

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Bc. Tomáš Zikmund

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Problematika zemních prací I/35 Ktová

Diplomová práce

2022

Bc. Tomáš Zikmund

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Zikmund**
Osobní číslo: **D19441**
Studijní program: **N0732A260017 Dopravní stavitelství**
Téma práce: **Problematika zemních prací I/35 Ktová**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Zásady pro vypracování

Diplomová práce se bude zabývat problematikou měřitelnosti zemních prací u novostaveb pozemních komunikací. Teoretická část práce se bude věnovat potřebným normovým a legislativním požadavkům na provádění zemních prací u dopravních staveb. Bude zde diskutována norma ČSN 73 6133, EC 7 a dříve používaná, dnes již neplatná norma ČSN 73 3050. Na úvodní část diplomové práce dále bude navazovat popis moderních metod geodetického měření. Dále bude plynule navázáno na praktickou část, která se bude skládat z provedených měření vybraných metod na novostavbě pozemní komunikace I/35 Ktová, odstranění úrovněového přejezdu, kde na zvoleném úseku stavby bude provedeno zaměření třemi moderními metodami.

1. Úvod a vymezení cíle práce.
2. Legislativní a normové požadavky na provádění zemních prací.
3. Základní podklady, postupy měření, čerpání a fakturace položek
4. Vymezení lokality dopravní stavby.
5. Metody a způsoby určení množství provedených zemních prací (laserového skenování, letecké mapování, geodetické zaměření).
6. Vyhodnocení odchylek a s návazností na položky v rozpočtu .
7. Fotodokumentace.
8. Zhodnocení a závěr práce.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí ČSN CEN ISO/TS 17892: Geotechnický průzkum a zkoušení –Laboratorní zkoušky zemin
ČSN 73 6133: Navrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 733050: Zemné práce. Všeobecné ustanovení
Metodika měření pro účely článku 12 ČERVENÉ KNIHY FIDIC
OTSKP –Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací
ÚRS PRAHA Rozpočtování a oceňování stavebních prací. Praha: ÚRS PRAHA a.s.
ČSN EN 16907 Zemní práce
TKP 4 Zemní práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.**
Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání diplomové práce: **26. října 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2021**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. října 2020

Prohlašuji:

Práci s názvem „Problematika zemních prací I/35 Ktová“ jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Liberci dne 20.4.2022

Bc. Tomáš Zikmund v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Aleši Šmejdovi, Ph.D. za jeho cenné rady, odborné vedení a za velmi dobrou spolupráci při tvorbě diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval Ing. Ladislavovi Jarůškovi, který mi poskytnul potřebné technické vybavení, čas a cenné rady při provádění a realizaci prací, popsanych v praktické části.

V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé rodině, bez které bych tuto práci nemohl dokončit.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá problematikou měřitelnosti zemních prací u novostaveb pozemních komunikací. Teoretická část práce se věnuje potřebným normovým a legislativním požadavkům na provádění zemních prací u dopravních staveb. Je zde diskutována norma ČSN 73 6133, EC 7 a dříve používaná, dnes již neplatná norma ČSN 73 3050. V další části byla věnována pozornost oblasti schvalovacích procesů a následné fakturaci zemních prací.

Na úvodní část diplomové práce dále navazuje popis moderních metod geodetického měření a následně se plynule přechází na praktickou část, která se skládá z provedených měření vybraných metod na novostavbě pozemní komunikace I/35 Ktová, odstranění úrovnového přejezdu, kde na zvoleném úseku stavby bylo provedeno zaměření provedeného množství zemních prací a zaměření výškových odchylek třemi metodami. Následně byly mezi sebou vyhodnoceny klady i zápory využívaných technologií s přímou návazností na cenu za předmětné zemní práce a technologické postupy při budování zemních těles pozemních komunikací.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zemní práce, metody měření, klasická geodézie, laserové skenování, letecké mapování

TITLE

Problems of earthworks locality I/35 Ktová

ANNOTATION

The thesis addresses the topic of the measurability of earthworks in new road constructions. The theoretical part of the thesis focuses on the relevant standard and legislative requirements related to the execution of earthworks in transport constructions. It discusses the standard ČSN 73 6133, EC 7 and the previously applied standard ČSN 73 3050, which is now no longer valid. Furthermore, the topic of approval processes and subsequent invoicing of earthworks is discussed.

