

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra speciální geodézie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Polohové zaměření a připojení základního bodového pole
štolý Josef v oblasti Čelina - východ

Vyhotovil: Bc. Lukáš Vais

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Jiřikovský, Ph.D.

květen 2016



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vais	Jméno: Lukáš	Osobní číslo: 396934
Zadávací katedra: K 154 - Katedra speciální geodézie		
Studijní program: Geodézie a kartografie		
Studijní obor: Geodézie a kartografie		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Polohové zaměření a připojení základního bodového pole štol Josef oblasti Čelina - východ	
Název diplomové práce anglicky: Positional measurement and connection of the basic mining point field of Josef Gallery region Čelina - East	
Pokyny pro vypracování: Stabilizace nových bodů v oblasti Čelina východ, zaměření nově vybudované části bodového pole, výpočty, zpracování, vyrovnání a zhodnocení.	
Seznam doporučené literatury: Vyhláška č. 435/1992 Sb. O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, Fencel, M.: Možnosti připojení a usměrnění základního důlního bodového pole v Podzemní laboratoři Josef. (Diplomová práce), Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2011.	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Tomáš Jříkovský Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 25.2.2016	Termín odevzdání diplomové práce: 22.5.2016
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)



Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně a pouze s použitím pramenů a literatury, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Lukáš Vais

.....



Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Tomáši Jiříkovskému, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Doc. Ing. Martinu Štronerovi, Ph.D. za pomoc s výpočtem v aplikaci EasyNET a Ing. Michalu Seidlovi, Ph.D. za pomoc s výpočty GNSS. Poděkování také patří mým spolužákům za pomoc při měření. V neposlední řadě také děkuji své rodině, za velikou podporu po celou dobu studia.



Abstrakt

Cílem této diplomové práce je budování základního důlního bodového pole v oblasti Čelina – východ ve štole Josef. V rámci práce byla provedena rekognoskace, při které se vypracoval návrh rozmístění a stabilizace nového bodového pole v oblasti Čelina - východ. Dále bylo provedeno zaměření polygonového pořadu, zpracování naměřených dat a výpočetní práce s následným vyrovnáním. V práci zahrnut i výpočet nadmořských výšek nově vybudovaných bodů trigonometrickou metodou a následné porovnání s výškami z vyrovnání prostorové sítě v aplikaci EasyNET.

Klíčová slova

polygonový pořad, geodézie v podzemí, štole Josef, automatizované měření, polohová síť, vyrovnání

Abstract

The subject of the diploma thesis is the establishment of a basic mine point field in the Čelina – East area in the Josef Gallery. The thesis includes a reconnaissance survey during which the design of the distribution and stabilization of a new point field in the Čelina – East area was developed. Subsequently, a polygon traverse was run, the measured data processed and calculations with successive adjustment made. The thesis also includes the calculation of the altitudes of newly established points above sea level using the trigonometric method and their comparison with the altitudes surveying obtained from the spatial network adjustment in the EasyNET application.

Key words

traverse, underground, Josef Gallery, automated measurment, positional network, adjustment,



Obsah

Obsah.....	6
Úvod.....	8
1 Popis štol Josefa.....	9
1.1 Základní informace.....	9
1.2 Historie.....	10
1.3 Výuka a výzkum.....	12
2 Stabilizace bodů.....	15
3 Měření.....	18
3.1 Zaměření polygonového pořadu a sítě.....	19
3.2 Připojovací měření metodou GNSS.....	22
4 Zpracování a výpočty.....	23
4.1 Zpracování GNSS.....	23
4.1.1 Nastavení programu Trimble Business Center.....	23
4.1.2 Zpracování statického měření v Trimble Business Center.....	24
4.1.3 Souřadnice statického měření GNSS.....	26
4.2 Zpracování terestrického měření.....	28
4.2.1 Analýza naměřených dat.....	28
4.2.2 Testování protisměrných šikmých délek a zenitových úhlů.....	32
4.2.3 Testování podle vyhlášky č. 435/1992 Sb.....	35
4.2.4 Analýza kyvů důlní olovnice.....	36
4.2.5 Redukce délek.....	37
4.3 Vyrovnání.....	39
4.3.1 Vyrovnání v programu Gama - Local.....	39
4.3.2 Prostorové vyrovnání v aplikaci EasyNET.....	46
4.4 Porovnání vypočtených souřadnic EasyNET a Gama – g2.....	52
4.5 Transformace do místního systému S – Josef.....	53
4.6 Výpočet výšek nově vybudovaného bodového pole.....	54



4.7	Test polohy koncového bodu polygonového pořadu podle vyhlášky	55
4.8	Porovnání souřadnic z mezi body 501 a 537	57
5	Výsledky.....	58
	Závěr	60
	Použitá literatura a zdroje.....	62
	Seznam obrázků	64
	Seznam tabulek	65
	Seznam příloh.....	66



Úvod

Cílem této diplomové práce je vybudování a zaměření základního bodového pole v oblasti Čelina – východ ve štole Josef. Výpočet souřadnic v systému S – JTSK a v místním systému S – Josef.

První kapitola této práce pojednává o základních informacích, které se týkají podzemního díla Josef. Zabývá se technickými parametry, stručně historií štoly a také výukou a výzkumnými experimenty, které jsou v podzemních prostorech provozovány.

Druhá kapitola je zaměřena na vybudování nového bodového pole v oblasti Čelina - východ. Zejména jde o stabilizaci těchto bodů a dále jsou zde uvedeny základní, připojovací a pomocné body dosavadního bodového důlního pole štoly Josef. Na ukázkou jsou uvedeny fotografie některých nově vybudovaných bodů.

Třetí kapitola pojednává o všech činnostech, které souvisejí s měřením a jsou základem pro další zpracování. Dále jsou zde popsány měřické práce prováděné v rámci této diplomové práce. Konkrétně se jedná o měření polygonového pořadu vedoucího z třetího patra do prvního, zaměření celé sítě nově vybudovaných bodů, provažovací měření důlní olovnice a připojovací měření statickou metodou GNSS.

Čtvrtá kapitola se zabývá zpracováním naměřených dat. Zejména se jedná o editaci a analýzu těchto dat. Dále je zde popsán způsob zpracování dat z GNSS, provázení důlní olovnice, redukce délek pro následné vyrovnání v programu Gama – Local a výpočet nadmořských výšek trigonometrickou metodou. Je zde popsán postup výpočtu prostorové sítě v aplikaci EasyNET a následné porovnání výsledků dosažených z obou výpočtů. Vyrovnání pro oba výpočty je popsáno v systému S – JTSK a následně provedená transformace do místního systému S – Josef.

V páté, a to poslední kapitole, jsou uvedeny konečné výsledky. Jsou to souřadnice nově vybudovaných bodů v oblasti Čelina – východ. Výsledné souřadnice jsou uvedeny jak v systému S – JTSK, tak i v místním systému S – Josef.



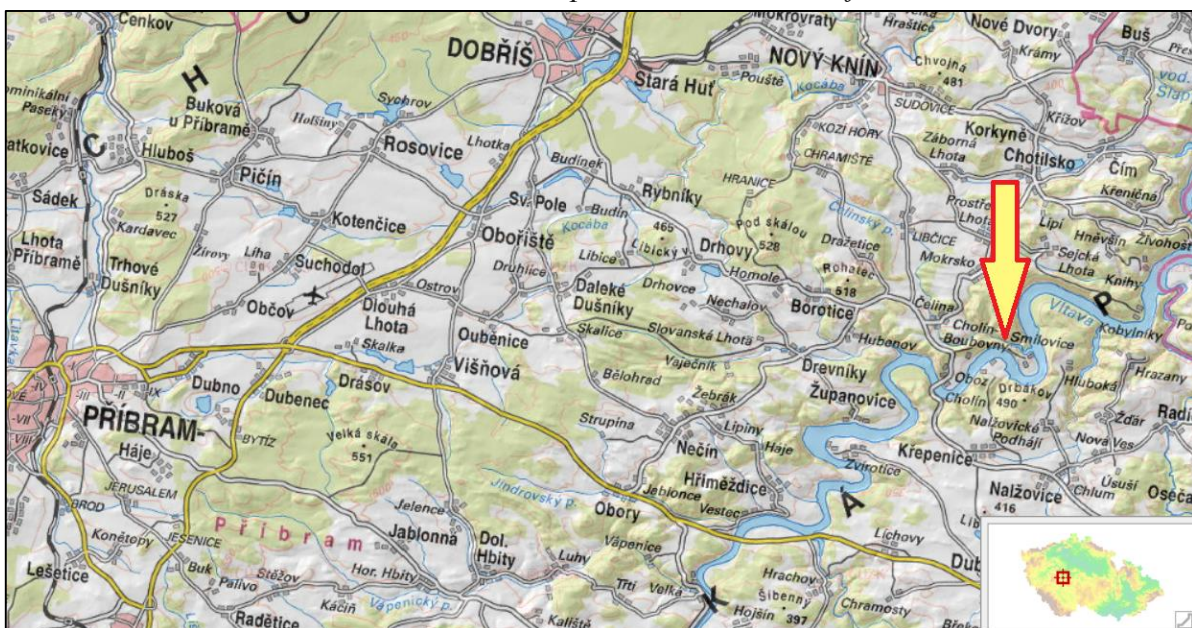
1 Popis štoly Josef

1.1 Základní informace

Štola Josef je podzemní dílo poměrně malého rozsahu, které se nachází ve Středočeském kraji, přibližně 50 km jižně od Prahy mezi obcemi Čelina a Smilovice nedaleko vodní nádrže Slapy. Důlní dílo Josef je součástí revíru Psích hor, které jsou jedním z největších známých ložisek zlata v Evropě v okolí Veselého vrchu a obce Mokrsko. [1] [2]

Ze vstupních portálů jsou vedeny vedle sebe dva tunely o délce 80 m s průřezem 40 m². Výška nadloží dosahuje hodnoty 90 - 110 m. Od západního vstupního portálu štoly znázorněného na (Obr. 2) se rozpíná páteřní (hlavní) štola o celkové délce 1836 m s příčným průřezem 14 - 16 m² směřující na sever k obci Mokrsko. Na tuto štolu navazují další chodby s mnoha rozrázkami o celkové délce 6 018 m s příčným profilem 9 m² sloužící k sledování struktury rudy a napojení do zbývajících dvou pater. Chodby důlního díla dosahují celkové délky 7 853 m. Páteřní štola je zakončena komínem o výšce 137 m, který je využíván k propojení s povrchem kvůli větrání podzemí. V dnešní době je zrekonstruována a zpřístupněna pouze jen část podzemního díla a to 3 000 m chodeb v úseku Mokrsko západ a Čelina západ. Plán budoucích prací na štole obsahuje zpřístupnění ostatních částí. [1] [2] [3] [4] [6]

Obr. 1: Umístění podzemního díla Josef



Zdroj: Geoportál INSPIRE¹ [5]

¹ Infrastructure for spatial information in Europe



1.2 Historie

O počátcích těžby na Psích horách někdy nazývaných Lodické hory podle tehdejšího dolu Lodice se příliš písemných záznamů nedochovalo. Ale jsou zde dochovány pozůstatky dávných hornických prací. Některé jsou i dnes patrné na první pohled v terénu. Historie těžby zlata na našem území sahá do dob Keltů zvláště ve 2. a 1. stol. př. n. l. Keltové získávali zlato z rýžovišť a rozsypů. Jedno z rýžovišť je na Čelinském potoce. [1] [2]

Po dlouhém nevyužívání místního ložiska se těžba zlata na Psích horách opět obnovila až ve středověku patrně na přelomu 13. a 14. století. Tehdy horníci pracovali v těžkých podmínkách a na dnešní dobu s primitivními nástroji jako jsou železná kladívka a tzv. želízka. Svítit si museli hliněnými kahánky naplněnými lojem. Zpracování vytěžené rudy se provádělo v rudných mlýnech drcením a mletím. Amalgamací se pak oddělovalo zlato od rozemleté rudy. Na přelomu 14. a 15. století se těžba zlata ukončila na několik desetiletí. [1] [2]

Další etapa těžby zlata začala na přelomu 15. a 16. století, ale neměla dlouhého trvání. V polovině 16. století byly doly opět uzavřeny a o oblast nebyl projeven žádný zájem až do konce 20. stol. Během let 1977 - 1980 byl proveden rozsáhlý regionální revizní průzkum hornin Jílovského pásma. Tato revize prokázala možnou přítomnost zlaté rudy na území Psích hor. Poté proběhl v letech 1980 - 1990 podrobný průzkum oblasti, který obsahoval geologické mapování, podrobný geochemický průzkum půdního pokryvu, geofyzikální průzkum, průzkum pomocí vrtů z povrchu až do hloubky 300 - 600 m a báňský průzkum z nově ražené štoly Josef, kombinovaný s podzemními vrty. [1] [2]

Pří průzkumu byly provedeny tyto práce:

- provedeno 103 jádrových vrtů z povrchu o celkové délce 23 378 m
- provedeno 127 podzemních jádrových vrtů o celkové délce 13 137 m
- vyražena štola Josef:
 - hlavní chodba o délce 1 835 m vedená napříč všemi ložisky
 - postranní chodby na jednotlivých ložiskách o celkové délce 6 018 m
 - 3 větrací komíny o celkové délce 330 m
- odebráno a analyzováno 9 818 půdních vzorků a přes 25 000 vzorků z vrtů a podzemí

Výsledkem tohoto rozsáhlého průzkumu bylo stanovení zásob zlata na dosud známých ložiskách Čelina a Mokrsko - východ a zejména nalezení nového ložiska Mokrsko - západ. Toto nově objevené ložisko v současnosti patří mezi nejbohatší ložiska zlata v Evropě a to, díky využitelným zásobám, které byly odhadnuty na 75 t Au. Celková kapacita všech ložisek revíru



Psích hor byla odhadnuta na 130 t Au, což je více, než kdy se v historii dolování zlata vytěžilo na celém území České republiky. Během průzkumu v letech 1989 - 1991 probíhala i experimentální podzemní těžba ložiska Čelina, v kterém bylo vytěženo celkem 19 500 t rudniny. Zpracováním této rudy se získalo 21,5 kg zlata. Co se týče průmyslového využití oblasti nebylo možné provádět žádné těžební práce, jelikož by to mělo negativní dopad na životní prostředí. Sice v polovině 90. let měli zájem zahraniční těžební společnosti, ale žádný z plánů na těžbu se neuskutečnil. Ložisko Mokrsko - západ by se totiž musel zejména těžit povrchovým způsobem a to se nelíbilo místním obyvatelům a ekologickým organizacím. Ukončením veškerých průmyslových prací od poloviny 90. let, štola i její okolí postupně chátraly a v roce 2000 z bezpečnostních důvodů byly oba přístupové portály do štoly zabetonovány. Po třech letech se na půdě ČVUT² zrodil návrh ke zřízení unikátního podzemního vzdělávacího a experimentálního pracoviště v opuštěném podzemním díle Josef. V roce 2004 dohodou mezi stavební společností Metrostav a.s. a ČVUT začaly přípravy ke znovuotevření a zprovoznění štoly. [1] [2] [4]

Obr. 2: Vstupní portál do Štoly Josef



Zdroj: vlastní fotografie

² České vysoké učení technické v Praze



1.3 Výuka a výzkum

V květnu 2005 Stavební fakulta ČVUT v Praze a Ministerstvo životního prostředí, jakožto správce průzkumného díla, podepsali smlouvu o zapůjčení štoly pro vzdělávací a výzkumné účely. V srpnu téhož roku byla proražena betonová zátka jednoho z portálů, ale po revizi Báňské záchranné služby byl portál opět uzavřen. O rok později došlo k definitivnímu otevření obou vstupních portálů. Roku 2007 vzniklo nové vysokoškolské pracoviště pod názvem Podzemní výukové středisko Josef (UEF Josef³). Tou dobou bylo společností Metrostav zpřístupněno 600 m štoly. V červnu roku 2014 byla zpřístupněna takzvaná „katedrála“ v oblasti Čelina – východ, která představuje pozůstatek zkušební těžební činnosti v roce 1991. Díky tomuto novému otevření další části štoly se otevírají dveře pro nové experimenty a výuku. UEF Josef, jehož provozovatelem je CEG⁴ Fakulty stavební ČVUT v Praze, se zabývá výzkumnými projekty realizovanými v podzemí a praktickou výukou z oblasti podzemního stavitelství. Výuka v podzemní laboratoři Josef naplno započala akademickým rokem 2007/2008. V roce 2010 proběhla realizace vědecko-technického parku Regionální podzemní výzkumné centrum (URC Josef⁵). Tento projekt navazuje na UEF Josef a rozšiřuje možnost využití zprovozněných částí štoly, poskytuje prostory a služby podnikatelským subjektům. [1] [2] [4]

Již od počátku CEG směřoval část svého potenciálu na experimentální a výzkumné činnosti v podzemních prostorách. CEG neřeší jen projekty spjaté pouze s Českou republikou, ale i začal rozšiřovat své výzkumné aktivity do zahraničí a díky tomu je v současné době členem několika mezinárodních organizací. CEG spolupracuje s mnoha evropskými univerzitami a institucemi, jako jsou např. Institut National Polytechnique de Lorraine z Nancy, Universidad Politecnica de Madrid, Posiva Oy z Finska, SCK-CEN z Belgie, ANDRAz Francie, SYNTEF Byggforsk z Norska. Z České republiky spolupracují na výzkumu např. VŠCHT⁶ v Praze, Masarykova univerzita v Brně, Technická univerzita v Liberci. V posledních několika letech se výzkumné projekty zejména zabývají ukládáním radioaktivního odpadu do hlubinných úložišť. [2] [4]

³Josef Underground Education Facility [4]

⁴Centrum experimentální geotechniky [4]

⁵Josef Underground Research Centre [4]

⁶Vysoká škola chemicko-technologická v Praze



Mezi zajímavé experimenty realizované ve štole Josef patří:

- TIMODAZ⁷ - vliv tepla na ostění

Projekt se zabývá vlivem dlouhodobého působení tepla na stabilitu ostění úložného tunelu pro kontejnery s vyhořelým jaderným palivem. Cílem projektu bylo zjistit, zda dlouhodobé zatížení teplem, které bude produkovat odpad v kontejneru, nebude mít vliv na stabilitu betonového ostění. Testování bylo provedeno na dvou modelech, a to "In situ" model postavený v UEF Josef, a Podzemní silo v laboratoři CEG. Projekt trval v letech 2006 - 2010 a rozpočet činil téměř 4 miliony eur. Celkem se na projektu podílelo 14 evropských institucí. [2] [4]

- Požární experiment 18. 9. 2008

Cílem experimentu mělo být ověření předpovědi chování konstrukce administrativní budovy, která byla vystavena jako celek požáru. Výsledky projektu pomohou pro vývoj nových ohnivzdorných materiálů. Celou zkoušku řídili pracovníci katedry ocelových a dřevěných konstrukcí fakulty stavební ČVUT v Praze. [2] [4]

- NORM

Projekt je soustředěn na využití celosvětově používaných klasifikací horninových masivů pro zvýšení kvality vstupních parametrů při návrhu monitorovacích systémů podzemního skladování a ukládání plynu. [2] [4]

- DOPAS⁸

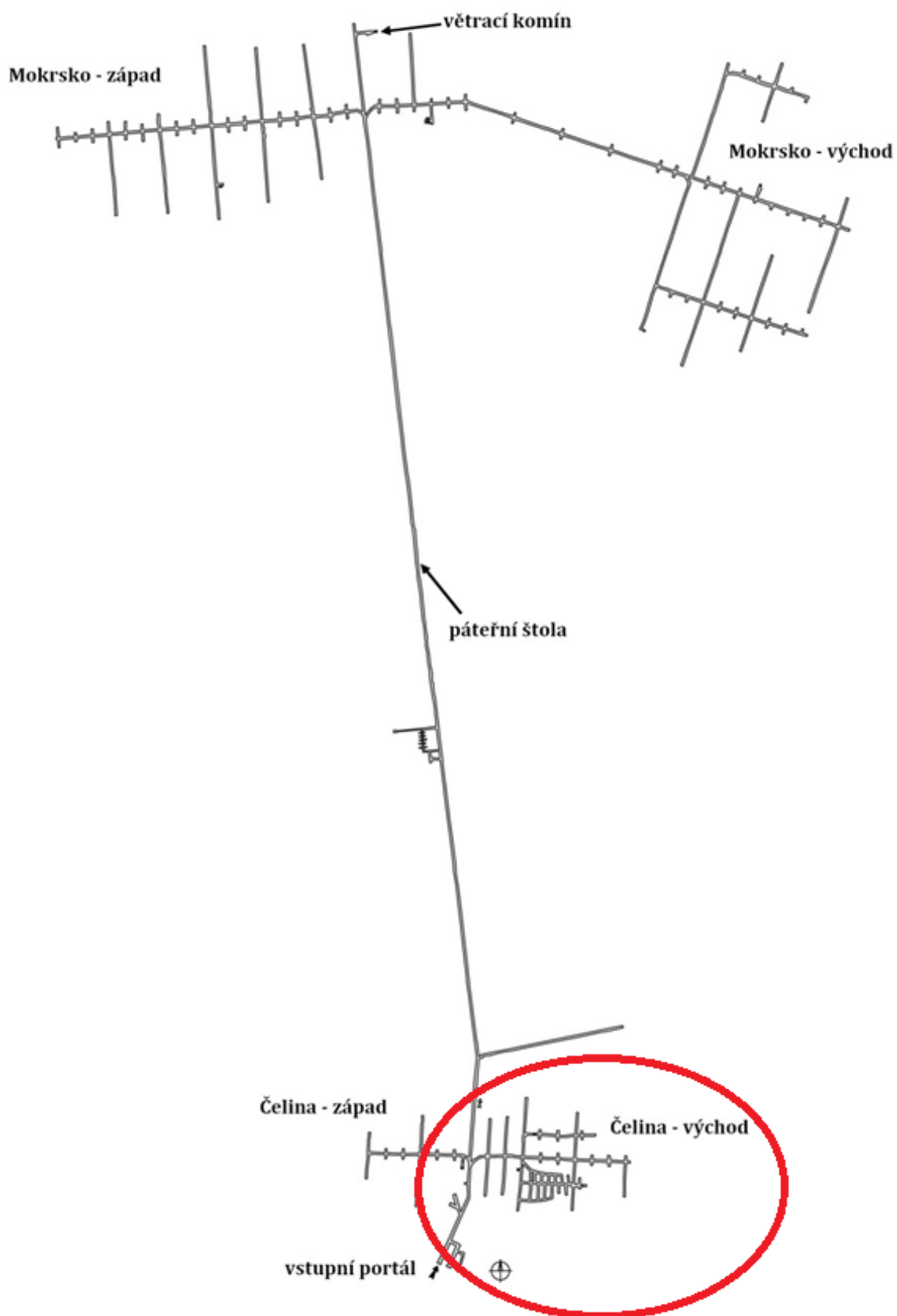
DOPAS je mezinárodní evropský projekt, jehož cílem je ve skutečném měřítku vystavět v různých geologických podmínkách čtyři experimentální zátky určené pro konstrukci hlubinného úložiště. Celkem na tomto projektu spolupracuje 14 evropských institucí. Doba trvání je 2012 – 2016. [4]

⁷Thermal Impact on the Damage Zone [4]

⁸ Full Scale Demonstration of Plugs and Seals [4]



Obr. 3: Schéma podzemního díla Josef



Zdroj: vlastní zpracování, podklad UEF Josef [4]



2 Stabilizace bodů

Polohové bodové pole ve štole bylo doposud realizováno celkem 12 bronzovými značkami převážně umístěnými pod povrchem počvy. Na stěnách jsou umístěny trny pro nasazení odrazných hranolů a odrazných štítků. Zabudované čepové nivelační značky jsou zde pro výšková měření. [3] [6]

Hlavní body páteřní štoly jsou označeny č. 502 – 507. Počáteční bod č. 501 je umístěn přibližně 50 metrů od vstupního portálu do štoly a je stabilizován v betonovém kvádru. Pro připojovací měření a lepší provázání sítě jsou umístěny v různých částech štoly samolepící odrazné štítky a trny zabudované do skály. Dále jsou umístěny odrazné štítky na konci páteřní štoly, u větracího komína a v zadní části štoly do ramene Mokrsko – západ. Štítky nesou označení číselnou řadou 6000. Pomocí trnů ve stěně, na které se dá připevnit hranol lze stabilizovat a signalizovat podrobné body. Tyto body jsou označeny číselnou řadou 7000. [3][6]

Dne 8. 1. 2016 byla provedena rekognoskace terénu v oblasti Čelina – východ. Hlavním úkolem rekognoskace bylo vytvoření návrhu na vybudování nového bodového pole v této části, která je jednou z bočních ramen páteřní štoly Josef (Obr. 3). Polohové i výškové body jsou navrženy tak, aby jejich počet byl co nejmenší, ale zároveň aby byla dodržena dobrá viditelnost mezi nimi.

