

Zahradnická perspektiva

– profesní vzdělávání členů Svazu zakládání a údržby zeleně

**Tento projekt je financovaný z prostředků ESF
prostřednictvím Operačního programu Lidské zdroje a zaměstnanost
a státního rozpočtu ČR**



Učební texty pro vzdělávací program

Kvalifikovaný stavitel koupacích jezírek

VYTYČOVÁNÍ A VYMĚŘOVÁNÍ

Autor skript: Bc. Vladimír Herbrych

1.	PŘEDMLUVA	4
2.	ÚVOD	4
2.1.	GEODÉZIE – VÝZNAM SLOVA A HISTORIE	4
2.2.	TVAR A ROZMĚR ZEMĚ.....	4
2.3.	MAPA A PLÁN.....	5
2.4.	ORGANIZACE ZEMĚMĚŘICKÉ SLUŽBY V ČR.....	5
3.	MĚROVÉ JEDNOTKY	5
3.1.	JEDNOTKY DÉLKOVÉ	5
3.2.	JEDNOTKY ÚHLOVÉ	6
3.3.	JEDNOTKY PLOŠNÉ	6
4.	GEODETICKÉ POMŮCKY	6
4.1.	OLOVNICE	6
4.2.	LIBELY	7
4.3.	SKLONOMÉRY	7
4.4.	PÁSMA	7
4.5.	PENTAGON A DVOJITÝ PENTAGON	8
4.5.1.	<i>Pentagon</i>	8
4.5.2.	<i>Dvojitý pentagon</i>	8
5.	GEODETICKÉ PŘÍSTROJE	8
5.1.	TEODOLITY	8
5.1.1.	<i>Základní části teodolitu</i>	9
5.1.2.	<i>Práce s teodolitem</i>	9
5.2.	TOTÁLNÍ STANICE (ELEKTRONICKÉ TEODOLITY).....	10
5.3.	NIVELAČNÍ PŘÍSTROJE.....	10
5.3.1.	<i>Základní části nivelačního přístroje</i>	10
5.4.	LASEROVÉ PŘÍSTROJE.....	11
5.5.	GPS APARATURY	11
6.	PŘÍPRAVA PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ	11
7.	BODOVÁ POLE.....	12
7.1.	POLOHOVÉ BODOVÉ POLE.....	12
7.2.	VÝŠKOVÉ BODOVÉ POLE	14
7.3.	STABILIZACE BODŮ PŘI MĚŘICKÝCH PRACÍCH	14
8.	MĚŘENÍ VZDÁLENOSTÍ PÁSMEM	15
8.1.	POSTUP MĚŘENÍ.....	15
8.1.1.	<i>Měření pásmem ve vodorovné poloze</i>	15
8.1.2.	<i>Měření pásmem v šikmé poloze</i>	15
8.2.	NA CO SI DÁT PŘI MĚŘENÍ PÁSMEM POZOR – CHYBY PŘI MĚŘENÍ.....	15
8.3.	JEDNOTLIVÉ VYTYČOVACÍ ÚLOHY.....	15
8.3.1.	<i>Vytyčení přímky</i>	16
8.3.2.	<i>Prodloužení přímky</i>	16
8.3.3.	<i>Vytyčení rovnoběžky</i>	16
8.3.4.	<i>Vytyčení kolmice</i>	17
8.3.5.	<i>Spuštění kolmice</i>	17
8.3.6.	<i>Průsečík dvou přímek</i>	18
9.	JINÉ ZPŮSOBY URČENÍ VZDÁLENOSTI.....	18
9.1.	TRIGONOMETRICKÉ URČENÍ VZDÁLENOSTI	18
9.2.	OPTICKÉ METODY	19
9.3.	TOTÁLNÍ STANICE	19

10.	MĚŘENÍ VÝŠEK GEOMETRICKU NIVELACÍ.....	19
10.1.	POMŮCKY	19
10.2.	PŘÍPRAVA MĚŘENÍ	20
10.3.	GEOMETRICKÁ NIVELACE ZE STŘEDU	20
10.4.	GEOMETRICKÁ NIVELACE VPŘED	21
10.5.	PLOŠNÁ NIVELACE.....	21
10.6.	NA CO SI DÁT PŘI MĚŘENÍ NIVELACE POZOR - CHYBY PŘI MĚŘENÍ	21
11.	JINÉ ZPŮSOBY URČOVÁNÍ VÝŠEK.....	22
11.1.	HYDROSTATICKÁ NIVELACE	22
11.2.	BAROMETRICKÁ NIVELACE	22
11.3.	TRIGONOMETRICKÉ URČENÍ VÝŠKY	22
12.	PŘÍČNÝ A PODÉLNÝ PROFIL	23
12.1.	PODÉLNÝ PROFIL	23
12.1.1.	<i>Zaměření</i>	<i>23</i>
12.1.2.	<i>Zobrazení</i>	<i>23</i>
12.2.	PŘÍČNÝ PROFIL	23
12.2.1.	<i>Zaměření</i>	<i>23</i>
12.2.2.	<i>Zobrazení</i>	<i>23</i>
13.	MĚŘENÍ VODOROVNÝCH A SVISLÝCH ÚHLŮ.....	24
13.1.	MĚŘENÍ VODOROVNÝCH ÚHLŮ	24
13.2.	MĚŘENÍ SVISLÝCH ÚHLŮ	24
14.	PODROBNÉ POLOHOVÉ MĚŘENÍ.....	24
14.1.	METODY MĚŘENÍ.....	25
14.1.1.	<i>Polární metoda.....</i>	<i>25</i>
14.1.2.	<i>Ortogonální metoda</i>	<i>25</i>
14.1.3.	<i>Metoda konstrukčních oměrných</i>	<i>25</i>
14.1.4.	<i>Protínání ze směrů úhlů a délek.....</i>	<i>25</i>
15.	URČOVÁNÍ PLOCH A VÝPOČET KUBATUR.....	25
15.1.	URČOVÁNÍ PLOCH Z MĚŘENÍ.....	25
15.2.	URČOVÁNÍ PLOCH Z MAP A PLÁNŮ	26
15.3.	VÝPOČET KUBATUR.....	26
15.3.1.	<i>Výpočet kubatur pomocí profilů.....</i>	<i>26</i>
15.3.2.	<i>Výpočet kubatur pomocí čtvercové sítě.....</i>	<i>26</i>
16.	POLOHOVÉ A VÝŠKOVÉ VYTYČOVÁNÍ.....	27
16.1.	POLOHOVÉ VYTYČOVÁNÍ.....	27
16.1.1.	<i>Vytyčení úhlu a délky</i>	<i>27</i>
16.1.2.	<i>Vytyčení bodu.....</i>	<i>27</i>
16.1.3.	<i>Vytyčení přímky.....</i>	<i>28</i>
16.2.	VÝŠKOVÉ VYTYČOVÁNÍ	28
16.2.1.	<i>Výškové vytyčení bodu</i>	<i>28</i>
16.2.2.	<i>Výškové vytyčení přímky</i>	<i>28</i>
16.2.3.	<i>Vytyčení roviny.....</i>	<i>29</i>
16.3.	VYTYČENÍ VRSTEVNICE A SVISLICE	29
16.3.1.	<i>Vytyčení vrstevnice a zátopové čáry.....</i>	<i>29</i>
16.3.2.	<i>Vytyčení svislice, svislé roviny</i>	<i>29</i>
17.	GEODETICKÉ PRÁCE NA STAVENIŠTI	29
18.	PRAKTICKÁ CVIČENÍ	30
19.	ZÁVĚR.....	31
20.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	32

1. PŘEDMLUVA

Tato skriptu jsou psaná s přihlédnutím na jejich účel. Po přečtení první kapitoly se tak zdát nemusí, ale dle mého názoru k pochopení některých věcí je zapotřebí znát základní pojmy a jejich návaznosti. Z vlastních zkušeností vím, že bez takových znalostí se čtenář v textu těžko orientuje.

2. ÚVOD

2.1. Geodézie – význam slova a historie

Slovo geodézie pochází z řeckého slova „geodaisía“, volně přeloženo do češtiny „měřit zemi“. Geodézie je tedy vědní obor, který se zabývá měřením a zobrazováním Země.

Geodézie je vědní obor starý jako lidstvo samo, jelikož už v dávných dobách bylo třeba znát rozměry a výměry půdy z nichž musely být placeny daně. Geodetické práce se uplatnily samozřejmě i při stavbě egyptských pyramid. Příkladem může být Cheopsova pyramida v Gize, která byla vystavěna přibližně roku 2525 př. n. l. jako jehlan se čtvercovou podstavou o stranách přibližně 230 m a výšce 146 m. Pyramida byla ve dvacátých letech 20. století přeměřena a z tohoto měření byly zjištěny odchylky délek stran kolem 0,1 m, maximální odchylky pravoúhlosti menší jak čtyři šedesátinné minuty (4'), maximální výškový rozdíl základů pyramidy je 12 mm, navíc kvůli orientaci jejich rohů ke světovým stranám byla použita astronomická měření.

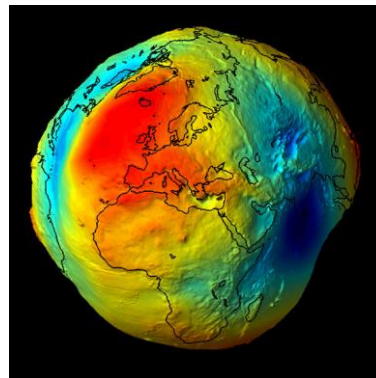
2.2. Tvar a rozměr Země

Jak všichni dobře víme, zemský povrch je nepravidelný. Na každý bod, který se nachází na Zemi působí zemská tíže, což je výslednice síly přitažlivé (přitahuje bod do středu Země) a síly odstředivé (síla působící na bod vlivem rotace Země).

Nahrát skutečný povrch země lze tělesem, které nazýváme geoid (viz obrázek vpravo), což je základní hladinová plocha. Hladinových ploch může být teoreticky nekonečné množství. Ty jsou velice důležité, protože většina měřicích přístrojů se urovňuje pomocí citlivých libel v tečných rovinách k těmto plochám. Pokud řekneme, že bod A má nějakou nadmořskou výšku, rozumíme tím rozměr mezi hladinovou plochou a bodem A.

Protože geoid je obtížně matematicky definovatelný, používá se pouze pro definici některých výšek. Pro polohu už vhodný není a volí se jednoduchých geometrických ploch, a to rotační elipsoid nebo koule.

Na území České republiky je závazným souřadnicovým systémem jednotná trigonometrická síť katastrální (S-JTSK). Nemá zde smysl se do detailů rozepisovat o S-JTSK, ale je dobré vědět, že použité zobrazení nezkrsluje naměřené úhly, za to délky ano a to o +14 až -10 cm na km. Závazným výškovým systémem je Balt po vyrovnání (Bpv).



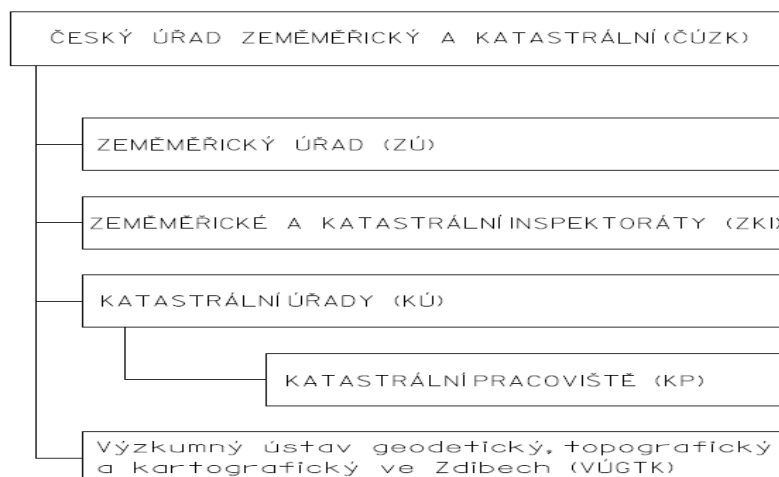
2.3. Mapa a plán

Patří mezi kartografická díla.

