lahko imajo tudi podzemno zavarovanje ali bočno zavarovanje;



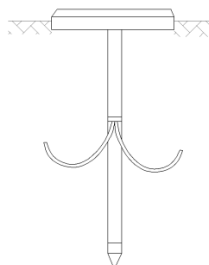
Slika 13: Betonski kvader brez in s podzemnim centrom ter naravni kamen

- cev ali čep iz kovine ($r = 2 - 2,5$ cm);



Slika 14: Medeninast čep

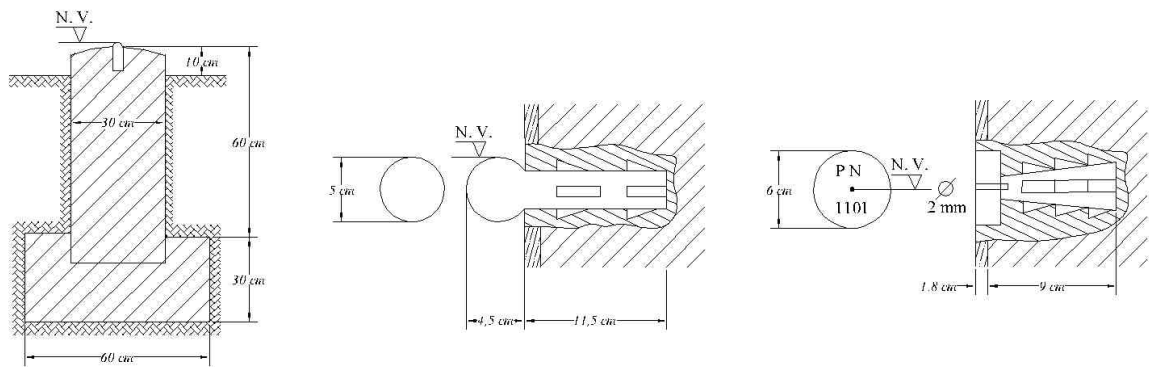
- kovinski klin s plastiko.



Slika 15: Kovinski klin s plastiko

3.5.2 Višinska geodetska mreža in njena stabilizacija

Višinska geodetska mreža je določena z višinskimi točkami, ki jih imenujemo **reperji**. V naravi so označeni s trajnimi znamenji. Najpogosteje so čepi iz litega železa, katerih oblika je odvisna od vrste nivelmana. Vzidani so v trajne trdne objekte, kot so stavbe, mostovi ... V primerih, ko reperja ni mogoče stabilizirati v trajni trden objekt, so v uporabi talni ali samostojni reperji, ki so stabilizirani v skalo ali armiranobetonski steber.



talni reper

nizki reper

visoki reper

Slika 16: Prikaz reperjev

Slika 16 prikazuje različne vrste reperjev. Levo je prikazan reper, stabiliziran v tla, v sredini nizki (približno v višini 0,5 m od tal), desno pa visoki reper, ki je stabiliziran na približni višini 1,5 m nad tlemi.

3.6 POVZETEK

Investitor se je v tem poglavju naučil nekaj o obliki Zemlje, prehodu iz te oblike v ravnino in definiciji položaja točke v prostoru. Ko je svoji ženi pokazal lokacijo parcele, kjer bo gradil, na mestni karti, ji je tudi razložil, da ima vsaka točka, prikazana na karti, svoj ekvivalent v naravi in da je za nastanek takšne karte potrebno veliko znanja o obliki in dimenzijah Zemlje. Na karti je opazil tudi veliko drugih podatkov, ki jih do sedaj ni zaznal.

☞ Tudi vi vzemite v roke različne karte, si jih dobro oglejte in razložite čim več podatkov, prikazanih na njih. Razmislite tudi o njihovem nastanku.

V bližini svoje nove parcele je investitor našel čep, na katerem je pisalo *izmera mesta*. Takoj se je spomnil, da bo tega potreboval geodet, ko bo želel izvesti geodetsko izmero.

☞ Razmislite, ali ima investitor prav, da bo geodet čep potreboval in čemu bo čep služil. Tudi sami bodite ob sprehajanju v naravi pozorni na stabilizirane geodetske točke.

Investitor je na televiziji konec leta 2007 slišal, da bo Slovenija s 1. 1. 2008 prešla na nov koordinatni sistem. Ker je sam gradbenik, ga je skrbelo, kaj to pomeni zanj.

☞ Razmislite in mu pomagajte ugotoviti, ali bo prehod na nov koordinatni sistem, o katerem je sam slišal na televiziji, kakorkoli vplival na njegovo delo.

Več informacij o tem poglavju dobite na:

- <http://e-prostor.gov.si/index.php?id=104>;
- http://www.gu.gov.si/si/delovnapodrocja_gu/projekti_gu/nov_drzavni_koordinatni_sistem/;
- http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html;
- <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/coordsys/coordsys.html>;
- http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html;
- http://www.geoservis.si/uporabno/info/koordinatni_sistemi.htm.

Ponavljjanje

S čim aproksimiramo Zemljo?

Kaj je referenčni elipsoid?

Kaj je geoid?

Katere koordinatne sisteme uporabljamo v geodeziji – skica?

Kako pretvorimo pravokotne koordinate točke v polarne in obratno?

Kako prenesemo koordinate točk iz fizične površine Zemlje na ravnino?

Kako delimo projekcije – skica?

Kaj pomeni, da je projekcija konformna, prečna, valjna?

Kakšna je Gauss-Kruegerjeva projekcija in kakšna projekcija UTM?

Zakaj potrebujemo geodetsko mrežo?

Poskusite poiskati topografijo kakšne točke. Katere podatke o točki vsebuje?

Kaj potrebujete, da lahko najdete neko točko v naravi?

Ko se boste sprehajali v naravi, bodite pozorni na geodetske točke, na katere naletite, in si jih oglejte.

Kako stabiliziramo geodetsko mrežo (položajno in višinsko)?

Kateri je trenutno veljaven državni koordinatni sistem v Sloveniji (razen za zemljiški kataster)?

V kateri koordinatni sistem je prešla Slovenija na področju zemljiškega katastra?

4 PREPROSTO GEODETSKO MERSKO ORODJE

To poglavje bo investitorju predstavilo osnovno geodetsko mersko orodje, ki ga ima s seboj geodet ob prihodu na teren, kar prikazuje slika 17.



Slika 17: Geodetsko mersko orodje

Vir: <http://www.geoservis.si/instrumenti/leica/TPS400.htm> (1. 6. 2010)

Investitorja bo pri tem verjetno zanimalo, čemu služi in kako posamezno orodje deluje. Geodet mu bo razložil, da v geodeziji najpogosteje merimo dolžine, višinske razlike ter kote in da je to orodje namenjeno predvsem tem meritvam. Ob vsem tem je potrebno tudi dobro poznavanje geometrijske optike.

4.1 MERSKI SISTEMI ZA MERJENJE DOLŽIN, KOTOV IN POVRŠIN

V geodeziji merimo predvsem dolžine (horizontalne ali poševne) in višinske razlike ter kote (v horizontalni in vertikalni ravnini).

V nekaterih primerih merimo tudi temperaturo, zračni pritisk in druge meteorološke podatke, ki so predvsem osnova nastavitve elektronskih instrumentov. Pri fizikalnih meritvah merimo tudi gravitacijo Zemlje.

4.1.1 Merske enote

Dolžinske enote

Pri dolžinah je osnovna enota meter. Večina evropskih držav je sprejela metrski sistem s konvencijo leta 1872 v Parizu.

Glede na dejstvo, da se je večina današnje geodetske dejavnosti začelo za časa Avstro-Ogrske (katere del smo bili tudi mi), je potrebno omeniti tudi dolžinsko enoto 1 seženj, ki je takrat veljala:

- 1 seženj = $1^\circ = 1,896484 \text{ m} = 6 \text{ čevljev} = 6'$;
- 1 čevelj = $1' = 0,316081 \text{ m} = 12 \text{ palcev} = 12''$;
- 1 palec = $1'' = 2,634 \text{ cm} = 12 \text{ črtk} = 12'''$;
- 1 poštna milja = $4000 \text{ sežnje} = 7,585936 \text{ km}$.

Površinske enote

Za določanje ploščin uporabljamo enoto kvadratni meter. Večkrat se uporabljajo tudi iz kvadratnega metra izvedene naslednje ploskovne mere:

- 1 a = 100 m²;
- 1 ha = 100 a = 10000 m²;
- 1 km² = 100 ha = 10000 a = 1 000 000 m².

Kotne enote

Pri kotih uporabljamo seksagezimalni in centezimalni sistem.

V seksagezimalnem (šestdesetiškem) sistemu ima polni krog 360°, osnovna enota pa je stopinja (1°).

1 stopinja = 1° = 60' (minut) = 3600" (sekund);
1 minuta = 1' = 60".

Ker je seksagezimalni sistem manj ugoden za pretvorbe, so pričeli uvajati centezimalni (stotiški) sistem.

Tu je osnovna enota 1 grad (1^g) ali 1 gon, polni krog pa je 400 gradov oz. 400 gonov.

1 grad = 1^g = 100^c (centigradov) = 10000^{cc} (centicentigradov),

1 centigrad = 1^c = 100^{cc}.

Primer zapisa:

- v seksagezimalnem sistemu: 16° 15' 36";
- v centezimalnem sistemu: 16,2560 gon = 16^g 25^c 60^{cc}.

Včasih se za kotne mere uporablja tudi ločni sistem.

Osnovna enota v ločnem sistemu je radian. Radian je središčni kot v krogu, ki pripada loku, enako dolgemu kot je polmer kroga. Polni kot je 2π radianov.

Med ločnim in seksagezimalnim kotnim merskim sistemom obstaja naslednja zveza:

$$\alpha^{\circ} = \varphi \cdot \alpha,$$

$$\varphi^{\circ} = 180^{\circ}/\pi \approx 57,3^{\circ}, \varphi' \approx 3438', \varphi'' \approx 206\,265'',$$

kjer so:

φ – redukcijska enota za pretvorbo iz ločnega v seksagezimalni sistem,

α° – kot v seksagezimalnem sistemu,

α – v ločnem sistemu.

Analogno velja pri pretvorbi iz ločnega v centezimalni sistem:

$$\varphi^g = 200^g/\pi \approx 63,7^g, \varphi^c \approx 6366^c, \varphi^{cc} \approx 636\,620^{cc}.$$

Predvsem pri nizkih zgradbah v gradbeništvu uporabljamo za izražanje naklonov vrednosti v odstotkih in promilih. Naklon v odstotkih je vertikalni dvig ali spust na 100 m horizontalne dolžine, naklon v promilih pa vertikalni dvig ali spust na 1000 m horizontalne dolžine.

Zapišemo ju:

$$n \% = h/d \cdot 100,$$

$$n \text{‰} = h/d \cdot 1000.$$

4.2 OSNOVNI PRIPOMOČKI PRI TERENSKIH MERITVAH

4.2.1 Označevanje točk na terenu

Točke, ki jih uporabljamo pri izmeri, so lahko stalne ali pačasne geodetske točke. Stalne geodetske točke so označene (stabilizirane) na terenu z betonskimi ali kamnitimi kvadri in

medeninastimi ali aluminijastimi čepi. Pomembnejše točke imajo tudi podzemni center, ki omogoča ponovno vzpostavitev nadzemnega centra ob njegovi poškodbi.

Začasne geodetske točke (ki jih potrebujemo le omejen čas – na primer v času gradnje) označujemo (stabiliziramo) z lesenimi količki, na katere zabijemo žebelj kot center točke, ali z železnimi klini in cevmi.

4.2.2 Trasirke

Za signalizacijo točk, med katerimi merimo razdalje ali kote, uporabljamo trasirke. Te so lahko lesene ali kovinske, večinoma dolge 2 m, lahko so zložljive. Pobarvane so izmenično z rdečo in belo barvo, posamezno polje pa je dolgo 20 cm. Trasirke postavljamo na točke s pomočjo kovinskega trinožnika. Trasirka mora vedno stati navpično.

4.2.3 Grezila

Pri geodetskih meritvah na terenu s pomočjo grezila določimo vertikalno postavitev trasirk in centriramo geodetske instrumente na označeno točko. Pri slednjem lahko uporabljamo tudi optično ali lasersko grezilo, ki je sestavni del instrumenta.

4.2.4 Libele

Z njimi določamo horizontalno ali vertikalno ravnino. Poznamo cevne in dozne oblike. V večini primerov so sestavni del geodetskih instrumentov, redkeje jih v geodeziji uporabljamo ločeno (predvsem za vertikalno postavljanje geodetskih lat in trasirk).

Klasične zidarske cevne libele so lahko opremljene tudi z virom vidne laserske svetlobe, ki je vgrajen v ohišje. Laserski žarek nam podaljša horizontalno ravnino ohišja libele, ki jo določa laserska pika na vertikalni oviri (stena, opaž, profil ...). Doseg in natančnost take laserske libele se giblje v mejah od 3 do 15 mm na razdalji do 30 m.

4.2.5 Merski trakovi

Za geodetske meritve v gradbeništvu uporabljamo praviloma le ročne merske trakove. Ročni merski trak je iz jekla, za zaščito je plastificiran, širok od 10 do 15 mm. Običajno se uporabljajo trakovi dolžin 20, 30 in 50 m. Na traku je označena centimeterska razdelba, prvi decimeter pa je razdeljen tudi na milimetre. Oštevilčeni so decimetri. Na traku sta vgravirani tudi temperatura, pri kateri ima trak pravilno dolžino, in sila, s katero moramo merski trak napenjati pri natančnih meritvah (npr. 20 °C, 50 N). Dolžine merskih trakov je potrebno občasno kontrolirati na komparatorjih.

4.2.6 Ročni laserski merilnik razdalj

Ročni laserski merilnik je oddajnik in sprejemnik laserskega svetlobnega žarka, ki potuje od naprave do ovire, od katere se odbije, in nazaj. Digitalni procesor na podlagi števila registriranih valov svetlobnega valovanja določi razdaljo in jo izpiše na ekranu. Merilnik doseže natančnost ± 3 mm na razdalji do 30 m. Priročen je predvsem v objektih (za meritev je potrebna le ena oseba). Z izmerjenimi dolžinami procesor opravlja tudi osnovne računske operacije (računanje površin in volumnov).

4.3 OSNOVE GEOMETRIJSKE OPTIKE IN OSNOVNI OPTIČNI ELEMENTI

Optika je področje fizike, ki se ukvarja z obnašanjem in lastnostmi svetlobe, pri čemer upošteva interakcijo svetlobe z objekti. Prav tako se ukvarja z zgradbo optičnih delov instrumentov, ki upoštevajo njene lastnosti ali pa jo zaznavajo.

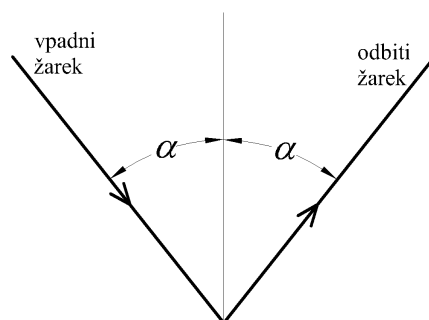
Svetloba je elektromagnetno valovanje. Večino optičnih pojavov lahko pojasnimo s klasičnim opisom elektromagnetnega valovanja. Celoten opis elektromagnetnega valovanja svetlobe je praktično zelo težek. Praktična optika je tako najpogosteje narejena z upoštevanjem poenostavljenih modelov, med katerimi prevladuje geometrijska optika, ki obravnava svetlobo kot skupek žarkov, ki potujejo kot ravne linije in spremenijo pot, ko naletijo na različne snovi.

Različne snovi na svetlobo različno reagirajo. Svetloba:

- se na zrcalnih ploskvah odbije – odboj svetlobe;
- se na nepropustnih snoveh absorbira – absorpcija svetlobe;
- prehaja skozi propustne snovi – prehod svetlobe.

4.3.1 Odboj žarka

Žarek se odbije na zrcalnih ploskvah. Princip odboja žarka prikazuje slika 18.



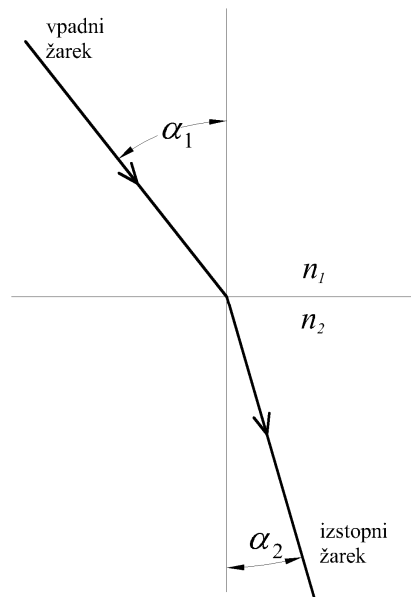
Slika 18: Odboj žarka

Za odboj žarka veljata dva zakona:

- vpadni in odbitni žarek ležita v isti ravnini;
- vpadni kot je enak odbojnemu.

4.3.2 Lom žarka

Žarek prehaja skozi propustne snovi. Pri tem se na svoji poti odkloni od ravne linije. Princip loma žarka pri prehodu skozi različne snovi prikazuje slika 19.



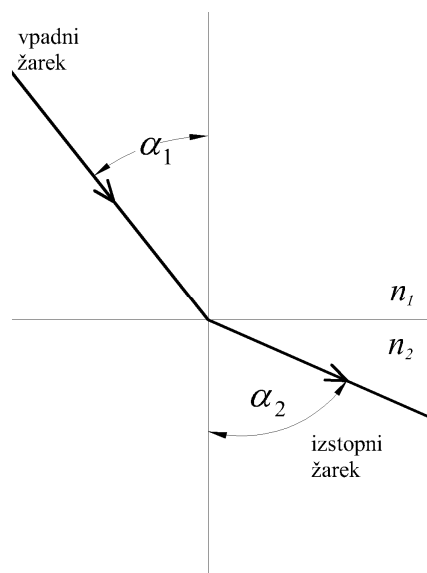
Slika 19: Lom žarka (iz optično redkejše v optično gostejšo snov)

Za lom žarka veljata dva zakona:

- vpadni in izstopni žarek ležita v isti ravnini;
- lomni zakon $n_2/n_1 = \sin \alpha_1/\sin \alpha_2$, kjer sta n_1 in n_2 lomna količnika snovi, skozi kateri žarek potuje, α_1 kot vpadnega in α_2 kot izstopnega žarka. Lomni količnik n predstavlja razmerje med hitrostjo svetlobe v vakuumu in hitrostjo svetlobe v snovi.

Pri tem velja:

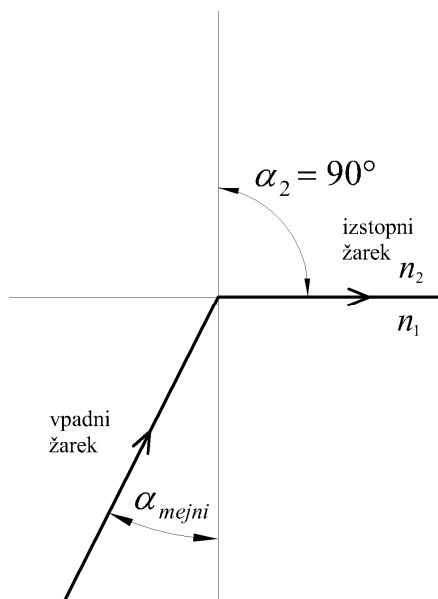
- če žarek preide iz optično redkejše v optično gostejšo snov, se žarek lomi k pravokotnici (slika 19) $n_1 < n_2$;
- če žarek preide iz optično gostejše v optično redkejšo snov, se žarek lomi od pravokotnice (slika 20) $n_2 < n_1$.



Slika 20: Lom žarka (iz optično gostejše v optično redkejšo snov)

4.3.3 Totalni odboj žarka

Totalni odboj svetlobe nastopi pri prehodu iz optično gostejše v optično redkejšo snov. Prikazuje ga slika 21.



Slika 21: Totalni odboj

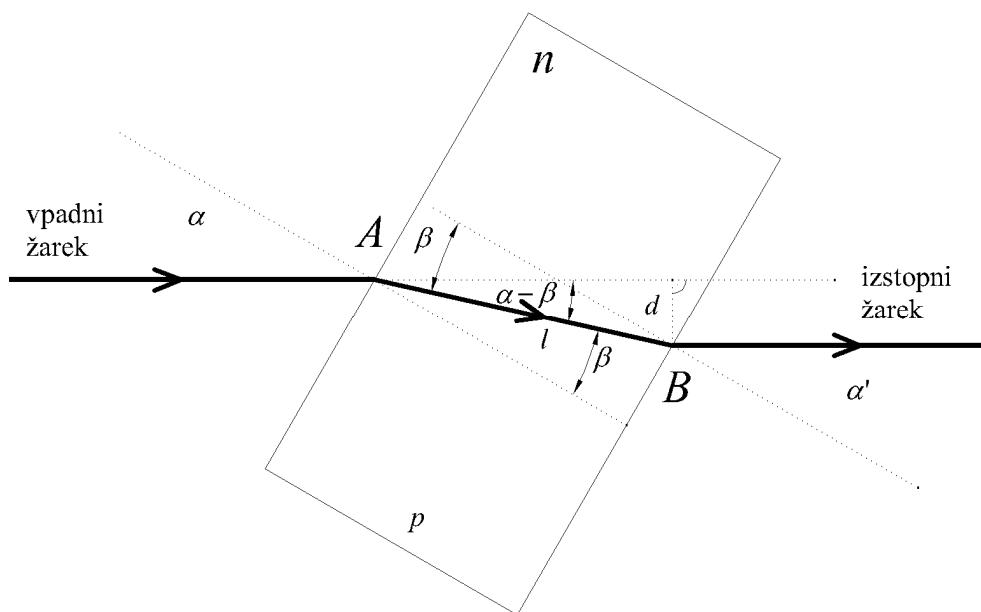
Če žarek preide iz neke snovi (n_1) v zrak ($n_2=1$), se lomni zakon poenostavi:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \Rightarrow \frac{1}{n_1} = \frac{\sin \alpha_{mejni}}{\sin 90^\circ} \Rightarrow n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_{mejni}}$$

Za snovi z različnimi lomnimi količniki je mejni kot α_{mejni} torej različen.

4.3.4 Prehod žarka skozi planparalelno ploščo

Za žarek, ki prehaja skozi planparalelno ploščo, velja, da je izhodni žarek vzporeden vpadnemu žarku. Pri tem morata biti stranici planparalelne plošče vzporedni.



Slika 22: Prehod žarka skozi planparalelno ploščo

S pomočjo slike lahko sestavimo enačbi:

$$p = l \cdot \cos \beta;$$

$$d = l \cdot \sin (\alpha - \beta) = \frac{P}{\cos \beta} \cdot \sin (\alpha - \beta) = \frac{P}{\cos \beta} \cdot (\sin \alpha \cdot \cos \beta - \cos \alpha \cdot \sin \beta),$$

kjer je:

$l = d(AB)$ – dolžina žarka znotraj planparalelne plošče,

p – debelina planparalelne plošče,

n – lomni količnik planparalelne plošče,

d – premik žarka pri prehodu skozi planparalelno ploščo za majhne α_1 in α_2 .

Za majhne α , β velja: $\sin \alpha \approx \hat{\alpha}$ (sinus kota je približno enak kotu v radianih), $\cos \alpha \approx 1$, $\cos \beta \approx 1$.

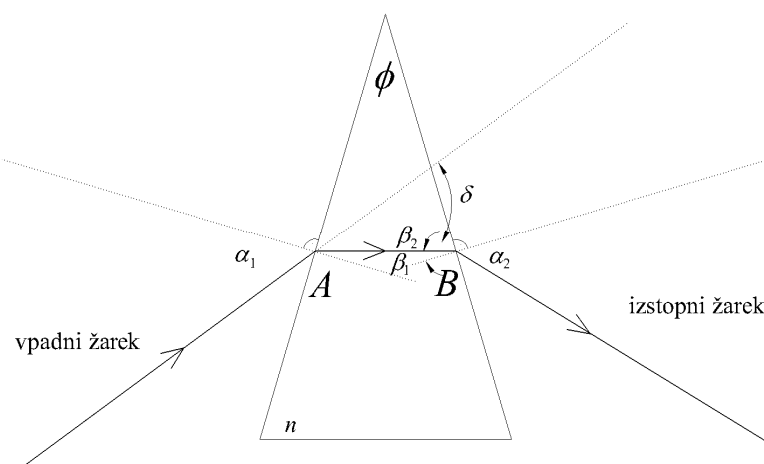
Lomni zakon (upoštevamo, da žarek najprej potuje skozi zrak $n_1 = 1$):

$$\frac{n}{1} = n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n};$$

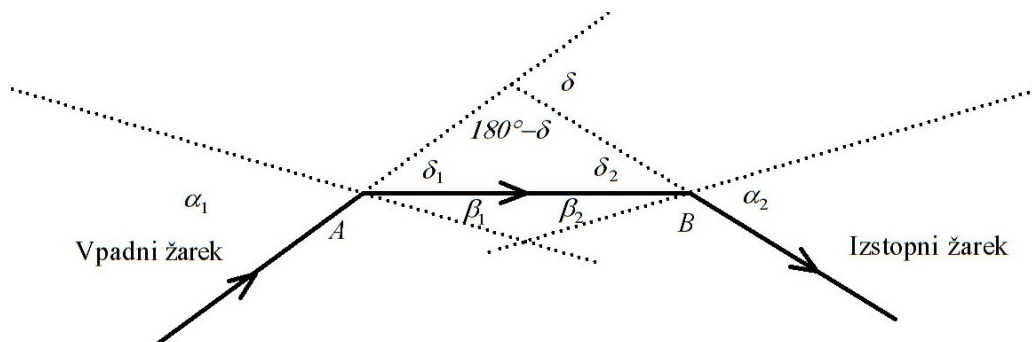
$$d \approx p \cdot \left(\hat{\alpha} - \frac{\hat{\alpha}}{n} \right) = p \cdot \hat{\alpha} \cdot \left(1 - \frac{1}{n} \right) = p \cdot \hat{\alpha} \cdot \frac{n-1}{n}.$$

4.3.5 Prehod žarka skozi optični klin

Za žarek, ki prehaja optični klin, velja, da se izstopni žarek odkloni glede na vpadni žarek za kot δ .



Slika 23: Prehod žarka skozi optični klin



Slika 24: Pomožna skica za izračun prehoda žarka skozi optični klin

Slika 24 nam sugerira naslednje enačbe:

- v točki A je:

$$\delta_1 = \alpha_1 - \beta_1;$$
- v točki B je:

$$\delta_2 = \alpha_2 - \beta_2;$$
- vsota kotov v trikotniku je:

$$180^\circ = \delta_1 + \delta_2 + 180^\circ - \delta \Rightarrow \delta = \delta_1 + \delta_2;$$
- če v zgornjo enačbo vstavimo δ_1 in δ_2 , dobimo:

$$\delta = \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2 = \alpha_1 + \alpha_2 - (\beta_1 + \beta_2). \quad (4.1)$$

Slika 23 nam sugerira naslednje enačbe:

- vsota kotov v trikotniku je:

$$180^\circ = \phi + 90^\circ - \beta_1 + 90^\circ - \beta_2$$

$$\phi = \beta_1 + \beta_2. \quad (4.2)$$

Če upoštevamo formuli (3.1) in (3.2), dobimo

$$\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \phi. \quad (4.3)$$

Lomni zakon:

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1}.$$

Če upoštevamo, da so α_1 , β_1 , α_2 in β_2 majhni koti, dobimo:

- pri vstopu žarka v optični klin: $\alpha_1 = n \cdot \beta_1$;
- pri izstopu žarka iz optičnega klina: $\alpha_2 = n \cdot \beta_2$.