Tab. 1: *Druh stabilizace nově vybudovaných bodů*

Podlaží	Druh stabilizace	Číslo bodu
1	Důlek v kolejnici	5002
	Stropní	531, 532, 533
	Trn ve stěně	7511, 7512, 7513, 7522
	Odrasný štítek	T01, T02
	Nivelační značka	VB31
2	Trn ve stěně	7531, 7532
	Odrasný štítek	T21
	Nivelační značka	VB32
3	Zabetonovaná značka (tyč) do podloží	537, 538, 539
	Trn ve stěně	7541, 7542, 7543
	Odrasný štítek	T41, T42
	Nivelační značka	VB33, VB34
Katedrála	Trn ve stěně	K1 - K6

Zdroj: vlastní zpracování

Po úvaze o umístění nových bodů byla následně provedena jejich trvalá stabilizace. Stabilizaci provedli technici Centra experimentální geotechniky (CEG) Fakulty stavební ČVUT v Praze.



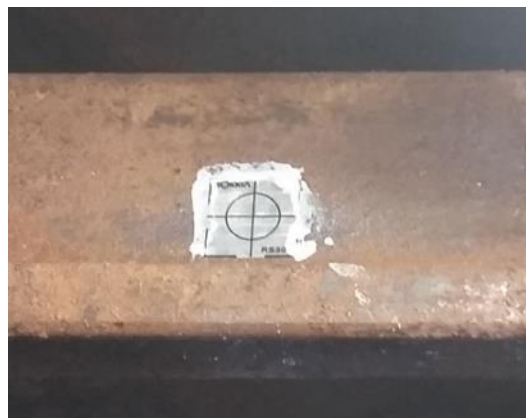
Nově zpřístupněná oblast Čelina – východ je rozčleněna celkem do třech výškových úrovní s odstupem přibližně 20 metrů. Body v prvním patře navazují na již realizované bodové pole ve štole Josef, a tedy některé body nebylo nutno vybudovat. Jedná se o body hlavního páteřího polygonu (501 a 502). Nově vybudované body v prvním patře byly realizovány stropní stabilizací (Obr. 4). Stropní stabilizační značky jsou prototypem umožňujícím snadnou centraci pomocí olovnice (např. Vlčkovou olovnicí) i centraci optickou či laserovou. V horním patře byly body zabetonovány do jílovo – šterkového povrchu podlahy (Obr. 6), jako tomu je v jiných částech štoly Josef. Tyto body byly umísťovány mírně pod úroveň podlahy a betonem navázány na skálu, která tvoří podloží pod nezpevněným povrchem podlahy. [2]

Obr. 4: *Stropní stabilizace*



Zdroj: vlastní fotografie

Obr. 5: *Odrasný štítek*



Zdroj: vlastní fotografie

Obr. 6: *Stabilizace bodu v počvě*



Zdroj: vlastní fotografie

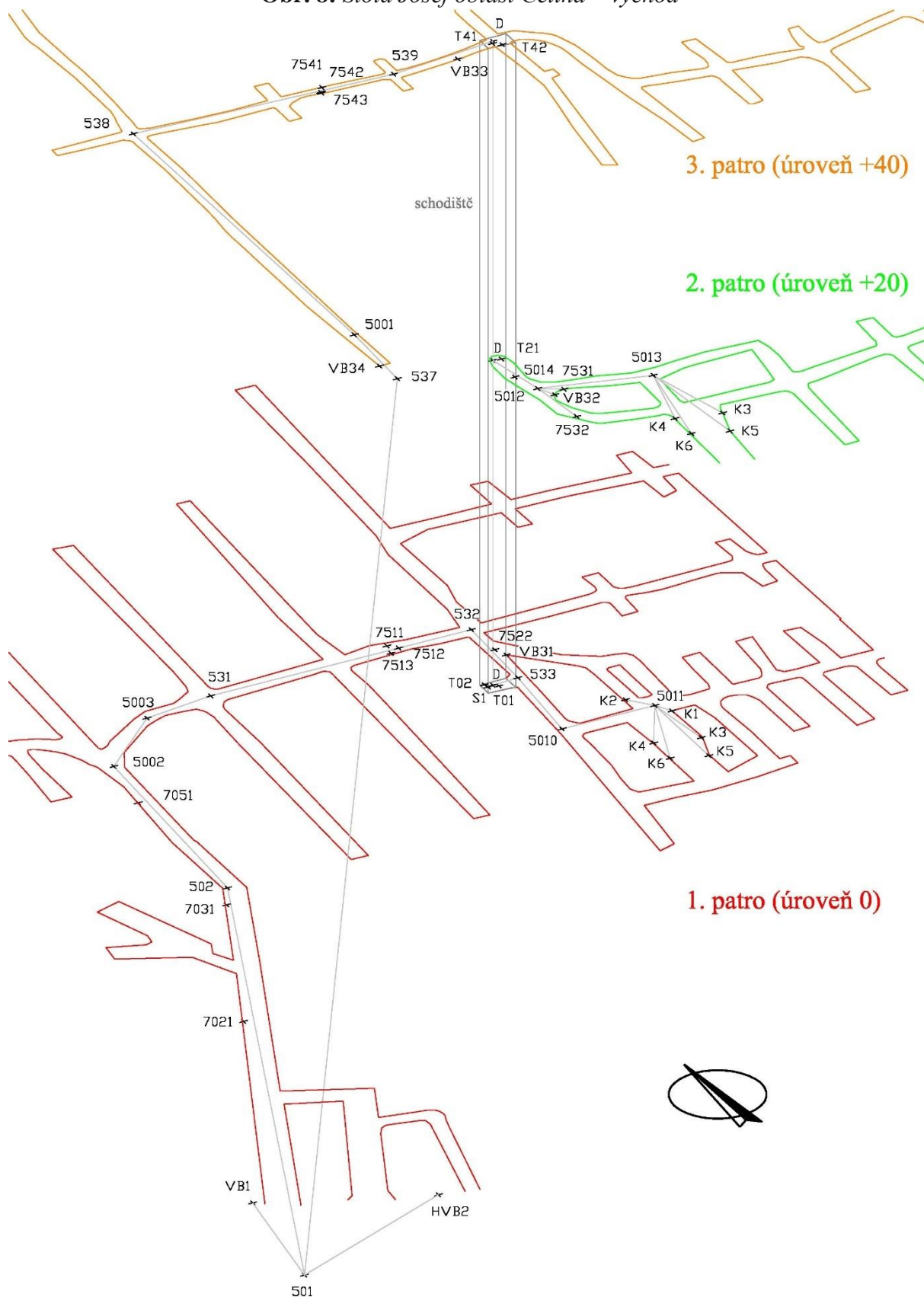
Obr. 7: *Signalizovaný trn odrazným minihranolem Leica GMP101*



Zdroj: vlastní fotografie



Obr. 8: Štola Josef oblast Čelina – východ



Zdroj: vlastní zpracování, podklad z roku 1989 vyhotovený J. Pletánkovou



3 Měření

V této kapitole jsou uvedeny všechny činnosti spojené s měřením této diplomové práce. Měření bylo provedeno celkem ve třech etapách. V první etapě bylo provedeno zaměření celého polygonového pořadu směrem z třetího do prvního podlaží přes počáteční bod č. 501 hlavního páteřního polygonového pořadu. Polygonový pořad byl měřen přístrojem Trimble S8 HP. Druhým krokem bylo připojovací měření na dvou bodech pomocí GNSS⁹ přijímačů Trimble GeoXR s externí anténou Trimble Zephyr 2. Mezi observacemi byla provedena instalace důlní olovnice pro následné první měření na odrazný štítek připevněného k drátu olovnice. Ve třetí, a to poslední etapě, bylo provedeno doměření celé sítě. Sít' byla měřena přístrojem Trimble S6 HP.

Obr. 9: *Trimble S8 HP (vlevo) a Trimble S6 HP (vpravo)*



Zdroj: vlastní fotografie

⁹ Global Navigation Satellite System



3.1 Zaměření polygonového pořadu a sítě

Měřený polygonový pořad se skládá celkem z 9 bodů a dvou přechodných (volných) stanovisek a je navržen tak, aby obsahoval co nejmenší počet bodů a zároveň mezi nimi byla dodržena dobrá viditelnost. Ale bohužel to tak vždy nebylo realizované. Ve třetím patře v záměře 538 – 537 bylo vidět vpřed, ale zpět již nebylo možné měřit, a tak muselo být mezi tyto dva body polygonového pořadu vloženo volné stanovisko. Pro zaměření polygonového pořadu byla použita tzv. trojpodstavcová souprava. Jedná se o metodu prakticky eliminující vliv chyb v centraci přístroje a cíle. Metoda spočívá v tom, že na po sobě jdoucích stanoviscích jsou pevně ustaveny stativy s trojnožkami, které se při záměně odrazného hranolu za přístroj naopak nemění. Tím se zaručí neměnnost polohy měřených bodů. Centrování přístroje bylo prováděno přesným centrovačem FG-L30. Výška přístroje byla určena měřidlem Leica GHM007 s držákem GHT196, a to vždy dvakrát, a upravena o opravu z teploty. Na každém stanovisku se změřily fyzikální veličiny (teplota, tlak a vlhkost). Tyto hodnoty byly zadávány do totální stanice pro přesné nastavení fyzikálních redukci délek. Poté následovalo měření a registrování vodorovných směrů, zenitových úhlů a šikmých délek do paměti přístroje. Na většině stanovisek polygonového pořadu se měřilo ve 3 skupinách s uzávěrem. Na bodech 537, 501 byly naměřeny skupiny 4. U těchto dvou stanovisek se měřilo za účelem přesnějšího určení měřených veličin, jelikož se jednalo o velmi strmou záměru. Celý polygonový pořad byl měřen přístrojem Trimble S8 HP (v.č. 98111877). Přesnost udávaná výrobcem je 0,8 mm + 1 ppm a přesnost směru měřeného v obou polohách dalekohledu až 0,3 mgon. Trimble S8 HP je vybaven systémem automatického cílení AutoLock a FineLock. Pomocí tohoto systému bylo možno měřit osnovy směrů v zadaném počtu skupin, a to bez zásahu měřiče, a tím měření probíhalo velice rychle. AutoLock byl využit na bližší cíle a FineLock na cíle vzdálenější. Jediný problém nastal, když záměra nebyla zcela čistá, tak se muselo cílit ručně. Kombinovaně se měřila záměra mezi body 501 a 537. Automatické cílení bylo zadáno na počátek a na uzávěr se cílilo ručně. Ručně se také muselo měřit na odrazné štítky. Pro lepší stabilitu bodového pole je v oblasti rozmístěno několik bodů podrobného bodového pole, stabilizovaných trnem ve skále a signalizovaný minihranolem Leica GMP101.

V druhé etapě měření bylo provedeno připojovací měření metodou GNSS, které je sepsáno v následující kapitole. Během observací se provedla montáž důlní olovnice ve třetím patře. Pro spojení všech třech pater slouží přibližně 40 m dlouhý komín a tak zde bylo možné uskutečnit provázení důlní olovnicí. Specifická konstrukce vyrobená techniky katedry speciální



geodézie byla přichycena čtyřmi svěrkami k železné konstrukci schodiště. Na tuto konstrukci se pevně připevnil naviják olovnice. Celá montáž je na následujícím obrázku (Obr. 10).

Obr. 10: *Konstrukce pro uchycení důlní olovnice*



Zdroj: vlastní fotografie

Po úspěšné montáži se začal pomalu odvíjet konec drátu olovnice s malým závažím až na dno komína. Následně byl naviják pečlivě aretován, aby nedošlo k jeho uvolnění. Poté se na konec drátu zavěsilo závaží o celkové hmotnosti 38 kg. Dále se konec drátu i se závažím vložil do kbelíku s vodou. Závaží se nesmělo dotýkat stěn ani dna kbelíku. Toto urychlovalo ustálení kyvu drátu. Většinou se používá jako tekutina olej pro větší konzistenci a olovnice se ustálí rychleji. V našem případě byla použita voda pro lepší dostupnost, která tento účel také zastala.

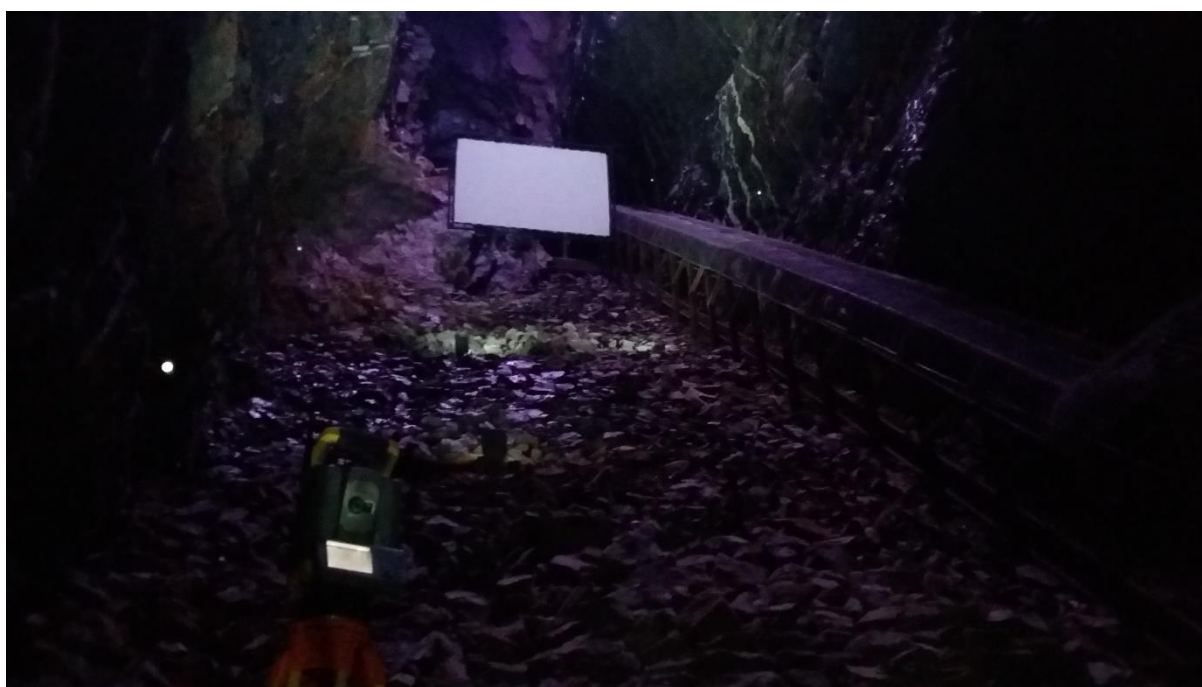
Po kompletní instalaci důlní olovnice se na drát ve třetím patře umístil speciálně upravený odrazný terčik kousek pod závěs olovnice. Terčik má vybroušenou svislou drážku a po nasazení terčíku na drát je součtová konstanta nulová, tudíž odpadá nutnost opravy délky o tuto konstantu. Následně proběhlo první měření na drát s totální stanicí Trimble S6 HP (v.č. 92120086), který je v majetku FSv ČVUT v Praze. Trimble S6HP je elektronický teodolit s fázovým dálkoměrem s označením HP z anglického „high precision“ v překladu vysoká přesnost. Přesnost přístroje je definována směrodatnou odchylkou délky $\sigma_d = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ a úhlovou přesností, definovanou směrodatnou odchylkou směru,



měřeného v jedné skupině $\sigma_{\varphi} = 1''$ tedy 0,3 mgon. Tato totální stanice je vybavena systémem automatického cílení – AutoLock. Jelikož odrazný štítek byl umístěn kousek pod závěsem olovnice, předpokládalo se, že je olovnice ustálena. Měření na drát bylo provedeno v 6 skupinách. Na závěr byl přemontován odrazný štítek ze třetího do prvního patra asi 1 m nad závaží.

Ve třetí a poslední etapě měření, bylo provedeno doměření celé sítě. Začalo se měřit v prvním patře a to po třech dnech od upevnění olovnice.

Obr. 11: *Zaměření odrazných štítků v katedrále*



Zdroj: vlastní fotografie

Měření opět probíhalo totální stanicí Trimble S6 HP. Na všech stanoviscích bylo měřeno ve 3 skupinách. Z důvodu možnosti kyvů a ověření stability bylo nakonec měření na terčích provedeno 20x v jedné poloze dalekohledu pro následnou analýzu. První a druhé patro bylo propojeno přes tzv. katedrálu, kde je celkem 6 stabilizovaných bodů trnem ve skále a signalizovaný odraznými štítky Leica. Na tyto štítky bylo potřeba měřit ručně a na hranoly bylo použito automatické cílení. Ve druhém patře bylo opět provedeno měření 20x v jedné poloze dalekohledu na odrazný štítek upevněný na důlní olovnici. Na hranoly bylo znovu využito automatické cílení a v katedrále se muselo cílit ručně. Zde již nebylo měřeno na 6 odrazných štítků, ale pouze na 4, jelikož dva zbylé štítky se nacházely téměř pod naším stanovištěm o patro níže. Tímto bylo vše doměřeno a následovala demontáž důlní olovnice.



3.2 Připojovací měření metodou GNSS

Připojovací měření polygonového pořadu a tedy i všech nově vybudovaných bodů do souřadnicového systému S – JTSK¹⁰ bylo provedeno metodou GNSS. Observace proběhla celkem na dvou bodech v blízkosti portálu. Jedna GNSS aparatura byla umístěna na bodě 501 před vstupním portálem do štoly Josef (Obr. 12) a druhá na nově vybudovaném bodě 537, který se nachází nad vstupním portálem v lese. Jako GNSS přijímač byl použit rover Trimble GeoXR s externí anténou Trimble Zephyr 2. Tyto soupravy mohou přijímat signál jak ze satelitů systému Navstar GPS¹¹, tak systému GLONASS¹². Po připojení roveru, jeho nastavení a inicializaci s družicemi proběhlo měření. Pro měření byla volena statická metoda. Měření bylo rozděleno na dva bloky, dopolední a odpolední (anténa otočena o 200 gonů), délka dopolední observace byla cca 2 hodiny. Odpolední observace na bodě 537 byla cca 2,5 hodiny z důvodu získání více dat pro pozdější zpracování.

Obr. 12: *Observace na bodě 501*



Zdroj: vlastní fotografie

¹⁰ Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální [8]

¹¹ Global Positioning System [8]

¹² Globaljána Navigacionnaja Sputnikovaja Sistěma [8]



4 Zpracování a výpočty

4.1 Zpracování GNSS

Naměřená data byla postprocesně zpracována v programu Trimble Business Center, který nabízí kromě zpracování GNSS měření i zpracování měření z totální stanice, nivelačních pořadů i pokročilou vizualizaci dat. [9]

Pro výpočty byla použita verze 2.81, která je vázána na hardwarový klíč zapůjčený katedrou speciální geodézie.

Zpracování dat se rozdělilo na dvě etapy. Jedna etapa dopolední observace a druhá etapa odpolední observace. Výsledkem je aritmetický průměr z obou výpočtů.

4.1.1 Nastavení programu Trimble Business Center

Po spuštění TBC bylo potřeba vhodně upravit nastavení programu. Byl založen nový projekt a provedlo se základní nastavení v *Průzkumníku projektu/ Nastavení projektu*. V levé části nově objeveného dialogového okna byla zobrazena rozbalující se nabídka okruhů nastavení. V základní nabídce *Souřadnicový systém* byl nastaven souřadnicový systém, model geoidu a použita Helmertova sedmiprvková transformace (Tab. 2). Pro transformaci do systému S – JTSK byl použit tzv. globální transformační klíč, který vydal ČÚZK.¹³

Tab. 2: *Nastavený souřadnicový systém*

Skupina souřadnicového systému:	Czech Republic
Zóna:	Krovak_2013
Transformace:	SJTSK_2013 (SevenParameter)
Model geoidu:	CR2005

Zdroj: vlastní zpracování

V základní nabídce *Jednotky* v podnabídce *Souřadnice* bylo nastaveno počet desetinných míst pro výpočet souřadnic a výšek. Dále v základní nabídce *Zpracování základnic* byl

¹³ Český úřad zeměměřický a katastrální

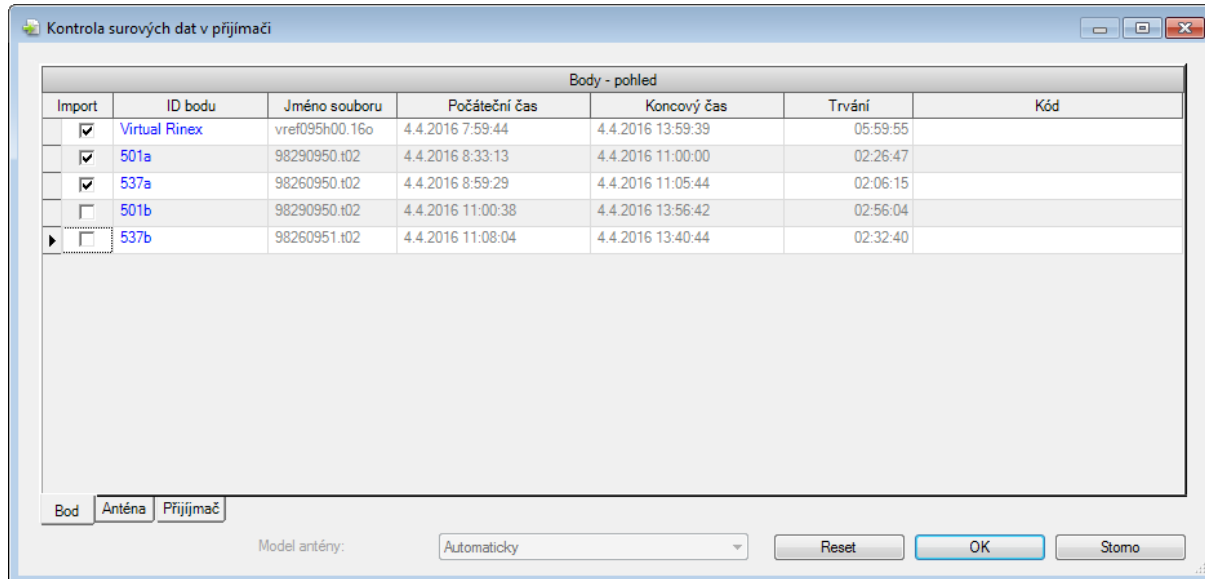


v podnabídce *Obecně/ Typ efemerid*, nastaven typ přijímaných efemerid na *Přesné*. Takto nastavený projekt byl uložen jako šablona *Soubor/ Uložit jako šablonu*, aby se toto nastavení nemuselo provádět při každém otevírání nového projektu. V *Průzkumníku projektu / Nastavení projektu* v základní nabídce *Zpracování základnic* v podnabídce *Obecně/ Družice* je rovněž možné nastavit např. elevační masku. Pro výpočty byla ponechána nastavená hodnota 10°. Pro výpočty byla rovněž ponechána možnost použít všechny družice GPS i GLONASS.

4.1.2 Zpracování statického měření v Trimble Business Center

Po spuštění TBC¹⁴ byl otevřen nový projekt, který již máme nastavený z předchozí kapitoly. Nyní bylo potřeba nahrát data a to na kartě *Domů/ Import*. V pravé části základního okna se objevilo podokno, ve kterém bylo potřeba vybrat požadované soubory k výpočtu, a pomocí tlačítka *Import* byly nahrány soubory do TBC. Nyní se objevilo okno *Kontrola surových dat v přijímači* (Obr. 13).

