

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra speciální geodézie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Měření výškových posunů bodů na budově školy v Novém Sedle

Measurement of elevations of points on the school building in Nové Sedlo

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

Vedoucí práce: Ing. Bc. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.

David Juhár

2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Juhár Jméno: David Osobní číslo: 439234
Zadávatel katedra: K154 Katedra speciální geodézie
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Měření výškových posunů bodů na budově školy v Novém Sedle
Název bakalářské práce anglicky: Measurement of elevations of points on the school building in Nové Sedle

Pokyny pro vypracování:
Zaměření několika etap metodou geometrické nivelace.
Výpočty, analýza přesnosti, vyhodnocení, interpretace a závěry.

Seznam doporučené literatury:

- ČSN 73 0405 - Měření posunů stavebních objektů
- Vyhláška 435/1992 sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem
- Neset, K. Vlivy poddolování, SNTL Praha 1984
- Jaroslav Jiskra, Z historie uhelných lomů na Sokolovsku

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Tomáš Jířikovský, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22. 02. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27. 05. 2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

22. 02. 2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Měření výškových posunů bodů na budově školy v Novém sedle vypracoval samostatně a veškeré zdroje dat a informace jsem uvedl v seznamu zdrojů na konci práce.

V Praze, 20.5.2018

.....
podpis studenta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu této bakalářské práce Ing. Tomášovi Jiřikovskému, Ph.D. za odbornou pomoc, ochotu a trpělivost. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Františku Kastlovi za možnost spolupracovat s organizací Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu Ing. Františku Dudkovi a dalším měřičům za poskytnuté podklady k práci a spolupráci při měření.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá poklesy a deformací školy v Novém Sedle. Cílem práce je sledovat posun budovy ve vertikálním směru mezi jednotlivými etapami měření na stabilizované body měřené přesnou nivelací. Dalším jejím cílem je zjistit deformaci a náklon budovy.

Klíčová slova

Přesná nivelace, etapové měření, poddolování, svislý posun, deformace, tachymetrie.

Abstract

This bachelor's thesis is engaged with the drops and deformations of the school in Nové Sedlo. The aim of the thesis is monitoring shifts of the building in the vertical direction between the individual stages of measurement to stabilized points measured by precise leveling. Next aim of bachelor's thesis is determine the deformation and tilt of the building.

Key words

Precision leveling, stage measurement, undermining, deformation, tacheometry.

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Hornictví na Sokolovsku	9
2.1	Historie	9
2.2	Důl Vinzenzi.....	9
2.3	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	10
3	Nové Sedlo.....	11
3.1	Město	11
3.2	Základní škola	12
4	Základní pojmy	13
5	Teorie posunů staveb	15
6	Pohyby hornin.....	16
6.1	Vlivy poddolování	16
6.2	Mechanické vlastnosti půdy	16
6.2.1	Hornina skalního podkladu	17
6.2.2	Nesoudržné horniny (šterky a písky)	17
6.2.3	Soudržné horniny (jíly, slíny a podobně).....	17
6.2.4	Organické uloženiny (slatiny, rašeliny a podobně).....	17
7	Metody měření posunů	18
7.1	Geometrická nivelace	18
7.2	Hydrostatická nivelace	18
7.3	Trigonometrické určování výškových rozdílů.....	18
7.4	Fotogrammetrie	19
7.5	Metoda GNSS.....	19
7.6	DPZ	20
7.7	3D laser skenování	20
7.8	Metody bez geodetických základů	20
8	Charakteristika lokality	21
8.1	Geologická charakteristika lokality	21
8.2	Diskuze příčin porušení školní budovy	21
9	Použité metody měření	25
9.1.1	Přesná geometrická nivelace ze středu	25
9.1.2	Chyby při PN	26

9.2	Tachymetrie	28
10	Rekognoskace terénu a stabilizace bodů	30
10.1	Rekognoskace terénu	30
10.2	Stabilizace bodů	31
11	Postup měření	33
11.1	Polní zkouška	33
11.2	Přesná nivelace	33
11.3	Tachymetrie	35
12	Výpočty a výsledky	37
12.1	Přesná nivelace	37
12.1.1	Kontrola vodorovnosti záměry	37
12.1.2	Hodnocení přesnosti měření z opakování	37
12.1.3	Určení přesnosti z protisměrných měření	38
12.1.4	Dosažená přesnost z výškových uzávěrů	40
12.1.5	Mezní hodnoty	41
12.1.6	Výsledky	43
12.2	Tachymetrie	47
12.2.1	Uliční fasáda	47
12.2.2	Dvorní fasáda	52
13	Závěr	57
	Seznam použité literatury	58
	Seznam obrázků	59
	Seznam tabulek	60
	Seznam příloh	61

1 Úvod

Na budově školy v centru města Nové Sedlo s č. p. 425, pocházející z 30. let 20. století, se od konce 80. let začaly objevovat trhliny. Nejvíce patrné jsou na čelní stěně, objevují se však i uvnitř školy a také na postranních křídlech budovy. Na základě znalecké geologické charakteristiky lokality byl vypracován znalecký posudek. Na základě tohoto posudku se velká část viny přikládá vydobytým a ne zcela zasypaným prostorám, které vznikly po vytěžení hnědého uhlí v okolí školy. Proto zaměření školy dostala za úkol těžební společnost v regionu Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.

Pro zjištění vertikálního posunu byla zvolena přesná nivelace ze středu. Připojena na dva pevné body, stabilizované mimo poddolované území. Čtrnáct pozorovaných bodů, které byly stabilizovány po obvodu budovy, byly zaměřeny bočně. Měření probíhalo celkem ve čtyřech etapách v období od 25. 9. 2017 do 7. 2. 2018.

Deformace a náklon budovy byly zaměřeny pomocí metody tachymetrie pomocí pevného stanoviska. Body byly bez jakékoliv umělé signalizace zaměřeny na budově těsně nad okny. Měření proběhlo celkem 2x, výsledné hodnoty představují průměry obou těchto měření.

V první kapitole se popisují obecné informace o těžbě hnědého uhlí v regionu. Hlavně se jedná o historii těžby, ale věnují se také dolu, jemuž připisují na vrub propad školy. Také se zde popisuje současná těžební společnost Sokolovská uhelná, právní nástupce, a. s.

V další kapitole je popsána historie a poloha města Nové Sedlo a samotné základní školy.

V několika dalších kapitolách se věnují obecným informacím spojeným s problematikou posunů staveb. Je zde zmíněna základní terminologie používaná při měření posunů. Také tu jsou uvedeny přesnosti měření posunů dané normou ČSN 73 0405. V těchto kapitolách jsou také vyjmenovány důvody posunů budov a metody používané při měření těchto posunů.

Kapitola s číslem osm se zabývá geologickou strukturou podloží pod školou a v jejím okolí. Také se zde pojednává o možných příčinách posunu a deformace budovy.

Další kapitoly se zabývají všemi činnostmi, které souvisely s měřením. Jsou zde uvedeny všechny měřičské práce a metody či použité přístroje.

V posledních kapitolách jsou uvedeny veškeré výpočty s výslednými hodnotami a jejich porovnání s počátečním stavem budovy.

2 Hornictví na Sokolovsku

2.1 Historie

První písemná zmínka o těžbě na Sokolovsku pochází z „Horní knihy panství Sokolovského“, kniha zachycuje období let od 1573-1789. Kniha hovoří ze začátku pouze o těžbě železné rudy. Podle knihy se těžba uhlí započala až 25. srpna 1760. Povolení pro těžbu uhlí na svém pozemku měl každý, avšak uhlí bohaté na železnou rubu podléhalo vrchnímu řádu.

Ze začátku se těžilo hodně primitivně. Na místech sloje se vyrazila jáma na úroveň spodní vody, což znamenalo, že nebylo možné vytěžit mocnost sloje. Následně se razily chodby do stran, které se zpevňovaly kulatinami malého průměru. Voda byla odčerpávána vodním kolem. V případě, že přítok vod do dolu nebylo možno odčerpat, důl se opustil. Těžba uhlí se prováděla ručně motykami a lopatami, natěžené uhlí se odváželo kolečky a kárami nebo se vytahovalo ručně vrtákem. Chodby byly neuspořádané. Drobné uhlí se nechávalo v dolech, což vedlo k častým záparům a následným ohňům (zvláště u uhlí bohatého na bitumen), proto se začaly zavádět větrné šachty (30-40 metrů od sebe). Až od roku 1850 byla vyvinuta lepší metoda odvětrávání. První vodotěžný stroj byl uveden do provozu v roce 1828. Avšak rozmach dobývání nastal až po výstavbě páteřní železnice v roce 1871. Železniční doprava byla přivedena především ke Starckovým závodům, které hrály dominantní roli v oblasti těžby uhlí i chemického průmyslu.

Po osvobození v roce 1945 bylo na Sokolovsku 39 hlubinných dolů a 15 malolomů, přičemž přibližně padesátiprocentní podíl na celkové těžbě měla firma Dolové a průmyslové závody (dříve J.D.Starck) [9][4].

2.2 Důl Vinzenzi

Podle geologického průzkumu, se nejbližší hranice dobývaného území nachází pouhých 12 metrů před školní budovou v Novém Sedle (obr. 1). Hloubení tohoto dolu započalo v roce 1867, pozemek, na němž se těžilo, vlastnil pan Georg Peterl asi půl kilometru od obce Chranišov. Důl těžil uhlí ze sloje Josef o mocnosti 5-7 metrů. Maximální hloubka těžby se pohybovala okolo 50 metrů. V roce 1870

umístil majitel dolu na důl parní těžní stroj. Část vytěženého uhlí se spalovala v okolních továrnách, část se odvážela lanovkou na důl Antonín a část do vlakové stanice Helena (mezi Loktem a Novým Sedlem) a odtud dále. V roce 1882 zde byla zbudována parní důlní lanovka. V letech 1879 - 1884, se zde vytěžilo 40 000 tun uhlí ročně. V roce 1886 končila vysoká těžba a závod od roku 1900 těžil pouze minimálně nebo vůbec. V tomto roce došlo následně také k uzavření dolu, stržení dřevěných budov na povrchu a zasypání chodeb [4].



(obr.1 Známa poloha dolu Vinzenzi)

2.3 Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.

Firma Sokolovská uhelná byla založena v roce 1994 fondem národního majetku. Privatizace proběhla o deset let později, kdy vznikla organizace Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.

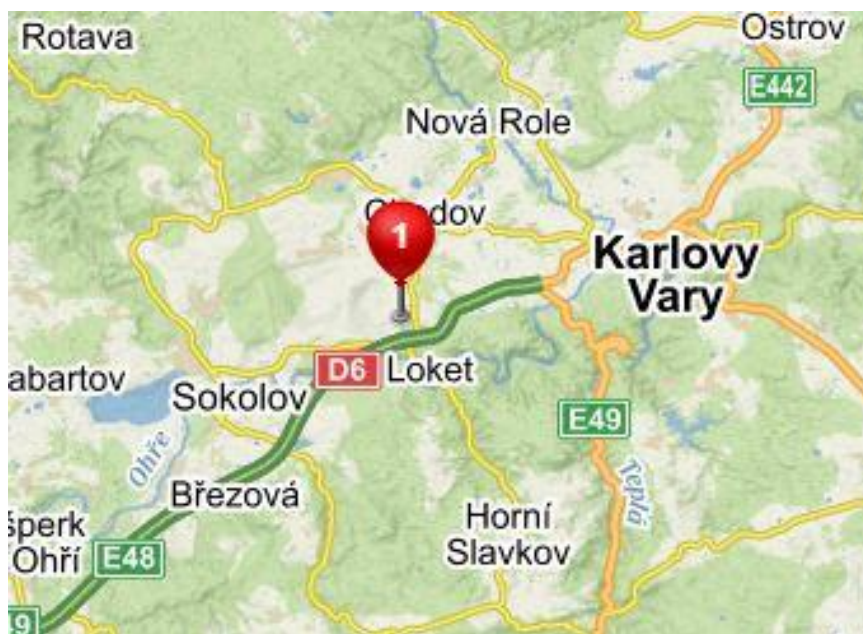
Organizace navazuje na bohatou tradici těžení a zušlechtování hnědého uhlí na Sokolovsku. Hlavním produktem společnosti je elektrická energie a teplo, energetické uhlí a karbomechanický produkt. Sokolovská uhelná je jedním z největších nezávislých výrobců elektrické energie a zároveň nejmenší hnědouhelná těžební společnost v České republice, vytěží kolem 6,5 miliónů tun uhlí ročně v lomu Jiří. Přibližně 50 procent uhlí je prodáno tuzemským i zahraničním klientům, zbytek je zušlechtován v rámci vlastní potřeby. Vyrobí tak kolem 3500 GWh elektrické energie a zásobuje teplem města v regionu. Firma významně investuje do rekultivací dotčeného území (např. vznik jezer Medard a Boden), také podporuje výstavbu infrastruktury, díky čemuž vznikly na Sokolovsku objekty sloužící zdravotnictví, sportu a rekreaci[9].

3 Nové Sedlo

3.1 Město

První písemná zmínka o městě pochází z roku 1397. Obec byla těžce postižena husitskými válkami, když tudy táhla husitská i křižácká vojska. V 16. století se obec dostává do vlastnictví historického města Locket. V první polovině 19. století se stává samostatnou obcí. Roku 1899 bylo povýšeno na městys a roku 1908 získalo právo na svůj městský znak.

Nové Sedlo leží v nadmořské výšce asi 420 m/nm v Sokolovské pánvi. Polohu města v krajině vystihuje již jeho název. Je odvozen od popisu místa v terénní proláclině nazývané sedlo. Od východu, ve směru hodinových ručiček, hraničí s obcemi Hory, Locket, Staré Sedlo, Královské Poříčí, Vintířov a Chodov. Nové Sedlo je jedním z deseti měst v někdejší sokolovském okrese [11][2].



(obr.2 Poloha města Nové Sedlo [6])

3.2 Základní škola

Budova má 3 nadzemní podlaží. Škola je umístěna v ulici Masarykově s číslem popisným 425 a nachází se v centru města.



(obr.3 Poloha školy ve městě [6])

Budova byla postavena pro potřeby české školy v Novém Sedle, slavnostně se její brány otevřely ve dnech 9. a 10. září 1933 a na počest prvního československého prezidenta byla tehdy pojmenována Masarykova obecná a městská škola v Novém Sedle.

Z historických pramenů se dozvíme, že velká česká menšina přímo z Nového Sedla a jeho okolí neúspěšně usilovala o zřízení české školy už v době rakousko-uherské. Však teprve po vyhlášení Československé republiky a úpravě školských zákonů bylo umožněno obcím v pohraničí zřizovat české školy. Protože v tehdejší Loketském okrese byla nejpočetnější česká menšina v Novém Sedle, bylo rozhodnuto o zřízení české školy právě zde. Dne 15. prosince 1919 došlo k otevření prvních tříd. Nejprve byla škola provozována v německé dívčí škole s číslem popisným 217. Později tyto prostory nestačily, proto došlo k výstavbě nové budovy a následnému zahájení vyučování v nových prostorách české školy v září roku 1933.

Politický vývoj událostí však v roce 1938 činnost české školy ukončil. Děti ze smíšených rodin postupně přešli do německých škol a české rodiny se musely odstěhovat do vnitrozemí. Budova sloužila jako sídlo nacistické organizace a sídlo četnické stanice.

Teprve po ukončení II. světové války se dne 20. června 1945 konal zápis 250 dětí do české školy. Pravidelná výuka byla zahájena 3. září 1945 a trvá zde dosud [11].

4 Základní pojmy

Projekt měření posunů se vypracuje pro každý objekt, jehož posuny se mají měřit. Mají-li se měřit posuny více stavebních objektů, které jsou součástí téže stavby, vypracuje se společný projekt měření. Projekt se vypracovává před započítáním měření. Projekt se vypracovává před zahájením měření a obsahuje základní informace o objektu, měření a přesnostech měření (projekt nebyl před měřením vyhotoven a v příloze je vypracován návrh projektu měření).

Posun je definován jako prostorová změna v poloze stavebního objektu nebo jeho části oproti poloze v základní nebo předcházející etapě měření vztažené na pevné body, které jsou nezávislé na sledovaném objektu.

Přetvoření (deformace) vyjadřuje změnu tvaru stavební konstrukce objektu oproti tvaru při základní nebo předcházející etapě měření. Důležité je, že při posunu objektu nemusí nutně nastat deformace.

Sedání (pokles) – svislá složka posunu směrem dolů, která je vyvolána například stlačením základové půdy.

Zdvih – svislá složka posunu směrem vzhůru.

Náklon – odchýlení svislé osy objektu od svislice.

Otočení – úhlová odchylka objektu od jeho původní polohy (osa otáčení je obecná).

Průhyb (ohyb) – deformace konstrukce objektu v kolmém směru na převládající směr.

Sesuv – jev vznikající účinkem zemské tíže při porušení stability svahů.

Absolutní posun – posun vyjádřený v absolutní soustavě, která je nezávislá na objektu.

Relativní posun – posun vyjádřený vzhledem relativní vztažné soustavě či na vztažný bod. (udává vzájemné změny v poloze jednotlivých konstrukční části objektu).

Vztažný bod – polohově nebo výškově určený bod, ke kterému se určují projektové parametry nebo měřené posuny.

Vztažná soustava – soubor vybraných pevných bodů, které jsou ve vzájemném matematickém vztahu a vyjadřují se k nim prostorové změny měřených bodů.

Pevný bod (vztažný bod) – trvale stabilizovaný bod v přírodě mimo měřený objekt a jeho vlivy, u kterého se nemění prostorová poloha během všech etap měření.

Pozorovaný (sledovaný) bod – bod na objektu, který slouží pro určení posunů a deformací.

Ověřovací (zajišťovací bod) – pevný bod, který slouží pro ověření stálosti jiných pevných bodů.

Připojovací bod – pevný bod, ze kterého se vychází při určování směrů, délky nebo výšky[8][1].

5 Teorie posunů staveb

Měření posunů a deformace stavebních objektů je jednou z mnoha oblastí, kterou se geodézie zabývá. Objekty mohou vykazovat změnu tvaru nebo polohy na základě působení vnějších sil. Každá taková změna může představovat nebezpečné riziko. Účel měření je tyto změny pozorovat a shromáždit údaje o rychlosti, velikosti a směru pohybu, které se získají změnou pozorovaných bodů proti poloze v základní nebo předcházející etapě měření.