The introductory part of the Master's thesis is followed by a description of the contemporary methods of geodetic measurements. Subsequently, the practical part of the thesis follows, comprising the measurements of selected methods applied to the new construction of the I/35 Ktová road, the removal of a level crossing. There, the quantity of performed earthworks and height deviation measurements were carried out on the selected section of the construction using three advanced methods. Subsequently, the pros and cons of the technologies applied were assessed, directly related to the price of the earthworks in question and the technological procedures involved in the construction of road bodies.

KEYWORDS

Earthworks, measurement methods, classical geodesy, laser scanning, aerial mapping

OBSAH

SEZNAM TABULEK.....	11
SEZNAM ILUSTRACÍ.....	12
DEFINICE ZKRATEK.....	13
1 ÚVOD A VYMEZENÍ CÍLE PRÁCE	14
1.1 Úvod.....	14
1.2 Vymezení cíle diplomové práce.....	14
2 LEGISLATIVNÍ A NORMOVÉ POŽADAVKY NA PROVÁDĚNÍ ZEM. PRACÍ	15
3 ZÁKLADNÍ PODKL., POSTUPY MĚŘENÍ, ČERPÁNÍ A FAKTURACE.....	23
3.1 Geodetické podklady před realizací stavby	23
3.1.1 Obvod stavby	23
3.1.2 Vytyčovací síť stavby.....	24
3.1.3 Vytyčovací dokumentace stavby	27
3.2 Základní postupy měření, čerpání a fakturace položek.....	28
3.2.1 Obecný náhled na Metodiku měření	28
3.2.2 Aplikace Metodiky měření v praxi	33
4 POUŽITÉ GEODETICKÉ METODY MĚŘENÍ.....	39
4.1 Popis metody klasické geodézie	39
4.2 Popis metody laserového skenování	40
4.3 Popis metody leteckého mapování.....	41
5 VYMEZENÍ LOKALITY DOPRAVNÍ STAVBY	43
6 POUŽITÉ SOFTWARE VYBAVENÍ.....	46
6.1 Metoda klasické geodézie.....	46
6.1.1 Totální stanice Leica MS60	46
6.1.2 360° Hranol GRZ122	48
6.1.3 Přijímač Leica GS18 T	48
6.1.4 Univerzální kontroler Leica CS20	49
6.1.5 Leica Captivate	50
6.1.6 LEICA INFINITY.....	51
6.1.7 AutoCAD civil 3D	52
6.2 Metoda laserového skenování.....	52
6.2.1 Leica RTC 360.....	52
6.2.2 Terče.....	54

6.2.3	Leica Cyclone FIELD 360.....	55
6.2.4	Leica Cyclone 3DR.....	55
6.3	Metoda leteckého mapování.....	55
6.3.1	DJI Phantom 4 RTK.....	55
6.3.2	Systém TimeSync.....	57
7	Postupy měření.....	58
7.1	Metoda klasické geodézie.....	58
7.2	Metoda laserového skenování.....	59
7.3	Metoda leteckého mapování.....	62
8	VYHODNOCENÍ METOD MĚŘENÍ S NÁVAZNOSTÍ NA POLOŽKY ROZPOČTU A VYHODNOCENÍ VÝŠKOVÝCH ODCHYLEK.....	65
8.1	Vyhodnocení pomocí 3D modelů.....	65
8.2	Vyhodnocení kubatur s návazností na položky rozpočtu.....	69
8.3	Vyhodnocení výškových odchylek parapláně.....	72
8.4	Vyhodnocení metod měření.....	76
8.4.1	Obecná rovina.....	76
8.4.2	Výsledky v rovině DP.....	76
9	ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR PRÁCE.....	78
	POUŽITÁ LITERATURA.....	80
	Seznam použitých norem.....	80
	Seznam použitých TP, TKP.....	80
	Seznam použitých vyhlášek a zákonů.....	80
	Seznam použité literatury a internetových zdrojů.....	81
	PŘÍLOHY.....	83
	PŘÍLOHA 1 - GEODETICKÝ PROTOKOL I.....	84
	PŘÍLOHA 2 - GEODETICKÝ PROTOKOL II.....	89