Obr. 13: *Kontrola surových dat v přijímači*



Zdroj: vlastní zpracování

V jednotlivých záložkách tohoto okna bylo potřeba zkontrolovat údaje o anténě a přijímači. Dále bylo potřeba zaškrtnout potřebné body k importu. Výpočet byl proveden

¹⁴ Trimble Business Center



po etapách (dopolední a odpolední). Při zpracování statického měření je zapotřebí jeden z bodů označit jako pevný neboli fixní. Pro naše statická měření byl nahrán do projektu tzv. RINEX¹⁵ soubor s daty z virtuální referenční stanice, vygenerované systémem CZEPOS. Po označení tohoto bodu se v pravé části základního okna TBC otevře podokno, ve kterém je možné upravit typ souřadnic, jednotlivé souřadnice a status. Zde byla změněna u souřadnic kvalita souřadnic z *Kvalita - neznámá* na *Kvalita – bodová pole*, a tím se stala tato stanice fixním bodem.

V hlavním dialogovém okně na kartě *Domů* v záložce *Mapa* se znázornily přibližné polohy jednotlivých bodů a jejich vztahy naznačené na okolní body. Dále bylo potřeba stáhnout z internetu přesné efemeridy. Na kartě *Domů/ Stáhnout z internetu* je možné stáhnout automaticky přesné efemeridy, nebo je můžeme získat prostřednictvím webové služby tzv. GNSS kalendáře. Jelikož se automatické stahování nezdařilo, byly přesné efemeridy staženy ručně. [10]

Nyní bylo vše připraveno pro zpracování základnic. Na kartě *Měření/ Zpracování základnic*. Po spuštění se automaticky provedl proces výpočtu vektorů mezi jednotlivými body a objevila se tabulka, ve které se postupně zobrazovala všechna měření, jejich horizontální a vertikální přesnost, RMS¹⁶, délka a typ řešení. Jsou dvě možné řešení. Buď *Fixováno*, to znamená, že měření proběhlo úspěšně, nebo *Selhalo*, a to označuje měření nepoužitě. Při našem zpracování proběhlo vše úspěšně a typ řešení bylo tedy označeno jako *Fixováno*.

Jelikož se u dopolední etapy se objevila výstraha v podobě červené vlaječky, znamená to, že byla překročena jistá kritéria přesnosti. Jedná se pouze o upozornění, že došlo k jisté změně polohy mezi přibližnou a přepočtenou polohou bodu. Na kvalitu výpočtu to nemá žádný vliv. Při zpracování základnice mezi body 501 a 537 se nedostavilo zcela uspokojivých výsledků, a tak v *Editor měření* proběhla editace dat. Následně tato základnice byla znovu zpracována a výsledky již byly znatelně lepší. U odpolední etapy se již neobjevila žádná výstraha v podobě žluté nebo červené vlaječky a základnice dosahovaly uspokojivých výsledků.

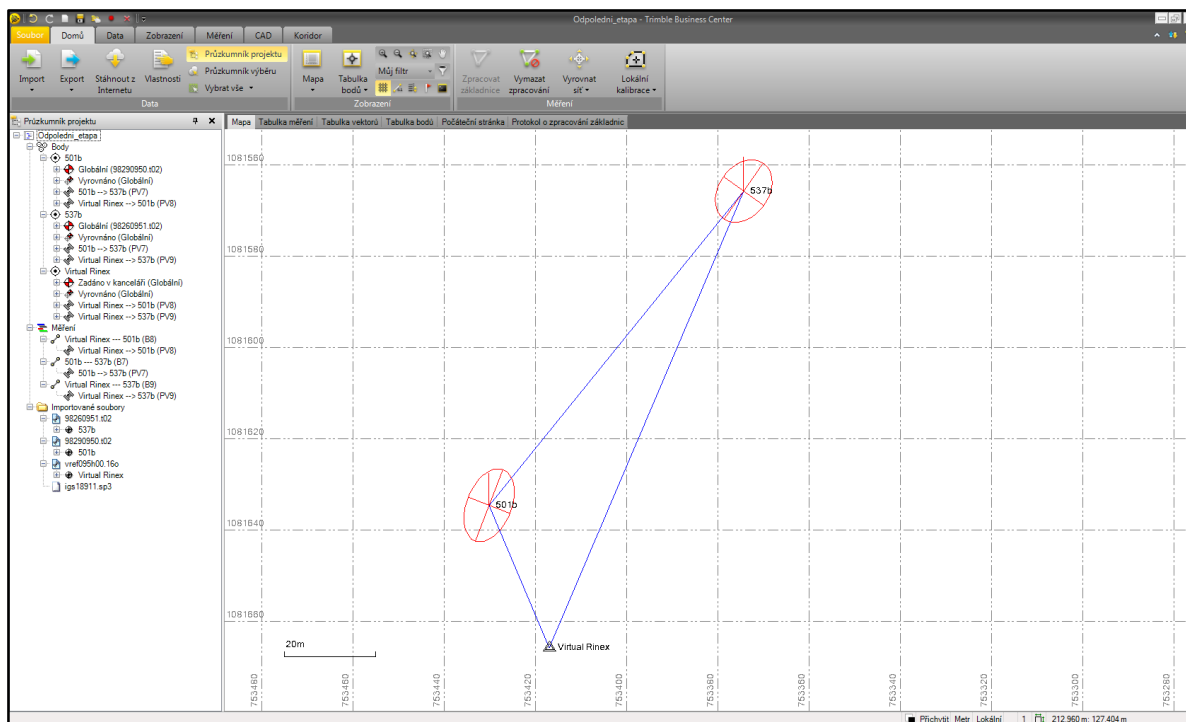
Posledním krokem bylo potřeba vyrovnat síť *Měření/ Vyrovnat síť*. Po spuštění této funkce se v pravé části základního okna objevilo podokno, ve kterém bylo potřeba spustit vyrovnání.

¹⁵ Receiver Independent Exchange Format

¹⁶ Root mean square (kvadratický průměr)



Obr. 14: Prostředí programu Trimble Business Center



Zdroj: vlastní zpracování

4.1.3 Souřadnice statického měření GNSS

Postup zpracování statického měření metodou GNSS je sepsán v předchozích kapitolách. V následující tabulce (Tab. 3) jsou uvedeny výsledky ze zpracování základnic, kde dopolední etapa na bod 537 dosahuje horších výsledků.

Tab. 3: Zpracování základnic

Dopolední etapa					
Měření	Od	Do	Typ řešení	HZ. přesnost [m]	V. přesnost [m]
501a --- 537a (B1)	501a	537a	Fixováno	0,014	0,024
Virtual Rinex --- 537a (B3)	Virtual Rinex	537a	Fixováno	0,010	0,020
Virtual Rinex --- 501a (B2)	Virtual Rinex	501a	Fixováno	0,001	0,002
Odpolední etapa					
Měření	Od	Do	Typ řešení	HZ. přesnost [m]	V. přesnost [m]
Virtual Rinex --- 537b (B9)	Virtual Rinex	537b	Fixováno	0,005	0,008
501b --- 537b (B7)	501b	537b	Fixováno	0,004	0,008
Virtual Rinex --- 501b (B8)	Virtual Rinex	501b	Fixováno	0,002	0,003

Zdroj: vlastní zpracování



Vypočtené souřadnice v programu Trimble Basic Center jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 4) i s rozdíly mezi dopolední a odpolední etapou.

Tab. 4: *Souřadnice z dopolední a odpolední observace*

Dopolední observace				Odpolední observace			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]	Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
501 a	753430,170	1081634,670	284,516	501 b	753430,169	1081634,670	284,512
537 a	753374,345	1081565,784	327,780	537 b	753374,340	1081565,780	327,742

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 5: *Porovnání vypočtených souřadnic z GNSS aparatur*

Δy [mm]	Δx [mm]	Δz [mm]
1	0	4
5	4	38

Zdroj: vlastní zpracování

V předchozí tabulce (Tab. 5) je uvedeno porovnání vypočtených souřadnic z dopolední a odpolední observace na jednotlivých bodech. Ve vertikální složce dosahuje rozdíl necelých 4 cm, ale jelikož tato práce je zaměřená na polohové určení bodového pole, tak se nic neděje.

Pro výpočet výsledných souřadnic bodu 501 byly použity výsledky z předchozích let. Konkrétně z diplomové práce Ing. Jana Varyše [3], bakalářské práce Ing. Martina Fencla [7], bakalářské práce Bc. Lucie Holíkové [20], z mé bakalářské práce [2] a nakonec z měření tohoto roku v této diplomové práci. Výsledné souřadnice, jsou určeny aritmetickým průměrem a budou výchozími souřadnicemi při následném vyrovnání.

Tab. 6: *Průměrné souřadnice bodu 501*

Datum	Souřadnice		Měřil
	Y [m]	X [m]	
Listopad 2011	753 430,172	1 081 634,667	Jan Varyš [3]
Leden 2012	753 430,170	1 081 634,672	
Prosinec 2012	753 430,174	1 081 634,673	Martin Fencl [7]
Prosinec 2013	753 430,171	1 081 634,676	Lucie Holíková [20]
Únor 2014	753 430,171	1 081 634,676	Lukáš Vais [2]
Duben 2016	753 430,170	1 081 634,670	Lukáš Vais
Průměrné souřadnice	753 430,171	1 081 634,672	

Zdroj: vlastní zpracování, podkladová data [2], [3], [7], [20]



4.2 Zpracování terestrického měření

V následujících kapitolách se budeme zabývat všemi procedurami, které bylo potřeba udělat před samotným vyrovnáním celého nově vybudovaného bodového pole. Jmenovitě se jedná o editaci neměřených dat, redukci délek a testování podle vyhlášky. Vzhledem k tomu, že stejné testy jsem prováděl při své bakalářské práci [2], tak některé tabulky a postupy byly právě převzaty z bakalářské práce.

4.2.1 Analýza naměřených dat

Nejprve byla provedena editace dat stažených z totální stanice a následně provedeno několik nutných testů a analýz. Editace, testování a analýza byla provedena v programu Microsoft Office Excel 2016. Každé stanovisko bylo testováno samostatně. Naměřená data byla rozdělena na jednotlivé veličiny, jako jsou vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky. Dále bylo potřeba brát v potaz, jestli záměra byla měřena automaticky nebo ručně.

Obr. 15: Editace dat vodorovných úhlů v programu Microsoft Office Excel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
stanovisko 531				Ø poloh	v [mgon]	Ø skupin	v [mgon]	Vyhovuje	sd0		sd	
A U T O L O C K	5003	I	0,0000	0,0072	7,17	0,0074	0,25	ANO	0,24	0,14	0,14	
			200,0143		-7,17							
		II	0,0000	0,0074	7,45		-0,03	ANO				
			200,0149		-7,44							
		III	0,0000	0,0076	7,64		-0,22	ANO				
			200,0153		-7,64							
	532	I	208,8609	208,8629	2,02	208,8636	0,68	ANO	0,62	0,36	0,36	
			8,8649		-2,01							
		II	208,8616	208,8637	2,11		-0,16	ANO				
			8,8658		-2,11							
		III	208,8621	208,8641	1,97		-0,53	ANO				
			8,8661		-1,98							
	7511	I	206,0073	206,0101	2,79	206,0107	0,60	ANO	0,54	0,52	0,31	0,30
			6,0129		-2,79							
		II	206,0080	206,0109	2,87		-0,14	ANO				
			6,0137		-2,88							
		III	206,0086	206,0112	2,56		-0,46	ANO				
			6,0137		-2,56							
	7512	I	208,8651	208,8664	1,30	208,8670	0,59	ANO	0,54	0,31	0,31	
			8,8677		-1,30							
		II	208,8657	208,8671	1,40		-0,14	ANO				
			8,8685		-1,40							
		III	208,8662	208,8675	1,29		-0,46	ANO				
			8,8688		-1,29							
5003U	I	399,9990	0,0066	7,60	0,0073	0,64	ANO	0,57	0,33	0,33		
		200,0142		-7,60								
	II	0,0000	0,0075	7,46		-0,22	ANO					
		200,0150		-7,46								
	III	0,0002	0,0077	7,51		-0,43	ANO					
		200,0152		-7,51								

Zdroj: vlastní zpracování



Na Obr. 15 je ukázka editace dat vodorovných směrů. Takto byly editovány zenitové úhly a šikmé vzdálenosti. První sloupec dělí měření na ruční a automatické. Druhý sloupec tvoří vlastní projekt měření na stanovisku. V dalším sloupci je zapsán počet skupin měřených na stanovisku. Do čtvrtého sloupce byly zapsány směry měřené v první a druhé poloze dalekohledu. Dále se z výsledků měření v obou polohách dalekohledu na stanovisku vypočítal aritmetický průměr. Následně se spočetly opravy pro měřené směry a to rozdílem aritmetického průměru a měřeného směru. Opravy jsou uvedeny v miligonech u šikmých délek v milimetrech. V sedmém sloupci je uveden aritmetický průměr ze všech měřených skupin a v dalším jsou opravy jednotlivých skupin. Sd_0 je výběrová směrodatná odchylka v jedné skupině a Sd je výběrová směrodatná odchylka průměru pro konkrétní počet skupin (pro stanovisko). Prakticky stejný postup byl použit i pro zpracování ostatních naměřených veličin. U zenitových úhlů se provedl ještě navíc rozbor indexové chyby.

Pro výpočet výběrové směrodatné odchylky je potřeba nejprve určit aritmetický průměr pomocí vzorce

$$\bar{x} = \frac{[x_i]}{n}. \quad (4.1)$$

Tento vzorec nám poslouží k získání oprav, které se spočítají jako

$$v_i = \bar{x} - x_i, \quad (4.2)$$

kde \bar{x} je průměrná oprava a x_i jsou jednotlivé opravy. Následně se mohla, vypočítat výběrová směrodatná odchylka v jedné skupině podle vzorce

$$Sd_{0i} = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}. \quad (4.3)$$

Pod odmocninou ve vzorci (4.3) je v čitateli suma čtverců oprav od průměru podle vzorce (4.2) a ve jmenovateli počet nadbytečných měření značený $n - 1$. Můžeme se setkat i s případem, kdy se vyskytuje ve jmenovateli n' místo $n - 1$.



Podobným způsobem vypočteme výběrovou směrodatnou odchylku pro průměr z konkrétního počtu skupin. Vztah vychází ze vzorce (4.3) a vypočítá se tedy jako

$$Sd_i = \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}. \quad (4.4)$$

Takto byla vypočtena výběrová směrodatná odchylka pro každou záměru. Celková směrodatná odchylka pro stanoviště je dána jako jejich kvadratický průměr (4.5)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n S_{d_{oi}}^2}{n}}. \quad (4.5)$$

Kvadratickým průměrem ze směrodatných odchylek pro stanoviště byla získána i směrodatná odchylka celého souboru měření. Tuto hodnotu bylo potřeba vypočítat pro každý soubor, jelikož bylo měřeno automaticky i ručně.

Tyto dva soubory byly následně otestovány hypotézou o shodnosti dvou výběrových směrodatných odchylek. Testovací kritérium byla veličina

$$F = \frac{Sd_{01}^2}{Sd_{02}^2}. \quad (4.6)$$

Veličina F má Fischerovo rozdělení s $n_1 - 1$, resp. $n_2 - 1$ stupni volnosti. Jak je zřejmé z rovnice (4.6), rozdělení je podíl dvou nezávislých nezáporných veličin. Pro testování byla zvolena podmínka

$$Sd_{01}^2 > Sd_{02}^2. \quad (4.7)$$

Zvolená hodnota pro hladinu významnosti α byla pokaždé 5%. Jedná se o test oboustranný, jak je zřejmé z rovnice (4.7), a tak se hledala kritická hodnota pro hladinu významnosti $\alpha/2$. Pro nulovou hypotézu H_0 stanovíme $Sd_{01}^2 = Sd_{02}^2$, jestliže $F > F_{\alpha/2}$ hypotéza je zamítnuta. Alternativní hypotéza H_1 je stanovena $Sd_{01}^2 \neq Sd_{02}^2$. [12] Kritická hodnota byla zjištěna



v programu Microsoft Office Excel 2016. Jelikož výsledek prokázal $F < F_{\alpha/2}$, nulová hypotéza nebyla zamítnuta. Z toho vyplývá, že obě výběrové směrodatné odchytky náleží do stejného základního souboru (obě přesnosti jsou statisticky stejné).

Tyto získané výběrové směrodatné odchytky se dále porovnávaly s nominální (základní) směrodatnou odchytkou (značenou σ), kterou udává výrobce přístroje. Nulová hypotéza H_0 je zde stanovena $Sd_0 = \sigma$. Testovací kritérium byla zde veličina

$$\chi^2 = \frac{(n - 1)}{\sigma^2} \cdot Sd_0^2. \quad (4.8)$$

Tato veličina χ^2 má chí kvadrát rozdělení se stupni volnosti $n - 1$. Testování proběhlo na hladině významnosti 5%. Opět se jedná se o test oboustranný, a tak se hledala kritická hodnota pro hladinu významnosti $\alpha/2$. Nulovou hypotézu H_0 zamítáme, jestliže by platilo $\chi^2 < \chi_{1-\alpha/2}^2$ nebo $\chi^2 > \chi_{\alpha/2}^2$. [12] Kritické hodnoty byly nalezeny v tabulkách χ^2 - rozdělení.

Tab. 7: Testování nominálních a výběrových směrodatných odchylek TS Trimle S8

	Vodorovné směry		Zenitové úhly		Šikmé délky	
nominální	0,3	mgon	0,3	mgon	0,8	mm
výběrová	0,63	mgon	0,23	mgon	0,27	mm
n'	14		14		14	
χ^2	61,28		8,03		1,04	
$\chi^2 (1-\alpha/2)$	5,63	ANO	5,63	ANO	5,63	NE
$\chi^2 (\alpha/2)$	26,1	NE	26,1	ANO	26,1	ANO

Zdroj: vlastní zpracování

Z tohoto testování je zřejmé, že nulová hypotéza byla zamítnuta pro vodorovné směry a šikmé délky, a tak je prokázáno, že výběrové směrodatné odchytky nenáležejí základnímu souboru.

Při náhledu do (Tab. 7) je zřejmé, že přesnost měřené délky byla dosažena mnohem vyšší, než je nominální směrodatná odchytky daná výrobcem, ale tato úvaha je chybná. Testování poukazuje pouze na vnitřní přesnost, tedy na přesnost na stanovisku, nikoliv v celé síti. Jelikož na většině stanoviscích byly měřeny protisměrné veličiny, bylo možné jejich



vzájemné porovnání. Jednalo se o protisměrné délky a zenitové úhly. Výpočtem jejich výběrových směrodatných odchylek se získaly hodnoty vnější přesnosti.

Ještě než se realizovalo testování vnější přesnosti, bylo potřeba otestovat chyby měření ve skupině od průměru skupin. K testování byl použit Pearson – Sekharův (Grubbsův) test oprav. [14] Pearson – Sekharův (Grubbsův) test spočívá v porovnání absolutní hodnoty dosažených oprav v_i k průměru s mezní opravou v_M , pouze se vždy vypočítá výběrová směrodatná odchylka m . Maximální oprava se vypočítá ze vztahu

$$v_M = K_{G(\alpha,n)} \cdot m, \quad (4.9)$$

kde $K_{G(\alpha,n)}$ je kritická hodnota (Tab. 8), závislá na počtu opakování n a zvolené hladině významnosti α . Za základní směrodatnou odchylku m jednoho měření se dosadila vypočítaná výběrová směrodatná odchylka.

Tab. 8: Kritické hodnoty pro Pearson – Sekharův (Grubbsův) test

α	Počet měření n				
	3	4	5	6	7
5%	1,15	1,48	1,72	1,89	2,02
1%	1,15	1,50	1,76	1,97	2,14

zdroj: vlastní zpracování, zdrojová data [14]

Testování odlehlosti měření se posuzuje nerovností

$$|v_i| > v_M. \quad (4.10)$$

Takto byly otestovány všechny měřené veličiny (vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky), a ty které neodpovídaly testu, nebyly vyloučeny, byly pouze prohlášeny za podezřelé a při vyrovnání jim byla případně snížena váha.

4.2.2 Testování protisměrných šikmých délek a zenitových úhlů

Po dokončení Pearson – Sekharova (Grubbsova) testu, mohla být zjištěna vnější přesnost. Tato přesnost se počítá z uzávěrů (např. trojúhelníků), protisměrných měření apod.



V našem případě se jedná o protisměrná měření délek a zenitových úhlů. Mezní odchylka rozdílu dvou měření (mezní rozdíl) je dán vzorcem

$$\Delta_M = u_p \cdot \sigma_\Delta, \quad (4.11)$$

kde u_p je velikost koeficientu spolehlivosti, který je pro hladinu významnosti 5% roven hodnotě 2, podle normálního rozdělení [14]. Směrodatná odchylka rozdílu dvou měření značená σ_Δ se vypočte vztahem

$$\sigma_\Delta = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (4.12)$$

Směrodatná odchylka měřené délky vpřed σ_1^2 byla vypočtena jako σ_{nom}^2/n , kde n je počet měřených skupin a σ_2^2 bylo vypočteno stejně jako σ_1^2 , jen bylo dosazeno za n počet skupin měřených zpět. V následující tabulce (Tab. 9) je testování rozdílů protisměrných délek s mezními rozdíly (Δ_M).

Tab. 9: Testování protisměrných délek

Mezi body	Tam [m]	Zpět [m]	Rozdíl [mm]	Δ_M [mm]	Vyhovuje	Průměrná délka [m]
539 - 538	48,8700	48,8692	0,8	1,63	ANO	48,8696
538 - 5001	78,8327	78,8318	0,8	1,63	ANO	78,8323
5001 - 537	16,8505	16,8499	0,6	1,53	ANO	16,8502
537 - 501	98,5140	98,5136	0,4	1,41	ANO	98,5138
502 - 5002	46,1457	46,1456	0,0	1,53	ANO	46,1456
5002 - 5003	17,5628	17,5630	-0,2	1,53	ANO	17,5629
5003 - 531	13,3090	13,3087	0,3	1,63	ANO	13,3088
531 - 532	49,8975	49,8970	0,5	1,63	ANO	49,8973
532 - 533	18,3945	18,3947	-0,2	1,63	ANO	18,3946
533 - 5010	19,1609	19,1605	0,4	1,63	ANO	19,1607
5010 - 5011	18,4353	18,4352	0,1	1,63	ANO	18,4353
5012 - 5013	20,1852	20,1852	0,0	1,63	ANO	20,1852

Zdroj: vlastní zpracování

Pro zajímavost je uveden i výpočet protisměrně měřených zenitových úhlů. Byl vypočten mezní rozdíl protisměrně měřených zenitových úhlů podle následujícího vzorce



$$\Delta_M = u_p \cdot \sigma_\Delta, \quad (4.13)$$

kde u_p je velikost koeficientu spolehlivosti, který je pro hladinu významnosti 5% roven hodnotě 2, podle normálního rozdělení [14]. σ_Δ je výběrová směrodatná odchylka rozdílu dvou měření, která se vypočte ze vztahu

$$\sigma_\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{ij=1}^k d_{ij}^2}{2 \cdot n}}, \quad (4.14)$$

kde d_{ij} je rozdíl protisměrně měřených veličin a n je počet těchto rozdílů. [13]

Tab. 10: *Testování protisměrných zenitových úhlů*

Mezi body	Tam [m]	Zpět [m]	Součet [gon]	Rozdíl [mgon]	Δ_M [mgon]	Vyhovuje
539 – 538	101,0696	98,9295	199,9991	-0,87	1,78	Ano
538 – 5001	99,5348	100,4629	199,9978	-2,23	1,78	Ne
5001 – 537	95,2265	104,7728	199,9993	-0,73	1,78	Ano
537 – 501	128,6944	71,3071	200,0016	1,55	1,78	Ano
502 – 5002	99,7801	100,2193	199,9993	-0,66	1,78	Ano
5002 – 5003	99,7204	100,2793	199,9997	-0,28	1,78	Ano
5003 – 531	98,7182	101,2803	199,9985	-1,48	1,78	Ano
531 – 532	99,5657	100,4341	199,9998	-0,23	1,78	Ano
532 – 533	99,0634	100,9349	199,9982	-1,77	1,78	Ano
533 – 5010	99,9953	100,0044	199,9997	-0,30	1,78	Ano
5010 – 5011	95,3002	104,6987	199,9990	-1,04	1,78	Ano
5012 – 5013	97,9436	102,0546	199,9982	-1,81	1,78	Ne

Zdroj: vlastní zpracování

Z předchozí tabulky (Tab. 10) je vidět, že některé zenitové úhly se nevešly do testovací meze. Pro polohové vyrovnání mají zenitové úhly až tak velký význam, jelikož jsou využity pouze pro redukci na vodorovnou délku, a tak nebyly vyloučeny z měření.