- Mapa je zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, nebeských těles, kosmu, či jejich částí, převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů, ukazující podle zvolených hledisek polohu, stav a vztahy přírodních, socioekonomických a technických objektů a jevů (ČSN 73 0402).
- Plán (z anglického „plane“ = rovina) je pravoúhlý průmět omezené části zemského povrchu do roviny s poměrně malým zmenšením. Plán se obvykle využívá k půdorysnému vyjádření objektu ve velkém měřítku zpravidla v místním souřadnicovém či výškovém systému [3].

2.4. Organizace zeměměřické služby v ČR

Přehledně na schématu. Pozn.: ČÚZK podléhá přímo vládě ČR.



3. MĚROVÉ JEDNOTKY

Jestliže změříme úhel, což je rozdíl dvou směrů, nebo změříme délku, plochu nebo převýšení, vždy musíme k naměřené hodnotě přiřadit jednotku

3.1. Jednotky délkové

Základní délkovou jednotkou v dnešní době je metr (m). Před zavedením metrické míry na našem území v roce 1876 byly používány starší rakouské míry jako např. rakouská míle, vídeňský sáh, palec nebo stopa.

Definice metru: jeden metr je délka dráhy, kterou projde světlo ve vakuu za dobu $1/299\,792\,458$ s [1].

3.2. Jednotky úhlové

Základní jednotkou je zde radián (rad), definovaný úhlem, který je vytyčen dvěma poloměry, jejichž délka je stejná jako délka oblouku, který tyto poloměry vytnou. Celá kružnice má pak obvod roven číslu dvojnásobku konstanty π (pí).

Pokud rozdělíme kruh na 360 dílů, dostáváme se k vedlejší úhlové jednotce, tedy ke stupni ($^{\circ}$). Rozdělíme-li stupeň na 60 dílů, dostaneme šedesátinnou minutu ($'$) a pakliže rozdělíme tuto minutu na dalších 60 dílů, dostáváme se k šedesátinné vteřině ($''$). Toto dělení nazýváme šedesátinné. Z vysvětlení můžeme psát:

$$1^{\circ} = 60' = 3600'', \quad 1' = 60'', \quad 1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^{\circ}}{3600}.$$

Druhou možností je rozdělit kruh na 400 dílů. Dostáváme další vedlejší úhlovou jednotku nazývanou grád (g). Někdy se používá název gon. Pokud tento grád rozdělíme na 100 dílů, dostaneme grádovou minutu (c). Tuto grádovou minutu vydělíme opět hodnotou 100. Dostáváme grádovou vteřinu (cc). Toto dělení nazýváme setinné. Můžeme se setkat s označením miligon (mgon). Potom $10^{cc} = 1$ mgon. Z vysvětlení můžeme psát:

$$1^g = 100^c = 10\,000^{cc}, \quad 1^c = 0,01^g = 100^{cc}, \quad 1^{cc} = 0,01^c = 0,0001^g$$

Uvědomme si, že přímý úhel je roven buď π nebo 180° nebo 200^g . Právý úhel je roven buď $\pi/2$ nebo 90° nebo 100^g . Některé přístroje jsou totiž opatřeny vodorovným kruhem s vyznačenými dílkami bez uvedené jednotky např. nivelační přístroj. Pokud tedy vytyčíme na kruhu, který má 400 dílků „ 90° “, zcela jistě jsme pravý úhel nevytyčili.

3.3. Jednotky plošné

Základní jednotkou plošného obsahu je metr čtvereční (m^2), definován jako plocha čtverce o straně 1 metr. Další jednotky například 1 ha = 10 000 m^2 nebo 1 km^2 = 1 000 000 m^2 .

Pro informaci straší plošné jednotky např. katastrální jitro, čtvereční sáh nebo čtvereční stopa.

4. GEODETICKÉ POMŮCKY

V zeměměřictví určujeme směr svislý olovnicemi, směr vodorovný libelami, sklony sklonoměry, délky pásmem a zařazení do přímky nebo pravý úhel vytyčíme pentagonem.

4.1. Olovnice

Nebo taky závěsná olovnice (obrázek vpravo) se skládá ze závaží, které má tvar rotačního tělesa a tenkého závěsu. Hmotnost závaží pro běžné geodetické práce se pohybuje mezi 100 g a 250 g. Při provažování v důlních dílech může taková olovnice vážit až několik desítek kilogramů.

Správně seřízenou olovnici poznáme, když závěs a hrot olovnice jsou v jedné svislici. Stačí, když budeme olovnici otáčet kolem své osy. Ta by neměla měnit svoji polohu.

Přesnost závěsné olovnice je asi 5 – 10 mm při délce závěsu 1,5 m a bezvětří.



4.2. Libely

Jsou to uzavřené skleněné nádoby naplněné kapalinou tak, aby se uvnitř vytvořila bublina. Bublina se při urovnávání snažíme dostat buď do soustředných kroužků nebo mezi dílky vyleptaných na libele. Libely dělíme na krabicovou a trubicovou libelu.

- Krabicová libela je válcovitého tvaru. Vnitřní vrchní část je sféricky vybroušena a nejvyšší bod leží v průsečíku svislice s vybroušenou plochou.
- Trubicová libela je přesnější než krabicová. Má tvar trubice. Trubice je vybroušena buď na jedné straně (libela jednoosá) nebo je vybroušená celá vnitřní plocha (libela dvouosá).



Krabicová libela



Trubicová libela

Každá libela má své parametry. Je to citlivost libely, přesnost a pohyblivost.

- Citlivostí se rozumí úhel. Tento úhel je definován dvěma průvodiči se společným počátkem (střed výbrusu). Jeden průvodič směřuje na rysku vyleptanou na skle libely, druhý směřuje na sousední rysku. Čím je poloměr křivosti větší, tím je libela citlivější.
- Přesnost libely je definována nejmenším úhlem, který je možno s libelou ještě určit.
- Pohyblivost libely je definována úhlem, o který musíme libelu naklonit, abychom zaznamenali posun bubliny.

4.3. Sklonoměry

Pomůcky, pomocí nichž zjistíme sklon roviny. Mají stupnici, kde čteme stupně nebo procenta. V dnešní době se vyrábí elektronické sklonoměry s digitálním odečtem.

4.4. Pásma

Pásma můžeme dělit různě. Například podle materiálu na ocelová a plastová, podle délky nebo třeba podle uložení pásma a to na vidlici, na kruhu nebo v pouzdře. Při práci s pásmem se používají další pomůcky, jako jsou měřické jehly a výtyčky, nazývané též trasírky (obrázky vpravo).



4.5. Pentagon a dvojitý pentagon

K této jednoduché pomůcce je třeba používat i výtyčky. Pentagon urychlí některé geodetické práce, musíme si ale uvědomit, že na úkor přesnosti. Pokud chceme být přesnější, musíme logicky použít přesnější přístroje. Přesnost vytyčení kolmice je asi 1' při délce kolmice 30 m a ve sklonitém terénu 20 m.

4.5.1. Pentagon

Pentagon je tvořen jedním pětibokým hranolem, pomocí něhož snadno vytyčíme pravý úhel. Pentagon má závěsné zařízení, na něž přichytíme olovnici a provázením lehce zjistíme polohu bodu na zemi.

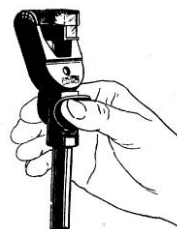
4.5.2. Dvojitý pentagon

Dvojitý pentagon (na obrázku) je tvořen dvěma pětibokými hranoly, které jsou nad sebou navzájem pootočené. Do jednoho hranolu přichází obraz zleva, do druhého přichází obraz zprava. Máme tedy možnost sledovat dva obrazy nad sebou. Pokud vidíme obě výtyčky nad sebou, jsme přímo v přímce mezi nimi. Polohu bodu lze opět zjistit provázením. Dvojitým pentagonem lze vytyčit kolmici nebo zjistit patu kolmice spuštěnou z bodu na danou přímku.



4.5.2.1. Vytyčení kolmice

Postavíme se na patu kolmice. V zorném poli musíme vidět obě výtyčky přesně nad sebou. Figuranta s výtyčkou zařadíme do směru tak, abychom výtyčku, kterou budeme realizovat kolmý směr, viděli opět ve svislém směru přesně nad oběma výtyčkami, které se nám zobrazují v pentagonu. Tuto výtyčku vidíme ve skutečnosti, ne v pentagonu. Nezapomeňme si stabilizovat patu kolmice, na které stojíme.



4.5.2.2. Zjištění paty kolmice

Nejprve se s pentagonem pohybem kolmým k přímce zařadíme do směru. Teď postupujeme po přímce a udržujeme v zákrytu obrazy krajních výtyček přesně nad sebou. Pokud opět vidíme všechny tři výtyčky přesně nad sebou, vytyčili jsme patu kolmice.

5. GEODETICKÉ PŘÍSTROJE

V této kapitole budou rozebrány geodetické přístroje. Podkapitoly 5.1., 5.2. a 5.5. budou stručnější, než by jim na první pohled příslušelo. Sice by tyto tři kapitoly zlehka popsaly troje skriptu, nicméně člověku, pohybujícímu se v zahradnické branži, se jen těžko dostanou do ruky.

5.1. Teodolity

Jsou to přístroje pro měření jakéhokoliv úhlu a to buď vodorovného nebo svislého.

Z hlediska vývoje rozdělujeme teodolity na ty s kovovými kruhy, na ty se skleněnými kruhy a na teodolity elektronické, těm bude věnována samostatná kapitola 5.2. A jak už to v geodézii bývá, můžeme je dále rozdělit podle přesnosti na technické minutové, které jsou používány pro běžné práce a jejich čtení je

s přesností na 10 mgon. Dále to jsou přesné vteřinové teodolity se čtením s přesností na 0,2 mgon a velmi přesné s přesností čtení na 0,05 mgon. Ukázka teodolitů se skleněnými kruhy viz obrázky.



Teodolit Zeiss THEO 010



Teodolit Zeiss THEO 020

5.1.1. Základní části teodolitu

Jsou tři základní části: alhidáda, dalekohled a trojnožka.

- *Alhidáda* je horní část přístroje ukončená čepem zapadajícím do pouzdra válce trojnožky. Čep umožňuje otáčení přístroje kolem svislé osy. Na alhidádě jsou umístěna její ramena, která nesou klopnou osu dalekohledu.
- *Dalekohled* se otáčí okolo klopné osy. Máme možnost měření ve dvou polohách dalekohledu a to v první a druhé poloze. Pokud se svislý kruh teodolitu nachází při měření vlevo od dalekohledu, měříme v první poloze. Základními částmi dalekohledu jsou objektiv a okulár. Aby bylo možné zacílit na požadovaný směr, musí obsahovat i záměrný obrazec. Dalekohled je buď složen pouze z čoček nebo čoček a zrcadel. Na dalekohledu je usazen tzv. kolimátor, který umožňuje hrubé vyhledání zaměřovaného cíle. Je zde proto, že zorné pole dalekohledu má rozsah asi $1^\circ - 3^\circ$, což je prostor, který lze dalekohledem naráz prohlédnout. Vyhledání cíle bez kolimátoru by bylo značně ztíženo.
- *Trojnožka* pevně spojuje teodolit se stativem. Má tři stavěcí šrouby, které nám poslouží při urovnávání přístroje - horizontaci [1], [2].