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - ČSN 6133 Zatržídění hornin [5]	17
Tabulka 2 - ČSN 73 6133 Klasifikace tříd [5].....	18
Tabulka 3 - Předpoklad dle PDPS [28]	19
Tabulka 4 - Zastižená skutečnost po odborném posudku Geotechnika	20
Tabulka 5 - Třídny a skupiny těžitelnosti, způsob rozpojení aj. [Tab. A.1 ČSN 73 3055].....	22
Tabulka 6 - Vzor tabulky s kontrolními body na stavbě I/35 Ktová [29]	27
Tabulka 7 - Vyhodnocení na vysoutěženou cenu	70
Tabulka 8 - Vyhodnocení na cenu z OTSKP 2019	70
Tabulka 9 - Odchylky výšek [11].....	72
Tabulka 10 - Porovnání metod měření výškovými odchylkami na levém kraji PK	73
Tabulka 11 - Porovnání metod měření výškovými odchylkami v ose PK.....	73
Tabulka 12 - Porovnání metod měření výškovými odchylkami na pravém kraji PK.....	74
Tabulka 13 - Porovnání použitých metod.....	77
Tabulka 14 - Vyhodnocení kubatur metodou klasické geodézie	86
Tabulka 15 - Vyhodnocení kubatur metodou LS.....	87
Tabulka 16 - Vyhodnocení kubatur metodou leteckého mapování	88
Tabulka 17 - Informativní - klasická geodézie	91
Tabulka 18 – Vyhodnocení – klasická geodézie.....	91
Tabulka 19 - Naměřená data s vyhodnocením na levém kraji PK - klasická geodézie	91
Tabulka 20 - Naměřená data s vyhodnocením v ose PK - klasická geodézie	92
Tabulka 21 - Naměřená data s vyhodnocením na pravém kraji PK - klasická geodézie	92
Tabulka 22 - Informativní - laserové skenování	93
Tabulka 23 - Vyhodnocení - laserové skenování.....	93
Tabulka 24 - Naměřená data s vyhodnocením na levém kraji PK - laserové skenování	93
Tabulka 25 - Naměřená data s vyhodnocením v ose PK - laserové skenování	94
Tabulka 26 - Naměřená data s vyhodnocením na pravém kraji PK - laserové skenování	94
Tabulka 27 - Informativní - letecké mapování	95
Tabulka 28 - Výsledky měření - letecké mapování	95
Tabulka 29 - Naměřená data s vyhodnocením na levém kraji PK - letecké mapování.....	95
Tabulka 30 - Naměřená data s vyhodnocením v ose PK - letecké mapování.....	96
Tabulka 31 - Naměřená data s vyhodnocením na pravém kraji PK - letecké mapování	96