Tab. 11: *Vnější přesnost měřených délek a zenitových úhlů*

Šikmé délky	0,32 mm
Zenitové úhly	0,89 mgon

Zdroj: vlastní zpracování



4.2.3 Testování podle vyhlášky č. 435/1992 Sb.

Dalším krokem bylo testování protisměrně měřených délek podle vyhlášky č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. V této vyhlášce jsou uvedeny 4 druhy přesnosti a to konkrétně velmi přesná, přesná, technická a speciální. Testování bylo provedeno pro parametry velmi přesného měření. Pro velmi přesné měření je dáno vyhláškou, že při použití dálkoměru nesmí střední relativní chyba měřené délky překročit hodnotu 1 : 18 000. To znamená 1 mm na 18 m. Pro přesná měření je toto kritérium 1 : 14 000 a pro technická měření 1 : 10 000. [11]

Tab. 12: Testování protisměrných délek podle vyhlášky

Mezi body	Tam [m]	Zpět [m]	Rozdíl [mm]	Δ_M [mm]	Vyhovuje	Průměrná délka [m]
539 - 538	48,8700	48,8692	0,8	2,7	ANO	48,8696
538 - 5001	78,8327	78,8318	0,8	4,4	ANO	78,8323
5001 - 537	16,8505	16,8499	0,6	0,9	ANO	16,8502
537 - 501	98,5140	98,5136	0,4	5,5	ANO	98,5138
502 - 5002	46,1457	46,1456	0,0	2,6	ANO	46,1456
5002 - 5003	17,5628	17,5630	-0,2	1,0	ANO	17,5629
5003 - 531	13,3090	13,3087	0,3	0,7	ANO	13,3088
531 - 532	49,8975	49,8970	0,5	2,8	ANO	49,8973
532 - 533	18,3945	18,3947	-0,2	1,0	ANO	18,3946
533 - 5010	19,1609	19,1605	0,4	1,1	ANO	19,1607
5010 - 5011	18,4353	18,4352	0,1	1,0	ANO	18,4353
5012 - 5013	20,1852	20,1852	0,0	1,1	ANO	20,1852

Zdroj: vlastní zpracování

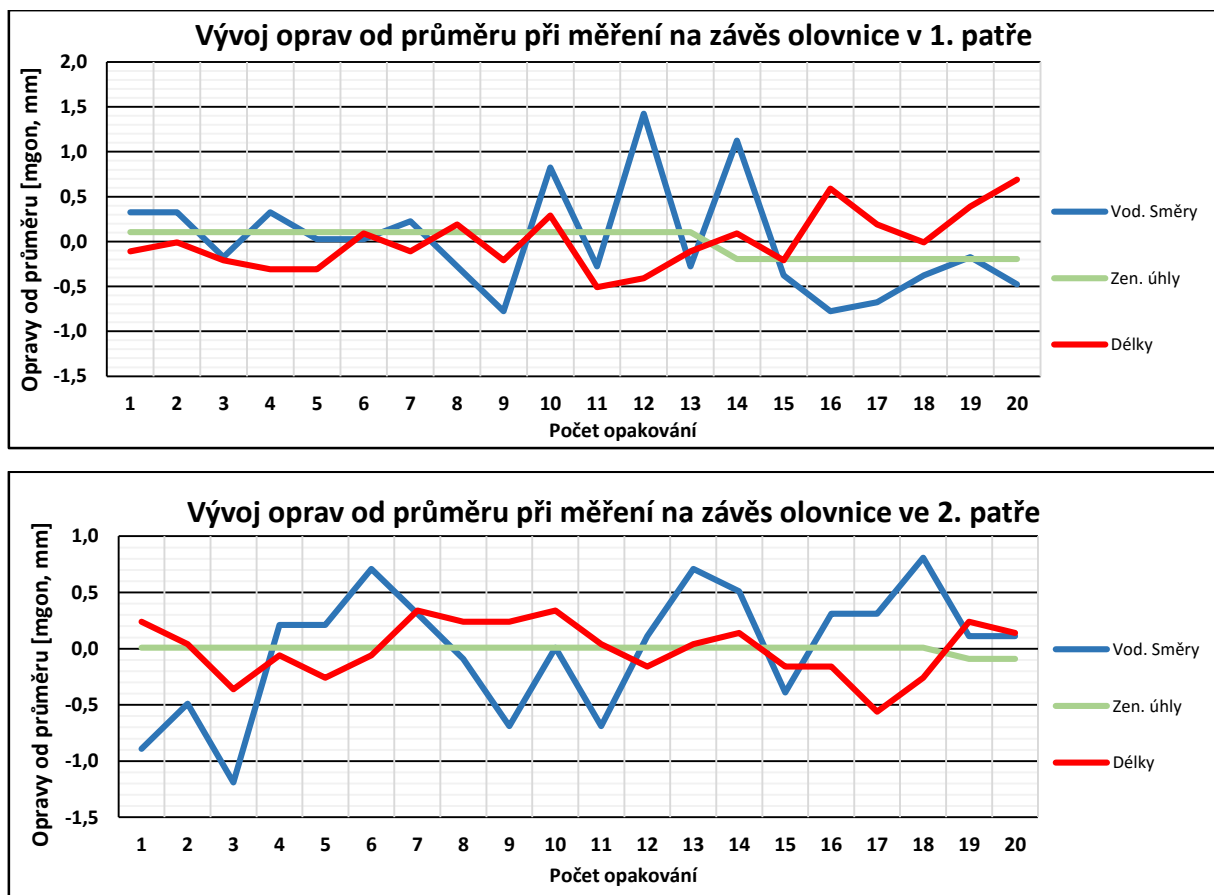
Z předchozí tabulky (Tab. 12) je zřejmé, že testování vyhovují všechny měřené délky s poměrně velkou rezervou a lze tedy říci, že měření bylo provedeno v souladu s vyhláškou č. 435/1992 Sb.



4.2.4 Analýza kyvů důlní olovnice

V 1. a ve 2. patře bylo potřeba udělat analýzu kyvů důlní olovnice. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1. Zaměření polygonového pořadu a sítě, provedlo se kontrolní měření na drát důlní olovnice. Z každého patra bylo k dispozici 20 měření v jedné poloze dalekohledu. Měření v jedné poloze dalekohledu bylo pro naše účely dostačující, jelikož bylo potřeba zjistit relativní pohyb závěsu. Pro vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky se vypočetly průměry a zkoumaly se opravy od průměru a jejich systematický vývoj.

Obr. 16: Vývoj oprav při měření na závěs olovnice v 1. a 2. patře



Zdroj: vlastní zpracování

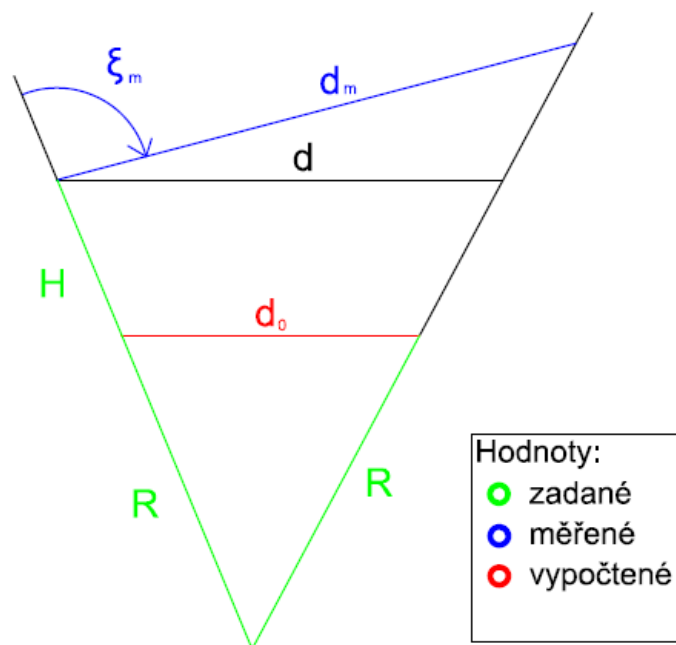
Z grafů na Obr. 16 je vidět, že opravy vodorovných směrů a šikmých délek nemají systematický průběh. Některé opravy vodorovných směrů mají větší odchylku, to lze přisoudit chybě v cílení na tak krátkou vzdálenost. Rozptyl je ale taky malý, že to nelze přisuzovat pohybu drátu. Nakonec byly vypočteny výběrové směrodatné odchylky vodorovných směrů a šikmých délek. Tyto hodnoty dále vstupovaly do vyrovnání jako jejich apriorní přesnosti.



4.2.5 Redukce délek

Dalším, ale už posledním, krokem úpravou dat před vyrovnáním a vypočítáním souřadnic bodového pole v systému S – JTSK je redukce délek. Délky se musely opravit o redukci do nulového horizontu a o redukci délky do zobrazovací roviny. Pro tento výpočet byl použit již známý měřítkový koeficient, který se používá ve všech prováděných výpočtech ve štolě Josef. Podrobný výpočet provedl v roce 2012 ve své diplomové práci Ing. Jan Varyš. [3] V této práci je uvedeno již stručné odvození.

Obr. 17: Redukce délek



Zdroj: vlastní zpracování

Měřená šikmá délka byla nejprve převedena na délku vodorovnou

$$d_{vod} = d_m \cdot \sin(z_m) \tag{4.15}$$

a následně do nulového horizontu. Výraz vychází z podobnosti trojúhelníků dle (Obr. 17)

$$d_0 = d_{vod} \cdot \frac{R}{R + H}, \tag{4.16}$$



kde R je poloměr Země a H je zjednodušený vztah pro střední nadmořskou výšku. Zlomek ve vzorci (4.16) lze napsat jako m_1 a tím získáme měřítkový koeficient pro danou oblast.

Vzorec po této úpravě má následující tvar

$$d_0 = d_m \cdot m_1. \quad (4.17)$$

Další měřítkový koeficient m_2 lze získat vyčíslením řady pro Křovákovo zobrazení

$$m_2 = 0,9999 + 1,22822 \cdot 10^{-14} \cdot \Delta R^2 - 3,154 \cdot 10^{-21} \cdot \Delta R^3 + 1,848 \cdot 10^{-27} \cdot \Delta R^4 - 1,15 \cdot 10^{-33} \cdot \Delta R^5, \quad [3] \quad (4.18)$$

$$\Delta R = R - R_0 = R - 1\,298\,039 [m]. \quad (4.19)$$

Vzdálenost od počátku souřadnicové soustavy

$$R = \sqrt{y^2 + x^2}. \quad (4.20)$$

Jakmile je délka převedena do nulového horizontu d_0 , můžeme redukovat délku o měřítkový koeficient m_2 do zobrazovací roviny S – JTSK podle vztahu

$$d_{S-JTSK} = d_0 \cdot m_2. \quad (4.21)$$

Výsledný měřítkový koeficient m se vypočte vynásobením koeficientů m_1 a m_2 .

V následující tabulce (Tab. 13) jsou uvedeny měřítkové koeficienty pro jednotlivá patra v oblasti Čelina – východ, kterými byly délky opraveny.

Tab. 13: Měřítkové koeficienty

Celkové měřítko	1. patro (0)	0,99985901
	2. patro (+20)	0,999855876
	3. patro (+40)	0,999852742

Zdroj: vlastní zpracování



4.3 Vyrovnání

Pro vyrovnání nově vybudovaného bodového pole v oblasti Čelina – východ a následně i celkového vyrovnání všech dostupných dat za čtyři roky měření ve štole Josef, byl využit program Gama – Local [15]. Vyrovnání prostorové sítě již proběhlo v aplikaci EasyNET [16].

4.3.1 Vyrovnání v programu Gama - Local

Program Gama – Local je volně distribuovaný a otevřený program, který slouží k vyrovnání rovinných i prostorových geodetických sítí. Autorem tohoto akademického projektu je Prof. Ing. Aleš Čepěk, CSc. z katedry Geomatiky na ČVUT v Praze. [15]

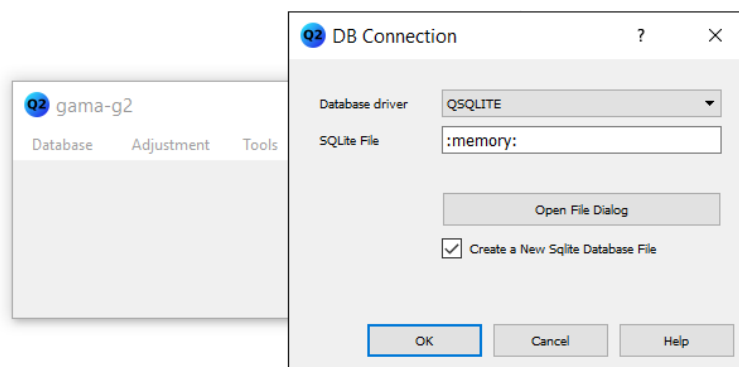
Vyrovnání v programu Gama – Local probíhalo ve dvou částech:

1. První část obsahuje samostatné vyrovnání nově vybudovaného bodového pole v oblasti Čelina - východ
2. Druhá část vyrovnání se zabývá celkovým vyrovnáním všech dostupných měřených dat za poslední čtyři roky ve štole Josef.

První část obsahuje nejen všechna měření týkající se této diplomové práce, ale byla zde i přidána měřená data Bc. Pavla Kaválka [17], který se ve své diplomové práci zabývá analýzou přesnosti a statistickými testy provažování.

Pro výpočet bodového pole bylo využito grafického uživatelského rozhraní gama – g2 verze 0.85.07. Nejprve bylo potřeba připojit databázi *Database – Connect to Database*. Objeví se dialogové okno (Obr. 18), kde je možné databázi připojit nebo vytvořit. V našem případě je potřeba vytvořit a tedy zaškrtneme checkbox *Create a New Sqlite Database File*.

Obr. 18: Vytvoření databáze

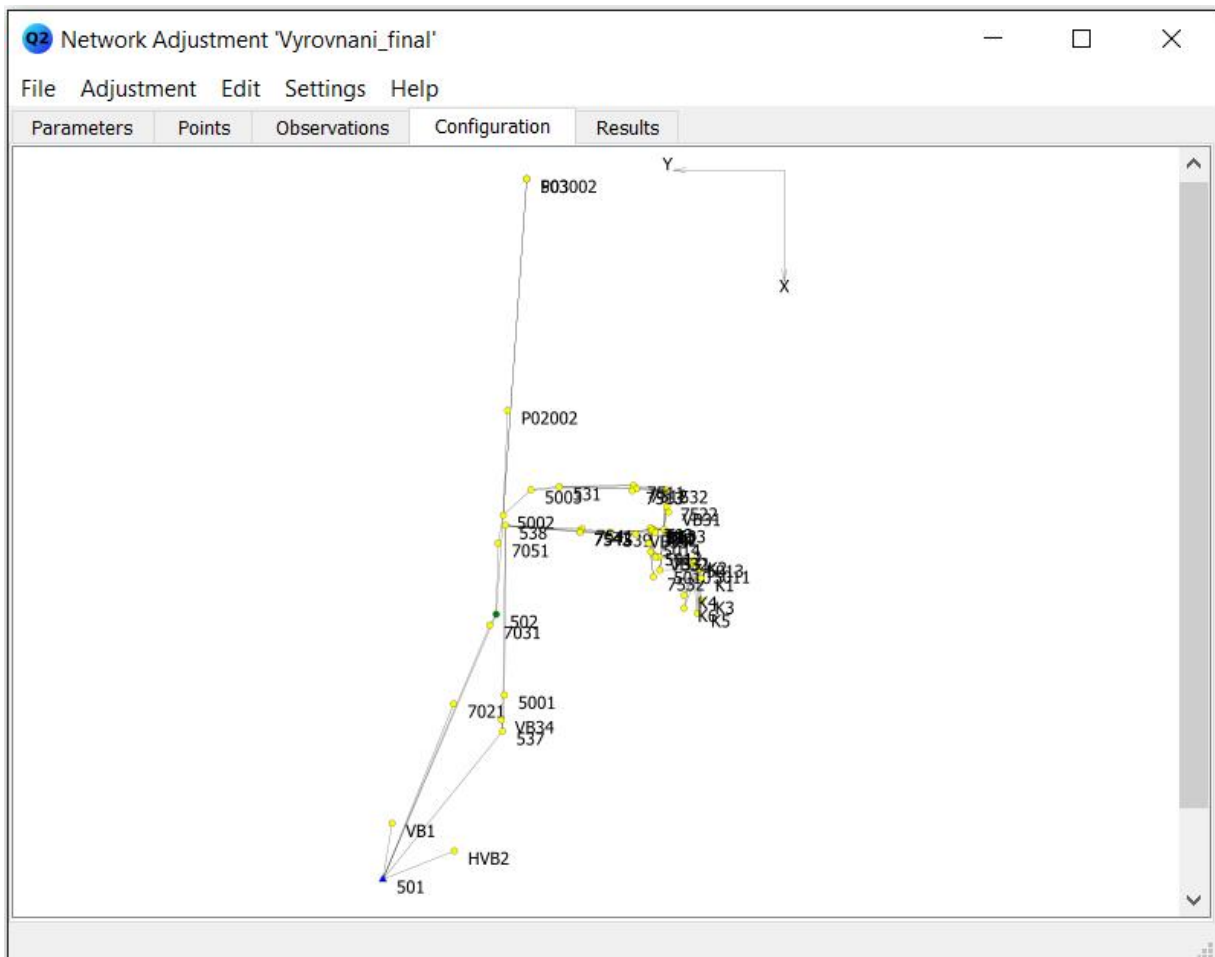


Zdroj: vlastní zpracování



Nyní provedeme import vstupního souboru *Import Configuration File*. Vstupní soubor je v podobě textového souboru s příponou *.gkf*, který obsahuje upravené veličiny z kapitoly 4.2. Zpracování terestrického měření a to jsou vodorovné směry a vodorovné délky. Dále jsou zde vloženy vypočtené souřadnice z kapitoly 4.1 Zpracování GNSS. Z předchozích analýz a testů je zřejmé, že nominální úhlová přesnost udávaná výrobcem neodpovídá výběrové směrodatné odchylce, která byla vypočítána z měřených hodnot. Pro další výpočty byla tedy použita vypočítaná výběrová směrodatná odchylka z protisměrného měření zenitových úhlů, tedy větší přesnost, která lépe vystihuje soubor měření než přesnost nominální.

Obr. 19: *Prostředí Gama – g2*



Zdroj: vlastní zpracování

V prostředí Gama – g2 na kartě *Parameters* je možné si zkontrolovat jednotlivé parametry sítě, jako jsou jednotky měřených veličin, směr os souřadnicové soustavy, nastavení směrodatné odchylky apriorní/ aposteriorní atd. Karta *Points* obsahuje všechny body, které se



mají vyrovnávat a jsou zde napsány typy bodů jako je *fixed*, *constrained*, *free* nebounused. Fixním bodem byl zvolen bod č. 501, který je umístěný před vstupním portálem do štoly. Souřadnice bodu 501 byly určeny aritmetickým průměrem ze všech dostupných observací z předchozích let. Opěrným bodem se stal bod č. 502, který je součástí páteřního polygonového pořadu štoly. Opěrným bodem se rozumí bod, který je v softwaru Gama - Local použit jako identický pro výpočet rotace sítě podle Helmertovy podmínky (Helmertova transformace s vyrovnáním MNC¹⁷). Na kartě *Observations* jsou vypsány všechny veličiny vstupující do vyrovnání i s jejich směrodatnými odchylkami. Dále byl uskutečněn pokus o vložení souřadnice bodu 537 jako měřené souřadnice. Bohužel z technických důvodů se výpočet nepodařil. Po kontrole těchto záložek bylo možné přejít k samotnému vyrovnání. V nástrojové liště v záložce *Adjustment* a dále *Run* se spustí vyrovnání. Na kartě *Configuration* si můžeme prohlédnout konfiguraci sítě. (Obr. 19) Bohužel grafické zpracování není příliš dobré, ale aspoň na hrubé zhlédnutí situace to stačí. Nás především zajímá karta *Results*, na které je protokol o výpočtu, tedy o vyrovnané síti. Dále obsahuje dosaženou aposteriorní směrodatnou odchylku, vyrovnané souřadnice a měřené veličiny.

Při výpočtu prvního vyrovnání bylo dosaženo aposteriorní směrodatné odchylky 1,29. Apriorní směrodatná odchylka byla nastavena na hodnotu 1. Výsledkem jsou souřadnice v systému S – JTSK i s jejich směrodatnými odchylkami.

Nakonec byl proveden export do textového souboru a je zde i možnost exportu do pdf.