Pozn.: Rovnoběžně s dalekohledem je osazen optický mikroskop umožňující čtení vodorovného nebo svislého úhlu. Opět se musím odkázat na účel těchto skript. Je zbytečné vypisovat jednotlivé druhy. Avšak, můžete je nalézt například v [1]. Důležité jsou dále osově podmínky teodolitů, které naleznete opět v [1].

5.1.2. Práce s teodolitem

Při měření používáme stativ. Stavíme se na bod, ze kterého chceme měřit. Musíme proto na tento bod centrovat přístroj, tj. svislá osa teodolitu musí procházet stabilizovaným bodem. Dál musíme přístroj zhorizontovat, tj. urovnat přístroj do vodorovné roviny. Postup centrace a horizontace bude blíže popsán v kapitole 6.

5.2. Totální stanice (elektronické teodolity)

Totální stanice (na obrázku Topcon GTS-105N) je přístroj, který měří směry, úhly, délky, ale i rovnou souřadnice zaměřovaného bodu. Ve své podstatě měří pouze směry a délky a výše zmíněné souřadnice si sám dokáže počítat za předpokladu, že do přístroje zadáme polohu bodu, na kterém se nacházíme. Toho, že dokážeme vkládat do přístroje souřadnice bodů, využíváme hlavně při vytyčování polohy bodu. Stačí nám pouze znát, na jakém bodě s jakou orientací se s totální stanicí nacházíme a jaký bod chceme vytyčit. Z dříve vložených souřadnic těchto bodů si pak přístroj dokáže spočítat vytyčovací prvky. Totální stanice tedy sama dokáže řešit základní geodetické úlohy.

Přístroj se ovládá pomocí tlačítek na klávesnici. Naše kroky pak můžeme sledovat na displeji. Přímou do stroje zadáváme atmosférické podmínky, což je tlak a teplota, z nichž se počítají automaticky v přístroji fyzikální korekce (vliv atmosférických podmínek na paprsek vysílaný přístrojem k odraznému systému – hranolu (na obrázku vlevo)). Možné je i zadat parametry pro matematické korekce, pro převod na výpočetní plochu (kapitola 2.3.). Dále zadáváme výšku stroje, můžeme zapisovat poznámky k zaměřovaným bodům nebo k nim ukládat kódy, které pak slouží pro automatické vykreslení mapy v počítači. Není tedy nutné při rozsáhlém mapování vést měřický náčrt a celé měření se zrychlí. Totální stanice ukládá do paměti naměřené údaje. Tato paměť je samozřejmě omezená.



Činnost totální stanice zajišťuje baterie, kterou je třeba dobíjet nabíječkou.

Je dobré vědět, že mozkiem geodetických prací není totální stanice ani její obsluha, ale ten, kdo „čeká“ na druhé straně a tím je geodet. Totální stanice geodetovi práci „pouze“ ulehčí.

5.3. Nivelační přístroje

Nivelační přístroje nám slouží k měření výšek (kapitola 9.). Podle konstrukční přesnosti je dělíme na stavební, technické, přesné a velmi přesné. Podle konstrukce se dělí přístroje na:

- libelové – záměrná přímka je urovňována do horizontální polohy pomocí nivelační libely,
- kompenzátorové – záměrná přímka je dorovnáována do horizontální polohy pomocí kompenzátoru (dnes všechny přístroje pro technickou nivelaci). Na obrázku nivelační přístroj Topcon AT-G6.



Existují i digitální nivelační přístroje, kde je záměrná přímka vytvořena paprskem urovnaným kompenzátozem. K měření s takovýmto přístrojem jsou zapotřebí speciální kódové latě (kapitola 9.1.) [4].

5.3.1. Základní části nivelačního přístroje

- *Dalekohled* obsahující záměrný obrazec.
- *Nivelační libela* s elevačním šroubem (libelové přístroje) nebo kompenzátozem pro urovnání záměrné přímky do horizontální polohy.
- *Trojnožka* (na obrázku vpravo) pevně spojuje nivelační přístroj se stativem. Má tři stavěcí šrouby, které nám poslouží při urovnávání přístroje – horizontaci [4].

5.4. Laserové přístroje

Tyto přístroje slouží pro vytyčení vodorovné nebo svislé roviny nebo pravého úhlu. Pracují na principu rozptýlení paprsku ve viditelné části spektra (obvykle červená barva). Přesnost těchto přístrojů závisí na délce a platí, že s rostoucí délkou roste chyba, neboli klesá přesnost. Tyto laserové přístroje jsou urovnávány pomocí kompenzátoru. Jejich dosah bývá kolem 50 m. Chod přístroje závisí na bateriích.



5.5. GPS aparatury

Určení polohy bodu metodou GPS (Global Positioning System) je v dnešní době velice rozšířené. Existuje několik metod měření, na kterých je závislá přesnost takového určení bodu.

Je dobré vědět, že GPS, celým názvem GPS NAVSTAR, patří mezi Globální navigační satelitní systémy (GNSS). Protože mluvíme o systémech, znamená to, že GPS není jediným. Dalším takovým systémem je ruský GLONASS, čínský COMPASS a systém spravovaný Evropskou unií GALILEO. GPS je původem americký systém. K dnešku funguje pouze GPS NAVSTAR a GLONASS.



Princip určení polohy bodu metodou GPS spočívá v příjmu minimálně čtyř signálů GPS aparaturou, které vysílají umělé družice (je potřeba přijímat signál min. ze čtyř družic). Ukázka GPS aparatury od firmy Topcon na obrázku vpravo.

6. PŘÍPRAVA PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ

Měření vodorovných a svislých úhlů se provádí teodolitem. Tyto přístroje jsou potřeba před měřením zhorizontovat, tj. urovnat do horizontální roviny a zcentrovat nad vyznačeným místem na stabilizačním znaku.

Centraci přístroje můžeme provést pomocí závěsné olovnice, kdy stavíme stativ nad stabilizovaný bod zhruba do horizontální roviny tak, aby hrot olovnice byl co nejbližší stabilizačnímu znaku. Nohy stativu zašlápneme do země, abychom zajistili jeho stabilitu. Nyní povolíme středový šroub, který pevně spojuje stativ s přístrojem a teodolitem, posunujeme na hlavě stativu, až se hrot olovnice nachází nad středem stabilizačního znaku. Tento postup musíme provést tak, aby trojnožka byla celá na hlavě stativu. Přesnost centrace pomocí olovnice je 2 – 5 mm.

Současné teodolity jsou vybaveny optickou centrací. Přesnost takové centrace je 1 mm. Cílem je ztotožnit střed záměrného obrazce optického centrovače se středem stabilizačního znaku.

Horizontaci teodolitu provádíme pomocí stavěcích šroubů. Cílem je, aby se bublina libely umístila do středu kružnice. Teodolity jsou opatřeny krabicovou libelou a přesnější trubicovou libelou. Nejprve zhruba urovnáme teodolit pomocí krabicové libely. To se provede vysouváním a zasouváním noh stativu. Musíme mít na vědomí, že při tomto narušíme centraci přístroje a musíme tedy zároveň centrovat a zhorizontovat. Po tomto zhorizontujeme pomocí trubicové libely. Alhidáda se pootočí tak, aby osa trubicové libely byla rovnoběžná s některou dvojicí stavěcích šroubů. Pomocí této dvojice stavěcích šroubů protisměrným otáčením urovnáme libelu. Nyní otočíme alhidádu o pravý úhel a pomocí třetího stavěcího šroubu opět urovnáme libelu. Alhidádu pak otočíme zpět a zkontrolujeme, jestli je libela urovnaná.

Poslední věcí, kterou je třeba vykonat, je přestření dalekohledu. Jde o zaostření záměrného obrazce pomocí zaostřovací objímky okuláru. Toto přestření není to samé jako zaostření na vzdálený bod při měření a dalekohled se nesmí přestřívat během měření. Je třeba upozornit, že zaostření bývá u každého měřiče odlišné v závislosti na vlastnostech oka.

7. BODOVÁ POLE

Závazným souřadnicovým systémem v České republice je S-JTSK (systém jednotné trigonometrické sítě katastrální).

Závazným výškovým systémem v České republice je Bpv (Balt po vyrovnání).

7.1. Polohové bodové pole

Polohové bodové pole dělíme na:

- základní polohové bodové pole (ZBPB),
- zhušťovací body (ZhB),
- podrobné polohové bodové pole (PPBP).

Do ZBPB patří mimo jiné trigonometrické body (horní obrázek vpravo). Takový bod je trvale stabilizován a opatřen červenobílou ochranou tyčí s tabulkou s nápisem „STÁTNÍ TRIANGULACE. POŠKOZENÍ SE TRESTÁ“. Možnosti stabilizace těchto bodů je více, avšak nejznámější bude nejspíše stabilizace žulovým hranolem.

Zhušťovací bod je na první pohled od trigonometrického k nerozeznání, avšak při bližším prohlédnutí se liší nápisem na výstražné tabulce – „GEODETICKÝ BOD. POŠKOZENÍ SE TRESTÁ“. Dále se mezi sebou liší např. přesností (trigonometrický bod – polohová přesnost 1,5 cm, výšková 10 cm. ZhB – polohová 2 cm, výšková 10 cm). Stabilizace ZhB je obdobná jako u trigonometrických bodů.



Z trigonometrického bodu, i zhušťovacího bodu musí být zajištěn orientační směr na jiný bod. Pokud tomu tak není, je zřízen orientační bod. Oba body musí být dále zajištěny tzv. zajišťovacími body. Orientační a zajišťovací body nazýváme přidružené (dolní obrázek vpravo).

Body PPBP jsou stabilizovány např. geoharponem (obrázek vlevo) nebo rohem budovy.

Aby bylo možné body najít, zhotovují se geodetické údaje o bodech. Ukázka geodetických údajů o trigonometrickém bodě (ukázka na další straně).



GEODETICKÉ ÚDAJE trigonometrického bodu

Kraj: Plzeňský
Okres: Plzeň – město
Obec: Plzeň

Úst. č.: 1/1
Stav k: 1990

Vytvořeno pro web 31.07.2006

TL	2012
ZM-50	12-33
SMO-5	070484

Číslo a název bodu		40		Plzeň, kostel Sv.Bart.	
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška	
				Spr	vztahuje se na
40	TB	822419.65	1069684.13	413.31	střed makovice
40.1	ZB1	822410.44	1069778.17	312.65	hranol
40.2	ZB2	822347.35	1069762.96	312.97	čep
40.3	SV1	822433.08	1069704.52	314.73	svorník
Orientace na body (ve stupních)					
Číslo		Játek	Délka strany	Číslo	
40.1		354 24 18.0	94.494		
40.2		317 28 31.0	106.960		
	40.1-40.2		64.891		
Malopísmo popis: Bodem je střed makovice věže kostela Svatého Bartoloměje. Bod 40.2 je bočně stabilizován konzolami na domech č.11 a 12.					
Bod	40	40.1	40.2	40.3	
Střed, výška	0,00	střed mak. věže kostela	0,00	žula 20.20.110	
			1.10	žula 30.30.10	
			1.31	sklo střed hrdla	
				0.7 m nad terénem	
Dřevě, poutk, značky na boku	Δ j. TP s.				
Bohrovní znak (okružek)					
Kat. území, Pevnost: úst. bod	Plzeň	Plzeň	Plzeň	Plzeň	
Druh a výška signál, stavby nebo nárys (malého cíle): Signifikační z. náčr.					
Detail konzol Pohled z boku: Pohled shora:					
Poznámky:					

Zeměměřický úřad 2000

7.2. Výškové bodové pole

Výškové bodové pole dělíme na:

- základní výškové bodové pole (ZVBP),
- podrobné výškové bodové pole (PVBP).