Stabilitu objektu může narušit mnoho vlivů.

Podzemní vody na stabilitu objektů mohou mít vliv mechanický, který se projevuje vyplavováním nerozpustných látek (písek, hlína), které jsou obsahem základové půdy.

Další vliv podzemních vod je fyzikální. Do fyzikálních vlivů se zahrnuje promrzání (což způsobuje zvětšování objemu a trhání některých základových půd), nebo střídavé zavlažování a vysoušení půdy (což zejména u jílovitých zemin, způsobuje při vysoušení smršťování a při zavlažování dochází ke zvětšování objemu zemin).

Chemické působení vod se projevuje různým způsobem, například tím že rozruší kovy, cement, malty a podobně. Takže materiály měknou a rozpadají se.

Významný vliv na posuny staveb mají základové půdy nebo, jako v našem případě, vlivy poddolování, které jsou blíže popsány v kapitole o pohybech hornin.

Přesnost měření posunů a přetvoření udává technická norma ČSN 73 0405 [1]. U nových stavebních objektů je dána mezní odchylkou (pokud není stanoveno jinak) danou vztahem:

$$\delta_1 \leq \frac{2}{15} \cdot p \quad (5.1)$$

kde p je očekávaný celkový posun nebo jeho složka v mm.

Pro užívané stavební objekty platí vztah:

$$\delta_2 \leq \frac{2}{5} \cdot p_k \quad (5.2)$$

kde p_k je kritickou hodnotou posunu v mm.

6 Pohyby hornin

6.1 Vlivy poddolování

Všeobecně lze objasnit pohyby hornin v nadloží ložiska tak , že po vyrubání vznikne prázdný prostor, který se po nějaký době následkem soustředěného napětí v okolních horninách opět zaplní buď většími nebo menšími úlomky hornin, anebo pružným sblížením nadloží s podložím.

Pohyb začne obvykle po určitém čase, když soustředěný tlak hornin překoná odpor proti deformaci nebo zlomení. Delší dobu bude odolávat deska z pískovce, slepence nebo písčitých pevných břidlic než horninová vrstva z měkkých břidlic, slínů nebo jiných nesoudržných a plastických hornin. Jinak se projeví propad, v němž se nachází tekuté písky nebo štěrky. Záleží na tom jak jsou horniny pórovité, suché nebo vlhké a jaké jsou jejich mechanické vlastnosti ve směru kolmém nebo rovnoběžném k vrstvě. Z toho plyne že na pohyb nadloží působí velké množství činitelů [7].

Hlavní z nich:

- mechanické vlastnosti nadloží
- geologické podmínky uložení
- mocnost ložiska
- mezní úhel vlivu
- plošný rozsah vlivu poddolovaného území
- hloubka ložiska pod povrchem
- způsob těžby

6.2 Mechanické vlastnosti půdy

Podstatný vliv na stabilitu budov mají základové půdy. Jejich sedání může ovlivnit soudržnost budovy podobně jako poklesy způsobené poddolováním. Porušení zdiva je podobné jako u důlních škod a stejně jako u toho případu, je často příčinou sporu o jeho původu.

Základové půdy se dělí většinou na čtyři skupiny.

6.2.1 Hornina skalního podkladu

Vyvřelé nebo krystalické horniny, pískovce, slepence a břidlice. Jsou velmi dobrým podkladem pro základy staveb, pokud nejsou zvětřalé. Podklad je nepříznivý, jestliže zvětřalé pásmo je nestejněměrné, protože pak dochází k nestejněměrnému poklesu.

6.2.2 Nesoudržné horniny (šterky a písky)

Jsou nejméně vhodné pro zakládání staveb, zejména jemné nesoudržné, naváté písky a produkty větrání hornin, neboť jejich stlačitelnost je až 40%. Jemné písky jsou nebezpečné v případě, že na ně působí spodní vody, které je z pod základů mohou vyplavovat. Šterky jsou dobrou základovou půdou, zvláště když se před stavbou zhutní.

6.2.3 Soudržné horniny (jíly, slíny a podobně)

Tyto horniny jsou případem, se kterým se potýkáme u základní školy v obci Nové Sedlo. Mění svoje vlastnosti podle množství obsahu vody. Přijímáním vody svůj objem zvětšují a vysušením opět zmenšují, proto se pro zakládání staveb nehodí. Slíny jsou jíly s příměsí vápnitých částic, které s pískem tvoří únosnou základovou půdu. Půda se opět zhorší v případě příjmu vody, která za první může vylouhovat vápenatou část a za druhé způsobuje zvětšení objemu. V některých případech vznikají na budovách značné škody, zvláště se tak stane v případě, když celá stavba není založena ve stejné úrovni (částečné podsklepení apod.).

6.2.4 Organické uložení (slatiny, rašeliny a podobně)

Tento druh půdy je pro zakládání staveb nevhodný kvůli velkému obsahu vody a malé únosnosti [7].

7 Metody měření posunů

7.1 Geometrická nivelace

Nejpoužívanější metoda pro měření svislých posunů je geometrická nivelace. Používá se metoda přesné nivelace (PN), velmi přesné nivelace (VPN) a pro zvláště náročné práce metoda zvláště přesné nivelace (ZPN).

Při použití této metody je důležité, zachovat zásady měření geometrické nivelace, zejména dodržovat stejně dlouhé záměry. Při nedodržování této zásady, je nutné zavádět opravy ze sklonu horizontu přístroje, které se zavádí také u bočních záměr na sledované body. Opravy ze sklonu horizontu přístroje se zjišťuje pomocí polního testu před a po měření.

7.2 Hydrostatická nivelace

Metoda hydrostatické nivelace vychází z fyzikálního zákona o spojitých nádobách, které jsou naplněny vhodnou kapalinou. Jedná se o přesnou hadicovou vodováhu. Pozorované body je třeba pro měření zajistit speciálními čepy, čepy jsou pak osazeny měřicími válci spojenými hadicí. Pro eliminaci chyb je zapotřebí měřit ve dvou polohách tzn. zaměnit měřicí válce a v každé poloze pak měřit dvakrát, podruhé po vypuštění malého množství kapalin.

Předností této metody je možnost měřit změny výšek v těžko přístupných prostorách s velmi vysokou přesností od 0.1 mm do 0.01 mm. Využívá se pro pravidelná i nepřetržitá měření. Naopak nevýhodou může být malý rozsah měřených převýšení cca 100 mm (± 50 mm), délka hadic cca 30 m a nutnost zajistit stejnou teplotu po celé délce trasy spojovací hadice.

7.3 Trigonometrické určování výškových rozdílů

Trigonometrické měření dosahuje přibližně stejné přesnosti jako nejméně přesná geometrická nivelace (TN), i přesto je tato metoda často používaná zejména tam, kde situace nedovoluje použití nivelace.

Metoda je založena na měření změn zenitových úhlů při známé vodorovné délce záměry. Předpokládá se neměnnost výšky stanoviska (měří se z pevných pilířů se zařízením pro nucenou centraci).

Přesnosti metody jsou ovlivněny mnoha faktory. Oprava ze zakřivení Země se vzhledem k jejímu systematickému charakteru (a navíc je malá vzhledem k délce záměry) do výpočtu nezavádí. Pro opravu z refrakce, je vhodné měřit jednotlivé etapy za stejných podmínek a zvolit měření v období, kdy je změna v počasí minimální.

Vzorec pro výpočet posunu:

$$p = d \cdot (\cotg Z_0 - \cotg Z_i) \quad (7.1)$$

kde index 0 znázorňuje počáteční etapu měření a index i znázorňuje následující etapu .

7.4 Fotogrammetrie

Měření probíhá pořízením fotografie ze stanoviska. Předností metody je možnost zaznamenat stav měřeného objektu v krátkém časovém úseku a zachytit libovolné množství bodů najednou. Hlavní nevýhodou je nemožnost získání výsledků ihned na místě, neboť je nutné zpracování v rámci laboratoře na speciálních vyhodnocovacích přístrojích. Fotogrammetrická metoda měření posunů se dělí na jednosnímkovou metodu s časovou základnou, kde se z jednoho stanoviska za každou etapu měření zhotoví jeden snímek. Metoda určuje pouze posuny a deformace v rámci snímku (pouze souřadnice x a z). Další metoda fotogrammetrie je pozemní fotogrammetrie s reálnou základnou. Snímky se vždy zhotovují minimálně ze dvou stanovisek, přičemž při větším počtu snímků se metoda zpřesňuje. Vyhodnocuje se pomocí standardních stereografických postupů a lze určovat posuny ve všech dimenzích (x, y a z) .

7.5 Metoda GNSS

Metoda globálních navigačních satelitních systému se v posledních letech začala využívat také pro měření posunů a přetvoření. Metoda umožňuje měřit rozsáhlá území až do 10 km. Přesnost se u statické metody pohybuje mezi 1 – 3 mm, přesnost u metody RTK je v mezích 10 – 15 mm .

7.6 DPZ

Dálkový průzkum země. Jedná se o metodu používanou pro měření poklesů poddolovaných území, kdy pokles může dosáhnout až několik metrů za rok [8][1].

7.7 3D laser skenování

Jedná se o metodu, při které se získá velký počet bodů (mračno bodů), za krátkou dobu. Nevýhodou této metody je nižší přesnost, než je třeba u přesných totálních stanic nebo dlouhodobých observací GNSS. Díky vyšší úhlové přesnosti než dálkoměrné, je přesnost výškových posunů větší než přesnost podélných posunů [5].

7.8 Metody bez geodetických základů

K měření relativních posunů se aplikují i jiné než geodetické metody. Takové metody se označují jako negeodetické či fyzikální. Jejich předností je vysoká přesnost nebo nízká náročnost práce.

Tenzometr - Pracuje na mechanickém, optickém, elektrickém, akustickém, pneumatickém nebo kombinovaném principu. Jedná se o měřidlo umožňující měřit velmi malé délkové změny.

Dilatometr - Je mechanický přístroj umožňující měřit relativní měření posunů a to ve třech osách. Rozsah bývá 15 mm s přesností 0.2 mm. 14

Přesné libely - Měří se sklon (respektive jeho změna), ten je poté převeden na svislý posun pomocí známé délky základny. Rozsah měřených posunů je cca ± 20 mm, citlivost 0.01 mm/m. V dnešní době se převážně používají elektronické metody.

Laserová interferometrie - Mezi nejpřesnější metodu měření posunů patří laserová interferometrie. Dosahuje přesnosti při měření v atmosféře 10^{-7} m [8][7].

8 Charakteristika lokality

8.1 Geologická charakteristika lokality

Zájmové území je součástí východní části Sokolovské pánve. Lokalita se nachází těsně za okrajem sedimentace svrchní sloje dolu Antonín a jeho slojového pásma, na kterém vystupuje porfyrická biotická žula typu Loket Karlovarského masivu. Poblíž tohoto okraje vystupují místy skály paleogenních pískovců až křemenců, které jsou často kaolinizovány.

Přímo na místě se nachází na povrchu navážka hnědošedých hlín dosahujících mocnosti 1,5 metrů. Pod hlínami se nachází mocná vrstva tufitických jílovců, šedých až modrošedých, o mocnosti okolo 20 metrů, které jsou součástí chodovských vrstev novosedelského souvrství. Pod nimi se nachází slojové pásmo sloje Josef o mocnosti přibližně 7 až 9 metrů. Sloj se skládá ze dvou vrstev, vrchní 0,6 až 1 metr a spodní 2,5 až 3,5 metrů. Hloubka jejich uložení se pohybuje od 21 metrů do 25 metrů. Obě sloje jsou odděleny jílovitou vrstvou o mocnosti 4 až 5 metrů. Složení půdy bylo zjištěno několika vrty [12].

8.2 Diskuze příčin porušení školní budovy

Školní budova je porušena v několika částech. Nejvýraznější porušení nalezneme v čelní severozápadní stěně budovy, kde porušení na venkovní i vnitřní straně stěny a prohnutí oken naznačují, že tato stěna poklesla a to nejvíce v centrální části budovy (obr. 4). Další významné poruchy jsou patrné ve východní části jihozápadního křídla školy v oblasti styku s hlavní budovou (obr. 5). V neposlední řadě je možné zaznamenat výrazné odtržení jihovýchodního křídla školy (tělocvičny) (obr. 6). Ze sádrových terčíků v puklinách z roku 2011 a 2012 vyplývá, že poruchy jsou staršího data. Vývoj poruch byl pravděpodobně v prvních fázích poměrně rychlý, nyní je pomalý možná již žádný.



(obr.4 Poničení čelní části)



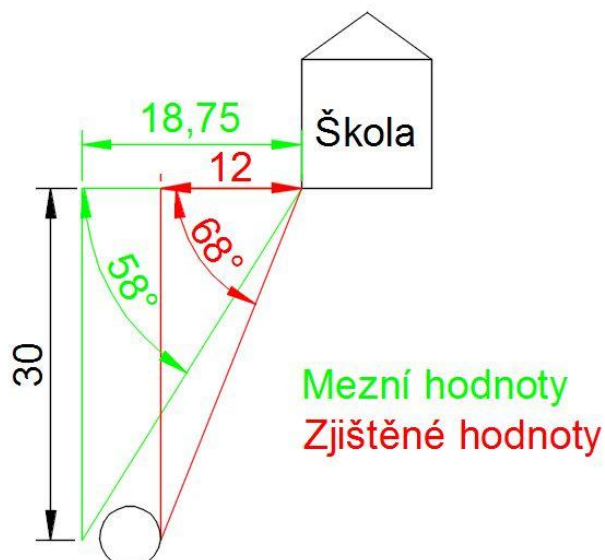
(obr.5 Održeni jihozápadního křídla)



(obr.6 Održeni jihovýchodního křídla)

V první řadě je nutné zvažovat porušení zaviněné zavalením starých důlních děl. Tomuto předpokladu by odpovídalo porušení čelní části školy, která je v blízkosti hranice známého vyuhlení dolu Vinzenzi a je vzdálená pouze 12 metrů od dobývaného území. Toto území bylo ověřeno vrtem. Hloubka vydobytých prostor je okolo 30 metrů. Vezme-li se v úvahu mezní úhel vlivu, ten je pro tyto podmínky přibližně 58 stupňů, je dosah případného dodatečného závalu

$\cot g(58^\circ) \cdot 30 = 18,75$ metrů. Z toho vyplývá, že vydobytý prostor může mít vliv na stabilitu objektu (obr. 7).



(obr.7 Zjištěná poloha štoly)

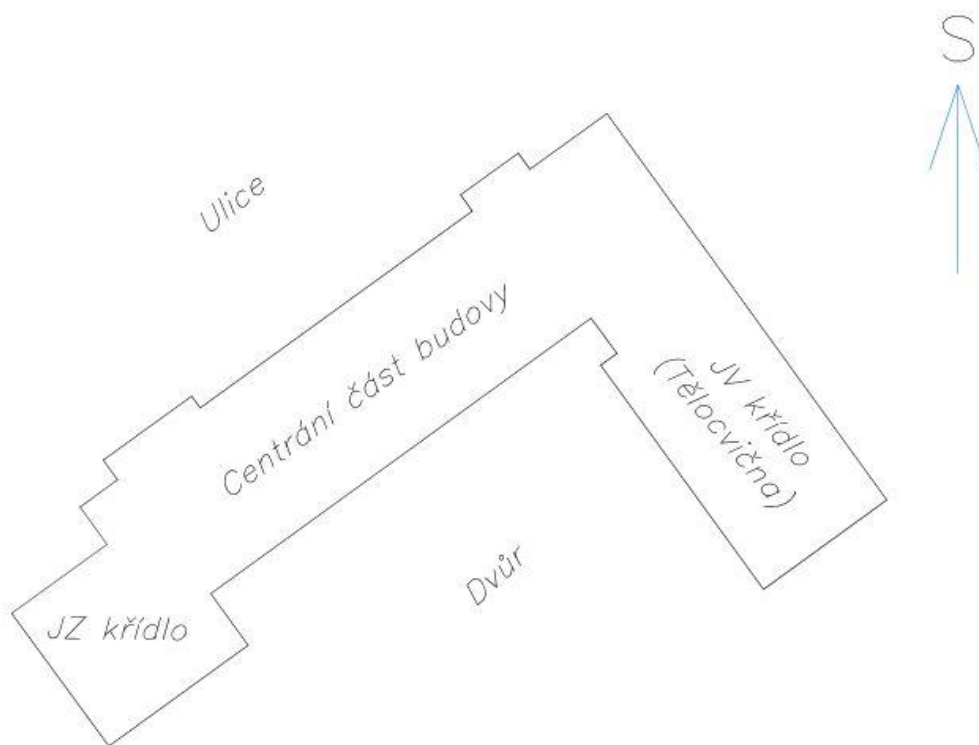
V druhé řadě je nutné brát v úvahu, že v blízkosti se nacházejí dvě jámy, přičemž u jedné z nich došlo k propadu, který může mít vliv na stabilitu budovy. Navíc pouhý zásyp jam propustným materiálem může mít vliv na stabilitu podloží, na kterém je škola založena (vysoušení a nasákání) i na stabilitu vydobytých prostorů. Místo těžní jámy je přesně určeno místem propadu.

Dále je značně pravděpodobné, že došlo k sednutí celého jihovýchodního křídla (tělocvičny) a to vlivem smrštění podložních vysoce plastických jíílů. Jihovýchodní křídlo je s vysokou pravděpodobností založeno v menší hloubce než hlavní školní budova. Nelze vyloučit, že smrštění zemin mohlo způsobit i poruchy jihozápadního křídla a popřípadě i čelní stěny budovy. Možný pokles vlhkosti tufitických jíílů a tím vyvolané smrštění lze dávat do souvislosti se zakleslou hladinou podzemní vody v důsledku deprese vyvolané drenážními účinky důlních děl.

Jako poslední možnost, která mohla způsobit poruchy budovy, je ztráta únosnosti základových pūd v důsledku snížení jejich konzistence vlivem zvlhčení.

Z toho vyplývá, že zjištění příčin poruch školní budovy je značně složité. Z toho, co známe, lze s největší pravděpodobností vyvozovat závěr, že čelní stěna hlavní budovy je porušena vlivem poddolování, změny na severovýchodním křídle

lze nejspíše přičíst vlivu smršťování zemin v podloží a poruchy jihozápadního křídla lze dávat do souvislosti s poddolováním i smršťováním zemin [12].