Tab. 14: *Souřadnice nově vybudovaného bodového pole v 1. patře*

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	σ_{yx} [mm]	Poznámka
501	753430,171	1081634,672		1. patro (Stabilizace v počvě)
502	753377,287	1081511,473	0,4	
503	753363,050	1081309,219	2,9	
531	753347,853	1081452,138	1,0	1. patro (Stropní stabilizace)
532	753297,985	1081453,539	1,3	
533	753299,025	1081471,900	1,2	
5002	753374,045	1081465,449	0,7	1. patro (Důlek v kolejnici)
5003	753361,075	1081453,612	0,9	1. patro (Volné stanovisko)
5010	753300,950	1081490,959	1,3	1. patro (Volné stanovisko)
5011	753282,570	1081490,691	1,5	
T01	753303,238	1081472,816	1,2	1. patro (Odrasný štítek)

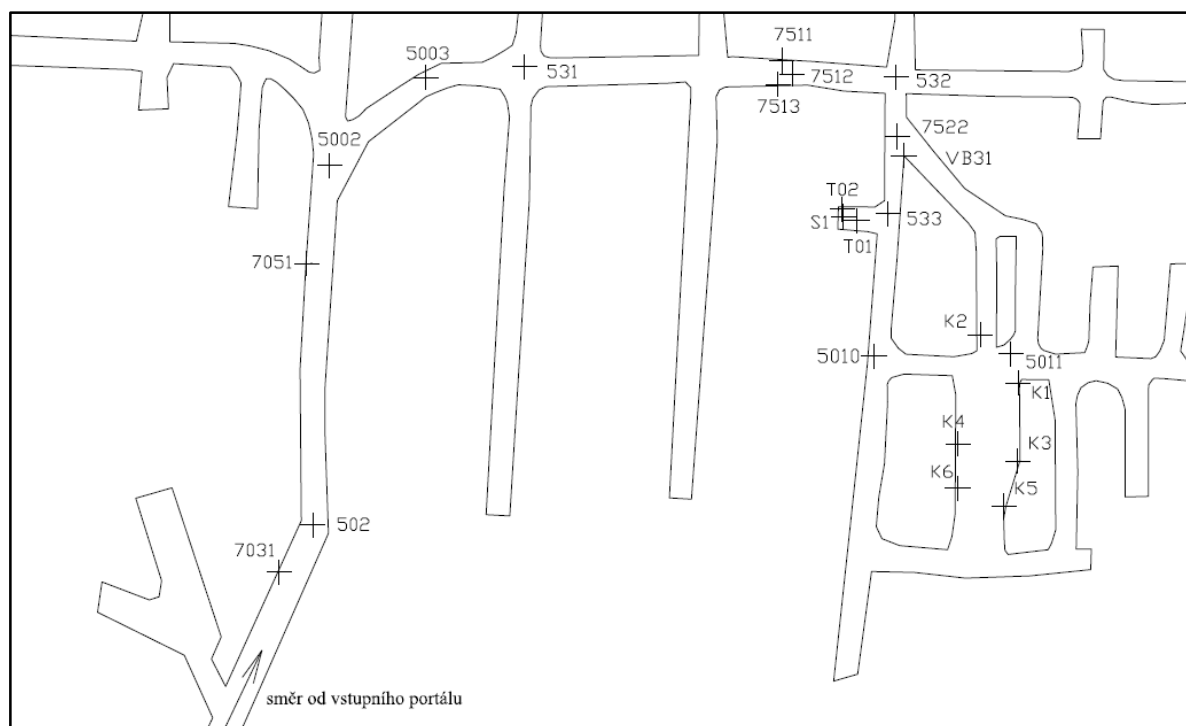
¹⁷ Metoda nejmenších čtverců



T02	753305,210	1081471,274	1,3	
S1	753305,021	1081472,255	1,4	1. patro (schodiště)
7021	753397,082	1081553,092	1,3	1. patro (Podrobný bod)
7031	753380,261	1081516,526	0,6	
7051	753376,458	1081478,466	0,7	
7511	753313,297	1081451,560	1,2	
7512	753311,895	1081453,151	1,3	
7513	753313,870	1081454,061	1,4	
7522	753297,804	1081461,522	1,3	
P02002	753371,983	1081416,770	1,4	1. patro (Podrobný bod)
P03002	753363,049	1081309,219	2,9	
VB31	753296,970	1081464,053	1,4	1. patro (Nivel. bod)
VB1	753425,891	1081608,640	0,8	Před portálem (Nivel. bod)
HVB2	753396,856	1081621,459	0,9	Před portálem (Nivel. bod)
K1	753281,562	1081494,554	1,7	Katedrála
K2	753285,073	1081486,634	1,6	
K3	753281,617	1081505,025	1,7	
K4	753289,624	1081502,761	1,6	
K5	753283,494	1081511,100	1,8	
K6	753289,686	1081508,675	1,7	
L	753304,014	1081472,095	1,2	Laser
D	753304,389	1081472,227	1,2	Olovnice

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 20: Nově vybudované bodové pole v 1. patře



Zdroj: vlastní zpracování, podklad z roku 1989 vyhotovený J. Pletánkovou

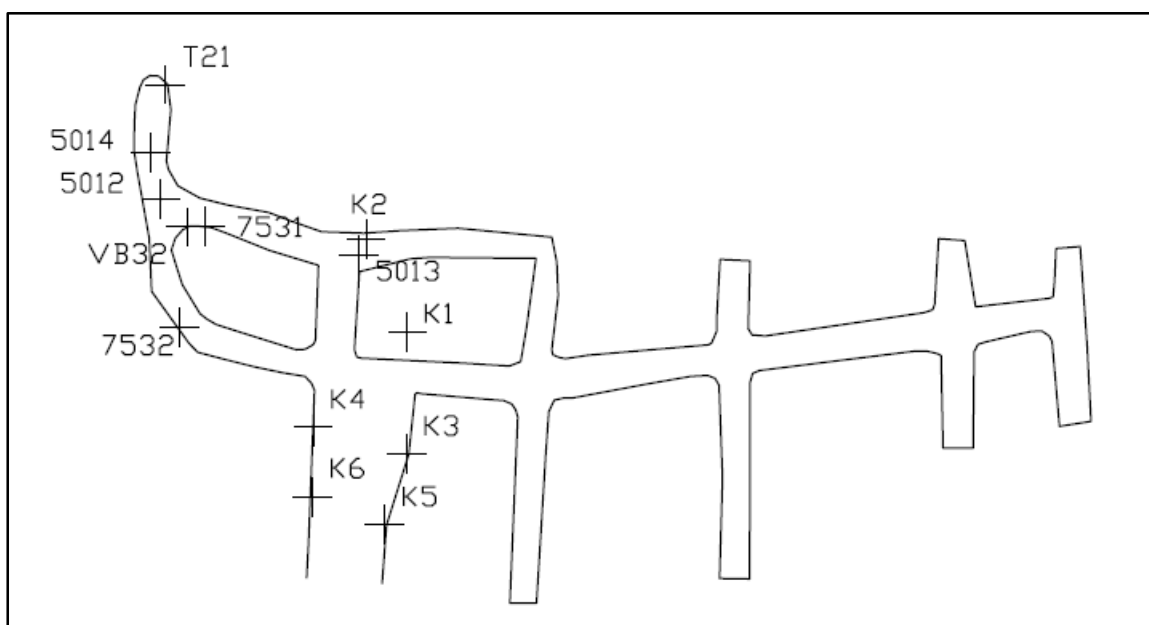


Tab. 15: Souřadnice nově vybudovaného bodového pole ve 2. patře

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	σ_{yx} [mm]	Poznámka
5012	753305,118	1081482,444	1,3	2. patro (Volné stanoviško)
5013	753285,711	1081487,944	1,5	
5014	753305,995	1081478,444	1,3	
T21	753304,766	1081472,641	1,3	2. patro (Odrazný štítek)
7531	753301,325	1081484,776	1,3	2. patro (Podrobný bod)
7532	753303,963	1081494,098	1,4	
VB32	753302,931	1081484,843	1,4	2. patro (Nivel. bod)
K1	753281,562	1081494,554	1,7	Katedrála
K2	753285,073	1081486,634	1,6	
K3	753281,617	1081505,025	1,7	
K4	753289,624	1081502,761	1,6	
K5	753283,494	1081511,100	1,8	
K6	753289,686	1081508,675	1,7	

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 21: Nově vybudované bodové pole ve 2. patře



Zdroj: vlastní zpracování, podklad z roku 1989 vyhotovený J. Pletánkovou

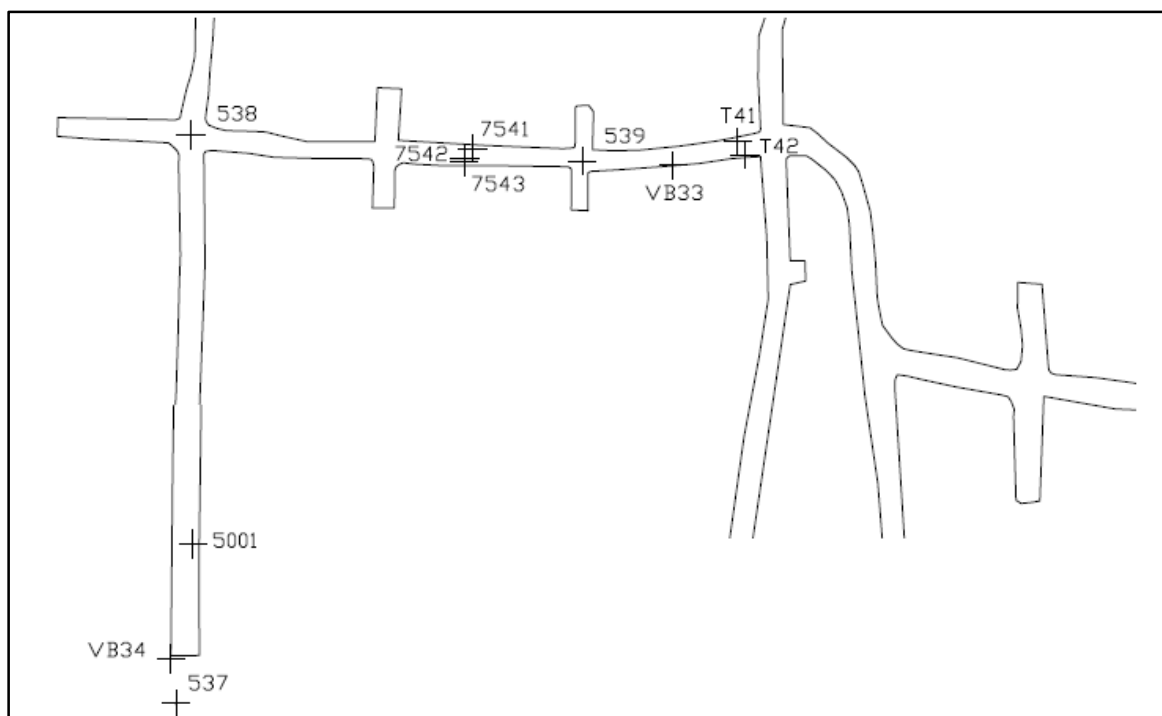


Tab. 16: *Souřadnice nově vybudovaného bodového pole ve 3. patře*

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	σ_{yx} [mm]	Poznámka
537	753374,340	1081565,794	0,8	3. patro (Stabilizace v počvě)
538	753373,033	1081470,199	1,1	
539	753324,295	1081473,577	1,1	
5001	753373,476	1081549,016	0,9	3. patro (Volné stanovisko)
T41	753304,442	1081472,455	1,3	3. patro (Odrazný štítek)
T42	753303,163	1081473,591	1,3	
7541	753337,220	1081471,722	1,2	3. patro (Podrobný bod)
7542	753338,139	1081473,007	1,2	
7543	753338,169	1081473,346	1,2	
VB33	753312,180	1081474,243	1,4	3. patro (Nivel. bod)
VB34	753374,910	1081560,565	1,0	

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 22: *Nově vybudované bodové pole ve 3. patře*



Zdroj: vlastní zpracování, podklad z roku 1989 vyhotovený J. Pletánkovou

V předchozích třech tabulkách (Tab. 14, Tab. 15 a Tab. 16) jsou uvedeny souřadnice nově vybudovaných bodů i se směrodatnými souřadnicovými odchylkami, které se vypočetly podle

$$\sigma_{yx} = \sqrt{0,5 \cdot (\sigma_x^2 + \sigma_y^2)} . \quad (4.22)$$



V druhé části výpočtu do vyrovnání vstupují nejen všechna data z předchozího vyrovnání, ale i všechna dostupná data z předchozích let. Od roku 2011 bylo v rámci bakalářských a diplomových prací provedeno mnoho měřických činností studenty FSv ČVUT. Využitá data jsou pouze polohového charakteru, jelikož výšková měření nejsou předmětem této diplomové práce.

Roku 2011 bylo provedeno první polohové připojení a zaměření nově vybudovaného základního důlního bodového pole ve štolě Josef, které uskutečnil v rámci své diplomové práce Ing. Jan Varyš [3]. Práce se skládala ze zaměření polygonového pořadu totální stanicí Leica TCA 2003, připojení pomocí mikrosítě o třech bodech poblíž ohlubně větrací šachty štoly, připojovací GNSS měření na těchto bodech a před vstupními portály do štoly. Nakonec se uskutečnilo provázení důlní olovnice.

O rok později v rámci bakalářské práce provedl Ing. Martin Fencel [7] druhé zaměření polygonového a nové GNSS připojovací měření před vstupními portály. Veškeré měřické činnosti byly provedeny s přístroji od firmy Trimble.

Roku 2013 bylo realizováno třetí zaměření polygonového pořadu Bc. Lucií Holíkovou [20]. S tím rozdílem, že bylo využito kombinace přístrojové techniky firem Leica a Trimble.

V rámci své bakalářské práce v roce 2014 jsem vybuďoval mikrosít' na ohlubni větrací šachty štoly Josef. Měření probíhalo ve dvou etapách s kombinací dvou přístrojových technik firem Trimble a Leica. Náležitosti a podrobný popis tohoto měření je uveden v mé bakalářské práci. [2]

Dále v tomto roce probíhala diplomová práce na téma „Možnosti připojení a usměrnění základního důlního bodového pole v Podzemní laboratoři Josef“, kterou zpracovával Ing. Martin Fencel [6]. V rámci této práce bylo provedeno druhé provázení báňskou olovnice na ohlubni větrací šachty a usměrnění orientační přímky 523 – 524, která je v oblasti Mokrsko – západ gyroteodolitem Gyromat 3000.

V rámci bakalářské práce Bc. Jana Velíška [21] bylo provedeno zaměření prostorové tunelové sítě roku 2015. Zaměření proběhlo přístrojem Leica TS 06.

Toho roku bylo uskutečněno další měření Miloslavem Srpem [22] v rámci své bakalářské práce s názvem „Tunelové zpracování v UEF Josef s využitím Trimble S8“.

Všechna naměřená a zpracovaná data z předchozích etap [2] [3] [6] [7] [20][21][22] byla vložena do jednoho souboru a vše vyrovnáno. Jelikož se jedná o velký objem dat, byl pro celkové vyrovnání všech naměřených dat využit program Gama – Local v concoli. Fixním



bodem byl zvolen bod č. 501, který je umístěný před vstupním portálem do štoly. Souřadnice bodu 501 byly určeny aritmetickým průměrem ze všech dostupných observací z předchozích let. Opěrnými body se staly 4001 a 9001, které se nachází v zadní části štoly a tím bylo zajištěné připojení sítě výpočet polygonového pořadí jako vetknutý. Směrodatné odchylky, každé etapy, byly nastaveny na základě provedených analýz v jednotlivých závěrečných pracích. Při výpočtu celkového vyrovnání bylo dosaženo aposteriorní směrodatné odchylky 1,29. Apriorní směrodatná odchylka byla nastavena na hodnotu 1. Výsledkem jsou souřadnice v systému S – JTSK i s jejich směrodatnými odchylkami. Později byly tyto souřadnice transformovány v programu Groma [19] do místního systému S – Josef.

4.3.2 Prostorové vyrovnání v aplikaci EasyNET

EasyNET je aplikace vyvíjená Ing. Pavlem Třasákem, Ph.D. na katedře speciální geodézie. Tato aplikace slouží pro snadné uživatelsky nenáročné zpracování a vyhodnocení velmi přesných měření v inženýrské geodézii. Opakovaně naměřená data (tj. vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky) jsou uspořádána do měřických skupin a jejich následné vyhodnocení v podobě vyrovnání prostorové geodetické sítě. [16]

Základní vlastnosti aplikace EasyNET je možno stručně charakterizovat v následujících bodech:

1. **Detekce měřických skupin** (Automatické rozpoznávání měřických skupin, a grafické rozčlenění)
2. **Základní kontrola měření** (Hlavním cílem je vyhledávání hrubých chyb a omylů)
3. **Zpracování doplňkových měření** (Jedná se zde o samostatně měřené šikmé délky, směrníky (gyroměření), převýšení a svislá provažování)
4. **Redukce měřených geodetických veličin** (Měřené zenitové úhly a šikmé délky jsou redukovány na spojnici stabilizačních značek „kámen – kámen“ a opraveny o zakřivení Země. Dále jsou šikmé délky redukovány z nadmořské výšky do nulového horizontu a opraveny o kartografické zobrazení)
5. **Robustní výpočet přibližných souřadnic bodů sítě** (Součástí procesu je automatický výpočet přibližných souřadnic a to několika geodetickými úlohami a různými kombinacemi ze zadaných či již vypočtených bodů geodetické sítě)



6. **Kontrola hrubých chyb** (Kontrola porovnání rozdílů šikmých délek a délek vypočtených z přibližných souřadnic. Obdobný princip je stanoven i pro doplňková měření)
7. **Apriorní analýza sítě** (Cílem je určení apriorních směrodatných odchylek měřených veličin za účelem správného stanovení vah měření vstupujících do vyrovnání a správné použití metody detekce odlehlých hodnot)
8. **Detekce odlehlých hodnot** (Pomocí robustních metod jsou vyhledávány a postupně vylučovány odlehlé hodnoty měření)
9. **Vyrovnání prostorové geodetické sítě** (Vyrovnání volné a vázané sítě pomocí MNC)
10. **Transformace vyrovnané geodetické sítě** (Transformační klíč je možno volit mezi metodami „Transformace s vyrovnáním“ a „Bod a směrnik“) [16]

Obr. 23: Hlavní dialogové okno EasyNet

Stanovisko			Měřené veličiny		
Pořadí	Číslo	Výška [m]	odorovný směr [gon]	Zenitový úhel [gon]	Šikmá délka [m]
1	539	1.6256	0.0000	101.0701	48.8695
			396.6520	103.9563	13.9040
	7542	0.0000	398.2086	99.0667	13.8602
	7541	0.0000	4.6656	106.0369	13.1185
	T41	0.0000	192.0002	99.2957	19.8896
	T42	0.0000	195.6371	106.3054	21.2397
	538U	1.6530	0.0000	101.0701	48.8694
	538U	1.6530	200.0026	298.9308	48.8699
	T42	0.0000	395.6407	293.6985	21.2402
	T41	0.0000	392.0014	300.7061	19.8906
	7541	0.0000	204.6783	293.9641	13.1187
	7542	0.0000	198.2178	300.9334	13.8600
	7543	0.0000	196.6557	296.0431	13.9049
	538	1.6530	200.0025	298.9312	48.8701
	538	1.6530	0.0000	101.0701	48.8697
	7543	0.0000	396.6522	103.9562	13.9048
	7542	0.0000	398.2090	99.0669	13.8600
	7541	0.0000	4.6656	106.0367	13.1182
	T41	0.0000	192.0008	99.2956	19.8898
	T42	0.0000	195.6369	106.3031	21.2404
	538U	1.6530	0.0001	101.0702	48.8697
	538U	1.6530	200.0029	298.9311	48.8700
	T42	0.0000	395.6392	293.6983	21.2397
	T41	0.0000	392.0028	300.7060	19.8904
	7541	0.0000	204.6789	293.9642	13.1184
	7542	0.0000	198.2184	300.9332	13.8598
	7543	0.0000	196.6564	296.0434	13.9045
	538	1.6530	200.0029	298.9309	48.8696
	538	1.6530	0.0000	101.0702	48.8701
	7543	0.0000	396.6520	103.9561	13.9041
	7542	0.0000	398.2087	99.0664	13.8599
	7541	0.0000	4.6654	106.0367	13.1190
	T41	0.0000	192.0008	99.2960	19.8890
	T42	0.0000	195.6385	106.3039	21.2400
	538U	1.6530	0.0001	101.0702	48.8699

Zdroj: vlastní zpracování



Po spuštění programu EasyNET byl proveden import všech zápisníků přes nabídku *Hlavní/ Přidat*. Do hlavního dialogového okna se načetl zápisník s měřenými veličinami a automaticky seřazeny podle jednotlivých stanovisek. V této fázi zpracování je možné provést editaci měření, popřípadě provést i kontrolu mezních rozdílů měřených veličin pomocí *Hlavní/ Nastavení/ Kontrola*.

Dalším krokem bylo nastavení měřítkového koeficientu *Hlavní/ Nastavení/ Redukce délek*. Zde byla zvolena možnost výškové hladiny *Střední hladina geodetické sítě* a dále se zadal měřítkový koeficient vypočtený v kapitole 4.2.5 Redukce délek. Před samotným vyrovnáním byly nastaveny základní vstupní hodnoty pro vyrovnání *Hlavní/ Nastavení/ Vyrovnání sítě*. Po konzultaci s Doc. Ing. Martinem Štronerem, Ph. D. se nastavilo vylučování odlehlých hodnot na hladině významnosti 0,005 pro zajištění lepší stability sítě metodou robustního odhadu Huber. A dále se zde nastavily hodnoty směrodatných odchylek měřených veličin, vstupujících do vyrovnání. Použité hodnoty byly nastaveny větší než jevnější přesnost z *Vyrovnání/ Analýza sítě/ Apriorní analýza sítě*. Pouze za směrodatnou odchylku délky byla použita nominální směrodatné odchylka. Nastavení vyrovnání sítě je uvedeno na následujícím obrázku (Obr. 24).

Obr. 24: *Nastavení vyrovnání sítě*

Zdroj: vlastní zpracování



EasyNET nabízí doplňkovou funkci *Svislé provažování*. Pro lepší provázání celé sítě se zde zadaly body, mezi kterými k provažování důlní olovnici a i laserem došlo. Měření laserem i s jeho přesnostmi poskytl Bc. Pavel Kaválek [17], jehož diplomová práce je právě zaměřena na analýzu přesnosti a statistické testy provažování. Další využitá doplňková funkce byla *Převýšení*. Zde byla vložena jednotlivá převýšení, která byla měřena metodou VPN¹⁸. Tato data poskytl Bc. David Hanousek [18], jehož diplomová práce je zaměřená na určení výškové složky tohoto nově vybudovaného bodového pole.

Nyní bylo vše připraveno pro vyrovnání celé sítě a to funkcí *Vyrovnání/ Vyrovnání sítě*. Jakmile se síť vyrovnala, objevilo se dialogové okno s vyrovanými souřadnicemi v místní soustavě. V tomto okně lze zjistit základní informace o vyrovnání sítě *Sít/ Informace*. Zde můžeme najít počet odlehlých hodnot (vodorovný směr, zenitový úhel, šikmá délka, převýšení svislé provažování), apriorní a aposteriorní směrodatnou odchylku, počet vyrovaných bodů a počet vyrovaných měření. V záložce *Odlehlé hodnoty* jsou uvedeny opravy jednotlivých veličin. Opravy jsou v řádech vteřin a milimetrů.

Obr. 25: Základní informace o vyrovnání

Vyloučení odlehlých hodnot		Vyrovnání sítě	
Metoda robustního odhadu:	Huber	Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Hladina významnosti:	0.005	Aposterioerní jednotková směrodatná odchylka:	0.697
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	23/1040 [0.022]	Počet fixních bodů:	0
Vodorovný směr:	3/339 [0.009]	Počet vyrovaných bodů:	73
Zenitový úhel:	10/339 [0.029]	Počet vyrovaných orientačních posunů:	20
Šikmá délka:	8/339 [0.024]	Počet vyrovaných měření:	1017
Šikmá délka (doplňek):	-	Vodorovný směr:	336
Směrník:	-	Zenitový úhel:	329
Převýšení:	2/11 [0.182]	Šikmá délka:	331
Svislé provažování:	0/6 [0.000]	Šikmá délka (doplňek):	0
		Směrník:	0
		Převýšení:	9
		Svislé provažování (X + Y):	6 (12)
		Počet nadbytečných měření:	782

Zdroj: vlastní zpracování

¹⁸ Velmi přesná nivelace



Dále bylo potřeba souřadnice v místní soustavě transformovat do souřadnicového systému S - JTSK. V záložce *Transformace/ Identické body* byl proveden import seznamu souřadnic. Nyní se provedla transformace *Transformace/ Transformace na bod a směrnik*. Opět je zde možné si prohlédnout informace o transformaci *Transformace/ Informace* jako je počet transformovaných bodů a hlavně parametry transformačního klíče.

V následující tabulce (Tab. 17) jsou uvedeny vyrovnané souřadnice bodů nově vybudovaného bodového pole v souřadnicovém systému S – JTSK.

Tab. 17: *Prostorové souřadnice v S-JTSK*

Číslo Bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]	Poznámka
501	753430,171	1081634,672	284,550	1. patro (Stabilizace v počvě)
502	753377,287	1081511,472	285,240	
503	753363,052	1081309,217	286,781	
531	753347,854	1081452,136	287,360	1. patro (Stropní stabilizace)
532	753297,985	1081453,538	287,701	
533	753299,025	1081471,898	287,970	
5002	753374,046	1081465,448	285,443	1. patro (Důlek v kolejnici)
5003	753361,076	1081453,610	287,092	1. patro (Volné stanovisko)
5010	753300,950	1081490,958	287,971	1. patro (Volné stanovisko)
5011	753282,570	1081490,690	289,331	
T01	753303,238	1081472,815	288,791	1. patro (Odrazný štítek)
T02	753305,211	1081471,272	287,641	
S1	753305,021	1081472,254	287,578	1. patro (schodiště)
7021	753397,082	1081553,092	286,916	1. patro (Podrobný bod)
7031	753380,262	1081516,526	286,610	
7051	753376,459	1081478,465	287,055	
7511	753313,297	1081451,559	287,421	
7512	753311,895	1081453,149	288,751	
7513	753313,871	1081454,060	288,004	
7522	753297,805	1081461,521	288,629	
P02002	753371,984	1081416,768	288,214	1. patro (Podrobný bod)
P03002	753363,051	1081309,217	286,881	
VB31	753296,972	1081464,041	286,451	1. patro (Nivel. bod)
VB1	753425,891	1081608,640	285,746	Před portálem (Nivel. bod)
HVB2	753396,855	1081621,458	285,156	Před portálem (Nivel. bod)
5012	753305,119	1081482,443	308,049	2. patro (Volné stanovisko)
5013	753285,712	1081487,944	308,700	
5014	753305,995	1081478,443	308,004	
T21	753304,766	1081472,640	308,649	2. patro (Odrazný štítek)
7531	753301,325	1081484,775	308,324	2. patro (Podrobný bod)



7532	753303,964	1081494,097	308,299	
VB32	753302,932	1081484,842	306,990	2. patro (Nivel. bod)
537	753374,341	1081565,794	327,726	3. patro (Stabilizace v počvě)
538	753373,034	1081470,198	325,788	
539	753324,296	1081473,576	326,637	
5001	753373,477	1081549,016	328,017	3. patro (Volné stanoviško)
T41	753304,442	1081472,453	328,482	3. patro (Odrazný štítek)
T42	753303,163	1081473,589	326,163	
7541	753337,220	1081471,721	327,020	3. patro (Podrobný bod)
7542	753338,140	1081473,006	328,465	
7543	753338,169	1081473,345	327,399	
VB33	753312,181	1081474,241	326,838	3. patro (Nivel. bod)
VB34	753374,910	1081560,565	328,057	
K1	753281,563	1081494,553	291,869	Katedrála
K2	753285,073	1081486,633	290,027	
K3	753281,618	1081505,025	300,706	
K4	753289,625	1081502,761	301,620	
K5	753283,495	1081511,099	309,609	
K6	753289,687	1081508,673	307,034	
10	753304,014	1081472,093	288,125	Laser
20	753304,014	1081472,094	307,495	
40	753304,014	1081472,093	326,389	
D1	753304,390	1081472,226	287,682	Olovnice
D2	753304,390	1081472,226	307,929	
D4	753304,390	1081472,226	326,548	

Zdroj: vlastní zpracování

Nutno podotknout, že u bodů 531, 532 a 533 jsou výšky stanovišek vztaženy k točným osám dalekohledů nikoliv k zabudovaným značkám, jelikož se jedná o stropní stabilizace. Co se týče laseru a olovnice je pro nás podstatné polohové určení a tedy výšky jsou pouze informativního charakteru.