To upoštevamo v enačbi (3.3):

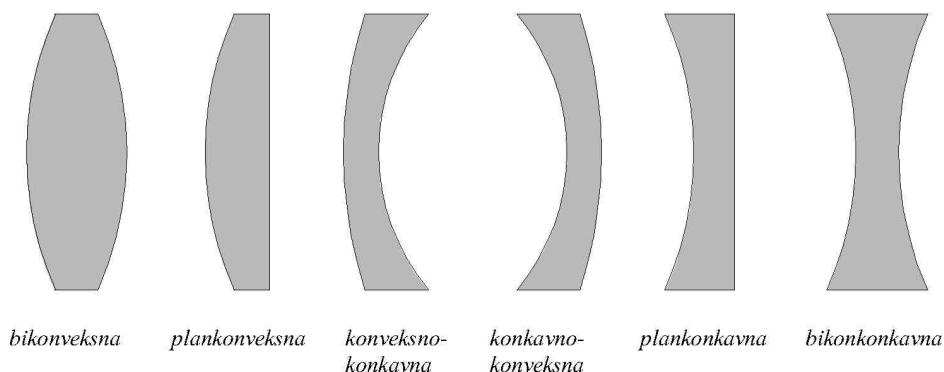
$$\delta = n \cdot \beta_1 + n \cdot \beta_2 - \phi = n \cdot (\beta_1 + \beta_2) - \phi.$$

Ob upoštevanju enačbe (3.2) dobimo kot loma žarka pri prehodu skozi optični klin:

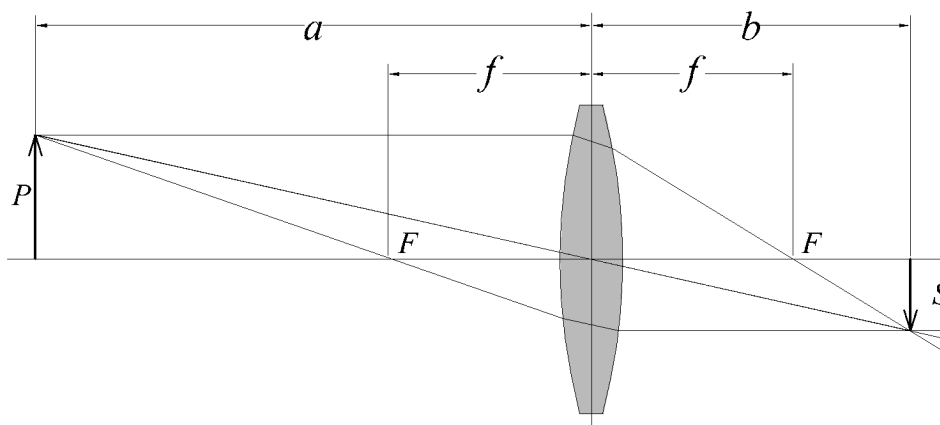
$$\delta = n \cdot \phi - \phi = \phi \cdot (n - 1).$$

4.3.6 Leče

Leča je stekleno telo, omejeno z dvema sferinima oz. ravnima površinama, ki lomita svetlobo. Njene lastnosti so odvisne od geometrije leče in materialov, iz katerih je leča sestavljena. Večina leč je sfernih, pri katerih sta obe strani leče dela krogle (sfere). Vsaka stran leče je lahko izbočena (konveksna), vbočena (konkavna) ali ravna (plana).



Slika 25: Prikaz leč



Slika 26: Prikaz poti žarka skozi lečo

Slika 26 prikazuje prehod žarka skozi lečo. Oznake na sliki pomenijo:

F – gorišče leče,

P – predmet,

S – slika predmeta.

S pomočjo slike lahko nastavimo enačbe. Enačba tanke leče se glasi: $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ (za izpeljavo si oglejte spletno stran <http://hirophysics.com/Anime/thinlenseq.html>).

Konveksna (zbiralna) leča poda pomanjšano obrnjeno sliko, konkavna (razpršilna) pa pomanjšano, a ne obrnjeno sliko.

4.4 POVZETEK

Naš investitor se je v tem poglavju naučil, da za merjenje tako dolžin kot tudi kotov uporabljamo različne enote, ne le metra oziroma kotnih stopinj, minut in sekund. Na televiziji je slišal, da si je gradbeni delavec pri delu poškodoval roko in da ima 2 inča dolgo rano.

☞ Pomagajte mu ugotoviti, koliko centimetrov dolgo rano ima delavec.

Odločil se je, da bo po meji parcele postavil ograjo. Pri tem ga je zaskrbelo, kako bo vertikalno postavil stebre in kako naj prečno zabije late, da bodo horizontalne.

☞ Razmislite in mu pomagajte ugotoviti, katero geodetsko mersko orodje naj pri tem uporabi.

Ves čas gradnje objektov je te fotografiral. Ker je len in je želel vse objekte fotografirati iz istega stojišča, je spreminjal goriščno razdaljo.

☞ Zakaj je spreminjanje goriščne razdalje smiselno?

Več informacij o tem poglavju dobite v/na:

- Kovačič, B. *Geodezija za gradbene inženirje*. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, 2004.
- Medak, D., in Pribičević, B. *Geodezija v građevinarstvu*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2003.
- http://www2.arnes.si/~osmbcirk1/www_fizika/Opticni_pojavi.htm;
- <http://www.lecad.uni-lj.si/~leon/distray/node9.html>;
- <http://sl.wikipedia.org/wiki/Odboj>;
- http://sl.wikipedia.org/wiki/Lom_svetlobe;
- http://sl.wikipedia.org/wiki/Lomni_zakon;
- http://hr.wikipedia.org/wiki/Le%C4%87a_%28optika%29;
- http://en.wikipedia.org/wiki/Lens_%28optics%29;
- <http://www-f5.ijs.si/catalog/datoteke/optika-20071026174256.pdf>;
- http://masaambrozic.freehost386.com/zrcala_lece.html;
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/geoopt/lenseq.html>;
- http://en.wikipedia.org/wiki/Thin_lens;
- <http://hirophysics.com/Anime/thinlenseq.html>.

Ponavljjanje

Katere dolžinske merske enote poznamo?

Katere merske sisteme poznamo za kote?

Kaj je naklon izražen v procentih?

Kako ugotovimo, če je kotna vrednost zapisana v stotiškem ali v šestdesetiškem sistemu?

Katere vrste točk uporabljamo pri izmeri?

Čemu služijo trasirke?

Kaj določamo z grezili?

Katere vrste libel poznamo?

Kakšna je natančnost merjenja razdalj z ročnim laserskim merilnikom razdalj?

Narišite skico odboja žarka in navedite zakona za odboj žarka.

Na kakšnih ploskvah se žarek odbije?

Kaj se zgodi s svetlobo pri lomu žarka? Skozi kakšne snovi svetloba prehaja?

Narišite skico loma žarka in navedite zakona za lom žarka za primer prehoda svetlobe iz optično redkejši snovi v optično gostejšo snov in obratno.

Narišite skico totalnega odboja žarka in napišite enačbo poenostavljenega lomnega zakona.

Kaj velja za prehod žarka skozi planparalelno ploščo (razlaga s skico)?

Kaj velja za prehod žarka skozi optični klin (razlaga s skico)?

Kakšne leče poznamo?

Kakšna je enačba tanke leče?

5 MERJENJE KOTOV

Investitor bi se rad podrobneje seznanil z napravo, ki jo geodet uporablja na trinožnem stojalu (stativ). To napravo imenujemo elektronski tahimeter, ker z njo hkrati merimo dolžine in kote. Geodet mu bo povedal, da obstajajo tudi instrumenti, s katerimi merimo le kote in se imenujejo teodoliti. Razložil mu bo, da je pri merjenju s tema instrumentoma potrebna prava mera kritike, saj je merjenje obremenjeno z več pogreški. Pojasnil mu bo, da se teodoliti in posledično tudi elektronski tahimetri med seboj razlikujejo na več načinov, posebej pa je potrebno biti pozoren na razdelitev glede na natančnost merjenja kotov. Vsak teodolit namreč ni primeren za vsako delo.



Vir:

<http://www.arch.cam.ac.uk/pictures/450-total-station-survey-balar-hisar.jpg> (3. 5. 2010)

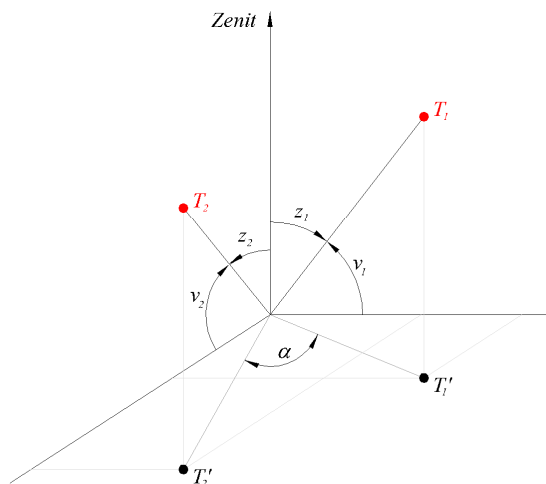
Razložil mu bo, da je instrument, ki ga bo za določeno delo izbral, takšen, da bo zagotavljal natančnost merjenja, ki ga zahteva projektna dokumentacija. Pokazal mu bo, kako poteka postopek postavitve instrumenta in mu razložil pomen posameznega koraka pri postavljanju.

5.1 DEFINICIJA HORIZONTALNEGA IN VERTIKALNEGA KOTA

V geodeziji položaj točk v prostoru najpogosteje določimo posredno z merjenjem različnih količin, med katerimi prevladujeta merjenje kotov in dolžin. Kot je del ravnine. Omejujeta ga dva poltraka z istim izhodiščem, ki ga imenujemo vrh kota. Ta dva poltraka imenujemo kraka kota. Pri geodetskih merjenjih je kot podan s tremi točkami na terenu, od katerih ena predstavlja vrh kota. Najpogosteje je v vrhu kota postavljen instrument za merjenje kotov (stojišče instrumenta), ostali točki kota sta vizirani točki. Kraka kota zavzemata v prostoru poljubno lego, zato oklepata prostorski kot. Kote najpogosteje označujemo z malimi črkami grške abecede: α , β , φ ...

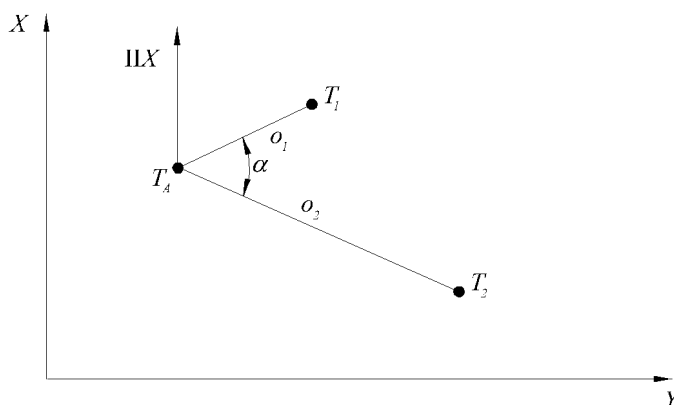
Prostorski kot v tridimenzionalnem prostoru v naravi razstavimo na:

- **horizontalni kot** α , ki je sestavljen iz projekcije krakov prostorskega kota na horizontalno ravnino in je pozitiven ter zavzema vrednosti $0^\circ < \alpha < 360^\circ$ in
- **zenitno razdaljo** z , ki je kot, ki ga oklepa krak prostorskega kota z vertikalno skozi vrh kota in zavzema vrednosti $0^\circ < z < 180^\circ$. Komplement zenitni razdalji je vertikalni kot $\nu = 90^\circ - z$. To je kot, ki ga oklepa krak prostorskega kota in projekcija tega kraka na horizontalno ravnino in zavzema vrednosti $-90^\circ < \nu < 90^\circ$.



Slika 27: Prikaz kota v prostoru

Z instrumentom za merjenje kotov izmerimo kot, ki ga imenujemo opazovana smer (odčitek na horizontalnem krogu, oznaka o), in zenitno razdaljo (odčitek na vertikalnem krogu, oznaka z).



Slika 28: Horizontalni kot

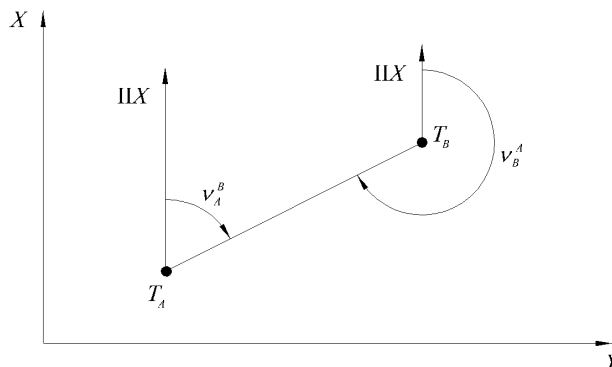
Horizontalni kot α je razlika dveh opazovanih smeri, zato ga moramo izračunati:

$$\alpha = o_2 - o_1. \tag{5.1}$$

Horizontalni kot potrebujemo za določitev položaja točk v horizontalni ravnini, zenitno razdaljo pa za določitev višine točke (več v poglavju 6 Merjenje višin).

5.1.1 Smerni kot

Smerni kot ν točke T_B v točki T_A je horizontalni kot na referenčni ploskvi, ki ga oklepata smer glavnega meridiana (II k osi X) in smer geodetske linije $T_A T_B$. ($0^\circ \leq \nu \leq 360^\circ$). Slika 29 prikazuje smerni kot ν_A^B točke T_A na točko T_B in smerni kot ν_B^A točke T_B na točko T_A .



Slika 29: Smerni kot

Za smerne kote velja $v_A^B = v_B^A \pm 180^\circ$.

Smerni kot služi kot osnova za izračun položaja točk.

5.2 TEODOLIT

Teodolit je instrument za natančno merjenje horizontalnih in vertikalnih kotov. V današnjem času so teodoliti elektronski in vsebujejo tudi elektronski razdaljemer. Takšne teodolite imenujemo **elektronski tahimetri**.

5.2.1 Zgradba teodolita

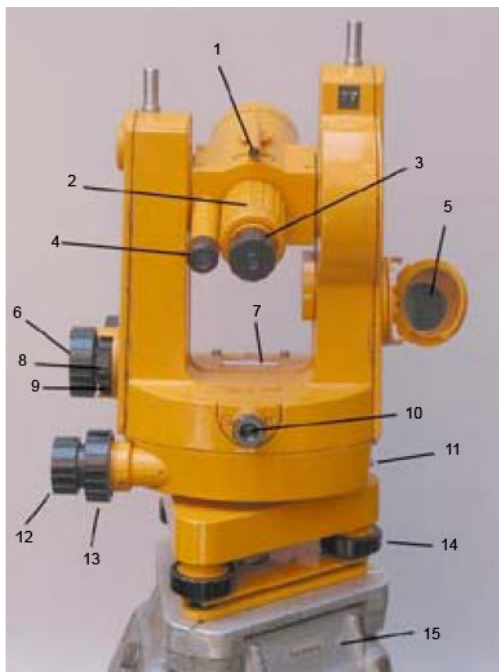
Sluga (1986) opredeljuje, da je teodolit sestavljen iz dveh glavnih sestavnih delov:

- spodnji del:
 - podnožje s tremi vznožnimi vijaki za horizontiranje (slika 31);
 - horizontalni krog ali limb, na katerega je sournano nanešena kotna razdelba (0° – 360° ali 0 – 400 grad);
- zgornji del:
 - alhidada z dozno in cevno libelo, ki nosi na sebi ves zgornji del teodolita (slika 31);
 - nosilec daljnogleda, ki je pritrjen na alhidadi;
 - nosilna os daljnogleda, ki se imenuje tudi horizontalna os;
 - daljnogled, ki se lahko vrti okrog horizontalne osi ter skupaj z alhidado tudi okrog vertikalne osi. Nagniti ga je mogoče navzgor in navzdol ter obrniti za 180° okrog horizontalne osi. Na tak način zamenjata legi okular (pri očesu) in objektiv (mesto na drugi strani daljnogleda). Pravimo, da je teodolit v prvi oz. drugi krožni legi. V prvi krožni legi je vertikalni krog na levi strani (slika 31), v drugi krožni legi pa na desni strani (slika 30);
 - vertikalni krog s kotno razdelbo za merjenje vertikalnih kotov v oz. zenitnih razdalj z . Pritrjen je na eni strani horizontalne osi in se vrti skupaj z nagibanjem daljnogleda.

Slika 30 prikazuje sestavne dele teodolita:

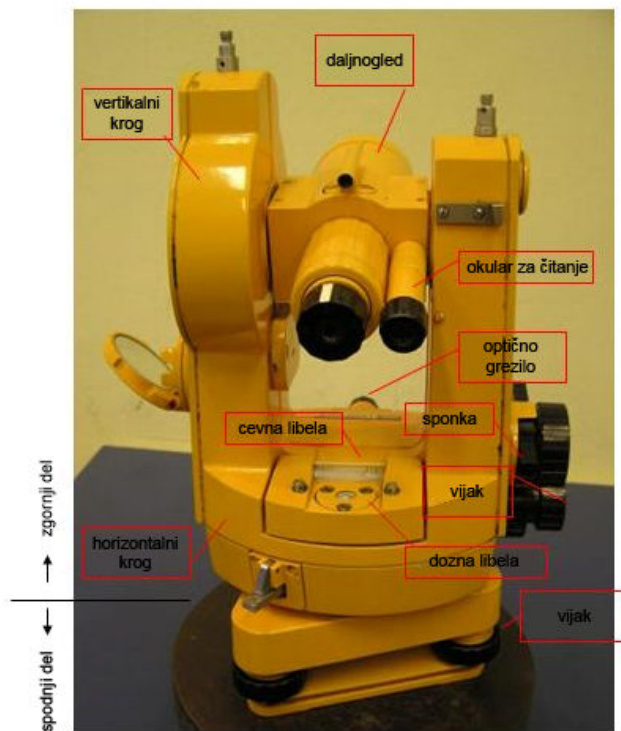
- daljnogled (1 – diopter za grobo viziranje, 2 – vijak za nastavljanje ostrine slike, 3 – vijak za nastavljanje ostrine nitnega križa);
- okular za čitanje odčitkov na horizontalnem in vertikalnem krogu (4);
- zrcalo za lovljenje svetlobe (5);
- vijak za fino viziranje, da naravnomo nitni križ natančno na vizurno točko v horizontalni smeri (12) in vertikalni (13) smeri;
- libela (dozna za grobo in cevna za fino horizontiranje) (7);

- sponka za fiksiranje horizontalnega (9) in vertikalnega kroga (8);
- optično grezilo (10);
- repeticijski vijak (11) za premik horizontalnega kroga;
- vijak za skrivanje in prikaz odčitka na vertikalnem krogu (6);
- podnožje s tremi vznožnimi vijaki za horizontiranje (14);
- stativ (15).



Slika 30: Sestavni deli teodolita – teodolit v II. krožni legi

Vir: Prirejeno po: <http://en.wikijan.com/wiki/Theodolite> (10. 10. 2009)



Slika 31: Sestavni deli teodolita – teodolit v I. krožni legi

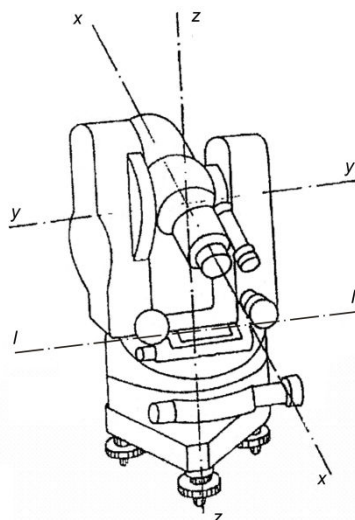
Vir: Prirejeno po: <http://en.wikijan.com/wiki/Theodolite> (10. 10. 2009)

5.2.2 Osi teodolita

Sluga (1986) navaja, da skozi teodolit potekajo tri osi (slika 32):

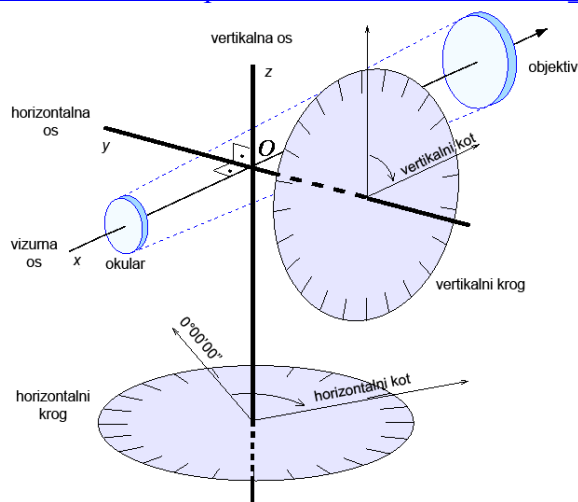
- vertikalna ali vrtina os alhidade (os z),
- horizontalna ali vrtilna os daljnogleda (os y),
- vizura ali kolimacijska os (os x).

Prav tako je zelo pomembna tudi os alhidadne libele – os l .



Slika 32: Osi teodolita

Vir: Prirejeno po: http://de.academic.ru/pictures/dewiki/84/Theodolit_Schema.PNG (7. 4. 2010)



Slika 33: Prikaz horizontalnega in vertikalnega kroga teodolita skupaj z osmi

Vir: Prirejeno po: http://wiki.gis.com/wiki/images/thumb/5/5e/Theodolite_vermeer.png/180px-Theodolite_vermeer.png (7. 4. 2010)

5.2.3 Pogreški (napake) teodolita

Vse osi so namišljene linije. Pri merjenju horizontalnih in vertikalnih kotov morajo zavzemati med seboj določeno lego. Posledica nepravilne lege osi so pogreški teodolita. Teodolit brez pogreškov bi moral izpolnjevati naslednje pogoje (Sluga, 1986):

- os z mora biti vertikalna; v nasprotnem primeru ima teodolit **pogrešek alhidadne libele**;
- os y mora biti pravokotna na os z (torej horizontalna); v nasprotnem primeru ima teodolit **pogrešek horizontalnosti osi y** ;

- os x mora biti pravokotna na os y ; v nasprotnem primeru ima teodolit **kolimacijski pogrešek**;
- os z mora potekati skozi središče razdelbe horizontalnega kroga; v nasprotnem primeru nastopi pogrešek **ekscentričnosti alhidade**;
- os y mora potekati skozi središče razdelbe na vertikalnem krogu; v nasprotnem primeru nastopi pogrešek **ekscentričnost vertikalnega kroga**;
- osi x , y in z se morajo sekati v isti točki; v nasprotnem primeru nastopi pogrešek **ekscentričnosti vizure**;
- pri horizontalni vizuri mora biti odčitek pri naravnani zavarovalni libeli na vertikalnem krogu 0° (če ima teodolit razdelbo za vertikalni kot) oz. 90° (če ima teodolit razdelbo za zenitno razdaljo); v nasprotnem primeru ima teodolit **indeksni pogrešek**.

5.2.4 Preizkušanje in rektifikacija teodolita

Med naštetimi pogoji je najpomembnejši pogoj vertikalnosti osi z . Ostale pogreške je mogoče odpraviti z metodo meritve horizontalnih in vertikalnih kotov. Ne glede na to, vsak teodolit pred prvo uporabo ali med daljšo uporabo preizkusimo in rektificiramo. Pogreške preizkušamo in odpravljamo glede na štiri pogoje (Sluga, 1986):

- **pogrešek alhidadne libele**. Teodolit privijemo na stativ. Zavrtimo alhidado tako, da je cevna libela v vzporednem položaju z dvema vznožnima vijakoma, s katerima naravnamo mehurček libele, da vrhuni. Nato obrnemo alhidado za 90° v smer tretjega vznožnega vijaka in z njim libelo ponovno vrhunimo. Alhidado nato obrnemo za 180° , pri čemer je libela spet usmerjena v smeri tretjega vznožnega vijaka. Če mehurček vrhuni, je os z vertikalna oziroma je os alhidadne libele l pravokotna na os z . Če mehurček ne vrhuni, odpravimo polovico pretega mehurčka s korekcijskim vijakom libele, drugo polovico pa s tretjim vznožnim vijakom. Po rektifikaciji teodolita mora mehurček vrhuniti v poljubnem položaju alhidade.
- **kolimacijski pogrešek c** . Dobro vidno točko, ki je na približno isti višini kot teodolit in je od teodolita oddaljena vsaj 100 m, naviziramo najprej v I. in nato v II. krožni legi ter odčitamo odčitek na horizontalnem krogu. Odčitka se morata razlikovati za 180° , sicer je meritev pogrešena z dvojnimi kolimacijskim pogreškom. Ta pogrešek odpravimo z merjenjem v obeh krožnih legah, pri čemer kot rezultat vzamemo povprečno vrednost odčitkov v prvi in drugi krožni legi, zmanjšani za 180° .

$$c = \frac{(II \pm 180^\circ) - I}{2}, \quad (5.2)$$

kjer je:

I – odčitek na horizontalnem kotu v I. krožni legi,

II – odčitek na horizontalnem kotu v II. krožni legi.

- **pogrešek horizontalnosti osi y** . Teodolit postavimo pred visoko stavbo na oddaljenosti približno 50 m. Točko na vrhu stavbe naviziramo v I. krožni legi. Pri priviti alhidadi zavrtimo daljnogled v horizontalni položaj in označimo navizirano mesto na stavbi. Nato isto točko na vrhu stavbe naviziramo še v II. krožni legi in ponovimo postopek. V kolikor točki v horizontu instrumenta na stavbi ne sovpadata, ima teodolit pogrešek horizontalnosti osi y . To napako je potrebno odpraviti na servisu. Na terenu jo odpravimo z merjenjem v obeh krožnih legah.
- **indeksni pogrešek i** . Dobro definirano točko naviziramo najprej v I. in nato v II. krožni legi. Na vertikalnem krogu odčitamo oba odčitka. Vsota odčitkov mora biti 360° . Pogrešek odpravimo z merjenjem v obeh krožnih legah.

$$i = \frac{z_I + z_{II} - 360^\circ}{2}, \quad (5.3)$$

kjer je:

z_I – zenitna razdalja v I. krožni legi,
 z_{II} – zenitna razdalja v II. krožni legi.

Preostale tri pogreške teodolita (ekscentričnosti) odpravimo s čitanjem na diametralnih mestih horizontalnega ali vertikalnega kroga, za kar poskrbi proizvajalec instrumenta.

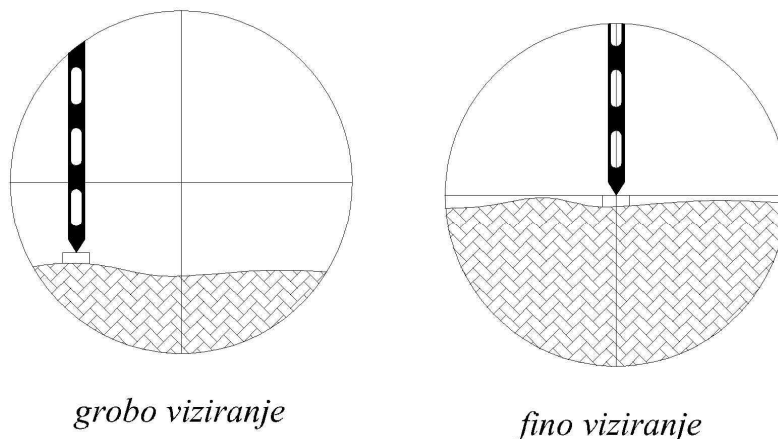
5.2.5 Postavitev teodolita

Stojišče instrumenta je točka, na katero postavimo teodolit. Ta točka definira vrh kota. Teodolit najprej privijemo na stativ s pomočjo srčnega vijaka. Nato teodolit postavimo nad točko s pomočjo grezila. Močno pohodimo noge stativa, da se zabodejo v tla. To nam zagotovi stabilnost instrumenta med merjenjem. Nato vznožne vijake vrtimo toliko časa, da optično grezilo kaže v točko. Potem instrument približno **horizontiramo**. Za približno horizontiranje služi dozna libela, ki jo z dvigovanjem in spuščanjem nog stativa vrhunimo. Ko je približno horizontiranje zaključeno, sledi fino horizontiranje s pomočjo cevne libele. Cevno libelo postavimo v smer dveh vznožnih vijakov in jo z vrtenjem obeh vrhunimo. Nato alhidado zavrtimo za 90° v smer tretjega vijaka in z njegovo pomočjo vrhunimo cevno libelo ter v poljubnem položaju alhidade preverimo, ali cevna libela vrhuni. Sledi fino **centriranje** teodolita na točko z optičnim grezilom. Najprej delno odvijemo srčni vijak, da lahko teodolit pomikamo po stativu, nato teodolit premaknemo tako, da bo teodolit točno nad točko in privijemo srčni vijak. Sledi ponovitev finega horizontiranja in nadaljnjih korakov tako dolgo, dokler instrument ni postavljen nad točko.

Instrument je postavljen nad točko, ko optično grezilo kaže v center točke in cevna libela vrhuni v vseh položajih alhidade. Tako je instrument pripravljen za delo.

