

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Dobudování sítě měřických bodů v areálu ČZU v Praze

Vedoucí práce: Chamout Lubomír, Ing.

Autor: Starodubcev Maxim

2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úpravy krajiny

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Starodubcev Maxim

Vodní hospodářství

Název práce

Dobudování sítě měřických bodů v areálu ČZU v Praze

Anglický název

Completing the Geodetic Survey Network in the Campus of CULS Prague

Cíle práce

Cílem práce bude doplnit stávající síť měřických bodů v areálu ČZU v Praze, určit jejich pravouhlé souřadnice v systému S-JTSK a nadmořské výšky v systému Bait po vyrovnání. V rešeršní části bakalářské práce bude provedeno seznámení s totální stanicí a nivelačním přístrojem, které budou využity pro zpracování práce.

Metodika

Ve výzkumné části bakalářské práce bude provedeno polohové zaměření nových měřických bodů metodou polygonových pořadů za využití totální stanice GTS 105N a příslušné výpočty pro určení pravouhlých souřadnic v systému S-JTSK. Výškové zaměření nových měřických bodů bude provedeno dvojitým způsobem, metodami technické nivelace za použití nivelačního přístroje a trigonometrické nivelace za použití totální stanice GTS 105N. Výsledky obou metod budou porovnány a zhodnoceny. Grafické práce budou zahrnovat především přehledku všech bodů kombinované měřické sítě v areálu ČZU v Praze a Geodetické údaje o PBPP.

Harmonogram zpracování

Datum odevzdání rešeršní části bakalářské práce prosince 2011.

Rozsah textové části

cca 30 stran včetně příloh

Klíčová slova

Souřadnice, nadmořská výška, polygonový pořad, GPS, nivelace

Doporučené zdroje informací

HAUF Miroslav a kol. : Geodézie. Praha SNTL 1982, 544 s. ISBN 04-713-82

CHAMOUT Lubomír. Trigonometrická nivelace pro určování nadmořské výšky bodů kombinované měřické sítě. str. 185-187. Stavební obzor, ročník 18, 6/2009

CHAMOUT Lubomír, SKÁLA Petr - Geodézie. 1. vydání, ČZU Praha, skriptum, 2003. 196 s. ISBN 80-213-1049-9.

NOVÁK Zdeněk, PROCHÁZKA Jaromír - Inženýrská geodézie 10.2. vydání, Vydavatelství ČVUT Praha 2001. 181 s. ISBN 80-01-02407-5.

RATIBORSKÝ Jan - Geodézie 10.1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 234 s. ISBN 80-01-02198-X

RATIBORSKÝ Jan - Geodézie 20.1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 133 s. ISBN 80-01-02635-3

Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra. Úřad geodézie, kartografie 10, Vydavatelství ČVUT Praha 2001

VEVERKA Bohuslav - Topografická a tematická kartografie 10, Vydavatelství ČVUT Praha 2001

Zákon č. 200/1994 Sb. O zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění zákona č. 120/2000 Sb., zákona č. 186/2001 Sb. a zákona č. 319/2004 Sb.

Nářízení vlády č. 430/2006 Sb. O stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání

Vedoucí práce

Chamout Lubomír, Ing.


prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 24.3.2011


prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením
Ing. Lubomíra Chamouta, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých
jsem čerpal.

V Praze 27. 4. 2012

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Lubomíru Chamoutovi za odborné vedení a cenné rady. Dále chci poděkovat všem, kteří mi pomáhali při plnění praktické části této bakalářské práce.

V Praze 27. 4. 2012

.....

Abstrakt

Tato bakalářská práce je věnována popisu plnění dílčích úloh při doplňování stávající kombinované měřické sítě o nové měřické body. Doplnění sítě proběhlo v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Pravoúhlé souřadnice nových bodů kombinované měřické sítě byly určeny v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK). Nadmořské výšky měřických bodů byly určeny ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv). Praktická část bakalářské práce byla zaměřená na získávání dat potřebných pro určení pravoúhlých souřadnic a výšek nových měřických bodů. V teoretické části práce jsou vysvětleny způsoby získávání, zpracování a prezentace těchto dat. Data byla získávána totální stanicí TOPCON GTS – 105N a nivelačním přístrojem NIKON Ax – 2s. Pro zápis a následné zpracování dat byly použity příslušné formuláře (zápisníky). Výstupy ze zpracovaných dat jsou prezentovány pomocí geodetických údajů o bodech, které, mimo jiné, obsahují určené pravoúhlé souřadnice a nadmořské výšky nově zřízených bodů kombinované měřické sítě.

Klíčová slova

Rekognoskace, stabilizace, výpočty, zápisníky, pravoúhlé souřadnice, nadmořské výšky

Abstract

This thesis is devoted to a description of the fulfilment of partial tasks while adding new surveying points to the existing combined surveying network. This was carried out on the premises of the Czech Agricultural University in Prague. The orthogonal coordinates of the new points in the combined surveying network were determined within the Unified Cadastral Trigonometric Network (S-JTSK). The heights above sea-level of surveying points using the Kronstaedter Pegel point of reference. The practical part of the thesis focused on the gathering of data necessary to determine the orthogonal coordinates and heights of the new surveying points. The theoretical part of the study contains elucidations of the means of gathering, processing and presentation of this data. Data was gathered using a TOPCON GTS – 105N total station and a NIKON Ax – 2s levelling instrument. The relevant forms and notebooks were utilised for the recording and subsequent processing of data. Outcomes from processed data are presented with the aid of Geodetic Points Data, which, amongst other data, includes orthogonal coordinates and heights above sea-level of newly-established points in the combined surveying network.

Keywords

Reconnaissance, stabilisation, calculations, notebooks, orthogonal coordinates, height above sea-level

OBSAH

| | |
|---|----|
| 1. ÚVOD | 8 |
| 2. CÍLE PRÁCE | 9 |
| 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE | 9 |
| 3.1 Elektronická totální stanice TOPCON GTS – 105N..... | 10 |
| 3.2 Nivelační přístroj NIKON Ax – 2s..... | 12 |
| 4. CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ | 13 |
| 5. METODIKA | 14 |
| 5.1 Rekognoskace terénu..... | 14 |
| 5.2 Přesnost zřízených bodů kombinované měřické sítě..... | 18 |
| 5.3 Způsob stabilizace bodů kombinované měřické sítě | 18 |
| 5.4 Číslování bodů..... | 19 |
| 5.5 Měření vodorovných směrů a délek | 19 |
| 5.6 Určení pravouhlých souřadnic..... | 22 |
| 5.7 Metody určení nadmořských výšek..... | 30 |
| 5.7.1 Metoda trigonometrické nivelace..... | 30 |
| 5.7.2 Metoda technické (geometrické) nivelace ze středu | 34 |
| 6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ | 37 |
| 6.1 Geodetické údaje o PBPP..... | 37 |
| 6.2 Pravouhlé souřadnice měřických bodů..... | 39 |
| 6.3 Nadmořské výšky měřických bodů | 41 |
| 6.4 Seznam souřadnic a nadmořských výšek měřických bodů | 42 |
| 7. DISKUSE | 43 |
| 8. ZÁVĚR | 44 |
| 9. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ | 46 |
| 10. SEZNAM PŘÍLOH | 48 |

1. ÚVOD

V současné době je v areálu České zemědělské univerzity v Praze vybudována kombinovaná měřická síť, kterou tvoří geodetické body. K těmto bodům již dříve byly vyhotoveny Geodetické údaje, ve kterých je uvedena informace o způsobu stabilizace těchto bodů, jejich pravoúhlé souřadnice v systému Jednotné Trigonometrické Síť Katastrální (S-JTSK), výšky ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv) a údaje o prostorovém uspořádání bodů. Pravoúhlé souřadnice bodů byly určeny převážně metodou polygonových pořadů a pomocí Globálního Polohového Systému (GPS). Body stávající kombinované měřické sítě jsou stabilizovány trvale.

Vzhledem k přibývání nových studentů na univerzitě je potřeba budovat prostory nutné pro jejich výuku ale i pro život, stravování a trávení volného času. Pokud si Česká Zemědělská Univerzita (ČZU) v Praze bude chtít i nadále zachovat určitou úroveň a držet krok s ostatními evropskými univerzitami je potřeba ji modernizovat a přetvářet do podoby evropského standardu. Nutnost neustálého doplňování stávající kombinované měřické sítě o další Geodetické body je opodstatněna množstvím nově vznikajících stavebních prvků v areálu univerzity, jejich obnovou a celkovou proměnou. Veškeré stavební vytyčovací práce s tím spojené se musí přesně definovat, souřadnicově a výškově. Proto se v areálu univerzity a jejím nejbližším okolí pravidelně, nejen v případě potřeby, zřizují nové geodetické body, doplňující stávající kombinovanou měřickou síť.

Mou úlohou při plnění bakalářské práce je provést rekognoskaci stávající kombinované měřické sítě, konkrétně bodů, které budou použity jako body orientační a připojovací, nutné pro určení souřadnic a výšek nově zřízených bodů. Pokud to bude nutné, je potřeba stávající body kombinované měřické sítě opravit a vyhotovit k nim nové geodetické údaje. Výsledky rekognoskace stávající sítě, výpočty spojené s polohovým a výškovým určením nově vzniklých bodů, budou jednou z částí této bakalářské práce, společně s graficky znázorněným přehledem všech bodů nově vzniklé kombinované měřické sítě v areálu ČZU v Praze. Nedílnou součástí celého elaborátu pak budou i geodetické údaje o zřízených PBPP.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je doplnění stávající kombinované sítě měřických bodů v areálu ČZU v Praze, určení jejich pravoúhlých souřadnice v systému Státní Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální (S-JTSK) a nadmořských výšek v systému Balt po vyrovnání (Bpv).

Před doplněním stávající sítě měřických bodů bude provedena rekognoskace terénu. Při rekognoskaci bude posuzován stav jednotlivých bodů sítě, konkrétně jejich prostorová dostupnost, případně jejich polohové a výškové posuny. Pro posouzení stávajícího stavu bude použit přehled rozmístění bodů kombinované měřické sítě a geodetické údaje těchto bodů. Pokud při rekognoskaci budou zjištěny zjevné nesrovnalosti mezi geodetickými údaji o těchto bodech a jejich současným stavem, bude zapotřebí tyto body opět polohově a výškově zaměřit, stabilizovat je a vyhotovit k nim nové geodetické údaje.

Pro doplnění stávající kombinované měřické sítě bude provedeno polohové zaměření nových měřických bodů metodou polygonových pořadů za využití totální stanice TOPCON GTS 105N. Následně budou výpočetně určeny jejich pravoúhlé souřadnice v systému S-JTSK. Výškové zaměření nových měřických bodů bude realizováno dvojím způsobem, metodami technické nivelace, za použití nivelačního přístroje NIKON Ax – 2s a metodou trigonometrické nivelace za použití totální stanice TOPCON GTS 105N.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

Literární rešerše je věnována bližšímu popisu přístrojů a pomůcek, jimiž bude provedeno polohové a výškové zaměření nových měřických bodů metodou polygonových pořadů. Přičemž pro polohové zaměření bodů bude využito totální elektronické stanice TOPCON GTS – 105N, stejně jako při výškovém zaměření měřických bodů, které nejprve provedeme metodou trigonometrické nivelace. Další metodou výškového zaměření měřických bodů v areálu školy pak bude technická nivelace, která bude realizována za použití nivelačního přístroje NIKON Ax – 2s.

3.1 Elektronická totální stanice TOPCON GTS – 105N

Popis přístroje

Podle společnosti GEODIS (2012) se jedná o nízkonákladový přístroj firmy TOPCON s označení „Green Label“, toto označení přístroj získal díky svému poměru mezi cenou a výkonem. Jedná se totiž o snadno ovladatelný, vysoce funkční a kompaktní terestrický geodetický přístroj.

TOPCON GTS – 105N se využívá pro měření délek a úhlů. Přívlastek elektronická totální stanice spojuje tyto dvě schopnosti. Na rozdíl od klasických teodolitů navíc disponuje přehledným displejem s alfanumerickou klávesnicí, která podstatně ulehčuje a urychluje samotné čtení potřebných dat a jejich zaznamenávání.

Měření úhlů

Základní schopnosti přístroje, jak se v návodu na použití totální stanice TOPCON GTS 105N od distribuční firmy GEODIS (2012) uvádí, je určení pravotočivého/levotočivého horizontálního a vertikálního úhlu. Daná úloha se provádí nastavení tzv. nulového směru, respektive horizontálního úhlu na první cíl, vertikální úhel se pak určuje od zenitu. Po zacílení na nulový směr můžeme zvolit, zda budeme zjišťovat pravotočivý nebo levotočivý horizontální úhel. Na území České republiky se vodorovné úhly měří po směru chodu hodinových ručiček, proto jsem si zvolil možnost měření pravotočivých horizontálních úhlů. Při měření vertikálních úhlů, lze přístroj nastavit na měření zenitových, anebo výškových a hloubkových úhlů.

Další možný způsob měření úhlu tímto přístrojem, je nastavení požadovaného horizontálního úhlu. Kdy pomocí hrubé a následně jemné horizontální ustanovky přístroje nastavíme potřebný horizontální úhel. Neméně užitečnou schopnosti je měření úhlů repeticí. Jedná se o metodu několikanásobného zacílení na tentýž bod. Tato metoda je hojně využívána v důlní geodézii, kde podmínky pro měření jsou zhoršovány nedostatkem prostoru, a přesto je potřeba docílit požadované přesnosti při zjišťování horizontálních směrů na jednotlivé měřické body.

Výhodou přístroje je také možnost nastavení upozornění bzučením přístroje. K bzučení dochází, pokud se horizontální úhel nachází v rozsahu ± 1 gon kolem 0^g , 100^g , 200^g , 300^g . Zároveň je potřeba si připomenout, že veškeré úhly jsou

určovány v gonech. Přístroj i přesto nabízí možnost zobrazení vertikálního úhlu v procentech.

Měření délek

Při měření délek se většinou používá koutový odrazný hranol, podle CHAMOUTA (2012) se jedná o válec o průměru cca 5 cm, který je vyplněn soustavou splepených skleněných hranolů, ty nám zaručují odraz světelného paprsku zpět do přístroje, jenž ho vyslal. Při použití hranolu musíme předem do přístroje vložit konstantu hranolu, obecně hranoly od firmy TOPCON mají konstantu rovnou nule nebo – 30 mm. Tato konstanta je závislá na dvojím možném našroubování koutového hranolu k držáku hranolu, při mém měření jsem použil nulovou konstantu hranolu. Na nastavení hranolu opět můžeme zvolit metodu měření, konkrétně „Kontinuální měření“ a „N-násobné/Jednotlivé měření“. Kontinuální měření znamená nepřetržité měření bodů, není předem stanoven počet měření. N-násobné/jednotlivé měření nám naopak provede předem definovaný počet měření na bod a ukáže nám průměrnou hodnotu spočtenou z daného počtu měření. Při měření délek přístroj zobrazuje primárně vodorovnou délku, další možnosti je zobrazení délky svislé. Stejně tak, musíme předem zvolit, v jakých jednotkách chceme naměřenou délku zobrazit, volíme mezi metr/feet/feet+inch. Před měření volíme také přesnost, s jakou budeme jednotlivé délky měřit, tato funkce se rozděluje do tří základních módů (režimů):

- Jemný mód – toto je normální mód měření délek, doba měření se pohybuje v rozmezí od 1,2s do 2,8s
- Tracking mód – tento mód měří kratší dobu než jemný mód, cca 0,4s
- Hrubý mód – doba měření je obdobná jako u Tracking módu, a to 0,7s.

Mezi další užitečné funkce přístroje, které můžeme využít při měření délek, patří možnost:

- vytyčování
- měření úhlového odsazení
- měření délkového odsazení
- měření plošného odsazení
- válcového odsazení

Sběr dat

TOPCON GTS – 105N nám v terénu skvěle poslouží i jako přenosné médium pro záznam naměřených dat. Do přístroje zadáváme souřadnice stanoviště i orientačních bodů., zpětně si můžeme nechat zobrazit souřadnice naměřených bodu a jejich vytyčovací prvky, ať už ortogonální nebo polární. Veškeré naměřené údaje se dají následně pomocí propojení konektoru přístroje s počítačem graficky zobrazit s použitím vhodného softwaru.

3.2 Nivelační přístroj NIKON Ax – 2s

Popis přístroje

Jedná se o nivelační přístroj, který k realizaci vodorovné roviny využívá kompenzátor. Je to opticky nivelační přístroj, musíme tedy hodnoty odečítat vizuálně, pomocí nivelační latě a ryskového kříže, který je součástí objektivu přístroje. Svou přesností ($\pm 2,5$ mm/km) a maximálnímu zvětšení dalekohledu (20x) odpovídá požadavkům na technickou nivelaci. Výrobce, firma NIKON na svých webových stránkách uvádí, že tento přístroj je odolný, lehký a kompaktní. Díky kompenzátoru, který začne fungovat ihned po urovnání hrubé krabicové libely, je urovnání záměrné přímky do vodorovné polohy mnohem rychlejší. Samotné měření je proto mnohem rychlejší a hospodárnější. Přístroj primárně slouží ke zjišťování nadmořských výšek. Technickou nivelací provádíme dvěma metodami, a to geometrickou nivelací ze středu a nivelací vpřed. Sekundárně nivelační přístroj můžeme využít při jednoduchých vytyčovacích pracích.

Součásti přístroje

- nivelační podložka
- olovnice
- návod na použití nivelačního přístroje
- hliníkový stativ
- teleskopická nivelační lať (5m) opatřena libelou

Bezpečnostní opatření a pokyny

V průběhu měření bychom měli dbát na správné zacházení s přístroji. Bezpečnostní pokyny a správný způsob zacházení s přístroji jsou sepsány v manuálu,

který je nedílnou součástí příslušenství totální stanice TOPCON GTS – 105N a nivelačního přístroje NIKON Ax – 2s.

4. CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ

Dobudování kombinované měřické sítě bylo prováděno v areálu České zemědělské univerzity, na adrese Kamýčká 129, Praha 6 – Suchdol. Areál univerzity spadá do katastrálního území Suchdol. V příloze č. 1 je schématický plán areálu ČZU doplněný o stručné popisy významných budov. Plán areálu byl převzat ze stránek Informačního a poradenského centra Provozně ekonomické fakulty – PEF (2012).

Pro lepší orientaci je na obrázku 1 umístěna mapa Hlavního města Prahy. Zájmové území je na mapě obtaženo červenou linií.



Obrázek 1 - Mapa Prahy vyhotovena Českým statistickým úřadem (2012) s vyznačením zájmového území

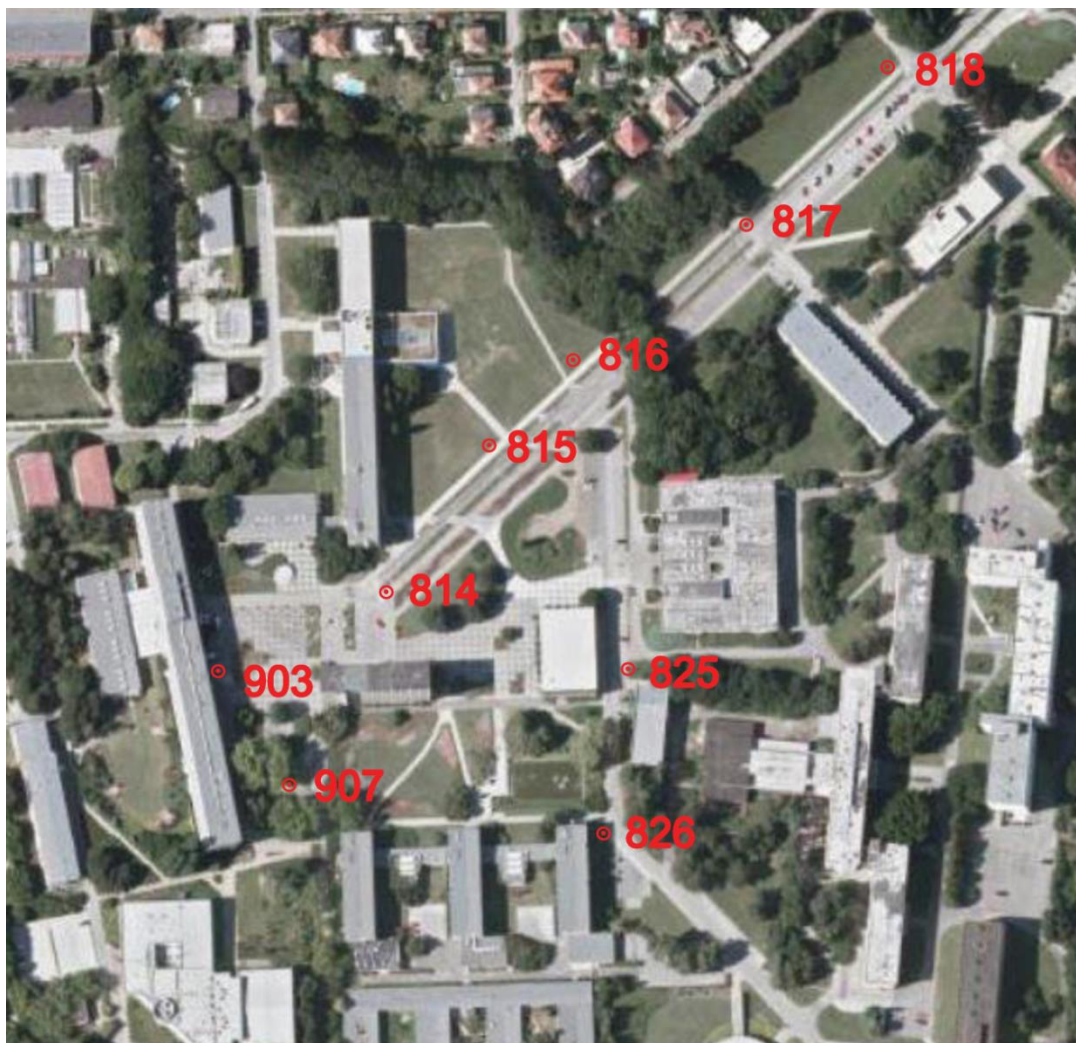
5. METODIKA

5.1 Rekognoskace terénu

Před určením vhodného rozmístění nových geodetických bodů měřické sítě, byla provedena rekognoskací stávající měřické sítě v areálu univerzity. Rekognoskace měřické sítě je místní šetření v dané lokalitě, jehož úlohou je ověřit soulad mezi současným stavem měřických bodů a geodetickými údaji o těchto bodech. Při místním šetření se body kombinované měřické sítě dohledají a překontroluje se jejich stav. K přesnějšímu určení polohy bodů v terénu slouží přehledka a místopisné náčrty neboli místopisy k jednotlivým kombinovaným měřickým bodům.

Vyhledání kombinovaných měřických bodů podle přehledky

Přehledka slouží ke grafickému znázornění prostorového uspořádání bodů měřické sítě. Body se v přehledce se vyznačují výraznou barvou, s uvedením jejich numerického označení. Přehledka se vyhotovuje v měřítku 1 : 5 000 nebo 1 : 10 000, v závislosti na rozmístění bodů v terénu může být měřítko takové, aby všechny zájmové body byli na přehledce jasně rozeznatelné. Pokud však není možné přehledku vyhotovit ve standardním měřítku, vyhotovuje se více přehledek, se znázorněním dílčích částí zájmového území. Konkrétně v mém případě byla vyhotovená přehledka v měřítku 1 : 3 000, je v ní zobrazen detail zájmového území areálu ČZU, kde se nachází současná kombinovaná měřická síť. Detail území je doplněn o měřické body sítě s uvedením jejich numerického označení. Výsledná přehledka byla vytvořena pomocí aplikace ArcMap společnosti ESRI (2012) a je zobrazena na obrázku 2.



Obrázek 2 - Přehled měřických bodů v Areálu ČZU, ARCMAP (2012)

Vyhledání kombinovaných měřických bodů podle místopisů

Podle přehledky jsem body vyhledal jen s přesností na metry. K dohledání bodů mi posloužil místopis. Místopisy obsahují křížové míry mezi bodem a objektem trvalého rázu, vyskytujícím se v blízkosti hledaného bodu. Křížové míry, neboli oměrky se zapisují v metrech s přesností na centimetry. Okolí objektu, ke kterým se oměrky od bodů vedou, se omezuje na 30 metrů, což je jeden klad pásma. Objekty, k nimž jsou křížové míry od bodu měřené, jsou zpravidla jasně identifikovatelné a nezaměnitelné, technické nebo topografické prvky terénu. Jako vhodně zvolený objekt pro měření křížových mír, může posloužit roh domu, lampa, strom, vpustě, vrchol oblouku chodníku apod.

Při vyhledávání polohy měřických bodů v terénu byl zvolen následující postup: poloha jednotlivých měřických bodů stávající sítě se určila přibližně z přehledky. Ve valné většině případů se měřický bod dal vyhledat jen podle

přehledky. Avšak jsem narazil i na několik bodů, jejichž polohu nebylo možné jednoznačně určit, zpravidla tyto komplikace byly způsobené splynutím bodů s terénem nebo tím, že je okolní vegetace částečně nebo zcela překryla. V tomto případě jsem musel body dohledat podle místopisů.

Jak již bylo uvedeno, v blízkosti každého měřického bodu se nachází objekty, které jsou v terénu snadno rozpoznatelné. A právě na tyto body se umísťuje značka, která svou polohou a orientací udává, jakým směrem se od daného objektu měřický bod nachází. Podle místopisů jsem tedy vyhledal objekty, na nichž byla červená značka. Poté, co byla značka nalezena, jsem požádal figuranta, aby přidržel nulu na pásmě u značky na objektu a postupně jsem začal postupovat v daném směru od značky a odvíjet pásmo až do místa, kde se křížové míry uvedeny v místopisech rovnaly hodnotě na pásmu. Obdobným způsobem jsem postupoval u další nalezené značky v blízkosti hledaného měřického bodu. V místě, kde se dané křížové míry, měřené od značek protnuly, se nacházel hledaný bod. U všech nalezených měřických bodů byl překontrolovat způsob jejich stabilizace, jejich poloha, a zda bod není nějakým způsobem poničen. Nakonec se k bodům v terénu zatloukly dřevěné kolíky, do vzdálenosti cca 30 cm. Tyto dřevěné kolíky byly popsány červenou barvou, popis sloužil k číselnému označení konkrétních bodů. Popsané dřevěné kolíky slouží k snadnější identifikaci a nalezení bodů i v budoucnu.

Výsledek rekognoskace

Výsledek rekognoskace terénu se zapisuje do „Oznámení závad a změn na bodech“. Jedná se o protokol, ve kterém jsou uvedeny informace o tom, zda hledané body byly nalezeny, zda došlo ke změně okolní situace měřického bodů a zda u bodů byly shledány nesrovnalosti mezi současným stavem a informacemi uvedenými v Geodetických údajích. U takto vzniklého oznámení závad a změn na bodech se vždy uvádí v jakém okrese, obci a katastrálním území došlo k rekognoskaci a zároveň informace o tom, kdo a kdy rekognoskaci provedl.

Výsledný Protokol oznámení závad a změn na bodech, který vznikl na základě rekognoskace terénu v areálu univerzity, je zobrazen v tabulce 1.

| OZNÁMENÍ ZÁVAD A ZMĚN NA BODECH | | | |
|---------------------------------|---------|---------------------------|--|
| Okres: | | <u>Hlavní město Praha</u> | |
| Obec: | | <u>Praha</u> | |
| Kat. území: | | <u>Suchdol</u> | |
| Číslo bodu (označení, název) | Nalezen | | Závady a změny shledané na bodě (značka, signál, jiné zařízení podle místopisu nenalezeny, pod navážkou, zničeny, změna okolní situace, vyhledávací míry neodpovídají apod.) |
| | ano | ne | |
| 814 | / | | <i>Změna okolní situace, posun, jiná stabilizace</i> |
| 815 | / | | <i>bez závad</i> |
| 816 | / | | <i>bez závad</i> |
| 817 | / | | <i>bez závad</i> |
| 818 | / | | <i>bez závad</i> |
| 825 | / | | <i>bez závad</i> |
| 826 | / | | <i>bez závad</i> |
| 903 | / | | <i>bez závad</i> |
| 907 | / | | <i>bez závad</i> |
| | | | <i>Vyhotovil: Stanodubcevi Klouim</i> |
| | | | <i>Dne: 20.3.2012</i> |

Tabulka 1 - Protokol oznámení závad a změn na bodech, HUML, MICHAL (2006)

Rozmístění nových bodů kombinované měřické sítě

Po zhodnocení současného stavu kombinované měřické sítě, její hustoty a rozložení, jsem společně s Ing. Chamoutem navrhl budoucí rozmístění 6 nových bodů kombinované měřické sítě.

Při výběru vhodných míst ke zřízení měřických bodů jsme vycházeli ze základních požadavků na prostorovou dostupnost těchto bodů, jejich jednoznačné identifikace v terénu, minimální požadovanou hustotu sítě stabilizovaných bodů, která je dána vzájemnou vzdáleností mezi body, a to 150 m – 300 m v zastavěném území a až 500 m v extravilánu.

Zároveň záleželo na tom, aby body nebyly vystaveny ohrožení plynoucího z možných stavebních zásahů v jejich nejbližším okolí a po jejich zřízení svou polohou nepřekážely v užívání pozemku. Dalším kritériem, který jsem si stanovil, byla nutnost dobré viditelnosti mezi sousedícími body, tak aby bylo možné použít každý z nově vzniklých měřických bodů, jako budoucí stanovisko polygonového pořadu s možností orientace alespoň na další dva sousední body.

Na základě všech těchto požadavků na rozmístění měřických bodů, je možné body podle SCHENKA (2004) zřizovat:

1. na hranicích pozemků
2. na rozích budov nebo na technických objektech, které svou polohou poskytují trvalou stabilizaci
3. na objektech, na nichž již dříve byla zřízena stabilizační značka, konkrétně se pak může jednat o
 - a. tíhové body
 - b. nivelační kameny
 - c. lomové body na hranicích obcí
 - d. na propustcích a mostcích s hřbovou nivelační značkou

Na základě všech těchto požadavků a prostorových možností v areálu, byly za nejvhodnější místa pro umístění nových měřických bodů zvoleny okraje komunikací a chodníků.

5.2 Přesnost zřízených bodů kombinované měřické sítě

Základním požadavkem na nově vznikající body kombinované měřické sítě je podle Úplného Znění zákona Katastru nemovitosti, zeměměřictví (2007), (dále jen ÚZ), aby při určování jejich souřadnic, hodnota střední souřadnicové chyby nepřesáhla $u_{xy} = 0,14$ m. Střední souřadnicová chyba se zjišťuje početně, způsobem závislým na zvolené metodě určení souřadnic bodů.

5.3 Způsob stabilizace bodů kombinované měřické sítě

V ÚZ (2007) se píše, že každý nově zřízený bod kombinované měřické sítě neboli bod podrobného polohového pole se v terénu musí stabilizovat, takovým způsobem, aby bylo možné ho kdykoli v budoucnu použít pro měřické a vytyčovací práce. Bod podrobného polohového pole je možné stabilizovat:

1. čepovou značkou na stavebních objektech
2. hřbovou značkou zasazenou do skály
3. na opracované ploše na skále vysekaným křížkem
4. ocelovou trubkou v betonovém bloku o rozměrech (300x300x800 mm)
5. ocelovou trubkou minimální délky 600 mm a průměru nad 30 mm

6. ve výjimečných případech bod může být stabilizován opracovaným kamenem o rozměrech 120x120x600 mm s důlkem nebo vytesaným křížkem
7. kovovými značkami o průměru minimálně 8 mm, s plochou hlavou o průměru minimálně 25 mm, o délce minimálně
 - a. 100 mm, zasazenými do zpevněného povrchu
 - b. 40 mm s hmoždinkou, zasazenými do stavebních konstrukcí

Za nejvhodnější způsob stabilizace, vzhledem k povaze terénu, byla zvolena ocelová trubka o průměru 30 mm a délky 600 mm. Délky a průměry ocelových trubek použitých ke stabilizaci nových bodů měřické sítě se od sebe lišily řádově o méně než několik milimetrů. Vždy však byly dodrženy základní požadavky na minimální délku a průměr těchto trubek. Ocelové trubky pak byly palicí zatlučeny do míst se zpevněným povrchem, tam, kam jsem se rozhodl umístit nové měřické body.

5.4 Číslování bodů

Nově zřízené body kombinované měřické sítě, jsem čísloval v rámci Areálu ČZU v Praze. Numerické označení bodů navazuje na již dříve vybudovanou síť měřických bodů kombinované měřické sítě. Proto jsem číslování nově zřízených měřických bodů započal číslem **834**.

5.5 Měření vodorovných směrů a délek

Poté, co jsem k nově stabilizovaným a očíslovaným bodům kombinované měřické sítě, vyhotovil místopisy, jsem přistoupil k měření vodorovných směrů a délek. Tyto naměřené hodnoty mi pak posloužili při výpočtu pravoúhlých souřadnic těchto bodů.

Jelikož jsem měl za úlohu ověřit souřadnice bodu **814**, případně určit jeho nové souřadnice a následně určit souřadnice bodů **834** – **839**, musel jsem pro zjištění těchto souřadnic vybudovat celkem dva polygonové pořady. Postup měření vodorovných směrů a délek mezi body polygonových pořadů byl u obou pořadů obdobný, proto celý postup měření popíšu na polygonu **817** – **826** viz příloha č. 2

Centrace a horizontace

Dne 20. 3. 2012 jsem zahájil měření vodorovných úhlů a délek na bodech **903**, **814. 1** a **815**. Bod **903** byl zvolen jako výchozí a bod **815**, jako bod koncový. K tomu, abych mohl začít měřit směry a délky, jsem musel provést centraci a horizontaci na každém stanovišti polygonového pořadu. Postup při horizontaci a centraci byl následující.

Nejprve jsem si postavil stativ přibližně nad bod, na kterém se centrovalo, tak aby hlava stativu byla zhruba ve vodorovné poloze. Poté jsem zašlápl jednu nohu stativu do země a utáhl šrouby stativu tak, aby nedošlo k jejímu zasunutí. Následně jsem upevnil totální stanici TOPCON GTS 105N na hlavu stativu a pomocí optického centrovače jsem zkontroloval centraci. Manipulováním nezašlápnutých noh stativu jsem docílil přibližné centrace. Pomocí stavěcích šroubů totální stanice jsem urovnal centrovač nad bod.

Dále jsem urovnáním krabicové libely přístroje pomocí vysouvání a zasouvání nohou stativu uvedl záměrnou přímku centrovače do svislice, přímo nad bod. Po ukončení hrubé horizontace jsem přistoupil k horizontaci přesné. Přesné horizontace se docílí tak, že se urovná trubicová libela alhidády přístroje pomocí stavěcích šroubů trojnožky. Osa alhidádové libely se natočí rovnoběžně s dvěma šrouby trojnožky, zároveň se těmito šrouby otáčí tak, aby se urovnala trubicová libela. Následně se trubicová libela otočí kolmo na dva původní šrouby a bublina se urovná pomocí jednoho stavěcího šroubu.

Dále se libela otočí o **200^g** a celý postup se opakuje, dokud se nedocílí přesného urovnání trubicové libely. Urovnáním trubicové libely došlo k porušení centrace, opětovné centrace jsem docílil povolením středního šroubu stativu a následným sledováním průzoru centrovače, jsem stroj uvedl opět nad bod, poté jsem střední šroub stativu utáhnul. Nakonec jsem překontroloval přesnou horizontaci, pokud by se horizontace porušila, musel bych totální stanici opět zhorizontovat pomocí trubicové libely.