(obr.8 Schéma školní budovy)

9 Použité metody měření

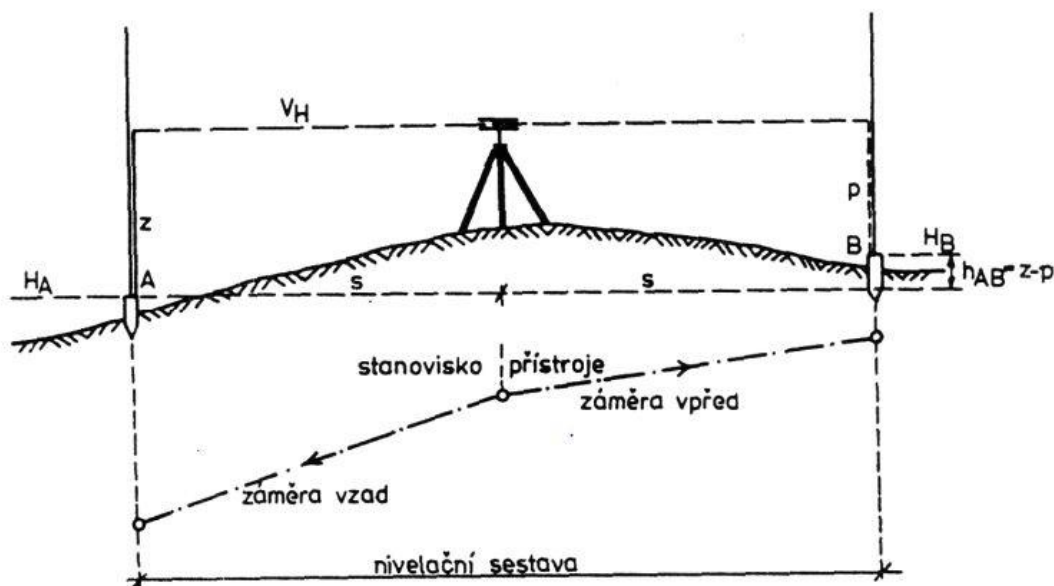
9.1.1 Přesná geometrická nivelace ze středu

Geometrická nivelace ze středu, je nejjednodušší a nejdostupnější metodou pro získávání výškových souřadnic bodů. Díky měření ze středů jsou eliminovány některé systematické chyby, uvedené v podkapitole chyby. Díky tomu tato metoda získává velmi přesné informace.

Doprostřed mezi dva určované body A a B, na které je nivelační pořad připojen a určuje se u nich převýšení, je zhorizontován nivelační přístroj s parametry pro přesnou nivelaci. Pro určení převýšení se čte hodnota na postavených latích nad bodem vzad A a vpřed B. Výsledné převýšení se vypočte jako rozdíl čtení na lati vzad a vpřed.

$$\Delta h_{AB} = H_B - H_A = \text{vzad}_A - \text{vpřed}_B \quad (9.1)$$

Měření mezi dvěma body s jedním postavením přístroje se nazývá nivelační sestava (obr.8).



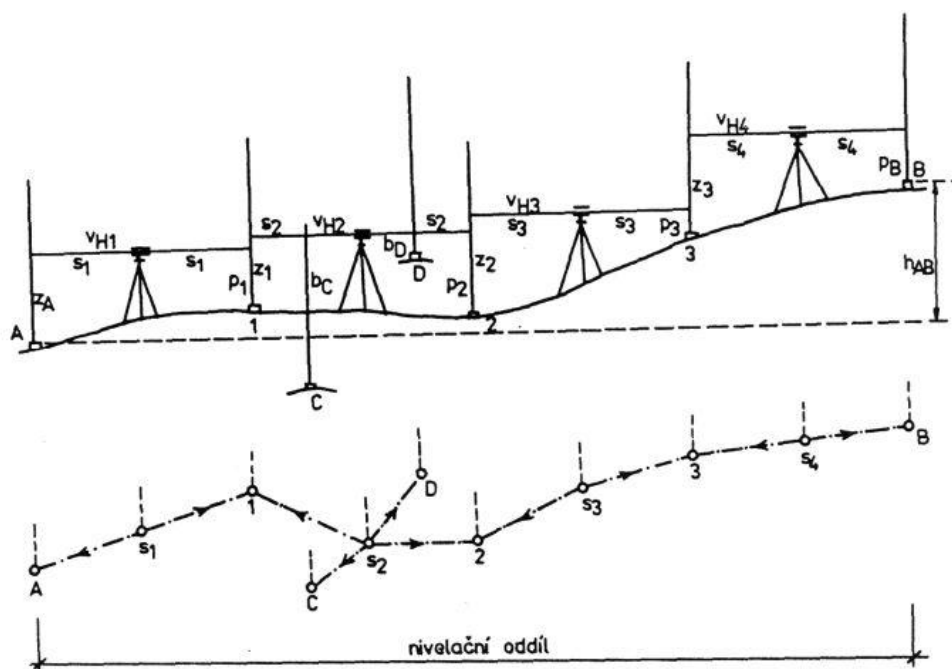
(obr.9 Schéma nivelační sestavy [10])

Je-li mezi body větší vzdálenost nebo se mezi body nachází větší převýšení či jiná překážka (jako v našem případě škola) omezující viditelnost na určované body, rozdělí se měření na několik nivelačních sestav. Pro dočasnou stabilizaci stanovisek, kde se staví lať, se použije nivelační podložka. Postupně se čte na lati vzad a vpřed

ve všech sestavách. Pro určení výšky pozorovaných bodů se měří body bočně. Výsledné převýšení mezi body A B, se vypočte jako rozdíl součtu záměr vpřed a vzad.

$$\Delta h_{AB} = H_B - H_A = \sum v_{\text{vzad}} - \sum v_{\text{vpřed}} \quad (9.2)$$

U bočně měřených bodů se místo posledního čtení vpřed vezme čtení bočně na daný bod. Takto uspořádaná soustava sestav se nazývá nivelační oddíl (obr.9).



(obr.10 Schéma nivelačního oddílu[10])

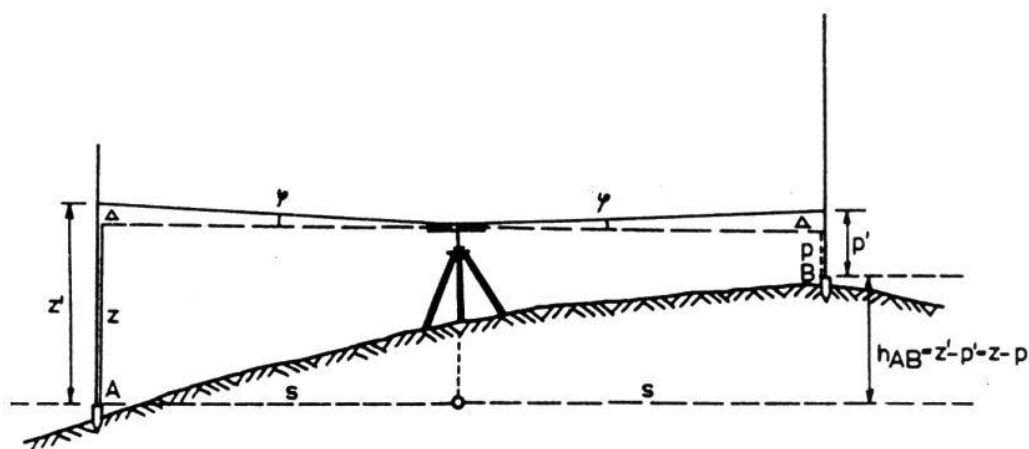
9.1.2 Chyby při PN

Nivelační práce může ovlivnit množství chyb. Pečlivým měřením celé měřické skupiny je možné se hrubým chybám a omylům vyvarovat. S měřením jsou však spojeny také chyby nevyhnutelné, které lze z velké části eliminovat správným měřickým postupem a kvalitními rektifikovanými pomůckami. Tyto chyby se dělí na náhodné a systematické.

Náhodné chyby se během měření mění a jejich velikost nelze předvídat, a ani vyloučit. Eliminovat tyto chyby je možné zvýšením počtu měření. Do těchto chyb se řadí chyby jako například chyba z přestření nebo čtení na lati.

Systematické chyby se oproti jiným chybám dají předvídat a tudíž eliminovat.

Chyba z nevdorovnosti záměrné přímky někdy také nazývaná jako chyba kolimační, je dána vertikálním úhlem mezi záměrnou přímkou a přímkou kolmo na svislici a je většinou způsobena chybou kompenzátoru. Chyba u hlavního nivelačního polygonu je eliminována rovností délky záměr vzad a vpřed. Pro eliminaci chyby u bodů určovaných bočně se vypočte úhel mezi zdánlivým a skutečným horizontem pomocí polní zkoušky přístroje (více popsán v kapitole 11.1). Stejným způsobem se také eliminuje vliv ze zakřivení země, způsobené kulovitým tvarem Země (obr.10).



(obr.11 Schéma znázorňující zdánlivý a skutečný horizont[10])

$$h_{AB} = (vzad + \Delta) - (vpřed + \Delta) = vzad - vpřed + \Delta - \Delta = vzad - vpřed \quad (9.3)$$

Vlivem svislé složky refrakce dochází k průchodu paprsku různým prostředím, které se podílí na změně směru paprsku. Velikost refrakce se odvíjí především od změny teploty v závislosti na výšce. Pro částečnou eliminaci je zapotřebí se vyvarovat záměrám blízko nad zemí a vyhýbat se měření na přímém slunci.

Chyba z nesprávné délky laťového metru se mění vlivem teplotní roztažnosti a působením vlhkosti na stupnici na lať. Při měření byla použita lať se stupnicí na invarovém pásu. Jelikož má invarový pás nízký koeficient roztažnosti, je tato chyba velmi malá, a proto je při těchto pracech zanedbávána. Další příčinou této chyby může být odsazení počátku stupnice od paty latě. Tato chyba se použitím pouze jedné latě vyloučí.

Nesvislá poloha latě ovlivňuje měření, chyba při čtení má vždy kladné znaménko, a proto se délkou oddílu chyba zvětšuje. Pro eliminaci této chyby je

součástí latě zrektifikovaná libela a podíl na ní má i pečlivost při držení latě. V případě, že je lať nakloněna do boku, měl by si této chyby všimnout měřič a figuranta srovnat do svislé roviny.

9.2 Tachymetrie

Použitá metoda tachymetrie se nazývá digitální tachymetrie, při které je jako měřický přístroj použita totální stanice s měřením bez hranolu. Díky ní se dá měřit vzdálenost přímo na fasádu i bez jakékoliv odrazné pomůcky.

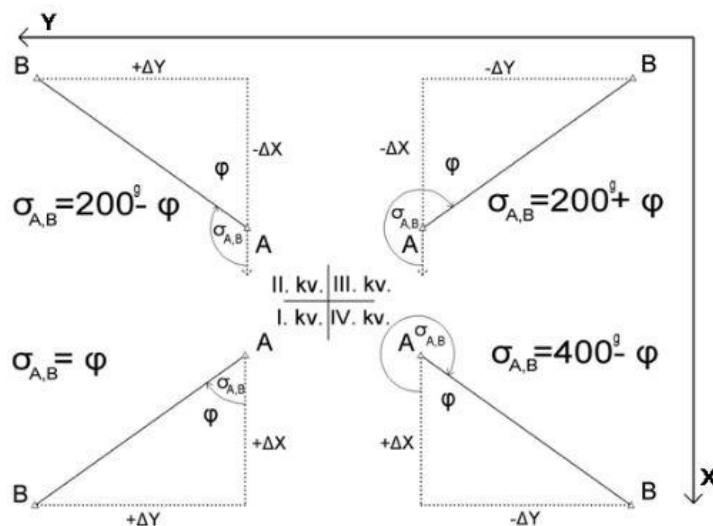
Použitá metoda začíná na stanovisku se známými souřadnicemi (určeném GNSS stanicí). Po centraci a horizontaci přístroje na stanovisku je potřeba zaměřit výšku přístroje (V_p) a zacílit na bod se známými souřadnicemi (orientace). Při metodě pevného stanoviska je postačující měřit na jednu orientaci. Po zaměření orientace se zaměří jednotlivé pozorované body na fasádě. Výsledné hodnoty z měření jsou šikmá délka značená s_i , horizontální úhel značený ω_i a zenitový úhel z_i .

Souřadnice se získají pomocí výpočtu polární metody pevného stanoviska, kdy jsou známy souřadnice orientace (X_A, Y_A, Z_A) a souřadnice stanoviska (X_B, Y_B, Z_B).

Nejprve se spočítá směrnik ze stanoviska na orientaci

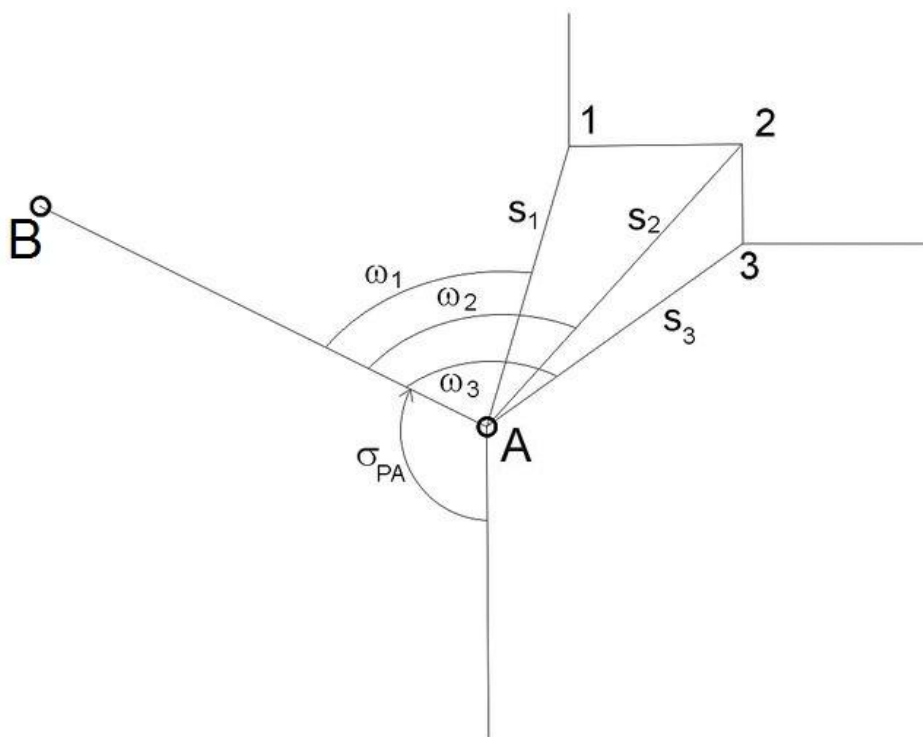
$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{|\Delta Y_{AB}|}{|\Delta X_{AB}|} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{|Y_B - Y_A|}{|X_B - X_A|} \right) \quad (9.4)$$

Do správného kvadrantu se zařadí podle znamének souřadnicových rozdílů (obr.11).



(obr.12 Zařazení směrniku do kvadrantu)

Jednotlivé směrníky se potom vypočtou podle obrázku (obr.12),



(obr.13 Schéma pro výpočet směrníků)

$$\sigma_{Ai} = \sigma_{AB} + \omega_i \quad (9.5)$$

Souřadnice podrobných bodů se pak vypočtou vztahy:

$$X_i = X_A + \cos(\sigma_{Ai}) * s_i \quad (9.6)$$

$$Y_i = Y_A + \sin(\sigma_{Ai}) * s_i \quad (9.7)$$

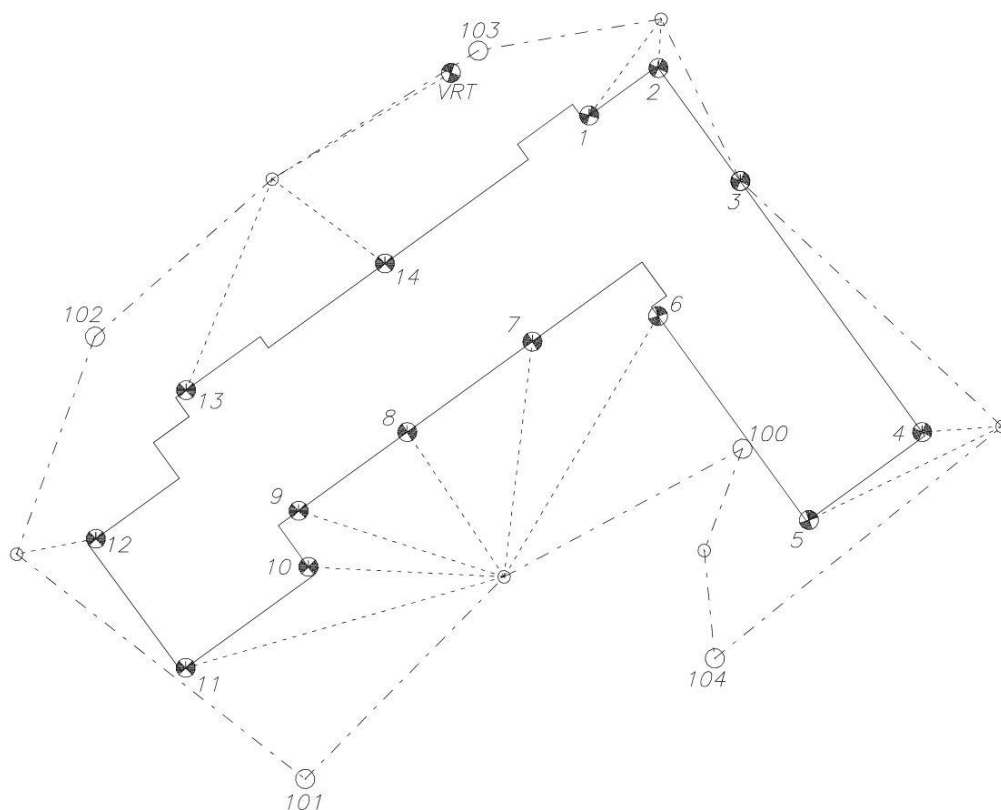
$$Z_i = Z_A + V_p + \cos(z_i) * s_i \quad (9.8)$$

10 Rekognoskace terénu a stabilizace bodů

10.1 Rekognoskace terénu

Před samotným měřením byla provedena rekognoskace terénu. Hlavním úkolem rekognoskace bylo zaměřit se na zjištění možnosti výškového připojení do systému BpV. Na Geoportálu ČUZK byly nalezeny nejbližší výškové body a z porovnání záznamu firmy SUAS o dobývaném území (obr. 1) bylo zjištěno, že veškeré body leží na poddolovaném území. Z tohoto důvodu byla v rámci rekognoskace zvolena poloha dvou pevných bodů 100 a 101, které byly umístěny za školou na pevné asfaltové ploše. Z těchto bodů se měřily relativní nadmořské výšky a posuny pozorovaných bodů. U určování pevných bodů bylo přihlíženo taky na případná zaparkovaná auta, která by při jednotlivých etapách mohla překážet měření.