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 - Cenová soustava RTS - převodník [18]	21
Obrázek 2 - Vytyčení obvodu stavby [vlastní fotografie]	24
Obrázek 3 - Realizovaný bod ZVS [28]	26
Obrázek 4 - Body ZVS na stavbě I/35 Ktová [28]	26
Obrázek 5 - Diagram současného stavu měření množství položek [24]	29
Obrázek 6 - Vztah Ověření k tolerancím měření a provádění [24]	35
Obrázek 7 - Možný vzor ZMP [24]	37
Obrázek 8 - LVV ze stavby I/35 Ktová [vlastní fotografie]	38
Obrázek 9 - Počáteční nastavení a seznámení s Leica RTC 360 před zahájením měření	41
Obrázek 10 - Mapový podklad stavby [30]	44
Obrázek 11 - Část podélného řezu pro vybraný úsek měření [29]	45
Obrázek 12 – Leica MS 60 [vlastní fotografie]	47
Obrázek 13 – Zkouška Leica MS60 před zahájením měření [vlastní fotografie]	47
Obrázek 14a, 14b - 360° hranol GRZ 122 [vlastní fotografie]	48
Obrázek 15a, 15b - Přijímač Leica GS18 T [vlastní fotografie]	49
Obrázek 16 - Zkouška GNSS před zahájením měření [vlastní fotografie]	49
Obrázek 17 - Leica kontroler CS20 [vlastní fotografie]	50
Obrázek 18 - Leica Captivate [23]	51
Obrázek 19 - Leica RTC 360 z blízka [vlastní fotografie]	53
Obrázek 20 - Leica RTC 360 [vlastní fotografie]	53
Obrázek 21 - Terč použitý pro metodu LS [23]	54
Obrázek 22 - Terč použitý pro metodu Leteckého mapování [vlastní fotografie]	54
Obrázek 23 - Pohled na DJI Phantom RTK před zahájením měření [vlastní fotografie]	56
Obrázek 24 - Pohled na parapláň před měřením [vlastní fotografie]	59
Obrázek 25 - 2. stanovisko při měření Leica RTC 360 [vlastní fotografie]	61
Obrázek 26 - Pohled na druhou stranu měřeného úseku z 2. stanoviska [vlastní fotografie] ..	61
Obrázek 27 - Pořízený snímek z DJI PHANTOM 4 RTK	63
Obrázek 28 - Stavba před měřením metodou leteckého mapování [vlastní fotografie]	63
Obrázek 29 - Stavba před měřením metodou leteckého mapování [vlastní fotografie]	64
Obrázek 30 - Statistika vytvořeného modelu z klasické metody [vlastní výstřižek]	67
Obrázek 31 - DMT z klasické geodézie	67
Obrázek 32 - DMT z laserového skenování	68

Obrázek 33 - DMT z leteckého mapování.....	68
Obrázek 34 - Grafické porovnání metod pomocí naměřených kubatur	71
Obrázek 35 - Grafické porovnání metod měření výškovými odchylkami	74
Obrázek 36 - 3D model z měření klasickou geodézií	86
Obrázek 37 - 3D model z měření LS.....	87
Obrázek 38 - 3D model z měření leteckým mapováním.....	88

DEFINICE ZKRATEK

ASS – Asistent správce stavby

Bpv – Výškový systém Balt po vyrovnání

DMT – Digitální model terénu

DP – Diplomová práce

FIDIC – Mezinárodní federace konzultačních inženýrů

GNSS – Globální navigační družicový systém

LVV – List výkazu výměr

MD-OPK – Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací

OTSKP – Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací

PD – Projektová dokumentace

PDPS – Projektová dokumentace pro provádění stavby

RDS – Realizační dokumentace stavby

ŘSD – Ředitelství silnic a dálnic

SFDI – Státní fond dopravní infrastruktury

SoD – Smlouva o dílo

S-JTSK – Souřadnicový systém trigonometrické sítě katastrální

ÚOZI – Úředně oprávněný zeměměřičský inženýr

ZDS – Zadávací dokumentace stavby

ZMP – Záznam měření položek

3E – Hospodárnost, účelnost a efektivnost

1 ÚVOD A VYMEZENÍ CÍLE PRÁCE

1.1 Úvod

Zemní práce představují významnou část při výstavbě nových liniových staveb. Jedná se o práce, kde dochází k přesunu zeminy v značném množství, a proto je nutné tomuto tématu a problematice měřitelnosti provedených zemních prací věnovat zvýšenou pozornost. V současné době se čím dál častěji používají moderní metody měření, které jsou schopny usnadnit práci související se sledováním a kontrolou stavby, a tak by se mohlo jednat o jeden z možných nástrojů naplňující princip 3E. V zaměstnání se s touto problematikou zpracovatel diplomové práce (dále jen „DP“) pravidelně setkává, a proto projevil zájem o poznání moderních metod a základních principů měření.

1.2 Vymezení cíle diplomové práce

Diplomová práce se zabývá problematikou, která je spojena se zemními pracemi v oblasti dopravního stavitelství s důrazem na moderní geodetické metody používané při měření množství a kontrolních měření na stavbách pozemních komunikací. Zvolené téma diplomové práce je z hlediska řešení velice aktuální v souvislosti s výstavbou staveb a velikostí objemů zemních prací na těchto stavbách. Přidanou hodnotou diplomové práce je mj. osobní zkušenost zpracovatele, která je do této práce promítnuta.