Měření vodorovných směrů a délek

Po dokončení centrace a horizontace na bodě **903** jsem zapnul přístroj a zacílil na orientační bod **907**. Cílil jsem v první poloze dalekohledu, ustanovka

svislého kruhu byla vlevo. Cílit se má co nejnižše nad orientační bod, na výtyčku hranolu. Po zacílení jsem si nastavil nulový směr na tento bod. Ačkoli se používá výraz „nulový směr“ je z hlediska přesnosti měření lepší si nastavit jako počáteční nulový směr hodnotu o něco větší, než pouhou nulu. Proto jsem nastavil hodnotu 5 gonových vteřin (5^c).

Po nastavení nulového směru jsem si zacítil na střed hranolu posazeného na výtyčce a zapsal hodnotu převýšení mezi stanoviskem a orientací, přesněji mezi výškou cíle a výškou přístroje a vzdálenost mezi stanoviskem a orientačním bodem. Poté jsem zacítil **814.1** a opět jsem si zapsal vodorovný úhel, převýšení a vzdálenost mezi stanoviskem a **814.1**. Tímto úkonem skončilo měření v první poloze dalekohledu.

K tomu abychom minimalizovali chyby přístroje a zpřesnili celkové měření, je nutno cílit na všechny body osnovy směrů ve dvou polohách dalekohledu. Proto jsem si proložil dalekohled do druhé polohy, svislý kruh se v tuto chvíli nacházel vpravo. Opět jsem zacítil na bod **814.1** a zapsal si hodnotu vodorovného směru. Vzhledem k tomu, že jsem měřil ve druhé poloze dalekohledu, musela být hodnota horizontálního směru na **814.1** podobná naměřenému směru na tento bod v první poloze, měla by se pouze lišit o celých 200^g a několik gonových vteřin. Měření ve druhé poloze dalekohledu má opačný směr měření než měření v první poloze. Na body cílíme postupně, proti chodu hodinových ručiček. Proto po zacílení na **814.1** jsem si zacítil zpátky na orientační bod **907**. Hodnota horizontálního směru byla znovu zapsána do zápisníku. Tím, že jsem si zacítil na body **907** a **814.1** skončilo měření v první skupině. Většinou se měří ve dvou skupinách, účelem je získat co možná nejpřesnější hodnotu vodorovného směru na měřený bod, tím, že se naměřené hodnoty z obou skupin mezi sebou zprůměrují. Jako hodnotu nulového směru při měření druhé skupiny jsem si nastavil $100,05^g$. Způsob měření ve druhé skupině se prováděl naprosto stejně jako měření v první skupině.

Po získání vodorovných směrů na body **907** a **814.1** z bodu **903** jsem provedl kontrolu naměřených hodnot. Ta se provádí početně tak, že se v první skupině měření zprůměruje hodnota vodorovného směru na orientační bod v první a ve druhé poloze dalekohledu a následně se tento průměr odečte od zprůměrovaného směru na druhý bod, v mém případě na bod **814.1**. Obdobným způsobem spočítá

druhá skupina měření. Výsledné úhly se porovnají a jejich rozdíl podle CHAMOUTA (2012) nesmí přesahovat 30^{cc} . Pokud by však došlo k překročení této hodnoty, musí se vodorovné směry měřit i ve třetí skupině.

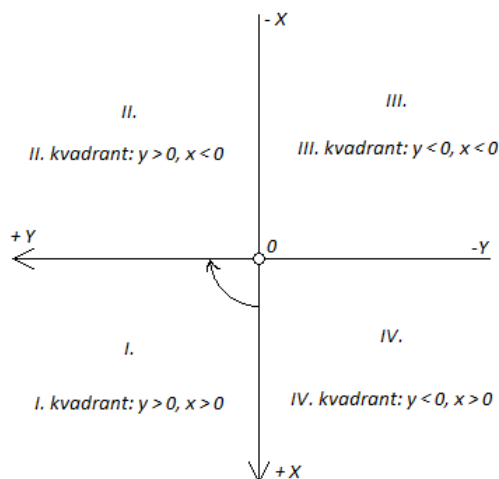
Po výpočtu vodorovného úhlu mezi body **907** a **814.1** jsem se s totální stanicí přesunul na další stanovisko, na bod **814.1** a stejným způsobem jako na předchozím stanovisku jsem naměřil osnovu směrů, délky a převýšení mezi body. Z **814.1** se nulový směr nastavil na **903** a následně se cílilo na bod **815**. Koncovým bodem polygonu v tomto případě byla **815**, ze které byl naměřen vodorovný směr na **814.1** a na orientační bod **816**.

5.6 Určení pravoúhlých souřadnic

Soustava pravoúhlých souřadnic

Pro výpočet souřadnic bodů v rovině se v geodézii využívá pravoúhlých souřadnic. Tyto souřadnice jsou však svou orientací opačné než standardní matematické souřadnice, s osami **X** a **Y**. V geodézii se pravoúhlé souřadnice zobrazují následujícím způsobem:

Kladná směr osy **Y** vznikne natočením kladné osy **X** o 90° , a to ve směru pohybu hodinových ručiček. Takto vzniklá souřadnicová soustava může mít osu **X** orientovanou k jihu a osu **Y** k západu nebo se osa **X** stočí a kladný směr osy **Y** k východu. Vzniklá soustava souřadnic nám prostor rozděluje na čtyři kvadranty. Podle příslušnosti k jednotlivým kvadrantům přiřazujeme souřadnicím znaménka. Rozdělení souřadnic do kvadrantů je zobrazeno na obrázku 3:



Obrázek 3 - Soustava pravoúhlých souřadnic, HÁNEK (2007)

Podle BURŠÍKA, PROCHÁZKY (1979) byl počátek soustavy souřadnic zvolen tak, aby souřadnice určované na území ČR byli kladné. To znamená, aby leželi v prvním kvadrantu.

Státní Jednotná Trigonometrická Síť Katastrální (S – JTSK)

Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální neboli S-JTSK se používá k zobrazení souřadnic všech bodů bodových polí. Tento souřadnicový systém vznikl transformací Křovákova zobrazení, které se na území Čech používalo v minulosti. Křovákovo kartografické zobrazení, nesoucí jméno svého autora Ing. Josefa Křováka, nese přívlastek dvojité konformní kuželové zobrazení. Postup při definování Křovákova zobrazení popisuje ŠVEC, HÁNEK (2006) takto:

Nejprve se body Besselova elipsoidu převedli konformně na Gausovu kouli, která má poloměr $r = 6381$ a následně Gausova koule byla promítnutá na kuželovou plochu. Proto se tomuto zobrazení říká „dvojité konformní“.

Poté byl poloměr Gausovy koule zmenšen. Tímto zmenšením bylo částečně eliminováno délkové zkreslení podél kartografických rovnoběžek.

Úpravy vedly k vytvoření současného souřadnicového systému S-JTSK, kterého je využíváno v podstatě pro celé území České republiky.

Základní souřadnicové výpočty

HÁNEK (2007) definuje základní vstupní parametry nutné pro výpočet pravoúhlých souřadnic podrobných bodů jako, souřadnicové rozdíly Δy , Δx délka spojnice (strany) mezi body S a geodetický směrnik σ . Velmi důležitý pojem používaný ve spojitosti s určování souřadnic bodů, je tzv. počáteční a koncový bod. Pro účel vysvětlení způsobů výpočtu základních vstupních parametrů budeme označovat počáteční bod písmenem P a bod koncový písmenem K .

- Souřadnicové rozdíly dvou geodetických bodů získáme odečtením X nebo Y souřadnice koncového bodu od bodu počátečního.

$$\Delta y_{PK} = y_K - y_P$$

$$\Delta x_{PK} = x_K - x_P$$

- Délka spojnice mezi koncovým a počátečním bodem se spočítá podle Pythagorovy věty:

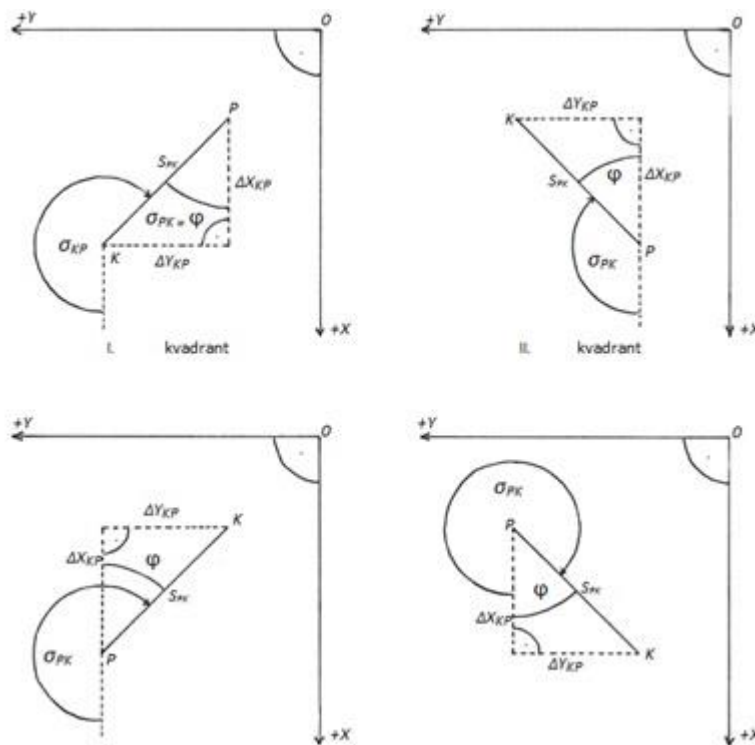
$$s_{PK} = \sqrt{\Delta x_{PK}^2 + \Delta y_{PK}^2}$$

- Směrník σ_{PK} strany spojnice s_{PK} je úhel měřený na bodě P od rovnoběžky s kladnou osou $+X$ ve směru hodinového číslování až ke straně PK .

Úhel při vrcholu P , tvořený stranami s_{PK} , Δy_{PK} , Δx_{PK} se označuje písmenem φ a slouží, jako úhel pomocný pro výpočet směrníku σ_{PK} . Velikost φ určíme snadno ze vztahu:

$$tg\varphi = \frac{|\Delta y_{PK}|}{|\Delta x_{PK}|}$$

Na obrázku 4 jsou zakresleny možné způsoby rozmístění bodů P a K



Obrázek 4 - Souřadnicové kvadranty, MANSFELDOVÁ (2008)

Z obrázků 4 je vidět, že souřadnicové rozdíly Δy_{PK} , Δx_{PK} budou mít pokaždé jinou kombinaci. Podle kombinací znamének se určí, ve kterém z kvadrantů se zjišťovaný směrník σ_{PK} nachází.

V tabulce 2 jsou uvedeny způsoby výpočtu směrníku σ_{PK} pomocí úhlu φ , v závislosti na příslušnosti do jednotlivých kvadrantů:

| Δy_{PK} | Δx_{PK} | Kvadrant | σ_{PK} |
|-----------------|-----------------|----------|-------------------------|
| + | + | I. | $\sigma = \varphi$ |
| + | - | II. | $\sigma = 2R - \varphi$ |
| - | - | III. | $\sigma = 2R + \varphi$ |
| - | + | IV. | $\sigma = 4R + \varphi$ |

Tabulka 2 - Způsoby výpočtu směrníků, MANSFELDOVÁ (2008)

Pozn.: $R = 100^g$ (90°)

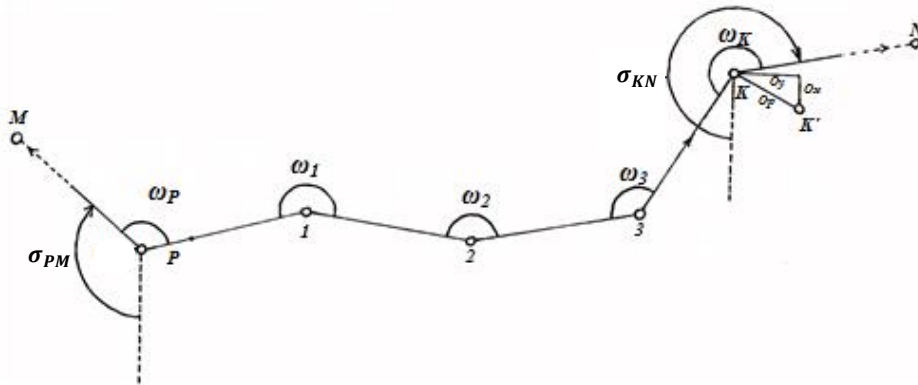
Určení pravoúhlých souřadnic metodou polygonových pořadů

Souřadnice geodetických bodů jsem při zpracování této bakalářské práce určoval metodou polygonových pořadů. ŠVEC A HÁNEK (2006) popisují polygonový pořad jako lomenou čáru spojující několik bodů mezi sebou. Vrcholy této lomové čáry jsou tvořeny polygonovými body. Spojnicím mezi polygonovými body říkáme polygonové strany.

Pro určení souřadnic PBPP byl použit oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad, viz obrázek 5. Je to pořad, u kterého jsou známy souřadnice počátečního a koncového bodu. Na počátečním a koncovém bodu pořadu je provedena orientace na body, taktéž o známých souřadnicích.

Postup výpočtu souřadnic PBPP, který popisuje BRYCHTA (1985) níže, byl modifikován pro výpočet bodů **834 – 839** a bodu **814.1**. Pro výpočet souřadnic bodů **834 – 839** byl použit bod **817**, jako bod počáteční, s orientací na bod **818**. Koncovým bodem bodem se stal bod **826**, s orientací na bod **825**. Vodorovné délky a úhly byly určeny totální stanicí TOPCON GTS 105N a následně byly zaznamenány do zápisníku Vodorovných směrů a zenitových úhlů, viz. přílohy č. 6 a 7.

Při výpočtu bodu **814. 1** byl jako výchozí bod zvolen bod **903**, orientace byla provedena na bod **907**



Obrázek 5 – Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad, BURŠÍK, PROCHÁZKY (1979)

Počáteční bod polygonového pořadu je označen písmenem **P**, bod koncový písmenem **K**. Pripojovací body jsou **M**, **N**. Vrcholové body polygonového pořadu, mezi **P** a **K** (**1**, **2**, **3**) jsou body, jejichž souřadnice chceme určit.

1. Výpočet směrnic σ_{PM} , σ_{KN}

Ze souřadnicových rozdílů Δx_{PM} , Δy_{PM} si spočteme pomocný úhel φ_{PM} . Podle znamének souřadnicových rozdílů určíme příslušnost určovaného směrniaku do kvadrantu. Následně, podle potřeby, pomocný úhel φ_{PM} přepočítáme na požadovaný směrnic σ_{PM} . Obdobným způsobem postupujeme při výpočtu směrnic σ_{KN} .

2. Úhlové vyrovnání

Po výpočtu směrnic na bodech **P**, **K**, musíme provést úhlové vyrovnání vrcholových úhlů ω_P , ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_K , které se při terénních pracích zjistili z naměřených směrů na bodech **P**, **1**, **2**, **3**, **K**. Při úhlovém vyrovnání se vrcholové úhly polygonového pořadu změní o hodnotu δ_ω , ta se vypočítá jako podíl naměřené úhlové odchylky O_ω počtem vrcholů polygonového pořadu **n**.

$$\delta_\omega = \frac{O_\omega}{n}$$

Úhlová odchylka O_ω je odchylka naměřená v terénu. Hodnota odchylky musím být menší nebo rovná maximální povolené odchylce u_{M_ω} :

hodnota u_{M_ω} je pro hlavní polygonový pořad rovná:

$$u_{M_\omega} = 100^{cc} \sqrt{n}$$

kde 100^{cc} je označení pro gonové vteřiny

O_ω se zjistí odečtením součtu počátečního směrníku, zmenšeného o hodnotu $(n-1)200^g$ a sumy všech vrcholových úhlů, od koncového směrníku σ_{KN}

$$O_\omega = \sigma_{KN} - \left[\sigma_{PM} + \sum_{i=1}^n \omega_i - (n-1)200^g \right]$$

Hodnota δ_ω se přičte k jednotlivým vrcholovým úhlům $\omega_P, \omega_1 \dots \omega_K$

$$\omega'_P = \omega_P + \delta_\omega$$

$$\omega'_1 = \omega_1 + \delta_\omega$$

.

$$\omega'_K = \omega_K + \delta_\omega$$

3. Výpočet směrníků $\alpha_{n-1,n}$

K počátečnímu směrníku σ_{PM} přičteme vyrovnaný úhel ω'_P . Tím získáme směrník α_{P1} . K vypočtenému směrníku z bodu P na bod 1 přičteme ω'_1 . Tento postup se aplikujeme na všechny vřoly polygonového pořadu.

$$\alpha_{P1} = \sigma_{PM} + \omega'_P$$

$$\alpha_{12} = \sigma_{P1} + \omega'_1$$

.

$$\alpha_{KN} = \sigma_{3K} + \omega'_K$$

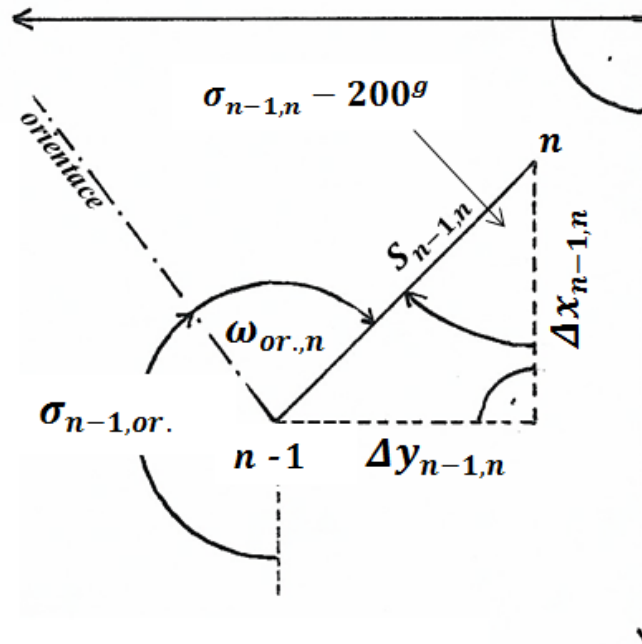
Hodnoty vypočtených směrníků mohou nabývat hodnot 0^g až 400^g , při překročení tohoto úhlového rozmezí se vypočtené směrníky musí změnit o hodnot $\pm 200^g$. Platí tedy:

$$\alpha_{n-1,n} = \sigma_{n-2,n-1} + \omega'_{n-1} \pm 200^g$$

Na konci výpočtu musí platit, že $\alpha_{KN} = \sigma_{KN}$.