Do ZVBP patří základní nivelační body (ZNB). ZNB jsou chráněny pomníkem (na obrázku vpravo ZNB Lišov). Dále do této skupiny patří body České státní nivelační sítě (ČSNS) I. až III. řádu.

Skupina PVBP zahrnuje ČSNS IV. řádu, plošné nivelační sítě (PNS) a stabilizované body technických nivelací.

Nivelační body se stabilizují buď čepovou nebo hřebovou značkou. K ochraně nivelačních bodů se používá ochranná tyč s nápisem „STÁTNÍ NIVELACE. POŠKOZENÍ SE TRESTÁ“. U nivelačních bodů se zhotovují nivelační údaje, které jsou svým vzhledem podobné geodetickým údajům.



Čepová nivelační značka



Hřebová nivelační značka

7.3. Stabilizace bodů při měřických pracích

V průběhu měřických prací je nutné stabilizovat nově určované body. Ukázky některých stabilizací jsou předvedeny níže. Stabilizovaný bod se kvůli snadnému nalezení opatří buď dřevěným kolíkem nebo barvou. Stabilizovat bod lze i vysekaným křížkem do kamene.



8. MĚŘENÍ VZDÁLENOSTÍ PÁSMEM

Ač se může zdát, že měření pásmem je jednoduchá záležitost, nemusí tomu tak vždy být. Problém většinou nastává, pokud chceme změřit vodorovnou vzdálenost dvou bodů, které jsou umístěné ve svahu. O tom pojednává následující podkapitola.

8.1. Postup měření

8.1.1. Měření pásmem ve vodorovné poloze

Délka se měří vždy po svahu dolů od výše položeného bodu. První měřič přiřazuje nulu pásma k výchozímu bodu a zařazuje druhého do směru. K tomu je vhodné mít koncové body stabilizované výtyčkami. Druhý měřič napíná a urovnává pásmo do vodorovné polohy. Průměty rysky pásma provažuje na terén a označuje je měřickými jehlami šikmo zapíchnutými do terénu kolmo k měřené délce. Hodnoty čtené na pásmu se zapisují do zápisníku. Postup se opakuje do doby, kdy se dostaneme ke koncovému bodu. Na konci délky se měří doměrek. První měřič po druhém sbírá měřické jehly. Kolik jehel sesbírá, tolikrát byl použit celý klad pásma. Výsledná délka je součtem všech kladů pásma a doměrku. V geodézii platí poučka „jedno měření = žádné měření“, proto měříme vzdálenost ještě jednou, ale počáteční čtení se nebude nastavovat na nulu, ale např. na jeden metr. Výsledkem je pak aritmetický průměr obou čtení za předpokladu porovnání odchylky (rozdíl dvojího měření) s mezní odchylkou. Pokud nebude naše odchylka menší než mezní odchylka, měření se musí opakovat.

8.1.2. Měření pásmem v šikmé poloze

Postup měření je v podstatě stejný s tím rozdílem, že neurovnáváme pásmo do vodorovné polohy, ale přikládáme ho přímo na mezilehlé body stabilizované kolíkem. Výsledkem jsou pak šikmé délky a naším úkolem je převést na vodorovné. Kvůli tomuto musíme zjistit převýšení jednotlivých hlav kolíků např. technickou nivelací (kapitola 10.).

8.2. Na co si dát při měření pásmem pozor – chyby při měření

- Chybné čtení na pásmu,
- přehlédnutí počtů kladů pásma,
- špatné nastavení počátku pásma,
- protažení pásma,
- prověšení pásma,
- vybočení ze směru,
- nevodorovná poloha pásma.

8.3. Jednotlivé vytyčovací úlohy

V této kapitole si ukážeme, jak vytyčit přímku, jak ji prodloužit, jak vytyčit rovnoběžku, kolmici, jak najít patu kolmice nebo průsečík dvou přímek. V textu budu pro spojnici bodů XY kvůli vžité terminologii používat pojem přímka, i když jde zcela jistě o úsečku. Za toto se předem omlouvám.

8.3.1. Vytyčení přímky

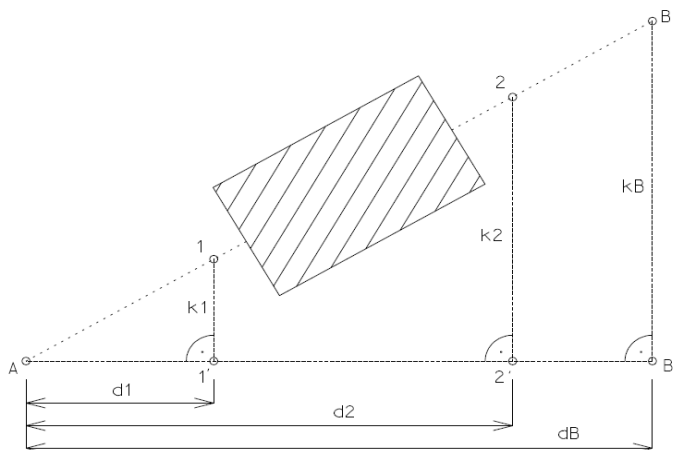
Vytyčením přímky rozumíme vytyčení mezilehlých bodů na přímce, která je definovaná dvěma koncovými body – výtyčkami. Přímku můžeme vytyčit buď dvojitém pentagonem, teodolitem nebo od oka. Samozřejmě přesnost takového vytyčení bude nižší, ale v určitých situacích nám přesnost tohoto vytyčení stačí.

Postup vytyčení přímky od oka je následující. Je zapotřebí dvou měřičů a výtyčky. První měřič stojí za výtyčkou a shlíží přímku. Druhý měřič drží palcem a ukazovákem výtyčku, která se sama takovým držením vlivem gravitace urovná do svislé polohy. První měřič druhého zařazuje do směru mezi koncové body přímky.

Při vytyčení přímky od oka dodržujeme tyto zásady:

- měřič zařazující do směru stojí od koncové výtyčky minimálně 5 kroků,
- měřič zařazující do směru stojí tak, aby mu slunce svítilo do zad,
- postup zařazování jednotlivých výtyček se děje od nejvzdálenější k nejbližší výtyčce.

Často se nám stane, že musíme vytyčit přímku přes překážku, která je dána např. budovou. V takovém případě využijeme podobnosti trojúhelníků (viz obrázek níže).



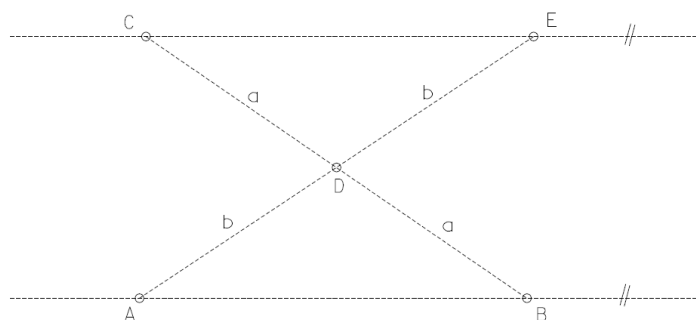
V terénu si vytvoříme pravoúhlý trojúhelník $AB'B$. Zjistíme délky stran d_B a k_B . Vzdálenosti d_1 a d_2 volíme tak, aby se body 1 a 2 zobrazili na přímce před a za budovou. Délky d_1 a d_2 nanese na přímku AB' . Teď musíme zjistit délky kolmic k_1 a k_2 . K tomu využijeme právě podobnosti trojúhelníků $AB'B$, $A2'2$ a $A1'1$ (př.: $d_B/d_1 = k_B/k_1$) [5].

8.3.2. Prodloužení přímky

Přímka je opět signalizována na obou koncích výtyčkami. Postavíme se ve směru prodlužování přímky min 5 kroků od výtyčky a novou výtyčku zařazujeme shlížením do směru. Prodlužovaná délka nesmí být větší než $\frac{1}{4}$ délky původní přímky [5].

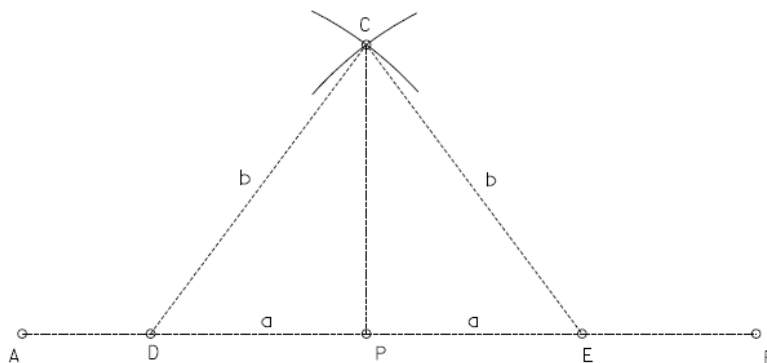
8.3.3. Vytyčení rovnoběžky

Je dána přímka AB a bod C , který leží na námi vytyčované rovnoběžce. Využijeme rovnoběžníku. Úhlopříčky rovnoběžníku se navzájem půlí. Postupujeme tedy takto: zjistíme střed úsečky BC (bod D). Můžeme tedy zjistit délku b . O tuto délku b prodloužíme přímku AD (bod E). Spojnice bodů C a E je námi hledaná rovnoběžka s přímkou AB (viz obrázek níže) [5].



8.3.4. Vytyčení kolmice

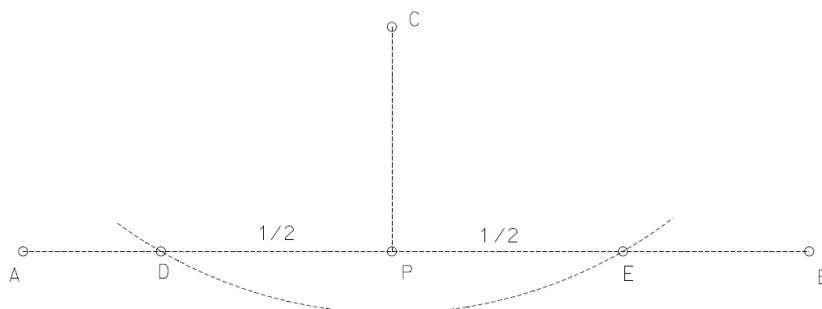
Vytyčit kolmici můžeme při použití rovnoramenného trojúhelníka (viz obrázek níže). Známe-li na přímce AB patu kolmice P z níž chceme vztyčit kolmici, nanese od bodu P na obě strany vzdálenost a (body D a E). Z těchto bodů směrem k bodu C natáhneme pásmo ve vzdálenosti b . Průsečík dvou kružnic je bod C . Spojnice bodů C a P je námi hledaná kolmice.



Pokud budeme chtít sestavit pravý úhel pro malé délky, využijeme Pythagorovy věty, která říká $c^2 = a^2 + b^2$, tedy kvadrát odvěsny se rovná součtu kvadrátů přepon trojúhelníka. Postačí nám k tomu například pouze svinovací dvoumetr. (Př.: délka první přepony je 30cm, délka druhé přepony je 40cm. V tomto případě musí být tedy délka odvěsny 50cm. Pokud sestavíme tyto strany takto dlouhé, máme zajištěný pravý úhel, který svírají obě přepony trojúhelníka.