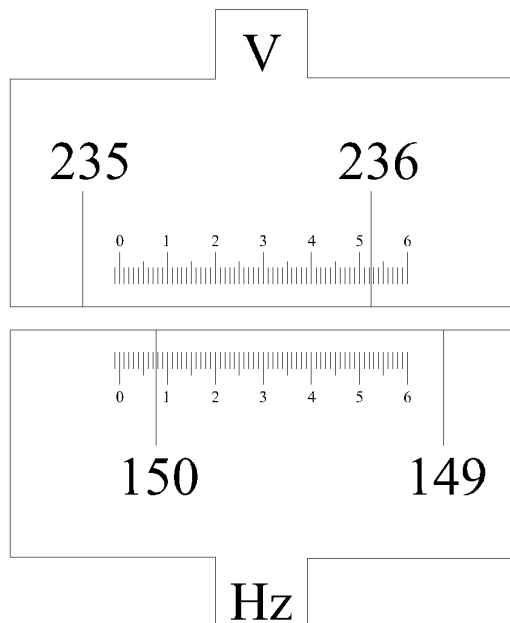
5.2.6 Merjenje kotov

Ko je teodolit horizontiran in centriran nad stojiščem, sledi **viziranje** ciljne točke, ki ga lahko razdelimo na grobo (slika 34) in fino viziranje (slika 34). Pri odviti alhidadi in daljnogledu usmerimo daljnogled proti ciljni točki, pri čemer si pomagamo z dioptrom (slika 30). Grobo viziranje je zaključeno, ko je ciljna točka v zornem polju daljnogleda. Zgornji del teodolita fiksiramo s sponkami za fiksiranje. Izostrimo sliko nitnega križa in sliko ciljne točke. Fino viziranje opravimo z vijaki za premikanje alhidade in daljnogleda. Fino viziranje je zaključeno, ko je presečišče srednje horizontalne in vertikalne niti nitnega križa naravnano točno na ciljni točki.



Slika 34: Grobo in fino viziranje

Ko je fino viziranje opravljeno, sledi **čitanje** odčitkov na horizontalnem in vertikalnem krogu. Odčitek na vertikalnem krogu je **vertikalni kot** ali **zenitna razdalja** (odvisno od razdelbe posameznega teodolita), odčitek na horizontalnem krogu pa je **smer** (ne kot).



Slika 35: Primer odčitka

Slika 35 prikazuje primer odčitka. Pri konkretnem teodolitu na vertikalnem krogu čitamo vertikalni kot in ne zenitne razdalje, kar je potrebno upoštevati pri računanju. Stopinje in minute odčitamo, sekunde pa ocenimo. V primeru na sliki znaša odčitek na vertikalnem krogu $256^{\circ}52'00''$, na horizontalnem pa $235^{\circ}05'00''$.

5.2.7 Vrste teodolitov

Teodolite ločimo na več načinov.

Glede na natančnost merjenja kotov jih ločimo na (za kriterij je vzeta najmanjša enota čitanja na krogu):

- gradbene teodolite:
 - najmanjša enota čitanja na krogu znaša 30" (najmanjša natančnost);
 - uporabljajo se za zakoličenje gradbenih objektov in za enostavno izmero (zamenjujejo ortogonalno izmero);
- inženirske teodolite:
 - najmanjša enota čitanja na krogu znaša 3";
 - uporabljajo se za zakoličenje večjih objektov in za polarno topografsko izmero;
- precizne teodolite:
 - najmanjša enota čitanja na krogu znaša 1";
 - uporabljajo se za geodetske mreže višjih redov, za natančna zakoličenja in za merjenje deformacij in premikov;
- astronomske teodolite:
 - najmanjša enota čitanja na krogu znaša 0,1";
 - uporabljajo se za merjenja v osnovni geodetski mreži in za astronomska merjenja.

Gradbeni in inženirski teodoliti spadajo med navadne, precizni in astronomski pa med sekundne teodolite.

Glede na način čitanja odčitkov na horizontalnem in vertikalnem krogu delimo teodolite na:

- optične teodolite in
- elektronske teodolite.

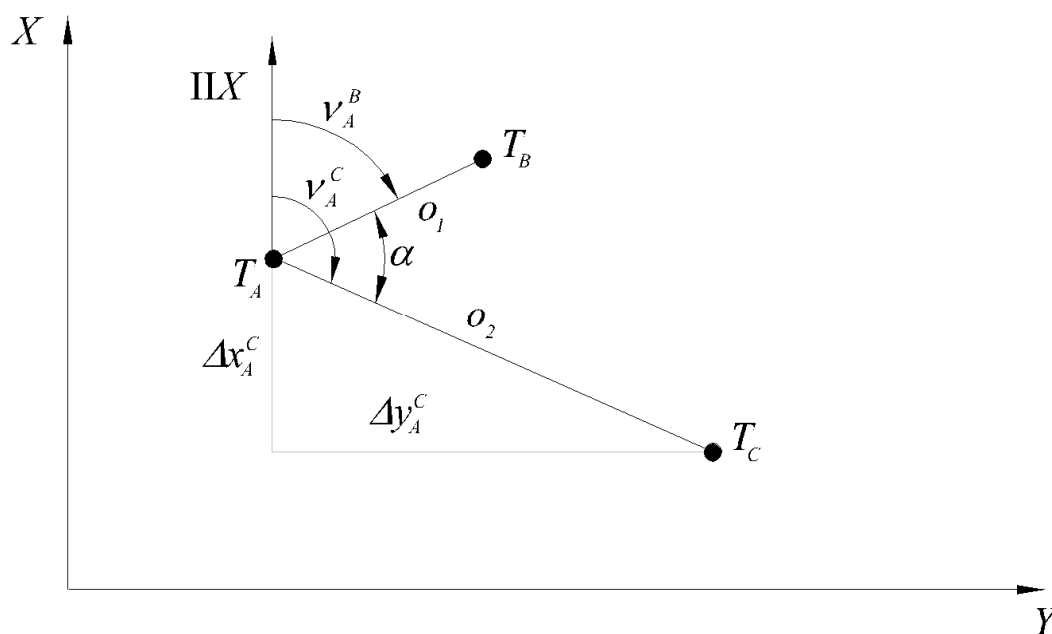
Pri elektronskih teodolitih čitamo odčitek na ekranu, pri optičnih pa čitamo odčitek v posebej za to nameščenem okularju za čitanje odčitkov na teodolitu (slika 30, slika 31, slika 35).

Natančnost merjenja kotov s teodolitom je odvisna od več dejavnikov, in sicer povečave in ostrine daljnogleda, občutljivosti libel, natančnosti in načina čitanja razdelbe.

5.3 MERJENJE HORIZONTALNIH IN VERTIKALNIH KOTOV

V horizontalni ravnini želimo izmeriti kot z vrhom v stojišču teodolita T_A , zato s teodolitom naviziramo najprej prvo točko T_B , katere položaj poznamo, in odčitamo odčitek na horizontalnem krogu o_1 . Nato naviziramo drugo točko T_C in odčitamo odčitek na horizontalnem krogu o_2 . Horizontalni kot α je razlika obeh odčitkov.

$$\alpha = o_2 - o_1 \quad (5.4)$$



Slika 36: Merjenje horizontalnih kotov

Takšen način uporabimo, kadar ne potrebujemo visoke natančnosti. V geodeziji pa velja, da je potrebno vsako meritev opraviti večkrat zaradi morebitnih napak pri merjenju (pogreški teodolita, operaterja in okolja). V praksi je potrebno iz enega stojišča izmeriti istočasno več kotov, za kar uporabimo **girusno metodo meritev**. Pri tej metodi najprej izberemo točko, ki je dobro vidna, najbolj definirana in primerno oddaljena. V I. krožni legi nato v smeri urinega kazalca opravimo opazovanja na posamezno točko, nato teodolit obrnemo v II. krožno lego in naviziramo zadnjo točko ter v obratni smeri urinega kazalca opravimo opazovanja še v II. krožni legi. To imenujemo en girus. Najpogosteje se ne zadovoljimo z merjenjem v enem girusu, ampak vsaj v dveh ali več, s čimer povečamo natančnost merjenja kotov. Pri tem pri vizuri na začetno točko med posameznimi girusi premaknemo odčitek na horizontalnem krogu za kot $\delta = 180^\circ/n$, kjer je n število girusov.

Vertikalne kote oz. zenitne razdalje merimo navadno v treh ponovitvah. Tri vrednosti z oz. v dobimo:

- s trikratnim viziranjem na horizontalno srednjo nit nitnega križa v obeh krožnih legah (novejši instrumenti);
- z viziranjem na vse tri horizontalne niti nitnega križa (zgornjo, srednjo, spodnjo) v obeh krožnih legah (starejši instrumenti).

Najpogosteje so horizontalni in vertikalni koti merjeni istočasno.

5.4 POVZETEK

V tem poglavju je investitor spoznal kot v prostoru ter instrument za merjenje kotov, tj. teodolit. Naučil se je, da s teodolitom ne merimo brez pogrškov, in spoznal pogrške, njihov nastanek in način njihovega zmanjšanja ter odstranitve. Spoznal je tudi način preizkušanja in rektifikacije teodolita.

Teodolit se je naučil priviti na stativ ter spoznal horizontiranje in centriranje. Pogledal je tudi skozi okular teodolita in naviziral ciljno točko, pri čemer je točko najprej grobo in šele nato fino viziral. Ko je točko naviziral, je odčital odčitke. Opazil je, da instrument podaja dva podatka, od katerih je eden označen z V , drug pa s Hz .

☞ Pomagajte mu ugotoviti, kaj odčitka predstavljata. Razmislite tudi, kakšne vrednosti lahko zajema vertikalni kot in kakšne zenitna razdalja ter kakšen je odnos med tema količinama. Razmislite še, ali sta horizontalni in vertikalni kot med seboj odvisna.

Najpomembnejše, kar je spoznal, je to, da za vsako meritev ni primeren vsak teodolit. Čeprav teodolit pokaže rezultat na 1", ve, da to ne pomeni tudi njegove natančnosti. Zaveda se, da ta podatek pomeni le ločljivost zapisa.

☞ Tudi vi poiščite razliko med natančnostjo in ločljivostjo.

Investitor je opazil, da je geodet za zakoličenje objektov uporabil drug tahimeter, kot ga je za geodetski načrt. Več o zakoličenju je izvedel v poglavju 11.2 *Pojem in pomen zakoličenja*.

☞ Pomagajte mu ugotoviti, za katero meritev je geodet uporabil natančnejši instrument.

Več informacij o tem poglavju dobite na:

- http://www.geod.nrcan.gc.ca/edu/geod/survey/survey02_e.php;
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Theodolite>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=fgd16wFo844&feature=related>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=BapoW7wY0yc&feature=related>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=c9U0xlmCzGI&feature=related>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=HUCFvCojP18>.

Ponavljjanje

Kako je sestavljen prostorski kot v prostoru (skica)?

Kaj je horizontalni kot in katere vrednosti lahko zavzema?

Kaj je vertikalni kot in kaj zenitna razdalja? Katere vrednosti lahko zavzemata? Kakšen je odnos med vertikalnim kotom in zenitno razdaljo (skica)?

Za nek teodolit ne vemo, ali podaja vertikalni kot ali zenitno razdaljo. Pri skoraj horizontalni vizuri ugotovimo, da odčitek na vertikalnem krogu znaša $89^{\circ}15'$. Ali teodolit podaja vertikalni kot ali zenitno razdaljo?

Kateri so sestavni deli teodolita in njihov pomen?

Opišite osi teodolita in navedite njihove lege (skica).

Kaj je I. in kaj II. krožna lega teodolita?

Katere pogreške ima teodolit?

Kako ugotovimo, ali ima teodolit pogrešek alhidadne libele?

Kako ugotovimo, ali ima teodolit kolimacijski pogrešek? Kako ga odpravimo?

Kako ugotovimo, ali ima teodolit pogrešek horizontalnosti osi y?

Kako ugotovimo, ali ima teodolit indeksni pogrešek? Kako ga odpravimo?

Kako poteka postavitve teodolita?

Kako poteka merjenje kotov?

Kako delimo teodolite?

Ali pri merjenju horizontalnih kotov dobimo horizontalni kot? Kako dobimo horizontalni kot?

Kako poteka girusna metoda meritev?

Na spletu poiščite prikaze horizontiranja, centriranja, viziranja teodolita in si jih oglejte.

6 MERJENJE VIŠIN

Figurant, ki bo geodetu pomagal in nosil prizmo na trasirki od točke do točke, bo geodetu ob spremembi višine trasirke sporočil novo višino. Geodet bo spremenjene podatke vnesel v elektronski tahimeter. Ker bo investitorja zanimalo, zakaj je ta podatek potreben, mu bo geodet razložil, da ta podatek potrebuje za določitev višine točke, za kar se uporablja metoda trigonometričnega višinomerstva. Za višinsko zakoličenje bo geodet uporabil drug instrument, ki se imenuje nivelir. Investitorju bo razložil, da je višinska razlika, določena s tem instrumentom, natančnejša, zato ga bo pri zakoličenju, kjer mora biti višina določeno z visoko natančnostjo, tudi uporabljal.

6.1 ABSOLUTNA VIŠINA IN RELATIVNA VIŠINA (VIŠINSKA RAZLIKA)

Pri višinski izmeri terena določamo višinske razlike med točkami (relativne višine) in absolutne višine posameznih točk.

Absolutna višina ali nadmorska višina točke je njena vertikalna oddaljenost od dogovorjene primerjalne ali nivojske ploskve, ki je določena s srednjo gladino morja. V praksi v veliki večini primerov tudi absolutno višino novih točk določamo na podlagi merjene višinske razlike od že znane točke.

Osnova za določanje nadmorskih višin poljubnim točkam je omrežje stabiliziranih višinskih točk, tako imenovanih reperjev, z znanimi nadmorskimi višinami.

Omrežje stalnih višinskih točk je v Sloveniji navezano na reper v Trstu (pomol Sartorio), katerega višina je določena glede na srednjo gladino morja.

Reperji so lahko stabilizirani na različne načine (slika 16).

6.2 METODE MERJENJA VIŠIN

Poznamo naslednje metode višinomerstva: barometrično višinomerstvo, trigonometrično višinomerstvo in niveliranje.

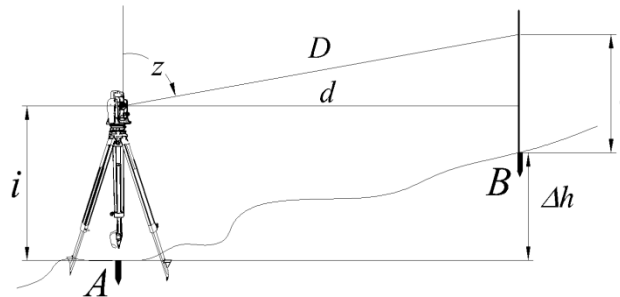
6.2.1 Barometrično višinomerstvo

Pri tej metodi višinsko razliko ugotavljamo na podlagi razlike v zračnem tlaku, ki se spreminja z višino. Za to uporabljamo živosrebrni barometer ali kovinski aneroid.

Ker poleg spremembe nadmorske višine na zračni tlak vplivajo še drugi faktorji (temperatura in drugi vremenski pojavi), je ta metoda manj natančna. Z upoštevanjem vseh nastopajočih faktorjev dosežemo natančnost $\pm (1-10)$ m, kar je za geodetske meritve le redkokdaj dovolj.

6.2.2 Trigonometrično višinomerstvo

Z metodo trigonometričnega višinomerstva določimo višinsko razliko med točkama na osnovi merjene **zenitne razdalje** z in poznane horizontalne d ali merjene poševne **dolžine** D . Metoda je uporabna za določanje višin točk, nenadomestljiva je pri določevanju višin nedostopnih točk in v kombinaciji z geometričnim nivelmanom pri prenosu višin na daljše oddaljenosti.



Slika 37: Trigonometrično višomerstvo

Na osnovi slike lahko nastavimo enačbo:

$$\Delta h = \frac{d}{\tan z} + i - l$$

oziroma

$$\Delta h = D \cdot \cos z + i - l,$$

kjer je:

i – višina instrumenta na točki A ,

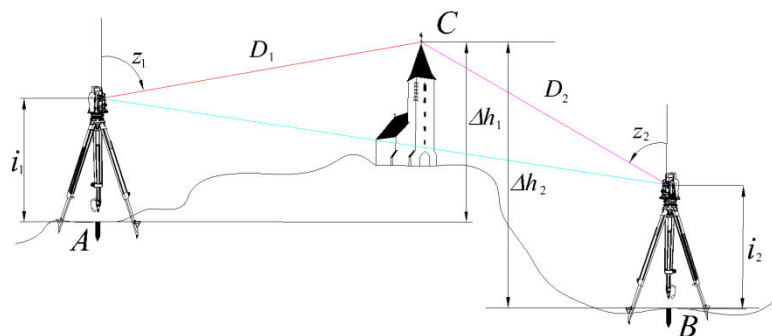
l – višina tarče/late na točki B ,

Δh – višinska razlika med točkama A in B .

Višino točke B sedaj izračunamo kot:

$$H_B = H_A + \Delta h.$$

Pogosto horizontalne razdalje med stojiščem in iskano točko ne moremo določiti neposredno. V takih primerih jo je potrebno določiti posredno.



Slika 38: Merjenje nedostopne točke

Na osnovi slike lahko nastavimo enačbi:

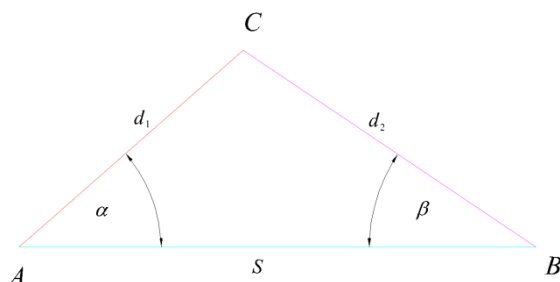
$$\Delta h_1 = D_1 \cdot \cos z_1 + i_1$$

oziroma

$$\Delta h_2 = D_2 \cdot \cos z_2 + i_2.$$

Kot lahko opazimo, v tem primeru v enačbi nimamo višine tarče/late l , saj le-te na cilji točki nimamo postavljene. V takšnem primeru viziramo direktno točko, za katero nas zanima višina.

Vendar v tem primeru poševnih razdalj D_1 in D_2 ne moremo meriti, zato moramo razdaljo med točko A in C oziroma med točko B in C izračunati. Pri tem si pomagamo tako, da pogledamo situacijo na sliki v horizontalnem koordinatnem sistemu.



Slika 39: Prikaz merjenja v horizontalni ravnini

Ker poznamo položaj točk A in B , lahko med njima izračunamo horizontalno razdaljo S . Na terenu izmerimo horizontalna kota α in β . Nato za izračun horizontalnih razdalj d_1 in d_2 uporabimo sinusov izrek:

$$\frac{d_1}{S} = \frac{\sin \beta}{\sin (180^\circ - (\alpha + \beta))} = \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$$

$$d_1 = S \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$$

oziroma

$$d_2 = S \frac{\sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)}.$$

Sedaj izračunamo višinski razliki med točko A in točko C ter točko B in točko C :

$$\Delta h_1 = \frac{d_1}{\tan z_1} + i_1$$

oziroma

$$\Delta h_2 = \frac{d_2}{\tan z_2} + i_2,$$

$$H_C = H_A + \Delta h_1 = H_B + \Delta h_2.$$

Natančnost trigonometričnega višinomerstva pada kvadratično z naraščanjem oddaljenosti točk in z večanjem višinskega kota. Pri običajnih meritvah, kjer imamo večjo oddaljenost med točkami, natančnost višinske razlike znaša ± 4 cm/km, pri meritvah krajših oddaljenosti in dolžinah, merjenih z elektronskimi razdaljemerji, znaša natančnost višinske razlike 1 mm/100 m.

6.2.3 Niveliranje

Od vseh metod višinomerstva z niveliranjem dosežemo najbolj natančne rezultate. Višinske razlike določamo s pomočjo horizontalne vizure, ki nam jo določa nivelir, in njenega vertikalnega odmika od točk, ki ga določamo s pomočjo vertikalno postavljenih lat.

Pri tehničnih niveliranjih je natančnost od ± 5 do ± 8 mm na 1 km, pri preciznih niveliranjih pa ± 1 do ± 2 mm na 1 km. S preciznimi nivelirji in invar latami lahko dosežemo celo natančnost $\pm 0,2$ do $\pm 0,5$ mm na 1 km.

Niveliranje delimo po namenu na:

- generalno niveliranje, pri katerem določamo višine tako imenovanim stalnim višinskim točkam ali reperjem;
- detajlno niveliranje, pri katerem določamo višine detajlnim točkam.

6.3 NIVELIR

6.3.1 Zgradba nivelirja

Bistvo nivelirja je, da nam omogoči natančno horizontalno vizuro.

Nivelir ima podnožje s tremi vznožnimi vijaki za horizontiranje, alhidado z dozno libelo, privojni in neskončni vijak za horizontalno premikanje in daljnogled z nitnim križem. Funkcije naštetih sestavnih delov so podobne kot pri teodolitu. Tudi nivelir postavljamo na stativ, daljnogled pa se vrti le okoli vertikalne osi. Nekateri nivelirji imajo tudi horizontalni krog s kotno razdelbo in pripravo za odčitavanje kotnih vrednosti. Natančnost teh horizontalnih krogov je majhna. Ponavadi imajo največ minutno razdelbo. Nitni križ v daljnogledu ima, ravno tako kot pri teodolitu, tudi zgornjo in spodnjo nit, s pomočjo katerih lahko merimo razdalje (z natančnostjo od 0,20 do 0,30 m).

Bistveni sestavni del nivelirja je kompenzator. Ta je sestavljen iz sistema prizem in zrcal, od katerih vsaj en del prosto visi. Ob nagibanju nivelirja se viseči del pod vplivom težnosti premakne in zagotovi, da vizura ostane horizontalna.

Kompenzator nam pomeni bistveno lažje in hitrejše delo pri postavljanju instrumenta in merjenju.

Po dosegljivi natančnosti nivelirje delimo na:

- nivelirje manjše natančnosti ali »gradbene nivelirje« ($\pm 5\text{--}6$ mm/km),
- nivelirje srednje natančnosti ali »inženirske nivelirje« ($\pm 2\text{--}3$ mm/km),
- nivelirje visoke natančnosti ali »precizne nivelirje« ($\pm 0,2\text{--}0,5$ mm/km).

6.3.2 Vrste nivelirjev

Poleg klasičnih kompenzacijskih nivelirjev poznamo tudi elektronske in laserske nivelirje.

Elektronski (digitalni) nivelir

Tudi ti nivelirji imajo vgrajen kompenzator za horizontiranje vizure. Njegova bistvena vsebina je elektronski sistem za obdelavo slik, s katerim določi odčitek na lati s črtno kodo (ta mora stati vertikalno). Odčitek na lati in horizontalna dolžina se prikažeta na zaslonu in ju lahko z vgrajenimi funkcijami in programi nadalje obdelujemo (shranjevanje, izračun višine vizure, izračun višine reperja). Z elektronskim nivelirjem dosežemo večjo hitrost pri delu (predvsem je to pomembno pri večjem številu reperjev, ki jim določamo višino), hkrati pa zmanjšamo možnost napak, ki nastanejo ob odčitavanju, zapisovanju in računanju z odčitanimi podatki.

Laserski nivelir

Klasičnemu kompenzacijskemu ali elektronskemu nivelirju lahko konstrukcijsko dodamo viden laserski žarek, ki poteka v smeri horizontalne vizure.

Predvsem pri višinskem zakoličenju ali prenosu višin na objektu je ta dodatek zelo uporaben. Če ima instrument rotor, ki vrti žarek okoli vertikalne osi, nam laserska svetloba vizualizira horizontalno ravnino (in tako olajša delo pri prenašanju višin na območju gradbišča ali v

grajenem objektu). Če laserski žarek ni viden, ima instrument v kompletu senzor, ki nas s svetlobnim in zvočnim signalom opozarja, kdaj smo v horizontalnem polju vizure.

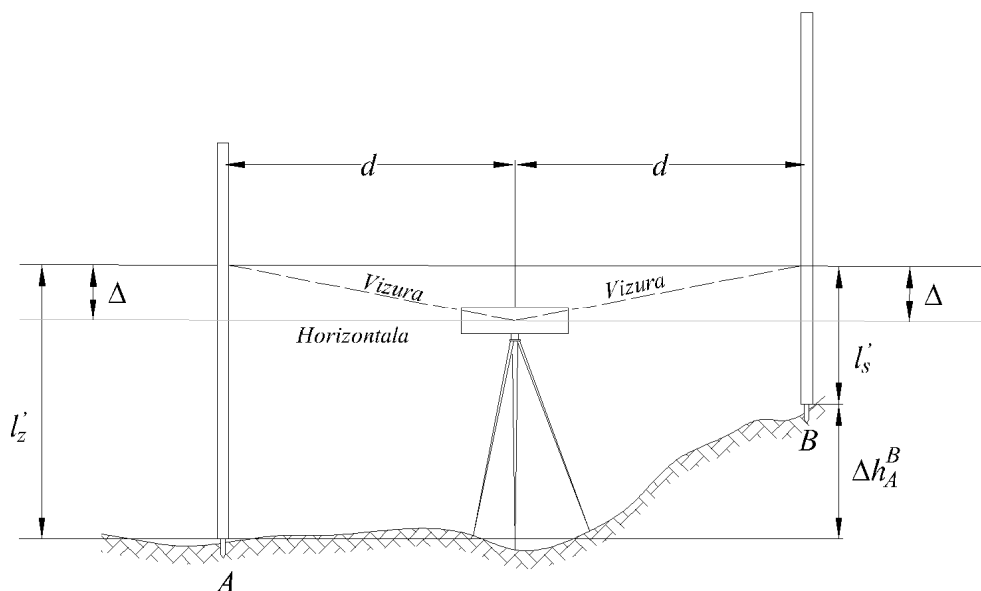
Pri uporabi laserskih nivelirjev lahko delo pri prenosu višin opravi ena oseba (operator pri instrumentu ni potreben).

Natančnost laserskih nivelirjev je od 3 do 15 mm na razdalji 100 m.

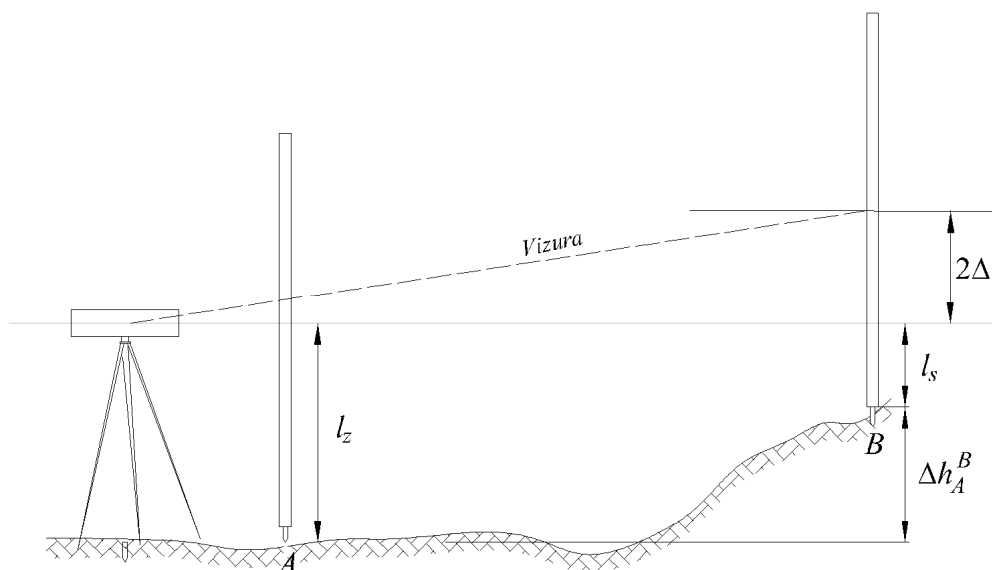
6.3.3 Pogoji delovanja nivelirja

Nivelir mora izpolnjevati predvsem naslednje pogoje:

- vertikalna os nivelirja mora biti pravokotna na ravnino dozne libele; ta pogoj kontroliramo in morebitno napako odpravimo enako kot pri teodolitu (z vznožnimi vijaki vrhunimo dozno libelo, obrnemo nivelir za 180° , polovico morebitnega pretega libele odpravimo s korekcijskimi vijaki, drugo polovico pa z vznožnimi vijaki;
- glavni pogoj niveliranja pa je, da je vizura vzporedna z osjo nivelacijske libele oziroma da je pri kompenzacijskih nivelirjih vizura horizontalna ob naravnani dozni libeli. To preizkusimo z niveliranjem dveh točk, enkrat iz sredine, drugič pa s krajišča. Pri niveliranju iz sredine morebitno napako z načinom meritve odpravimo in dobimo pravilno višinsko razliko. Če sta rezultata obakrat enaka, je pogoj nivelirja izpolnjen, če pa nista, odklon odpravimo s korekcijskimi vijaki za premikanje nitnega križa (kar je najbolje, da naredijo na servisu).



Slika 40: Niveliranje iz sredine s pogreškom



Slika 41: Niveliranje iz krajišča s pogreškom

Pravilni odčitek l_s bo torej:

$$l_s = l_z - \Delta h_A^B$$

Višinsko razliko izračunamo kot:

$$\Delta h_A^B = l'_s - l'_z.$$

6.4 NIVELACIJSKO ORODJE – LATE IN PODLOŽKE

Nivelacijske late so aluminijaste (včasih lesene), dolge od 2,5 do 5 m. Lahko so enodelne (toge) ali zložljive. Na njih je centimetrska razdelba, ki je označena z belimi in temnimi polji. Razdelba poteka od spodaj navzgor. Pri elektronskih nivelirjih uporabljamo late, ki imajo namesto centimetrske razdelbe črtno kodo. Za vertikalno postavitve late imamo dozno libelo, ki je na lati pritrjena ali pa jo prilagamo. Na začasnih točkah postavljamo lato na kovinsko podložko.