Součástí rekognoskace bylo rozměření nivelačního oddílu. Oddíly tam i zpět byly vedeny přes body 100 a 101. Stanoviska pro postavení přístroje a nivelační latě byla zapamatována měřičskou skupinou.



(obr.14 Rozmístění bodů)

10.2 Stabilizace bodů

Podrobné pozorované body byly stabilizovány závěsnými oky (obr. 14), tak aby byly zaoblenou stranou vzhůru pro přesné usazení nivelační latě na bod. Oka byla usazena do fasády budovy pomocí hmoždinek a chemické kotvy (SOUDAFIX VE-SF). Body byly umístěny po celém obvodu budovy přibližně půl metru nad zemí a v rozestupech cca deseti metrů. U více problémových míst byl rozestup mezi body zmenšen.

Pevné body, od nichž se určovala relativní výška bodů, byly zastabilizovány za budovou školy na parkovišti. Pro stabilizaci byly použity ocelové hřeby s podložkou.



(obr. 15 Stabilizace bodů 1 až 6)



(obr. 16 Stabilizace bodů 7 až14)



(obr. 17 Vrt před školou)

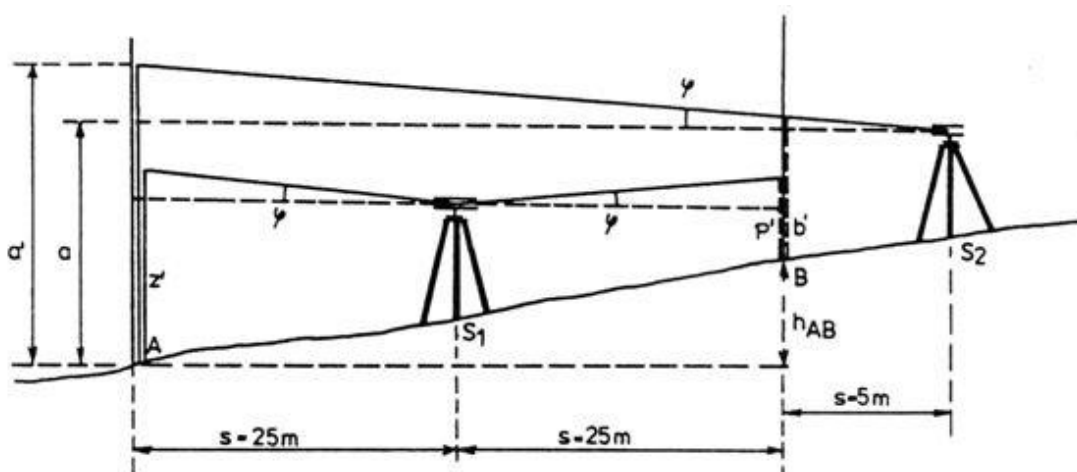
11 Postup měření

11.1 Polní zkouška

Nejprve se zaměřila stanoviška pro lať a přístroj do jedné přímky dle (obr.17). Na body A a B byly položeny nivelační podložky. Nejprve se přístroj postavil na stanoviško S1, odkud bylo měřeno čtení vpřed (na bod A) a vzad (na bod B). Díky metodě geometrické nivelace ze středu, získáme správnou hodnotu ΔH_{AB} .

Poté se přístroj postaví na stanoviško S2 (5 m za bod B). Stejným měřením jako ze středu získáme hodnotu $\Delta H_{AB}'$. Úhel náklonu φ potom získáme vztahem (11.1).

$$\varphi = \frac{\Delta H_{AB} - \Delta H_{AB}'}{2 \cdot s} \quad (11.1)$$



(obr.18 Schéma polní zkoušky nivelačního přístroje [10])

Možno zavádět početní opravy pro ne stejně dlouhé záměry. Polní zkouška byla provedena před zahájením první etapy a po ukončení měření čtvrté etapy.

11.2 Přesná nivelace

Pro měření byl použit přesný nivelační přístroj ZEISS Ni 007 (obr. 18), s pevným dřevěným stativem, dvoustupnicová invarová nivelační lať ZEISS pevná 3 metry dlouhá s dělením po 0,5 cm a nivelační podložka.



(obr.19 přístroj pro PN ZEISS KONI 007)

Název	ZEISS Ni 007
Zvětšení dalekohledu	32x
Přesnost	0,5 mm/km
Kompenzátor	± 10"
Mikrometr	10 mm
Váha	3,9 kg
Minimální zaostření	2 m

(tab.1 Informace o přístroji ZEISS NI 007)

Měření probíhalo v etapách. První měření proběhlo 25.9.2017, kolem 10 hodiny. Všechna měření probíhala stejně, začínalo se mezi pevnými stabilizovanými body 100 a 101 body a pokračovalo se v nivelačním polygonovém pořadem, kolem školy po směru hodinových ručiček a zpět až na bod 100. Na jednotlivých nivelačních sestavách se zaměřovaly podrobné pozorované body bočně. Jen pozorovaný bod číslo 3, byl používán jako bod v nivelačním oddílu. Po uzavření

polygonu se v opačném směru vedl oddíl přes body 104, 3 ,103, 102 a 101 na bod 100. Během měření zpět se opět měřily boční záměry na pozorované body. Během měření byla kontrolována konstanta latě mezi stupnicemi na lati 60650 (s tolerancí ± 5), což bylo dodržené během všech etap měření.

Datum, teplota a čas jednotlivých etap měření jsou uvedeny v tabulce.

Etapa	Datum	Teplota	Čas
1.	25.9.2017	12°	10:00
2.	7.11.2017	5°	10:00
3.	7.12.2017	0°	10:00
4.	7.2.2017	-3°	10:00

(tab.2 informace o etapách měření)

11.3 Tachymetrie

Měření deformace a náklonu budovy, bylo měřeno metodou tachymetrie. Pro měření byla použita totální stanice PENTAX W1505-N. Stanoviska byla určena GNSS stanicí. Orientace byly měřeny na odrazný hranol. Pozorované body byly určeny na fasádě těsně nad okny a byly měřené bez hranolu.



(obr.20 Totální stanice PENTAX W1505-N)

Název	PENTAX W1505-N
Zvětšení dalekohledu	30x
Rozlišení dalekohledu	3'
Přesnost měření délek (na hranol)	2mm + 2ppm
Přesnost měření délek (bez hranolu)	5mm + 2ppm
Minimální čtení úhlů	1"
Směrodatná odchylka měření směru (v obou polohách)	5" (1,5 mgon)
Rozsah kompenzátoru	±3'
Váha	5,4 kg

(tab.3 Informace o totální stanici PENTAX W1505-N)

Nejdříve byly zaměřeny kraje měřených stěn pro získání základní roviny. Poté byla zaměřená fasáda těsně nad okny v přízemí, u kterých se později určuje výšková deformace od nejnižšího bodu, a následně jsme zaměřovali body na fasádě nad nejvyššími okny a nad krajními okny a oknem uprostřed, cílem bylo získání informací o náklonu budovy (po porovnání s přízemím).

12 Výpočty a výsledky

12.1 Přesná nivelace

12.1.1 Kontrola vodorovnosti záměry

Pro kontrolu byla provedena polní zkouška před započítáním etapového měření a po něm.

Datum	ΔH_{AB} [m]	$\Delta H_{AB}'$ [m]	Δ [m]	s [m]	ϕ [g]
3.4.2018	0,05427	0,05400	0,00027	25	0,0034
25.9.2017	0,02445	0,02450	-0,00005	25	-0,0007

(tab.4 Výsledky polní zkoušky)

Polní zkouškou byla zjištěna na správnost kompenzátoru nivelačního přístroje ZEISS NI 007. Z důvodu malé odchylky se do bočních záměr nezavádějí chyby z nevodnorodné záměry.

12.1.2 Hodnocení přesnosti měření z opakování

V následujících podkapitolách jsou vypočítány směrodatné odchylky (l = měření, s = sestava, O = oddíl, km = kilometrová).

Při měření se zaměřilo 20x, na jeden bod vzdálený 10 m. Mezi každým měřením se sundala lať z nivelační podložky a rozkoincidoval přístroj.

Opravy jednotlivých čtení jsou vypočteny rozdílem od průměru.

$$v = l - \bar{l} \quad (12.1)$$

Kde \bar{l} je průměrná měřená hodnota.

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n} \quad (12.2)$$

Výběrová směrodatná odchylka jednoho měření S_l .

$$S_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \quad (12.3)$$

Takto se vypočte směrodatná odchylka čtení na lati. Směrodatná odchylka 20 m dlouhé sestavy se vypočte vztahem:

$$S_s = S_l \cdot \sqrt{2} \quad (12.4)$$

Zákonem o hromadění směrodatných odchylek získáme kilometrovou směrodatnou odchylku:

$$S_{km} = S_s \cdot \sqrt{50} \quad (12.5)$$

	l_1	l_2	$l_2 - 60650$	l	l [mm]	v [mm]
1	30459	91109	30459	30459,0	1522,95	-0,10
2	30461	91111	30461	30461,0	1523,05	0,00
3	30462	91112	30462	30462,0	1523,10	0,05
4	30461	91113	30463	30462,0	1523,10	0,05
5	30462	91111	30461	30461,5	1523,08	0,03
6	30460	91112	30462	30461,0	1523,05	0,00
7	30460	91110	30460	30460,0	1523,00	-0,05
8	30459	91111	30461	30460,0	1523,00	-0,05
9	30463	91112	30462	30462,5	1523,13	0,08
10	30461	91113	30463	30462,0	1523,10	0,05
11	30460	91111	30461	30460,5	1523,03	-0,02
12	30462	91112	30462	30462,0	1523,10	0,05
13	30459	91110	30460	30459,5	1522,98	-0,07
14	30460	91113	30463	30461,5	1523,08	0,03
15	30461	91112	30462	30461,5	1523,08	0,03
16	30460	91111	30461	30460,5	1523,03	-0,02
17	30460	91109	30459	30459,5	1522,98	-0,07
18	30461	91112	30462	30461,5	1523,08	0,03
19	30460	91112	30462	30461,0	1523,05	0,00
20	30459	91111	30461	30460,0	1523,00	-0,05
\bar{l}				30460,93	1523,05	0,05

(tab.5 Hodnoty opakovaného měření)

$$S_l = 0,05 \text{ mm}$$

$$S_s = 0,07 \text{ mm}$$

$$S_{km} = 0,50 \text{ mm/km}$$

Tento typ hodnocení není příliš spolehlivý, neboť nezahrnuje mnohé vnější vlivy, bývá nazýván jako vnitřní přesnost [3].

12.1.3 Určení přesnosti z protisměrných měření

Přesnost z měření tam a zpět, rozdíl měření má charakter skutečné chyby a ze všech r rozdílů. Při našem měření vznikla tři různá protisměrná měření. První přímé měření mezi body 100 a 101, další mezi body 100 a 101 okolo školní budovy (přes 5 nivelačních sestav), poslední protisměrné měření vzniklo z uzávěru nivelačního polygonu (přes 6 nivelačních sestav). Vzniklo tak 12 dvojic měření (r).

Výběrová směrodatná odchylka rozdílu $S_{\Delta l}$.

$$S_{\Delta l} = \sqrt{\frac{[\Delta l \cdot \Delta l]}{r}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^r \Delta l_i^2}{r}} \quad (12.6)$$

kde r je počet rozdílů měření a Δl rozdíl měření.

Směrodatná výběrová odchylka jednoho měření S_l .

$$S_l = \frac{S_{\Delta l}}{\sqrt{2}} \quad (12.7)$$

	Tam			Zpět		
	$l_{100-101}(1)$	$l_{101-100}(5)$	U [mm]	$l_{100-101}(5)$	$l_{101-100}(1)$	U [mm]
Etapa 1	0,61058	-0,61200	-1,42	0,61198	-0,61098	1,00
Etapa 2	0,62445	-0,62465	-0,20	0,62437	-0,62430	0,07
Etapa 3	0,63043	-0,62977	0,65	0,63065	-0,62995	0,70
Etapa 4	0,63705	-0,63712	-0,07	0,63745	-0,63698	0,48

(tab.6 Hodnoty protisměrného měření a uzávěrů)

Přesnost jedné sestavy:

	Δl [mm]
1.et_(1)	-0,40
2.et_(1)	0,15
3.et_(1)	0,48
4.et_(1)	0,07

(tab.7 Rozdíly protisměrně měřené jedné sestavy)

$$r = 4$$

$$S_{\Delta S} = 0,32 \text{ mm}$$

$$S_S = 0,23 \text{ mm}$$

Takto dlouhá sestava se vejde do kilometru přibližně 20krát.

$$S_{km} = S_S \cdot \sqrt{20} = 1,02 \text{ mm} \quad (12.8)$$

Přesnost oddílu:

	Δl [mm]	R [km]
1.et_(5)	-0,02	0,192
2.et_(5)	-0,28	0,192
3.et_(5)	0,88	0,192
4.et_(5)	0,33	0,192
1.et_(1)	-0,40	0,044
2.et_(1)	0,15	0,044
3.et_(1)	0,48	0,044
4.et_(1)	0,07	0,044
1.et_U(6)	-0,42	0,236
2.et_U(6)	-0,13	0,236

3.et_U(6)	1,35	0,236
4.et_U(6)	0,40	0,236

(tab8 Rozdíly protisměrných měření)

$$r = 12$$

$$S_{\Delta O} = 0,54 \text{ mm}$$

$$S_O = 0,38 \text{ mm}$$

Kilometrová směrodatná odchylka se pak vypočte pomocí průměrné délky oddílu R (0,157 km) [3].

$$S_{km} = \frac{S_{\Delta O}}{2} * \sqrt{\frac{1}{R_{[km]}}} = 0,68 \text{ mm} \quad (12.9)$$

Kilometrová směrodatná odchylka dle ČSNS se vypočte:

$$S_{km} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{r} \cdot \sum_{i=1}^r \frac{[\Delta l \cdot \Delta l]}{R}} = 0,70 \text{ mm} \quad (12.10)$$

12.1.4 Dosažená přesnost z výškových uzávěrů

Aplikací zákona hromadění směrodatných odchylek:

$$S_{Uh} = \sqrt{Sl_{100,101} + Sl_{101,102} + Sl_{102,103} + Sl_{103,3} + Sl_{3,104} + Sl_{104,100}} \quad (12.11)$$

kde:

$$Sl_{100,101} = Sl_{101,102} = Sl_{102,103} = Sl_{103,3} = Sl_{3,104} = Sl_{104,100} = S_S = 0,23 \text{ mm}$$

$$S_{Uh} = S_S \cdot \sqrt{6} = 0,56 \text{ mm}$$

Testování takto získané přesnosti:

$$M_{Uh} = u_p \cdot S_{Uh} = 1,11 \text{ mm} \quad (12.12)$$

kde:

u_p ... je koeficient spolehlivosti (pro 95% volíme $u_p = 2$)

Výběrová směrodatná odchylka z přímo měřených uzávěrů se vypočte:

$$S_{Uh} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n u^2}{n-1}} \quad (12.13)$$

kde:

n ... je počet nivelačních uzávěrů ($n = 8$)

u ... je velikost výškového uzávěru

Směr	Etapa	u [mm]
Tam	1	-1,42
	2	-0,20
	3	0,65
	4	-0,07
Zpět	1	1,00
	2	0,07
	3	0,70
	4	0,48

(tab.9 Přehled uzávěrů)

$$S_{Uh} = 0,78 \text{ mm}$$

Výběrová směrodatná odchylka jedné sestavy [3]:

$$S_s = \frac{S_{Uh}}{\sqrt{6}} = 0,32 \text{ mm} \quad (12.14)$$

$$S_{km} = S_{Uh} \cdot \sqrt{4} = 1,55 \text{ mm} \quad (12.15)$$

Způsob určení	S_{km} [mm]	S_s [mm]	S_o [mm]
Od výrobce	0,50	---	---
Z opakování	0,50	0,07	---
Z protisměrných měření dle ČSNS	0,70	---	---
Z protisměrného měření oddílů	0,68	---	0,38
Z protisměrného měření sestavy	1,02	0,23	0,56
Z uzávěru	1,55	0,32	0,78

(tab.10 Směrodatné odchylky)

Délky sestav a oddílů v tabulce nejsou u každého způsobu určení shodné.