Primárním cílem této diplomové práce je popsat postupy řádné kontroly provedených zemních prací a určit vhodný způsob získávání podkladů pro fakturaci.

Teoretická část se věnuje problematice tříd těžitelnosti a nepříliš vhodným postupům, které vznikly snížením počtu tříd těžitelnosti ukončením platnosti normy ČSN 73 3050 a nahrazením normou ČSN 73 6133. Dále dochází k detailnímu popisu procesu schvalování měsíční fakturace, resp. k simulaci ideálního procesu v souladu s vydanými doporučeními a metodikami společně s nastíněním reálné praxe. V neposlední řadě se teoretická část věnuje popisu tří vybraných metod geodetického měření vč. souvisejícího vybavení, které byly aplikovány na stavbě I/35 Ktová, čímž dochází k optimálnímu propojení teoretické a praktické části této diplomové práce.

Praktická část výše uvedené geodetické metody porovnává, vyhodnocuje a stanovuje jejich použití v praxi s definicí možnosti použití dostupných metod měření s tím, že dochází k reálné aplikaci na výše uvedené stavbě.

2 LEGISLATIVNÍ A NORMOVÉ POŽADAVKY NA PROVÁDĚNÍ ZEMNÍCH PRACÍ

Navrhování, kontrola i samotná realizace zemních prací je ovlivněna několika normami a technologickými předpisy, které stanovují pravidla a postupy, jak nakládat se zemními pracemi, tzn. veškeré výkopové, srovnávací a zásypové práce, které se provádějí od zahájení stavby až do jejího úplného ukončení. Mezi nejdůležitější normy, předpisy a TKP, které je možno identifikovat pro provádění zemních prací u liniových staveb, je možno uvést:

ČSN EN 16907 Zemní práce

Definuje společný základ pro popis a klasifikaci zemin a hornin pro použití všech zúčastněných při projektování a mj. specifikuje procesy a vlastnosti, které mají být používány při popisu materiálů. [9]

ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí

Popisuje zásady navrhování, ověřování a stanovuje pokyny ke spolehlivosti geotechnických konstrukcí při navrhování pozemních a inženýrských staveb. [6]

ČSN EN ISO 14688-1 Pojmenování a zařídování zemin a ČSN EN ISO 14688-2 Geotechnický průzkum a zkoušení

Normy spolu stanovují základní principy pro pojmenování a zařídování zemin pro inženýrské účely na základě popisu materiálů a vlastností zemního masivu. [7]

ČSN EN ISO 14689-1 Pojmenování a zařídování hornin.

Pojmenovává a popisuje horninové materiály a masivy na základě mineralogického složení, geneze, struktury, zrnitosti, diskontinuity a dalších parametrů. Zároveň poskytuje pravidla pro popis dalších charakteristik hornin. [8]

ČSN 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum

Stanovuje požadavky na inženýrskogeologický průzkum. Norma navazuje na požadavky uvedené v ČSN EN 1997-1. [3]

TKP 4 Zemní práce

Jedná se o technické kvalitativní podmínky, resp. technické specifikace Objednatele stavby na materiály, technologické postupy, zkoušky a převzetí výkonů a dodávek při provádění zemních prací na stavbách pozemních komunikací. [11]

TP 76 B Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace

Technické podmínky pro přípravu, provádění a vyhodnocování prací geotechnického průzkumu (dále GTP). Upravuje racionální, metodicky správné a jednotné navrhování, provádění a vyhodnocování GTP, a využívání jeho výsledků z hlediska potřeb Objednatelů. [12]

ČSN 73 0420-2 Přesnost vytyčování staveb

Stanovuje zásady pro určování a používání mezních vytyčovacích odchylek a s tím souvisejících postupů při vytyčování staveb. [2]

ČSN 73 0212-4 Geometrická přesnost

Norma stanovuje přesnost kontroly geometrických parametrů liniových stavebních objektů a jejich částí během stavění, po dokončení a pro kolaudaci. [1]

ČSN 73 3050 Zemní práce

Dne 11.8.1986 byla schválena norma ČSN 73 3050 pro navrhování a realizování zemních prací. V kapitole IV. Vykopávky dělila horniny z hlediska těžitelnosti na 7 tříd, tj.:

1. třída - Horniny sypké
2. třída - Horniny rypné
3. třída - Horniny kopné
4. třída - Horniny pevné drobné
5. třída - Horniny pevné lehko trhatelné
6. třída - Horniny pevné těžko trhatelné
7. třída - Horniny pevné velmi těžko trhatelné [4]

ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

V únoru roku 2010 došlo k vydání normy ČSN 73 6133, která mj. plně nahrazuje výše uvedenou normu a stanovuje tři třídy těžitelnosti v závislosti na pevnosti horniny a na průměrné vzdálenosti diskontinuit dle níže uvedené Tab. č. 2, tzn.:

- Třída I. - Těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanismy (buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).

Třída II. - Pro těžbu a rozpojování horniny je nutné použít speciální rozpojovací mechanismy (rozcíváče, skalní lžíce, kladiva). Lze použít i trhací práce, pokud je to z hlediska výsledné fragmentace a/nebo hospodárnosti výhodné.

Třída III. - K rozpojování je nutné použít trhací práce. K rozpojování se mohou použít kladiva, rozcíváče nebo jiné technologie, pokud by použití trhacích prací ohrozilo okolní stavby (obydlené oblasti). [5]

Aplikováním zatřídění horniny podle pevnosti materiálu, viz Tab. 1, došlo ke stanovení klasifikace do tříd rozpojitelnosti a těžitelnosti, viz Tab. 2.

Tabulka A.4 – Zatřídění hornin podle pevnosti materiálu				
Třída	Pevnost σ_c (MPa)	Znak pevnosti	Charakteristika	Příklady horniny ^{b)}
R 1	>150	Velmi vysoká	Horninu lze kladívkem těžce otloukat	Zdravé: granitoidy, diority, gabra, migmatity, granulity, kvarcity, amfibolity, bazalty, prokřemenělé pararuly, ortoruly, krystalické vápence, silicity
R 2	50 až 150	Vysoká	Horninu lze kladívkem těžce rozbít	Zdravé: vápence, dolomity, slepence, pískovce, droby, pevné prachovce, pararuly, svory, fylity Mírně zvětralé: horniny třídy R 1 Navětralé: horniny třídy R 2
R 3	15 až 50	Střední	Horninu lze kladívkem lehce rozbít	Zdravé: jílovce, slínovce, vulkanické tufity, kataklasity Mírně zvětralé: horniny třídy R 1
R 4	5 až 15	Nízká	Horninu lze škrábat nožem, nikoliv nehtem	Zdravé: slabě zpevněné pískovce, prachovce a jílovce; chloritické a grafické břidlice, fylity, ultramylonity Silně zvětralé: horniny tříd R 1 a R 2
R 5	1,5 až 5	Velmi nízká	Horninu lze rozbít rukou	Zdravé: velmi slabě zvětralé pískovce, prachovce a jílovce; tufity; dislokační jíly Zcela zvětralé: horniny tříd R 1 a R 2 Silně zvětralé: horniny třídy R 3 Mírně zvětralé a navětralé: horniny třídy R 4
R 6	0,5 až 1,5	Extrémně nízká	Horninu lze škrábat nehtem	Zcela zvětralé: horniny tříd R 3 až R 5 Eluvia: charakteru zemin

^{a)} Pevnost v prostém tlaku stanovená zkouškou na nepravidelných vzorcích horniny.

^{b)} Stupeň zvětrání skalních hornin je charakterizován procentem obsahu zvětralých minerálů:

- zdravá: 0 %,
- navětralá: 0 % až 10 %,
- mírně zvětralá: 10 % až 35 %,
- silně zvětralá: 35 % až 75 %,
- zcela zvětralá: 75 %.