4.4 Porovnání vypočtených souřadnic EasyNET a Gama – g2

V následující tabulce (Tab. 18) jsou uvedeny souřadnicové rozdíly mezi jednotlivými programy. V programu Gama – g2 byl zvolen pevný bod 501 a opěrný 502. V aplikaci EasyNET byl zvolen pro transformaci bod a směrnik, počáteční bod 501 a směrnik na bod 502.

Tab. 18: Rozdíl souřadnic aplikace EasyNET a programu Gama – g2

Číslo bodu	ΔY [mm]	ΔX [mm]	Poznámka	Číslo bodu	ΔY [mm]	ΔX [mm]	Poznámka
501	0	0	1. patro (Stabilizace v počvě)	5013	-1	0	2. patro (Volné stanovisko)
502	0	1		5014	0	1	2. patro (Odrazný štítek)
503	-2	2		T21	0	1	
531	-1	2	1. patro (Stropní stabilizace)	7531	0	1	2. patro (Podrobný bod)
532	0	1		7532	-1	1	
533	0	2		VB32	-1	1	2. patro (Nivel. bod)
5002	-1	1	1. patro (Důlek v kolejnici)	537	-1	0	3. patro (Stabilizace v počvě)
5003	-1	2	1. patro (Volné stanovisko)	538	-1	1	
5010	0	1	1. patro (Volné stanovisko)	539	-1	1	
5011	0	1		5001	-1	0	3. patro (Volné stanovisko)
T01	0	1	1. patro (Odrazný štítek)	T41	0	2	3. patro (Odrazný štítek)
T02	-1	2		T42	0	2	
S1	0	1	1. patro (schodiště)	7541	0	1	3. patro (Podrobný bod)
7021	0	0	1. patro (Podrobný bod)	7542	-1	1	
7031	-1	0		7543	0	1	
7051	-1	1		VB33	-1	2	3. patro (Nivel. bod)
7511	0	1		VB34	0	0	
7512	0	2		K1	-1	1	Katedrála
7513	-1	1		K2	0	1	
7522	-1	1		K3	-1	0	
P02002	-1	2	1. patro (Podrobný bod)	K4	-1	0	
P03002	-2	2		K5	-1	1	
VB31	-2	2	1. patro (Nivel. bod)	K6	-1	2	
VB1	0	0	Před portálem (Nivel. bod)	L	0	2	Laser
HVB2	1	1	Před portálem (Nivel. bod)	D	-1	1	Olovnice
5012	-1	1	2. patro (Volné stanovisko)				

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky (Tab. 18) je patrné, že prostorové vyrovnání z aplikace EasyNET a polohové vyrovnání z programu Gama – g2 se téměř neliší. Nejvyšší rozdíl dosahuje velikosti 2 milimetrů a to by se dalo přisoudit postupu výpočtu.



4.5 Transformace do místního systému S – Josef

Úkolem této diplomové práce bylo také vypočítat souřadnice nově vybudovaného bodového pole v místním systému. Tento místní systém, označený jako S – Josef, byl poprvé použit v bakalářské práci „Polohové zaměření a připojení základního bodového pole štol Josef“, kterou sepsal Ing. Martin Fencel. Systém je definován tak, aby bod 501 měl souřadnice $[Y = 5\ 000; X = 10\ 000]$ a natočení soustavy odpovídalo S – JTSK. Dále je tento systém výhodný pro výpočty ve skutečném rozměru, protože neuvažuje zkreslení délek Křovákova zobrazení. [7]

Tab. 19: *Souřadnice pro výpočet transformačního klíče*

Číslo bodu	S – JTSK		S – Josef	
	Y	X	Y	X
	[m]	[m]	[m]	[m]
501	753430,173	1081634,670	5000,000	10000,000
502	753377,287	1081511,472	4947,106	9876,785
503	753363,049	1081309,217	4932,867	9674,502
504	753416,116	1080871,136	4985,942	9236,358
505	753449,822	1080602,175	5019,652	8967,360
506	753527,960	1079929,196	5097,801	8294,286
507	753542,791	1079808,854	5112,635	8173,927
511	753446,581	1081449,518	5016,410	9814,823
512	753523,453	1081446,948	5093,293	9812,252
521	753535,321	1079920,869	5105,164	8285,958
522	753602,660	1079930,851	5172,512	8295,942
523	753827,467	1079949,760	5397,351	8314,853
524	753975,495	1079963,280	5545,400	8328,375

Zdroj: vlastní zpracování; data převzata z [7]

V tabulce (Tab. 19) jsou uvedeny souřadnice, z kterých byl vypočten transformační klíč. Tento výpočet byl proveden v geodetickém programu Groma. [19] Pro výpočet byla zvolena podobnostní transformace. V následující tabulce (Tab. 20) je vypočítaný transformační klíč ze systému S – JTSK do systému S – Josef.

Tab. 20: *Transformační klíč*

Posun ΔY [m]	-748 430,157
Posun ΔX [m]	-1 071 634,809
Měřítko	1,0001409854
Rotace [mgon]	0,0000

Zdroj: vlastní zpracování



4.6 Výpočet výšek nově vybudovaného bodového pole

Výpočet prostorové sítě byl proveden v aplikaci EasyNET a postup je sepsán v kapitole 4.3.2 Prostorové vyrovnání v aplikaci EasyNET. V této kapitole je uveden výpočet nadmořských výšek nově vybudovaného bodového pole metodou trigonometrického určování výšek. Již před zahájením měření byl předpoklad, že se síť bude počítat i výškově, a tak se pečlivě zaznamenávaly výšky přístroje na stanovisku v_p a výšky cílů v_c . Nadmořské výšky bodů byly vypočítány podle vzorce

$$H_i = H_{i-1} + v_p + h - v_c, \quad (4.23)$$

kde převýšení h vstupující do předchozího vzorce (4.23) bylo vypočítáno z Pythagorovy věty z pravouhlého trojúhelníku. Tedy ze vztahu $h = s \cdot \cos z$. Veličina značená s je délka měřená a z je měřený zenitový úhel. Výchozím bodem byl zvolen bod č. 501 a jeho výška převzata od Bc. Petry Svačinové [23], která měla zaměření své bakalářské práce právě na výškové měření ve štole. Výšky vypočítané trigonometricky byly následně porovnány s výškami prostorového vyrovnání z aplikace EasyNET.

Obr. 26: Porovnání vypočtených výšek

Číslo bodu	EasyNET [m]	TRG. [m]	Rozdíl [mm]	Poznámka	Číslo bodu	EasyNET [m]	TRG. [m]	Rozdíl [mm]	Poznámka
501	284,550	284,550	0		5012	308,049	308,049	0	
502	285,240	285,245	-5	1. patro (Stabilizace v počvě)	5013	308,700	308,701	-1	2. patro (Volné stanovisko)
503	286,781	286,783	-2		5014	308,004	308,004	0	
531	287,360	287,365	-5		T21	308,649	308,649	0	
532	287,701	287,706	-5	1. patro (Stropní stabilizace)	7531	308,324	308,325	-1	2. patro (Podrobný bod)
533	287,970	287,976	-6		7532	308,299	308,299	0	
5002	285,443	285,448	-5	1. patro (Důlek v kolejnici)	VB32	306,990	306,990	0	2. patro (Nivel. bod)
5003	287,092	287,097	-5	1. patro (Volné stanovisko)	537	327,726	327,726	0	3. patro (Stabilizace v počvě)
5010	287,971	287,971	0	1. patro (Volné stanovisko)	538	325,788	325,790	-2	
5011	289,331	289,331	0		539	326,637	326,639	-2	
T01	288,791	288,795	-4	1. patro (Odrasny štítek)	5001	328,017	328,018	-1	3. patro (Volné stanovisko)
T02	287,641	287,646	-5		T41	328,482	328,482	0	3. patro (Odrasny štítek)
S1	287,578	287,583	-5	1. patro (schodiště)	T42	326,163	326,163	0	3. patro (Podrobný bod)
7021	286,916	286,916	0	1. patro (Podrobný bod)	7541	327,020	327,022	-2	
7031	286,610	286,614	-4		7542	328,465	328,467	-2	
7051	287,055	287,059	-4		7543	327,399	327,400	-1	
7511	287,421	287,425	-4		VB33	326,838	326,840	-2	3. patro (Nivel. bod)
7512	288,751	288,756	-5	1. patro (Podrobný bod)	VB34	328,057	328,057	0	Katedrála
7513	288,004	288,009	-5		K1	291,869	291,870	-1	
7522	288,629	288,634	-5		K2	290,027	290,027	0	
P02002	288,214	288,218	-4		1. patro (Podrobný bod)	K3	300,706	300,707	
P03002	286,881	286,884	-3	1. patro (Nivel. bod)	K4	301,620	301,620	0	Katedrála
VB31	286,451	286,455	-4		K5	309,609	309,610	-1	
VB1	285,746	285,746	0		Před portálem (Nivel. bod)	K6	307,034	307,034	
HVB2	285,156	285,155	1	Před portálem (Nivel. bod)					

Zdroj: vlastní zpracování



Z obrázku (Obr. 26) je patrné, že výšky vypočítané trigonometricky oproti výškám vyrovnaným z aplikace EasyNET se liší v řádech milimetrů. Tento rozdíl je způsoben odlišným výpočetním postupem. Považuji za věrohodnější výšky vypočítané v EasyNETU. Nutno podotknout, že u bodů 531, 532 a 533 jsou výšky stanovisek vztaženy k točným osám dalekohledů nikoliv k zabudovaným značkám, jelikož se jedná o stropní stabilizace.

4.7 Test polohy koncového bodu polygonového pořadu podle vyhlášky

Dalším krokem bylo testování polohy koncového bodu polygonového pořadu podle vyhlášky č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. V této vyhlášce jsou uvedeny 4 druhy přesnosti a to konkrétně velmi přesná, přesná, technická a speciální. Testování bylo provedeno pro parametry velmi přesného měření.

Polohová odchylka v poloze koncového bodu otevřeného polygonového pořadu, vypočtená z rozdílu souřadnic koncového bodu při dvou nezávislých měření je

$$D_{y,x} = \pm \sqrt{D_I^2 + D_{II}^2}, \quad (4.24)$$

D_I a D_{II} je povolená odchylka prvního a druhého důlního polygonového pořadu

$$D_I = \pm 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L_I + k_2 \cdot [R_I R_I]}, \quad (4.25)$$

$$D_{II} = \pm 10^{-3} \cdot \sqrt{k_1 \cdot L_{II} + k_2 \cdot [R_{II} R_{II}]}. \quad (4.26)$$



Koeficienty k_1 a k_2 jsou stanoveny vyhláškou s ohledem na přesnost měření, kdy

- | | | |
|----|-------|-------------------------------|
| | k_1 | k_2 |
| a) | 1 | 0,003 pro velmi přesné měření |
| b) | 2 | 0,008 pro přesné měření, |
| c) | 3 | 0,040 pro technické měření |

L_I, L_{II} jsou součty délek měřených stran otevřeného polygonového pořadu v metrech a $[R_I R_I], [R_{II} R_{II}]$ jsou součty čtverců přímých vzdáleností jednotlivých bodů důlního polygonového pořadu od koncového pořadu v metrech. [11]

Jako koncový bod v tomto případě je považován provažovaný bod důlní olovnicí. Znovu bylo provedeno celkové vyrovnání s tím rozdílem, že každé patro mělo svůj vlastní provažovaný bod. Tedy z vyrovnání vystoupily celkem troje souřadnice pro každé patro jiné. Pro naše potřeby byla mezní odchylka $D_{y,x}$ porovnána s rozdílem výsledných souřadnic $S_{y,x}$ volných polygonových pořadů vedených prvním a třetím patrem.

$$S_{y,x} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}, \quad (4.27)$$

S_y a S_x jsou právě rozdíly souřadnic provažovaného bodu v 1. a ve 3. patře.

Tab. 21: Test polohy koncového bodu polygonového pořadu

Provažovaný bod	Úroveň provázení	Y [m]	X [m]	S_{yx} [mm]	D_{yx} [mm]	Vyhovuje
D	1. patro	753304,384	1081472,225	15,3	30,6	Ano
	3. patro	753304,399	1081472,222			

Zdroj: vlastní zpracování

Z předchozí tabulky (Tab. 21) je zřejmé, že testování polohy koncového bodu polygonového pořadu jsme splnili.



4.8 Porovnání souřadnic z mezi body 501 a 537

Nakonec bylo provedeno porovnání souřadnic z naměřených dat GNSS a výsledných souřadnic z celkového vyrovnání v programu Gama – Local. V následující tabulce (Tab. 22) jsou uvedeny souřadnice bodů 501 a 537, mezi kterými budeme porovnávat souřadnicový rozdíl a vypočtené směrníky.

Tab. 22: Porovnání souřadnic bodu 537

Metoda určení	Číslo bodu	Y [m]	X [m]
GNSS	501	753430,171	1081634,672
	537	753374,343	1081565,782
Gama - Local	537	753374,339	1081565,795
Rozdíl souřadnic na bodě 537		0,004	0,013

Zdroj: vlastní zpracování

V předchozí tabulce (Tab. 22) je uveden rozdíl souřadnic na bodě 537. Rozdíl souřadnic je mezi souřadnicemi z celkového vyrovnání a souřadnicemi určenými metodou GNSS. Rozdíl v X – ové souřadnici dosahuje hodnoty 13 mm. Rozdíl souřadnic je nejspíše způsoben ztíženými podmínkami při observaci na tomto bodě, jelikož je umístěn v lese.

Druhým porovnáním bylo porovnání směrníků vypočtených ze souřadnic mezi body 501 a 537. Souřadnice bodu 501 jsou průměrné z šesti observací, co kdy byly uskutečněny na tomto bodě.

Tab. 23: Porovnání směrníku mezi body 501 a 537

Metoda určení	Směrník [mgon]
$501_{\text{GNSS}} - 537_{\text{GNSS}}$	243,3568
$501_{\text{GNSS}} - 537_{\text{Gama - Local}}$	243,3649
Rozdíl směrníků	0,0081

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je zřejmé z předchozí tabulky (Tab. 23), jednou je směrník vypočítaný mezi oběma body měřených metodou GNSS a podruhé mezi bodem měřeným metodou GNSS a vyrovnaným bodem 537. Rozdíl směrníků je nejspíše způsoben ztíženými podmínkami při observaci na bodě 537, jelikož je umístěn v lese.



5 Výsledky

Výsledkem jsou vyrovnané souřadnice v systému S – JTSK z programu Gama – Local. Konečné vyrovnaní měřické sítě proběhlo spojením všech naměřených dat závěrečných prací studentů FSv ČVUT v Praze dohromady. Pevným bodem se stal bod č. 501 a opěrnými body 4001 a 9001. Souřadnice v systému S – Josef jsou výsledkem transformace, která je popsána v kapitole 4.5. Transformace do místního systému S – Josef. V následující tabulce (Tab. 24) je uveden seznam nově vybudovaných 31 bodů v oblasti Čelina – východ. Seznam souřadnic všech vypočítaných bodů v obou systémech je uveden v příloze č. 1.

Tab. 24: *Souřadnice nově vybudovaných bodů v systému S – JTSK a S – Josef*

Číslo bodu	S - JTSK		S - Josef		Poznámka
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
531	753347,851	1081452,139	4917,666	9817,444	1. patro (Stropní stabilizace)
532	753297,982	1081453,541	4867,790	9818,846	
533	753299,022	1081471,901	4868,830	9837,208	
S1	753305,019	1081472,257	4874,828	9837,564	1. patro (schodiště)
T01	753303,235	1081472,818	4873,044	9838,126	1. patro (Odrasný štítek)
T02	753305,208	1081471,275	4875,017	9836,582	
5002	753374,042	1081465,450	4943,861	9830,757	1. patro (Důlek v kolejnici)
7511	753313,294	1081451,562	4883,104	9816,867	1. patro (Podrobný bod)
7512	753311,892	1081453,152	4881,702	9818,457	
7513	753313,868	1081454,063	4883,679	9819,368	
7522	753297,802	1081461,524	4867,610	9826,830	
T21	753304,764	1081472,643	4874,573	9837,951	2. patro (Odrasný štítek)
7531	753301,323	1081484,778	4871,132	9850,087	2. patro (Podrobný bod)
7532	753303,961	1081494,100	4873,770	9859,411	
VB32	753302,929	1081484,845	4872,738	9850,154	2. patro (Nivel. bod)
T41	753304,439	1081472,456	4874,248	9837,764	3. patro (Odrasný štítek)
T42	753303,160	1081473,593	4872,969	9838,901	
537	753374,339	1081565,795	4944,158	9931,116	3. patro (Stabilizace v počvě)
538	753373,030	1081470,200	4942,849	9835,507	
539	753324,293	1081473,579	4894,105	9838,887	
7541	753337,217	1081471,723	4907,031	9837,030	3. patro (Podrobný bod)
7542	753338,137	1081473,009	4907,951	9838,317	
7543	753338,166	1081473,348	4907,980	9838,656	
VB33	753312,178	1081474,244	4881,988	9839,552	3. patro (Nivel. bod)
VB34	753374,909	1081560,566	4944,728	9925,886	



K1	753281,560	1081494,555	4851,366	9859,866	Katedrála
K2	753285,070	1081486,636	4854,876	9851,946	
K3	753281,615	1081505,027	4851,421	9870,339	
K4	753289,622	1081502,763	4859,429	9868,075	
K5	753283,491	1081511,102	4853,297	9876,415	
K6	753289,684	1081508,676	4859,491	9873,989	

Zdroj: vlastní zpracování

Dalším výsledkem jsou nadmořské výšky uvedené v následující tabulce (Tab. 25) z prostorového vyrovnání v aplikaci EasyNET.

Tab. 25: *Nadmořské výšky nově vybudovaných bodů*

Číslo bodu	Z [m]	Poznámka	Číslo bodu	Z [m]	Poznámka
531	287,360	1. patro (Stropní stabilizace)	T41	328,482	3. patro (Odrasny štitek)
532	287,701		T42	326,163	
533	287,970		537	327,726	3. patro (Stabilizace v počvě)
S1	287,578	1. patro (schodiště)	538	325,788	
T01	288,791	1. patro (Odrasny štitek)	539	326,637	3. patro (Podrobný bod)
T02	287,641		7541	327,020	
5002	285,443	1. patro (Důlek v kolejnici)	7542	328,465	3. patro (Podrobný bod)
7511	287,421	1. patro (Podrobný bod)	7543	327,399	
7512	288,751		VB33	326,838	3. patro (Nivel. bod)
7513	288,004		VB34	328,057	
7522	288,629		K1	291,869	Katedrála
T21	308,649	2. patro (Odrasny štitek)	K2	290,027	
7531	308,324	2. patro (Podrobný bod)	K3	300,706	
7532	308,299		K4	301,620	
VB32	306,990	2. patro (Nivel. bod)	K5	309,609	
			K6	307,034	

Zdroj: vlastní zpracování



Závěr

Cílem této diplomové práce je budování základního důlního bodového pole v oblasti Čelina – východ ve štolě Josef. V rámci práce byla provedena rekognoskace, při které se vypracoval návrh rozmístění a stabilizace nového bodového pole v oblasti Čelina – východ. Dále bylo provedeno zaměření polygonového pořadu, kompletní sítě bodů a nového připojovacího měření metodou GNSS. Celá síť byla propojena mezi všemi třemi úrovněmi prováděním důlní olovnicí instalované ve třetím patře.

Následně bylo provedeno zpracování naměřených dat. Zejména se jednalo o jejich editaci a analýzu. Během výpočtů bylo uskutečněno několik testování a analýz, které potvrdily vysokou přesnost měření. Dále bylo vykonáno polohové vyrovnání v programu Gama – Local. Nejprve byl proveden pouze lokální výpočet v naší zájmové oblasti Čelina – východ. Do vyrovnání byla zahrnuta všechna měřená data, která byla provedena nejen v rámci této diplomové práce, ale byla zde i přidána měřená data Bc. Pavla Kaválka [17], který se ve své diplomové práci zabývá analýzou přesnosti a statistickými testy provažování. Tím se zajistila lepší provázanost celé sítě. Dalším krokem bylo vyrovnání všech dostupných dat závěrečných prací studentů FSv ČVUT v Praze. Využitá data byla pouze polohového charakteru. Výsledkem jsou vyrovnané souřadnice z kompletního vyrovnání v systému S – JTSK, které byly následně transformovány do místního systému S – Josef.

Dalším úkolem bylo prostorové vyrovnání v aplikaci EasyNET. Opět zde byla vložena všechna měřená data, která byla provedena nejen v rámci této diplomové práce, ale byla zde i přidána měřená data Bc. Pavla Kaválka [17] a následně vyrovnána. Do vyrovnání vstupovaly další doplňkové veličiny, jako bylo svislé provažování, hloubkové pásmo a jednotlivá převýšení měřená velmi přesnou nivelací, kterou se zabýval Bc. David Hanousek ve své diplomové práci [18]. Výsledné souřadnice byly následně porovnány s vypočtenými souřadnicemi z programu Gama – Local a výšky porovnány s nadmořskými výškami určenými trigonometrickou metodou. Trigonometrické určení výšek bylo v tomto případě pouze orientační. Výšky všech nově určovaných bodů jsou uvedeny v kapitole 4.3.2. Konečné výšky základního výškového důlního bodového pole budou uvedeny v diplomové práci Bc. Davida Hanouska. [18]

Všechny úkoly diplomové práce byly úspěšně splněny a výsledky jsou uvedeny v kapitole 5.

Diplomová práce je doplněna o grafickou část s výkresy elips chyb ze všech třech pater oblasti Čelina – východ, kde podkladová mapa je z roku 1989.



Přestože bylo dosaženo velice uspokojivých výsledků, určitě by bylo dobré přeměrování všech nově vybudovaných bodů po určitých časových intervalech, za účelem zjištění jejich stability. Toto může být podnět pro další diplomové či bakalářské práce, které by navazovaly na již dosažené výsledky.

Bylo by dobré do budoucna uvažovat o vytvoření zajišťovacích bodů pro ověření stability bodu umístěného před vstupním portálem do štoly Josef. Jedná se o bod 501 jakožto počátek páteřního polygonu. V této době bohužel nelze určit, jestli nedochází k horizontálnímu posunu na tomto bodě z důvodu právě nedostatku zajišťovacích bodů v okolí portálů.