8.3.5. Spuštění kolmice

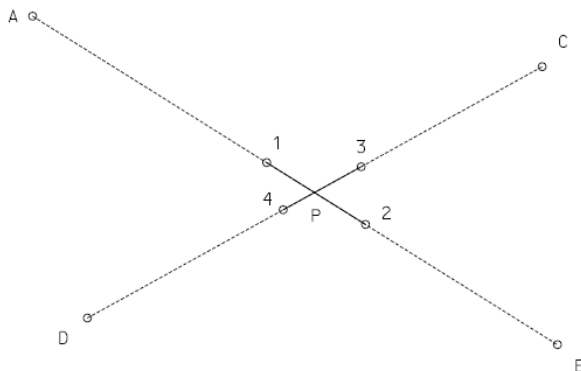
Nebo taky nalezení paty kolmice. Máme dány body A, B, C . Body A a B tvoří přímku a z bodu C spouštíme kolmici na přímku AB . Postup je následující: z bodu C opišeme měřidlem kružnici, která protne přímku AB ve dvou bodech D a E . Poloviční délka vzdálenosti mezi body D a E je hledaná pata kolmice P (viz obrázek níže) [5].



8.3.6. Průsečík dvou přímek

K vytyčení průsečíku dvou přímek je zapotřebí tří měřičů, pokud budeme vytyčovat způsobem postupného zařazování do směru. První měřič shlíží první přímku, druhý druhou přímku. Třetí měřič s výtyčkou je zařazován předchozími měřiči postupně do přímek do té doby, než je nalezen průsečík přímek.

Pro druhý způsob postačí dva měřiči. První nese čtyři dřevěné kolíky pro stabilizaci bodů na přímce. Budou tedy vytyčeny vždy dva body na každé přímce. Body musí být na přímce stabilizovány tak, aby první bod přímky byl před průsečíkem a druhý za průsečíkem (to se dá lehce odhadnout). Pokud máme stabilizovány všechny body, napneme mezi nimi provázky nebo si pomůžeme pásmem. Jejich průsečík je i průsečíkem přímek.

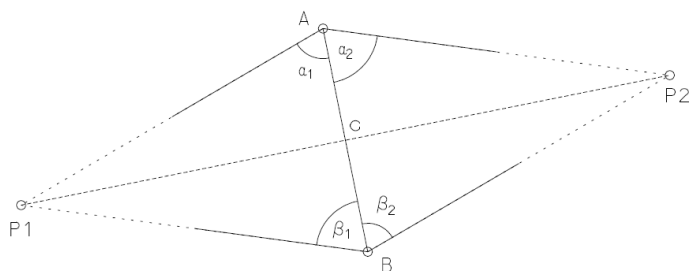


9. JINÉ ZPŮSOBY URČENÍ VZDÁLENOSTI

Tato kapitola nebude výrazně rozepisována, protože přístroje a pomůcky používané pro tyto metody se jen těžko dostanou posluchačům tohoto semináře do rukou. Přenecháme proto tyto práce raději geodetům.

9.1. Trigonometrické určení vzdálenosti

Metoda se použije za předpokladu, že koncové body P_1 a P_2 (nebo alespoň jeden z nich) jsou nepřístupné. Zde využijeme pomocné základny c , která je dána volenými body A a B , z nichž měříme teodolitem na body P_1 a P_2 pouze horizontální úhly α_1 , α_2 , β_1 a β_2 (pro výpočet vodorovné délky) a zenitové úhly (pro přepočítání vodorovné délky na šikmou). Pomocná základna musí splňovat určitá kritéria. Mimo zmiňované úhly musíme zjistit délku základny c . Ta se zjistí u přesnějších prací paralakticky. Paralaktické měření spočívá v měření horizontálních úhlů na speciální lať, která je zcentrována a horizontována na bodě základny, na kterém není teodolit. Její délka je konstantní a staví se kolmo k záměrné přímce. Ve výpočtu je proto možno použít pravoúhlého trojúhelníka. Přesnost paralaktického určení délky je na krátké vzdálenosti (do 60m) vyšší než u totálních stanic.



9.2. Optické metody

V dnešní době už téměř nepoužívané. Princip spočívá v odečítání hodnot na lati pomocí záměrného obrazce dalekohledu optického dálkoměru. Z takového čtení se lehce dopočteme ke vzdálenosti mezi přístrojem a latí.

Tento způsob je ale dobré používat například při přesné nivelaci, kdy potřebujeme znát délky záměr pro zavedení korekce (opravy) z nestejných délek záměr, pokud tedy tuto podmínku nedodržíme.

9.3. Totální stanice

Využívají paprsku, který vysílají k odraznému systému. Paprsek se odráží zpět, a protože známe rychlost světla, můžeme určit vzdálenost, která se nám zobrazí na displeji. Přesnost totální stanice bývá výrobcem udávána ve formě $a + b \text{ ppm}$, kde a udává chybu v délce, která je vždy přítomná a b chybu, která se zvyšuje s narůstající vzdáleností.

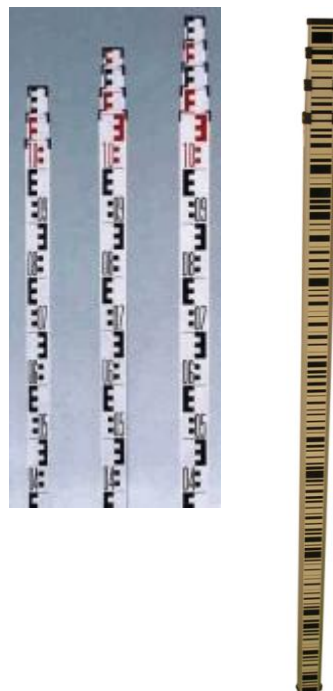
10. MĚŘENÍ VÝŠEK GEOMETRICKOU NIVELACÍ

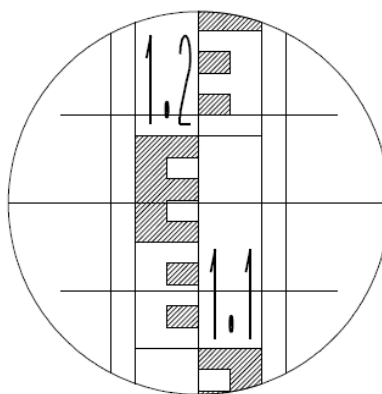
S přístroji jsme se seznámili v kapitole 5.3. Začneme proto pomůckami nutnými pro geometrickou nivelaci. Podle přesnosti dělíme nivelaci na technickou (TN), přesnou (PN), velmi přesnou (VPN) a zvlášť přesnou nivelaci (ZPN). Liší se mezi sebou hlavně používanými přístroji a pomůckami. Budeme se zde zabývat pouze technickou nivelací.

10.1. Pomůcky

- Niveláčnická latě

Používají několikametrové duralové bez libely, které jsou zasouvací (obrázek se třemi latěmi). Latě je urovnávána tak, že měřič dává pokyny figurantovi, jak urovnat latě podle záměrného obrazce v dalekohledu. Dělení latě je centimetrové a milimetry se při čtení odhadují. Latě se staví na niveláčnické podložky. Ukázka zobrazeného latěového úseku v okuláru niveláčnického přístroje na obrázku. Čtení na lati probíhá tak, že přečteme hodnotu na lati danou střední ryskou záměrného obrazce (na nižším obrázku 1,169 m). Při použití digitálních niveláčnických přístrojů je třeba použít kódové latě (krajní obrázek vpravo). Tyto latě jsou většinou opatřeny z druhé strany i klasickou stupnicí z důvodu, že by přístroj nedokázal přečíst hodnotu na lati.





Zobrazení laťového úseku v okuláru nivelačního přístroje

- Nivelační podložky

Jak už bylo zmíněno, staví se na ně nivelační latě. Jsou to masivní kovové nivelační destičky s třemi hroty na spodní části. Na vrchní části mají kulový vrchlík pro postavení latě a pro snadné otočení latě, aniž by se v průběhu otáčení změnila její výška. Při práci s nimi se umístí na terén a zašlápnu se nohou, abychom vytvořili stabilní bod pro nivelační lať.

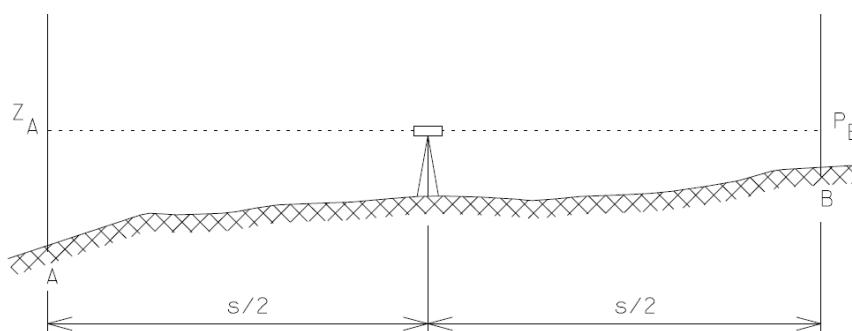
10.2. Příprava měření

Nivelační přístroj se pevně spojuje se stativem pomocí středového šroubu. Stativy se používají s vysouvacíma nohama (na obrázku stativ duralový) nebo můžeme použít i s pevnýma, ale ty spíše pro přesné nivelace.



10.3. Geometrická nivelace ze středu

Geometrickou nivelaci používáme pro zjištění převýšení mezi dvěma body. Je to základní a nejpoužívanější metoda. Princip nivelace je patrný z obrázku. Převýšení mezi body A a B zjistíme čtením na latích, které stojí na těchto bodech. Při nivelaci nivelační přístroj pouze horizontujeme, nestavíme ho na žádný bod, takže nebudeme přístroj centrovat. Nejprve provedeme čtení vzad Z_A , pak čtení vpřed P_B . Výsledné převýšení je potom $\Delta h_{AB} = Z_A - P_B$. Pokud známe výšku bodu A, můžeme přičtením převýšení spočítat výšku bodu B. Pokud je vzdálenost bodů A a B větší, provedeme několik nivelačních sestav. Dostáváme se tedy k pojmu nivelační oddíl, které pak tvoří nivelační pořady. Zde se nám bude hodit nivelační podložka pro jednotlivé přestavové body. Výsledné převýšení je pak $\Delta h_{AB} = \Sigma Z_A - \Sigma P_B$. Přesnost metody je řádově v milimetrech.



Na obrázku na předchozí straně vidíme úsek AB, čili lat'-stroj-lat'. Tento úsek nazýváme nivelační sestava. Při geometrické nivelaci ze středu, musíme splnit některé podmínky:

- nivelační přístroj musí být uprostřed nivelační sestavy (eliminujeme tím chybu z nevodorovnosti záměrné přímky),
- sestava musí být přímá,
- čtení na lati nemá klesnout pod 0,4m,
- délka záměry (vzdálenost latě od přístroje) nemá přesáhnout 80 m,
- na rozhraní prostředí (světlo – stín, trávník – vozovka, budova – nádvoří apod.) musí stát lat'!