4. Výpočet souřadnicových rozdílů $\Delta x_{n-1,n}$, $\Delta y_{n-1,n}$

Ze základní znalosti goniometrických funkcí pravoúhlého trojúhelníku, odvodíme vzorce pro výpočet souřadnicových rozdílů. Pravoúhlý trojúhelník v mém případě je tvořen stranami $\Delta x_{n-1,n}$, $\Delta y_{n-1,n}$ a $S_{n-1,n}$



Obrázek 6 - Souřadnicové rozdílů

Pozn.: $\sigma_{n-1,n} = \sigma_{n-1,or.} + \omega_{or.,n}$; *or.* = orientace

Vzorce pro výpočet souřadnicových rozdílů:

$$\Delta x_{n-1,n} = S_{n-1,n} \cos \alpha_{n-1,n}$$

$$\Delta y_{n-1,n} = S_{n-1,n} \sin \alpha_{n-1,n}$$

5. Výpočet souřadnicových odchylek O_x , O_y

Z obrázku 5, polygonového pořadu, vidíme, že při porovnání výpočtených a skutečných (zadaných) souřadnic koncového bodu K se díky chybám, kterých se v průběhu měření dopouštíme dostáváme postupným výpočtem na bod K' . Velikost chyb, kterých jsme se v průběhu měření a následného výpočtu souřadnic dopustili se označuje O_p a spočítá se jako odmocnina součtu druhých mocnin souřadnicových odchylek O_x a O_y :

$$O_p = \sqrt{O_y^2 + O_x^2}$$

Takto vypočtená souřadnicová odchylka O_p se porovná s povolenou odchylkou u_{M_p} a musí platit, že:

$$O_p \leq u_{M_p}$$

hodnota u_{M_p} je pro hlavní polygonový pořad rovná:

$$u_{M_p} = 0,01\sqrt{S} + 0,04m$$

kde S je celková délka polygonového pořadu

6. Výpočet skutečných souřadnicových rozdílů $\Delta x'_{n-1,n}$, $\Delta y'_{n-1,n}$

Pro získání skutečných souřadnicových rozdílů nutných k určení souřadnic vrcholových bodů polygonů se musí souřadnicové odchylky O_x , O_y rozdělit rovnoměrně, na absolutní hodnoty souřadnicových rozdílů $\Delta x_{n-1,n}$ a $\Delta y_{n-1,n}$, skutečné souřadnicové rozdíly $\Delta x'_{n-1,n}$, $\Delta y'_{n-1,n}$ získáme součtem rozdělované odchylky a původního souřadnicového rozdílu:

$$\Delta x'_{n-1,n} = \delta_{\Delta x_{n-1,n}} + \Delta x_{n-1,n}$$

$$\Delta y'_{n-1,n} = \delta_{\Delta y_{n-1,n}} + \Delta y_{n-1,n}$$

7. Výpočet souřadnic x_i , y_i

Při výpočtu souřadnic vrcholových bodů (**1**, **2**, **3**) vycházíme ze zadaných souřadnic počátečního bodu P daného polygonového pořadu, jeho souřadnice, stejně jako u bodů orientačních a bodu K , jsou uvedeny v geodetických údajích o těchto bodech.

x_1 souřadnici bodu **1** získáme tak, že k x - vé souřadnici bodu P přičteme již dříve vypočtený skutečný rozdíl souřadnic $\Delta x'_{P,1}$. Obdobným způsobem se spočte y_1 souřadnice bodů **1**:

$$x_1 = x_P + \Delta x'_{P,1}$$

$$y_1 = y_P + \Delta y'_{P,1}$$

Obecný způsob výpočtu x - vé a y - vé souřadnice vrcholových bodů je uveden níže uvedem níže:

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x'_{n-1,n}$$

$$y_n = y_{n-1} + \Delta y'_{n-1,n}$$

5.7 Metody určení nadmořských výšek

Nadmořské výšky podrobných bodů jsem určoval dvojím způsobem, a to metodou trigonometrické a technické nivelace. Pokud to však jde, tak výšky bodů určujeme oběma způsoby. Následným zprůměrováním výsledků z použitých metod, totiž dosáhneme mnohem přesnějších hodnot.

Na obě metody se klade stejný požadavek na přesnost určených nadmořských výšek bodů, který se podle CHAMOUTA, SKÁLY (2008) nazývá maximální dopustná odchylka v uzávěru:

$$\Delta h = \pm 40\text{mm}\sqrt{R}$$

kde R je délka výškového pořadu.

5.7.1 Metoda trigonometrické nivelace

Metoda trigonometrické nivelace se používá jako náhrada za nivelaci technickou, v případech, kdy technická nivelace není kvůli povaze terénu vhodná.

Při zjišťování výšek metodou trigonometrické nivelace se musí v terénu naměřit buď vodorovnou nebo šikmou délku a vertikální úhel, hloubkový nebo výškový. MLČKOVÁ (2008).

V mém případě se budu věnovat trigonometrickému určování nadmořských výšek bodů kombinované měřické sítě.

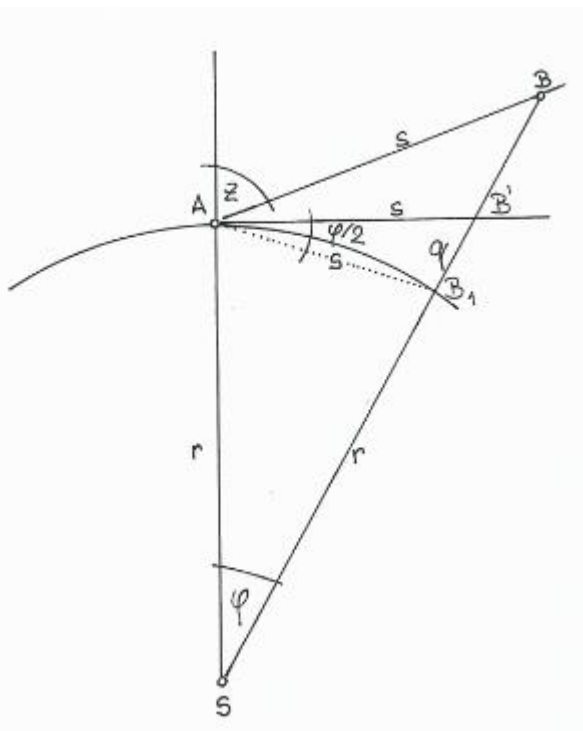
V terénu se výška bodu zjišťuje z převýšení mezi bodem zjišťovaným a bodem o známé výšce. Ke zjištění převýšení využijeme totální stanici TOPCON

105N, která nabízí možnost současného měření vzdálenosti mezi výchozím a zjišťovaným bodem a zároveň je schopná určovat vertikální úhel.

Naměřená vzdálenost mezi body se zaznamenávají do zápisníku pro „VÝPOČET TRIGONOMETRICKÉ NIVELACE“. Do předepsaných sloupců se zapisuje číslo výchozího bodu, dále vodorovná délka a převýšení mezi body, z měření tam a zpět. Do dalšího sloupce se zapisuje „Oprava ze zakřivení Země“. Tato oprava se v dnešní době, díky pokroku v technice, zavádí automaticky do každého měření prováděného totální stanicí. Tato oprava nabývá důležitosti v případech, kdy vzdálenost mezi body překročí 300 m.

Na konkrétním příkladu se pokusím vysvětlit, oč se jedná a jak se hodnota opravy ze zakřivení Země zjistí.

V terénu chceme zjistit převýšení mezi body **A** a **B**, což je výškový rozdíl mezi skutečným horizontem bodu **A** a horizontem bodu **B** měřeném po svislici. V praxi se ale setkáváme ne se skutečnými horizonty bodů ale s horizonty zdánlivými. Rozdíl mezi těmito horizonty se značí písmenem **q**. Na obrázku 7 je schématický zakreslen rozdíl mezi skutečným a zdánlivým horizontem.



- s** ... vzdálenost mezi body
- r** ... poloměr Země, 6 380 km
- S** ... teoretický střed Země
- Z** ... svislý úhel měřený od zenitu
- A** ... bod o známé výšce
- B** ... bod, jehož výšku určujeme
- q** ... rozdíl mezi zdánlivým a skutečným horizontem
- φ** ... vnitřní úhel pro danou vzdálenost **s** po oblouku

Obrázek 7 - Chyba ze zakřivení Země, MLČKOVÁ (2008)

Výpočet q podle BURŠÍKA, PROCHÁZKY (1979) je patrný z následující rovnice:

$$q = B'B_1 = SB' - SB_1$$

$$\frac{r}{\cos \varphi} - r = r \left(\frac{1 - \cos \varphi}{\cos \varphi} \right)$$

$$r \left(\frac{2 \sin^2(\varphi / 2)}{\cos \varphi} \right)$$

Vzhledem k faktu, že je úhel φ ve skutečnosti velmi malý, se hodnota $\cos \varphi$ rovná 1, následně pak i $\sin(\varphi / 2) = \text{arc}(\varphi / 2) = s/2r$

Proto se rozdíl mezi horizonty q spočítá podle vztahu:

$$q = s^2 / 2r$$

Oprava ze zakřivení Země má vždy kladné znaménko a proto se k výsledné výšce bodů přičte. Průměrné hodnoty opravy ze zakřivení Země v závislosti na vzdálenosti mezi body je uvedena v tabulce 3.

| s [m] | q [mm] |
|-------|--------|
| 50 | 0 |
| 100 | 1 |
| 200 | 5 |
| 300 | 11 |
| 500 | 32 |
| 1000 | 128 |
| 5000 | 3190 |

Tabulka 3 - Hodnoty oprav ze zakřivení Země

Pozn.: pro vodorovnou vzdálenost $r = 6\,380\,000$ m.

V současné době umějí totální stanice, pomocí kterých se provádí trigonometrická nivelace, do měření zavádět opravu chyby ze zakřivení Země a

chyby z refrakce. Chybu z refrakce popisuje FEDOROV, SHILOV (1982), jako chybu způsobenou zakřivením optického paprsku při jeho průchodu proměnlivým prostředím. Proměnlivost prostředí je způsobená mnoha fyzikálními jevy, mezi které patří, mimo jiné, i hustota, teplota a tlak vzduchu. Fyzikální vlastnosti prostředí jsou v každé denní době jiné, proto i hodnota chyba z refrakce je v každé denní době proměnlivá. Proto je důležité, aby měření převýšení tam a zpět bylo provedeno v co nejkratší době.

Postup výpočtu nadmořských výšek podrobných bodů trigonometrickou nivelací

Výpočet výšek podrobných bodů se provádí do zápisníku pro VÝPOČET TRIGONOMETRICKÉ NIVELACE. Výpočet byl proveden podle CHAMOUTA, SKÁLY (2008) tak, že se zápisník nejprve doplnil o známé údaje, tedy o číslo počátečního bodu, lomových bodů výškového pořadu a bodu koncového. Následně se u počátečního a koncového bodu uvedla jejich nadmořská výška ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv). Dále se do zápisníku napsaly vodorovné délky mezi sousedními body, s přesností na celé metry. Do sloupečku mezi vodorovné délky a opravu ze zakřivení Země se zapsaly zprůměrovaná převýšení mezi měřeními tam a zpět mezi body, v metrech s přesností na milimetry. Vzhledem k tomu, že totální stanice TOPCON GTS 105N, pomocí které byly hodnoty délek a převýšení určeny umí zavádět do měření opravu ze zakřivení Země q , není nutné tuto opravu dále početně zjišťovat.

Po doplnění zápisníku o známé údaje se spočetla suma všech vodorovných délek a suma všech převýšení. Při výpočty sumy převýšení, se jednotlivá převýšení sčítala i se znaménky. Písmenem h' se následně označil součet všech převýšení. Poté se zjistilo převýšení mezi koncovým a počátečním bodem, které se označilo h . Tzv. naměřená odchylka O_h , která se určila odečtením h' od h byla porovnána s mezní povolenou odchylkou $\Delta h = \pm 40 \text{ mm} \sqrt{R}$, kde R je celková délka výškového pořadu v km. Pokud by došlo k překročení povolené odchylky, muselo by se měření délek a převýšení zopakovat.

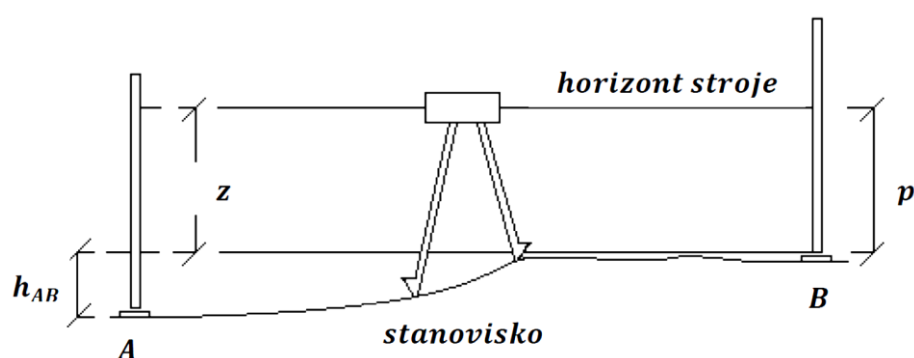
V případě, že povolená mezní odchylka nebyla překročena, se naměřená odchylka O_h rozdělila mezi vodorovné délky, přímo úměrně jejich velikostem. Takto rozdělená odchylka mezi jednotlivými délkami se zapsala do sloupce *oprava [m]*.

Nadmořské výšky lomových bodů výškového pořadu se určily tak, že se vždy k výšce předchozího bodu pořadu přičetlo převýšení mezi tímto bodem a bodem následujícím.

Po výpočtu nadmořských výšek bodů se zápisník řádně zadjustoval a doplnil o veškeré nezbytné nutné údaje související s výpočtem (*Zakázka, Datum atd.*).

5.7.2 Metoda technické (geometrické) nivelace ze středu

Na obrázku 8 je zakreslen princip měření ze středu



Obrázek 8 - Technická nivelace ze středu

kde

h_{AB} ... převýšení mezi body

z ... čtení na lati při záměře vzad

p ... čtení na lati při záměře vpřed

Při určování nadmořské výšky bodu, v našem případě se jedná o bod **B**, musíme k nadmořské výšce bodu **A** přičíst převýšení mezi body.

Nadmořská výška bodu **B** se vypočte podle vztahu:

$$V_B = V_A + h_{AB}$$

kde

$$h_{AB} = z - p$$

dosazením vztahu pro h_{AB} do předchozí rovnice, dostaneme rovnici pro výpočet V_B

$$V_B = V_A + (z - p)$$

Princip geometrické nivelace ze středu spočívá v určování tzv. „laťových úseků“, což jsou hodnoty čtené na nivelační lati při záměrech vzad a vpřed.

Měří se v sestavách, počet sestav se určuje podle délky nivelačního pořadu a množstvím podrobných (přestavových) bodů v nivelačním pořadu.

Nivelační (výškový) pořad je tvořen na začátku a na konci připojovacími body. Jedná se o body o známých nadmořských výškách ve výškovém systému Balt po vyrovnání. Mezi připojovací body se umísťují nivelační sestavy. Každá nivelační sestava je tvořena dvěma body (může se jednat o více bodů, které zaměřujeme bočně). Mezi body se umísťuje nivelační přístroj tak, aby se nacházel ve stejné vzdálenosti od každého bodu a aby takto vzniklá nivelační sestava tvořila pomyslnou přímku. Místu, kam se stroj postaví, se říká stanovisko. Na okrajové body sestavy se staví nivelační lať. Ta nám slouží ke čtení záměr vzad a vpřed. Lať se zpravidla umísťuje na nivelační podložku, která zajišťuje výškovou a polohovou stabilitu latě při měření. Pokud bychom chtěli určovat výšky bodů bočně, lať se umístí přímo na daný bod, bez nivelační podložky.

Obecně platí, že by délka nivelační sestavy neměla překročit 100 m, tedy 50 m k záměře vzad a vpřed od stanoviska. Tato zásada vychází z požadavku na co nejpresnější čtení záměr na latích, které se určují s přesností na mm. Dále pak musíme zabránit jakékoli manipulaci s přístrojem, která by vedla k narušení horizontace nebo centrace samotného přístroje.

Nadmořské výšky připojovací bodů, záměry vzad a vpřed se zapisují do zápisníku pro technickou nivelaci.

K tomu, aby bylo možné ze zápisníku početně zjistit nadmořské výšky jednotlivých bodů, musí se spočítat maximální dosažená odchylka. Ta se porovná s maximální povolenou odchylkou, která se značí Δ_h . Matematický vztah pro její výpočet je uveden na začátku této kapitoly.

Maximální dosažená odchylka se značí O_h a spočítá se vztahu:

$$O_h = (V_A - V_B) - (\Sigma z - \Sigma p)$$

kde $V_A, V_B \dots$ jsou nadmořské výšky přípojovacích bodů

$\Sigma z, \Sigma p \dots$ jsou sumy všech záměr vzad a vpřed

pokud platí, že $O_h \leq \Delta_h$ můžeme dosaženou odchylku rozdělit rovnoměrně na jednotlivé záměry vzad.

Postup výpočtu nadmořských výšek podrobných bodů geometrickou nivelací

Výpočet výšek pomocí technické nivelace ze středu jsem prováděl do zápisníku pro TECHNICKOU NIVELACI.