12.1.5 Mezní hodnoty

Stabilitu vztažných bodů je možno mezi jednotlivými etapami posuzovat pomocí mezního rozdílu.

$$\Delta_M = \sqrt{2} \cdot u_p \cdot S_h \cdot \sqrt{n} \quad (12.16)$$

kde:

u_p . . . koeficient spolehlivosti (pro 95% $u_p = 2$)

S_h . . . směrodatná odchylka převýšení určeného v jedné nivelační sestavě

Určeno v kapitole 12.1.2 u přímého měření převýšení 100 a 101. ($S_h = 0,23 \text{ mm}$)

n . . . počet nivelačních sestav ($n = 6$)

$$\Delta_M = 1,58 \text{ mm}$$

Etapa	$posun < \Delta_M$	
	posun [mm]	Stabilita
1	0,00	
2	13,06	NE
3	18,82	NE
4	25,77	NE

(tab.11 Kontrola stability mezi body 100 a 101)

Přesnost měření se ověřuje pomocí mezního rozdílu mezi měřeními tam a zpět Δ_{Mh} . Jestli že přesnost jedné sestavy je 0,23 mm, pak přesnost měření jedním směrem je:

$$S_{h0} = S_h \cdot \sqrt{2} = 0,32 \text{ mm} \quad (12.17)$$

Mezní rozdíly mezi měřeními tam a zpět se vypočtou:

$$\Delta_{Mh} = \sqrt{2} \cdot u_p \cdot S_{h0} \cdot \sqrt{n} \quad (12.18)$$

kde n je 5 pro měření kolem školy a 1 pro přímé měření mezi body 100 a 101.

$$\Delta_{Mh}(1) = 0,91 \text{ mm}$$

$$\Delta_{Mh}(5) = 2,03 \text{ mm}$$

Etapa	porovnání			
	$\Delta(1)$ [mm]	$\Delta < \Delta_{Mh(1)}$	$\Delta(5)$ [mm]	$\Delta < \Delta_{Mh(5)}$
1	-0,40	ANO	-0,02	ANO
2	0,15	ANO	-0,28	ANO
3	0,48	ANO	0,88	ANO
4	0,07	ANO	0,33	ANO

(tab.12 Kontrola protisměrného měření)

Pro hodnocení uzávěru, se hodnotí mezní odchylky uzávěru U_M [8].

$$U_{M1} = u_p \cdot \frac{S_{h0}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{n} = u_p \cdot S_h \cdot \sqrt{n} = 1,11 \text{ mm} \quad (12.19)$$

Dalším způsobem pro kontrolu uzávěrů PN (3. řád) se vypočte vztahem:

$$U_{M2} = 3 \cdot \sqrt{R_{[km]}} = 3 \cdot \sqrt{0,236} = 1,46 \text{ mm} \quad (12.20)$$

Směr	Etapa	U [mm]	$U \leq U_{M1}(M_{Uh})$	$U \leq U_{M2}$
Tam	1	-1,42	NE	ANO
	2	-0,20	ANO	ANO
	3	0,65	ANO	ANO
	4	-0,07	ANO	ANO
Zpět	1	1,00	ANO	ANO
	2	0,07	ANO	ANO
	3	0,70	ANO	ANO
	4	0,48	ANO	ANO

(tab.13 Kontrola uzávěrů)

Mezní odchylka pro prokázání posunu se vypočte:

$$\Delta_{Mp} = u_p \cdot \sqrt{2} \cdot S_h = 0,64 \text{ mm} \quad (12.21)$$

Jestli-že platí $\Delta_{Mp} < \Delta h_p$, potom je posun prokázáný s rizikem 5%.

12.1.6 Výsledky

Výpočty nivelace probíhaly v nivelačním zápisníku. V terénu se kontrolovala konstanta mezi stupnicemi (60650). Měření posunů by mělo být připojeno minimálně na 3 pevné body. Měření kolem školy však bylo připojeno bohužel pouze na dva body, což jsem nemohl ovlivnit z důvodu mé nepřítomnosti v samotném úvodu měření. Během měření byla zjištěna nestálost připojovacích bodů, což bylo s největší pravděpodobností způsobeno promrznutím jílovité půdy pod silnicí u bodu 101. Z tohoto důvodu vznikly dva možné výsledky, přičemž jako správný je brán posun připojení na bod 100.

Zápisník pro přesnou nivelaci

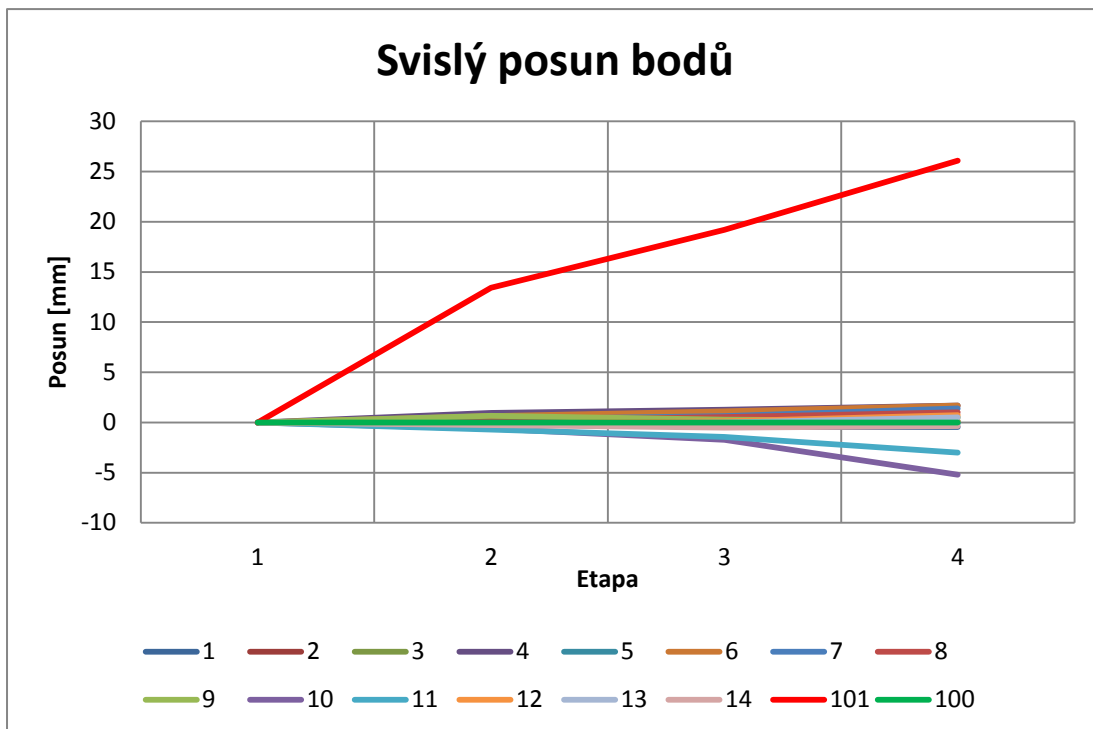
+ Převýšení z I. stupnice m	Čtení na laťi vzad		+ Převýšení z II. stupnice m	- Převýšení z I. stupnice m	Čtení na laťi vpřed		- Převýšení z II. stupnice m	Délka záměr m	Číslo látě 18	Srovnání místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky laťového metru.	Datum, čas, teplota, počasí, aj.
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice					
										Práncs	I. tam
100	4 0 1 1 5	10 0 7 6 1	-4					22		Z = 100,000000	
		60646		6	3 4 3 4 9	9 5 0 0 0	1	24	BOD 6	Δ1 = 0,2880500 Δ2 = 0,2883000 Z = 100,2881750	
				7	3 1 7 8 7	9 2 4 3 5	-2	20	BOD 7	Δ1 = 0,4163000 Δ2 = 0,4164000 Z = 100,4163500	
				8	3 0 2 4 1	9 0 8 8 9	-2	15	BOD 8	Δ1 = 0,4936000 Δ2 = 0,4937000 Z = 100,4936500	
				9	3 4 5 2 4	9 5 1 7 4	0	19	BOD 9	Δ1 = 0,2793500 Δ2 = 0,2795500 Z = 100,2794500	
				10	3 2 5 3 2	9 3 1 8 4	2	16	BOD 10	Δ1 = 0,3788500 Δ2 = 0,3791500 Z = 100,3790000	
				11	2 9 7 0 0	9 0 3 5 0	0	26	BOD 11	Δ1 = 0,5205500 Δ2 = 0,5207500 Z = 100,5206500	
				101	2 7 9 0 2	8 8 5 5 1	-1	22	101	Δ1 = 0,6105000 Δ2 = 0,6106500 Z = 100,6108125	
101	2 7 6 5 1	8 8 3 0 0	-1					22	101	Z = 100,6108125	
		60649			5 2 7 1 1	11 3 3 6 2	1	23	102	Δ1 = -1,2531000 Δ2 = -1,2530000 Z = 99,3580000	
						60651					

(obr.21 Ukázka nivelačního zápisníku)

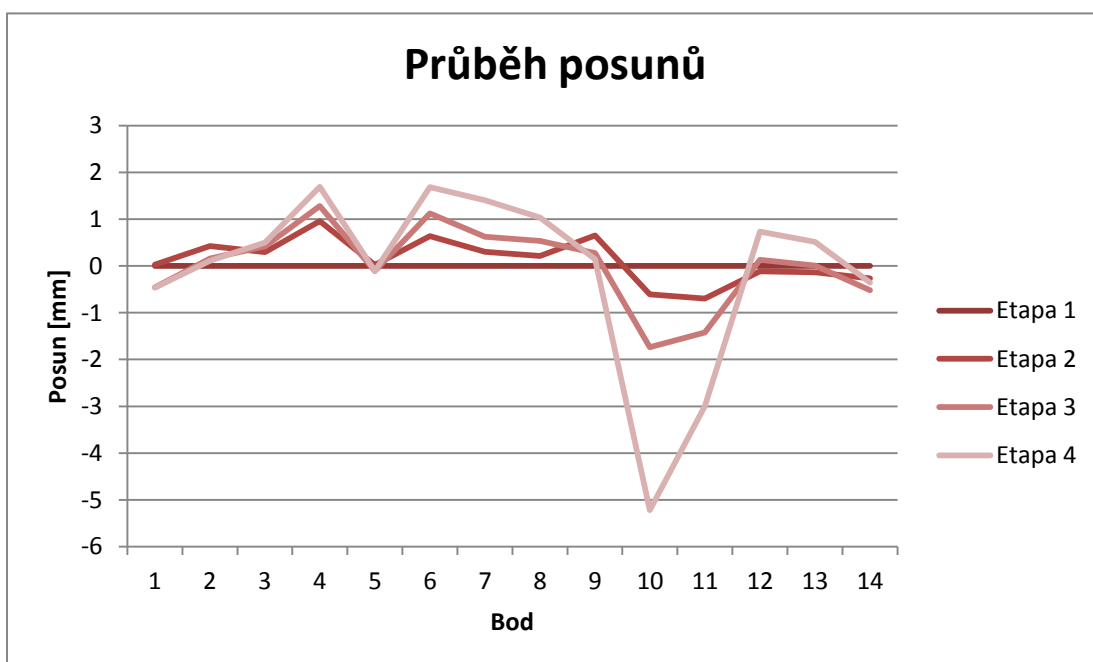
Výsledky měření z bodu 100.

Bod	Etapa 2		Etapa 3		Etapa 4	
	Posun [mm]	Prokázání posunu	Posun [mm]	Prokázání posunu	Posun [mm]	Prokázání posunu
1	0,03	NE	-0,46	NE	-0,46	NE
2	0,43	NE	0,16	NE	0,11	NE
3	0,29	NE	0,42	NE	0,50	NE
4	0,96	ANO	1,28	ANO	1,69	ANO
5	0,02	NE	-0,11	NE	-0,11	NE
6	0,64	NE	1,13	ANO	1,68	ANO
7	0,30	NE	0,62	NE	1,41	ANO
8	0,21	NE	0,54	NE	1,03	ANO
9	0,65	ANO	0,28	NE	0,14	NE
10	-0,61	NE	-1,74	ANO	-5,22	ANO
11	-0,70	ANO	-1,42	ANO	-2,99	ANO
12	-0,11	NE	0,13	NE	0,73	ANO
13	-0,14	NE	0,00	NE	0,51	NE
14	-0,26	NE	-0,52	NE	-0,36	NE

(tab.14 Výsledky posunů připojených na bod 100)



(obr.22 Graf porovnání posunů připojených na bod 100)

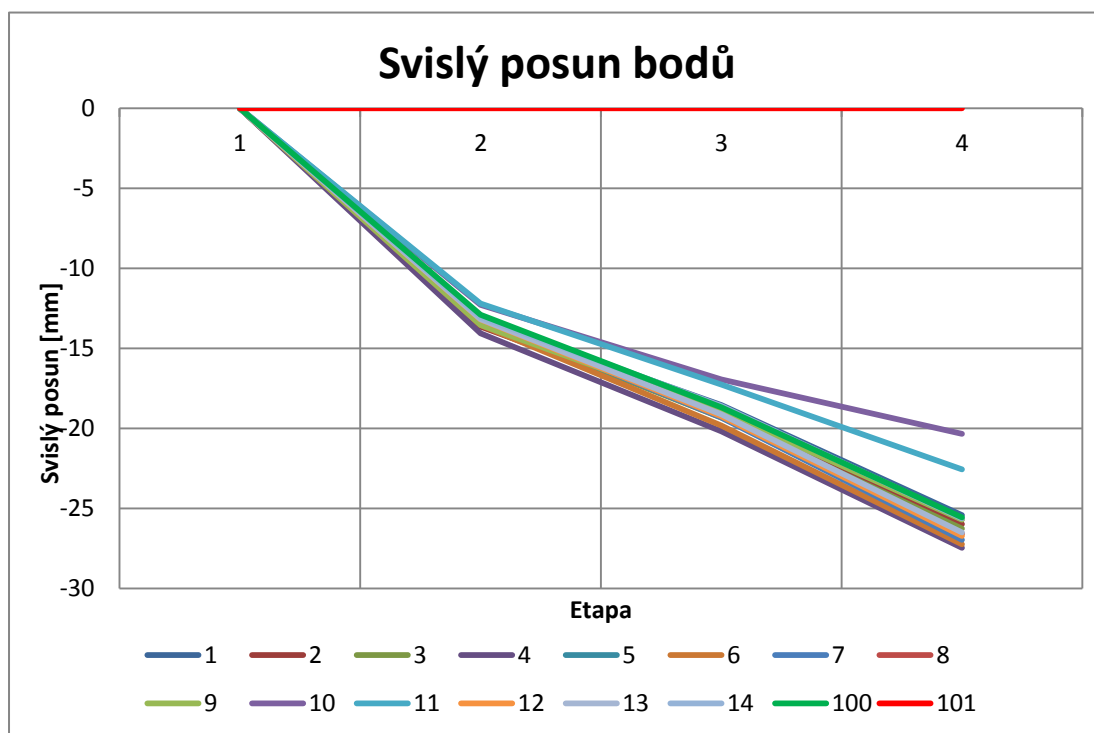


(obr.23 Graf porovnání etap připojených na bod 100)

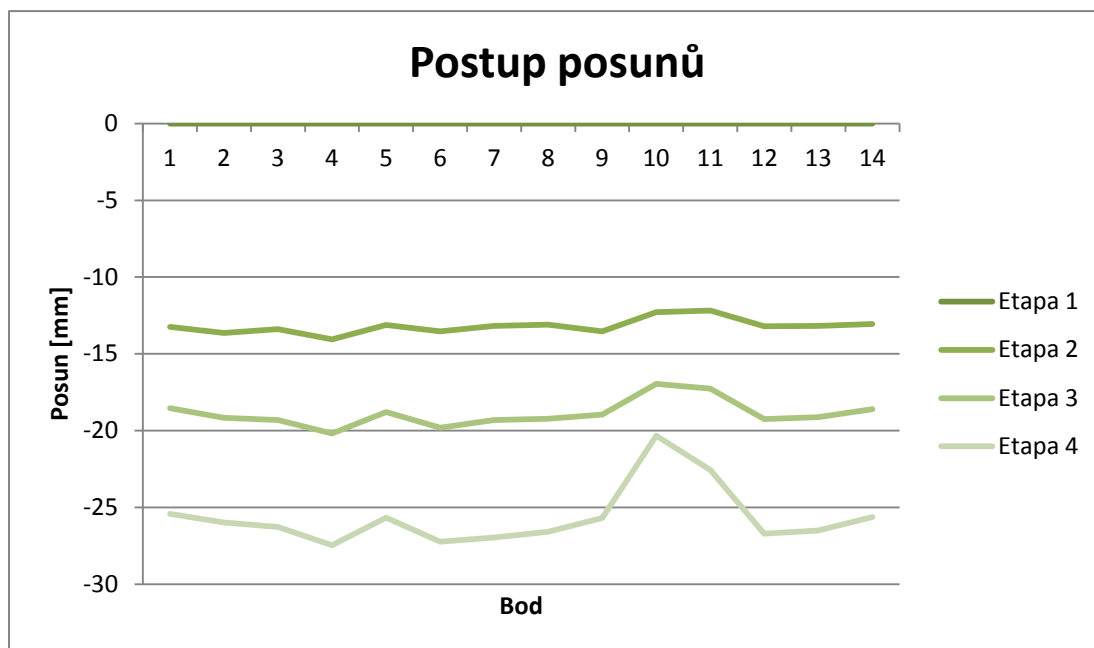
Výsledky měření z bodu 101.

Bod	Etapa 2		Etapa 3		Etapa 4	
	Posun [mm]	Prokázání posunu	Posun [mm]	Prokázání posunu	Posun [mm]	Prokázání posunu
1	-13,23	ANO	-18,54	ANO	-25,41	ANO
2	-13,63	ANO	-19,16	ANO	-25,98	ANO
3	-13,39	ANO	-19,31	ANO	-26,26	ANO
4	-14,06	ANO	-20,17	ANO	-27,45	ANO
5	-13,12	ANO	-18,79	ANO	-25,65	ANO
6	-13,53	ANO	-19,81	ANO	-27,23	ANO
7	-13,19	ANO	-19,31	ANO	-26,95	ANO
8	-13,10	ANO	-19,22	ANO	-26,58	ANO
9	-13,54	ANO	-18,96	ANO	-25,69	ANO
10	-12,28	ANO	-16,94	ANO	-20,33	ANO
11	-12,19	ANO	-17,26	ANO	-22,55	ANO
12	-13,20	ANO	-19,24	ANO	-26,71	ANO
13	-13,17	ANO	-19,11	ANO	-26,49	ANO
14	-13,05	ANO	-18,59	ANO	-25,62	ANO

(tab.15 Výsledky posunů připojených na bod 101)



(obr.24 Graf porovnání posunů připojených na bod 101)



(obr.25 Graf porovnání etap připojených na bod 101)

Jako správný výsledky a hodnoty které společnost sokolovská úhelná odevzdala, pro další zpracování, jsou výsledky připojené na bod 100.

12.2 Tachymetrie

12.2.1 Uliční fasáda

Podrobný postup výpočtu je popsán v kapitole 9.2.