Použitá literatura a zdroje

- [1] Podzemní laboratoř Josef. [Online] [Citace: 12. 2. 2016.]
Dostupné z: <<http://www.uef-josef.eu>>.
- [2] **Vais, Lukáš.** *Vybudování a zaměření přípojovací mikrosítě na ohlubni větrací šachty štoly Josef.* [online], Praha : ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie, 2014. Bakalářská práce.
Dostupné z: <<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2014/lukas-vais-bp-2014.pdf>>.
- [3] **Varyš, Jan.** *Polohové připojení a zaměření základního důlního bodového pole štoly Josef.* [online]. Praha : ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie, 2012. str. 61, Diplomová práce.
Dostupné z: <<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/dp/2012/jan-varys-dp-2012.pdf>>.
- [4] Centrum experimentální geotechniky. *URC Josef.* [Online] [Citace: 28. 10. 2012.]
Dostupné z: <<http://ceg.fsv.cvut.cz/urc-josef>>.
- [5] INSPIRE. *Národního geoportálu INSPIRE.* [Online] [Citace: 12. 2 2016.]
Dostupné z: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>.
- [6] **Fencl, Martin.** *Možnosti připojení a usměrnění základního důlního bodového pole v Podzemní laboratoři Josef.* [Online] Praha : ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie, 2015. str. 16, Diplomová práce.
Dostupné z: <<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/dp/2015/martin-fencl-dp-2015.pdf>>.
- [7] **Fencl, Martin.** *Polohové zaměření a připojení základního důlního bodového pole štoly Josef.* [Online] Praha : ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie, 2013. Bakalářská práce.
Dostupné z: <<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2013/martin-fencl-bp-2013.pdf>>.
- [8] Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovistostí. [online]
Dostupné z: <<http://www.vugtk.cz/slovník/>>.
- [9] Geotronics Praha. [Online] [Citace: 15. 4. 2016.]
Dostupné z: <<http://www.geotronics.cz>>.
- [10] GNSS Calendar. [Online] [Citace: 19. 4. 2016]
Dostupné z: <<http://www.gnsscalendar.com/>>.
- [11] Vyhláška č. 435/1992 Sb. O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. Praha : Český báňský úřad, 1992.



- [12] **Hampacher, Miroslav a Radouch, Vladimír.** *Teorie chyb a vyrovnávací počet 10.* Praha : ČVUT v Praze, 1997. ISBN 8001017044.
- [13] **Novák, Zdenek a Procházka, Jaromír.** *Inženýrské geodézie 10.* ČVUT v Praze. Vydavatelství ČVUT v Praze, 1997
- [14] **Hampacher, Miroslav a Štroner, Martin.** *Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii.* Praha : ČVUT v Praze, 2015. ISBN 987-80-01-05843-5.
- [15] GNU Gama. [Online] [Citace: 9. 5. 2016.]
Dostupné z <<http://www.gnu.org/software/gama/>>.
- [16] **Třasák, Pavel.** *EasyNET verze 3.4.2* [online].: V Praze, *softwarová dokumentace*, 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z:
< http://adjustsolutions.cz/wp-content/uploads/download/easynet_doc_cz.pdf >
- [17] **Kaválek, Pavel.** *Připojovací měření v Podzemní laboratoři Josef.* ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie: Diplomová práce, 2016.
- [18] **Hanousek, David.** *Výškové zaměření a připojení důlního bodového pole části štoly Josef.* ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie: Diplomová práce, 2016.
- [19] Groma - geodetický software. [Online] [cit. 2016-05-12]
Dostupné z <<http://www.groma.cz/cz/>>.
- [20] **Holíková, Lucie.** *Zaměření a připojení základního polohového důlního bodového pole štoly Josef.* [online]. Praha : ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie, 2014., Bakalářská práce.
Dostupné z: <<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2014/lucie-holikova-bp-2014.pdf>>.
- [21] **Velíšek, Jan.** *Analýza přesnosti tunelového měření v UEF Josef.* [online]. Praha : ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie, 2015., Bakalářská práce.
Dostupné z: < <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2015/velisek-jan-bp-2015.pdf>>.
- [22] **Srp, Miloslav.** *Tunelové měření v UEF Josef s využitím Trimble S8.* ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie: Bakalářská práce, 2016.
- [23] **Svačinová, Petra.** *Zaměření a připojení základního výškového důlního bodového pole Podzemní laboratoře Josef.* ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie: Bakalářská práce, 2014.
Dostupné z: < <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2014/petra-svacinova-bp-2014.pdf>>.



Seznam obrázků

Obr. 1: <i>Umístění podzemního díla Josef</i>	9
Obr. 2: <i>Vstupní portál do Štoly Josef</i>	11
Obr. 3: <i>Schéma podzemního díla Josef</i>	14
Obr. 4: <i>Stropní stabilizace</i>	16
Obr. 5: <i>Odrazný štítek</i>	16
Obr. 6: <i>Stabilizace bodu v počvě</i>	16
Obr. 7: <i>Signalizovaný trn odrazným minihranolem Leica GMP101</i>	16
Obr. 8: <i>Štola Josef oblast Čelina – východ</i>	17
Obr. 9: <i>Trimble S8 HP (vlevo) a Trimble S6 HP (vpravo)</i>	18
Obr. 10: <i>Konstrukce pro uchycení důlní olovnice</i>	20
Obr. 11: <i>Zaměření odrazných štítků v katedrále</i>	21
Obr. 12: <i>Observace na bodě 501</i>	22
Obr. 13: <i>Kontrola surových dat v přijímači</i>	24
Obr. 14: <i>Prostředí programu Trimble Business Center</i>	26
Obr. 15: <i>Editace dat vodorovných úhlů v programu Microsoft Office Excel</i>	28
Obr. 16: <i>Vývoj oprav při měření na závěs olovnice v 1. a 2. patře</i>	36
Obr. 17: <i>Redukce délek</i>	37
Obr. 18: <i>Vytvoření databáze</i>	39
Obr. 19: <i>Prostředí Gama – g2</i>	40
Obr. 20: <i>Nově vybudované bodové pole v 1. patře</i>	42
Obr. 21: <i>Nově vybudované bodové pole ve 2. patře</i>	43
Obr. 22: <i>Nově vybudované bodové pole ve 3. patře</i>	44
Obr. 23: <i>Hlavní dialogové okno EasyNet</i>	47
Obr. 24: <i>Nastavení vyrovnání sítě</i>	48
Obr. 25: <i>Základní informace o vyrovnání</i>	49
Obr. 26: <i>Porovnání vypočtených výšek</i>	54



Seznam tabulek

Tab. 1: <i>Druh stabilizace nově vybudovaných bodů</i>	15
Tab. 2: <i>Nastavený souřadnicový systém</i>	23
Tab. 3: <i>Zpracování základnic</i>	26
Tab. 4: <i>Souřadnice z dopolední a odpolední observace</i>	27
Tab. 5: <i>Porovnání vypočtených souřadnic z GNSS aparatur</i>	27
Tab. 6: <i>Průměrné souřadnice bodu 501</i>	27
Tab. 7: <i>Testování nominálních a výběrových směrodatných odchylek TS Trimble S8</i>	31
Tab. 8: <i>Kritické hodnoty pro Pearson – Sekharův (Grubbsův) test</i>	32
Tab. 9: <i>Testování protisměrných délek</i>	33
Tab. 10: <i>Testování protisměrných zenitových úhlů</i>	34
Tab. 11: <i>Vnější přesnost měřených délek a zenitových úhlů</i>	34
Tab. 12: <i>Testování protisměrných délek podle vyhlášky</i>	35
Tab. 13: <i>Měřítkové koeficienty</i>	38
Tab. 14: <i>Souřadnice nově vybudovaného bodového pole v 1. patře</i>	41
Tab. 15: <i>Souřadnice nově vybudovaného bodového pole ve 2. patře</i>	43
Tab. 16: <i>Souřadnice nově vybudovaného bodového pole ve 3. patře</i>	44
Tab. 17: <i>Prostorové souřadnice v S-JTSK</i>	50
Tab. 18: <i>Rozdíl souřadnic aplikace EasyNET a programu Gama – g2</i>	52
Tab. 19: <i>Souřadnice pro výpočet transformačního klíče</i>	53
Tab. 20: <i>Transformační klíč</i>	53
Tab. 21: <i>Test polohy koncového bodu polygonového pořadu</i>	56
Tab. 22: <i>Porovnání souřadnic bodu 537</i>	57
Tab. 23: <i>Porovnání směrníku mezi body 501 a 537</i>	57
Tab. 24: <i>Souřadnice nově vybudovaných bodů v systému S – JTSK a S – Josef</i>	58
Tab. 25: <i>Nadmořské výšky nově vybudovaných bodů</i>	59



Seznam příloh

Příloha č. 1 – Seznam souřadnic

Příloha č. 2 – Směrodatné odchylky a parametry elips chyb

Příloha č. 3 – Výkres elips chyb v 1. patře

Příloha č. 4 – Výkres elips chyb ve 2. a 3. patře

Příloha č. 5 – Ukázka vstupního souboru vyrovnání v programu Gama - Local

Příloha č. 6 – Ukázka výstupu z programu Gama - Local

Příloha č. 7 – Ukázka výstupu z aplikace EasyNET

Digitální příloha na CD:

- | | |
|--------------------|--|
| 1_terestricka_data | - surová měřená data z totální stanice a zápisníky z měření |
| 2_GNSS | - výstupy z GNSS aparatur a programu Trimble Business Center |
| 3_analyza_dat | - analýza naměřených dat a výpočty v programu MS Excel |
| 4_vyrovnani_Gama | - vstupy a výstupy vyrovnání |
| 5_EasyNet | - vstupní soubory a projekt |
| 6_diplomova_prace | - diplomová práce ve formátu *.pdf |



Příloha č. 1 - Seznam souřadnic

Číslo bodu	S - JTSK		S - Josef	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
501	753430,171	1081634,672	5000,000	10000,000
502	753377,284	1081511,474	4947,106	9876,785
503	753363,047	1081309,220	4932,867	9674,502
504	753416,115	1080871,138	4985,942	9236,358
505	753449,821	1080602,177	5019,652	8967,360
506	753527,960	1079929,198	5097,801	8294,286
507	753542,791	1079808,855	5112,635	8173,927
511	753446,580	1081449,520	5016,410	9814,823
512	753523,452	1081446,950	5093,293	9812,252
521	753535,322	1079920,872	5105,164	8285,958
522	753602,661	1079930,855	5172,512	8295,942
523	753827,468	1079949,768	5397,351	8314,853
524	753975,495	1079963,292	5545,400	8328,375
531	753347,851	1081452,139	4917,666	9817,444
532	753297,982	1081453,541	4867,790	9818,846
533	753299,022	1081471,901	4868,830	9837,208
537	753374,339	1081565,795	4944,158	9931,116
538	753373,030	1081470,200	4942,849	9835,507
539	753324,293	1081473,579	4894,105	9838,887
4001	753370,649	1081693,428	4940,467	10058,767
4002	753406,016	1081576,729	4975,839	9942,051
4003	753373,429	1081457,279	4943,248	9822,584
5001	753373,475	1081549,017	4943,294	9914,335
5002	753374,042	1081465,450	4943,861	9830,757
5003	753361,072	1081453,613	4930,889	9818,918
5010	753300,947	1081490,961	4870,756	9856,271
5011	753383,155	1081450,200	4952,975	9815,504
5012	753305,116	1081482,445	4874,925	9847,754
5013	753285,709	1081487,946	4855,516	9853,256
5014	753305,993	1081478,446	4875,802	9843,754
6001	753419,603	1081607,638	4989,428	9972,965
6002	753406,049	1081614,001	4975,872	9979,329
6004	753524,530	1079931,886	5094,371	8296,976
6005	753545,139	1079794,568	5114,983	8159,639
6006	753540,218	1079806,580	5110,061	8171,653
6007	753514,554	1079808,041	5084,394	8173,114
6008	753538,373	1079811,114	5108,216	8176,187
6011	753282,567	1081490,693	4852,373	9856,003



6021	753977,940	1079955,731	5547,845	8320,825
7011	753410,239	1081583,019	4980,063	9948,342
7013	753406,844	1081583,534	4976,668	9948,857
7021	753397,082	1081553,093	4966,904	9918,412
7023	753393,985	1081555,408	4963,807	9920,727
7031	753380,260	1081516,527	4950,080	9881,841
7033	753377,873	1081517,794	4947,693	9883,108
7041	753377,868	1081504,993	4947,688	9870,305
7042	753376,597	1081505,280	4946,416	9870,592
7043	753375,087	1081505,461	4944,906	9870,773
7051	753376,455	1081478,467	4946,274	9843,775
7053	753373,511	1081478,934	4943,330	9844,242
7213	753826,973	1079943,004	5396,857	8308,096
7233	753827,917	1079934,517	5397,801	8299,608
7511	753313,294	1081451,562	4883,104	9816,867
7512	753311,892	1081453,152	4881,702	9818,457
7513	753313,868	1081454,063	4883,679	9819,368
7522	753297,802	1081461,524	4867,610	9826,830
7531	753301,323	1081484,778	4871,132	9850,087
7532	753303,961	1081494,100	4873,770	9859,411
7541	753337,217	1081471,723	4907,031	9837,030
7542	753338,137	1081473,009	4907,951	9838,317
7543	753338,166	1081473,348	4907,980	9838,656
7901	753536,033	1079873,277	5105,876	8238,359
7905	753545,012	1079795,340	5114,856	8160,411
7906	753517,083	1079805,514	5086,923	8170,587
7907	753514,599	1079807,932	5084,439	8173,005
9001	753512,543	1079806,024	5082,383	8171,097
9103	753512,581	1079806,038	5082,421	8171,111
4001_14	753370,655	1081693,443	4940,473	10058,782
5011_11	753384,395	1081449,998	4954,216	9815,302
5011_12	753384,568	1081450,001	4954,389	9815,305
5011_14	753383,155	1081450,200	4952,975	9815,504
501n	753430,996	1081632,905	5000,823	9998,235
D	753304,387	1081472,229	4874,196	9837,536
HVB2	753396,856	1081621,459	4966,678	9986,788
HVB4	753372,312	1081461,812	4942,131	9827,118
HVB5	753420,711	1080872,679	4990,537	9237,902
K1	753281,560	1081494,555	4851,366	9859,866
K2	753285,070	1081486,636	4854,876	9851,946
K3	753281,615	1081505,027	4851,421	9870,339
K4	753289,622	1081502,763	4859,429	9868,075
K5	753283,491	1081511,102	4853,297	9876,415
K6	753289,684	1081508,676	4859,491	9873,989
L	753304,011	1081472,097	4873,820	9837,404



P02002	753371,980	1081416,771	4941,799	9782,071
P03002	753363,046	1081309,221	4932,864	9674,506
S1	753305,019	1081472,257	4874,828	9837,564
T01	753303,235	1081472,818	4873,044	9838,126
T02	753305,208	1081471,275	4875,017	9836,582
T21	753304,764	1081472,643	4874,573	9837,951
T41	753304,439	1081472,456	4874,248	9837,764
T42	753303,160	1081473,593	4872,969	9838,901
VB1	753425,891	1081608,640	4995,717	9973,967
VB31	753296,968	1081464,055	4866,776	9829,361
VB32	753302,929	1081484,845	4872,738	9850,154
VB33	753312,178	1081474,244	4881,988	9839,552
VB34	753374,909	1081560,566	4944,728	9925,886



Příloha č. 2 – Směrodatné odchylky a parametry elips chyb

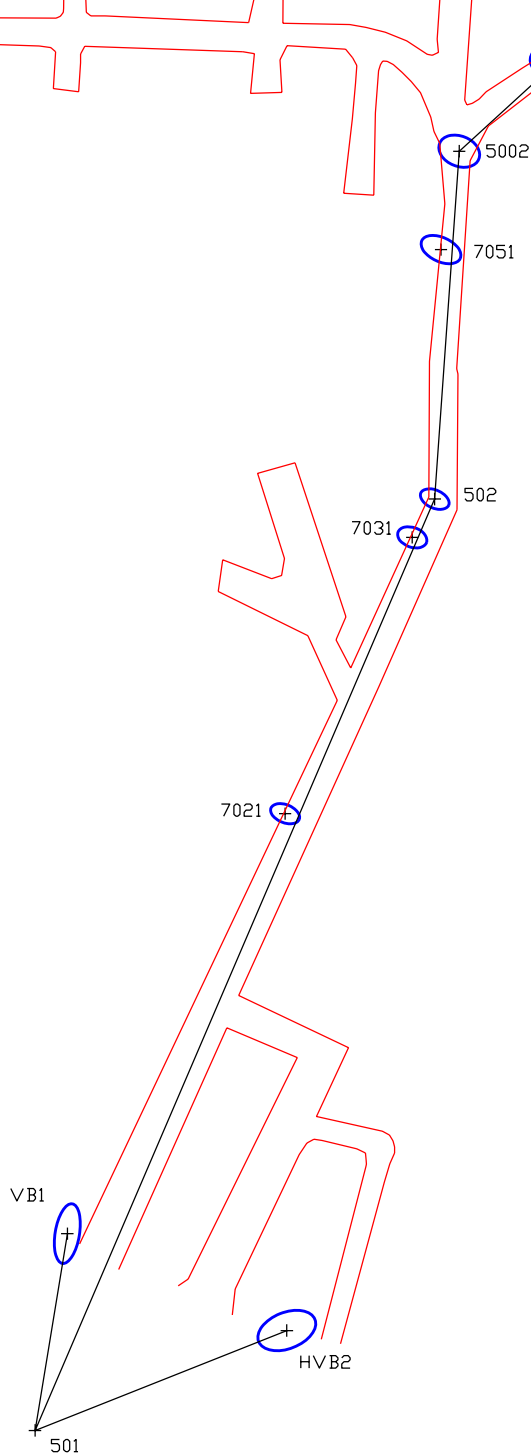
Číslo bodu	σ_p [mm]	σ_{yx} [mm]	a [mm]	b [mm]	alfa [gon]
502	0,6	0,4	0,5	0,3	126,6
503	1,2	0,8	1,1	0,3	113,8
504	2,1	1,5	2,0	0,4	102,7
505	2,4	1,7	2,3	0,5	100,6
506	2,0	1,4	1,9	0,6	97,6
507	2,1	1,5	2,0	0,7	95,9
511	1,0	0,7	0,8	0,5	112,5
512	1,3	0,9	0,9	0,8	64,8
521	2,0	1,4	1,9	0,6	97,6
522	2,1	1,5	1,9	0,8	96,9
523	2,9	2,0	2,1	2,0	198,9
524	3,7	2,6	3,1	2,0	195,9
531	1,2	0,9	1,1	0,7	115,5
532	1,7	1,2	1,5	0,8	159,5
533	1,6	1,1	1,3	0,9	171,0
537	1,0	0,7	0,9	0,5	144,8
538	1,6	1,1	1,2	1,0	105,2
539	1,5	1,1	1,2	0,9	141,8
4001	0,7	0,5	0,6	0,4	149,6
4002	0,6	0,4	0,4	0,4	12,0
4003	0,8	0,5	0,7	0,3	121,7
5001	1,2	0,9	1,0	0,6	152,7
5002	0,9	0,6	0,7	0,5	124,3
5003	1,1	0,8	0,9	0,6	106,6
5010	1,8	1,2	1,3	1,2	198,4
5011	1,1	0,7	1,0	0,4	130,0
5012	1,7	1,2	1,3	1,1	166,2
5013	2,0	1,4	1,6	1,2	6,3
5014	1,7	1,2	1,3	1,0	167,8
6001	0,4	0,3	0,3	0,1	23,6
6002	0,4	0,3	0,3	0,2	54,8
6004	2,0	1,4	1,9	0,6	98,2
6005	2,1	1,5	2,0	0,8	95,7
6006	2,2	1,5	2,0	0,8	93,7
6007	2,1	1,5	2,0	0,7	97,0
6008	2,1	1,5	2,0	0,7	97,0
6011	2,1	1,5	1,7	1,3	18,8
6021	3,7	2,6	3,2	2,0	197,3
7011	0,8	0,5	0,5	0,5	31,1



7013	0,7	0,5	0,5	0,5	16,3
7021	0,6	0,4	0,5	0,3	124,5
7023	0,7	0,5	0,5	0,5	145,7
7031	0,6	0,4	0,5	0,3	122,4
7033	0,7	0,5	0,6	0,4	161,7
7041	0,7	0,5	0,6	0,4	138,0
7042	0,7	0,5	0,6	0,5	151,3
7043	0,7	0,5	0,6	0,4	131,0
7051	0,8	0,6	0,7	0,4	127,4
7053	0,8	0,6	0,7	0,4	131,6
7213	3,0	2,2	2,3	2,0	6,1
7233	3,1	2,2	2,3	2,0	6,6
7511	1,6	1,1	1,3	0,8	145,2
7512	1,7	1,2	1,4	0,9	138,6
7513	1,8	1,3	1,5	1,0	123,9
7522	1,7	1,2	1,4	0,9	168,6
7531	1,8	1,3	1,4	1,1	165,9
7532	2,0	1,4	1,5	1,3	172,5
7541	1,6	1,1	1,3	0,9	127,1
7542	1,6	1,1	1,3	0,9	125,7
7543	1,7	1,2	1,4	0,9	122,3
7901	2,1	1,5	2,0	0,7	96,8
7905	2,2	1,5	2,0	0,8	95,8
7906	2,1	1,5	2,0	0,7	96,7
7907	2,1	1,5	2,0	0,7	97,0
9001	1,2	0,8	1,2	0,0	197,3
9103	2,2	1,5	2,1	0,7	96,9
4001_14	0,5	0,3	0,4	0,2	49,7
5011_11	1,0	0,7	0,9	0,4	127,7
5011_12	1,1	0,8	1,0	0,4	127,3
5011_14	0,9	0,6	0,8	0,4	124,9
501n	0,3	0,2	0,3	0,0	174,0
D	1,6	1,1	1,3	0,9	157,9
HVB2	1,2	0,8	1,0	0,6	76,0
HVB4	1,4	1,0	1,1	0,9	186,5
HVB5	2,3	1,6	2,2	0,6	97,9
K1	2,4	1,7	1,9	1,4	8,6
K2	2,2	1,6	1,8	1,3	186,8
K3	2,4	1,7	1,9	1,4	36,3
K4	2,2	1,5	1,7	1,3	45,7
K5	2,5	1,7	2,0	1,4	47,5
K6	2,3	1,6	1,9	1,4	53,0
L	1,6	1,1	1,3	0,9	158,5
P02002	1,7	1,2	1,3	1,1	122,7
P03002	3,2	2,3	3,0	1,1	105,4

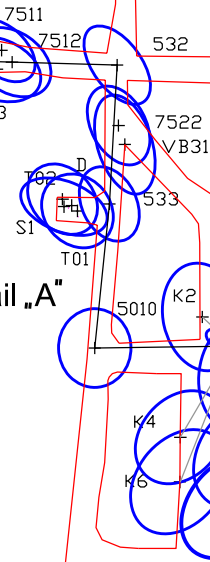


S1	1,9	1,3	1,5	1,1	123,8
T01	1,7	1,2	1,3	1,1	155,7
T02	1,7	1,2	1,3	1,0	151,0
T21	1,8	1,3	1,5	1,0	179,4
T41	1,7	1,2	1,4	1,0	143,8
T42	1,7	1,2	1,4	1,0	145,3
VB1	1,1	0,8	1,0	0,4	10,4
VB31	1,9	1,4	1,7	0,9	180,2
VB32	1,9	1,3	1,5	1,1	161,0
VB33	1,9	1,3	1,6	1,0	125,4
VB34	1,5	1,0	1,3	0,7	174,0