Stejně jako u všech zápisníků sloužících k výpočtu určitých hodnot, je nutné zápisník pro technickou nivelaci doplnit o známé hodnoty, o vstupní hodnoty výpočtu. Zápisník jsem o tyto vstupní údaje doplnil už v terénu. Těmito údaji se staly hodnoty nadmořských výšek počátečního bodu a bodu koncového, společně s hodnotami čtení na nivelačních latích při záměrech vzad, bočně a vpřed. Před zahájením měření nutného pro získání potřebných hodnot, je vždy nutné provést tzv. „polní zkoušku“. Za názvem polní zkouška se skrývá úkon, který slouží ke zjištění kolimační chyby přístroje. Tato chyba patří mezi osově chyby nivelačních přístrojů. Následující řádky jsem věnoval popisu realizace polní zkoušky neboli „*Two – peg test*“ podle UREN, PRICE (2010).

Na rovinném terénu se zvolí dva jasně identifikovatelné body, nazýváme je **A** a **B**. Vzdálenost mezi těmito body **L** by měla být 50 - 60 metrů. Mezi body **A**, **B** se postaví nivelační přístroj, do stejné vzdálenosti od každého bodu. Na body **A**, **B** se umístí nivelační lať a přečte se záměra vzad na bodě **A**, která se označí písmenem **a₁**. Následně se přečte hodnota záměry vpřed na bodě **B**, která se značí písmenem **b₁**. Obě dvě hodnoty se zapíší do zápisníku pro technickou nivelaci do příslušných kolonek. Následně se nivelační přístroj přesune za bod **A**, do vzdálenosti **L/20**. Tedy pokud je vzdálenost mezi body 50 - 60 metrů, umístí se nivelační přístroj dva a půl až tři metry za bod **A**. Následně se přečte záměra na bod **A** a označí se **a₂** a záměra **b₂** na bod **B**.

Odečtení záměry b_1 od a_1 získáme převýšení mezi body A , B , které označíme písmenem h_1 . Obdobným způsobem si vypočteme převýšení h_2 , z rozdílu a_2 a b_2 . Kolimační chyba se projeví při porovnání dvojice převýšení h_1 , h_2 . Míra zkreslení naměřených hodnot způsobená kolimační chybou se odvozuje z rozdílu obou spočtených převýšení $h = h_1 - h_2$.

Takto vypočtený rozdíl h se porovná s maximální dopustnou odchylkou Δ_h , jejíž hodnota je podle CHAMOUTA, SKÁLY (2008) ± 2 až **3 mm**, **max. 5 mm**. Pokud dojde k překročení maximální dopustné odchylky Δ_h nemůžeme daným nivelačním přístrojem provádět jakákoli další měření a je nutné přístroj odborně zrektifikovat (opravit).

Po řádně vyplněném zápisníku jsem přistoupil k výpočtu. Nejprve jsem sečetl záměry vzad, jejichž součet vstupuje do výpočtu s kladným znaménkem a záměry vpřed. Součet záměr vpřed naopak vstupuje do výpočtu se záporným znaménkem. Sumy záměr vzad a vpřed se následně sečetly. Jejich součet se označil h' a poté se odečetl od h . Hodnota h je rovná rozdílu výšky koncového bodu a bodu počátečního. Rozdíl h a h' se značí O_h a jak již bylo uvedeno dříve, musí platit, že $O_h \leq \Delta_h$, kde Δ_h je dopustná odchylka. Pokud toto kritérium platí, rozdělí se O_h rovnoměrně na záměry vzad.

6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

6.1 Geodetické údaje o PBPP




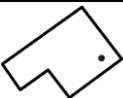
Všechny zjištěné skutečnosti, vztahujících se k nově vytvořeným měřickým bodům a jejich vzájemné poloze v terénu, shrnují geodetické údaje o PBPP, dále jen „geodetické údaje“. Geodetické údaje obsahují identifikaci katastrálního území a obce, v nichž dané měření proběhlo, společně s informacemi o tom, kdy byl bod zřízen (pouze rok) a kým byly tyto geodetické údaje vyhotoveny (organizace, osoba). Dále pak obsahují popis, způsob stabilizace a určení nově vzniklých měřických bodů. Nové měřické body nebo body k nimž se vyhotovují nové geodetické údaje, musí mít jedinečné číselné označení, aby nemohlo dojít k jejich případné záměně. Zároveň se u nově vybudovaných měřických bodů uvádí orientace na nejbližší měřický bod.


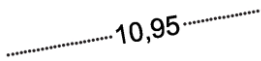
Tento údaj nese název „Orientační jižník na bod“. Hodnota orientačního jižníku se zapisuje v gonech, s přesností na gonové vteřiny.

Nejvhodnější informací o nových měřických bodech, k nimž se geodetické údaje vyhotovují, patří bezpochyby pravoúhlé souřadnice v S – JTSK a výšky ve výškovém systému Balt po vyrovnání. Pravidlem je, že se pravoúhlé souřadnice a nadmořské výšky měřických bodů do geodetických údajů uvádějí v metrech s přesností na centimetry.

Další součástí geodetických údajů jsou místopisné náčrtky. Místopisné náčrtky slouží, v případě potřeby, k snadnějšímu nalezení jednotlivých měřických bodů. Do náčrtu se zpravidla zakresluje poloha měřického bodu a jeho nejbližšího okolí. Do místopisných náčrtů se zakreslují objekty trvalého rázu a zapisují se do nich vzdálenosti od bodu k těmto objektům. Pro lepší orientaci v místopisných náčrtech slouží mapové značky, které definují druh povrchu, na němž byl daný měřický bod vybudován a rozlišení objektů trvalého rázu. Dále se pak do místopisu zakresluje spojnice mezi bodem a objektem trvalého rázu se zavěšenou vzdáleností mezi nimi nebo orientaci od daného měřického bodu na další měřické body v jeho okolí.

Základní mapové značky použité pro vytvoření místopisných náčrtů, byly vytvořeny na základě ČSN 01 3411 (1980) a jsou zakreslené v tabulce 4. Zároveň je ke každé značce přiřazen slovní popis jejího významu v jednotlivých místopisných náčrtech.

| <i>ZNAČKA</i> | <i>SLOVNÍ POPIS</i> |
|---|--|
|  | Bod kombinované měřické sítě |
| a)  b)  | Strom jednotlivě zaměřený bez vyznačení koruny |
| | a) listnatý b) jehličnatý |
|  | Zděná budova |
| 834 | Numerické označení bodů kombinované měřické sítě |



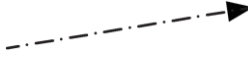
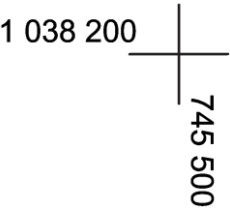

| KOLEJ E,F,G | Slovní popis stavební jednotky |
|---|---|
|  | Park, okrasná zahrada |
|  | Trvalý travní porost |
|  | Označení relativní polohy dalších bodů kombinované měřické sítě |
|  | Křížové míry od měřického bodu k objektům trvalého rázu |

Tabulka 4 - Bodové a liniové značky použité k vytvoření místopisných náčrtů, ČSN (1980)

Při vyhotovování geodetických údajů je třeba mít na paměti, že se vyhotovují za účelem jejich dalšího použití. Proto grafická úprava místopisných náčrtů musí být srozumitelná i pro laika disponujícím pouze základními znalostmi mapových značek. Pokud není možné dostatečně graficky znázornit polohu nebo výšku měřického bodu v terénu, zakreslí se detail nebo nárys daného měřického bodu do příslušného políčka. Dále je pak nutno dbát na srozumitelnost a jednoznačnost slovního popisu způsobu stabilizace a určení měřického bodu. Vyhotovené geodetické údaje k nově vybudovaným měřickým bodům jsou zakresleny v přílohách č. 12, 14, 15.

6.2 Pravoúhlé souřadnice měřických bodů

Pravoúhlé souřadnice měřických bodů se určovaly metodou polygonových pořadů. Tabulka 5 obsahuje mapové značky použité pro grafické znázornění dvou polygonových pořadů. Polygonové pořady byly použity k výpočtu pravoúhlých souřadnic nově vybudovaných měřických bodů. Značky byly použity v souladu ČSN 01 3411 (1980)

| <i>ZNAČKA</i> | <i>SLOVNÍ POPIS</i> |
|---|--|
|  | Počátek polygonového pořadu, umísťuje se na spojnici počátečního a bodu následujícího po bodu počátečním ve směru měření (prvního určovaného bodu polygonového pořadu) |
|  | Konec polygonového pořadu, umísťuje se na spojnici posledního určovaného bodu polygonového pořadu a bodu koncového (orientace šipky ukazuje směr měření) |
|  | Spojnice počátečního nebo koncového bodu s bodem nebo body, na něž se orientace provádí (doplňuje se o šipku určující polohu orientačního bodu od bodu koncového a počátečního) |
|  | Průsečík sítě pravoúhlých souřadnic, vzdálenost mezi body čtvercové sítě závisí na měřítku náčrtu polygonového pořadu. Většinou se průsečíky sítě pravoúhlých souřadnic od sebe umísťují ve vzdálenosti 50 m nebo 100 m (pro lepší orientaci v náčrtu polygonového pořadu se k vybraným bodům čtvercové sítě přiřazují jejich pravoúhlé souřadnice v S – JTSK, orientace souřadnic vůči světovým stranám zároveň ukazuje natočení kladné větve osy <i>X</i> a <i>Y</i>) |
|  | Lomové neboli vrcholové body polygonového pořadu. Touto bodovou značkou se označuje koncový a počáteční bod polygonového pořadu, stejně tak i body určované pomocí polygonového pořadu |
| 834 | Numerické označení všech bodů vstupujících do výpočtu souřadnic měřických bodu metodou polygonových pořadů |

Tabulka 5 - Bodové a liniové značky polygonového pořadu, ČSN (1980)

V průběhu terénních prací se zaměřovaly vodorovné směry a vzdálenosti mezi jednotlivými body. Následně se při početních pracích z těchto naměřených hodnoty spočítaly směrníky a souřadnicové rozdíly pro jednotlivé body, pomocí kterých se určily konečné pravoúhlé souřadnice v S – JTSK. Takto určené konečné souřadnice nově vzniklých měřických bodů jsou uvedeny v tabulce 6.

| Číslo bodu | Souřadnice S - JTSK | |
|---------------|---------------------|--------------|
| | Y | X |
| 814. 1 | 745 538,78 | 1 037 818,57 |
| 834 | 745 294,24 | 1 037 763,13 |
| 835 | 745 291,54 | 1 037 827,46 |
| 836 | 745 296,83 | 1 037 887,23 |
| 837 | 745 308,13 | 1 037 945,72 |
| 838 | 745 305,30 | 1 037 988,59 |
| 839 | 745 382,44 | 1 037 986,87 |

Tabulka 6 – Pravoúhlé souřadnice měřických bodů

6.3 Nadmořské výšky měřických bodů

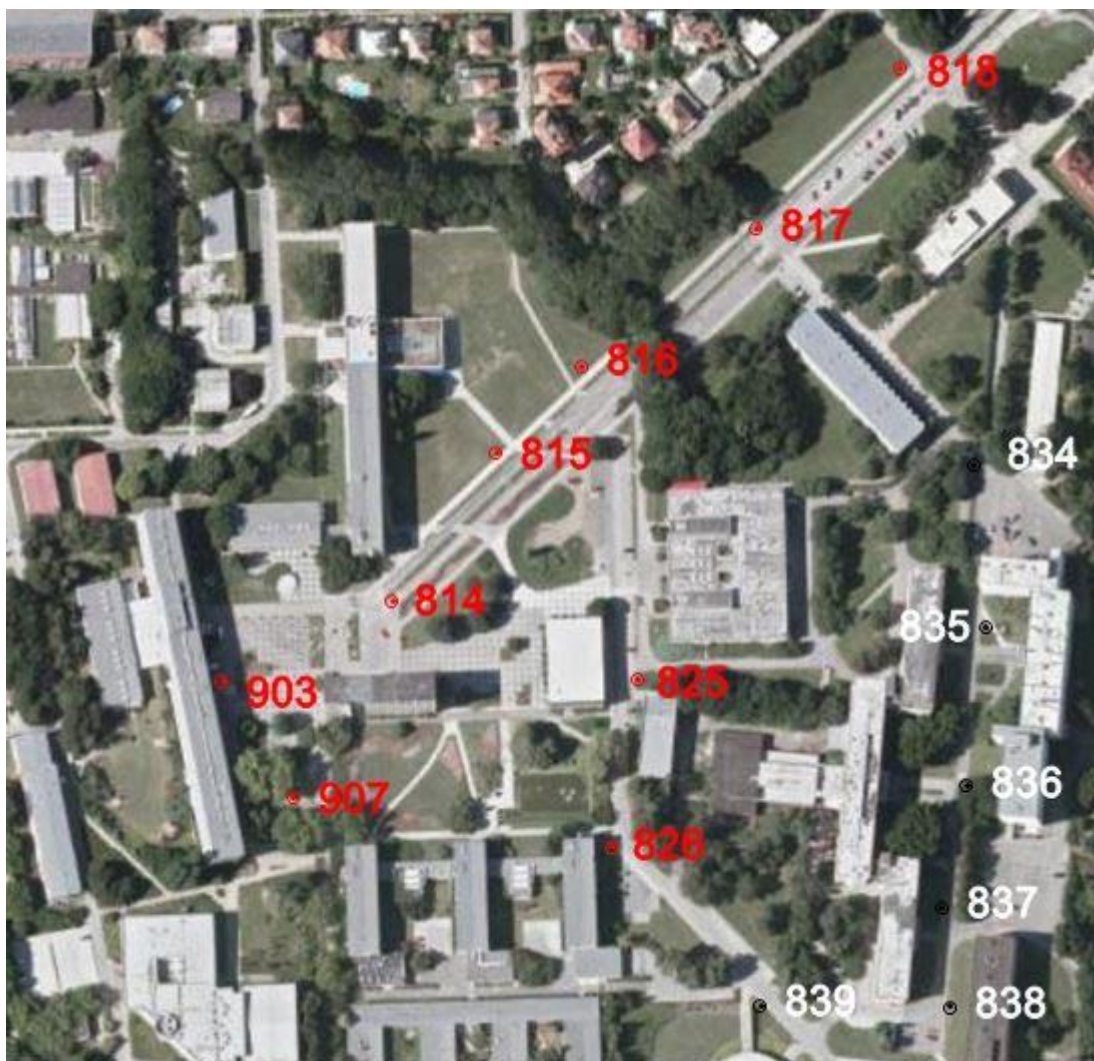
Jak bylo zmíněno, nadmořské výšky měřických bodů se určovali dvojitým způsobem. První způsobem určení nadmořských výšek byla metoda trigonometrické nivelace. Hodnoty nutné pro výpočet výšek měřických bodů byly naměřeny totální stanicí TOPCON GTS 105N, konkrétně se měřila převýšení mezi body a vodorovná vzdálenost mezi nimi. Naměřené hodnoty převýšení (tam a zpět) se mezi sebou průměrovaly, aby bylo dosaženo přesnějších výsledků. Další metodou použitou pro zjištění nadmořských výšek nově zřízených měřických bodů byla metoda technické nivelace. Měřické body se zaměřovaly bočně, vždy dvakrát. Následně vypočtené dvojice nadmořských výšek pro jednotlivé body byly mezi sebou zprůměrovány, opět pro získání přesnějších hodnot. Výšky zjištěné pomocí obou metod jsou určeny ve výškovém systému Balt po vyrovnání a jsou uvedeny v tabulce 7.

| Číslo bodu | Nadmořské výšky - Balt po vyrovnání | |
|---------------|-------------------------------------|---------------------------|
| | <i>Trigonometrická nivelace</i> | <i>Technická nivelace</i> |
| 814. 1 | 280,284 | 280,286 |
| 834 | 277,291 | 277,295 |
| 835 | 277,399 | 277,402 |
| 836 | 277,154 | 277,151 |
| 837 | 276,973 | 276,978 |
| 838 | 277,183 | 277,185 |
| 839 | 278,012 | 278,011 |

Tabulka 7 - Nadmořské výšky měřických bodů

Porovnání výsledných výšek získaných trigonometrickou technickou nivelací vyplývá, že jsou obě metody rovnocenné.

Na obrázku 9 je doplněná přehledka areálu ČZU o nově zřízené měřické body. Pro lepší orientaci v mapě, jsou body výchozí, nutné pro určení souřadnic nově zřízených měřických bodů, zakresleny červeně. Body nově zřízené jsou bílé.



Obrázek 9 - Přehled nově zřízených měřických bodů, ARCMAP (2012)

6.4 Seznam pravoúhlých souřadnic a nadmořských výšek měřických bodů

V tabulce 8 jsou prezentovány pravoúhlé souřadnice a nadmořské výšky nově vybudovaných bodů kombinované měřické sítě v areálu České zemědělské univerzity v Praze.

| Číslo bodu | Pravoúhlé souřadnice v systému S - JTSK | | Nadmořské výšky ve výškovém systému Bpv |
|---------------|---|--------------|---|
| | Y | X | Z |
| 814. 1 | 745 538,78 | 1 037 818,57 | 280,285 |
| 834 | 745 294,24 | 1 037 763,13 | 277,293 |
| 835 | 745 291,54 | 1 037 827,46 | 277,401 |
| 836 | 745 296,83 | 1 037 887,23 | 277,153 |
| 837 | 745 308,13 | 1 037 945,72 | 276,976 |
| 838 | 745 305,30 | 1 037 988,59 | 277,184 |
| 839 | 745 382,44 | 1 037 986,87 | 278,012 |

Tabulka 8 - Pravoúhlé souřadnice a nadmořské výšky nových měřických bodů

7. DISKUSE

Hlavní úlohou této bakalářské práce bylo doplnění stávající kombinované měřické sítě v areálu České zemědělské univerzity v Praze o nové měřické body.

U nově vybudovaných bodů kombinované měřické sítě se pravoúhlé souřadnice v systému S-JTSK určovaly primárně metodou polygonových pořadů. Konkrétně se jednalo o pořady oboustranně připojené a orientované. Na tuto metodu se klade určitý požadavek na přesnost, s jakou získáváme naměřená data. Přesnost se posuzuje na základě dosažených neboli naměřených odchylek a odchylek povolených.