Pri natančnem niveliranju uporabljamo tako imenovane invar late. Te so lesene, toge in imajo razdelbo na kovinskem traku iz invar zlitine, ki ima izredno majhen temperaturni razteznostni koeficient. Invar lato uporabljamo pri merjenju s preciznim nivelirjem (v gradbeništvu pride to v poštev za merjenje posedanja zgradb).

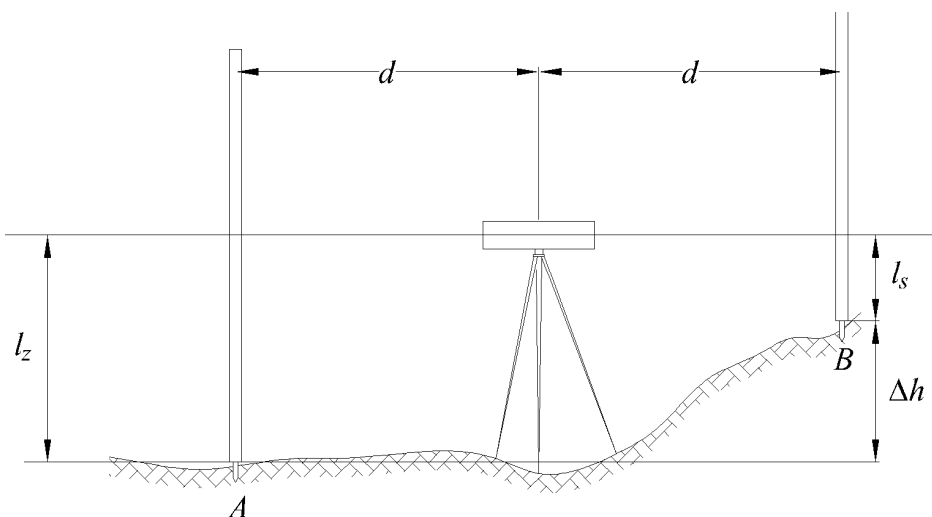
6.5 METODE NIVELIRANJA

Glede na tehniko dela ločimo:

- niveliranje iz sredine,
- niveliranje s krajišča.

6.5.1 Niveliranje iz sredine

Če želimo določiti višinsko razliko med točkama A in B, postavimo nivelir na sredino med obe točki. Lato postavimo najprej na točko A, nato še na točko B in obakrat odčitamo ter dobimo odčitka l_z in l_s (slika 42).



Slika 42: Niveliranje iz sredine

Višinsko razliko dobimo kot razliko odčitkov:

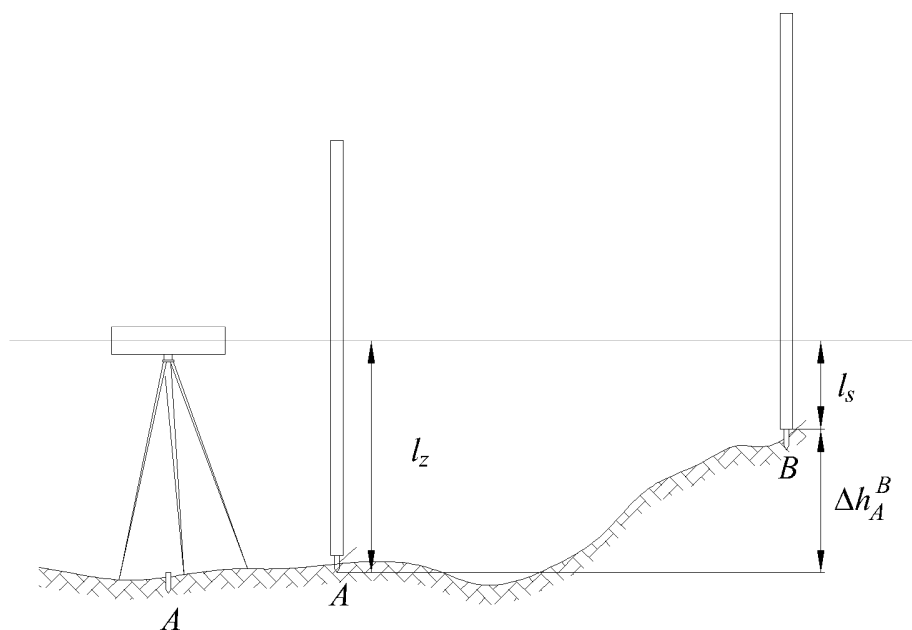
$$\Delta h_A^B = l_z - l_s$$

Kadar je le mogoče, izberemo ta način niveliranja, saj s to metodo odpravimo morebitni pogrešek nivelirja zaradi nehorizontalnosti vizure. Upoštevati moramo domet instrumenta (navadno ni večji od 100 m). Če je razdalja med točkama večja od dvakratne najdaljše možne vizure instrumenta, si med točkama izberemo začasne točke in niveliranje izvedemo postopno.

6.5.2 Niveliranje s krajišča

Pri tej metodi višinsko razliko med točkama A in B določimo tako, da postavimo instrument blizu točke A, lato pa na točko B. Višinsko razliko izračunamo enako kot pri niveliranju iz sredine:

$$\Delta h_A^B = l_z - l_s$$



Slika 43: Niveliranje s krajišča

Pri tej metodi se morebitni pogrešek nivelirja zaradi nehorizontalnosti vizure ne odpravi. V primeru, da je razdalja med točkama večja od najdaljše vizure instrumenta, moramo nivelirati po metodi iz sredine.

6.5.3 Generalni nivelman

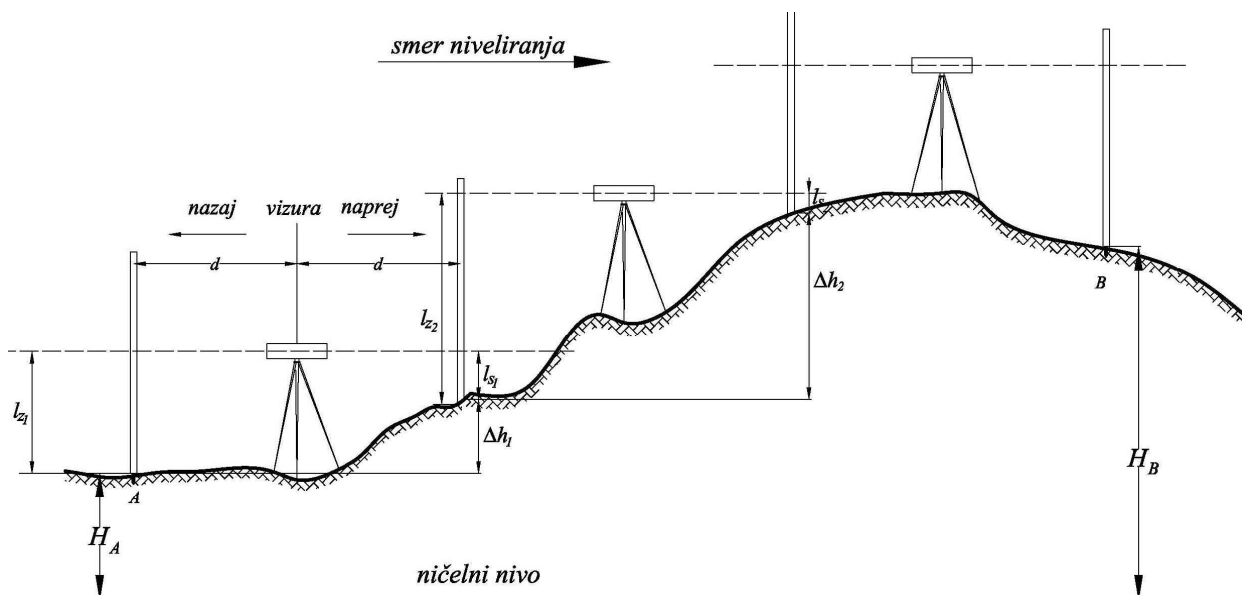
Glede na pomembnost oziroma potrebno natančnost delimo generalni nivelman na:

- nivelman visoke natančnosti,
- precizni nivelman,
- tehnični nivelman povečane natančnosti,
- tehnični nivelman,
- dopolnilni nivelman.

Za potrebe gradbišč se uporabljata predvsem zadnja dva. V tem primeru moramo določiti višine novim točkam, ki so v neposredni bližini gradenj.

Pri generalnem nivelmanu vedno uporabljamo niveliranje iz sredine. Če se le da, nivelman izvedemo tako, da se začne in konča na znanih reperjih, nove točke pa so vmes. Najprej razdalje med reperji razdelimo na odseke, ki jih zahteva oprema za niveliranje (višinska razlika enega odseka ne sme biti večja od višine late, horizontalna razdalja ne sme biti večja od dvakratne najdaljše vizure nivelirja). Te odseke imenujemo tudi štacije, krajišča štacij pa izmenišča ali vezne točke.

Nivelir postavljamo na sredino štacij, late pa na izmenišča. Za stabilizacijo izmenišč uporabljamo podložke.



Slika 44: Generalni nivelman

Vezne točke ali izmenišča označimo z a, b ...

Posamezne višinske razlike so tako:

$$\Delta h_1 = l_{z_1} - l_{s_1},$$

$$\Delta h_2 = l_{z_2} - l_{s_2}$$

itd.

Višinska razlika celotnega nivelmana je tako:

$$\Delta H = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots = (l_{z_1} - l_{s_1}) + (l_{z_2} - l_{s_2}) + \dots = [l_z] - [l_s].$$

Nadmorske višine novih točk (reperjev) računamo z upoštevanjem popravkov višinskih razlik zaradi nesoglasja f_h , ki je razlika med izračunano višinsko razliko med danima reperjema in višinsko razliko, ki smo jo dobili z niveliranjem. To nesoglasje mora biti v dopustnih mejah in v tem primeru ga razdelimo sorazmerno dolžinam posameznih štacij.

Primer:

Dana je nadmorska višina reperjev 1020 in 1021, določiti je potrebno nadmorske višine novih točk 1, 2 in 3.

$$H_{1021} = 293,960 \text{ m,}$$

$$H_{1020} = 292,760 \text{ m.}$$

Dopustno nesoglasje za tehnični nivelman:

$$f_h = \pm 24 \text{ mm.}$$

[S] = skupna dolžina nivelmana v km.

Točka	Višinska razlika [m]	Dolžina [km]	Popravek [mm]	Definitivna višinska razlika [m]	Nadmorska višina [m]	Točka
	Δh	S_i	v_h	Δh		
1020	5,622	0,9	-5	5,617	292,760	1020
1	-1,415	1,1	-6	-1,421	298,377	1
2	5,237	0,8	-4	5,233	296,956	2
3	-8,223	1,2	-6	-8,229	302,189	3
1021					293,960	1021
je mora biti	1,221 1,200	4,0	-21			

$$f_h = \text{mora biti} - \text{je} = -21 \text{ mm (dopustno 56 mm)}$$

Pri čemer je:

$$v = \frac{f_h}{[S]} \cdot S.$$

6.5.4 Detajlni nivelman

Pri detajlnem nivelmanu določamo nadmorske višine detajlnim točkam na terenu, ki imajo že določeno situacijsko lego. Pri tem izhajamo iz višinskih točk, dobljenih z generalnim nivelmanom.

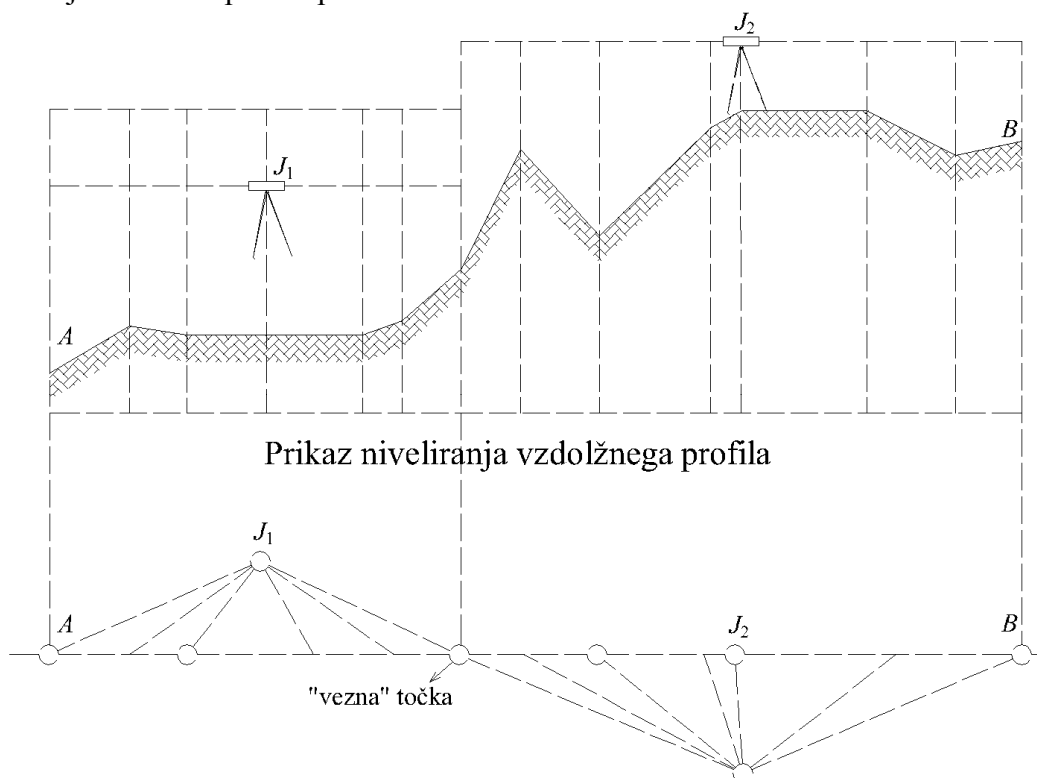
Detajlni nivelman je lahko:

- ploskovni – točkam določamo višine zaradi določitve oblike zemeljskega površja; za niveliranje izbiramo karakteristične višinske točke na terenskih prelomih, na najvišjih in najnižjih mestih in podobno;
- linijski – višine točk določamo po profilih (prečnih ali podolžnih).

Detajlni nivelman je osnova za projektiranje in gradnjo cest, železnic, komunalnih vodov ...

Podolžni profil je vertikalni prerez terena vzdolž osi objektov (cest, železnic itd.) in podaja sliko naklona terena v smeri objekta.

Prva faza detajlnega nivelmana podolžnega profila je stacionaža trase. Vzdolž osi trase odmerimo glavne točke na vsakih 100 m in jih označimo s količki z žablji. Med njimi kot vmesne točke označimo vse lome terena, preseke z drugimi objekti in tudi točke, skozi katere bomo kasneje definirali prečne profile.



Slika 45: Detajlni nivelman

Po stacioniranju začnemo z niveliranjem, in sicer po metodi iz sredine. Niveliranje podolžnega profila na začetku in na koncu navežemo na dane reperje.

S prečnimi profili definiramo naklone terena levo in desno od osi trase. Prečne profile določimo tako, da so nekoliko širši od projektiranih objektov (od 20 do 200 m na vsako stran, odvisno od širine in pomembnosti objekta). Razmik prečnih profilov je odvisen od terena – na razgibanem terenu so odmiki manjši, na enakomernem pa večji. Ne smejo pa biti večji od 50 m.

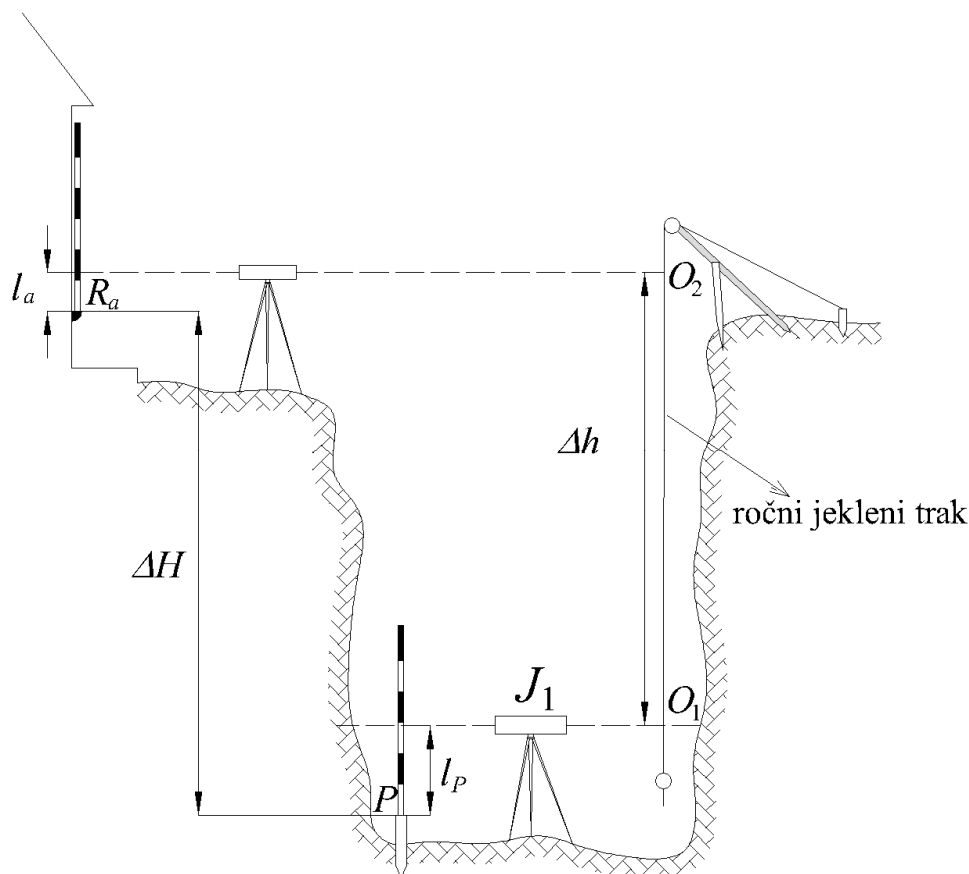
Vsak prečni profil je določen z osnim količkom, ki je že vključen v detajlni nivelman podolžnega profila.

Za merjenje prečnega profila uporabljamo nivelir. Določamo višinsko razliko in horizontalno razdaljo glede na količek.

6.6 PRENOS VIŠINE

6.6.1 Prenos višine v gradbeno jamo

Ta prenos naredimo s pomočjo merskega traku, ki ga obesimo in spodaj obežimo, da prosto visi v gradbeno jamo. Med reper in trak postavimo nivelir. Lato postavljamo najprej na reper, nato pa na točko v gradbeni jami, ki ji bomo določili višino. Druga postavitev nivelirja je v jami, in sicer med visečim trakom in točko.



Slika 46: Prenos višine v gradbeno jamo

Višinsko razliko med reperjem in točko P izračunamo kot:

$$\begin{aligned}\Delta h &= o_2 - o_1, \\ \Delta H &= l_a - \Delta h - l_p,\end{aligned}$$

kjer so:

- R_a – reper z dano višino,
- o_1, o_2 – odčitka na merskem traku,
- l_a, l_p – odčitka na latah.

6.7 POVZETEK

Investitor se je v tem poglavju naučil, da višin ne merimo neposredno, ampak posredno prek višinskih razlik. Višinske razlike merimo na različne načine, odvisno od natančnosti, s katero mora biti podana izmerjena točka. Izvedel je, da je najnatančnejši način merjenja višinskih razlik nivelman. Naučil se je tudi, da višinsko mrežo na gradbišču vzpostavimo s pomočjo generalnega nivelmana z niveliranjem iz sredine, višine detajlnih točk pa določamo s pomočjo detajlnega nivelmana z niveliranjem iz krajišča.

☒ *Bager je že skopal gradbeno jamo za kleti stavb, ki bi po projektu morale biti na višini 255,53 m. Investitor je v skrbeh, da je jama pregloboka, zato je geodetu naročil, naj izmeri globino nastale jame. Geodet je na reperju z višino $H = 256,10$ m na lati odčital odčitek 0,15 m, na jeklenem traku pa 2,2 m. Nato se je prestavil v jamo in na jeklenem traku prečital odčitek 1,2 m. Pomagajte mu ugotoviti, ali je jama res pregloboka in koliko jo je potrebno dodatno izkopati oziroma nasuti z zemljo.*

Investitor je v tem poglavju tudi izvedel, da je zelo uporabna metoda za merjenje višinskih razlik trigonometrično višinomerstvo, saj lahko s to metodo z elektronskim tahimetrom istočasno z merjenjem položaja točk v horizontalni ravnini določamo tudi višino točke. Metoda trigonometričnega višinomerstva je uporabna tudi za določitev višin nedostopnih točk.

✎ Na parceli, v lasti investitorja, stoji drog za elektriko, ki ga želi investitor odstraniti, za kar potrebuje njegovo višino. Pomagajte mu ugotoviti, kako izmeriti višino droga.

Investitor želi vedeti, kolikšna je višina količka, ki ga je geodet zabil na terenu. Natančnost tega količka ni pomembna, saj bo naslednji dan bager na tem mestu kopal jamo in ga bo odstranil. Zaradi tega je geodet uporabil metodo trigonometričnega višinomerstva.

✎ Višina točke stojišča znaša $H = 225,23$ m, horizontalno razdaljo je izmeril z elektronskim tahimetrom in dobil $D = 52,53$ m, z elektronskim tahimetrom je izmeril tudi zenitno razdaljo in dobil $z = 89^{\circ}57'10''$. Investitorju se zdi, da je količek višje od stojišča elektronskega tahimetra. Pomagajte mu ugotoviti, ali ima prav in kolikšna je višina količka.

Več informacij o tem poglavju dobite v:

- Kovačič, B. *Geodezija za gradbene inženirje*. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, 2004.
- Medak, D., in Pribičević, B. *Geodezija v građevinarstvu*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2003.

Ponavljjanje

Kaj je absolutna in kaj relativna višina?

Ali merimo absolutno ali relativno višino?

Kaj so reperji in kako jih označimo na terenu?

Katere metode merjenja višin poznamo in kolikšna je njihova natančnost?

Katere vrste nivelirjev poznamo?

Kaj je bistveni sestavni del nivelirja?

Katere vrste niveliranja poznamo?

Opišite pogoje delovanja nivelirja.

Kdaj uporabljamo metodo niveliranja s krajišča in kdaj iz sredine?

Skicirajte prenos višine v gradbeno jamo.

7 MERJENJE DOLŽIN

Investitor je do tega poglavja spoznal že kar nekaj metod meritev. Metoda trigonometričnega višinomerstva pogojuje tudi merjenje dolžin, o katerih do tega poglavja ni bilo povedano še nič. Geodet bo za merjenje dolžin uporabil elektronski tahimeter, ki vsebuje elektrooptični razdaljemer. Investitor bo od geodeta izvedel, da obstajajo še druge metode merjenja dolžin, ki jih bo predstavilo to poglavje.

7.1 METODE MERJENJA DOLŽIN

Dolžine lahko merimo mehansko, optično ali elektronsko. Danes se v praksi uporablja predvsem elektronske meritve razdalj, občasno merimo razdalje tudi mehansko. Optične metode zaradi velikih vplivov atmosferskih pogojev na rezultate meritev ne prihajajo več v poštev.

Za mehansko merjenje dolžin danes uporabljamo le merski trak, izdelan iz jekla ali umetnih materialov, dolžin 20, 30 ali 50 m. Z njimi merimo predvsem kratke razdalje (krajše od dolžine traku), v pogojih brez velikih višinskih razlik med merjenima točkama. Upoštevati moramo, da na pravilno dolžino jeklenih merskih trakov vpliva temperatura okolja, da moramo trak pri meritvi napeti s predvideno silo zaradi povesa.

Merske trakove predvsem pri meritvah v objektih vedno bolj izpodrivajo laserski ročni merilci razdalj, ki so lažji za uporabo, predvsem pa imajo vgrajene kalkulatorje, s katerimi lahko računsko obdelamo izmerjene razdalje.

Če iščemo presek med enostavnostjo, hitrostjo in natančnostjo meritve razdalj, je najboljši izbor elektrooptični razdaljemer, ki je navadno kombiniran še z elektronskim teodolitom (elektronski tahimeter) ali nivelirjem, s katerim lahko tudi obdelujemo izmerjene količine, jih shranjujemo in enostavno prenašamo na druge medije.

7.2 RAZDALJEMERI

7.2.1 Optični razdaljemer

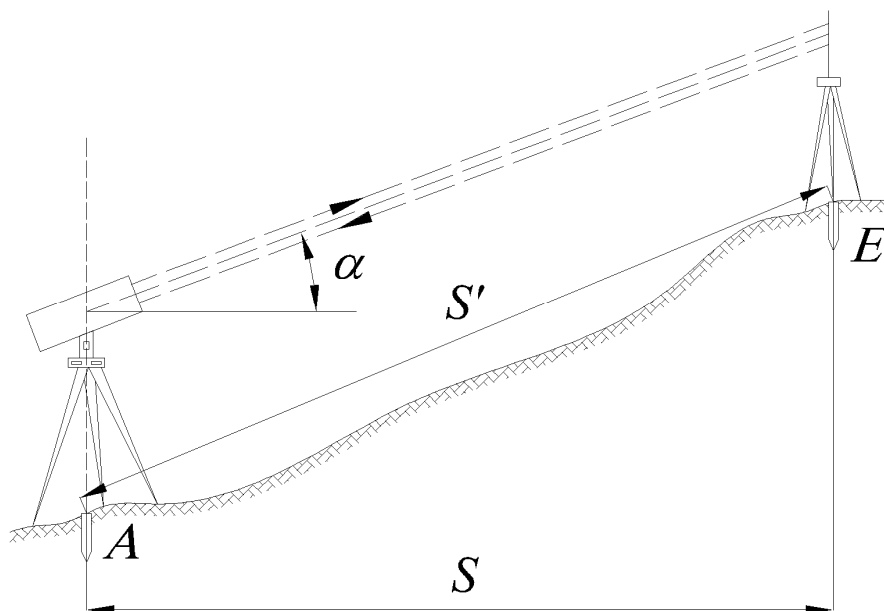
Od optičnih razdaljemerov se danes pogojno uporablja le še Reichenbachov ali trinitni razdaljemer. Praktično vsak teodolit ali nivelir ima v nitnem križu daljnogleda tudi zgornjo in spodnjo nit. Ti dve niti določata smer dvema žarkoma. Kot med žarkoma je odvisen od razdalje med gornjo in spodnjo nitjo in od goriščne razdalje objektiva. Razdalja med zgornjo in spodnjo nitjo je izbrana tako, da je zorni kot med žarkoma $34' 22''$. V tem primeru je razdalja od teodolita do vertikalno postavljene late 100-krat večja od odseka med žarkoma l na lati. Vizura teodolita mora biti pri tem horizontalna. Razdaljo med točko, nad katero stoji teodolit, in točko, na kateri je lata, zapišemo z enačbo: $D \approx d = 100 \cdot l$.

l je razlika med odčitkoma gornje in spodnje niti na centimetrski lati. Faktor 100 imenujemo multiplikacijska konstanta K in je pri nekaterih instrumentih lahko tudi 50 ali 200.

7.2.2 Elektrooptični razdaljemer

Prednost sodobnih elektronskih razdaljemerov je v veliki natančnosti, preprostosti in hitrosti merjenja dolžin.

Shematsko merjenje z elektrooptičnim razdaljemerom je videti, kot prikazuje slika 49.



Slika 49: Prikaz principa merjenja z elektrooptičnim razdaljemerom

Razdaljemer postavimo na izhodiščno točko A. V točki E postavimo odbojno prizmo. Razdaljemer oddaja modulirano svetlobo, ki se na odbojni prizmi odbije in vrne v instrument. Svetlobni žarek modulirane svetlobe je valovanje, ki tako opravi pot dvakratne razdalje med instrumentom in odbojno prizmo. Pot žarka je sestavljena iz več celih valov in ostanka – necelega vala. Ob znani valovni dolžini določimo število celih valov in dolžino necelega vala, kar pomeni, da je razdalja med instrumentom in prizmo:

$$S' = \frac{1}{2}(n \cdot \lambda + \varphi),$$

kjer je: n – število celih valov,
 λ – valovna dolžina,
 φ – dolžina necelih valov.

Za uporabo novejših elektrooptičnih razdaljemerov ni potrebno podrobnejše poznavanje delovanja instrumenta. Upoštevati je treba le proizvajalčeva navodila.