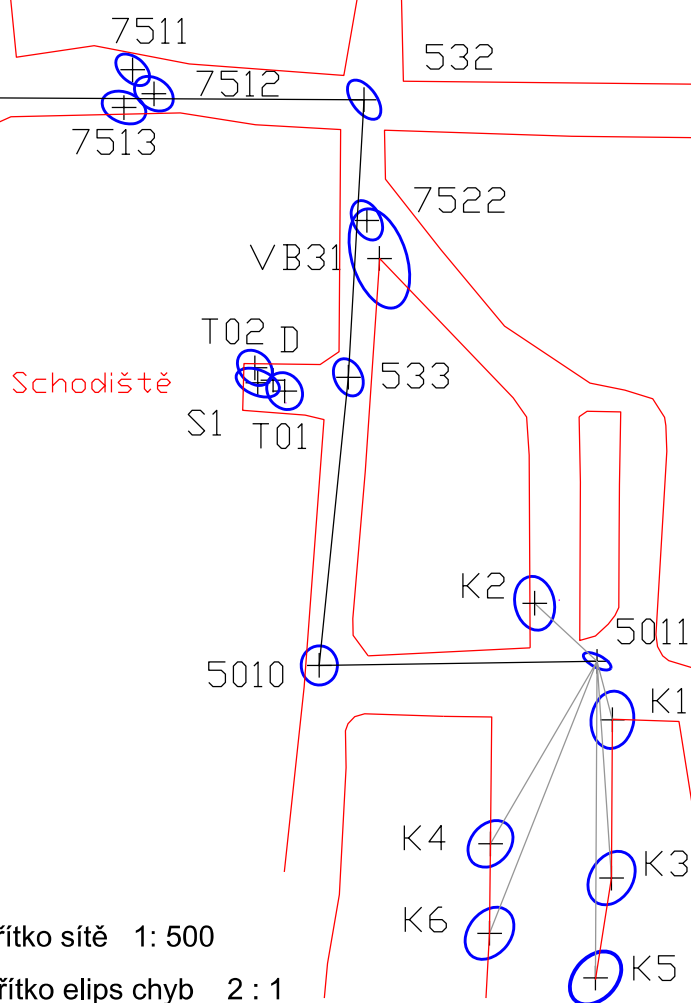


Měřítko sítě 1 : 1 000
 Měřítko elips chyb 4 : 1

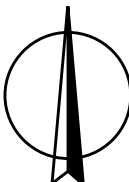
Detail „A“



Detail A



Měřítko sítě 1 : 500
 Měřítko elips chyb 2 : 1

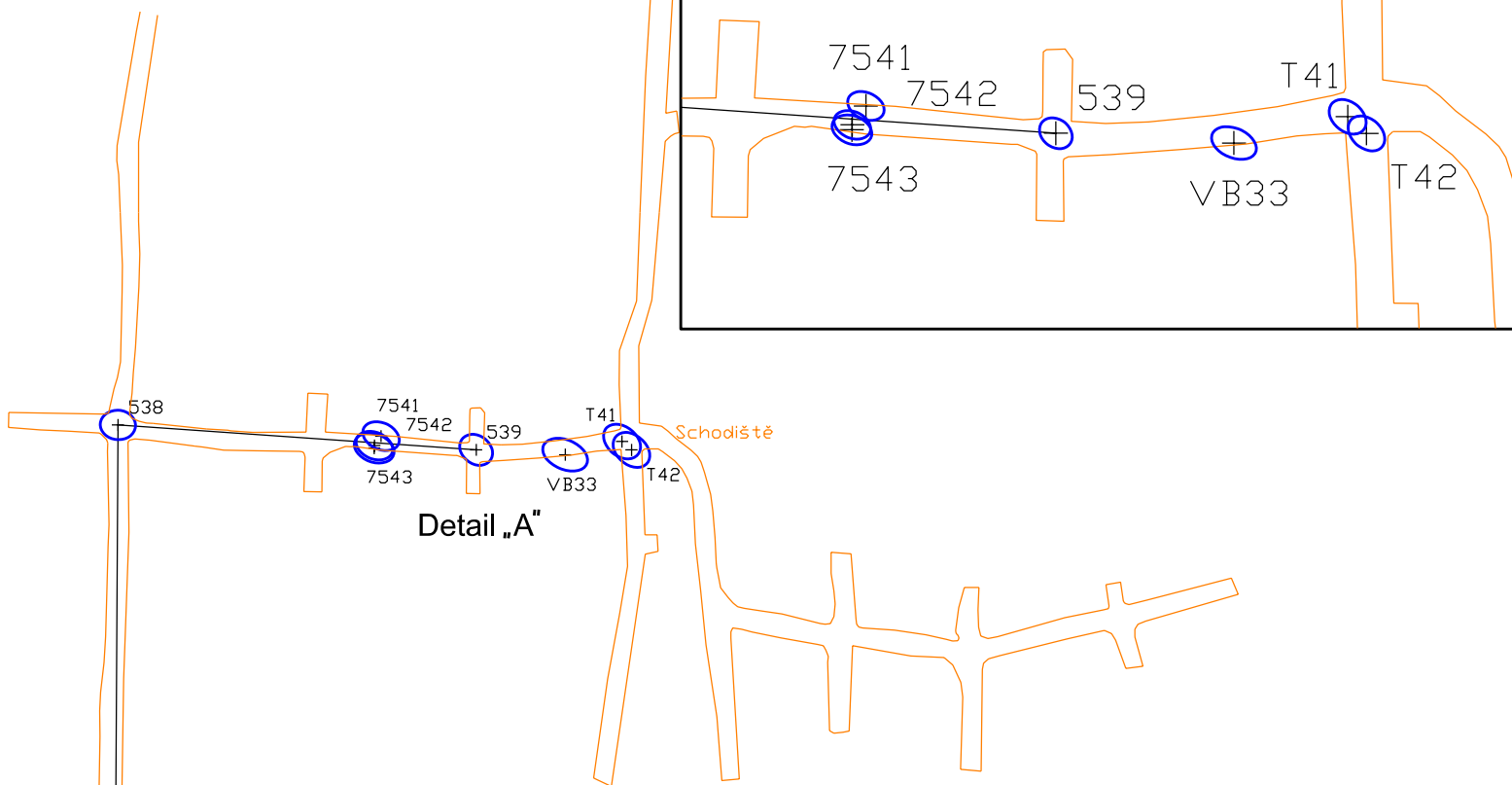
SOUŘADICOVÝ SYSTÉM S-JTSK		Číslo podlaží 1. patro				
ZAMĚŘIL, VYPRACOVAL:	<i>Bc. Lukáš Vais</i>					
PODKLADOVÁ MAPA:	<i>Sledná chodba a mezipatra - Čelina, z roku 1989 Vyhotočila: J. Pletánková</i>					
Příloha č. 3				Datum	5.2016	
				Formát	A4	

3. patro

Měřítko sítě 1 : 500

Měřítko elips chyb 2 : 1

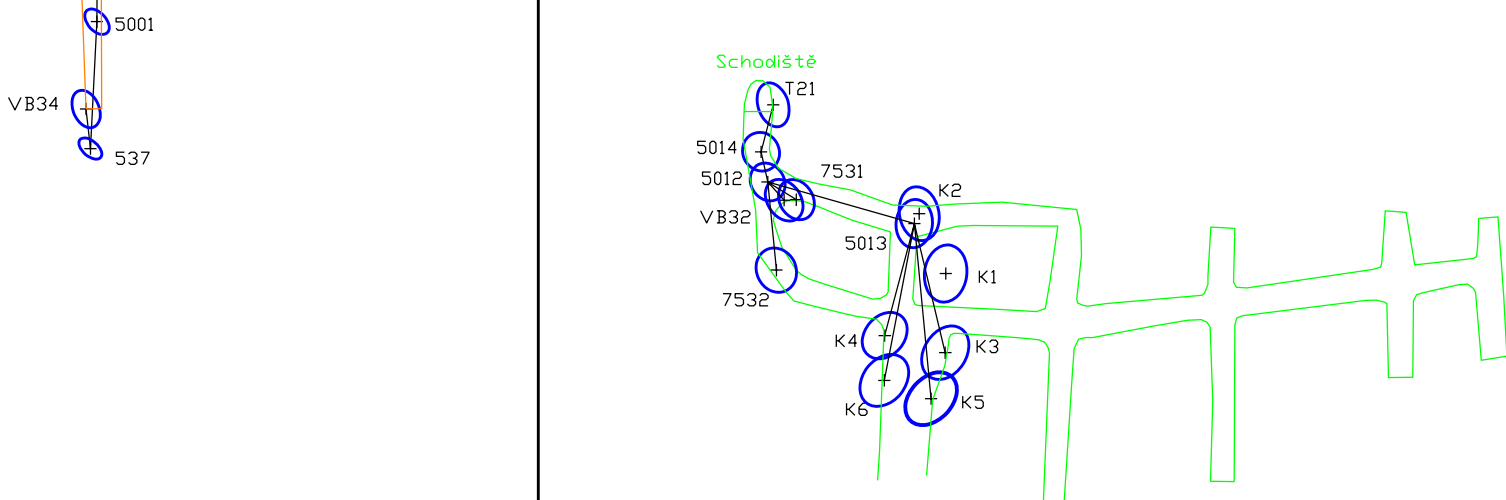
Detail A



Detail „A“

2. patro

Schodiště



Měřítko sítě 1 : 1 000

Měřítko elips chyb 2 : 1

Měřítko sítě 1 : 1 000

Měřítko elips chyb 2 : 1

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM
S-JTSK

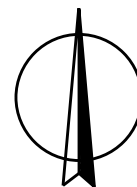
Číslo podlaží
2. a 3. patro

ZAMĚŘIL, VYPRACOVAL:

Bc. Lukáš Vais

PODKLADOVÁ MAPA:

*Sledná chodba a mezipatra - Čelina, z roku 1989
Vyhotočila: J. Pletánková*



Příloha č. 4

Datum

5.2016

Formát

A4



Příloha č. 5 – Ukázka vstupního souboru vyrovnání v programu Gama – Local

```
<description>
Polygon + pripojeni
Rok: 2011
Meril: Jan Varys
Souradnicovy system: S-JTSK

...

Pripojeni + polygon + sit + podrobne body + olovnice + provazovac
Rok: 2016
Meril: Lukas Vais
Souradnicovy system: S-JTSK

<parameters
    sigma-apr="1.0"
    sigma-act="apriori"
    conf-pr="0.95"
    tol-abs="100"
    update-constrained-coordinates="yes"
/>
<points-observations>

<!-- POLYGON + PRIPOJENI 2011 -->

<point id="4001" x="1081693.426" y="753370.650" adj="XY"/>
<point id="501" x="1081634.672" y="753430.171" fix="XY"/>
<point id="9001" x="1079806.0235" y="753512.5429" adj="XY"/>
<point id="502" adj="xy" />
<point id="503" adj="xy" />
<point id="504" adj="xy" />
<point id="505" adj="xy" />
<point id="506" adj="xy" />
<point id="507" adj="xy" />

...

<obs from="501">
<direction to="4001" val="133.4740" stdev="4.2"/>
<direction to="502" val="9.7005" stdev="4.2"/>

<distance to="4001" val="83.6371" stdev="1.4"/>
<distance to="502" val="134.0688" stdev="1.4"/>
</obs>

...

<!-- KONEC POLYGON + PRIPOJENI 2011 -->

<!-- OLOVNICE 2014 -->

<point id="9103" x="1079806.06967" y="753512.57492" adj="xy" />

...

<obs from="507">
```



```

<direction to="7901" val="0.0012" stdev="6.0"/>
<direction to="506" val="398.8491" stdev="6.0"/>
<direction to="9103" val="300.73604" stdev="6.0"/>
<direction to="7901" val="0.0014" stdev="6.0"/>

<distance to="7901" val="64.7758" stdev="1"/>
<distance to="506" val="121.2554" stdev="1.5"/>
<distance to="9103" val="30.3412" stdev="1"/>
</obs>

...

<!-- KONEC OLOVNICE 2014 -->

<!-- PRIPOJENI GYROTEODOLITEM 2014 -->

<obs from="523">
<azimuth to="524" val="94.2014" stdev="20"/>
</obs>

<!-- KONEC PRIPOJENI GYROTEODOLITEM 2014 -->

<!-- Tunelove mereni Jan Velisek 2015 -->
<obs from="503">
<direction to="502" val="288.5322" stdev="13.0"/>
<direction to="504" val="187.85745" stdev="13.0"/>

<distance to="502" val="202.7535" stdev="1.0"/>
<distance to="504" val="441.2874" stdev="1.0"/>
</obs>
<!-- KONEC Tunelove mereni Jan Velisek 2015 -->

<!-- Tunelove mereni Miloslav Srp 2015 -->
<obs from="503">
<direction to="502" val="0.0009" stdev="8.0"/>
<direction to="504" val="187.8523" stdev="8.0"/>
<direction to="502" val="0.0010" stdev="8.0"/>

<distance to="502" val="202.7538" stdev="1.0"/>
<distance to="504" val="441.2871" stdev="1.0"/>
<distance to="502" val="202.7535" stdev="1.0"/>
</obs>
<!-- KONEC Tunelove mereni Miloslav Srp 2015 -->

<!-- PRIPOJENI + POLYGON + SIT + PODROBNE BODY + PROVAZOVACE 2016 -->

<!-- Polygonovy porad -->

<obs from="539">
<direction to="538" val="0.0014" stdev="9.0"/>
<direction to="7543" val="396.6541" stdev="9.0"/>
<direction to="7542" val="398.2135" stdev="9.0"/>
<direction to="7541" val="4.6721" stdev="9.0"/>
<direction to="538" val="0.0014" stdev="9.0"/>

```



```

<direction to="VB33" val="199.0900" stdev="9.0"/>
<direction to="T41" val="192.0015" stdev="9.0"/>
<direction to="T42" val="195.6385" stdev="9.0"/>

<distance to="538" val="48.8559" stdev="1.0"/>
<distance to="7543" val="13.8758" stdev="1.0"/>
<distance to="7542" val="13.8565" stdev="1.0"/>
<distance to="7541" val="13.0575" stdev="1.0"/>
<distance to="538" val="48.8557" stdev="1.0"/>
<distance to="VB33" val="12.1328" stdev="1.0"/>
<distance to="T41" val="19.8860" stdev="1.0"/>
<distance to="T42" val="21.1329" stdev="1.0"/>
</obs>

...

<!-- Sit -->
<obs from="539">
<direction to="538" val="208.7158" stdev="9.0"/>
<direction to="7541" val="213.3889" stdev="9.0"/>
<direction to="7542" val="206.9320" stdev="9.0"/>
<direction to="D" val="0.0000" stdev="9.0"/>
<direction to="T41" val="0.7135" stdev="9.0"/>
<direction to="T42" val="4.3512" stdev="9.0"/>
<direction to="D" val="0.0007" stdev="9.0"/>

<distance to="538" val="48.8537" stdev="1.0"/>
<distance to="7541" val="13.0564" stdev="1.0"/>
<distance to="7542" val="13.8553" stdev="1.0"/>
<distance to="D" val="19.9516" stdev="1.0"/>
<distance to="T41" val="19.8846" stdev="1.0"/>
<distance to="T42" val="21.1321" stdev="1.0"/>
<distance to="D" val="19.9513" stdev="1.0"/>
</obs>

...

<!-- Provazovace -->

<obs from="539">
<direction to="L" val="0.0000" stdev="12.0"/>
<direction to="T41" val="1.0490" stdev="12.0"/>
<direction to="T42" val="4.6865" stdev="12.0"/>
<direction to="538" val="209.0516" stdev="12.0"/>
<direction to="L" val="0.0015" stdev="12.0"/>

<distance to="L" val="20.3341" stdev="1.0"/>
<distance to="T41" val="19.8841" stdev="1.0"/>
<distance to="T42" val="21.1317" stdev="1.0"/>
<distance to="538" val="48.8515" stdev="1.0"/>
<distance to="L" val="20.3341" stdev="1.0"/>
</obs>

...

<!-- KONEC PRIPOJENI + POLYGON + SIT + PODROBNE BODY + PROVAZOVACE 2016 -->

</points-observations>
</network>

```



Příloha č. 6 – Ukázka výstupu z programu Gama – Local

Adjustment of local geodetic network version: 1.15-envelope / MSVC
1800

<http://www.gnu.org/software/gama/>

Approximate coordinates

coordinates		xyz	xy	z
given	:	0	5	0
computed	:	0	92	0

total	:	0	97	0
observations:		613		

Approximate coordinates of computed points replaced by adjusted

Number of linearization iterations: 2

Network description

Polygon + pripojeni

Rok: 2011

Meril: Jan Varys

Souradnicovy system: S-JTSK

Polygon + pripojeni + podrobne body

Rok: 2012

Meril: Martin Fenc1

Souradnicovy system: S-JTSK

Polygon + pripojeni + podrobne body

Rok: 2014

Meril: Lucie Holikova

Souradnicovy system: S-JTSK

olovnice

Rok: 2014

Meril: Martin Fenc1

Souradnicovy system: S-JTSK

gyroteodolit

Rok: 2014

Meril: Martin Fenc1

Souradnicovy system: S-JTSK

Analýza přesnosti tunelového měření v UEF Josef

Rok: 2015

Meril: Jan Velisek



Souradnicovy system: S-JTSK

Tunelove mereni v UEF Josef s vyuzitim Trimble S8

Rok: 2015

Meril: Miloslav Srp

Souradnicovy system: S-JTSK

Pripojeni + polygon + sit + podrobne body + provazovac

Rok: 2016

Meril: Lukas Vais

Souradnicovy system: S-JTSK

General parameters of the adjustment

Coordinates	xyz	xy	z
Adjusted	: 0	96	0
Constrained *	: 0	2	0
Fixed	: 0	1	0

Total	: 0	97	0

Number of directions	:	325	Number of bearings:	72
Number of distances	:	284		
Total of observations	:	609		

Number of project equations:	609	Number of unknowns:	264
Degrees of freedom	: 346	Network defect	: 1

m0 apriori : 1.00
 m0' aposteriori: 1.29 [pvv] : 5.77767e+002

During statistical analysis we work

- with apriori standard deviation 1.00
- with confidence level 95 %

Ratio m0' aposteriori / m0 apriori: 1.292
 95 % interval (0.925, 1.074) does not contain value m0'/m0
 m0'/m0 (distances): 1.868 m0'/m0 (directions): 1.501

Maximal normalized residual 7.23 exceeds critical value 1.96
 on significance level 5 % for observation #150
 <direction from="524" to="6021" val="285.8901" stdev="1.6" />

Fixed points

point	x	y
501	1081634.672	753430.171

Adjusted coordinates



i	point	approximate value	correction [m]	adjusted value	std.dev	conf.i. [mm]
=====						
	130					
101	x	1081485.81447	0.00078	1081485.81525	1.0	1.9
102	y	753448.45175	0.00009	753448.45184	0.8	1.6
=====						
	502					
4	x	1081511.47411	0.00031	1081511.47442	0.3	0.6
5	y	753377.28403	-0.00006	753377.28397	0.5	1.0
=====						
	503					
14	x	1081309.22021	-0.00037	1081309.21984	0.4	0.8
15	y	753363.04649	0.00036	753363.04685	1.1	2.2

...

Adjusted orientation unknowns

i	standpoint	approximate value [g]	correction [g]	adjusted value [g]	std.dev	conf.i. [cc]
=====						
1	501	216.113764	-0.000000	216.113764	4.0	7.8
6	501	349.577240	-0.000000	349.577240	2.8	5.5
13	502	25.803341	-0.000000	25.803341	2.4	4.7
18	503	4.464324	0.000000	4.464324	1.9	3.8
21	504	392.314739	0.000000	392.314739	1.6	3.2

...

Mean errors and parameters of error ellipses

point	mp	mxy	mean error ellipse			conf.err. ellipse		g
=====	[mm]	[mm]	a [mm]	b	alpha[g]	a' [mm]	b'	=====
130	1.3	0.9	1.0	0.8	172.6	2.4	2.0	0.0
502	0.6	0.4	0.5	0.3	126.6	1.3	0.6	0.0
503	1.2	0.8	1.1	0.3	113.8	2.7	0.8	0.0
504	2.1	1.5	2.0	0.4	102.7	4.9	1.1	0.0

...

Adjusted observations

i	standpoint	target	observed value	adjusted value	std.dev [m g]	conf.i. [mm cc]
=====						
1	501	4001 dir.	133.474000	133.473616	3.1	6.1
2		502 dir.	9.700500	9.700884	3.1	6.1
3		4001 dist.	83.63710	83.63687	0.6	1.2
4		502 dist.	134.06880	134.06969	0.3	0.5
5		4001 dir.	0.010100	0.010140	1.3	2.5

...



Příloha č. 7 – Ukázka výstupu z aplikace EasyNET

EasyNET 3.4.3 Non-commercial (12.10.2015)

Kontakt: Ing. Pavel Třasák, Ph.D. (pavel.trasak@gmail.com)

Protokol C - Vyrovnání sítě

Vytvořeno: 10.5.2016 10:43:30

C-01 Základní informace o vyrovnání sítě

=====

Vyloučení odlehlých hodnot

Metoda robustního odhadu:	Huber
Hladina významnosti:	0.005
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	23/1040 [0.022]
Vodorovný směr:	3/339 [0.009]
Zenitový úhel:	10/339 [0.029]
Šikmá délka:	8/339 [0.024]
Šikmá délka (doplňek):	-
Směrník:	-
Převýšení:	2/11 [0.182]
Svislé provažování:	0/6 [0.000]

Vyrovnání sítě

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.697
Počet fixních bodů:	0
Počet vyrovnaných bodů:	73
Počet vyrovnaných orientačních posunů:	20
Počet vyrovnaných měření:	1017
Vodorovný směr:	336
Zenitový úhel:	329
Šikmá délka:	331
Šikmá délka (doplňek):	0
Směrník:	0
Převýšení:	9
Svislé provažování (X + Y):	6 (12)
Počet nadbytečných měření:	782

C-02 Vyrovnané souřadnice (Aposteriorní přesnost)

=====

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo



B: Číslo bodu  
 C: Souřadnice X [m]  
 D: Souřadnice Y [m]  
 E: Souřadnice Z [m]  
 F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]  
 G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]  
 H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]	F [mm]	G [mm]	H [mm]
1	10	1081464.219	753310.203	288.134	0.21	0.27	0.20
2	20	1081464.219	753310.203	307.504	0.25	0.26	0.30
3	21	1081464.220	753310.202	307.504	0.58	0.27	0.30
4	40	1081464.219	753310.203	326.398	0.27	0.30	0.49
5	41	1081464.220	753310.204	326.398	0.43	0.56	0.49
6	D1	1081464.478	753310.506	287.691	0.19	0.25	0.19
7	D2	1081464.478	753310.506	307.938	0.23	0.25	0.29
8	D4	1081464.478	753310.506	326.557	0.22	0.26	0.42
9	K1	1081477.119	753281.184	291.878	0.66	0.43	0.30
10	K2	1081470.988	753287.304	290.036	0.54	0.45	0.23
11	K3	1081486.912	753277.475	300.715	0.70	0.55	0.27
12	K4	1081487.674	753285.761	301.629	0.54	0.55	0.27

. . .

Protokol E - Transformace na bod a směrník

Vytvořeno: 13.5.2016 8:29:05

E-01-1 Identické body - Vstupní souřadnicový systém

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo  
 B: Číslo bodu  
 C: Souřadnice X [m]  
 D: Souřadnice Y [m]  
 E: Souřadnice Z [m]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]
1	501	1081638.829	753423.733	284.559
2	502	1081513.500	753376.113	285.249

E-01-2 Identické body - Výstupní souřadnicový systém

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo



B: Číslo bodu  
 C: Souřadnice X [m]  
 D: Souřadnice Y [m]  
 E: Souřadnice Z [m]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]
1	501	1081634.672	753430.171	284.550
2	502	1081511.472	753377.287	285.238

E-02 Základní informace o transformaci na bod a směrnik

=====

Základní informace

Bod: 501
 Cíl: 502
 Směrnik [gon]: 225.8129
 Počet transformovaných bodů: 73
 Počet fixních bodů: 0
 Počet vyrovnaných bodů: 73

Parametry transformačního klíče

X [m]: -4.157
 Y [m]: 6.438
 Z [m]: -0.009
 Rotace [gon]: 2.6967

E-03 Transformované souřadnice (Aposteriorní přesnost)

=====

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo  
 B: Číslo bodu  
 C: Souřadnice X [m]  
 D: Souřadnice Y [m]  
 E: Souřadnice Z [m]  
 F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]  
 G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]  
 H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]	F [mm]	G [mm]	H [mm]
1	10	1081472.093	753304.014	288.125	0.19	0.29	0.20
2	20	1081472.094	753304.014	307.495	0.24	0.27	0.30
3	21	1081472.094	753304.014	307.495	0.56	0.33	0.30
4	40	1081472.093	753304.014	326.389	0.26	0.31	0.49