Dalším požadavek vztahujícím se na danou metodu je prostorové uspořádání vrcholových bodů polygonového pořadu. HUML, MICHAL (2006) definují tento požadavek jako maximální povolenou délku mezi sousedními body polygonového pořadu. Pro krátké polygonové pořady je tato délka vyjádřena rozmezím 50 až 200m a u pořadu dlouhého je toto rozmezí stanoveno na 200 až 1500 m. U obou typů polygonových pořadů však musí platit, že mezní poměr sousedních stan je 1 : 3. Mezi další geodetické metody vhodné k určení pravoúhlých souřadnic bodů kombinované měřické sítě patří metoda zaměřování rajonem a protínáním vpřed z úhlů nebo délek a protínáním kombinovaným. U metod protínáním je stanoven požadavek na rozpětí vrcholového měřeného na stanovisku na **30^g** až **170^g**.

Pravouhlé souřadnice bodů kombinované měřické sítě můžeme určovat i moderními metodami, mezi které patří metoda GPS a metoda fotogrammetrická, tzv. analytická triangulace.

Při určování nadmořských výšek měřických bodů byla využita metoda trigonometrické a technické nivelace. Současným použitím obou metod došlo k celkovému zpřesnění výsledných hodnot nadmořských výšek.

Výběr metod využitých k získání pravouhlých souřadnic a výšek nově zřízených měřických bodů považuji osobně za správný a zcela vyhovující. Při určování pravouhlých souřadnic měřických bodů by se mohlo použít i moderních geodetických metod, především metody GPS.

Vzhledem k povaze terénu není zcela vhodné využít metodu fotogrammetrickou, kvůli vysokému výskytu vegetace v dané lokalitě. Naopak metoda GPS se mi její jako mnohem vhodnější, ovšem přesnost získaných hodnot závisí na stupni zástavby v lokalitě.

8. ZÁVĚR

V této kapitole jsem vyhodnocoval přesnost měření, dosaženou v průběhu měření s přesností, které dané měření mělo odpovídat.

Polygonový pořad **903 – 815** je definován počátečním bodem **903**, ze kterého se provedla orientace na bod **907**, poté následovalo úhlové zaměření bodů **814. 1** a následně měření osnovy směrů na bodě **814. 1**. Koncovým bodem tohoto polygonového pořadu se stal bod **815**, ze kterého se provedla orientace na bod **816**. Osnovy směrů na bodech **903 – 815** byly zaměřovány ve dvou polohách dalekohledu a ve dvou skupinách. Tímto postupem měření se zjistily vrcholové úhly ω_i všech měřických bodů polygonového pořadu, ze kterých se následně vypočetla naměřená odchylka $O_{\omega(903-815)}$.

Hodnota úhlové odchylky se po výpočtu rovnala $O_{\omega(903-815)} = 1^c 58^{cc}$. Tato vypočtená odchylka se následně porovnála s odchylkou dopustnou $u_{M_\omega} = 100^{cc} \sqrt{n}$, jejíž hodnota je $1^c 73^{cc}$. Z kritéria požadované přesnosti $u_{M_\omega} \geq O_{\omega(903-815)}$ je patrné, naměřena odchylka $O_{\omega(903-815)}$ povolené kritérium splňuje.

Dalším polygonovým pořadem, zřízeným pro zjištění pravoúhlých souřadnic bodů, byl polygonový pořad **817 – 826**. Průběh pořadu je zobrazen v příloze č. 3 této bakalářské práce. Po výpočtu naměřených hodnot na bodech **834 – 839** a na bodě **826** byla vypočtena úhlová odchylka $O_{\omega(817-826)}$, která se rovná 57^{cc} a odchylka dopustná, která se rovnala $u_{M_{\omega}} = 100^{cc}\sqrt{n} = 2^{cc}82^{cc}$. Kritérium požadované přesnosti bylo i u tohoto polygonového pořadu splněno.

Po splnění kritéria přesnosti, se z naměřených hodnot spočetly pravoúhlé souřadnice nových bodů měřické sítě. Při výpočtu pravoúhlých souřadnic se opět srovnávala naměřená souřadnicová odchylka s odchylkou povolenou.

Naměřená souřadnicová odchylky $O_{p(903-815)} = 0,03\text{m}$ u polygonového pořadu **903 – 815**, se porovnávala dopustnou odchylkou $u_{M_p} = 0,16\text{m}$. Hodnota odchylky $O_{p(817-826)} = 0,14\text{m}$ a povolené odchylky $u_{M_p} = 0,27\text{m}$ u polygonového pořadu **817 – 826** se mezi sebou opět porovnávaly a u obou polygonových pořadu **903 – 815**, **817 – 826** bylo splněno kritérium přesnosti $O_p \leq u_{M_p}$.

Po výpočtu pravoúhlých souřadnic jsem nejprve metodou trigonometrické a následně pak technické nivelace vypočítal nadmořské výšky bodu **814.1** a bodů **834 – 839**. Při určování nadmořské výšky bodu **814.1** metodou trigonometrické nivelace bylo dosaženo naměřené odchylky $O_{h(903-815)} = -0,002\text{m}$ a odchylky povolené $\Delta_h = \pm 0,015\text{m}$. Při určování nadmořských výšek bodů **834 – 839** bylo dosaženo $O_{h(817-826)} = +0,002\text{m}$ a povolené odchylky $\Delta_h = \pm 0,029\text{m}$.

Při určování nadmořských výšek bodů **834 – 839**, **814.1** pomocí technické nivelace, se vycházelo z rozdílů sumy záměr vzad a vpřed. Získaný rozdíl se odečetl od převýšení mezi koncovým a počátečním bodem. V případě výškového pořadu **903 – 815** se tento rozdíl označil $O_{h(903-815)}$ a byl vyčíslen na hodnotu $-0,002\text{m}$. Povolená odchylka u tohoto výškového pořadu se rovnala $\Delta_h = \pm 0,013\text{m}$. U výškového pořadu **817 – 826** se naměřená odchylka rovnala $O_{h(817-826)} = -0,006\text{m}$ a odchylka povolená se rovnala $\Delta_h = \pm 0,030\text{m}$.

Při určování nadmořských výšek nových bodů kombinované měřické sítě se naměřená odchylka srovnává s odchylkou povolenou a musí platit, že $O_h \leq \Delta_h$, což u obou výškových pořadů bylo splněno.

9. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

GEODIS, 2009: GEODIS BRNO, Brno, online:

http://obchod.geodis.cz/uploads/documents/geodezie/GTS_105NInfo.pdf, cit. 14. 12. 2011.

GEODIS BRNO, 2007: ELEKTRONICKÁ TOTÁLNÍ STANICE GTS – 105N, GEODIS, Brno: 1-1, 3-1, 4 s.

NIKON CORPORATION, 2011: The Nikon Positioning web site, United States, online: http://www.nikonpositioning.com/autolevels_ap_ac_ax.aspx, cit. 16.12. 2011.

HUML, M., MICHAL, J., 2006: MAPOVÁNÍ 10, Nakladatelství ČVUT, Praha: 157s.

SCHENK, J., 2004: Geodetické sítě, Institut geodézie, Ostrava: 9 s.

ÚZ, 2007: Katastr nemovitosti, zeměměřictví, Nakladatelství Sagit, a.s., Ostrava: 103 s.

ÚZ, 2007: Katastr nemovitosti, zeměměřictví, Nakladatelství Sagit, a.s., Ostrava: 101 s.

BURŠÍK, A., PROCHÁZKA, F., 1979: GEODETICKÉ POČTÁŘSTVÍ, KARTOGRAFIE, Praha: 113 s.

HÁNEK, P., KOL., 2007: STAVEBNÍ GEODÉZIE, Nakladatelství ČVUT, Praha: 17 s.

ŠVEC, M., HÁNEK, P., 2006: STAVEBNÍ GEODÉZIE 10, Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha: 41 – 42 s.

HÁNEK, P., KOL., 2007: STAVEBNÍ GEODÉZIE, Nakladatelství ČVUT, Praha: 16 s.

ŠVEC, M., HÁNEK, P., 2006: STAVEBNÍ GEODÉZIE 10, Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha: 73 s.

BURŠÍK, A., PROCHÁZKA, F., 1979: GEODETICKÉ POČTÁŘSTVÍ, KARTOGRAFIE, Praha: 179 s.

BRYCHTA, M., KOL., 1985: GEODÉZIE, Praktická výuka I, Ediční středisko ČVUT, Praha: 96 - 97 s.

MANSFELDOVÁ, J., 2008: GEODETICKÉ VÝPOČTY, 1. část, ©spszememericka, Praha: 6 s.

CHAMOUT, L., SKÁLA, P., 2008: GEODÉZIE, 1. část, Česká zemědělská univerzita, Praha: 48 s.

MLČKOVÁ, D., 2008: GEODETICKÉ VÝPOČTY, 2. část, ©spszememericka, Praha: 31 s.

BURŠÍK, A., PROCHÁZKA, F., 1979: GEODETICKÉ POČTÁŘSTVÍ, KARTOGRAFIE, Praha: 362 s.

FEDOROV, V., SHILOV, P., 1985: ENGINEERING SURVEYING, MIR PUBLISHERS, Moscow: 164 – 165 s.

CHAMOUT, L., SKÁLA, P., 2008: GEODÉZIE, 1. část, Česká zemědělská univerzita, Praha: příloha 4.1

ČSN 01 3411, 1980: Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky, Český normalizační institut, Praha

UREN, J., PRICE, B., 2010: Surveying for engineers, PALGRAVE MACMILLAN, Great Britain: 42 - 43 s.

CHAMOUT, L., 2011: Ústní sdělení. ČZU, Praha: 15. 12. 2011

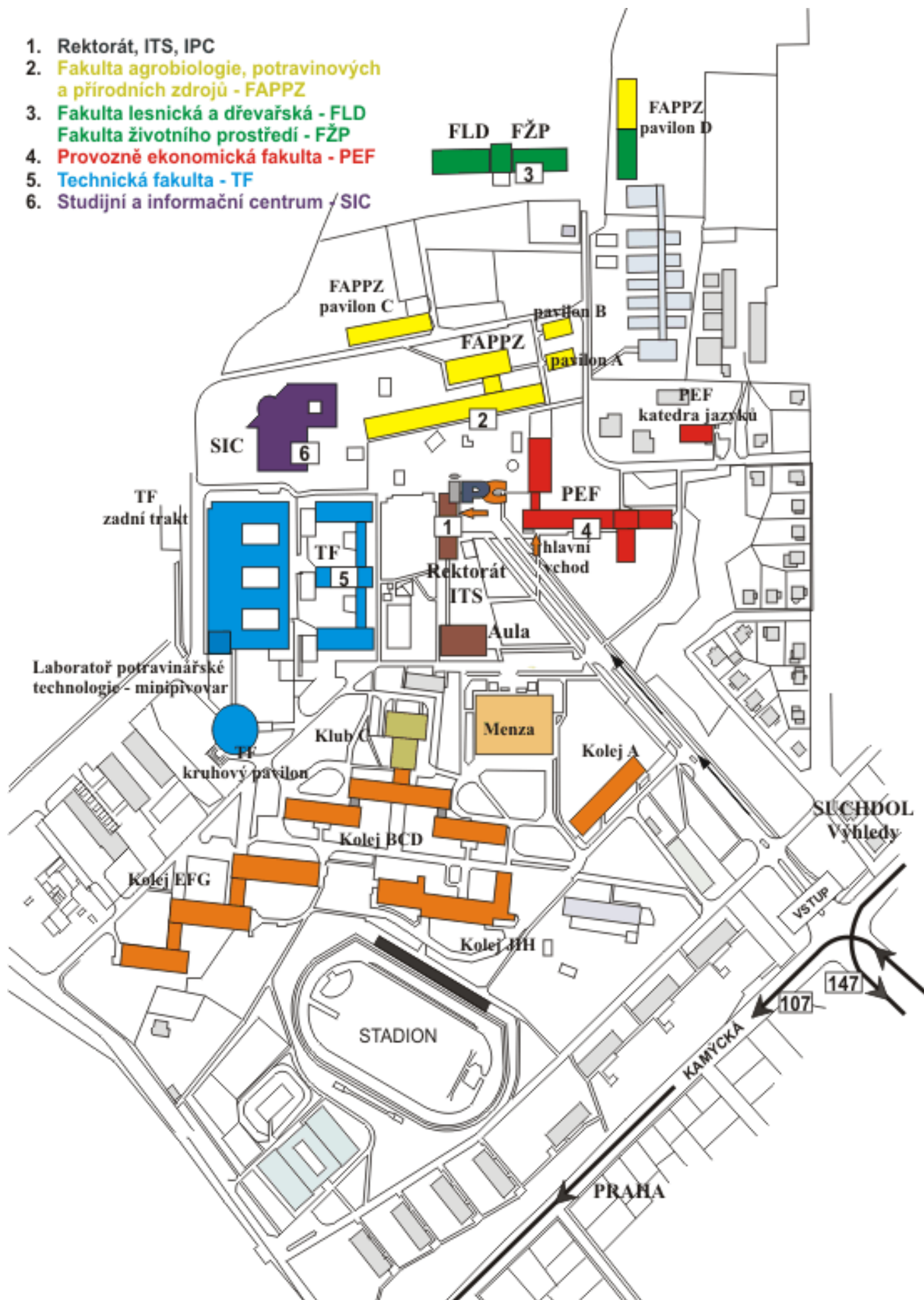
CHAMOUT L., SKÁLA P., 2008: GEODÉZIE, 1. část, Česká zemědělská univerzita, Praha: 44 s.

10. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Schématický plán areálu ČZU
- Příloha č. 2 Náčrt polygonového pořadu **903 – 815**
- Příloha č. 3 Náčrt polygonového pořadu **817 – 826**
- Příloha č. 4 Výpočet souřadnic bodu **814. 1**
- Příloha č. 5 Výpočet souřadnic bodů **834 – 839**
- Příloha č. 6 Zápisník vodorovných směrů a zenitových úhlů pro body **903 – 815**
- Příloha č. 7 Zápisník vodorovných směrů a zenitových úhlů pro body **817 – 826**
- Příloha č. 8 Zápisník délek a převýšení bodů **903 – 815** měřených GTS
- Příloha č. 9 Zápisník délek a převýšení bodů **817 – 826** měřených GTS
- Příloha č. 10 Výpočet trigonometrické nivelace
- Příloha č. 11 Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci
- Příloha č. 12 Geodetické údaje bodů **814 / 814. 1 / 815 / 816**
- Příloha č. 13 Geodetické údaje bodů **817 / 818 / 825 / 826**
- Příloha č. 14 Geodetické údaje bodů **834 / 835 / 836 / 837**
- Příloha č. 15 Geodetické údaje bodů **838 / 839 / 903 / 907**

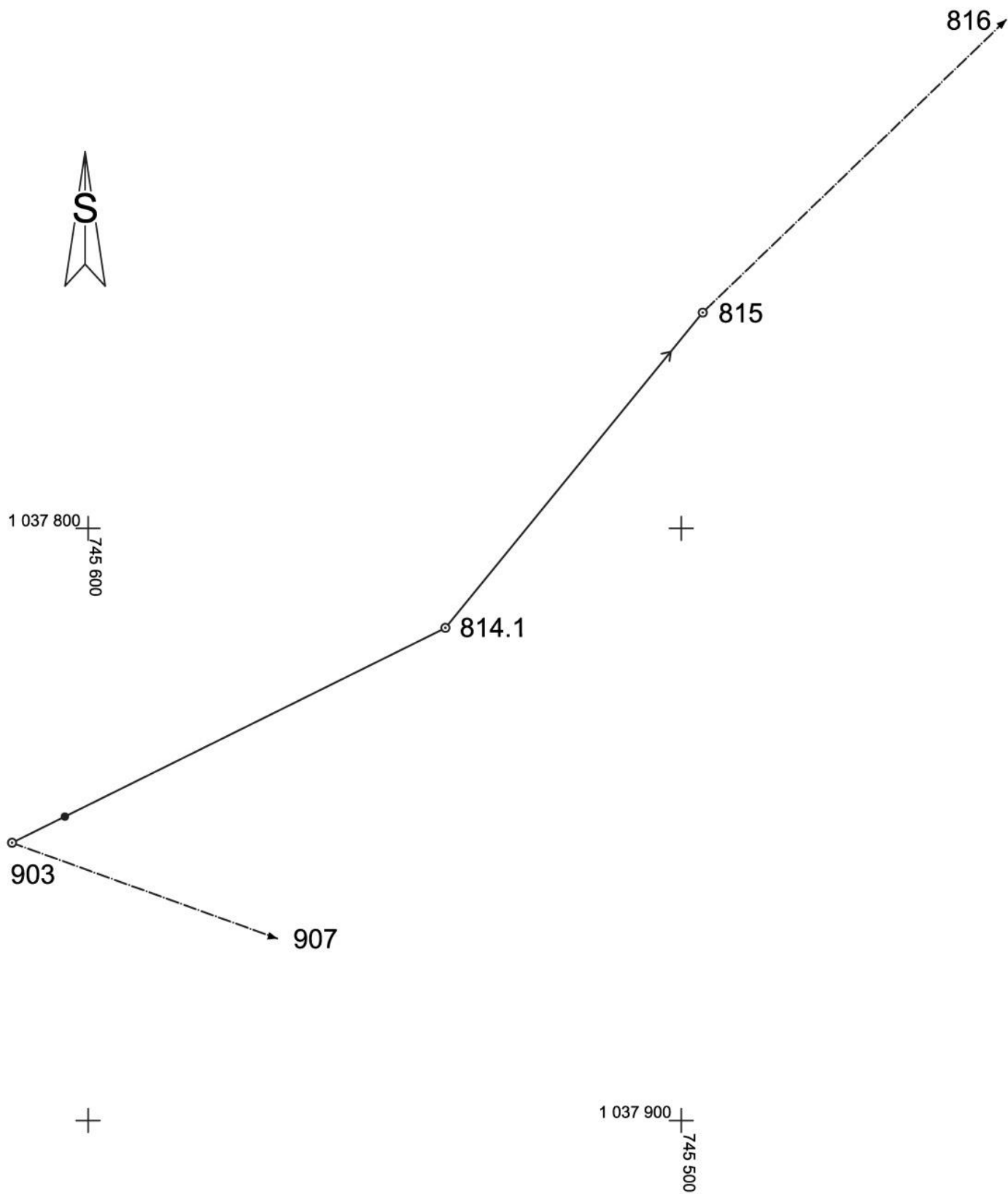
SCHÉMATICKÝ PLÁN AREÁLU ČZU

1. Rektorát, ITS, IPC
2. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů - FAPPZ
3. Fakulta lesnická a dřevařská - FLD
Fakulta životního prostředí - FŽP
4. Provozně ekonomická fakulta - PEF
5. Technická fakulta - TF
6. Studijní a informační centrum - SIC