Tabulka 1 - ČSN 6133 Zatřídění hornin [5]

Tabulka D.1 – Klasifikace do tříd rozpojitelnosti a těžitelnosti				
Třída	Pevnost v tlaku	Střední hustota diskontinuit		
		vzdálenost v mm		
ČSN 73 6133	MPa	< 150	150 až 250	> 250
R 1	> 150	II	III	III
R 2	50 až 150	II	III	III
R 3	15 až 50	II	III	III
R 4	5 až 15	I	II	II
R 5	1,5 až 5	I	I	I
R 6	< 1,5	I	I	I
F 1 až F 8				I
S 1 až S 5				I
G 1 až G 5				I
G a S s kameny a balvany 100 mm až 250 mm v objemu nad 50 % anebo s balvany nad 250 mm do 0,1 m ³ v objemu 10 % až 50 % celkového objemu rozvolňované horniny (neplatí pro těžbu z deponie mladší 5 let).				II

Tabulka 2 - ČSN 73 6133 Klasifikace tříd [5]

Zatřídění hornin musí být uvedeno v dokumentaci stavby na základě geotechnického průzkumu. Při zatřídění skalních hornin podle těžitelnosti pouze na základě vrtných prací je nutné vzít v úvahu možná větší porušení jádra, a tudíž nižší třídu těžitelnosti, než je ve skutečnosti při těžbě. Z toho důvodu se stanovení třídy těžitelnosti u skalních hornin doplňuje geofyzikálním měřením, případně strojně hloubenými sondami.

Ačkoliv se DP primárně zabývá možnostmi použití rozdílných metod a způsobů měřitelnosti realizovaných zemních prací, je nutno nastínit i související komplikace, které v současné době je možné identifikovat v platné normě ČSN 73 6133. Značně problematické je vykazování zemních prací ve třídě R3 při pevnosti v tlaku 15 - 50 MPa. Důležitým faktorem pro určení třídy těžitelnosti je definice vzdáleností diskontinuit horninového masivu. Problém může nastat u horniny se vzdáleností diskontinuit 150 - 250 mm, viz Tab. 2. [5]

Problém spočívá v situaci, kdy například v případě neurčitosti a nesprávnosti klasifikace může zpracovatel práce uvést okolnosti, kdy Zhotovitel u běžně těžitelných křídových slínovců dle dříve platné normy ČSN 73 3050 klasifikoval těžitelnost v 5. nebo 6. třídě, nikoliv ve třídě III. dle dnes platné ČSN 73 6133. Závěrem je možné konstatovat, že dle platné legislativy je tak práce možné fakturovat např. ve slínovcích totožně, jako výkopy v masivní žule.

Vzhledem k této skutečnosti pak tedy nastává na stavbách situace, že Zhotovitel, ačkoliv si nacenil střílení a vykazoval tak práce, reálně na stavbě práce prováděl rozpojováním formou

pneumatického kladiva. Z toho důvodu je žádoucí zajistit odborné posouzení se zaměřením rozsahu, aby byla zajištěna dostatečná kontrola.

Jednou z dalších příčin dané problematiky je Zadávací řízení a s tím spojené podklady. Primární nepřesnosti vychází z již provedených průzkumů, neboť dodavatelé jsou standardně soutěženi na základě výběrového řízení s tím, že Zadavatel stanovuje kvalifikační kritéria v podobě referenčních zakázek, avšak je zřejmé, že hlavní podstatnou složkou v rámci soutěže je nabídková cena, kdy investor hledá co nejnižší. Tím může být docíleno nižší kvality projektové dokumentace, která je Zhotovitelem stavebních prací oceňována, a tedy se zde vytváří jasná rizika např. ve výši ceny vysoutěžené a finální.

Příklad:

V rámci projektové dokumentace PDPS bylo počítáno s výměnou AZ v rámci všech úseků zářezu SO 101. Původní řešení uvažovalo s odtěžením nevhodného materiálu v aktivní zóně a jeho nahrazením materiálem vhodným dle ČSN. Dále projektová dokumentace uvažovala se zastižením horniny tř. těžitelnosti I. a II, viz Tab. 3.