10.4. Geometrická nivelace vpřed

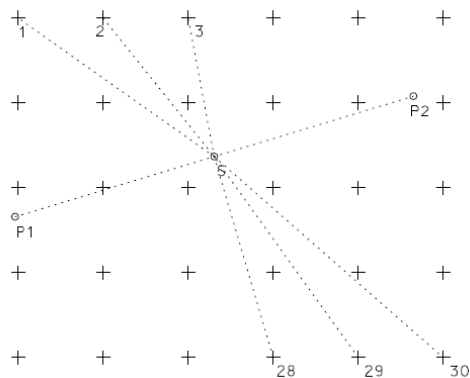
Geometrická nivelace vpřed funguje tak, že nivelační přístroj postavíme na bod, jehož výšku známe. Přístroj centrujeme a horizontujeme (kapitola 6.). Dvoumetrem změříme výšku přístroje, tj. vzdálenost bodu od záměrné přímky přístroje. Dostáváme se tak na výšku horizontu přístroje. Dále čteme na lati hodnotu, což je čtení vpřed. Toto čtení odečítáme od výšky horizontu přístroje a dostáváme se na výšku námi měřeného bodu.

Tato metoda se používá při hrubém zjištění výšky. Projeví se zde chyba z nevodorovnosti záměrné přímky.

10.5. Plošná nivelace

Plošná nivelace se používá buď při doplnění výškopisu do polohopisných map anebo při úpravách terénu, kdy je třeba určit kubatury pomocí čtvercové sítě (obrázek vpravo).

Princip spočívá ve vkládání bočních záměr mezi záměry vzad a vpřed. Tyto boční záměry se čtou na latích, které pokládáme přímo na terén. Čtení bočně provádíme na cm. Nezapomínejme čtení na přestavových bodech bude stále na mm.



10.6. Na co si dát při měření nivelace pozor - chyby při měření

- Chybné čtení na lati,
- neurovnání přístroje do vodorovné polohy, či jeho pohnutí při měření,
- neurovnání latě do svislé polohy, či její pohnutí při měření,
- posunutí nivelační podložky,
- dodržovat podmínky při měření nivelace (viz výše).

11. JINÉ ZPŮSOBY URČOVÁNÍ VÝŠEK

11.1. Hydrostatická nivelace

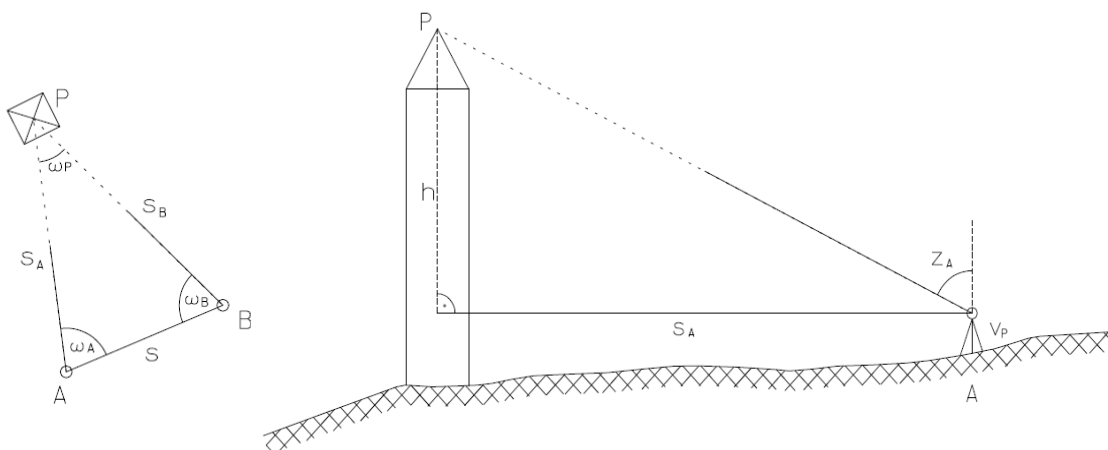
Hydrostatická nivelace je založena na principu spojených nádob. Máme dvě nádoby s měřítkem spojené hadicí. Převýšení mezi dvěma body je pak rovno rozdílu čtení na obou nádobách. Nevýhodou je malý rozsah měřicí pomůcky. Přesnost takového určení převýšení je asi 1 cm.

11.2. Barometrická nivelace

Je známo, že tlak vzduchu se mění v závislosti na nadmořské výšce (roste výška h (m), klesá tlak p (Pa), přibližně $\Delta h = 1\text{m}$, pak $\Delta p = 12\text{Pa}$). Přesnost takového určení převýšení je asi 0,5m.

11.3. Trigonometrické určení výšky

Sledujte obrázek. Princip tohoto určení výšky spočívá v měření zenitového úhlu z_A na určovaný bod P . K výpočtu je zapotřebí zjistit i vodorovnou délku s_A mezi stanovištěm přístroje a bodem P . Protože se tato metoda využívá při zjišťování výšky nepřístupného bodu, např. věž kostela, nezbývá nám nic jiného než si zhotovit pomocnou základnu AB , jejíž délku s snadno zjistíme měřením a pomocí vztahů v trojúhelníku, který nám tak vznikne, zjistíme vodorovnou délku s_A a s ní můžeme spočítat převýšení h mezi stanovištěm A a námi určeným bodem P . Pokud známe nadmořskou výšku stanoviště A , můžeme přičtením výšky přístroje v_P a převýšení h zjistit nadmořskou výšku nepřístupného bodu P . Vzorce, které lze použít jsou ukázány na další straně. Kontrolní výpočet provedeme s použitím strany s_B , měřeného zenitového úhlu z_B a výšky přístroje v_P naměřené na stanovišti B .



$$s_A = s \cdot \frac{\sin \omega_B}{\sin \omega_P} = s \cdot \frac{\sin \omega_B}{\sin(\omega_A + \omega_B)}, \quad h = s_A \cdot \cot g z_A, \quad H_P = H_A + v_P + h$$

12. PŘÍČNÝ A PODÉLNÝ PROFIL

12.1. Podélný profil

Podélný profil je svislý řez terénem a je vedený osou stavby.

12.1.1. Zaměření

Před zaměřením se podélný profil nejdříve vytyčí dřevěnými kolíky, které se osazují ve stejné vzdálenosti. Jejich vzdálenosti se vztahují k počátečnímu bodu a je zaznamenána jejich vzdálenost od něj (staničení), př.: 0,000; 0,020; 0,040 (v km). Dál se označí důležitá místa, jako jsou křížení trasy s jinými zařízeními, lomové body terénu aj. a určí se jejich staničení. Staničení bodů se udává na cm a staničení bodů lomu terénu na dm.

Body podélného profilu se zaměřují technickou nivelací záměrami bočně a měření se připojuje na známé výškové body podél trasy. Nivelační přístroj se staví mimo profil tak, aby se z jednoho stanoviska dalo určit více zaměřovaných bodů. Lat' se staví na hlavu kolíku a výška se určuje na mm. Výška terénu pod hlavou kolíku se určuje na cm. Lomové body terénu se zjišťují nivelací na cm.

Pro zaměření bodů profilu je možné použít i totální stanici.

12.1.2. Zobrazení

Podélný profil se zobrazuje jako převýšený, což znamená, že výšky a délky se vynášejí v jiném měřítku, abychom zvýraznili výškové poměry terénu. Například výšky 1:100 a délky 1:1000. Toto se pak na výkrese značí 1:1000/100. Při kreslení výkresu se volí srovnávací rovina o celé výšce. Těžko bychom totiž vynášeli na výkres výšku např. 350 m.n.m. v měřítku 1:100. Od této roviny se pak nanášejí zbytek naměřené výšky. Srovnávacích rovin se může na výkrese volit několik.

12.2. Příčný profil

Příčný profil je svislý řez terénem a je vedený většinou kolmo na osu stavby.

12.2.1. Zaměření

Opět využijeme metody technické nivelace. Délka příčného profilu na obě strany od podélného profilu záleží na velikosti objektu, který bude v prostoru realizován nebo který v prostoru existuje.

Příčný řez se měří v místech, kde jsme si stabilizovali kolíky podélného profilu. Vzdálenosti v příčném profilu se měří převážně pásmem od osového kolíku na obě strany. Při měření vybíráme k zaměření body tak, abychom co nejlépe vystihli tvar terénu.

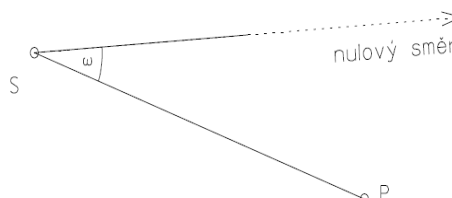
12.2.2. Zobrazení

Příčný profil zobrazujeme většinou se stejným měřítkem pro výšku i délku, aby je bylo možné využít pro výpočet kubatur.

13. MĚŘENÍ VODOROVNÝCH A SVISLÝCH ÚHLŮ

13.1. Měření vodorovných úhlů

Jedná se v podstatě o měření vodorovných směrů a úhly se poté počítají jako jejich rozdíly. Směr je určen úhlovou hodnotou, která je závislá na nastavení nulového směru. Výsledný úhel je ale samozřejmě stejný a nezávislý na nastavení nulového směru. Tento nulový směr je hodnota, kterou nastavujeme před měřením. Během měření zůstává poloha nulového směru neměnná.



Během měření není možné opravovat horizontaci přístroje, zaostření dalekohledu a centraci přístroje.

Naměřené úhly jsou zatíženy těmito chybami: chyby strojové, měřické a chyby z prostředí.

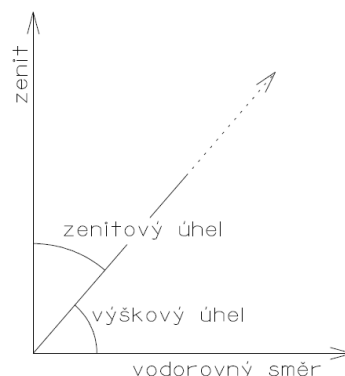
13.2. Měření svislých úhlů

Na rozdíl od měření vodorovného úhlu, se zde počáteční nulový směr nevolí. Je dán buď směrem svislým (tehdy měříme zenitové úhly), nebo směrem vodorovným (měříme-li výškové úhly). Viz obrázek.

Zenitový úhel je tedy úhel, který svírá směr zenitu a zaměřovaným směrem.

Výškový úhel je úhel, který svírá vodorovný a zaměřovaný směr.

Naměřené úhly jsou zde opět zatíženy stejnými chybami jako při měření vodorovných úhlů.



14. PODROBNÉ POLOHOVÉ MĚŘENÍ

Při tomto měření se zaměřuje poloha všech předmětů zájmového území. Zajímá nás v tomto případě pouze polohová složka - polohopis. O výškopis může být polohopis doplněn např. metodou plošné nivelace.

Při měření je využíváno totálních stanic. Nepostradatelnou pomůckou jsou pásma.

Ve většině publikací starších vydání se dočtete, že měřická skupina je složena z vedoucího, který vede náčrt, technika, který obsluhuje přístroj, zapisovatele, který zapisuje naměřené hodnoty do zápisníku. V dnešní době, kdy je k měření využíváno totálních stanic, není potřeba zapisovatele, jelikož naměřené hodnoty jsou ukládány do paměti totální stanice. Dále při rozsáhlém měření se k naměřeným bodům připisují kódy, které používá počítačový software zohledňuje a automaticky vykresluje mapu (v kanceláři). Odpadá tedy náčrt, který by celý proces měření zdržoval. Nicméně není na škodu si zakreslit nepřehledné úseky nebo části, které jsou měřeny pouze pásmem.

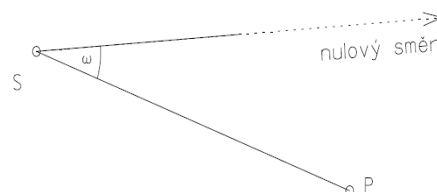
Měřická skupina se v dnešní době skládá z vedoucího, který rozhoduje, co a jak se bude měřit. Jeho geodetickou pomůckou je odrazný hranol na červenobílé výtyčce a technika, který obsluhuje totální stanici.