Příloha č. 1

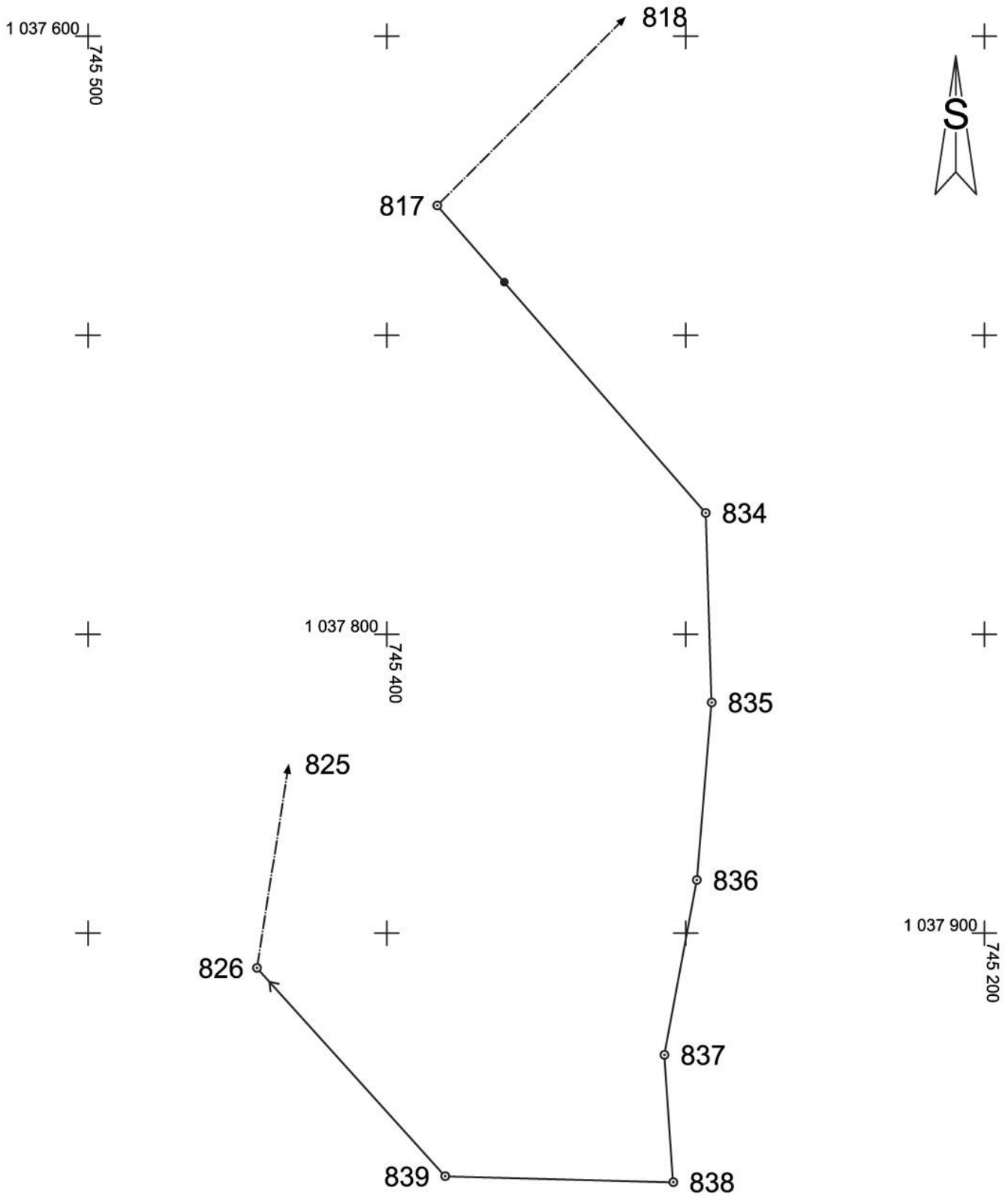
NÁČRT POLYGONOVÉHO POŘADU 903 - 815



1 : 1 000

Příloha č. 2

NÁČRT POLYGONOVÉHO POŘADU 817 - 826



1 : 2 000

Příloha č. 3



VÝPOČET SOUŘADNIC BODŮ POLYGONOVÝCH POŘADŮ

| Číslo pořadu | Číslo bodu | Vrch. úhly ω a úhlové vyrovnání | | | Směrníky α | | | Strany s [m] | Souřadnice S - JTSK a souřadnicové vyrovnání | |
|--------------|----------------------------|--|-----|-----|----------------------|----|--------|--------------------|---|------------------------|
| | | g | c | cc | g | c | cc | | y | x |
| | | (1) | (2) | (3) | | | (4) | | | (5) |
| 2 | 5817-818 | | | | 249 | 53 | 93 | | ----- | ----- |
| | 817 | | | -07 | | | | | | |
| | | 104 | 56 | 93 | | | | | 745 384.36 | + 037 660.59 |
| | | | | | | | | | -0.01 | -0.02 |
| | 834 | | | -07 | 354 | 10 | 79 | 136.527 | - 90.11 | + 102.56 |
| | | 243 | 22 | 23 | | | | | 745 294.24 | + 037 763.13 |
| | | | | | | | | | | -0.02 |
| | 835 | | | -07 | 397 | 32 | 95 | 64.402 | - 2.70 | + 64.35 |
| | | 208 | 29 | 59 | | | | | 745 291.54 | + 037 827.46 |
| | | | | | | | | | -0.01 | -0.02 |
| | 836 | | | -07 | 5 | 62 | 47 | 60.023 | + 5.30 | + 59.79 |
| | | 206 | 52 | 75 | | | | | 745 296.83 | + 037 887.23 |
| | | | | | | | | -0.01 | -0.02 | |
| 837 | | | -07 | 12 | 15 | 15 | 59.595 | + 11.31 | + 58.51 | |
| | 183 | 65 | 77 | | | | | 745 308.13 | + 037 945.72 | |
| | | | | | | | | | -0.02 | |
| 838 | | | -08 | 395 | 80 | 85 | 42.981 | - 2.83 | + 42.89 | |
| | 305 | 60 | 47 | | | | | 745 305.30 | + 037 988.59 | |
| | | | | | | | | -0.01 | -0.01 | |
| 839 | | | -07 | 101 | 41 | 24 | 77.173 | + 77.15 | - 1.71 | |
| | 251 | 95 | 15 | | | | | 745 382.44 | + 037 986.87 | |
| | | | | | | | | -0.01 | -0.02 | |
| 826 | | | -07 | 153 | 36 | 32 | 94.427 | + 63.15 | - 70.20 | |
| | 256 | 49 | 64 | | | | | 745 445.58 | + 037 916.65 | |
| | 5826-825 | | | | 209 | 85 | 89 | 151-535-128 | $\Delta y = 61.22$ | $\Delta x = 256.06$ |
| | Σ | 2009 | 86 | 46 | | | | | $[\Delta y'] = 61.27$ | $[\Delta x'] = 256.19$ |
| | $\alpha'_{826-825}$ | 209 | 86 | 46 | | | | | $O_y = -0.05$ | $O_x = -0.13$ |
| | 6826-825 | 209 | 85 | 89 | | | | | $O_p = 0.14$ | |
| | O_{ω} | - 0 | 00 | 57 | | | | | $u_{mp} = 0.01 \sqrt{[S]} + 0.04 = 0.27$ | |
| | $u_{M\omega}$ | $100 \sqrt{[r]}$ | | | 0 | 02 | 82 | | | |
| | $O_{\omega} < u_{M\omega}$ | | | | | | | | | |

Pro výuku předmětu GEODEZIE



Zápisník vodorovných směrů a zenitových úhlů

| | | |
|------------------------------|--------------|----------------------|
| Měřil: <i>StanodubceV</i> | Situace: | Teodolit: |
| Dne: <i>20.3.2012</i> | S | <i>GTS 105 N</i> |
| Viditelnost: <i>Dobrá</i> | | v.č.: <i>6H 1153</i> |
| Zapsal: <i>Exner</i> | | Poznámka: |
| Vypočetl: <i>StanodubceV</i> | | |
| Kontroloval: <i>Dalás</i> | | |

| Stanovisko | | Směr na bod č. | Vodorovné směry | | | | | | | | Zenitové úhly z | | | | |
|------------|-----------------|----------------------|-----------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|------|------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|--------|-------|
| číslo | výška stroje | | Poloha | Průměr prostý | | Průměr reduk. | | Průměr prostý | | Průměr reduk. | | Výsledné vodorovné směry | Výška cílové značky | Poloha | Zápis |
| (1) | (2) | (3) | (4) | 1. skupina | (6) | 2. skupina | (8) | (3. skupina) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | |
| 903 | 1.635 | 905 | I | 0'05"00 | 04'45 | 100'05"00 | 05'01 | | | | 0'00"00 | I | | | |
| | | | II | 200'04'50 | 00'00 | 300'05'02 | 00'00 | | | Σ | | | | | |
| | | 814.1 | I | 287'48'18 | 48'26 | 387'48'64 | 48'49 | | | | 287'43'50 | I | | | |
| | | | II | 87'48'34 | 43'51 | 87'48'34 | 43'48 | | | | | Σ | | | |
| 814.1 | 1.587 | 903 | I | 0'05"00 | 04'40 | 100'05"00 | 04'88 | | | | 0'00"00 | I | | | |
| | | | II | 200'04'40 | 00'00 | 300'04'46 | 00'00 | | | | | Σ | | | |
| | | 815 | I | 172'41'58 | 41'65 | 272'41'68 | 41'44 | | | | 172'66'192 | I | | | |
| | | | II | 342'41'42 | 66'95 | 42'41'86 | 66'89 | | | | | Σ | | | |
| 815 | 1.605 | 814.1 | I | 0'05"00 | 05'13 | 100'05"00 | 04'44 | | | | 0'00"00 | I | | | |
| | | | II | 200'05'26 | 00'00 | 300'04'48 | 00'00 | | | | | Σ | | | |
| | | 816 | I | 205'34'36 | 34'45 | 305'34'18 | 36'92 | | | | 205'32'25 | I | | | |
| | | | II | 5'34'54 | 32'32 | 105'36'66 | 32'18 | | | | | Σ | | | |
| | | | I | | | | | | | | I | | | | |
| | | | II | | | | | | | | Σ | | | | |
| | | | I | | | | | | | | I | | | | |
| | | | II | | | | | | | | Σ | | | | |
| | | | I | | | | | | | | I | | | | |
| | | | II | | | | | | | | Σ | | | | |
| | | | I | | | | | | | | I | | | | |
| | | | II | | | | | | | | Σ | | | | |
| | | | I | | | | | | | | I | | | | |
| | | | II | | | | | | | | Σ | | | | |

Zápisník vodorovných směrů a zenitových úhlů



str.

 Měřil: *StarodubceV*
 Dne: *27. 3. 2012*
 Viditelnost: *Dobrá*
 Zapsal: *Exner*
 Vypočetl: *StarodubceV*
 Kontroloval: *Palas*

Situace:



Teodolit:

GTS 105N
v.č.: 6H 1153

Poznámka:

| Stanovisko | | Směr na bod č. | Vodorovné směry | | | | | | | | Zenitové úhly z | | | | |
|------------|-----------------|----------------------|-----------------|------------|-------|------------|-------|--------------|-----|--------------------------------|---------------------------|--------|-------|---------------------------|------|
| číslo | výška stroje | | Poloha | 1. skupina | | 2. skupina | | (3. skupina) | | Výsledné vodorovné směry | Výška cílové značky | Poloha | Zápis | Výsledný zenitový úhel | |
| (1) | (2) | (3) | | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | | | | | | (10) |
| 817 | +586 | 818 | I | 0°05'00 | 05'12 | 100°05'00 | 04'94 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°05'24 | 00'00 | 300°04'94 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 834 | I | 104°52'08 | 62'14 | 204°61'42 | 61'80 | | | | | | | | |
| | | | II | 304°52'20 | 54'02 | 4°61'88 | 56'83 | | | | 104°56'93 | | | | |
| 834 | +533 | 817 | I | 0°05'00 | 05'13 | 100°05'00 | 05'16 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°05'26 | 00'00 | 300°05'32 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 835 | I | 243°24'34 | 24'34 | 343°24'46 | 24'54 | | | | | | | | |
| | | | II | 43°24'34 | 22'21 | 143°24'62 | 22'38 | | | | 243°22'23 | | | | |
| 835 | +511 | 834 | I | 0°05'00 | 04'69 | 100°05'00 | 05'00 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°04'38 | 00'00 | 300°05'00 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 836 | I | 208°34'20 | 34'30 | 308°34'42 | 34'54 | | | | | | | | |
| | | | II | 8°34'40 | 29'61 | 108°34'42 | 29'54 | | | | 208°29'59 | | | | |
| 836 | +522 | 835 | I | 0°05'00 | 04'93 | 100°05'00 | 05'13 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°04'86 | 00'00 | 300°05'26 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 837 | I | 206°54'60 | 54'55 | 306°54'86 | 58'00 | | | | | | | | |
| | | | II | 6°54'50 | 52'62 | 106°58'14 | 52'84 | | | | 206°52'45 | | | | |
| 837 | +461 | 836 | I | 0°05'00 | 04'94 | 100°05'00 | 05'05 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°04'94 | 00'00 | 300°05'10 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 838 | I | 183°40'60 | 40'62 | 283°41'00 | 40'94 | | | | | | | | |
| | | | II | 383°40'64 | 65'65 | 83°40'88 | 65'89 | | | | 183°65'44 | | | | |
| 838 | +466 | 837 | I | 0°05'00 | 05'18 | 100°05'00 | 05'12 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°05'36 | 00'00 | 300°05'24 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 839 | I | 305°55'84 | 65'59 | 5°55'56 | 65'64 | | | | | | | | |
| | | | II | 105°55'34 | 60'41 | 205°55'42 | 60'52 | | | | 305°60'44 | | | | |
| 839 | +454 | 838 | I | 0°05'00 | 05'14 | 100°05'00 | 05'09 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°05'28 | 00'00 | 300°05'18 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 826 | I | 252°00'42 | 00'32 | 152°00'23 | 00'21 | | | | | | | | |
| | | | II | 52°00'22 | 95'18 | 352°00'19 | 95'12 | | | | 251°95'15 | | | | |
| 826 | +445 | 839 | I | 0°05'00 | 05'01 | 100°05'00 | 04'85 | | | | | | | | |
| | | | II | 200°05'02 | 00'00 | 300°04'40 | 00'00 | | | | 0°00'00 | | | | |
| | | 825 | I | 256°54'46 | 54'69 | 356°54'54 | 54'48 | | | | | | | | |
| | | | II | 56°54'62 | 49'68 | 156°54'42 | 49'63 | | | | 256°49'64 | | | | |