Číslo b.	Y [m]	X [m]	Z [m]	popis
1001	859771,471	1012073,135	424,474	Stanovisko
1002	859799,719	1012094,416	425,146	Orientace

(tab.16 Připojovací body - čelní strana)

Směrník.

$$\sigma_{1001,1002} = 58,8966^g$$

Zápisník prvního měření:

(Sloupec popisu označuje využití při výpočtu)

1. Měření						
Č.B.	sd [m]	Vc [m]	ϕ [g]	z [g]	σ [g]	popis
1002	35,348	0,000	58,8966	101,9731	58,8966	Orientace
1003	29,138	0,000	326,1107	99,0609	326,1107	Budova
1004	26,984	0,000	384,6872	98,1446	384,6872	Budova
1	28,401	0,000	329,2032	97,6358	329,2032	Deformace
2	27,241	0,000	334,7539	97,5512	334,7539	Deformace

3	26,335	0,000	340,7015	97,4624	340,7015	Deformace
4	25,643	0,000	347,1027	97,3803	347,1027	Deformace
5	25,213	0,000	353,7210	97,3181	353,7210	Deformace
6	25,080	0,000	360,6543	97,2636	360,6543	Deformace
7	25,254	0,000	367,4361	97,2228	367,4361	Deformace
8	25,698	0,000	374,1293	97,2105	374,1293	Deformace
9	26,405	0,000	380,5809	97,2221	380,5809	Deformace
91	26,361	0,000	380,5811	97,1523	380,5811	Náklon
92	29,401	0,000	380,5806	70,4022	380,5806	Náklon
51	25,191	0,000	353,7186	97,1760	353,7186	Náklon
52	28,306	0,000	353,7213	69,3277	353,7213	Náklon
11	28,364	0,000	329,2106	97,5533	329,2106	Náklon
12	31,169	0,000	329,2093	72,1409	329,2093	Náklon

(tab.17 1. Zápisník měření tachymetrie - čelní strana)

Zápisník druhého měření:

2. Měření						
Č.B.	sd [m]	Vc [m]	φ [g]	z [g]	σ [g]	popis
1002	35,375	1,700	0,0000	98,6775	58,8966	Orientace
1003	28,932	0,000	268,0074	98,7910	326,9040	Budova
1004	26,764	0,000	324,3676	97,0312	383,2642	Budova
1	28,386	0,000	270,3210	97,3340	329,2176	Deformace
2	27,142	0,000	275,8654	97,2380	334,7620	Deformace
3	26,319	0,000	281,8207	97,1339	340,7173	Deformace
4	25,628	0,000	288,2235	97,0454	347,1201	Deformace
5	25,202	0,000	294,8404	96,9744	353,7370	Deformace
6	25,071	0,000	301,7750	96,9197	360,6716	Deformace
7	25,146	0,000	308,5562	96,8830	367,4528	Deformace
8	25,673	0,000	315,2540	96,8781	374,1506	Deformace
9	26,383	0,000	321,7077	96,8969	380,6043	Deformace
91	26,383	0,000	321,7077	96,8969	380,6043	Náklon
9	29,439	0,000	321,7235	70,2343	380,6201	Náklon
51	25,202	0,000	294,8404	96,9744	353,7370	Náklon
5	28,334	0,000	295,0052	69,1633	353,9018	Náklon
11	28,386	0,000	270,3210	97,3340	329,2176	Náklon
1	31,071	0,000	270,7691	72,0676	329,6657	Náklon

(tab.18 2. Zápisník měření tachymetrie - čelní strana)

Měřené body na uliční straně fasády:



(obr.26 Měřené body na čelní straně)

Měření proběhlo 2x. Pro zjištění deformace budovy stačilo získat výškové souřadnice bodů 1-9. Deformace se pak počítala od nejnižšího bodu. Přesnost se určila, aplikací zákona o hromadění směrodatných odchylek:

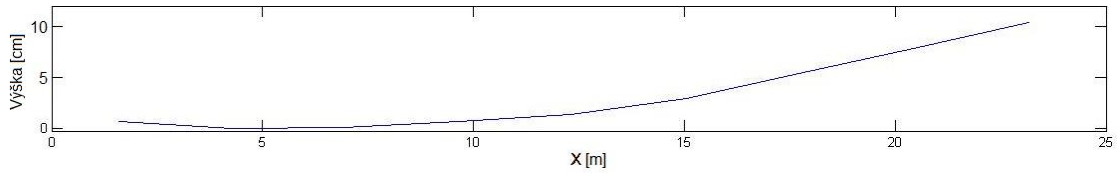
$$S_{sdi} = 5\text{mm} + 2\text{ppm} = 5 + 2 \cdot sd_i^{[km]} \quad (12.22)$$

$$S_z = 5'' \cdot \sqrt{2} = 0,0015^g \cdot \sqrt{2} \quad (12.23)$$

$$S_{\Delta zi} = \sqrt{(\cos(z_i)^2 \cdot \sigma_{sdi}^2) + (\sin(z_i)^2 \cdot sd_i^2 \cdot \frac{\sigma_z^2}{\rho^2})} \quad (12.24)$$

Č.B.	Z ₁ [m]	Z ₂ [m]	ΔZ ₁ [m]	ΔZ ₂ [m]	ΔZ [m]	S _{ΔZ} [mm]
1	427,288	427,292	0,007	0,011	0,009	1,00
2	427,282	427,281	0,000	0,000	0,000	0,96
3	427,283	427,288	0,002	0,007	0,005	0,93
4	427,289	427,293	0,007	0,012	0,010	0,91
5	427,296	427,301	0,014	0,020	0,017	0,90
6	427,312	427,317	0,030	0,035	0,033	0,89
7	427,335	427,335	0,054	0,054	0,054	0,90
8	427,360	427,362	0,078	0,081	0,080	0,91
9	427,386	427,389	0,104	0,108	0,106	0,94

(tab.19 Výsledky deformace čelní strany)



(obr.27 Grafické znázornění deformace budovy čelní strany)

Č.B.	Y ₁ [m]	X ₁ [m]	Y ₂ [m]	X ₂ [m]
1003	859744,752	1012084,752	859745,089	1012084,999
1	859746,060	1012085,688	859746,045	1012085,699
11	859746,159	1012085,639	859746,342	1012085,773
5	859754,745	1012091,939	859754,746	1012091,949
51	859754,800	1012091,878	859754,860	1012091,918
9	859763,562	1012098,254	859763,566	1012098,273
91	859763,578	1012098,202	859763,594	1012098,206
1004	859765,045	1012099,331	859764,523	1012098,951

(tab.20 Výsledky náklonu v souřadnicích - čelní strana)

Kolmice od roviny budovy se vypočtou vztahem:

$$k_i = vd_i \cdot \sin(\omega_i) \quad (12.25)$$

kde: $vd...$ je vodorovná vzdálenost vypočtena ze souřadnic na podrobné body.

$\omega...$ je rozdíl směrniců $\sigma_{2003,i}$ a $\sigma_{2003,2004}$.

$$k_i = \sqrt{(Y_i - Y_{2003})^2 + (X_i - X_{2003})^2} \cdot \sin\left(\tan^{-1}\left|\frac{Y_i - Y_A}{X_i - X_A}\right| - \tan^{-1}\left|\frac{Y_{2004} - Y_{2003}}{X_{2004} - X_{2003}}\right|\right) \quad (12.26)$$

Náklon budovy se vypočte ze souřadnic Y a X, jako rozdíl kolmic od roviny budovy, která je dána body 1003 a 1004. Přesnost určení náklonu se určí, aplikací zákona o hromadění směrodatných odchylek:

$$S_{Y_i} = \sqrt{\sin(\sigma_i)^2 \cdot \sin(z_i)^2 \cdot S_{sdi}^2 + \sin(\sigma_i)^2 \cdot \cos(z_i)^2 \cdot sd_i^2 \cdot S_z^2} \quad (12.27)$$

$$S_{X_i} = \sqrt{\cos(\sigma_i)^2 \cdot \sin(z_i)^2 \cdot S_{sdi}^2 + \cos(\sigma_i)^2 \cdot \cos(z_i)^2 \cdot sd_i^2 \cdot S_z^2} \quad (12.28)$$

$$S_{k_i} = \sqrt{\left(\frac{\partial k_i}{\partial Y_{2003}}\right)^2 \cdot S_{Y_{2003}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial X_{2003}}\right)^2 \cdot S_{X_{2003}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial Y_{2004}}\right)^2 \cdot S_{Y_{2004}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial X_{2004}}\right)^2 \cdot S_{X_{2004}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial Y_i}\right)^2 \cdot S_{Y_i}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial X_i}\right)^2 \cdot S_{X_i}^2} \quad (12.29)$$

$$S_{\Delta k_i} = \sqrt{S_{k_{horní}}^2 + S_{k_{dolní}}^2} \quad (12.30)$$

Mezní odchylka pro prokázání náklonu se vypočte:

$$M_{ki} = u_p \cdot S_{\Delta k_i} \quad (12.31)$$

Jestli-že platí $M_{ki} < \Delta k$, potom je posun prokázáný s rizikem 5%.

C.B.	S _Y [mm]	S _X [mm]	S _k [mm]	S _{Δk} [mm]	M _k [mm]
2003	4,64	2,02	---	---	---
1	1,52	4,81	5,49	7,57	15,14
11	1,36	4,33	5,21		
6	3,35	3,77	4,44	6,07	12,14
61	2,99	3,37	4,13		
11	4,53	2,24	4,37	6,04	12,08
111	4,13	2,04	4,17		
2004	1,20	4,91	---	---	---

(tab.21 Rozbor přesnosti náklonu - čelní strana)

Č.B.	vd ₁ [m]	ω ₁ [g]	vd ₂ [m]	ω ₂ [g]	k ₁ [m]	k ₂ [m]	k [m]	Δk [m]
1	1,608	0,1026	1,184	399,3859	0,002	-0,011	-0,005	0,000
11	1,662	3,8646	1,473	4,4126	0,101	0,102	0,102	0,107
5	12,308	399,9702	11,897	399,9244	-0,006	-0,014	-0,010	0,000
51	12,318	0,3911	11,973	0,4130	0,076	0,078	0,077	0,087
9	23,154	0,0254	22,751	399,9796	0,009	-0,007	0,001	0,000
91	23,137	0,1690	22,735	0,1777	0,061	0,063	0,062	0,061

(tab.22 Výsledky náklonu čelní strany)

Výška mezi spodními a horními body je 12 m. Náklon budovy v grádech je:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta k}{\Delta h} \right) \quad (12.32)$$

Body	Δk [m]	Δk > M _k	Δh [m]	α [g]
1-11	0,107	ANO	12	0,5676
5-51	0,087	ANO	12	0,4615
9-91	0,061	ANO	12	0,3236

(tab.23 Výsledky náklonu čelní strany - souhrn)

12.2.2 Dvorní fasáda

Podrobný postup výpočtu je popsán v kapitole 9.2.

Číslo b.	Y [m]	X [m]	Z [m]	popis
2001	859741,648	1012116,053	426,406	Stanovisko
2002	859762,162	1012132,987	426,818	Orientace

(tab.24 Připojovací body - dvorní strana)

Směrník.

$$\sigma_{2001,2002} = 56,0676^g$$

Zápisník prvního měření:

(Sloupec popisu označuje využití při výpočtu)

1. Měření						
Č.B.	sd [m]	Vc [m]	φ [g]	z [g]	σ [g]	popis
2002	26,590	0,000	56,0676	103,2035	56,0676	Orientace
2003	22,884	0,000	108,2771	103,3668	108,2771	Budova
2004	23,975	0,000	215,2549	102,1953	215,2549	Budova
1	21,732	0,000	112,2135	90,3326	112,2135	Deformace
2	20,107	0,000	118,1218	89,5410	118,1218	Deformace
3	18,648	0,000	125,1844	88,7084	125,1844	Deformace
4	17,119	0,000	136,3317	87,6647	136,3317	Deformace
5	16,187	0,000	149,3583	86,9929	149,3583	Deformace
6	15,958	0,000	159,5463	86,8207	159,5463	Deformace
7	16,129	0,000	169,9856	86,9709	169,9856	Deformace
8	16,992	0,000	183,1922	87,6314	183,1922	Deformace
9	18,499	0,000	194,6815	88,6249	194,6815	Deformace
10	19,906	0,000	201,7606	89,4037	201,7606	Deformace
11	21,524	0,000	207,7797	90,2035	207,7797	Deformace
1	21,739	0,000	112,2025	90,0851	112,2025	Náklon
11	24,375	0,000	112,2022	68,8106	112,2022	Náklon
6	15,959	0,000	159,5414	86,7257	159,5414	Náklon
61	19,409	0,000	159,5426	59,7054	159,5426	Náklon
11	21,521	0,000	207,7817	90,0741	207,7817	Náklon
111	24,245	0,000	207,7812	68,4875	207,7812	Náklon

(tab.25 1. Zápisník měření tachymetrie - dvorní strana)

Zápisník druhého měření:

2. Měření						
Č.B.	sd [m]	Vc [m]	φ [g]	z [g]	σ [g]	popis
2002	26,604	1,700	399,9867	98,9256	56,0676	Orientace
2003	21,599	0,000	56,6281	89,9954	112,6957	Budova
2004	21,420	0,000	151,3750	89,8948	207,4426	Budova
1	21,599	0,000	56,6281	89,9954	112,6957	Deformace
2	19,970	0,000	62,6960	89,1855	118,7636	Deformace
3	18,544	0,000	69,7963	88,3293	125,8639	Deformace
4	17,073	0,000	80,8707	87,2846	136,9383	Deformace
5	16,186	0,000	93,6701	86,6330	149,7377	Deformace
6	15,971	0,000	103,8750	86,4642	159,9426	Deformace
7	16,147	0,000	114,0843	86,6275	170,1519	Deformace
8	16,998	0,000	127,1009	87,3031	183,1685	Deformace
9	18,471	0,000	138,4250	88,2963	194,4926	Deformace
10	19,830	0,000	145,3451	89,0812	201,4127	Deformace
11	21,420	0,000	151,3750	89,8948	207,4426	Deformace
1	21,599	0,000	56,6281	89,9954	112,6957	Náklon
11	24,316	0,000	56,4361	68,6210	112,5037	Náklon
6	15,971	0,000	103,8750	86,4642	159,9426	Náklon
61	19,433	0,000	103,3698	59,6034	159,4374	Náklon
11	21,420	0,000	151,3750	89,8948	207,4426	Náklon
111	24,151	0,000	151,3670	68,2982	207,4346	Náklon

(tab.26 2.Zápisník měření tachymetrie - dvorní strana)

Měřené body na dvorní straně fasády:



(obr.28 Měřené body na dvorní straně)

Měření proběhlo 2x. Pro zjištění deformace budovy stačilo získat výškové souřadnice bodů 1-11. Deformace se pak počítala od nejnižšího bodu. Přesnost se určila, aplikací zákona o hromadění směrodatných odchylek:

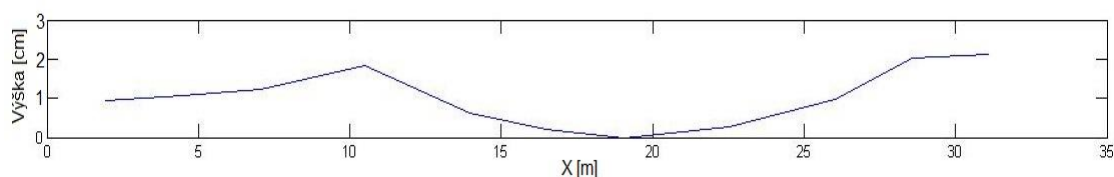
$$S_{sdi} = 5mm + 2ppm = 5 + 2 \cdot sd_i^{[km]} \quad (12.33)$$

$$S_z = 5'' \cdot \sqrt{2} = 0,0015^g \cdot \sqrt{2} \quad (12.34)$$

$$S_{\Delta z_i} = \sqrt{(\cos(z_i)^2 \cdot \sigma_{sd_i}^2) + (\sin(z_i)^2 \cdot sd_i^2 \cdot \frac{\sigma_z^2}{\rho^2})} \quad (12.35)$$

Č.B.	Z ₁ [m]	Z ₂ [m]	ΔZ ₁ [m]	ΔZ ₂ [m]	ΔZ [m]	S _{ΔZ} [mm]
1	431,443	431,536	0,010	0,014	0,012	1,06
2	431,445	431,532	0,011	0,009	0,010	1,07
3	431,446	431,536	0,012	0,014	0,013	1,09
4	431,452	431,543	0,018	0,021	0,020	1,13
5	431,440	431,530	0,006	0,007	0,007	1,16
6	431,436	431,526	0,002	0,003	0,003	1,16
7	431,434	431,523	0,000	0,000	0,000	1,16
8	431,437	431,524	0,003	0,001	0,002	1,13
9	431,444	431,533	0,010	0,010	0,010	1,09
10	431,454	431,540	0,020	0,018	0,019	1,07
11	431,455	431,542	0,021	0,019	0,020	1,06

(tab.27 Výsledky deformace dvorní strany)



(obr.29 Grafické znázornění deformace budovy čelní strany)

Č.B.	Y ₁ [m]	X ₁ [m]	Y ₂ [m]	X ₂ [m]
2003	859764,307	1012113,090	859758,219	1012129,488
1	859762,731	1012111,962	859758,219	1012129,488
11	859762,762	1012111,956	859758,247	1012129,594
6	859750,916	1012103,488	859757,230	1012115,103
61	859750,936	1012103,459	859757,276	1012115,225
11	859739,056	1012094,952	859756,277	1012100,778
111	859739,047	1012094,877	859756,326	1012100,731
2004	859735,961	1012092,777	859756,277	1012100,778

(tab.28 Výsledky náklonu v souřadnicích - dvorní strana)

Kolmice od roviny budovy se vypočtou vztahem:

$$k_i = vd_i * \sin(\omega_i) \quad (12.36)$$

kde: $vd...$ je vodorovná vzdálenost vypočtena ze souřadnic na podrobné body.