A můžeme zajít ještě dál, kdy nám pokrok techniky dovoluje využít tzv. robotické totální stanice. Taková totální stanice sama sleduje a dociluje na hranol, který nese jeden člověk. Vzhled robotické totální stanice je prakticky stejný jako u ostatních totálních stanic.

14.1. Metody měření

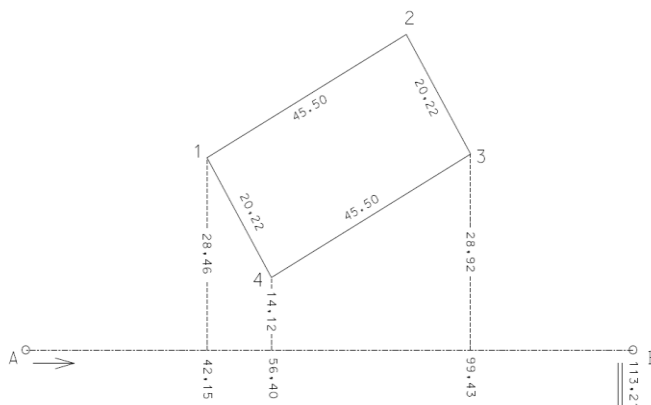
14.1.1. Polární metoda

Je to základní metoda polohového měření. Spočívá v zaměření směru a vzdálenosti na zaměřovaný bod. Pokud známe souřadnice stanoviště přístroje (a ty známe), je možné z těchto hodnot spočítat souřadnice nového bodu. Využíváme teodolitů a totálních stanic. (Obrázek vpravo).



14.1.2. Ortogonální metoda

Neboli metoda pravoúhlých souřadnic. Využívá se měřické přímky, která je dána počátečním a koncovým bodem. Bod se zaměří způsobem spuštění kolmice na tuto měřickou přímku. Zaznamenáváme délku kolmice a vzdálenost od počátku měřické přímky k průsečíku měřické přímky a kolmice (staničení). Využíváme pásem a pentagonů. Nutný měřický náčrt.



14.1.3. Metoda konstrukčních oměrných

Využívá se u budov, kdy zaměříme polární nebo ortogonální metodou jen některé body budovy a ostatní výstupky se zaměří pásmem, tzv. oměrné míry. Při výpočtu se využívá pravoúhlosti zdiva budov. Je nutný měřický náčrt. Na obrázku u ortogonální metody jsou konstrukčními oměrnými míry mezi body 1, 2 a 2, 3. Míry mezi 1, 4 a 3, 4 jsou kontrolní.

14.1.4. Protínání ze směrů úhlů a délek

Jedná se o soubor metod, při nichž se zaměřují směry, úhly a délky z více stanovišek. Metody podle naměřených hodnot se nazývají protínání vpřed z úhlů, protínání vpřed ze směrů, protínání vpřed z délek a protínání zpět. U těchto úloh se v dnešní době používá totálních stanic. Při protínání z délek na krátké vzdálenosti lze použít pásmo.

15. URČOVÁNÍ PLOCH A VÝPOČET KUBATUR

15.1. Určování ploch z měření

Při výpočtu plochy, která má tvar n-úhelníku můžeme buď rozložit takový n-úhelník na jednodušší geometrické obrazce, u kterých jsme schopni počítat rychle výměru (trojúhelník, čtverec, obdélník):

$$P_{\text{trojúh}} = \frac{a \cdot v_a}{2}, \quad P_{\text{čtver}} = a^2, \quad P_{\text{obdél}} = a \cdot b.$$

Pozn.: v_a je výška trojúhelníku.

Také můžeme provést výpočet plochy pomocí souřadnic lomových bodů, kde si zvolíme souřadnicové osy, zjistíme pravoúhlé souřadnice lomových bodů n-úhelníku a z nich pak počítáme jeho plochu.

15.2. Určování ploch z map a plánů

Pokud určujeme plochu z map a plánů, musíme mít vždy na paměti, že pokud je mapa nebo plán nakreslen na papíru nebo jiném materiálu, který se vlivem působení prostředí sráží, musíme výpočty vždy upravit o srážku papíru nebo jiného materiálu.

Plochy z map a plánů určujeme tzv. planimetry. V dnešní době se využije digitální planimetr (obrázek vpravo) na jehož displeji čteme změřenou plochu. Je opatřen i klávesnicí. Na jeho rameni je lupa, která zvětšuje sledovanou hranici obrazce.



15.3. Výpočet kubatur

Při určování kubatury nahrazujeme tvar zemního tělesa tvary geometrickými, u nichž jsme schopni spočítat jejich objem. Nejčastěji užívané metody pro měření kubatur je výpočet kubatur pomocí profilů nebo výpočet kubatur pomocí čtvercové sítě.

15.3.1. Výpočet kubatur pomocí profilů

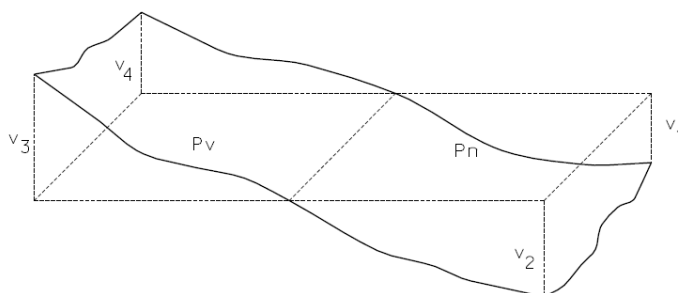
Užívá se hlavně u liniových staveb (silnice, železnice, atd.). Zjišťují se velikosti ploch násypů a výkopů v příčných profilech. Platí, že kubatura násypu má být rovna kubatuře výkopu, abychom zeminu optimálně využili, aniž bychom museli nějakou část odvážet či dovážet.

15.3.2. Výpočet kubatur pomocí čtvercové sítě

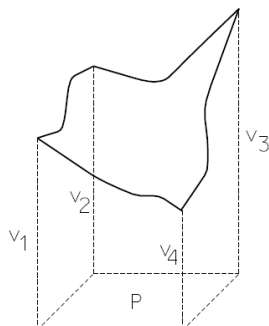
V zájmovém území se navrhne čtvercová síť. Velikost strany čtvercové sítě se volí 5 až 20 m. Body této sítě se stabilizují například dřevěnými kolíky. Výšky těchto bodů se určí plošnou nivelací a navrhne se výška vodorovné roviny tak, aby se kubatura násypu rovnala kubatuře výkopu. Sledujte obrázek níže.

Kubatura výkopu se pak spočítá $V_v = P_v \cdot \frac{v_3 + v_4}{4}$, kde P_v je plocha podstavy výkopu a v_i je výška terénu

nad zvolenou vodorovnou rovinou. Číslo 4 ve jmenovateli je proto, že těleso je hranol se čtyřmi vrcholy. Obdobně se spočítá kubatura násypu [5].



Příklad výpočtu kubatury tělesa níže:



$$V = P \cdot \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}{4}$$

16. POLOHOVÉ A VÝŠKOVÉ VYTYČOVÁNÍ

Vytyčení předmětu znamená přenesení projektu do terénu. Hodnoty mezních vytyčovací odchylek jsou stanoveny českou státní normou označovanou zkratkou ČSN a šestimístním kódem, př. ČSN 73 0421.

Vytyčení můžeme rozdělit na polohové vytyčení a výškové vytyčení.

16.1. Polohové vytyčování

Polohové vytyčení je vztaženo k bodům vytyčovací sítě, jejichž souřadnice v určitém souřadnicovém systému známe. Z těchto bodů pak vytyčujeme hlavní polohové body a z nich pak podrobné body.

16.1.1. Vytyčení úhlu a délky

Před samotným vytyčením si musíme uvědomit, jak přesně chceme mít daný úhel nebo danou délku vytyčenou. Z toho se potom odvíjí volba pomůcek a přístrojů a počet měření. Pokud budeme chtít přesně vytyčit úhel (řádově ve vteřinách), použijeme teodolit. To však nechme na geodetech. Přesné vytyčení délky můžeme provést buď totální stanicí nebo i komparovaným pásmem (přesnost řádově v milimetrech). Ač se nám může jevit vytyčení délky pásmem snadné, je potřeba k tomuto zavádět různé korekce a proto i toto nechme raději na geodetech.

Pokud nám bude stačit vytyčení úhlů a délek s menší přesností, můžeme využít postupů popsaných v kapitole 8. a postačí nám k tomu pouze pásmo.

16.1.2. Vytyčení bodu

K vytyčení bodu se využívá metod, které jsou uvedeny v kapitole 14. Platí zde stejná poučka jako v předchozí podkapitole - musíme uvědomit, jak přesně chceme mít daný bod vytyčen. Zde navíc musíme zvážit, z jakého bodu budeme vycházet. Ty jsou totiž rozděleny podle přesností a pokud chceme vytyčit bod s přesností na milimetry, těžko toho docílíme, pokud použijeme výchozí bod, jehož poloha byla určena s centimetrovou přesností.

16.1.3. Vytyčení přímk

Pro přesné vytyčení přímky využijeme teodolit. Teoreticky lze vytyčit přímku i nivelačním přístrojem. Zde ale na rozdíl od teodolitu, kde nám postačí dřevěné kolíky, protože dalekohled teodolitu můžeme různě sklápět, budeme muset využít výtyčky a navíc terén by měl být takový, abychom mezilehlé body přímky, tedy výtyčky, viděli přes nivelační přístroj. Pro méně přesné práce využijeme dvojité pentagon. Práce s ním je popsána v kapitole 4.5.

16.2. Výškové vytyčování

Výškové vytyčení je vztaženo k výškovým bodům vytyčovací sítě, jejichž výšky známe. Zde se používá pouze výškový systém Bpv, na rozdíl od polohového vytyčení, kde si můžeme zvolit souřadnicový systém (S-JTSK, místní). Budeme se zde zabývat pouze vytyčením výšky nivelací.

16.2.1. Výškové vytyčení bodu

Jednoduše takové vytyčení provedeme pomocí geometrické nivelace ze středu, pokud nelpíme na přesnosti, postačí geometrická nivelace vpřed.

Nejprve musíme zjistit nadmořskou výšku horizontu přístroje. U nivelace ze středu toto zjistíme čtením na lati vzad, která je postavena na bodě, jehož výška je známá. Přičtením tohoto čtení k výšce tohoto bodu dostáváme výšku horizontu přístroje. U nivelace vpřed se stavíme s nivelačním přístrojem nad bod se známou výškou a přičteme-li výšku přístroje k výšce bodu, opět se dostáváme na výšku horizontu přístroje.

Nyní nám zbývá vytyčit výšku nového bodu. Zhotovíme si předběžnou stabilizaci nového bodu např. dřevěným kolíkem. Známe výšku horizontu přístroje a známe taky nadmořskou výšku bodu, kterou chceme vytyčit. Rozdíl těchto výšek je výšková hodnota, kterou musíme číst na lati, abychom vytyčili požadovanou výšku bodu. Posouváme tedy nivelační latě ve směru svislém u kolíku do doby, kdy v okuláru nivelačního přístroje vidíme požadované čtení. V tu dobu nám nula latě značí vytyčovanou nadmořskou výšku. Zhotovíme podle ní rysku na kolíku.