Izmerjene razdalje odčitamo na ekranu. Vsa merjenja dolžin necelih valov, števila celih valov in drugo opravi elektronika v instrumentu.

Praviloma se ob instrumentu uporabljajo originalne odbojne prizme, ki so lahko enojne, trojne ali sestavljene v satje – odvisno od razdalje, ki jo merimo (čim daljša je razdalja, večja mora biti odbojna površina). Ker na elektromagnetno valovanje vplivata zračni tlak in temperatura, moramo to pri natančnih meritvah upoštevati. Pri večini instrumentov se vstavijo podatki o

atmosferskih razmerah in ti jih ob merjenju avtomatsko upoštevajo. Povprečna natančnost teh instrumentov je od ± 2 do 5 mm na km izmerjene razdalje.

Z nekaterimi najnovejšimi elektrooptičnimi razdaljmeri lahko krajše razdalje (do 1000 m) merimo tudi brez odbojnih prizem; seveda je ta možnost odvisna od čistosti ozračja in od odbojnih lastnosti površine, kjer se žarek odbije. Za približno trikrat pa se v takem primeru tudi zmanjša natančnost meritve. Te instrumente na tak način največkrat uporabljamo pri gradnji predorov ali v rudnikih in pri merjenju dolžin do nedostopnih točk.

Instrument, ki združuje elektronski teodolit in elektrooptični razdaljemer, imenujemo elektronski tahimeter (angleško »total station«).

S takim instrumentom ne samo da s pomočjo mikroprocesorja zelo natančno in hitro izmerimo horizontalne in vertikalne kote ter razdalje, ampak vse te izmerjene podatke avtomatično registriramo in jih računsko obdelamo.

7.3 POVZETEK

Investitor je v tem poglavju spoznal, da zraven elektrooptičnega razdaljemera uporabljamo še druge metode merjenja razdalj. Naučil se je tudi osnovnega principa merjenja razdalj.

Investitor je opazil, da je figurant pri postavljanju trasirke s prizmo izredno pozoren na vsako posamezno točko, saj mora libela na trasirki vrhuniti. Razmislite, ali ima nevertikalnost trasirke na dolžino vpliv in kakšen je.

Več informacij o tem poglavju dobite v:

- Kovačič, B. *Geodezija za gradbene inženirje*. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, 2004.
- Medak, D., in Pribičević, B. *Geodezija v građevinarstvu*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2003.

Ponavljjanje

Na kakšne načine lahko merimo dolžine?

V kakšnem primeru danes še uporabljamo optično merjenje razdalj?

Kaj vpliva na točnost meritve razdalj z elektrooptičnimi razdaljmeri?

8 ELEKTRONSKI TAHIMETER IN 3D SKENER

Investitor bo pri geodetski izmeri opazoval geodeta in njegovega figuranta, vendar mu ne bo jasno, zakaj bo figurant potreboval prav optično prizmo, ki se bo nahajala na trasirki in s katero se bo premikal od točke do točke. Prav tako bo želel več vedeti o delovanju elektronskega tahimetra. Na vprašanja, ki se mu bodo pri tem porajala, bo dobil odgovore v tem poglavju.

8.1 ELEKTRONSKI TAHIMETER

Za določitev položaja točke v prostoru v današnjem času najpogosteje potrebujemo merjeno razdaljo in kote. Teodolit, s katerim je omogočeno hkratno merjenje kotov (horizontalnih in vertikalnih) in dolžin, se imenuje tahimeter. Elektronski tahimeter je elektronski teodolit z elektronskim razdaljemerom. Elektronski tahimeter najpogosteje uporabljamo v povezavi z reflektorjem (prizmo), na kateri dosežemo najboljši odboj.



Slika 50: Primeri optičnih prizem

Vir: http://www.leica-geosystems.com/images/new/product_solution/641617.jpg
http://www.surveyequipment.com/images/gzr4_360Prism_01.jpg (19. 11. 2009.)

V današnjem času mnogi elektronski tahimetri omogočajo tudi merjenje razdalj brez reflektorja. Prav tako je tehnologija tahimetrov napredovala tako daleč, da tahimetri omogočajo samodejno viziranje in sledenje tarči, kar pomeni, da je tahimeter mogoče krmiliti iz mesta prizme, torej je omogočeno, da meritev na terenu opravlja le operater sam.



Slika 51: Primer elektronskega tahimetra

Vir: http://www.northerntool.com/images/product/images/377223_lg.jpg (19. 11. 2009)

Današnji tahimetri omogočajo reševanje različnih nalog. Na terenu si operater lahko zastavi neko nalogo, ki jo na pravilen način poda tahimetru. Le-ta nato preračuna vse potrebne podatke za rešitev te naloge kar na terenu (računanje položaja točk, elementov zakoličenja, ploščin parcel ...).

Elektronski tahimetri so zelo uporabni za:

- polarno metodo izmere (določitev položaja točk na osnovi merjenja horizontalnega kota in dolžine),
- izmera geodetskih mrež,

- trigonometrično višinomerstvo (določitev višin točk na osnovi merjenega vertikalnega kota ali zenitne razdalje in dolžine),
- polarno zakoličenje,
- merjenje stabilnosti oz. pomikov tal in objektov.

8.2 3D SKENER

Lasersko skeniranje je nova tehnologija, ki omogoča množično zajemanje točk – oblak točk. Laserski skenerji delujejo podobno kot tahimetri z možnostjo merjenja razdalj brez reflektorja.



Slika 52: Primer 3D skenerja

Vir: http://hds.leica-geosystems.com/thumbs/originals/MQIH_1328.jpg (19. 11. 2009)

Laserski žarek potuje v določeni smeri od instrumenta do površine. Ko se od površine odbije, se vrne nazaj v skener. Na podlagi merjenja časov razdaljemer določi razdalje do merjenih točk. S pomočjo merjenih razdalj in kotov dobimo 3D koordinate točk objektov, torej oblak točk. Oblak točk je v merilu 1 : 1 in vsebuje nestrukturirane informacije, na katerih je potrebna še naknadna obdelava. Postopek laserskega skeniranja poteka popolnoma avtomatsko. 3D skenerji zraven podatkov o položaju točk shranjujejo še intenziteto odbitega impulza.

S 3D skenerjem najpogosteje skeniramo iz večih stojišč, saj vsa vsebina najpogosteje ni vidna iz enega stojišča. Vsa stojišča in orientacije morajo biti podani v istem koordinatnem sistemu. Ko so terenski podatki zajeti, sledi filtriranje objektov iz oblakov točk.

3D skeniranje je omogočeno tako na terenu (t. i. terestrično skeniranje) kot iz zraka (najpogosteje iz letala).



Slika 53: Primer podatkov, pridobljenih s terestričnim 3D skenerjem

Vir: <http://www.geomaticsurveyors.com/laser2.jpg> (19. 11. 2009)

Podatki, pridobljeni s 3D skenerjem, so uporabni za konstrukcijo digitalnih 3D modelov, uporabnih v različnih aplikacijah: v arhitekturi, zelo uporabno je pri zajemanju podatkov o arheoloških najdiščih, kulturne dediščine, restavraciji, gradbeništvu, kartografiji ... 3D skeniranje ima prihodnost tudi pri zajemanju podatkov o prometnih nesrečah, saj lahko hitro in kvalitetno zajamemo podatke o stanju na mestu trka. Tako je lahko promet po prometni nesreči čim prej sproščen. Prav tako je 3D skener zelo uporaben pri računanju prostornin določenih objektov. 3D skeniranje se veliko uporablja tudi v zabaviščni industriji in produkciji filmov ter video igrice.

Lasersko skeniranje iz zraka je primerno predvsem za izdelavo načrtov in kart večjih območij, izrisovanje prečnih in vzdolžnih profilov, izdelavo DMR, pridobivanje podatkov o legi nadzemnih komunalnih vodov, objektov, pridobivanje podatkov o prostornini in prirastku gozdov, simulacije poplavnih območij, kartiranje ledenikov, smučišč, določitev nevarnih območij pri monitoringu snežnih plazov, izdelavo modelov stavb ...

8.3 POVZETEK

Investitor je v tem poglavju spoznal elektronski tahimeter in njegovo uporabnost. Prav tako je spoznal tudi 3D skener. Ugotovil je, da za potrebe gradnje hiš ni uporaben, uporaben pa je za veliko drugih namenov.

☞ Razmislite, zakaj elektronski tahimeter za gradnjo hiš ni uporaben. Prav tako premislite, pri katerem delu, ki ga bo geodet opravil na terenu, bi elektronski tahimeter lahko uporabil.

Več informacij o tem poglavju dobite na:

- http://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner;
- http://www.sjbaker.org/wiki/index.php?title=A_Simple_3D_Scanner;
- <http://www.youtube.com/watch?v=-C-lsSwaoI>;
- http://www.youtube.com/watch?v=WgHQuUOt_KQ;
- <http://www.youtube.com/watch?v=7mmF2k5gv4I>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=ggvzcgdZsTc>;
- http://www.youtube.com/watch?v=j5_xpPtMGdQ;
- <http://www.youtube.com/watch?v=3MDn1-tkK8U&feature=related>.

Ponavljjanje

Kaj je elektronski tahimeter?

Za kakšna dela je elektronski tahimeter uporaben?

Kako se elektronski tahimeter razlikuje od teodolita?

Kaj dobimo pri laserskem skeniranju?

Kje vse je uporaben 3D skener?

Poskusite ugotoviti, kje bi 3D skener še lahko uporabili.

Na spletu poiščite primere uporabe tahimetra in 3D skenerja.

9 GEODETSKA IZMERA

Naš investitor je nekoliko zmeden, saj mu ni jasno, kako geodet na osnovi merjenja dolžin in kotov pridobi koordinate točk. Spomnil se bo, da poglavje 3 *Koordinatni sistemi in geodetske mreže* uči, da položaj točk v prostoru podajamo s koordinatami v državnem koordinatnem sistemu, kako priti do njih, pa mu še vedno ni jasno. To poglavje ga bo o tem več naučilo.

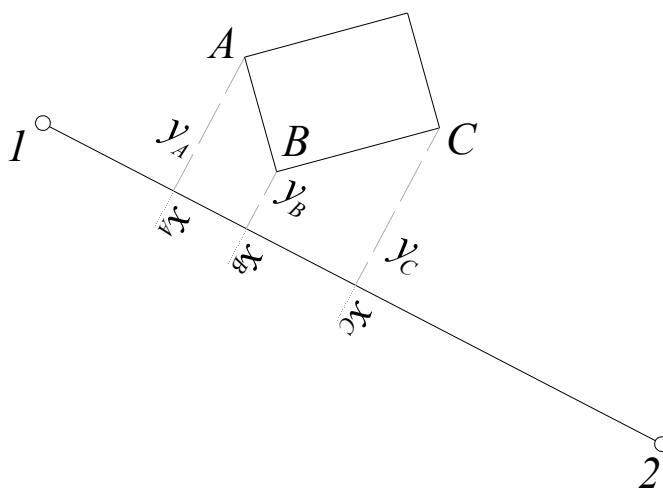
9.1 METODE IZMERE

Določanje medsebojne lege točk v horizontalnem smislu imenujemo horizontalna izmera. S pomočjo višinomerstva lahko pridobimo tudi višinske razlike med izmerjenimi točkami in posledično položaj točke v vertikalnem smislu. Tako pridobimo položaj točk v prostoru. Z nekaterimi metodami določamo položaj točke tudi neposredno v prostoru. Pri tem za izmero najpogosteje uporabljamo:

- ortogonalno metodo,
- polarno metodo,
- metode izmere GNSS,
- metode daljinskega zaznavanja ter
- fotogrametrijo.

9.2 ORTOGONALNA METODA IZMERE

Ortogonalna metoda izmere temelji na izmeri pravokotnih koordinat za vsako posamezno točko. Uporabna je za območja, kjer ni velikih višinskih razlik. Na območju, kjer bomo izvajali izmero, potrebujemo najprej geodetsko mrežo, iz katere bomo izhajali. Po dve geodetski točki predstavljata mersko črto. Med dve geodetski točki (na mersko črto) postavimo merski trak tako, da je začetek razdelbe na prvi točki. Z mersko prizmo vzpostavljamo pravokotnice iz detajlnih točk na mersko črto. Kjer pravokotnica seka merski trak, na merskem traku prečitamo oddaljenost od 1. točke – absciso (x_A), z drugim merskim trakom nato odmerimo razdaljo od detajlne točke do presečišča pravokotnice in merskega traku – ordinato (y_A). Natančnost te metode je odvisna od natančnosti vzpostavljanja pravokotnic in odmerjanja dolžin. Najpogosteje znaša $\pm (3-5)$ cm.

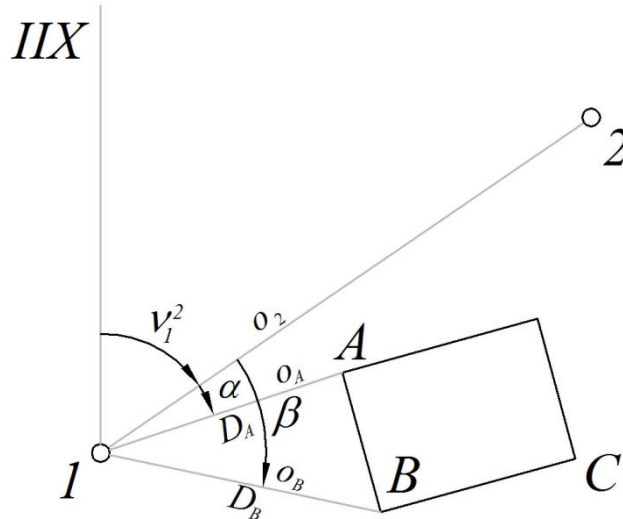


Slika 54: Ortogonalna metoda izmere

Pri ortogonalni metodi izmere dobimo položaj točk v horizontalni ravnini. Višinsko koordinato dobimo z detajlnim nivelmanom (glej poglavje 6.5.4).

9.3 POLARNA METODA IZMERE

Pri polarni metodi izmere določamo detajlne točke s koti in dolžinami. Izhajamo iz geodetske mreže, torej mreže danih točk (poznane koordinate). Za polarno metodo najpogosteje uporabljamo elektronski tahimeter, torej elektronski teodolit z elektronskim razdaljmerom.



Slika 55: Polarna metoda izmere

Slika 55 prikazuje polarno metodo izmere, pri čemer o_2 , o_A in o_B predstavljajo odčitke na horizontalnem krogu. Iz njih izračunamo horizontalna kota α in β . Na nove točke merimo tudi horizontalne dolžine D_A in D_B . Merimo lahko tudi poševne dolžine, ki pa jih moramo preračunati v horizontalne in s horizontalnimi nadaljevati računanje.

Po že znanih enačbah najprej izračunamo smerni kot med danima točkama 1 in 2:

$$\tan v_1^2 = \frac{\Delta y_1^2}{\Delta x_1^2}. \quad (9.1)$$

Za smerni kot velja sledeče:

- če je $\Delta x > 0$ in $\Delta y > 0$, je $v_1^2 = v_1^2$;
- če je $\Delta x > 0$ in $\Delta y \leq 0$: $v_1^2 = v_1^2 + 360^\circ$;
- če je $\Delta x < 0$ in $\Delta y \geq 0$: $v_1^2 = v_1^2 + 180^\circ$;
- če je $\Delta x < 0$ in $\Delta y < 0$: $v_1^2 = v_1^2 + 180^\circ$;
- če je $\Delta x = 0$ in $\Delta y > 0$: $v_1^2 = 90^\circ$;
- če je $\Delta x = 0$ in $\Delta y < 0$: $v_1^2 = 270^\circ$.

Nato izračunamo horizontalna kota α in β :

$$\alpha = o_A - o_2, \quad \beta = o_B - o_2. \quad (9.2)$$

Smerna kot v_1^A in v_1^B izračunamo kot vsoto:

$$v_1^A = v_1^2 + \alpha, \quad v_1^B = v_1^2 + \beta. \quad (9.3)$$

Sledi izračun koordinatnih razlik med točko 1 (dana točka) in posamezno detajlno točko:

$$\Delta x_1^A = D_A \cdot \cos v_1^A, \quad \Delta y_1^A = D_A \cdot \sin v_1^A \quad (9.4)$$

$$\Delta x_1^B = D_B \cdot \cos v_1^B, \quad \Delta y_1^B = D_B \cdot \sin v_1^B. \quad (9.5)$$

Koordinatne razlike služijo izračunu koordinat točk:

$$x_A = x_1 + \Delta x_1^A, \quad y_A = y_1 + \Delta y_1^A \quad (9.6)$$

$$x_B = x_1 + \Delta x_1^B, \quad y_B = y_1 + \Delta y_1^B. \quad (9.7)$$

Najpogosteje merimo istočasno tudi zenitno razdaljo (ali vertikalni kot) v vertikalni ravnini in s pomočjo trigonometričnega višinomerstva izračunamo (glej poglavje 6.2.2 – Trigonometrično višinomerstvo) tudi višine točk.

Na tak način lahko pridobimo položaj poljubnega števila točk, ki so vidne iz nekega stojišča.

Nato se prestavimo na novo stojišče in iz tistega stojišča pomerimo točke, ki so vidne iz njega. To delamo tako dolgo, dokler ni posnet ves detajl.

9.4 METODE IZMERE GNSS

S pomočjo metod izmere GNSS istočasno pridobimo položaj tako v horizontalni kot tudi vertikalni ravnini. Več o metodah izmere GNSS v poglavju 10.

9.5 METODE DALJINSKEGA ZAZNAVANJA

Daljinsko zaznavanje je znanost pridobivanja informacij o površini Zemlje, brez da bi z njo prišli v neposredni stik. Senzorji zaznavajo odbito ali sevano elektromagnetno valovanje. Te podatke nato uporabniki obdelujejo, analizirajo in uporabljajo v različnih aplikacijah.

Razvoj opazovanja Zemlje iz vesolja je pospešil uspeh prvih vremenskih satelitov sredi šestdesetih let prejšnjega stoletja. Danes deluje že kar nekaj komercialnih skupin satelitov (Landsat, SPOT ...). Med podatke daljinskega zaznavanja pa ne spadajo le podatki, pridobljeni iz satelitov, ampak tudi podatki, pridobljeni z laserskim skeniranjem (LiDAR).

S pomočjo metod daljinskega zaznavanja istočasno pridobimo položaj tako v horizontalni kot tudi vertikalni ravnini.

9.6 FOTOGRAMetriJA

Fotogrametrija je znanost, tehnologija in spretnost določanja prostorske lokacije in oblike objektov ter njihovo prepoznavanje iz fotografij. Fotografije in slike so posnete s posebnimi fotoaparati, katerih slike so čim bolj metrično določene. Imenujemo jih **metrične kamere**. Fotogrametrijo delimo glede na način snemanja na:

- bližjeslikovno ali terestrično,
- aerofotogrametrijo.

Pri terestrični fotogrametriji posnetke snemamo na zemeljskem površju, pri aerofotogrametriji pa teren snemamo iz zraka (letalo, balon, satelitski posnetki). Za fotogrametrično izvedenotenje potrebujemo vsaj 1 par posnetkov (dva posnetka). **Stereopar** je sestavljen iz dveh posnetkov, fotografiranih iz različnih stojišč, pri čemer se morata posnetka medsebojno prekrivata vsaj za 50 %. Vsak detajl, ki ga želimo izvednotiti, mora biti zajet na najmanj dveh posnetkih istočasno (na stereoparu). Z izvednotenjem stereopara pridobimo tridimenzionalni položaj točk v prostoru.

9.7 POVZETEK

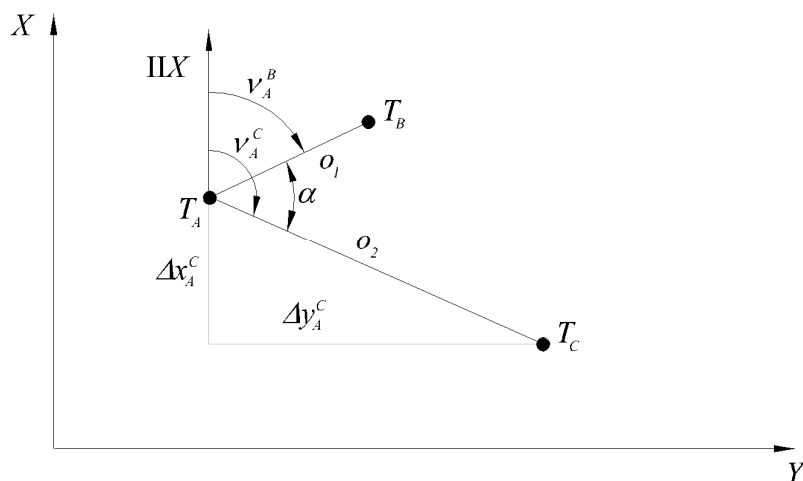
Investitor je v tem poglavju spoznal, da poznamo več metod geodetske izmere, med katerimi je največkrat uporabljena polarna metoda. Izvedel je, da se ortogonalna metoda izmere uporablja na območjih z majhnimi višinskimi razlikami. Spoznal je tudi, da obstajajo metode izmere, pri katerih nimamo neposrednega stika z zemeljskim površjem, med katere spadata daljinsko zaznavanje in fotogrametrija. Izvedel je, da sta za potrebe gradnje stavb, katerih investitor je sam, uporabni polarna in ortogonalna metoda, o metodah meritev GNSS pa zaenkrat še premalo ve, da bi lahko sodil, ali so primerne.

Investitor je želel sam izračunati položaj točke, ki jo je geodet izmeril, zato je geodeta prosil, naj mu poda podatke o polarni metodi izmere. Geodet mu je podal naslednje podatke:

V pravokotnem koordinatnem sistemu sta podana položaja dveh točk, to sta točki $T_A(100, 200)$ in $T_B(200, 250)$. Zanima ga položaj tretje točke $T_C(x_C, y_C)$ v pravokotnem koordinatnem sistemu, če geodet izmeri, da je od točke T_A oddaljena 150 m. Opazovana smer iz točke T_A na T_B znaša $50^\circ 02' 05''$ na točko T_C pa $90^\circ 30' 10''$.

Pomagajte mu izračunati položaj točke C (za pomoč si v oglejte rešitev naloge).

Rešitev naloge:



Slika 56: Izračun položaja točke T_C

Podatki:

$$T_A(100, 200)$$

$$T_B(200, 250)$$

$$o_1 = 50^\circ 02' 05''$$

$$o_2 = 90^\circ 30' 10''$$

$$D = 150 \text{ m}$$

Najprej izračunamo horizontalni kot α :

$$\alpha = o_2 - o_1 = 90^\circ 30' 10'' - 50^\circ 02' 05'' = 40^\circ 28' 05''.$$

Sledi izračun smernega kota v_A^B :

$$\tan v_A^B = \frac{\Delta y_A^B}{\Delta x_A^B} = \frac{200 - 100}{250 - 200} = 2,$$

$$v_A^B = 63^\circ 26' 06''.$$

Smerni kot v_A^C izračunamo kot vsoto:

$$v_A^C = v_A^B + \alpha = 63^\circ 26' 06'' + 40^\circ 28' 05'' = 103^\circ 54' 11''.$$

Koordinatni razliki izračunamo s pomočjo trigonometričnih funkcij:

$$\Delta x_A^C = D \cdot \cos v_A^C = 150 \text{ m} \cdot \cos 103^\circ 54' 11'' = 150 \text{ m} \cdot (-0.2403) = -36 \text{ m}$$

$$\Delta y_A^C = D \cdot \sin v_A^C = 150 \text{ m} \cdot \sin 103^\circ 54' 11'' = 150 \text{ m} \cdot 0.9707 = 146 \text{ m}.$$

Položaj točke C dobimo kot vsoto:

$$x_C = x_A + \Delta x_A^C = 100 \text{ m} - 36 \text{ m} = 64 \text{ m}$$

$$y_C = y_A + \Delta y_A^C = 200 \text{ m} + 146 \text{ m} = 346 \text{ m}.$$

Več informacij o tem poglavju dobite na:

- http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Daljinsko_zaznavanje.pdf ;
- http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Fotogrametrija.pdf;
- http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_sensing;
- <http://www.youtube.com/watch?v=Zm85ZH82RNs>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=O0nRuGmMk2s>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=HVwVSABtmUg&feature=related>;
- <http://www.wy.nrcs.usda.gov/wygis/lidar.html>;
- http://forsys.cfr.washington.edu/JFSP06/lidar_technology.htm;
- <http://searchmesh.net/default.aspx?page=1726>;
- <http://www.dal.ca/mars/lidar.html>;
- http://www.treehugger.com/files/2007/06/3-d_forest_mapping.php;
- <http://www.cvg.rdg.ac.uk/projects/LIDAR/index.html>;
- <http://library01.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/gdprojs/searchAlpha.pl?letter=L> ;
- <http://landsat.org/> ;
- <http://hr.wikipedia.org/wiki/Fotogrametrija>;
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Photogrammetry>;
- <http://www.geodetic.com/Whatis.htm>;
- <http://www.uni.vie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=UUvAVjUnE8M>.

Ponavljanje

Na kakšne načine (metode) lahko določimo položaj točke v prostoru?

S katerimi metodami lahko istočasno določimo položaj točke v horizontalnem in vertikalnem koordinatnem sistemu?

S katerimi metodami določimo položaj točke v horizontalnem koordinatnem sistemu?

Kako poteka izračun po polarni metodi izmere?

Kaj je fotogrametrija in kaj stereopar?

Razmislite, kakšen je princip ortogonalne metode izmere.

Na spletu poiščite različne metode daljinskega zaznavanja (v brskalnik vpišite *remote sensing*) in si oglejte njihove rezultate.

Na spletu poiščite, kaj je LiDAR in si oglejte izdelke, ki jih je z njim mogoče izdelati .

Na spletu poiščite več o fotogrametriji (v brskalnik vpišite *photogrammetry*) in si oglejte njene izdelke.

10 GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SISTEM (GNSS)

Geodet na terenu ne bo našel dovolj geodetskih točk, ki definirajo geodetsko mrežo, zato jo bo sam vzpostavil. Pri tem bo uporabil instrument, ki ga do sedaj še ni. Ta instrument deluje na podoben način kot instrument GPS, ki ga ima investitor v avtomobilu. S pomočjo obeh se določa položaj točk v prostoru na osnovi merjenja razdalj do satelitov. Geodet bo investitorja poučil o sestavi in delovanju sistemov GNSS, načinu določitve položaja s pomočjo metode izmere GNSS ter o metodah geodetske izmere GNSS.



Vir:

<http://locattechss.com/images/pages/GEODETIC%20GPS.jpg> (3. 5. 2010)

10.1 POJEM GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System – Globalni Navigacijski Satelitski Sistem) so sistemi za določevanje položaja poljubne točke na Zemlji na podlagi opazovanih razdalj do satelitov. Trenutno je na svetu razpoložljivih več navigacijskih sistemov, med katerimi je najbolj znan GPS. Obstajajo še evropski Galileo, ruski Glonass in kitajski Beidou. Natančnost določitve položaja v sistemih GNSS je odvisna od uporabljenega sprejemnika in metode izmere.

10.2 SESTAVA IN DELOVANJE SISTEMOV GNSS

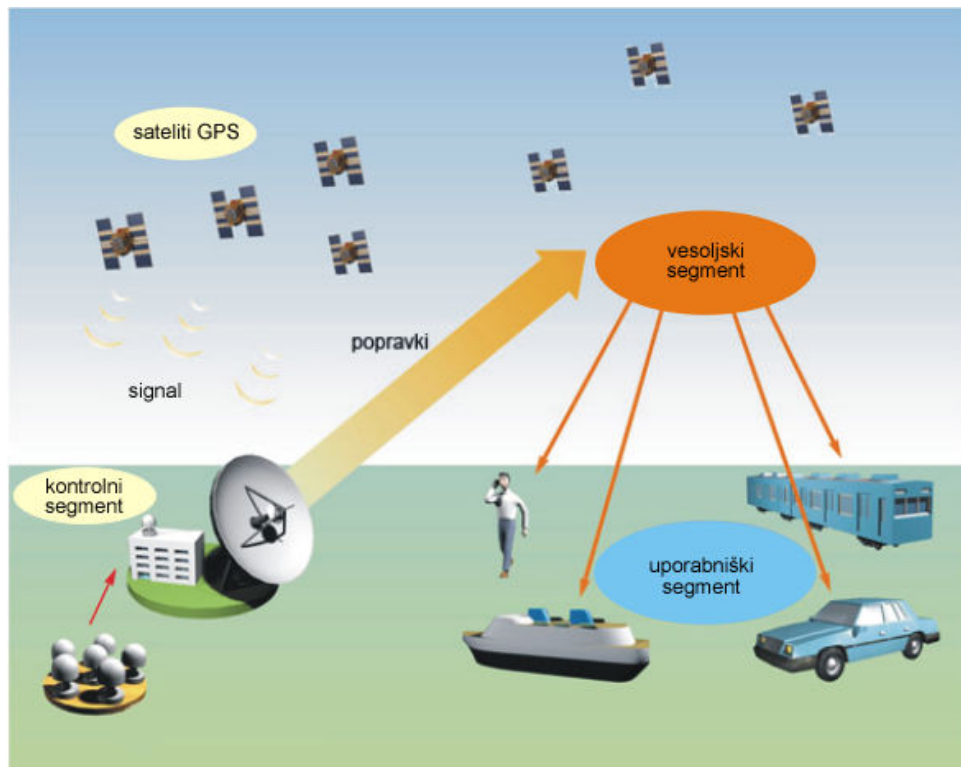
Stopar in Pavlovčič (2001) opredeljujeta, da GNSS sestavljajo:

- vesoljski segment,
- zemeljski oz. kontrolni segment,
- uporabniški segment.