$\omega...$ je rozdíl směrnic $\sigma_{2003,i}$ a $\sigma_{2003,2004}$.

$$k_i = \sqrt{(Y_i - Y_{2003})^2 + (X_i - X_{2003})^2} \cdot \sin\left(\tan^{-1}\left|\frac{Y_i - Y_A}{X_i - X_A}\right| - \tan^{-1}\left|\frac{Y_{2004} - Y_{2003}}{X_{2004} - X_{2003}}\right|\right) \quad (12.37)$$

Náklon budovy se vypočte ze souřadnic Y a X, jako rozdíl kolmic od roviny budovy, která je dána body 2003 a 2004. Přesnost určení náklonu se určí, aplikací zákona o hromadění směrodatných odchylek:

$$S_{Y_i} = \sqrt{\sin(\sigma_i)^2 \cdot \sin(z_i)^2 \cdot S_{sdi}^2 + \sin(\sigma_i)^2 \cdot \cos(z_i)^2 \cdot sd_i^2 \cdot S_z^2} \quad (12.38)$$

$$S_{X_i} = \sqrt{\cos(\sigma_i)^2 \cdot \sin(z_i)^2 \cdot S_{sdi}^2 + \cos(\sigma_i)^2 \cdot \cos(z_i)^2 \cdot sd_i^2 \cdot S_z^2} \quad (12.39)$$

$$S_{k_i} = \sqrt{\left(\frac{\partial k_i}{\partial Y_{2003}}\right)^2 \cdot S_{Y_{2003}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial X_{2003}}\right)^2 \cdot S_{X_{2003}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial Y_{2004}}\right)^2 \cdot S_{Y_{2004}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial X_{2004}}\right)^2 \cdot S_{X_{2004}}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial Y_i}\right)^2 \cdot S_{Y_i}^2 + \left(\frac{\partial k_i}{\partial X_i}\right)^2 \cdot S_{X_i}^2} \quad (12.40)$$

$$S_{\Delta k_i} = \sqrt{S_{k_{horní}}^2 + S_{k_{dolní}}^2} \quad (12.41)$$

Mezní odchylka pro prokázání náklonu se vypočte:

$$M_{k_i} = u_p \cdot S_{\Delta k_i} \quad (12.42)$$

Jestli-že platí $M_{k_i} < \Delta k$, potom je posun prokázáný s rizikem 5%.

C.B.	S _Y [mm]	S _X [mm]	S _k [mm]	S _{Δk} [mm]	M _k [mm]
2003	5,00	0,65	---	---	---
1	4,89	0,95	4,07	5,61	11,22
11	4,39	0,85	3,86		
6	2,92	3,96	4,40	5,88	11,76
61	2,42	3,28	3,90		
11	0,61	4,95	5,42	7,46	14,91
111	0,54	4,43	5,12		
2004	1,20	4,90	---	---	---

(tab.29 Rozbor přesnosti náklonu - dvorní strana)

Č.B.	vd ₁ [m]	ω ₁ [g]	vd ₂ [m]	ω ₂ [g]	k ₁ [m]	k ₂ [m]	k [m]	Δk [m]
1	1,939	0,0319	0,000	195,7020	0,001	0,000	0,001	0,000
11	1,917	399,2626	0,110	212,2178	-0,022	-0,021	-0,022	-0,022
6	16,478	399,9832	14,419	0,0683	-0,004	0,015	0,006	0,000
61	16,478	399,8441	14,294	399,9020	-0,040	-0,022	-0,031	-0,037
11	31,091	399,9290	28,776	0,0000	-0,035	0,000	-0,018	0,000
111	31,142	399,8161	28,819	399,8863	-0,090	-0,051	-0,071	-0,053

(tab.30 Výsledky náklonu dvorní strany)

Záporný rozdíl znamená náklon směrem k silnici (od dvoru). Výška mezi spodními a horními body je 8,15 m. Náklon budovy v grádech je:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta k}{\Delta h} \right) \quad (12.43)$$

Body	Δk [m]	Δk > M _k	Δh [m]	α [g]
1-11	-0,022	ANO	8,15	0,1718
6-61	-0,037	ANO	8,15	0,2890
11-111	-0,053	ANO	8,15	0,4140

(tab.31 Výsledky náklonu dvorní strany - souhrn)

Z výsledků je vidět že budova je nakloněna směrem k ulici.

13 Závěr

Hlavním úkolem této práce, bylo sledování svislých posunů během přibližně půl roku, na budově základní školy v Novém Sedle. Měření začalo na popud vzniklých prasklin na budově a uvnitř ní. Jako možné příčiny narušení budovy, byly určeny základové půdy a výskyt starého dolu v blízkosti školy, proto měření měla na starosti organizace SUAS. Měření proběhlo na body po obvodu celé budovy, stabilizované závěsnými oky. Pro měření byla použita metoda přesné nivelace ze středu, přístrojem ZEISS NI 007.

Kolem školy bylo provedeno etapové měření ve čtyřech etapách. Měření bylo připojeno na dva pevně stabilizované body (správně by měly být body minimálně tři), u kterých se během měření zjistila jejich vzájemná nestálost. Nejpravděpodobnější příčina nestálosti pevných bodů je přemrznutí jílovité půdy pod asfaltovou silnicí u bodu 101, u kterého byl zaznamenán pohyb směrem vzhůru až o 2,5 cm. Nedostatek pevných bodů je sice zásadní chyba, která však vznikla již na začátku měření, a tudíž za ni nenesu vinu. V důsledku toho také následně vznikly dva různé výsledky, přičemž jako správný je brán výsledek připojený na bod 100, který je umístěný nad pevnějším podložím.

Dalším úkolem bakalářské práce bylo zjištění deformace prvního patra oken z obou stran centrální části budovy. Deformace byla určena z trigonometricky zaměřených výšek oken. Výsledná deformace byla určena od nejnižšího okna dané strany.

Pro zjištění náklonu budovy byl nejprve uskutečněn výpočet souřadnic oken v přízemí a oken v nejvyšším patře, toto bylo provedeno polární metodou v systému S-JTSK (pro zjištění náklonu nebyl systém důležitý). Výsledný náklon je rozdíl kolmic (oken nad sebou) od roviny budovy. Z výsledků je vidět, že celá budova je nakloněna směrem k silnici (k poddolované části).

Do výpočtu tachymetrie se nezaváděly fyzikální ani matematické redukce z důvodu nedůležitosti vztažné soustavy na výsledné rozdíly souřadnic.

Veškeré výsledky posunů a rozborů přesností jsou uvedeny v kapitole 12 v přehledných tabulkách a grafech. Výsledky předala organizace SUAS statickým a ministerstvu životního prostředí pro další zpracování, které není součástí této bakalářské práce.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN 73 0405. *Měření posunů stavebních objektů*. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [2] Galileo Corporation s.r.o.. *Oficiální stránky města Nové Sedlo [online]*. [cit 11.5.2018]. Dostupné z: <http://www.mestonovesedlo.cz>.
- [3] Hampacher, M.; Štroner, M. 2015 *Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii*. 2. vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-05843-5.
- [4] Jiskra, J. 1993. *Z historie uhelného hornictví na Sokolovsku, Chebsku a Karlovarsku*. Sokolov
- [5] Pospíšil J., Koska B., Křemen T., Štroner M. 2007. *Využití skenovacích systémů pro měření posunů*. [online] Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/~koska/publikace/soubory/2007_vyuziti_skenovacich_systemu_pro_mereni_posunu.pdf
- [6] Mapy.cz [online]. [cit. 20.5.2018]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [7] Nesecký, K. 1984. *Vlivy poddolování (Důlní měřictví IV)*. SNTL - Nakladatelství technické literatury, n.p., Praha 1.
- [8] Procházka, J. 2015. *SYLABUS 11. PŘEDNÁŠKY Z INŽENÝRSKÉ GEODÉZIE* [online] Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/inge/Sylabus_IG_11.pdf
- [9] Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. 2008. *Sokolovská uhelná* [online]. [cit 10.5.2018]. Dostupné z: <https://www.suas.cz>.
- [10] ŠTRONER, M. *Geodézie 3 - přednášky: Nivelace. Chyby a přesnost nivelačních odchylky*. [online]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GD3/gd3_pred_2.pdf
- [11] Vlasák, V. Vlasáková, E. 1997. *Dějiny města Nového Sedla*. Nové Sedlo.
- [12] Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s.. 2017. *Geologicko-průzkumné práce se zaměřením na areál školy č.p. 425 Nové Sedlo v k.ú. Nové Sedlo u Lokte*.

Seznam obrázků

obr.1 Známa poloha dolu Vinzenzi.....	10
obr.2 Poloha města Nové Sedlo [6].....	11
obr.3 Poloha školy ve městě [6].....	12
obr.4 Poničení čelní části.....	22
obr.5 Odtržení jihozápadního křídla.....	22
obr.6 Odtržení jihovýchodního křídla.....	22
obr.7 Zjištěná poloha štoly.....	23
obr.8 Schéma školní budovy.....	24
obr.9 Schéma nivelační sestavy[10].....	25
obr.10 Schéma nivelačního oddílu [10].....	26
obr.11 Schéma znázorňující zdánlivý a skutečný horizont [10].....	27
obr.12 Zařazení směrníku do kvadrantu.....	28
obr.13 Schéma pro výpočet směrníků.....	29
obr.14 Rozmístění bodů.....	30
obr. 15 Stabilizace bodů 1 až 6.....	31
obr. 16 Stabilizace bodů 7 až14.....	32
obr. 17 Vrt před školou.....	32
obr.18 Schéma polní zkoušky nivelačního přístroje [10].....	33
obr.19 přístroj pro PN ZEISS KONI 007.....	34
obr.20 Totální stanice PENTAX W1505-N.....	35
obr.21 Ukázka nivelačního zápisníku.....	44
obr.22 Graf porovnání posunů připojených na bod 100.....	45
obr.23 Graf porovnání etap připojených na bod 100.....	45
obr.24 Graf porovnání posunů připojených na bod 101.....	46
obr.25 Graf porovnání etap připojených na bod 101.....	47
obr.26 Měřené body na čelní straně.....	49
obr.27 Grafické znázornění deformace budovy čelní strany.....	50
obr.28 Měřené body na dvorní straně.....	53
obr.29 Grafické znázornění deformace budovy čelní strany.....	54

Seznam tabulek

tab.1	Informace o přístroji ZEISS NI 007.....	34
tab.2	informace o etapách měření.....	35
tab.3	Informace o totální stanici PENTAX W1505-N.....	36
tab.4	Výsledky polní zkoušky.....	37
tab.5	Hodnoty opakovaného měření.....	38
tab.6	Hodnoty protisměrného měření a uzávěrů.....	39
tab.7	Rozdíly protisměrně měřené jedné sestavy.....	39
tab.8	Rozdíly protisměrných měření.....	39
tab.9	Přehled uzávěrů.....	41
tab.10	Směrodatné odchylky.....	41
tab.11	Kontrola stability mezi body 100 a 101.....	42
tab.12	Kontrola protisměrného měření.....	42
tab.13	Kontrola uzávěrů.....	43
tab.14	Výsledky posunů připojených na bod 100.....	44
tab.15	Výsledky posunů připojených na bod 101.....	46
tab.16	Připojovací body - čelní strana.....	47
tab.17	1.Zápisník měření tachymetrie - čelní strana.....	47
tab.18	2.Zápisník měření tachymetrie - čelní strana.....	48
tab.19	Výsledky deformace čelní strany.....	49
tab.20	Výsledky náklonu v souřadnicích - čelní strana.....	50
tab.21	Rozbor přesnosti náklonu - čelní strana.....	51
tab.22	Výsledky náklonu čelní strany.....	51
tab.23	Výsledky náklonu čelní strany - souhrn.....	51
tab.24	Připojovací body - dvorní strana.....	52
tab.25	1.Zápisník měření tachymetrie - dvorní strana.....	52
tab.26	2.Zápisník měření tachymetrie - dvorní strana.....	53
tab.27	Výsledky deformace dvorní strany.....	54
tab.28	Výsledky náklonu v souřadnicích - dvorní strana.....	54
tab.29	Rozbor přesnosti náklonu - dvorní strana.....	51
tab.30	Výsledky náklonu dvorní strany.....	56
tab.31	Výsledky náklonu dvorní strany - souhrn.....	56

Seznam příloh

Příloha č. 1: Návrh na projekt měření.....	62
Příloha č. 2: Zápisníky 1. etapy měření tam.....	63
Příloha č. 3: Výsledky PN připojené na bod 101.....	65
Příloha č. 4: Výsledky PN připojené na bod 100.....	66
Příloha č. 5: Ukázka skriptu do programu matlab.....	67

Přílohy v digitální formě na CD

- 1_ Zpracovane_zapisniky_100 - Vypočítané zápisníky připojené na bod 100
- 2_ Zpracovane_zapisniky_101 - Vypočítané zápisníky připojené na bod 101
- 3_Skripty_fasada - Skripty použité pro výpočet deformace a náklonu fasády ve formátu *.m
- 4_Fotky_skola - Fotky prasklin na školní fasádě
- 5_Vypocty - Excelové tabulky pro výpočet PN ve formátu *.xls
- 6_Bakalarska_prace - Bakalářská práce a přílohy ve formátu *.pdf

Příloha č. 1: Návrh na projekt měření

Návrh na projekt měření v souladu s ČSN 73 0405

Účel měření

Předmětem měření je základní škola v Novém Sedle. Měření proběhne za účelem sledování stavu, funkce a bezpečnosti stavby a získání informací chování základové půdy pod budovou.

Druh měření

Etapové měření proběhne ve čtyřech etapách, přesnou nivelací. Měření proběhne nivelačním přístrojem ZEISS Ni 007 na pevnou invarovou dvoustupnicovou nivelační lať s půlcentimetrovým dělením.

Měření

Kolem budovy bude veden uzavřený nivelační pořad.

Geologické informace

Budova je postavena blízko poddolovaného území na jílovitém podloží.

Hodnoty očekávaných posunů a potřebná přesnost

Očekávané posuny nejsou známy, proto není možné určit potřebnou přesnost která se určí vztahem:

$$\delta \leq \frac{2}{5} p_k$$

kde p_k je kritická hodnota posunu v mm, při jejímž dosažení dojde k ohrožení sledovaného objektu.

Stabilizace pozorovaných a vztažných bodů

Za školou byly stabilizovány dva pevné body, ne které bude měření připojené. Pozorované body jsou stabilizovány po obvodu budovy přibližně po 10 metrech, závěsnými oky přibližně půl metru nad zemí.

Časový plán etapového měření

První etapa měření proběhne 25.9.2018 a ostatní etapy proběhnou přibližně v rozestupech 45 dnů. Konkrétně 2. etapa proběhne 7.11.2017, 3. etapa 7.12.2017 a poslední 4. etapa 7.2.2018.

Způsob zpracování a vyjádření výsledků

Měření bude zapisováno na papírové zápisníky pro přesnou nivelaci. Výpočty výšek a rozboru přesnosti proběhnou v programu Excel. Výsledné hodnoty budou vyjádřeny v přehledných tabulkách a grafech.

Příloha č. 2: Zázpisník 1. etapy měření tam

Zázpisník pro přesnou nivelaci

+ Převýšení z I. stupnice m	Čtení na lati vzad		+ Převýšení z II. stupnice m	- Převýšení z I. stupnice m	Čtení na lati vpřed		- Převýšení z II. stupnice m	Délka záměr m	Číslo latě	Stučný místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky laťového metru.	Datum, čas, teplota, počasí, aj.
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice					
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
										Přenos	1. tam
100	4 0 1 1 5	10 0 7 6 1	-4					22		Z = 100,000000	25.9.17
		60646									
			6	3 4 3 4 9	9 5 0 0 0		1	24	BOD 6	Δ1 = 0,2880500 Δ2 = 0,2883000 Z = 100,2881750	
			7	3 1 7 8 7	9 2 4 3 5		-2	20	BOD 7	Δ1 = 0,4163000 Δ2 = 0,4164000 Z = 100,4163500	
			8	3 0 2 4 1	9 0 8 8 9		-2	15	BOD 8	Δ1 = 0,4936000 Δ2 = 0,4937000 Z = 100,4936500	
			9	3 4 5 2 4	9 5 1 7 4		0	19	BOD 9	Δ1 = 0,2793500 Δ2 = 0,2795500 Z = 100,2794500	
			10	3 2 5 3 2	9 3 1 8 4		2	16	BOD 10	Δ1 = 0,3788500 Δ2 = 0,3791500 Z = 100,3790000	
			11	2 9 7 0 0	9 0 3 5 0		0	26	BOD 11	Δ1 = 0,5205500 Δ2 = 0,5207500 Z = 100,5206500	
			101	2 7 9 0 2	8 8 5 5 1		-1	22	101	Δ1 = 0,6105000 Δ2 = 0,6106500 Z = 100,6108125	
101	2 7 6 5 1	8 8 3 0 0	-1					22	101	Z = 100,6108125	
		60649									
				5 2 7 1 1	11 3 3 6 2		1	23	102	Δ1 = -1,2531000 Δ2 = -1,2530000 Z = 99,3580000	
					60651						
102	1 5 8 1 1	7 6 4 6 2	1					20	102	Z = 99,3580000	
		60651									
				0 6 4 6 7	6 7 1 1 5		-2	19	BOD 13	Δ1 = 0,4673500 Δ2 = 0,4672000 Z = 99,8252750	
					60648						
				0 9 5 0 4	7 0 1 5 6		2	17	BOD 14	Δ1 = 0,3153000 Δ2 = 0,3153500 Z = 99,6733250	
					60652						
				2 9 9 8 6	9 0 6 3 3		-3	20	VRT	Δ1 = -0,7085500 Δ2 = -0,7087500 Z = 98,6493500	
					60647						
				3 1 3 2 4	9 1 9 7 6		2	20	103	Δ1 = -0,7757000 Δ2 = -0,7756500 Z = 98,5825625	
					60652						

Snáška

Zápisník pro přesnou nivelaci

+ Převýšení z I. stupnice m	Čtení na lati vzad		+ Převýšení z II. stupnice m	- Převýšení z I. stupnice m	Čtení na lati vpřed		- Převýšení z II. stupnice m	Délka záměr m	Číslo latě	Stručný místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky laťového metru.	Datum, čas, teplota, počasí, aj.
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
										Přenos	
103	4 2 7 8 8	10 3 4 3 9	1					17		Z = 98,5825625	2. tam 25.9.17
		60651									
			1	2 9 7 9 8	9 0 4 4 8		0	10	BOD 1	Δ1 = 0,6495000 Δ2 = 0,6495000 Z = 99,2320875	
			2	2 1 0 8 7	8 1 7 3 9		2	5	BOD 2	Δ1 = 1,0850000 Δ2 = 1,0850000 Z = 99,6675875	
			3	1 8 1 0 0	7 8 7 5 1		1	14	3	Δ1 = 1,2344000 Δ2 = 1,2344000 Z = 99,8172000	
3	3 4 8 4 4	9 5 4 9 4	0					28		Z = 99,8172000	
		60650									
			4	2 6 1 3 4	8 6 7 8 4		0	6	BOD 4	Δ1 = 0,4355000 Δ2 = 0,4355000 Z = 100,2527000	
			5	2 3 4 0 8	8 4 0 5 9		1	17	BOD 5	Δ1 = 0,5717500 Δ2 = 0,5718000 Z = 100,3889750	
			104	2 2 8 0 2	8 3 4 5 3		1	28	104	Δ1 = 0,6020500 Δ2 = 0,6021000 Z = 100,4195125	
104	2 8 8 9 9	8 9 5 4 8	-1					10		Z = 100,4195125	
		60649									
			100	3 7 2 9 4	9 7 9 4 3		-1	10	100	Δ1 = -0,4197500 Δ2 = -0,4197500 Z = 100,0000000	
102	3 6 8 0 3	9 7 4 5 3	0					20	102	Vložené měření	
		60650								Z = 99,3580000	
				1 3 9 6 9	7 4 6 1 9		0	10	BOD 12	Δ1 = 1,1417000 Δ2 = 1,1417000 Z = 100,4997000	
										100,0501175 0,6921175	
										Snáška	