16.2.2. Výškové vytyčení přímky

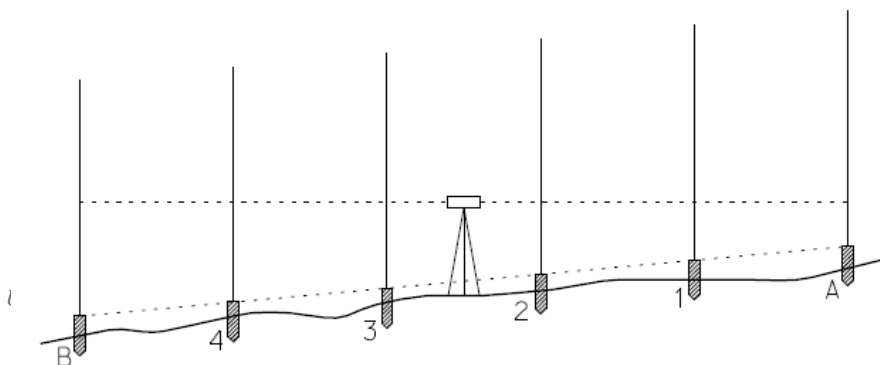
Přímku můžeme vytyčit buď vodorovnou nebo v daném sklonu. Obojí lze provést pomocí nivelačního přístroje.

Vytyčujeme-li přímku daného sklonu, máme sklon zadán buď úhlem ε nebo převýšením h na určitou vzdálenost s nebo v procentech (%) či promilích (‰). Vztahy mezi různým vyjádřením sklonu jsou:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{h}{s} = \frac{\%}{100} = \frac{\text{‰}}{1000}.$$

Odtud je možné vyjádřit výškový rozdíl:

$$h = s \cdot \operatorname{tg} \varepsilon = \frac{s \cdot \%}{100} = \frac{s \cdot \text{‰}}{1000}.$$



Obrázek na předchozí straně znázorňuje vytyčení přímky daného sklonu nivelací. Výšky H_i mezilehlých bodů 1 – 4 získáme výpočtem ze vzorce:

$$H_i = H_A + l_A - l_i + h_i,$$

Kde H_A je výška známého bodu A, l_A je čtení na lati na bodě A, l_i je čtení na lati na hlavě kolíku a h_i je výškový rozdíl počítaný podle výše uvedeného vzorce. Musí být tedy známo staničení jednotlivých bodů přímky.

Pokud budeme chtít vytyčit vodorovnou přímku, pak výškový rozdíl h_i je roven nule.

16.2.3. Vytyčení roviny

Rovinu, jak už víme z kapitoly 5.4., lze vytyčit pomocí laserového přístroje. Lze ji ale vytyčit i jiným způsobem, a to pomocí čtvercové sítě o stranách 5 – 20 m. Body čtvercové sítě se zanimalují a pro každý bod se vypočte výškový rozdíl $h_i = H_p - H_i$, kde H_p je výška navrhované roviny a H_i je výška hlavy kolíku. H_p se volí nejčastěji tak, jak bylo v kapitole 15.3.2. už zmíněno, aby se kubatura násypu rovnala kubatuře výkopu. Výškový rozdíl pak značí buď násyp nebo výkop.

Pro vytyčení roviny daného sklonu využijeme opět čtvercovou síť. Úlohu lze převést na úlohu vytyčování soustav rovnoběžných přímek se stejným sklonem.

16.3. Vytyčení vrstevnice a svislice

16.3.1. Vytyčení vrstevnice a zátopové čáry

Jde o vytyčení soustavy bodů se stejnou nadmořskou výškou. Po spojení těchto bodů dostáváme vrstevnici nebo zátopovou čáru. Toto vytyčení provedeme pomocí geometrické nivelace, kdy zjistíme nadmořskou výšku horizontu přístroje a jestliže známe, jakou nadmořskou výšku chceme vytyčit, pak rozdíl těchto výšek je roven hodnotě, kterou musíme přečíst na lati. Obdobně popsán postup vytyčení výšky bodu v kapitole 16.2.1.

16.3.2. Vytyčení svislice, svislé roviny

Lze opět provést pomocí laserového přístroje. Další metodou je vytyčení pomocí teodolitu. Nás ovšem bude zajímat vytyčení pomocí olovnice, které dosahuje přesnosti kolem 5-10mm.

17. GEODETICKÉ PRÁCE NA STAVENÍŠTI

Stavební geodézie řeší úkoly ve výstavbě při tvorbě projektů, při realizaci staveb a při dokumentaci ukončené výstavby.

Základní úkoly geodézie ve stavebnictví:

- pořízení geodetických mapových podkladů pro návrh stavby,
- zhotovení vytyčovací sítě, dále pak zhotovení vytyčovacího výkresu a následné vytyčení stavby.
- měřická kontrola postupu stavby (kontrola dílčích stavebních prací),

- zaměření hotové stavby pro dokumentaci skutečného provedení stavby (důvodem je zakreslení stavby do map),
- periodická kontrola stavby po jejím dokončení a to zejména jejího posunu ve směru vertikálním, kontrola přetvoření stavby, pootočení a posunu stavby. Příčinou jsou vnější vlivy přímo působící na objekty. Této kontrole podléhají stavby hlavně v poddolovaném území, ale i u přehrad, mostů apod.

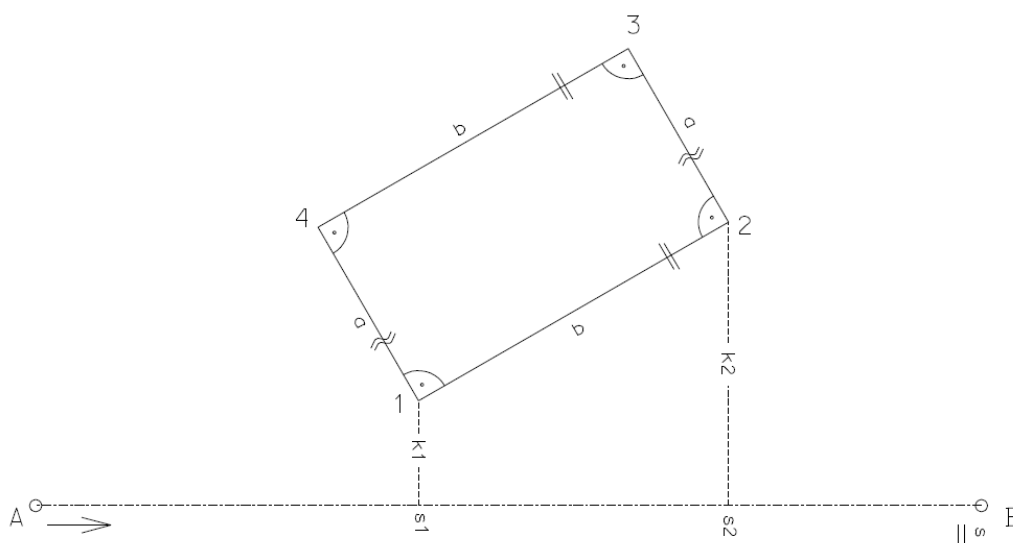
První odstavce popisuje geodetické práce týkající se spíše inženýrské geodézie. V tomto odstavci se bodově podrobněji seznámíme s tím, co bychom mohli řešit v zahradnické praxi:

- pozvolné povrchové spády, terénní úpravy, modelace terénu,
- schody, schodiště s odpočívadly,
- cesty, zpevněné plochy, terasy, opěrné zdi, zidky, obrubníky,
- různé části zahrady jako jsou odpočinkové, rekreační a užitkové části,
- altánky, garáže,
- závlaha, drenážní systém, jezírka, bazény,
- osvětlení, elektřina, trasy kabelů,
- zahrada se postupem času mění, rozrůstá se, tedy je potřeba řešit odstupy, s časem se mění i nároky na využívání (dětské koutky se mění v jezírka),
- kosterní dřeviny, velké stromy,
- vzdálenosti od hranic sousedních pozemků, ploty.

18. PRAKTICKÁ CVIČENÍ

- Cvičení 1.

Přehledný náčrt:



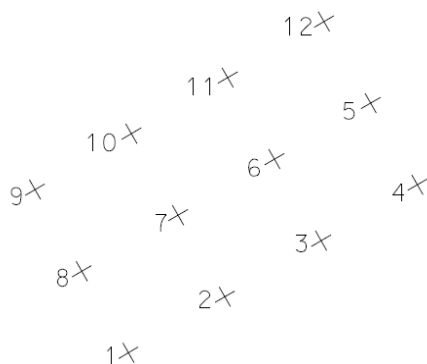
Cíl úkolu: Vytyčení půdorysu budoucího bazénu.

Zadání úkolu: Ortogonální metodou vytyčte body 1 a 2 objektu uvedeného v přehledném náčrtu. Jedná se o půdorys budoucího bazénu, který má tvar obdélníku. Hodnotu staničení s_1 zvolte podle vlastního uvážení, staničení s_2 pak bude $s_1 + 12,00\text{m}$. Délka kolmice k_1 je $10,00\text{m}$ a k_2 je $19,00\text{m}$. Po vytyčení bodů 1 a 2 proveďte kontrolní zaměření délky b mezi těmito body. Vzdálenost b by se měla rovnat $15,00\text{m}$. Bod 3 vytyčte způsobem vztyčení kolmice z bodu 2 vzhledem k přímce b ve vzdálenosti $a = 10,00\text{m}$. Zbylý bod 4 najděte pomocí úlohy vytyčení rovnoběžky. Po vytyčení bodu 4 opět proveďte kontrolní zaměření délky a mezi body 1 a 4 a délky b mezi body 3 a 4.

Pokud zbude čas zjistěte hodnoty staničení a kolmice bodu 4 (je potřeba spustit z bodu 4 kolmici na přímkou AB – hledáme patu kolmice). Výsledná hodnota staničení s_4 by měla být o $6,00\text{m}$ menší než staničení s_1 ($s_4 = s_1 - 6,00\text{m}$). Výsledná hodnota kolmice k_4 by měla být $18,00\text{m}$. Dále můžete provést kontrolní zaměření délky úhlopříčky půdorysu bazénu, která by měla být dlouhá $18,03\text{m}$.

• Cvičení 2.

Přehledný náčrt:



Cíl úkolu: Zjištění kubatury výkopu budoucího bazénu.

Zadání úkolu: Metodou plošné nivelace zaměřte předem nachystanou čtvercovou síť o dvanácti bodech (viz náčrt) a vypočítejte kubaturu výkopu budoucího bazénu, jestliže víte, že body čtvercové sítě jsou od sebe vzdáleny 5m a navrhovaná hloubka výkopu bazénu je $2,50\text{m}$.

19. ZÁVĚR

Cíle předkládaného textu byly tyto:

podrobněji seznámit se základními geodetickými úlohami, se kterými se můžeme setkat při realizaci zeleně a pomůckami, které při nich využijeme,

pro představu alespoň nastínit další měřické metody geodézie.

20. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VITÁSEK J., NEVOSÁD Z.: *Geodézie I. Vysoké učení technické v Brně*, 1999
- [2] FORAL J.: *Geodézie I – Geodetická cvičení I. Modul Brno* 2004
- [3] PLÁNKA L.: *Kartografie a základy GIS – Úvod do kartografie. Modul Brno*, 2006
- [4] VONDRÁK J.: *Geodézie II – Geodetická cvičení II. Modul Brno* 2004
- [5] HÁNEK P., KOZA P.: *Geodézie pro SPŠ stavební. Sobotáles*, 1999

Vydal Svaz zakládání a údržby zeleně v rámci projektu
Zahradnická perspektiva – profesní vzdělávání členů Svazu zakládání a údržby zeleně
Tento projekt je financovaný z prostředků ESF prostřednictvím
Operačního programu Lidské zdroje a zaměstnanost
a státního rozpočtu ČR