Vesoljski segment sestavljajo navigacijski sateliti. V začetnem obdobju delovanja sistema GPS jih je bilo 24. Kasneje se je njihovo število večalo. Septembra 2009 jih je bilo 32, njihovo število pa bo v prihodnosti še večje. Položaj satelitov GNSS je podan v koordinatnem sistemu WGS84, ki je globalen, tj. definiran za Zemljo kot celoto. Sateliti GNSS oddajajo signal, na osnovi katerega je mogoče na Zemlji in v njeni bližini pridobiti podatek o položaju in času.

Kontrolni segment sestavljajo glavna kontrolna postaja v bližini Colorado Springsa v ZDA in kontrolne postaje, ki so enakomerno razporejene vzdolž ekvatorja. Glavna naloga kontrolnega segmenta je ugotavljanje stanja sistema in posameznih satelitov GNSS, določanje tirnic satelitov GNSS, ugotavljanje urnega teka satelitovih ur in periodično obnavljanje navigacijskega sporočila.

Uporabniški segment sestavljajo uporabniki sistema GNSS, ki opazujejo in sproti shranjujejo sprejeti signal, na osnovi katerega določajo svoj položaj, hitrost in pridobivajo podatek o času.

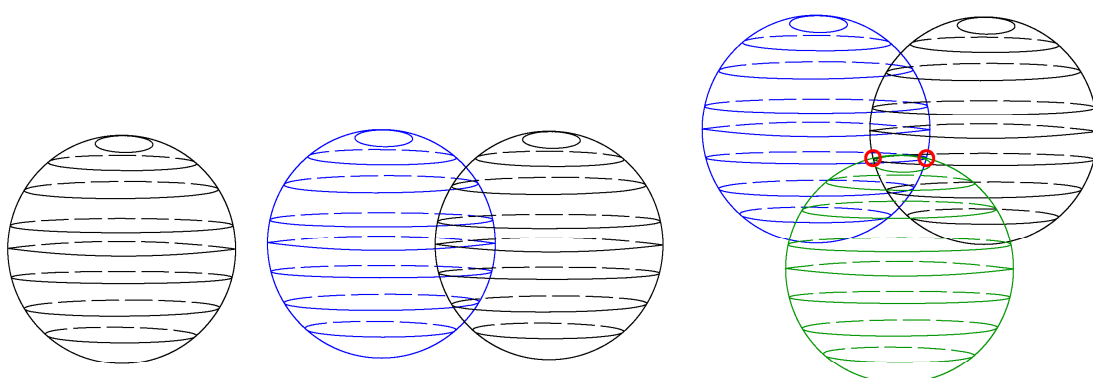


Slika 57: Zgradba GNSS

Vir: Prirejeno po: http://www.enri.go.jp/eng/research/image/nav_0302.jpg (6. 4. 2010)

10.3 DOLOČITEV POLOŽAJA NA OSNOVI OPAZOVANJ GNSS

Določitev položaja točk s pomočjo sistema GNSS temelji na izmeri razdalj med danimi in novo točko. Pomemben podatek pri tem je, da v primeru metode izmere GNSS dane točke spreminjajo položaj v prostoru. Dane točke predstavljajo sateliti, ki krožijo okrog Zemlje. Njihov položaj je znan v vsakem časovnem trenutku. Dolžine v primeru metode izmere GNSS dobimo prek časovnega intervala potovanja signala od oddajnika v satelitu do sprejemnika.

*En satelit**Dva satelita**Trije sateliti*

Slika 58: Določitev položaja točke s pomočjo enega, dveh oz. treh satelitov

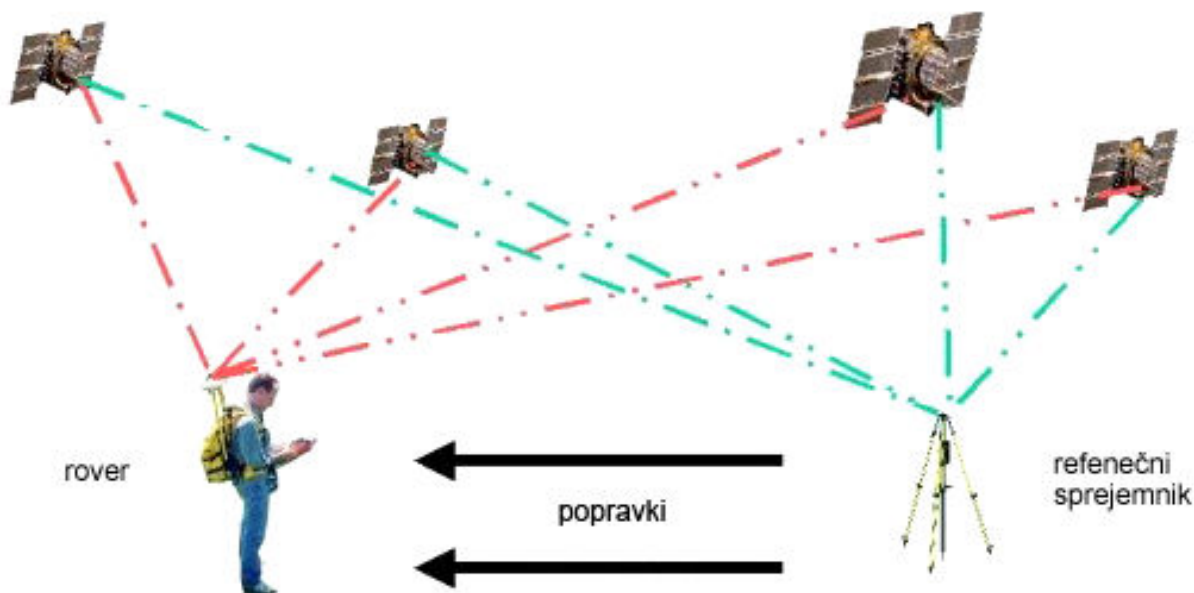
Če bi opravljali opazovanja le na en satelit naenkrat, bi dobili položaj, ki leži na plašču krogle, katere središče predstavlja položaj satelita. Če bi opravljali opazovanja na dva satelita naenkrat, bi dobili položaj, ki leži na krožnici, ki predstavlja presečišče krogel s središčema v položaju satelitov. Opazovanja na tri satelite definirajo položaja dveh točk.

Če dodamo opazovanja še do četrtega satelita, dobimo položaj posamezne točke, na kateri imamo postavljen instrument. Torej pri merjenju z metodami meritev GNSS potrebujemo vsaj 4 vidne satelite.

10.3.1 Absolutna in relativna določitev položaja točke

S pomočjo metode izmere GNSS določamo položaj točke na absolutni in relativni način. Pri absolutni določitvi položaja točke določimo položaj posamezne točke v realnem času v koordinatnem sistemu WGS84 (svetovni koordinatni sistem). Za absolutno določitev položaja točke zadostuje en sprejemnik GNSS. Pri relativnem načinu določitve položaja točke določimo medsebojni položaj dveh ali več točk, za kar potrebujemo najmanj dva sprejemnika GNSS.

Vse geodetske metode meritev GNSS so relativne metode, kar pomeni, da dobimo relativen položaj dveh točk, od katerih mora biti znan položaj ene. Za geodetsko izmero GNSS torej potrebujemo dva sprejemnika, od katerih enega postavimo na dano (referenčna točka), drugega (t. i. rover) pa na novo točko. Položaj nove točke izračunamo na osnovi položaja dane točke in relativnega odnosa med točkama.

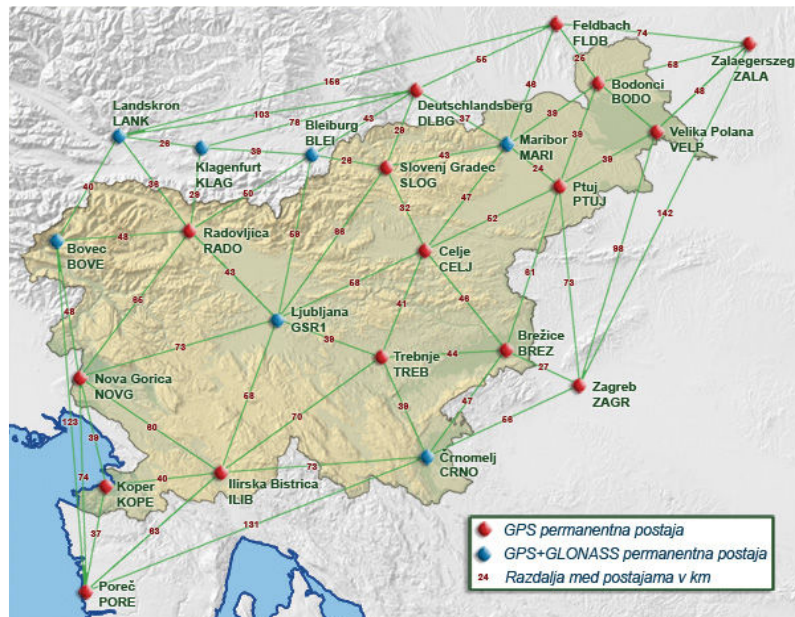


Slika 59: Relativna metoda določitve položaja točke

Vir: Prirejeno po: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/DGPS2.jpg> (6. 4. 2010)

10.3.2 Omrežje SIGNAL

SIGNAL (SlovenIja – Geodezija — Navigacija – Lokacija) je državno omrežje stalno delujočih postaj GPS (t. i. permanentnih postaj), ki ga tvori 15 stalno delujočih postaj GPS, razporejenih po vsej državi. SIGNAL je osnova državne geoinformacijske infrastrukture in predstavlja ogrodje novega slovenskega državnega koordinatnega sistema. Omrežje SIGNAL olajšuje merjenje s pomočjo metod meritev GNSS, saj nadomešča enega izmed dveh potrebnih sprejemnikov. Če se torej s pomočjo signala GSM povežemo v omrežje SIGNAL, potrebujemo za določitev položaja točke le en sprejemnik, ki ga postavimo na novo točko.



Slika 60: Prikaz omrežja SIGNAL

Vir: http://www.gu-signal.si/index.php?option=com_content&task=view&id=153&Itemid=32
(17. 11. 2009)

10.3.3 Transformacija

Ker so položaji satelitov podani v WGS84, položaj točk v Sloveniji pa trenutno podajamo v Gauss-Kruegerjevem sistemu in tudi koordinatnem sistemu ETRS, je točke na zemeljski površini potrebno transformirati tako, da bodo vse v istem koordinatnem sistemu. Zaradi tega potrebujemo transformacijske parametre, ki pa zaradi zgodovine nastanka državnega koordinatnega sistema niso enotni za celotno državo. Transformacija med koordinatnimi sistemi je torej kompleksna zadeva in zahteva strokovnost uporabnika.

10.4 VPLIVI NA OPAZOVANJA GNSS

Geometrijska razporeditev satelitov in kvaliteta opravljenih opazovanj vplivata na natančnost določitve položaja na osnovi opazovanj GNSS. Stopar in Pavlovčič (2001) opredeljujeta, da lahko vplive na opazovanja GNSS razdelimo v tri skupine:

- vplivi z izvorom v satelitu;
- vplivi z izvorom v sprejemniku GNSS in v njegovi okolici;
- vplivi z izvorom v mediju, v katerem potuje signal.

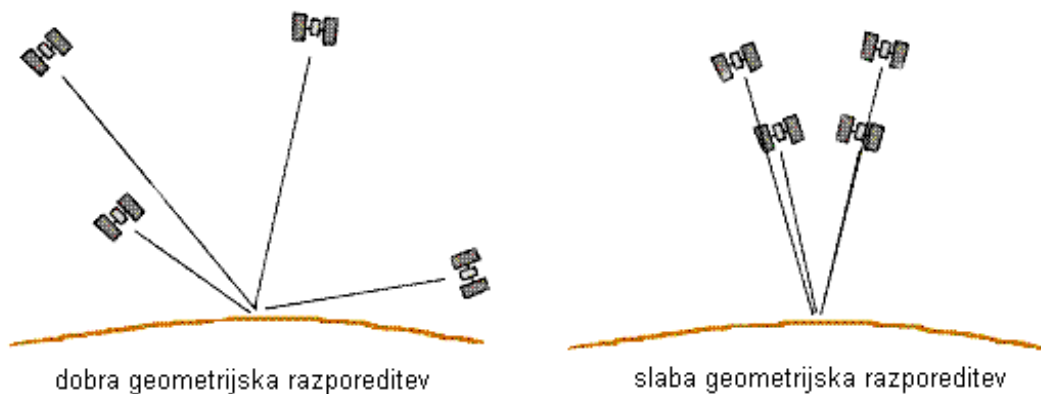
10.4.1 Vplivi z izvorom v satelitu

Natančnost določitve položaja točke je v precejšnji meri odvisna od podatka o položaju satelita, tirnice satelita. Prav tako imajo vpliv tudi pogreški ur satelita, čeprav so v satelitih najnatančnejše atomske ure. Podatek o tirnici satelita najpogosteje pridobimo kar na terenu. Takšen podatek se imenuje broadcast efemeride. Te so del navigacijskega sporočila, ki ga sprejemnik pridobi iz satelita. Pripravljajo jih v kontrolnem segmentu (glej poglavje 10.2). Da jih sprejemnik lahko pridobi v času meritve, morajo biti ti podatki pred meritvijo pripravljani in poslani satelitu. Torej broadcast efemeride vsebujejo predviden položaj satelitov GNSS. Ker se dejanska lega satelita lahko razlikuje od predvidene, je za natančne meritve mogoče pridobiti tudi natančne efemeride. Te je mogoče dobiti šele po izvedenih meritvah na terenu. Kontrolni segment te podatke posreduje po svetovnem spletu.

10.4.2 Geometrijska razporeditev satelitov

Geometrijska razporeditev satelitov na nebu vpliva na natančnost določanja položaja. Izražena je s faktorji DOP (Dilution Of Precision – zmanjševanje natančnosti položaja). Ta faktor je obratno sorazmeren volumnu štiristrane piramide z najbolj ugodno razporejenimi sateliti in opazovališčem v vrhu piramide. Nižji faktorji DOP pomenijo večji volumen piramide, torej ugodnejšo razporeditev satelitov za določitev položaja točke.

Nizko vrednost DOP dosežemo s sprejemanjem signalov iz več satelitov in hkratno izločitvijo meritev do satelitov z majhnim višinskim kotom.



Slika 61: Prikaz geometrijske razporeditve satelitov

Vir: Prirejeno po:

http://www.souterrain.biz/A%20short%20GUIDE%20TO%20GPS3_files/image005.gif

(6. 4. 2010)

10.4.3 Vplivi atmosfere

Atmosfera je medij, v katerem potuje signal GNSS. **Troposfera** je del atmosfere nad zemeljskim površjem. Vsebuje približno 75 % mase atmosfere ter 99 % njene vodne pare in aerosole. Povprečna globina troposfere na ekvatorju je 17 km, v tropskih gozdovih do 20 km, na polih pa tja do 7 km. Njen vpliv na opazovanja GNSS imenujemo troposferska refrakcija.

Del atmosfere med približno 50 in 1500 km višine se imenuje **ionosfera** in je spremenljiva optična plast, v kateri se hitrost signala satelita zmanjša. Dolžina poti signala je odvisna od višine satelita. Vpliv ionosfere na valovanje imenujemo ionosferska refrakcija.

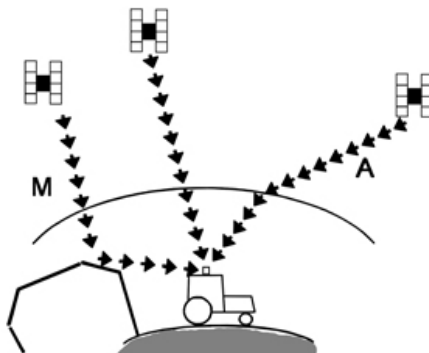
Vplive atmosfere zmanjšamo z izločanjem meritev do satelitov z majhnim višinskim kotom in uporabo dvofrekvenčnih sprejemnikov.

10.4.4 Vplivi z izvorom v sprejemniku GNSS in v njegovi okolici

Vplivi z izvorom v sprejemniku vključujejo pogrešek ure sprejemnika, odboj signala oziroma »multipath«, spreminjanje položaja faznega centra antene in šum sprejemnika.

"Multipath" oz. odboj signala vpliva na izmerjene razdalje med satelitom in sprejemnikom. V večini primerov je neizogiben, saj se signal GNSS najpogosteje odbija od zgradb, tal, vozil, vodnih površin itd., ki se nahajajo v bližini sprejemnika GNSS. Signal tako do antene sprejemnika ne potuje direktno, ampak indirektno, zaradi česar je pridobljena napačna razdalja, kar povzroči pogrešen položaj točke.

Ta vpliv zmanjšamo z upoštevanjem objektov na terenu med samim merjenjem (se jim čim bolj izogibamo), z uporabo posebnih anten ter izločanjem polariziranih signalov v postopku obdelave opazovanj.



Slika 62: Prikaz vpliva atmosfere in odboja signala na določitev položaja
Vir: <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/B1269/B1269-2.jpg> (21. 11. 2009)

Slika 62 s črko M prikazuje vpliv odboja signala, s črko A pa vpliv atmosfere na določitev položaja.

10.5 METODE IZMERE GNSS

Vse metode izmere GNSS, ki jih uporabljamo v geodeziji, so metode za določanje relativnega položaja (odnosa med dvema točkama). Od začetkov prve praktične uporabe opazovanj GNSS do danes se je razvilo nekaj metod izmere GNSS, ki jih opredeljujeta Kogoj in Stopar (2009).

10.5.1 Statična metoda izmere GNSS

Statična izmera GNSS je osnovna metoda za določanje relativnega položaja. Opazovanja trajajo več kot 1 uro in temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov v času opazovanj. S to metodo lahko pridobimo položaj točk z relativno natančnostjo 0.1 ppm – 10 ppm (ppm – part per milion oz. mm/km).

10.5.2 Hitra statična metoda izmere GNSS

Hitra statična metoda izmere GNSS je v vseh bistvenih lastnostih enaka statični metodi izmere, izjema je le krajši čas trajanja opazovanj. Natančnost te metode je 1 ppm – 10 ppm. Opazovanja trajajo 5 do 20 minut.

10.5.3 Kinematična metoda izmere GNSS

Za potrebe geodezije se uporablja metoda Stop-and-Go, pri kateri se na točkah, katerih položaj določamo, zaustavimo za nekaj sekund do nekaj minut. Ta metoda temelji na sprejemanju signala iz najmanj štirih satelitov ves čas premikanja od točke do točke. Pri kinematični metodi je potrebno meritve inicializirati, kar v praksi pomeni, da je pred začetkom opazovanj in pri vsaki izgubi signala potrebno na neki točki nekaj časa neprekinjeno sprejemati signal. Natančnost te metode je 1.5 ppm – 10 ppm.

10.5.4 Metoda izmere RTK GNSS

Metoda izmere RTK je kinematična metoda izmere, ki potrebuje radijsko povezavo med referenčnim (postavljen na dani točki) in premičnim sprejemnikom ter ustrezno programsko opremo za obdelavo opazovanj referenčnega in premičnega sprejemnika GNSS v času izmere. Ta metoda je primerna za najrazličnejše geodetske naloge, in sicer od detajlne izmere, pa do nalog inženirske geodezije. Njena največja prednost je, da med meritvami pridobimo

informacijo o količini in kvaliteti opravljenega terenskega dela. Natančnost te metode je 1 ppm – 10 ppm.

10.6 POVZETEK

V tem poglavju je investitor spoznal novo metodo izmere GNSS, ki omogoča določitev položaja točke istočasno v horizontalni in vertikalni ravnini. Ta metoda mu je bila delno že znana, saj v avtomobilu redno uporablja navigacijo GPS za iskanje posameznih krajev. Naučil se je, da sistem GNSS ni sestavljen le iz satelitov (vesoljskega segmenta) in uporabnikov (uporabniškega segmenta), temveč tudi iz kontrolnega segmenta.

Izvedel je, da morajo za določitev položaja biti vidni vsaj štirje sateliti in da to ni edini pogoj za dovolj natančno določitev.

☒ Na geodetovem instrumentu je opazil, da je vidnih 7 satelitov in da znaša GDOP = 7. Pomagajte mu izvedeti, ali je takšna vrednost primerna za geodetsko izmero GNSS.

Spoznal je tudi različne metode geodetske izmere GNSS.

☒ Opazil je, da ima geodet na nekaterih točkah postavljen instrument 15 minut, na drugih pa je postal le za nekaj sekund in se nato premaknil na novo točko. Pomagajte mu ugotoviti, kateri metodi meritve uporablja geodet, in razmislite, kakšne točke so na terenu, da geodet lahko uporabi posamezno meritve.

Več informacij o tem poglavju dobite na:

- <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>;
- <http://www.gu-signal.si/>;
- http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System;
- <http://www.youtube.com/watch?v=3zRIbboMvb0>;
- http://www.youtube.com/watch?v=Ezv8U_Flukk&feature=related;
- http://www.youtube.com/watch?v=_8P3DrKFjYc&feature=related;
- <http://www.youtube.com/watch?v=ID4zSjFRFEo&feature=related>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=DsmvTzw3GP4&NR=1>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=Mv-LrxSiCno&feature=related>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=kOI5jIIYwjQ&feature=related>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=YsFojTR9Z2s&feature=related>;
- <http://www.youtube.com/watch?v=RRFX2crLOiU&feature=related>;
- http://en.wikipedia.org/wiki/Differential_GPS;
- <http://www.esri.com/news/arcuser/0103/differential1of2.html>;
- <http://pnt.gov/101/augmentations.html>.

Ponavljanje

Kako je sestavljen sistem GNSS?

Naštete metode izmere GNSS in razliko med njimi.

Kaj je SIGNAL?

Kakšen je pomen omrežja SIGNAL?

Kaj vse vpliva na opazovanja GNSS?

Kaj je odboj signala ("multipath") in kakšne posledice ima na meritve GNSS?

Katero metode meritev GNSS bi uporabili za vzpostavljanje mreže točk na terenu?

Katero metodo meritev GNSS bi uporabili za detajlno izmero terena na območju bodočega gradbišča?

Ali lahko na terenu pridobimo podatek o položaju točk, če opravljamo meritve s pomočjo metode izmere GNSS? Zakaj?

Koliko sprejemnikov potrebujemo za izmero z geodetskimi metodami izmere GNSS?

Koliko satelitov mora biti minimalno vidnih, da lahko opravljamo izmero GNSS?

Kako je izražena geometrijska razporeditev satelitov?

Ali lahko imamo na sprejemniku GNSS naložene transformacijske parametre za območje celotne Slovenije? Utemeljite.

Razmislite, kakšna je prednost metode izmere RTK pred ostalimi metodami.

11 GEODETSKA DELA V GRADBENIŠTVU

Pred začetkom gradnje mora na terenu biti definiran položaj gradbene jame še preden jo bager izkoplje. Investitorja bo zanimalo, kako določiti njen položaj. Ko bo gradbena jama že izkopana, bo želel imeti podatke o njeni prostornini in velikosti. Ker bodo stavbe, ki se bodo gradile, ležale na nestabilnem terenu, ga bo skrbelo, ali bo prišlo do njihovega posedanja. Zanimalo ga bo, kako posedanje objektov opazovati.

11.1 PREGLED GEODETSKIH DEL V GRADBENIŠTVU

Geodetska dela v gradbeništvu obsegajo več faz, ki jih natančneje opredeljujemo spodaj.

Geodetska dela pred gradnjo objekta:

- parcelacija in ureditev mej parcel, namenjenih za gradnjo,
- izmera zemljišča in izdelava geodetskih načrtov za PGD.

Geodetska dela med gradnjo:

- razvitje in postavitve izhodiščnih točk (geodetske mreže) za zakoličenje,
- zakoličenje konturnih točk tlorisa oziroma prenos oblike objektov iz načrtov na teren,
- zavarovanje zakoličenja in prenos na gradbene profile,
- določitev višine gradbenih profilov.

Geodetska dela po gradnji:

- zakoličenje zunanje ureditve,
- meritve terena za izračun volumnov zemeljskih del,
- merjenje objekta po končani gradnji za izdelavo načrta novega stanja,
- evidentiranje objekta v nepremičninskih evidencah (zemljiški kataster, kataster stavb),
- merjenje posedanj in premikov zgrajenih objektov.

Pri posameznih vrstah gradnje so specifični še spodaj navedeni postopki.

Pri gradnji stavb:

- prenašanje višin v gradbeno jamo in na višje etaže stavbe,
- zarisovanje osi zgradbe na ploščah višjih etaž,
- določanje in kontrola vertikalnosti objektov.

Pri gradnji gradbenih inženirskih objektov ter komunalnih vodov:

- zakoličenje osi objekta,
- meritve vzdolžnih in prečnih profilov,
- profiliranje nasipov in usekov,
- določevanje smeri in višin in naklonov med gradnjo,
- zakoličenje predorov in meritve med gradnjo le-teh,
- zakoličenje mostov in viaduktov ter meritve med gradnjo.

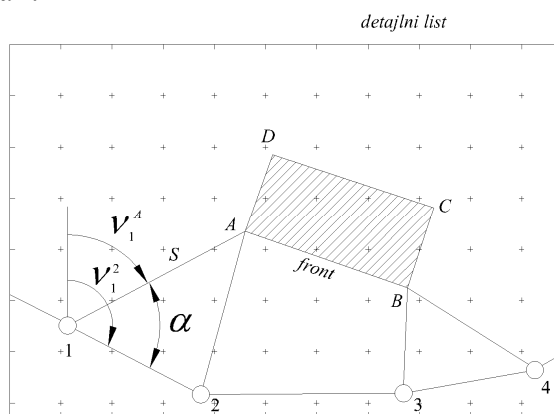
11.2 POJEM IN POMEN ZAKOLIČENJA

Zakoličenje objekta je prenos karakterističnih točk, ki definirajo obliko in dimenzije objekta, iz projekta v naravo. Gre za obratni postopek kot pri izmeri terena, vendar je v veliki večini primerov tu potrebna večja natančnost geodetskih meritev. Zakoličenje je tudi del uradnega postopka pri graditvi objekta, ki ga lahko izvede le pooblaščen geodetsko podjetje, ki o svojem postopku naredi zapisnik in skico.

11.3 OSNOVNI NAČINI ZAKOLIČENJA

Tudi metode zakoličenja so identične kot pri izmeri terena (ortogonalna, polarna). Katero metodo bomo uporabili, je večinoma odvisno od tega, kako je situacija objekta v projektu definirana (dane so koordinate gabaritnih točk, objekt je določen z merami odmikov od obstoječih objektov, objekt je vrisan le v merilu na situacijskem načrtu in moramo vrednosti koordinat ali odmikov dobiti grafično).

Natančnost zakoličenja je zahtevana z vrsto objekta. Konstrukcijsko zahtevnejši objekti zahtevajo tudi večjo natančnost. Ravno tako so glede zahtevane natančnosti bolj zahtevni nekateri gradbeni materiali.