Příloha č. 3: Výsledky PN připojené na bod 101

	1. Etapa				2. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
	1	98,62085	98,62123	98,62104	0,00	98,60767	98,60794	98,60780	
2	99,05635	99,05685	99,05660	0,00	99,04287	99,04306	99,04296	-13,63	ANO
3	99,20575	99,20615	99,20595	0,00	99,19243	99,19269	99,19256	-13,39	ANO
4	99,64125	99,64217	99,64171	0,00	99,62758	99,62773	99,62765	-14,06	ANO
5	99,77752	99,77812	99,77782	0,00	99,76458	99,76483	99,76470	-13,12	ANO
6	99,67629	99,67725	99,67677	0,00	99,66317	99,66333	99,66325	-13,53	ANO
7	99,80447	99,80533	99,80490	0,00	99,79184	99,79158	99,79171	-13,19	ANO
8	99,88177	99,88290	99,88233	0,00	99,86932	99,86915	99,86923	-13,10	ANO
9	99,66757	99,66863	99,66810	0,00	99,65457	99,65455	99,65456	-13,54	ANO
10	99,76712	99,76818	99,76765	0,00	99,75544	99,75530	99,75537	-12,28	ANO
11	99,90877	99,90985	99,90931	0,00	99,89719	99,89705	99,89712	-12,19	ANO
12	99,88867	99,88937	99,88902	0,00	99,87585	99,87579	99,87582	-13,20	ANO
13	99,21425	99,21483	99,21454	0,00	99,20143	99,20130	99,20137	-13,17	ANO
14	99,06230	99,06268	99,06249	0,00	99,04956	99,04933	99,04944	-13,05	ANO
VRT	98,03832	98,03903	98,03868	0,00	98,02608	98,02524	98,02566	-13,02	ANO

$\Delta M_{ip} = 0,64$ mezní odchylka pro prokázaní posunu [mm]

	1. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
	1	98,60243	98,60255	98,60249	
2	99,03741	99,03748	99,03744	-19,16	ANO
3	99,18665	99,18663	99,18664	-19,31	ANO
4	99,62120	99,62187	99,62153	-20,17	ANO
5	99,75883	99,75924	99,75903	-18,79	ANO
6	99,65683	99,65710	99,65697	-19,81	ANO
7	99,78571	99,78548	99,78559	-19,31	ANO
8	99,86326	99,86298	99,86312	-19,22	ANO
9	99,64921	99,64908	99,64914	-18,96	ANO
10	99,75081	99,75060	99,75070	-16,94	ANO
11	99,89203	99,89208	99,89205	-17,26	ANO
12	99,86993	99,86964	99,86978	-19,24	ANO
13	99,19540	99,19546	99,19543	-19,11	ANO
14	99,04374	99,04406	99,04390	-18,59	ANO
VRT	98,01962	98,01933	98,01947	-19,21	ANO

	4. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
	1	98,59553	98,59574	98,59563	
2	99,03055	99,03069	99,03062	-25,98	ANO
3	99,17976	99,17961	99,17969	-26,26	ANO
4	99,61404	99,61447	99,61425	-27,45	ANO
5	99,75216	99,75217	99,75216	-25,65	ANO
6	99,64944	99,64965	99,64954	-27,23	ANO
7	99,77791	99,77798	99,77794	-26,95	ANO
8	99,85586	99,85565	99,85576	-26,58	ANO
9	99,64251	99,64230	99,64241	-25,69	ANO
10	99,74734	99,74730	99,74732	-20,33	ANO
11	99,88679	99,88673	99,88676	-22,55	ANO
12	99,86225	99,86238	99,86231	-26,71	ANO
13	99,18793	99,18818	99,18805	-26,49	ANO
14	99,03676	99,03698	99,03687	-25,62	ANO
VRT	Neměřeno				ANO

	3. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
	1	98,60243	98,60255	98,60249	
2	99,03741	99,03748	99,03744	-19,16	ANO
3	99,18665	99,18663	99,18664	-19,31	ANO
4	99,62120	99,62187	99,62153	-20,17	ANO
5	99,75883	99,75924	99,75903	-18,79	ANO
6	99,65683	99,65710	99,65697	-19,81	ANO
7	99,78571	99,78548	99,78559	-19,31	ANO
8	99,86326	99,86298	99,86312	-19,22	ANO
9	99,64921	99,64908	99,64914	-18,96	ANO
10	99,75081	99,75060	99,75070	-16,94	ANO
11	99,89203	99,89208	99,89205	-17,26	ANO
12	99,86993	99,86964	99,86978	-19,24	ANO
13	99,19540	99,19546	99,19543	-19,11	ANO
14	99,04374	99,04406	99,04390	-18,59	ANO
VRT	98,01962	98,01933	98,01947	-19,21	ANO

Příloha č. 4: Výsledky PN připojené na bod 100

	1. Etapa				2. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
1	99,23209	99,23237	99,23223	0,00	99,23215	99,23225	99,23220	0,03	NE
2	99,66759	99,66799	99,66779	0,00	99,66735	99,66738	99,66736	0,43	NE
3	99,81720	99,81729	99,81725	0,00	99,81691	99,81700	99,81695	0,29	NE
4	100,25270	100,25331	100,25300	0,00	100,25206	100,25204	100,25205	0,96	ANO
5	100,38898	100,38926	100,38912	0,00	100,38906	100,38914	100,38910	0,02	NE
6	100,28818	100,28839	100,28828	0,00	100,28765	100,28764	100,28764	0,64	NE
7	100,41635	100,41647	100,41641	0,00	100,41633	100,41589	100,41611	0,30	NE
8	100,49365	100,49404	100,49385	0,00	100,49380	100,49346	100,49363	0,21	NE
9	100,27945	100,27977	100,27961	0,00	100,27905	100,27886	100,27896	0,65	ANO
10	100,37900	100,37932	100,37916	0,00	100,37993	100,37961	100,37977	-0,61	NE
11	100,52065	100,52099	100,52082	0,00	100,52168	100,52136	100,52152	-0,70	ANO
12	100,49970	100,50051	100,50010	0,00	100,50033	100,50010	100,50022	-0,11	NE
13	99,82528	99,82598	99,82563	0,00	99,82592	99,82561	99,82576	-0,14	NE
14	99,67333	99,67383	99,67358	0,00	99,67404	99,67364	99,67384	-0,26	NE
VRT	98,64935	98,65018	98,64976	0,00	98,65057	98,64955	98,65006	-0,30	NE

	3. Etapa				4. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
1	99,23275	99,23262	99,23268	-0,46	99,23259	99,23279	99,23269	-0,46	NE
2	99,66773	99,66754	99,66763	0,16	99,66761	99,66774	99,66768	0,11	NE
3	99,81697	99,81669	99,81683	0,42	99,81683	99,81667	99,81675	0,50	NE
4	100,25152	100,25193	100,25173	1,28	100,25110	100,25152	100,25131	1,69	ANO
5	100,38914	100,38931	100,38923	-0,11	100,38923	100,38922	100,38922	-0,11	NE
6	100,28715	100,28717	100,28716	1,13	100,28650	100,28670	100,28660	1,68	ANO
7	100,41603	100,41554	100,41578	0,62	100,41498	100,41503	100,41500	1,41	ANO
8	100,49358	100,49304	100,49331	0,54	100,49293	100,49270	100,49281	1,03	ANO
9	100,27953	100,27914	100,27933	0,28	100,27958	100,27935	100,27946	0,14	NE
10	100,38113	100,38067	100,38090	-1,74	100,38440	100,38435	100,38438	-5,22	ANO
11	100,52235	100,52214	100,52225	-1,42	100,52385	100,52378	100,52381	-2,99	ANO
12	100,50024	100,49971	100,49998	0,13	100,49931	100,49943	100,49937	0,73	ANO
13	99,82572	99,82553	99,82562	0,00	99,82499	99,82524	99,82511	0,51	NE
14	99,67406	99,67413	99,67409	-0,52	99,67383	99,67404	99,67393	-0,36	NE
VRT	98,64993	98,64939	98,64966	0,10	Neměřeno				

	1. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
1	99,23209	99,23237	99,23223	0,00	NE
2	99,66759	99,66799	99,66779	0,00	NE
3	99,81720	99,81729	99,81725	0,00	NE
4	100,25270	100,25331	100,25300	0,00	ANO
5	100,38898	100,38926	100,38912	0,00	NE
6	100,28818	100,28839	100,28828	0,00	NE
7	100,41635	100,41647	100,41641	0,00	NE
8	100,49365	100,49404	100,49385	0,00	NE
9	100,27945	100,27977	100,27961	0,00	ANO
10	100,37900	100,37932	100,37916	0,00	NE
11	100,52065	100,52099	100,52082	0,00	ANO
12	100,49970	100,50051	100,50010	0,00	NE
13	99,82528	99,82598	99,82563	0,00	NE
14	99,67333	99,67383	99,67358	0,00	NE
VRT	98,64935	98,65018	98,64976	0,00	NE

	3. Etapa				Prokázaný posun
	Tam [m]	Zpět [m]	Průměr [m]	Posun [mm]	
1	99,23275	99,23262	99,23268	-0,46	NE
2	99,66773	99,66754	99,66763	0,16	NE
3	99,81697	99,81669	99,81683	0,42	NE
4	100,25152	100,25193	100,25173	1,28	ANO
5	100,38914	100,38931	100,38923	-0,11	NE
6	100,28715	100,28717	100,28716	1,13	ANO
7	100,41603	100,41554	100,41578	0,62	NE
8	100,49358	100,49304	100,49331	0,54	NE
9	100,27953	100,27914	100,27933	0,28	NE
10	100,38113	100,38067	100,38090	-1,74	ANO
11	100,52235	100,52214	100,52225	-1,42	ANO
12	100,50024	100,49971	100,49998	0,13	NE
13	99,82572	99,82553	99,82562	0,00	NE
14	99,67406	99,67413	99,67409	-0,52	NE
VRT	98,64993	98,64939	98,64966	0,10	NE

$\Delta Mp = 0,64$ mezní odchylka pro prokázání posunu

Příloha č. 5: Ukázka skriptu do programu matlab

```
clc
clear all
format long g
%% ----ZADANI-----
ro = 200/pi;
A = [1001 2 1.760 859771.471 1012073.135 424.474];
B = [1002 35.34823701 0.0000 58.89664 101.97305 859799.719
1012094.416 425.146];
mereni = [1003 29.13817014 0.0000 326.11072 99.06091
1004 26.98446018 0.0000 384.68719 98.14455
1 28.40058176 0.0000 329.20324 97.63581
2 27.24115012 0.0000 334.75389 97.55123
3 26.33491784 0.0000 340.70147 97.46244
4 25.64270795 0.0000 347.10272 97.38029
5 25.21336911 0.0000 353.72097 97.31814
6 25.08016518 0.0000 360.6543 97.26359
7 25.25402607 0.0000 367.43609 97.22281
8 25.69766461 0.0000 374.1293 97.21054
9 26.40513332 0.0000 380.58089 97.22214
91 26.36136882 0.0000 380.58105 97.15231
92 29.40067399 0.0000 380.58058 70.40222
51 25.19078012 0.0000 353.71859 97.17602
52 28.30632523 0.0000 353.72126 69.32767
11 28.36394554 0.0000 329.21062 97.55328
12 31.16916864 0.0000 329.20932 72.14085 ];
%% VYPOCET -----
mereni(:,4) = mereni(:,4)-B(4);
mereni(:,4) = mereni(:,4)/ro;
mereni(:,5) = mereni(:,5)/ro;
smerAB = atan2((B(6)-A(4)), (B(7)-A(5)));
if smerAB < 0
    smerAB = smerAB+2*pi;
end
n = length(mereni);
smer = mereni(:,4)+smerAB;
if smer > 2*pi
    smer = smer - 2*pi;
end
for i = 1:n
    vd(i) = sin(mereni(i,5))*mereni(i,2);
    dY(i) = vd(i)*sin(smer(i));
    dX(i) = vd(i)*cos(smer(i));
    dZ(i) = cos(mereni(i,5))*mereni(i,2)+A(3);
end
disp('Souřadnice bodů')
vysledek = [mereni(:,1),A(4)+dY',A(5)+dX', A(6)+dZ']
for i = 1:n
    dp(i) = sqrt((vysledek(1,2)-vysledek(i,2))^2+(vysledek(1,3)-
vysledek(i,3))^2);
end
dH = vysledek(3:(n-6),4);
MinHd = min(dH);
disp('Výsledky deformace')
dHd = [vysledek(3:(n-6),1) dH-MinHd]
plot(dp(3:(n-6)),dHd(:,2))
% sigma_z = 5" -> přepočet na grady
sigma_z = (5/(60*60))*(200/180)*sqrt(2);
```

```

% sigma_d = 5mm + 2ppm (mereno v jedne poloze)
sigma_d = (5 + (mereni(:,2)/1000)*2)/1000;
for i = 1:n
    sigma_dH(i) = sqrt((cos(mereni(i,5)))^2.*sigma_d(i)^2 +
    (mereni(i,2))^2.* (sin(mereni(i,5)))^2.*(sigma_z/ro)^2); %/ro^2);
end
disp('Směrodatná odchylky určení výšky SdH')
sigma_dHm = sigma_dH*1000
%% ortogonální vytyčovací prvky (odklon budovy)
b1 = vysledek(1,:);
b2 = vysledek(2,:);
body = vysledek((n-5):n,:);
smer12 = atan2(b2(2)-b1(2),b2(3)-b1(3));
l = length(body);
for i = 1:l
    smer2(i) = atan2(body(i,2)-b1(2),body(i,3)-b1(3));
    dy(i) = body(i,2)-b1(2);
    dx(i) = body(i,3)-b1(3);
    d(i) = sqrt(dy(i)*dy(i)+dx(i)*dx(i));

end
omega = smer2-smer12;
for i = 1:l
    if omega(i) < 0
        omega(i) = omega(i) + 2*pi;
    end
end
for i = 1:l
    stan(i) = d(i)*cos(omega(i));
    kolm(i) = d(i)*sin(omega(i));
end
disp('Ortogonalní vytyčovací prvky bodů CB stanicení kolmice')
ortog = [body(:,1),stan',kolm']
disp('Náklon')
naklon = [1 kolm(2)-kolm(1);6 kolm(4)-kolm(3);11 kolm(6)-kolm(5)]
vyska = [body(6,4)-body(5,4);body(4,4)-body(3,4);body(2,4)-
body(1,4)];
for i = 1:(l/2)
    uhel(i) = (atan(naklon(i,2)/vyska(i)))*ro;
end
for i = 1:n
    sigma_Y(i) =
sqrt((sin(smer(i)))^2.*(sin(mereni(i,5)))^2.*(sigma_d(i))^2+(sin(sme
r(i)))^2.*(cos(mereni(i,5)))^2.*(mereni(i,2))^2*(sigma_z/ro)^2);
    sigma_X(i) =
sqrt((cos(smer(i)))^2.*(sin(mereni(i,5)))^2.*(sigma_d(i))^2+(cos(sme
r(i)))^2.*(cos(mereni(i,5)))^2.*(mereni(i,2))^2*(sigma_z/ro)^2);
    %sigma_YX(i) = sqrt(sigma_Y(i)^2+sigma_X(i)^2)/sqrt(2);
end
disp('Směrodatné odchylky Y X ')
sigma_naklon = [sigma_Y', sigma_X'] %sigma_YX']
%plot(stan',kolm')
%%
nYX = [vysledek(1:2,1:3);vysledek((n-5):n,1:3)];
ncb = nYX(:,1);
nY = nYX(:,2);
nX = nYX(:,3);
sig_Y = [(sigma_Y(1:2))';(sigma_Y((n-5):n))'];
sig_X = [(sigma_X(1:2))';(sigma_X((n-5):n))'];
disp('Body pro určení náklonu a smodch CB Y X SY SX')
naklon_sour = [ncb, nY, nX, sig_Y, sig_X]

```

```

syms ay ax by bx iy ix
der = (sqrt((iy-ay)^2+(ix-ax)^2)*sin(atan(abs((iy-ay)/(ix-ax))-
atan(abs((by-ay)/(bx-ax))))));
day = diff(der,ay); dax = diff(der,ax);
dby = diff(der,by); dbx = diff(der,bx);
diy = diff(der,iy); dix = diff(der,ix);

ay=nY(1); by=nY(2); iy=nY(3:8);
ax=nX(1); bx=nX(2); ix=nX(3:8);

day = eval(day); dax = eval(dax);
dby = eval(dby); dbx = eval(dbx);
diy = eval(diy); dix = eval(dix);

sig_ay = sig_Y(1); sig_ax = sig_X(1);
sig_by = sig_Y(2); sig_bx = sig_X(2);
sig_iy = sig_Y(3:8); sig_ix = sig_X(3:8);

for i = 1:6
    sig_N2(i) =
day(i)^2*sig_ay^2+dax(i)^2*sig_ax^2+dby(i)^2*sig_by^2+dbx(i)^2*sig_b
x^2+diy(i)^2*sig_iy(i)^2+dix(i)^2*sig_ix(i)^2;
end
disp('směrodatná odchylka kolmic')
sig_N = sqrt(sig_N2')

    for j = 2:2:6
        sig_naklon(j/2) = sqrt(sig_N(j-1)^2+sig_N(j)^2);
    end

disp('Směrodatná odchylka náklanu [mm]')
sig_naklon = sig_naklon'*1000
disp('Mezní hodnota [mm]')
Mnaklon = sig_naklon*2

```