VÝPOČET TRIGONOMETRICKÉ NIVELACE

Zakázka: *Areál ČZU*Vypočetl: *ŠtanodubceV*Datum: *27.3.2012*Kontroloval: *Exner*

$$q = \frac{D^2}{2R}$$

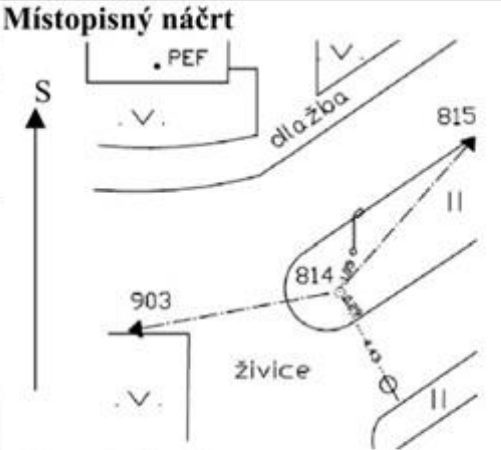
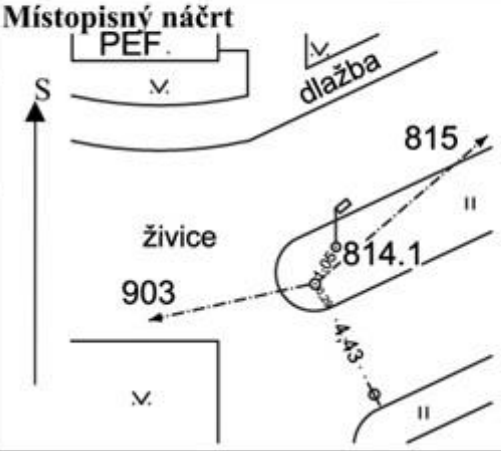
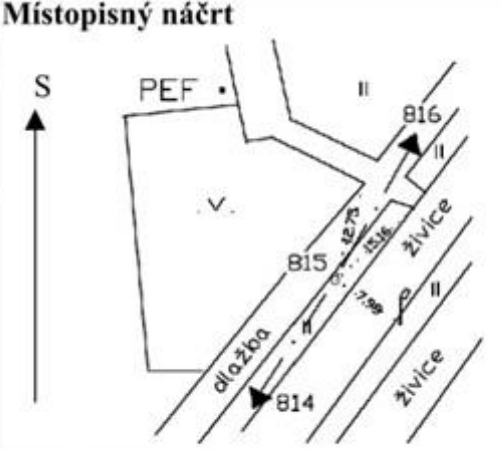
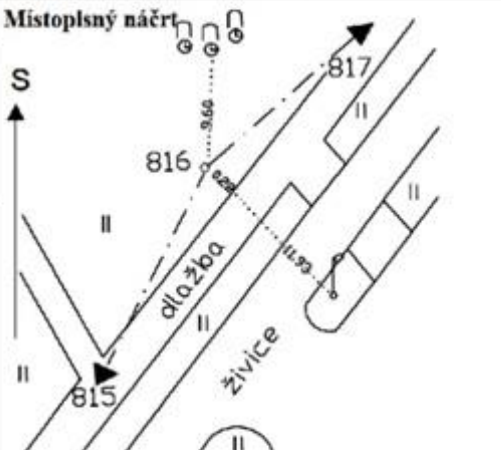
R = 6 380 000 m

| č. bodu | vod. délka D [m] | převýšení ϕ [m] | opr. ze zakřiv. Země q [m] | oprava [m] | nadmoř. výška Bpv [m] | č. bodu | vod. délka D [m] | převýšení ϕ [m] | opr. ze zakřiv. Země q [m] | oprava [m] | nadmoř. výška Bpv [m] |
|----------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------|----------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------|
| 817 | | | | | 278.750 | 903 | | | | | 281.550 |
| | 137 | -1.460 | - | +0.001 | | | 81 | -1.265 | - | -0.001 | |
| 834 | | | | | 277.291 | 814.1 | | | | | 280.284 |
| | 64 | +0.108 | - | | | | 69 | -0.493 | - | -0.001 | |
| 835 | | | | | 277.399 | 815 | | | | | 279.79 |
| | 60 | -0.245 | - | | | Σ | 150 | -1.758 | | | |
| 836 | | | | | 277.154 | | h = | -1.760 | m | | |
| | 60 | -0.181 | - | | | | h' = | -1.758 | m | | |
| 837 | | | | | 276.973 | | Oh = | -0.002 | m | | |
| | 43 | +0.210 | - | | | | $\Delta h =$ | ± 15 | mm | | |
| 838 | | | | | 277.183 | | Oh < | Δh | | | |
| | 77 | +0.829 | - | | | | | | | | |
| 839 | | | | | 278.012 | | | | | | |
| | 94 | +0.537 | - | +0.001 | | | | | | | |
| 826 | | | | | 278.550 | | | | | | |
| Σ | 535 | -0.202 | | | | | | | | | |
| | h = | -0.200 | m | | | | | | | | |
| | h' = | -0.202 | m | | | | | | | | |
| | Oh = | +0.002 | m | | | | | | | | |
| | $\Delta h =$ | ± 29 | mm | | | | | | | | |
| | Oh < | Δh | | | | | | | | | |

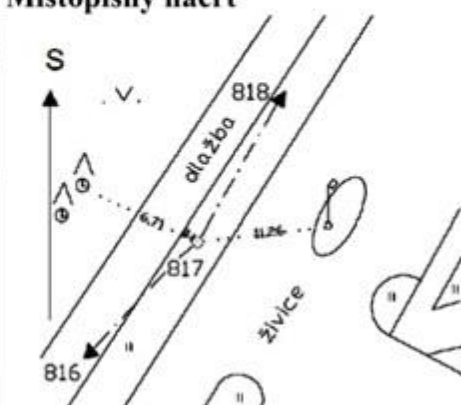
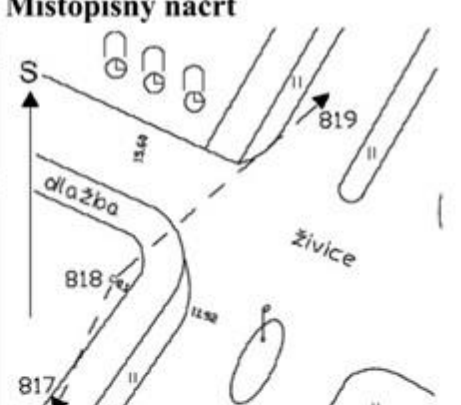
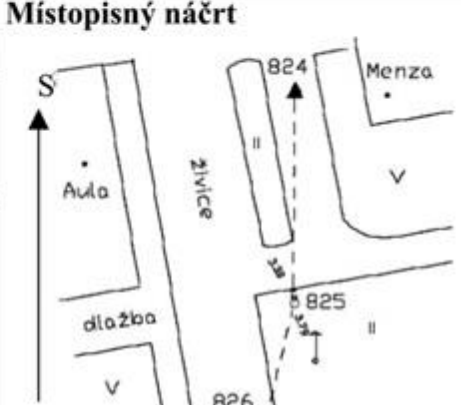
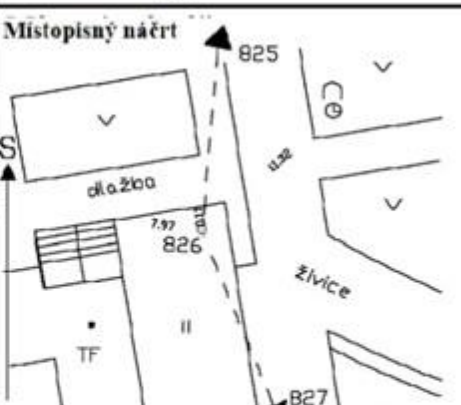
| Číslo bodu | | Čtení na lati | | | Nadmořská výška horizontu přístroje | Nadmořská výška bodu | | Staničení [m] | Poznámka |
|-------------------|--------------|---------------|------------|------------|--|----------------------|----------------|--|----------|
| přesta- vového | bočné- ho | vzad + | vpřed - | bočně - | | přestavového | určeného bočně | | |
| 826 | | 0.709-1 | | | | 278.550 | 60 | typ přístroje: NI AX-25 | |
| | 839 | | | 1.247 | | | | výr. číslo přístroje: | |
| | | | 1.476 | | | | 60 | měřeno dne: 12.4.2012 | |
| | | 0.774 | | | | | 22 | měřil: Starodubcev | |
| | 839 | | | 0.545 | | 278.011 | | | |
| | 838 | | | 1.371 | | 277.185 | | zapsal: Exner | |
| | | | 1.318 | | | | 22 | | |
| | | 1.109-1 | | | | | 32 | vypočetl: Starodubcev | |
| | 838 | | | 1.164 | | 277.185 | | | |
| | 837 | | | 1.366 | | 276.980 | | viditelnost: špatná, dešť | |
| | | | 1.285 | | | | 32 | zkouška přístroje: | |
| | | 1.325-1 | | | | | 30 | $a_1 = 1.211$ $a_2 = 1.245$ | |
| | 837 | | | 1.409 | | 276.976 | | $b_1 = 1.254$ $b_2 = 1.289$ | |
| | 836 | | | 1.234 | | 277.151 | | $h_1 = a_1 - b_1 = 0.043$ | |
| | | | 1.201 | | | | 30 | $h_2 = a_2 - b_2 = 0.044$ | |
| | | 1.326-1 | | | | | 36 | $h = h_1 - h_2 = -1 \text{ mm}$ | |
| | 836 | | | 1.359 | | 277.150 | | | |
| | 835 | | | 1.106 | | 277.403 | | | |
| | | | 1.145 | | | | 36 | | |
| | | 1.327-1 | | | | | 44 | | |
| | 835 | | | 1.289 | | 277.401 | | | |
| | 834 | | | 1.394 | | 277.296 | | | |
| | | | 1.316 | | | | 44 | | |
| | | 1.571 | | | | | 20 | | |
| | 834 | | | 1.652 | | 277.293 | | | |
| | | | 0.959 | | | | 20 | | |
| | | 1.683-1 | | | | | 30 | | |
| 817 | | | 0.918 | | | 278.750 | 30 | | |
| | Σ | 19.824 | -9618 | | | | R=548 | $\Delta h = 40 \cdot i \cdot R' = 30 \text{ mm}$ | |
| | | | | | | | | $h = 0.200$ | |
| | | | | | | | | $h' = 0.206$ | |
| | | | | | | | | $Oh = h - h' = -0.006 \text{ m}$ | |
| | | | | | | | | $Oh < \Delta h$ | |
| 903 | | 0.669-1 | | | | 281.550 | 35 | | |
| | 814.1 | | | 1.932 | | | | | |
| | | | 1.542 | | | | 35 | | |
| | | 1.532-1 | | | | | 35 | | |
| | 8-14.1 | | | 1.922 | | 280.286 | | | |
| 903 | | | 0.660 | | | 281.550 | 35 | | |
| | Σ | 12.201 | -2.202 | | | | R=105 | $\Delta h = 40 \cdot i \cdot R' = 13 \text{ mm}$ | |
| | | | | | | | | $h = 0.000$ | |
| | | | | | | | | $h' = 0.002$ | |
| | | | | | | | | $Oh = h - h' = -0.002 \text{ m}$ | |

Pro výuku předmětu GEODEZIE

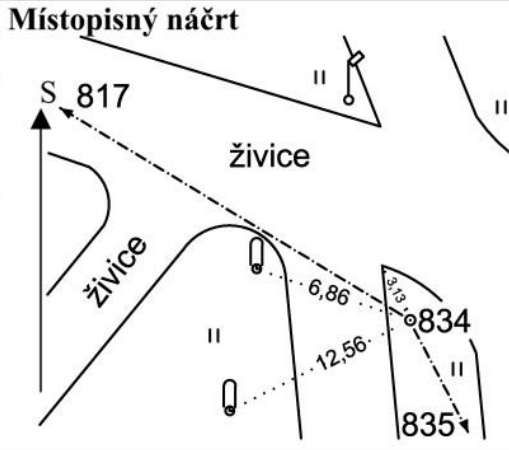
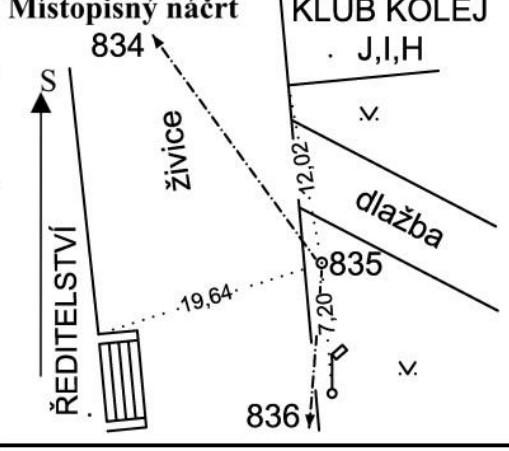
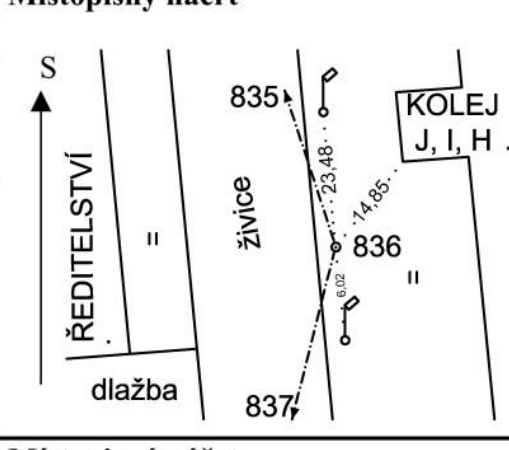
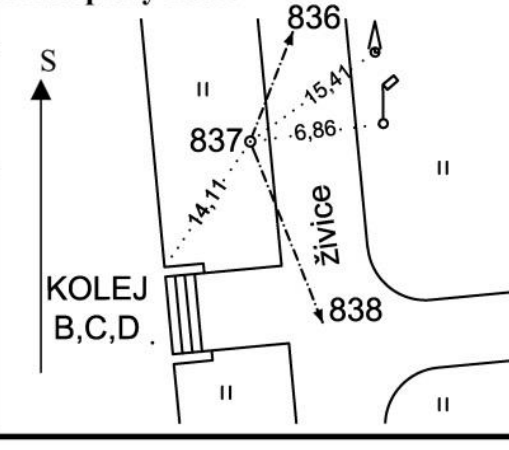
GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

| | | | | | |
|---|---|-----------------------|--------------|--------------------------|---|
| Bod 814 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2009 | Y | 745 538,78 | | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 818,56 | | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 280,33 | | |
| 815 | 243 ^g 53 ^c 29 ^{cc} | | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail | |
| Bod byl přestabilizován a určen nově jako 814.1 | | | | | |
| Bod 814.1 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2012 | Y | 745 538,78 | | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 818,57 | | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 280,29 | | |
| 815 | 243 ^g 53 ^c 29 ^{cc} | | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail | |
| Železný hřeb s křížkem | | | | | |
| Bod určen polygonovým pořadem | | | | | |
| Bod 815 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2009 | Y | 745 495,39 | | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 765,32 | | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 279,79 | | |
| 816 | 248 ^g 84 ^c 93 ^{cc} | | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail | |
| Železná trubka | | | | | |
| Bod určen polygonovým pořadem | | | | | |
| Bod 816 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2009 | Y | 745 445,96 | | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 714,07 | | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 279,34 | | |
| 817 | 254 ^g 48 ^c 45 ^{cc} | | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail | |
| Železná trubka | | | | | |
| Bod určen polygonovým pořadem | | | | | |

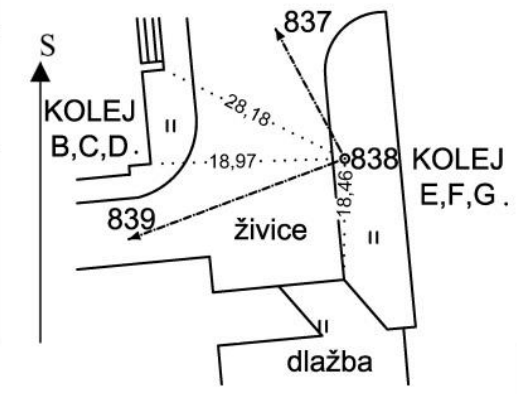

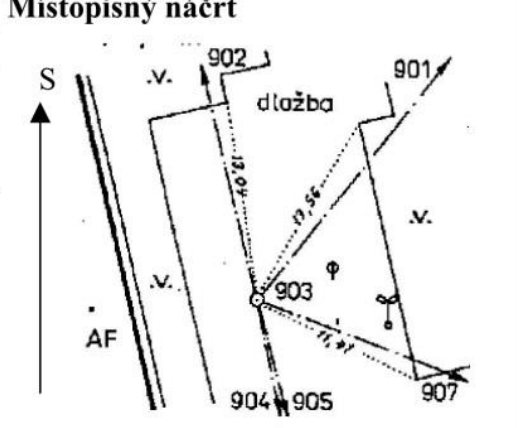

GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

| | | | | |
|---|---|-----------------------|--------------|--|
| Bod 817 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2009 | Y | 745 384,36 | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 660,59 | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 278,75 | |
| 818 | 249 ^g 53 ^c 93 ^{cc} | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | Nárys nebo detail | | |
| Železná trubka | | | | |
| Bod určen polygonovým pořadem | | | | |
| Bod 818 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2009 | Y | 745 321,25 | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 596,56 | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 278,05 | |
| 819 | 267 ^g 98 ^c 48 ^{cc} | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | Nárys nebo detail | | |
| Železná trubka | | | | |
| Bod určen polygonovým pořadem | | | | |
| Bod 825 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2009 | Y | 745 434,85 | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 847,79 | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 278,88 | |
| 826 | 9 ^g 84 ^c 09 ^{cc} | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | Nárys nebo detail | | |
| Železná trubka | | | | |
| Bod určen polygonovým pořadem | | | | |
| Bod 826 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2009 | Y | 745 445,58 | Místopisný náčrt  |
| | | X | 1 037 916,65 | |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) | 278,55 | |
| 827 | 382 ^g 23 ^c 29 ^{cc} | | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | Nárys nebo detail | | |
| Železná trubka | | | | |
| Bod určen polygonovým pořadem | | | | |

GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

| | | | | |
|---|---|--|--------------------------|---|
| Bod 834 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2012 | Y 745 294,24 | X 1 037 763,13 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 277,29 | | |
| 835 | g 397 | c 32 | cc 96 | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail |
| Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem | | | | |
| Bod 835 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2012 | Y 745 291,54 | X 1 037 827,46 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 277,40 | | |
| 836 | g 5 | c 61 | cc 98 | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail |
| Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem | | | | |
| Bod 836 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2012 | Y 745 296,83 | X 1 037 887,23 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 277,15 | | |
| 837 | g 12 | c 14 | cc 95 | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail |
| Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem | | | | |
| Bod 837 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2012 | Y 745 308,13 | X 1 037 945,72 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 276,98 | | |
| 838 | g 395 | c 80 | cc 35 | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu | | | | Nárys nebo detail |
| Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem | | | | |

GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

| | | | | |
|--|------------------------------------|--|--------------------------|---|
| Bod 838 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2012 | Y 745 305,30 | X 1 037 988,59 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 277,18 | | |
| 839 | g 101 | c 41 | cc 92 | Popis, způsob stabilizace a určení bodu Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem |
| Nárys nebo detail | | | | |
| Bod 839 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2012 | Y 745 382,44 | X 1 037 986,87 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 278,01 | | |
| 826 | g 153 | c 37 | cc 66 | Popis, způsob stabilizace a určení bodu Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem |
| Nárys nebo detail | | | | |
| Bod 903 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2004 | Y 745 611,69 | X 1 037 854,49 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 281,55 | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu Železný hřeb s křížkem | | | | Nárys nebo detail |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu Železný hřeb s křížkem | | | | |
| Bod 907 | Bod zřídila: ČZU org., rok 2004 | Y 745 567,11 | X 1 037 871,04 | Místopisný náčrt  |
| Orientační jižník na bod | | Nadmořská výška (Bpv) 280,45 | | |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu Železný hřeb s křížkem | | | | Nárys nebo detail |
| Popis, způsob stabilizace a určení bodu Železný hřeb s křížkem | | | | |