Slika 63: Prikaz zakoličenja

Primer polarnega zakoličenja z grafičnim odmerjanjem elementov zakoličenja iz projekta:

Elementa zakoličenja za točko A sta dolžina S in priklepni kot α :

$$\alpha = \gamma_{10}^{11} - \gamma_{10}^A,$$

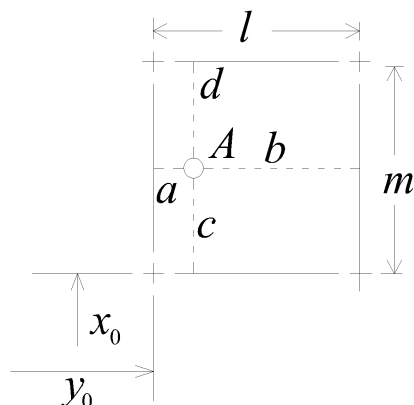
pri čemer je

$$\operatorname{tg} \gamma_{10}^A = \frac{y_A - y_{10}}{x_A - x_{10}}$$

in

$$S = \frac{y_A - y_{10}}{\sin \gamma_{10}^A} = \frac{x_A - x_{10}}{\cos \gamma_{10}^A}.$$

Grafično odčitamo naslednje vrednosti:



Slika 64: Grafični prikaz vrednosti zakoličenja

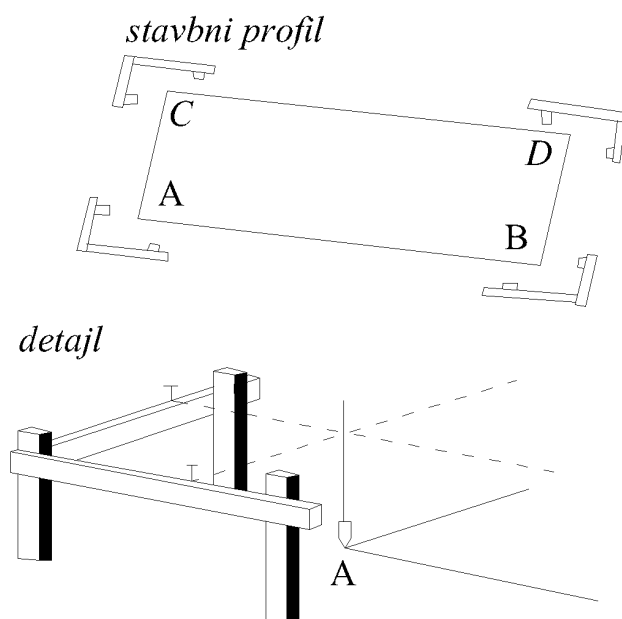
$$y_A = y_0 + \frac{l}{a+b} \cdot a$$

$$x_A = x_0 + \frac{m}{c+d} \cdot c.$$

Postopek ponovimo še za druge točke.

Če so koordinate karakterističnih točk dane numerično, grafično odmerjanje seveda odpade. Kadar je zahtevana natančnost zakoličenja večja, morajo biti elementi zakoličenja dani numerično.

Če moramo elemente zakoličenja dobiti z grafičnim odmerjanjem iz načrta, si velikokrat pomagamo tudi z merami odmikov od obstoječih objektov. Na ta način se zakoličujejo pomožni objekti, kjer večja natančnost ni zahtevana.



Slika 65: Prikaz gradbenih profilov

11.3.1 Ortogonalna metoda zakoličenja

Pri tej metodi je osnova za delo merska črta, ki je lahko poligonska stranica, rob objekta, os cestišča, parcelna meja in podobno. Če je možno, merske črte izbiramo tako, da so vzporedne z objekti. Elementi zakoličenja so abscise in ordinate, ki jih lahko odčitamo grafično ali računamo iz koordinat. Pravokotnice določamo s kotno prizmo.

To metodo vedno redkeje uporabljamo. Pride v poštev na čisto ravnih terenih, predvsem pri objektih pravilnih tlorisnih oblik.

11.3.2 Polarna metoda zakoličenja

To je najpogosteje uporabljena metoda. Predvsem na neravnem terenu in pri večjih razdaljah da edina dobre rezultate. Instrument postavimo na znano točko in ga orientiramo proti drugi znani točki. Pozicije zakoličenih točk določamo s pomočjo merjenih horizontalnih kotov in razdalj, ki smo jih izračunali na podlagi koordinat. Razdaljo brez izjeme določamo z elektrooptičnim razdaljemerom. Z uporabo kompletnega elektronskega instrumenta lahko tudi izračun elementov zakoličenja opravimo direktno v instrumentu.

11.3.3 Metoda presekov

To metodo uporabljamo v pogojih, kjer je onemogočeno merjenje dolžin (ali nimamo dovolj natančnega razdaljemera). Pozicijo zakoličene točke določimo v presečišču dveh smeri, ki jih odmerimo z dveh znanih (poligonskih) točk. Najlažje in najhitreje postopek na terenu opravimo, če merimo z dvema teodolitoma hkrati.

11.3.4 Odmerjanje od obstoječih objektov

Ta metoda zakoličenja je najmanj natančna in ni primerna za zakoličenje zahtevnejših objektov. S pomočjo odmerjanja razdalj od obstoječih objektov lahko zakoličimo pomožne objekte, kanalizacijske vode, zunanjo ureditev in podobno.

Po zakoličenju objekta moramo natančnost le-te nujno preveriti. To naredimo tako, da zakoličenje posameznih točk ponovimo na drug način (ali vsaj ponovimo istega ter preverimo čelne in diagonalne mere med zakoličenimi točkami).

Zakoličenje objekta mora biti narejeno tako, kot je to opredeljeno v lokacijski dokumentaciji. Izvesti jo mora pooblaščen oseba, ki izdelava tudi skico in zapisnik zakoličenja. Poleg situacijskega zakoličenja določi tudi višinsko koto, ki jo (če ni v bližini reperja) označi na obstoječem objektu v bližini.

Zakoličenje moramo zavarovati pred uničenjem. Zakoličene točke, ki pomenijo karakteristične točke bodočega objekta in so označene s količki, zavarujemo tako, da okoli njih zabijemo tri kole in jih povežemo z deščicami. Poleg tega odmerimo nekaj dimenzij od bližnjih objektov (če jih ni, stabiliziramo še nekaj novih točk), ki nam bodo v primeru uničenja zakoličene točke omogočile njeno obnovo.

Pred začetkom gradbenih del postavimo gradbene profile. Najprej ob zakoličenih točkah, ki označujejo vogale bodočega objekta, zabijemo lesene kole, ki jih po potrebi utrdimo z betonom.

Koli morajo biti od zakoličenih točk odmaknjeni toliko, da so zunaj območja gradbenega izkopa. Ob kole pribijemo plohe, in sicer tako, da je njihov gornji rob točno na višini kote $\pm 0,00$ m (oziroma za okroglo vrednost večji ali manjši višini) bodočega objekta, ki nam je bila dana ob zakoličenju.

To višino prenesemo z nivelirjem, po možnosti z metodo iz sredine. Ko so plohi pribiti, na njihovem gornjem robu z žeblički označimo podaljške zidov in osi bodoče zgradbe. Ta prenos glavnih smeri objekta naredimo s teodolitom, ki ga postavljamo nad zakoličene točke.

11.4 METODE MERJENJA POMIKOV IN DEFORMACIJ

Namen teh meritev je pravočasni začetek zaščitnih ukrepov v primerih, ko bi večje deformacije pomenile vitalne okvare konstrukcijskih elementov zgradb. Potrebo po teh meritvah lahko predvidimo zaradi specifične sestave tal, dodatnih gradbenih poseganj v objekt ali zaradi pomembnosti objekta.

Merjenje predpiše statik, ki tudi določi, na katerih delih objektov so meritve potrebne.

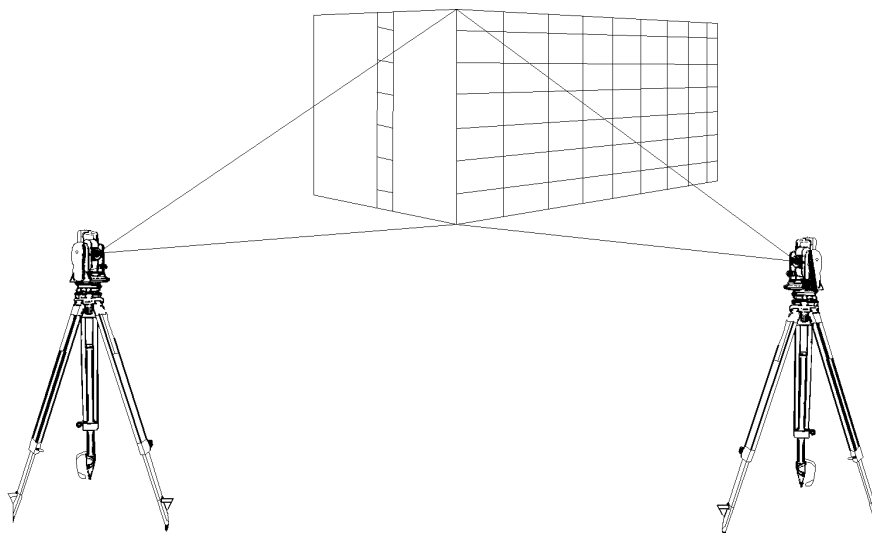
Za merjenje posedanj v objekt na izbranih mestih vgradimo litoželezne reperje ali reperje iz nerjavečega jekla. Mesta vgradnje reperjev morajo zagotoviti nemoten dostop med gradnjo in po njej in možnost postavljanja merske late na reperje. Pri meritvah uporabljamo precizni nivelir in invar lato. Niveliramo od zanesljivih stalnih reperjev. Od teh reperjev do reperjev na stavbi niveliramo vedno po metodi iz sredine.

Premike v horizontalni smeri merimo s pomočjo preciznega teodolita in elektrooptičnega razdaljemera. Izberemo si vsaj dve stalni točki, kjer zabetoniramo dobro temeljene stebre. Steber mora biti obdelan tako, da lahko instrument postavljamo neposredno nanj, brez stativa. To omogoča, da imamo instrument ob vsaki meritvi na isti točki. S teh stojišč merimo kote in dolžine do signaliziranih točk na objektu.

11.5 DOLOČANJE VERTIKAL

Pri gradnji višjih objektov, ali kadar je zaradi specifične konstrukcije zahtevana večja natančnost, vertikale določamo optično. To delamo lahko s teodolitom (pri manj zahtevnih objektih) ali s posebnim instrumentom za optično določanje vertikal – **zenitlotom**.

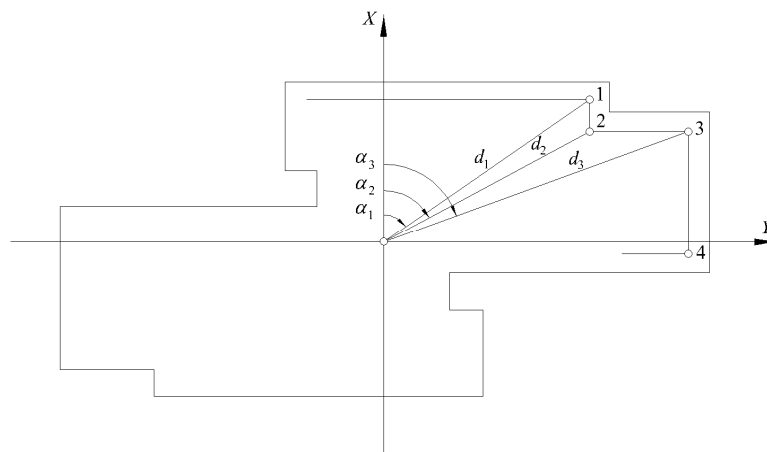
S teodolitom vertikalo določimo z dvema stojiščema. Paziti moramo, da je teodolit umerjen in pravilno horizontiran. Zaradi večje natančnosti vertikalo določimo v obeh krožnih legah. Stojišči, s katerih določamo vertikalnost objekta, naj z opazovanim robom tvorita približno pravi kot.



Slika 66: Določitev vertikale s pomočjo teodolita

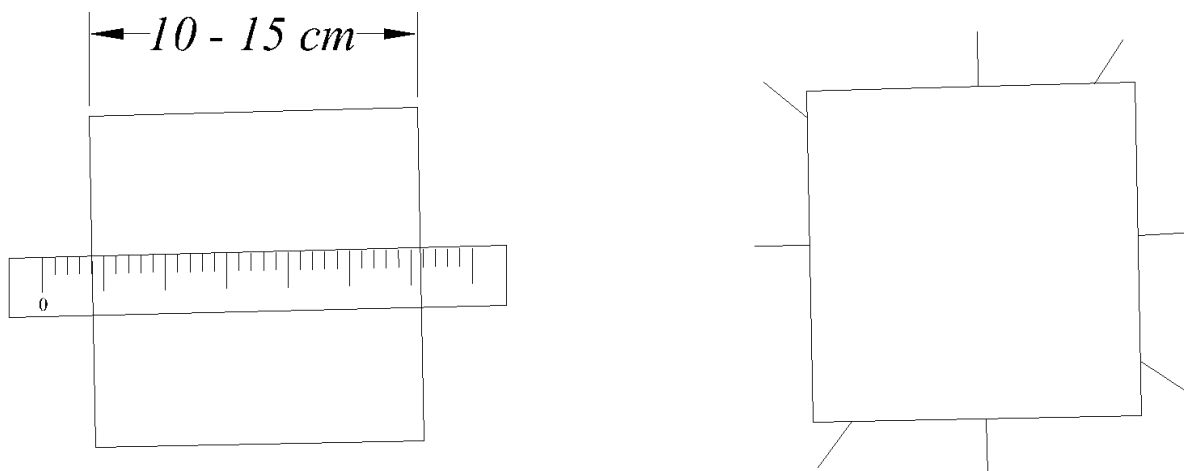
Z zenitlotom vertikalo določamo zelo precizno (± 1 mm na 100 m vertikale). To je instrument z visečim kompenzatorjem, ki omogoča vertikalno vizuro (ob naravnani alhidadni libeli).

Na plošči prve (kletne) etaže stabiliziramo točko nekje v sredini zgradbe. Točka nam pomeni koordinatno izhodišče, iz katerega lahko s teodolitom določamo smeri osi zgradbe in drugih karakterističnih točk. Za orientacijo teodolita si izberemo nekaj stalnih točk, ki bodo vidne tudi z višjih etaž.



Slika 67: Določitev vertikale s pomočjo zenitlota

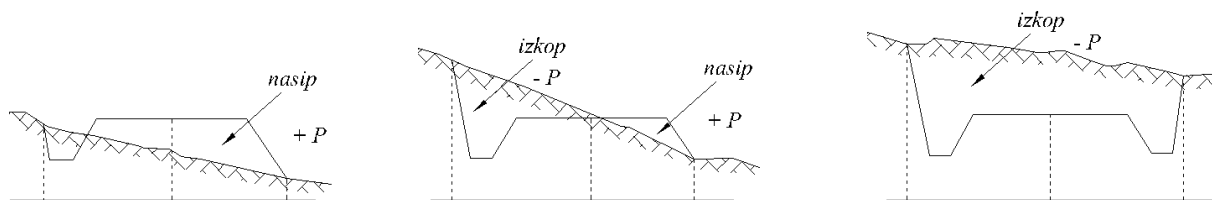
Na vsaki naslednji etaži pri betoniranju plošče v njej nad stabilizirano točko pustimo kvadratno odprtino s stranico 10–15 cm. S pomočjo prečne ali avtomatične niti v zornem polju daljnogleda, ki jo uravnava kompenzator zenitlota, in pomočnikom na gornji etaži zarišemo njeno smer. Instrument obrnemo za 90° in postopek ponovimo. Za kontrolo zarišemo še diagonale. Vse smeri so zarisane na robu odprtine. Če odprtino zapremo z desko, nam presečišče zarisanih smeri definira vertikalni prenos izhodiščne točke. Sedaj nad njo postavimo teodolit in s pomočjo orientacijskih točk določimo karakteristične tlorisne točke objekta.



Slika 68: Določitev vertikale s pomočjo zenitlota

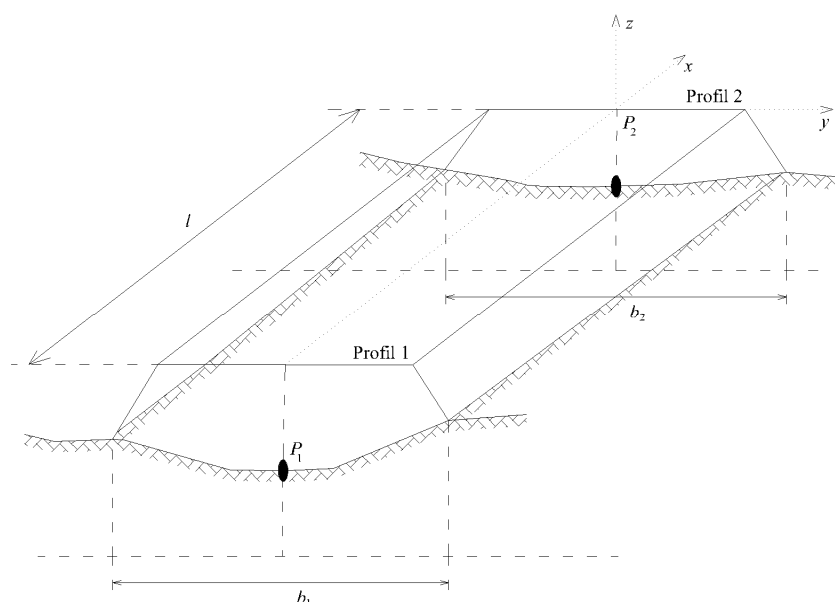
11.6 METODE RAČUNANJA PROSTORNIN

Pri gradbenih delih je velikokrat potrebno izračunati prostornino izkopenega ali nasutega materiala (zemljine). Predvsem pri izgradnji cest stremimo za tem, da je izbrana trasa določena tako, da so razlike med nasutji in izkopi minimalne. Pri projektiranju cest in drugih dolžinskih objektov je najbolj uporabna metoda računanja prostornin na podlagi prečnih profilov. Osnova za to je seveda izmera vseh prečnih profilov in izračun njihove površine. Nastopajo tri variante prečnih profilov: nasip, izkop, ali njuna kombinacija.



Slika 69: Prikaz računanja prostornin

Površine profilov določamo računsko iz koordinat lomnih točk konture profila (največkrat s pomočjo računalniškega programa). Nekdaj je bila običajna grafična metoda, ki je zahtevala kartiranje vsakega prečnega profila v čim večjem merilu. Tudi danes je izris profilov koristen, saj omogoča zanesljivo in hitro kontrolo izračunanih površin.



Slika 70: Prikaz računanja prostornin s pomočjo profilov

Prostornina telesa med dvema sosednjima prečnima profiloma se lahko izračuna po formuli:

$$V = \frac{1}{6} \left[P_1 \cdot \left(2 + \frac{1}{q} \right) + P_2 \cdot (2 + q) \right] \cdot l,$$

kjer sta P_1 in P_2 površini sosednjih prečnih profilov, l je razdalja med profiloma, $q = b_1/b_2$, b_1 in b_2 sta širini nasipa oziroma izkopa.

Pri enakih širinah nasipa in izkopa $b_1 = b_2$ se formula lahko poenostavi v:

$$V = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) \cdot l.$$

11.7 POVZETEK

Investitor je v tem poglavju spoznal, kako prenesti stavbe v naravo. Opazil je, da je geodet za potrebe izkopa gradbene jame manj natančno zakoličil lokacijo stavb, saj je vedel, da bodo količki pri kopanju odstranjeni. Ko je gradbena jama bila izkopana, je geodet porabil za

zakoličenje več časa in v zakoličenje vložil več strokovnega znanja, kar se je investitorju poznalo na računu. Obenem je usvojil tudi različne metode zakoličenja.

✎ *Ugotovil je, da imajo nekatere metode zakoličenja podobno ime kot nekatere metode izmere. Ker ne more ugotoviti zakaj, mu pomagajte ugotoviti, kaj imajo skupnega in v čem se razlikujejo metode zakoličenja od nekaterih metod izmere. Razmislite tudi, katero izmed zakoličenj je investitorja stalo več.*

Seznanil se je tudi z metodami merjenja pomikov in deformacij. Geodet ga je poučil, da je pri izboru instrumenta za merjenje premikov in deformacij potrebno biti posebej pozoren, saj so premiki in deformacije na objektih najpogosteje počasni in majhni. Investitor se je spomnil poglavij 5.2 *Teodolit* in 6.3 *Nivelir*, kjer je spoznal, da obstaja instrumentarij različne natančnosti in da lahko z izbiro pravilne metode meritev zmanjšamo oziroma odpravimo nekatere pogoške instrumentarija. Začel se je zavedati, da sam nima zadostnega znanja za opravljanje meritev, čeprav se je do sedaj naučil že veliko teoretičnih osnov in zna uporabljati instrumente. Strokovno delo raje prepusti geodetu, saj ta zna določiti primeren instrumentarij za izvajanje meritev, prav tako zna določiti najprimernejšo metodo meritev in, kadar je potrebno, odpraviti nekatere pogoške meritev.

Spoznal je tudi določanje vertikale in nov instrument, tj. zenitlot.

Naš investitor se je naučil tudi, kako izračunati prostornino izkopane zemlje. Ob razmišljanju o prostornini izkopane zemlje se je spomnil, da je v poglavju 8.2 *3D skener* izvedel, da lahko tudi s skenerjem določimo prostornino. Ko je geodeta povprašal, ali je smiselno prostornino določiti s pomočjo skenerja, mu je geodet razložil, da je 3D skener zelo dober za izračun prostornine, saj poda veliko točk, vendar je potrebno pred uporabo posameznega instrumenta ugotoviti racionalnost njegove uporabe. Geodet ga je tako ponovno opozoril na potrebnost uskladitve potrebne natančnosti meritev, gostote točk in racionalnosti.

✎ *Pomagajte mu ugotoviti, kako mora geodet izmeriti gradbeno jamo, da bo lahko izračunal njeno prostornino. Razmislite o prednostih in slabostih uporabe 3D skenerja in elektronskega tahimetra za izračun prostornine.*

Več informacij o tem poglavju dobite v:

- Kovačič, B. *Geodezija za gradbene inženirje*. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, 2004.
- Medak, D., in Pribičević, B. *Geodezija v građevinarstvu*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2003.

Ponavljjanje

Kako delimo geodetska dela v gradbeništvu?

Kaj je zakoličevanje?

Katere metode zakoličevanja poznate in kdaj so uporabne?

Kdaj so potrebna merjenja pomikov in deformacij?

Na kakšne načine izvajamo merjenja pomikov in deformacij?

Kako določamo vertikale?

Kako lahko določimo prostornine zemeljskih del?

12 NEPREMIČNINSKE EVIDENCE

Investitor bo ob odločitvi za nakup nepremičnine naletel na težavo, saj ne bo vedel, kje naj najde podatke o parceli in njenem lastništvu. Po brskanju na spletu bo med podatki zemljiškega katastra, ki jih pridobi na spletni strani geodetske uprave, izvedel približno lokacijo parcele in druge podatke o njej. Ob gradnji dvostanovanjskih vrstnih hiš ga bo zanimalo tudi, kako bo prodal vsako etažo posamezne hiše drugemu lastniku. To poglavje mu bo predstavilo, kje in kako najti podatke o parcelah in drugih nepremičninah ter o njihovem lastništvu in drugih podatkih zemljiške knjige, kako le-te pravilno uporabljati ter mu na kratko podalo geodetske postopke pri evidentiranju nepremičnin.

12.1 NEPREMIČNINA

Nepremičnina je prostorsko odmerjen del zemeljske površine skupaj z vsem, kar je z njo trajno spojeno (Stvarnopravni zakonik, 2002, 8. in 18. člen). V Sloveniji delimo nepremičninske evidence na nepremičninske evidence, ki jih vodi geodetska uprava Republike Slovenije, in zemljiško knjigo, ki jo vodijo okrajna sodišča. Evidence, ki jih vodi geodetska uprava in zemljiška knjiga, so neločljivo povezane.

12.2 GEODETSKE PROSTORSKE EVIDENCE

Geodetske prostorske evidence so prostorske evidence, ki so vezane na prostor.

Med temi so najpomembnejše:

- zemljiški kataster,
- kataster stavb,
- zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture.

Med geodetske prostorske evidence spadajo tudi:

- register prostorskih enot (RPE), v katerem se evidentirajo katastrske občine, naselja, samoupravne lokalne skupnosti, poštni okoliši, območja volišč in druge prostorske enote ter ulice in hišne številke;
- register nepremičnin kot večnamenska zbirka podatkov o nepremičninah na območju Republike Slovenije zaradi zagotavljanja podatkov, ki odražajo dejansko stanje nepremičnin v naravi;
- evidenca trga nepremičnin kot večnamenska zbirka podatkov o kupoprodajnih in najemnih pravnih poslih z nepremičninami;
- evidenca državne meje.

Te evidence vodi geodetska uprava RS.

12.2.1 Zemljiški kataster

Zemljiški kataster je uradna evidenca zemljišč. Zemljišče je opredeljeno s parcelo. Povezuje stvarne pravice na nepremičninah – zemljiščih, ki jih vodi zemljiška knjiga, z lokacijo v prostoru. Obe evidenci skupaj torej umestita lastnino v prostor oziroma prostor povežeta z lastnikom.

Osnovna enota za vodenje podatkov v zemljiškem katastru je **katastrska občina**. Osnovna enota zemljiškega katastra je **parcelsa**, ki leži znotraj ene katastrske občine. V zemljiškem katastru je parcela evidentirana z mejo parcele in označena s parcelno številko. Vsi podatki

zemljiškega katastra na območju Republike Slovenije so tako enotno definirani s šifro katastrske občine in z identifikatorjem podatka znotraj katastrske občine – **parcelno številko**. »Meja parcele je več daljic, ki so med seboj povezane v zaključen poligon. Krajišča daljic so zemljiškokatastrske točke. Meja razmejuje zemljišče parcele od zemljišča ene ali več sosednjih parcel. Zemljiškokatastrska točka je točka, ki ima koordinate določene v državnem koordinatnem sistemu. Meja se evidentira s koordinatami zemljiškokatastrskih točk« (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006, 19. člen).

V zemljiškem katastru se za vsako parcelo vodijo naslednji podatki (podatke, ki jih je mogoče videti preko spleta, prikazuje slika 71):

- številka in ime katastrske občine,
- parcelna številka,
- meja,
- površina,
- številka in zemljiškoknjižni vložek,
- lastnik,
- upravljavec državnega ali lokalnega premoženja,
- dejanska raba,
- koordinati y in x centroida parcele,
- zemljišče pod stavbo,
- boniteta zemljišč,
- do novembra 2011 še podatki o vrstah rabe in katastrskem razredu.

Številka zemljiškoknjižnega vložka omogoča povezavo podatkov zemljiškega katastra s podatki zemljiške knjige. Lastnik je v zemljiškem katastru naveden samo informativno.

Opisni podatki o parceli:

Podatki o parceli

Šifra katastrske občine	Ime katastrske občine	Parcelna številka	Površina [m ²]	Številka ZKVL	Urejena parcela	Datum zadnje spremembe
2399	PLANINA	*22	306	01012	NE	05.05.1999

Podatki o vrstah rabe parcele

Šifra vrste rabe / kulture	Vrsta rabe / kulture	Katastrski razred	Površina [m ²]	Bonitetne točke	Številka stavbe	Y centroid	X centroid
217	STAVBIŠČE	-	306	0	-	415474.16	79692.89

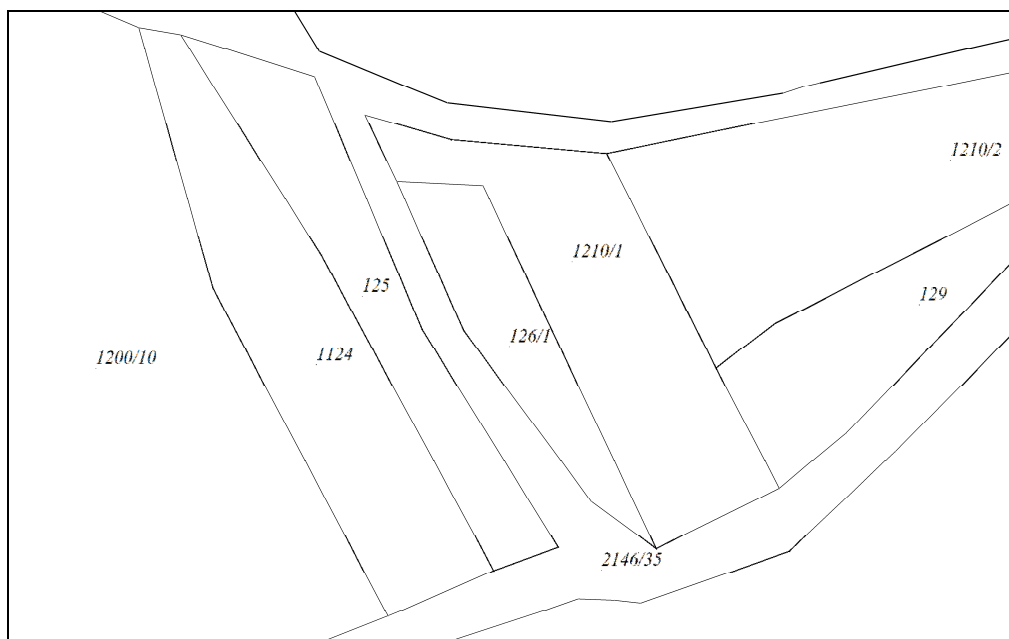
Podatki o dejanski rabi parcele

Šifra dejanske rabe	Naziv dejanske rabe	Površina [m ²]
3000	Pozidano zemljišče	306

Slika 71: Primer opisnih podatkov zemljiškega katastra

Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

Grafični prikaz parcel predstavlja **zemljiškokatastrski prikaz** – **ZKP** (v preteklosti imenovan DKN – digitalni katastrski načrt) in prikazuje meje parcel in parcelnih delov ter parcelne številke (slika 72). Podatki ZKP so v državnem koordinatnem sistemu, njegova natančnost je odvisna od vrste katastra, načina izmere in merila katastrskega načrta, ki je bil vir za izdelavo prikaza. Podatki se vodijo in vzdržujejo za celo Slovenijo.



Slika 72: Zemljiškokatastrski prikaz

Pri uporabi zemljiškokatastrskega prikaza se je v vsakem trenutku potrebno zavedati natančnosti tega.



Slika 73: Primer zemljiškokatastrskega prikaza na digitalnem ortofotu (območje, kjer med ZK prikazom in stanjem parcelnih mej v naravi ni večjih razlik)

Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

Slika 73 prikazuje primer zemljiškokatastrskega prikaza, na katerem ni večjih razlik med parcelnimi mejami v zemljiškokatastrskem prikazu in parcelnimi mejami v naravi.



Slika 74: Primer zemljiškokatastrskega prikaza na digitalnem ortofotu (območje, kjer med ZK prikazom in stanjem parcelnih mej v naravi prihaja do večjih razlik)

Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

Slika 74 je primer drugačnega območja. Iz te slike je razvidno, da parcelne meje v zemljiškokatastrskem prikazu zelo odstopajo od stanja v naravi. Če bi zemljiškokatastrski prikaz predstavljal dejansko stanje v naravi, bi kar nekaj hiš stalo na dveh ali več parcelah, predvsem na parceli, ki pripada cesti. Najpogosteje to ni res. Tako slab podatek za zemljiškokatastrski prikaz je posledica zgodovine nastanka tega.

Izvorni načrti zemljiškega katastra v Sloveniji so nastali v 19. stoletju. Natančnost takšnih načrtov je sovpadala s tedanjimi metodami meritev. V 20. stoletju so se vse spremembe na njih vrisovale ročno oz. se velikokrat sploh niso vrisovale. Takšni načrti so bili konec 20. in v začetku 21. stoletja digitalizirani. Ker so bili v analogni obliki vodeni po katastrskih občinah, z digitalizacijo pa je bilo potrebno vzpostaviti stanje za celotno Slovenijo, je pri nastanku zemljiškokatastrskega prikaza bilo ugotovljenih veliko napak (npr. parcelna meja med dvema parcelama, ki sta vsaka v drugi katastrski občini v digitalni obliki, ni bila na istem mestu). Takšne napake je bilo potrebno popraviti.

Položajna natančnost današnjega podatka zemljiškokatastrskega prikaza je posledica vsega tega. Slika 73 prikazuje območje, kjer je položajna natančnost parcelnih mej večja kot položajna natančnost parcelnih mej za območje, ki ga prikazuje slika 74, vendar tudi položaj parcelnih mej, ki jih prikazuje slika 73, ni natančen, saj tudi nanj vpliva zgodovina nastanka zemljiškokatastrskega prikaza. Določitev parcelne meje je zato zelo zahteven postopek in ga lahko izvede le geodet, ki ima opravljen poseben strokovni izpit za izvajanje geodetskih storitev.

Namen zemljiškega katastra:

- geodetskim podjetjem služi za določitev mej parcel;
- resorjem občinske in državne uprave služi za gospodarjenje s prostorom, varovanje okolja, vrednotenje in obdavčenje nepremičnin, upravljanje z objekti prometne in komunalne infrastrukture ...

»Zemljiški kataster je sestavljen iz **zadnjih vpisanih podatkov o zemljiščih** ter iz **zbirke listin** in podatkov, ki omogočajo historični pregled sprememb. V zbirki listin so elaborati in druge listine, na podlagi katerih so bili opravljeni posamezni vpisi, ter načrti in podatki,

vpisani pred zadnjimi vpisanimi podatki« (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006, 15. člen).

Geodetske storitve pri vzdrževanju zemljiškega katastra so:

- ureditev meje,
- parcelacija,
- izravnava meje,
- označitev meje v naravi,
- komasacija,
- evidentiranje zemljišča pod stavbo.

Meja se **ureja** po postopku ureditve meje, ki je sestavljen iz dveh delov:

- geodetsko podjetje izvede geodetsko storitev in izdela elaborat ureditve meje;
- geodetska uprava izvede upravni postopek evidentiranja v zemljiškem katastru.

»**Parcelacija** je združitev parcel in delitev parcele. Združitev parcel je oblikovanje ene parcele iz dveh ali več parcel, ki imajo enako pravno stanje glede lastninske pravice. Delitev parcele je oblikovanje dveh ali več parcel iz ene parcele« (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006, 47. člen).

»Za **izravnavo** meje gre, kadar se potek urejenega dela meje, evidentiranega v zemljiškem katastru, spremeni, če se lastnika sosednjih parcel sporazumeta o izravnavi dela meje in se pri tem površina manjše parcele, ki se dotika dela meje, ki se izravnava, ne spremeni za več kakor pet odstotkov površine manjše izmed parcel, med katerima se opravi izravnava meje, vendar ne več kakor za petsto kvadratnih metrov« (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006, 60. člen). Ta postopek je zelo uporaben, kadar nek zgrajen objekt delno sega na drugo parcelo ali kadar oblika parcel ni primerna za obdelavo zemlje.

»Urejena meja se na zahtevo lastnika parcele **v naravi označi z mejniki** na podlagi podatkov zemljiškega katastra« (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006, 44. člen).

Komasacija je zložba parcel, ki imajo različno pravno stanje glede lastninske pravice in razdelitev po zložbi oblikovanega zemljiškega sklada na nove parcele. Poznamo dva tipa komasacij:

- **pogodbena komasacija** se izvede na podlagi sklenjene pogodbe med lastniki;
- **upravna komasacija** se izvede na podlagi odločbe, izdane v upravnem postopku.

Zemljišče pod stavbo kot navpična projekcija preseka stavbe z zemljiščem na ravnino se v zemljiškem katastru **evidentira** s koordinatami v državnem koordinatnem sistemu, s površino zemljišča pod stavbo in z identifikacijsko oznako stavbe.

Med temi postopki je zelo pomembna **ureditev meje**, saj velika večina mej v Sloveniji ni evidentirana z zadovoljivo natančnostjo. Pred posegom na takšno parcelo je ureditev meje zelo pomembna, čeprav ni zakonsko zavezujoča. Hude težave lahko nastopijo, če se s posegom poseže na parcelo v tuji lastnini, čeprav je iz vseh evidenc na prvi pogled razvidno, da bo poseg na parceli v lasti investitorja. Stroški so v takšnem primeru lahko zelo visoki. Vsaka meja bi torej pred posegom v prostor morala biti urejena. Urejene meje so v potrdilih in geodetskih načrtih prikazane z odebeljeno linijo, meje, ki niso evidentirane kot urejene, pa s tanko linijo.

12.2.2 Kataster stavb

Kataster stavb je temeljna evidenca podatkov o stavbah in se povezuje z zemljiškim katastrom in zemljiško knjigo. V katastru stavb se evidentirajo podatki o stavbah in delih stavb.

»**Stavba** je objekt, v katerega lahko človek vstopi in je namenjen njegovemu stalnemu ali začasnemu prebivanju, opravljanju poslovne in druge dejavnosti ali zaščiti ter ga ni mogoče prestaviti brez škode za njegovo substanco« (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006, 71. člen).

»Posamezen **del stavbe** je prostor oziroma skupina prostorov v stavbi, ki se lahko samostojno pravno ureja. Kot del stavbe se v katastru stavb evidentirajo tudi skupni deli« (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006, 71. člen).

Vzpostavi, vodi in vzdržuje ga Geodetska uprava Republike Slovenije. V njem se vodijo naslednji podatki o stavbah in o delih stavb (slika 75, slika 76, slika 77):

- identifikacijska oznaka,
- lastnik,
- upravljavec,
- lega in oblika,
- površina,
- dejanska raba,
- številka stanovanja ali poslovnega prostora,
- povezava z zemljiškim katastrom,
- povezava z registrom prostorskih enot,
- povezava z zemljiško knjigo.

Podatki o stavbi in njenih delih:
Katastrska občina: 532 LENART V SLOVENSKIH GORICAH
Št. stavbe: 713

Opisni podatki o stavbi

Katastrska občina	Ime katastrske občine	Št. stavbe	Vrsta podatkov	Datum veljavnosti
532	LENART V SLOVENSKIH GORICAH	713	Katastrski	06.05.2009

Najnižja višina	Najvišja višina	Karakteristična višina	Št. etaž	Št. prtilčne etaže	Uporabna površina stavbe	Dejanska raba stavbe	Leto izgradnje (R)	Leto zadnje obnove (R)	Material nosil. konstrukcije (R)
248.74	264.66	250.27	5	1	-	1122103	1962	2002	Opeka

Oprema stavbe

Vodovod (R)	Kanalizacija (R)	Elektrika (R)	Plin (R)	Ogrevanje (R)	Telefon (R)	Kabelska TV (R)	Dvigalo (R)
Da	Kanalizacija	Da	Ne	Daljinsko ogrevanje	Da	Da	-

Podatki o delih stavbe

Št. dela stavbe	Št. stanovanja ali poslovnega prostora	Naslov	Neto tlorisna površina	Uporabna površina	Vrsta podatkov	Dejanska raba	Št. ZKVL	Etaža	Št. sob (R)	Kuhinja (R)	Kopalnica (R)	WC (R)
1	1	LENART, LENART V SLOV. GORICAH, KRAIGHERJEVA ULICA 7	62.5	-	Katastrski	1122103-stanovanjska	931/1	2	3	Da	Da	Da
2	2	LENART, LENART V SLOV. GORICAH, KRAIGHERJEVA ULICA 7	41.6	-	Katastrski	1122103-stanovanjska	931/2	2	2	Da	Da	Da
3	3	LENART, LENART V SLOV. GORICAH, KRAIGHERJEVA ULICA 7	61.8	-	Katastrski	1122103-stanovanjska	931/3	2	3	Da	Da	Da
4	4	LENART, LENART V SLOV. GORICAH, KRAIGHERJEVA ULICA 7	65.6	-	Katastrski	1122103-stanovanjska	931/4	3	3	Da	Da	Da
5	5	LENART, LENART V SLOV. GORICAH, KRAIGHERJEVA ULICA 7	43.4	-	Katastrski	1122103-stanovanjska	931/5	3	2	Da	Da	Da

Slika 75: Izsek iz podatkov katastra stavb – podatki o stavbi in njenih delih

Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

Slika 75 prikazuje podatke o stavbi št. 713 v katastrski občini 532, tj. Lenart v Slovenskih goricah. Navedeni so podatki o stavbi kot celoti in podatki o delih stavbe. Tako ima del stavbe 1:

- št. stanovanja: 1;
- naslov: Kraigherjeva ulica 7;
- neto tlorisno površino 62.5 m²;
- uporabne površina nima evidentirane;
- dejansko rabo: stanovanjska;
- št. zemljiškoknjižnega vložka (da lahko najdemo lastnika v zemljiški knjigi): 931/1;
- nahaja se v etaži: 2;
- št. sob: 3;
- ima kuhinjo, kopalnico in WC.

Podatki o naslovu stavbe:
Katastrska občina: 532 LENART V SLOVENSKIH GORICAH
Št. stavbe: 713

Šifra občine	Ime občine	Šifra naselja	Ime naselja	Šifra ulice	Ime ulice	Hišna št.	Hišni dodatek	Št. pošte	Ime pošte	Šifra katastrske občine	Ime katastrske občine	Datum veljavnosti
58	LENART	25	LENART V SLOV. GORICAH	13	KRAIGHERJEVA ULICA	7		2230	LENART V SLOV. GORICAH	532	LENART V SLOVENSKIH GORICAH	06.05.2009
58	LENART	25	LENART V SLOV. GORICAH	13	KRAIGHERJEVA ULICA	9		2230	LENART V SLOV. GORICAH	532	LENART V SLOVENSKIH GORICAH	06.05.2009

Slika 76: Izsek iz podatkov katastra stavb – podatki o naslovu stavbe

Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

Slika 76 prikazuje, da ima konkretna stavba dva naslova, in sicer Kraigherjeva ulica 7 in 9.

Seznam parcel pod/nad stavbo:
Katastrska občina: 532 LENART V SLOVENSKIH GORICAH
Št. stavbe: 713

Šifra katastrske občine	Ime katastrske občine	Parcela	Datum veljavnosti
532	LENART V SLOVENSKIH GORICAH	225	06.05.2009

Slika 77: Izsek iz podatkov katastra stavb – seznam parcel pod/nad stavbo

Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

Slika 77 prikazuje, da stavba stoji na parceli 225 v katastrski občini 532, Lenart v Slovenskih goricah.

Podatke o stavbi in delih stavbe mora investitor gradnje posredovati geodetski upravi najkasneje v 30 dneh po izvedbi vseh zaključnih gradbenih del oziroma ob začetku uporabe, če je ta pred zaključkom gradbenih del. Podatke o izvedenih spremembah mora posredovati lastnik, imetnik stavbne pravice ali upravnik v 30 dneh po izvedenih spremembah.

Namen katastra stavb:

- resorjem državne uprave služi za obdavčenje nepremičnin;
- umesti stavbo ali del stavbe v prostor oziroma stavbo ali del stavbe poveže z lastnikom.

Vpis stavbe v kataster stavb se lahko izvede, ko je stavba v taki gradbeni fazi, da je mogoče izmeriti površine in pridobiti druge potrebne podatke.

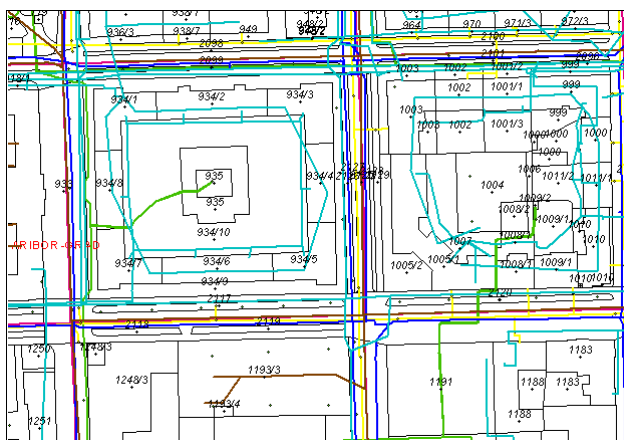
12.2.3 Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture

Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture predstavlja temeljno nepremičninsko evidenco v Sloveniji, v kateri se evidentirajo objekti gospodarske javne infrastrukture:

- prometna infrastruktura (ceste, železnice, letališča, pristanišča),
- energetska infrastruktura (infrastruktura za prenos in distribucijo električne energije, zemeljskega plina, toplotne energije, nafte in naftnih derivatov),
- komunalna infrastruktura (vodovod, kanalizacija, odlagališča odpadkov),
- vodna infrastruktura,
- infrastruktura za gospodarjenje z drugimi vrstami naravnega bogastva ali varstva okolja,
- drugi objekti v javni rabi (elektronske komunikacije).

Osnovni namen zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture je prikaz zasedenosti prostora z objekti gospodarske javne infrastrukture, ki nam omogoča bolj smotno urejanje prostora in varnejše izvajanje posegov v prostor. **Gradbeni inženirski objekti** gospodarske javne infrastrukture tvorijo omrežja, ki služijo določeni vrsti gospodarske javne službe državnega ali lokalnega pomena, oziroma tvorijo omrežja, ki so v javno korist. Geodetska uprava RS vodi zbirne podatke o vrsti in tipu objekta, o njegovi lokaciji v prostoru in upravljavcu na podlagi podatkov, ki so evidentirani v posameznih katastrih gospodarske javne infrastrukture.

Namen zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture je na enem mestu zagotavljati najažurnejše podatke o vseh vrstah infrastrukture, ki so enostavno dostopni vsem uporabnikom.



Slika 78: Izsek iz podatkov katastra gospodarske javne infrastrukture (prikazani vsi podatki na nekem območju)

Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

- **topografski podatki merila 1 : 5000 (DTK5 – državna topografska karta):**
 - DTK5 je vektorska zbirka topografskih podatkov homogene natančnosti in podrobnosti, ki ustreza ravni merila 1 : 5000;
 - podatki so vsebinsko razdeljeni v štiri objektna področja (zgradbe, promet, pokritost tal, hidrografija);
 - zajem podatkov v DTK5 se izvaja iz najnovejših posnetkov cikličnega aerosnemanja;
 - podatki so zajeti za 60 % ozemlja Slovenije in pokrivajo območja večine naselij;
 - DTK5 je vektorska zbirka podatkov, ki ima svoj grafični in opisni del;
 - uporabnost zbirke topografskih podatkov merila 1 : 5000: za geolociranje drugih podatkov v prostoru kot podlago za prikaz grafičnih delov občinskih prostorskih planskih aktov in za potrebe digitalne kartografije;

- **ortofoto:**
 - je aerofotografija transformirana iz centralne v ortogonalno projekcijo;
 - razdelitev na liste je enaka kot pri TTN5;
 - Slovenija je v celoti pokrita z barvnimi ortofoti s slikovnim elementom 50 cm, 15 % Slovenije tudi z barvnimi ortofoti s slikovnim elementom 25 cm;
 - aerofotografija je produkt fotografiranja, ki se izvaja iz zraka (letalo, helikopter ...). Namen aerofotografiranja je zajem topografskih podatkov, evidentiranje stanja v prostoru, uporablja pa se tudi kot vhodni podatek za izdelavo digitalnega modela reliefa in ortofotov;



Slika 81: Digitalni ortofoto (DOF)
Vir: <http://e-prostor.gov.si/> (8. 4. 2010)

- **digitalni model reliefa (DMR):**
 - kompleksna digitalna predstavitev reliefa, ki vključuje višinske točke reliefa, značilne črte in točke terena.

12.3 ZEMLJIŠKA KNJIGA

Zemljiška knjiga je javna knjiga, namenjena vpisu in javni objavi podatkov o pravicah na nepremičninah in pravnih dejstvih v zvezi z nepremičninami.

Sestavljena je iz:

- glavne knjige: namenjena vpisu podatkov o pravicah na nepremičninah in pravnih dejstvih v zvezi z nepremičninami, za katere zakon določa, da se vpišejo v zemljiško knjigo;
- zbirke listin, na podlagi katerih je bil opravljen vpis v glavno knjigo.

Vodijo jo okrajna sodišča. Vpogled v podatke je javen in možen tudi preko spleta.

V glavni knjigi so vodeni podatki o:

- nepremičninah: parcele, deli stavb, definirani v katastru stavb itd.;
- stvarnih pravicah, vezanih na nepremičnine:
 - lastninska pravica,
 - zastavna pravica (hipoteka),
 - služnostna pravica,
 - stvarno breme ...;
- imetnikih pravic (lastniki, hipotekarni upniki ...);
- pravnih dejstvih, ki vplivajo na promet z nepremičninami.

Zemljiška knjiga se vodi po katastrskih občinah in zemljiškoknjižnih vložkih. Zemljiškoknjižni vložki so sestavljeni iz treh listov:

- list A, kamor se vpisujejo podatki o nepremičnini (parcelne številke parcel v zemljiškoknjižnem vložku);
- list B ali lastninski list, kamor se vpisujejo podatki o lastnikih nepremičnine;
- list C ali bremenski list, kamor se vpisujejo pravna dejstva, ki bremenijo nepremičnino (npr. hipoteke).

Okrajno sodišče v Gornji Radgoni
Kerenčičeva 3

VPOGLED

Katastrska občina: 193 SPODNJA ŠČAVNICA
Vložek št.: 673
Usklajenost vložka: je usklajen z ročno vodeno zemljiško knjigo

Plombe NI PLOMB.

List A

Oddelek A1

Podatki o nepremičninah:

št.	nepremičnina	številka	opis	povezave
1	parcela	1182/3		iz vl. št. 388

Podatke o vrsti rabe, površini in druge podatke o nepremičninah (parcelah, stavbah in delih stavb) lahko pridobite z vpogledom v zemljiški kataster in kataster stavb, ki sta izvorni evidenci za te podatke. Podatke lahko pridobite z brezplačno poizvedbo na internetni strani Geodetske uprave RS na naslovu <http://prostozl.gov.si/javni/>. Pri iskanju podatkov o nepremičnini v katastrih uporabite samo številko brez dodatka, navedenega pri številki v tem izpisu (.S, .SP, .ES oziroma .E). Če je za številko nepremičnine (parcele) v tem izpisu dodatek .S, pri iskanju te nepremičnine v katastrih pred številko vpišite znak *.

Oddelek A2

Spremembe podatkov o nepremičninah:

nepremičnina	št.	Dn	vloženo	izvor	hesedilo vpisa
1182/3	1	711/1999	30.04.1999	prispis	Po pravomočni delni odločbi o denacionalizaciji Upravne enote v Gornji Radgoni z dne 24.3.1999, štev. 321-598/92-147 se odpíše parc. št. 1182/3 in vpiše v novi vl. št. 673 te k. o.

List B

Podatki o lastnikih:

st.	lastnik	s. roj./id.	naslov	delež	povezave
1/1	Franc Novak	V 01.01.1930	Novakova ulica 15, 2000 Maribor	2987/5974	
2/1	Marja Novak	V 31.12.1944	Novakova ulica 15, 2000 Maribor	2987/5974	

Spremembe pri lastnikih:

Ime lastnika: Novak Franc					
st.	Dn.	vloženo	tip	besedilo vpisa	
1			vkrajzba	Prepis podatkov iz centralne baze zemljiškega katastra z dne 27.12.1999.	
2			vkrajzba	Vloženo 16.10.1995, dn. št. 1600/95	
				Po pogodbi o prenosu kmetijskih zemljišč in gozdov z dne 8.12.1994, št. 2215/94 in 5.7.1994, št. 610-769/94-1, vloženi a pod dn. št. 353/95 se vkrajzbi lastninska pravica	
3	711/1999	30.04.1999	vkrajzba	Po pravnomočni delni odločbi o denacionalizaciji Upravne enote v Gornji Radgoni z dne 24.3.1999, št. 921-598/92-147 se vkrajzbi lastninska pravica	

Ime lastnika: Novak Marja					
st.	Dn.	vloženo	tip	besedilo vpisa	
1	711/1999	30.04.1999	vkrajzba	Po pravnomočni delni odločbi o denacionalizaciji Upravne enote v Gornji Radgoni z dne 24.3.1999, št. 921-598/92-147 se vkrajzbi lastninska pravica	

List C₁ - Druge pravice NI ZAPISOV.List C₂ - Drugi vpisi NI ZAPISOV.List C₃ - Hipoteke NI ZAPISOV.

nadomestilo: brezplačno

Slika 82: Primer zemljiškoknjžnega izpiska

Vir: Prirejeno po: http://portal.sodisce.si/vpogledi/zk_portal (8. 4. 2010)

12.4 POVZETEK

Investitor se je v tem poglavju naučil poiskati podatke o nepremičninah ter spoznal geodetske postopke pri vzdrževanju teh evidenc.

Presenečen je bil, ko je uvidel, da prikaz parcelnih mej na DOF-u najpogosteje ne predstavlja realnega stanja v naravi. Kljub temu da pri pogledu na spletni pregledovalnik geodetske uprave izgleda, da sosedova hiša stoji delno na parceli v njegovi lasti, temu ni tako. Geodet je s postopkom ureditve meje namreč določil pravo mejo v naravi in ugotovil, da je sosedova hiša od meje z investitorjem odmaknjena cel meter. Zaradi predhodnega dogovora s prodajalcem o ureditvi meje parcele pred nakupom je privarčeval še veliko denarja. Površina parcele se je po ureditvi meje namreč zmanjšala, lahko pa bi se tudi povečala. Naučil se je, da se površina urejene parcele ne bo več spreminjala, razen zaradi transformacij, ki bi jih nekoč lahko izvajala geodetska uprava.

☞ Pomagajte mu razvozlati uganko, zakaj meja v naravi ni takšna, kot je videti na spletnem pregledovalniku geodetske uprave na DOF-u.

Investitor je postal sposoben poiskati podatek o lastništvu parcele v zemljiški knjigi in iz njega razbrati tudi druge pomembne stvarne pravice, vezane na nepremičnino. Ko je svoje lastništvo vpisal v zemljiško knjigo, je naročil ZK izpisek, iz katerega je bilo razvidno, da je sedaj lastnik .

☞ Razmislite, na kaj vse je moral biti pozoren pri nakupu parcele.

Ker je stavbe priklapljal na obstoječ vodovod, kanalizacijo in elektriko, ga je zanimalo, kje potekajo vodi te komunalne infrastrukture.

☒ Pomagajte mu lotiti se iskanja teh podatkov na spletu in najдите način, kako uradno naročiti te podatke.

Ko so stavbe bile zgrajene, se je odločil, da jih bo razdelil tako, da bo 4 stavbe prodal 8 lastnikom.

☒ Razmislite in mu pomagajte ugotoviti, kako naj takšen postopek izvede oz. katere geodetske postopke naj pri geodetskem izvajalcu naroči. V katere evidence mora bo moral zagotoviti vpis podatkov o novem stanju?

Več informacij o tem poglavju dobite v/na:

- www.gu.gov.si;
- <http://www.pravozatelebane.com/>;
- <http://www.slonep.net/>;
- <http://e-prostor.gov.si/index.php?id=97>;

- Zakon o evidentiranju nepremičnin, ur. l. 47/2006.
- Zakon o zemljiški knjigi, ur. l. 58/2003.
- Stvarnopravni zakonik, Ur. l. 87/2002.

Elektronski dostop do podatkov geodetske uprave:

<http://e-prostor.gov.si/>

Elektronski dostop do podatkov zemljiške knjige:

<http://portal.sodisce.si/vpogledi/zk.portal>.

Ponavljjanje

Poiščite podatke o površini parcele v vaši lasti, lasti staršev, starih staršev ...

Ali je ta parcela urejena (ima okrog in okrog urejeno mejo)?

Katere podatke potrebujete za takšno iskanje?

Med podatki, ki jih preberete, ugotovite tudi podatek o lastniku. Ali so podatki o lastniku parcele, ki jih vodi geodetska uprava, zanesljivi? V kateri evidenci boste našli pravilen podatek o lastniku te parcele? V tej evidenci preverite, ali je podatek o lastništvu parcele, ki ga vodi geodetska uprava, pravilen.

Premislite, zakaj ni dovoljeno meriti razdalj na zemljiškokatastrskem prikazu in privzeti, da so to razdalje med mejniki v naravi?

Zakaj ni dovoljeno prebrati koordinat položaja mejnikov iz zemljiškokatastrskega prikaza, jih vnesti v ročni sprejemnik GNSS in poiskati te točke v naravi ter reči, da je to meja parcele?

Katere prostorske evidence vodi geodetska uprava?

Premislite, kakšne posledice lahko ima gradnja na parceli, ki nima urejenih mej.

Kakšna je razlika med parcelacijo in izravnavo meje?

Poiščite podatke o stavbi in delu stavbe (površina, ali ima stanovanje kuhinjo ...), v kateri živite, v uradnih evidencah in primerjajte z dejanskim stanjem. Preverite podatke o lastništvu stavbe oz. dela stavbe v uradni evidenci o lastništvu.

Preverite, kateri podatki se nahajajo v katastru gospodarske javne infrastrukture v neposredni bližini parcele, kjer živite.

Katere topografske in kartografske podatke že uporabljate pri svojem delu?

V uradni evidenci preverite, ali je parcela, kjer živite, obremenjena s hipoteko ter kdo je njen lastnik.

13 LITERATURA

Juvančič, M. *Geodezija za gozdarje in krajinske arhitektae*. 1. izd. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2000.

Kogoj, D., in Stopar, B. *Geodetska izmera* (online). 2009. (citirano 21. 11. 2009). Dostopno na naslovu:

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Geodetska_izmera_2009.pdf.

Kovačič, B. *Geodezija za gradbene inženirje*. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, 2004.

Medak, D., in Pribičević, B. *Geodezija v građevinarstvu*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2003.

Petrovič, D. *Topografija in kartografija* (online). 2009. (citirano 21. 11. 2009). Dostopno na naslovu:

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

Sluga, C. *Geodezija 1*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo, 1986

Stopar, B., et al. *Osnovni geodetski sistem* (online). 2009. (citirano 21. 11. 2009). Dostopno na naslovu:

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Osnovni_geodetski_sistem_2009.pdf.

Stopar, B., in Kuhar, M. *Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije*. Geodetski vestnik, 2001, let. 45, št. 1–2, str. 11–26.

Stopar, B., in Pavlovčič, P. *GPS v geodetski praksi*. 1. izd. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2001.

Stvarnopravni zakonik. *Uradni list Republike Slovenije*, 87 (2002).

Zakon o evidentiranju nepremičnin. *Uradni list Republike Slovenije*, 47 (2006).

Zakon o zemljiški knjigi. *Uradni list Republike Slovenije*, 58 (2003).

Projekt **Impletum**

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–11

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja in prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.