Třídy těžitelnosti dle		Procentuální zastoupení (%)	
ČSN P 73 1005	Cenové soustavy 800-1	Cenové soustavy 800-1	ČSN P 73 1005 / ČSN 73 6133
I.	1.-3.	30	60
	4	30	
II.	5	40	40
	6.-7.	0	
Celkové procentuální zastoupení		100	100

Tabulka 3 - Předpoklad dle PDPS [28]

Na základě provedené pochůzky stavby, kde byly předem provedené průzkumné sondy/výkopy a zemní práce už probíhaly se za účasti geotechnika Objednatele a geotechnika Zhotovitele, bylo vyhodnoceno, že byla zastižena hornina těžitelnosti tř. III a došlo k odbornému odhadu procentuálního zastoupení jednotlivých tříd v zářezu, viz Tab. 4.

Třídy těžitelnosti dle		Procentuální zastoupení (%)	
ČSN P 73 1005	Cenové soustavy 800-1		
		Cenové soustavy 800-1	ČSN P 73 1005 / ČSN 73 6133
I.	1.-3.	30	50
	4	20	
II.	5	10	10
	6.-7.	40	
Celkové procentuální zastoupení		100	100

Tabulka 4 - Zastižená skutečnost po odborném posudku Geotechnika

Vzhledem ke skutečnosti, že v rámci PDPS tedy bylo počítáno pouze se zastoupení tř. těžitelnosti I. a II., viz Tab. 3, Zhotovitel do Nabídkového soupisu prací nacenil pouze tyto práce.

Na základě skutečnosti, které nastaly až v rámci realizace prací, Zhotovitel musí provést nacenění nových prací spojených se zastiženou horninou tř. těžitelnosti III.

V rámci obecného postupu stanovování jednotkové ceny nových položek v souladu se Smlouvami a Obchodními podmínkami, které jsou uzavírány Ředitelstvím silnic a dálnic se Zhotovitelem, a v souladu s interním předpisem SGRŽ ŘSD ČR č. 18/2017 ver. 1.3, se v rámci § 20, odst. (3) SGRŽ Nové položky stavebních prací tvoří v souladu s příslušnými ustanoveními Smlouvy, a proto dle § 20, odst. (4) SGRŽ: „Není-li stanoveno jinak, Správce stavby postupuje v rámci posouzení správné jednotkové ceny nových prací následovně“:

- Dle odst. (4) písm. a): „Jednotková cena nové položky bude přednostně převzata z odpovídající položky uvedené ve Smlouvě (pokud odpovídá množství a charakter prací), případně odvozena se zdůvodněním jejího použití a provedené úpravy“. [31]

Na základě výše uvedeného se Zhotovitel tak dostal do pozice, kdy na základě ocenění původně uvažovaných prací, je nucen odvodit cenu nových prací, ačkoliv s nimi neuvažoval, a nikoliv například přebírat cenu expertní či dokládat individuální kalkulaci.

Z toho důvodu je Objednatel schopen oprávněně vyvíjet tlak na Zhotovitele v rámci cenotvorby v souladu se Smlouvou se zdůvodněním, že v rámci vyloučení rizik nesprávného zvolení jednotkové ceny nových prací by měly být vyvráceny podmínky postupu dle § 20, odst. 4, písm. a) SGRŽ, neboť Investor je nucen postupovat s péčí řádného hospodáře v souladu se zák. č. 134/2016 o Zadávání veřejných zakázek. Teprve tehdy mohou být porovnávány jednotkové

ceny s expertními cenami OTSKP, ceníky ÚRS v aktuální cenové úrovni a vlastními ceníky materiálů zjištěných z veřejně dostupných nabídek jejich výrobců.

Problém však nenastává pouze v rámci cenotvorby, ale také v rámci nepřesné formulace v rámci tř. těžitelnosti III. dle normy ČSN 73 6133, kde je uvedeno, že: „K rozpojování je nutné použít trhací práce. K rozpojování se mohou použít kladiva, ...“.[5] Bohužel v tomto případě se nejedná o zcela šťastnou formulaci, neboť způsob realizace je na Zhotoviteli a rozhodně není vždy nutné použít trhací práce, ale záleží primárně na zastihnuté skutečnosti, tedy pevnosti a homogenitě podloží v návaznosti na vzdálenost diskontinuit.

Na základě výše uvedeného tak je nutno charakterizovat další nastalá úskalí v podobě převodníku tříd těžitelnosti dle normy ČSN 73 3050 na třídy dle normy ČSN 73 6133.

Při detailním prostudování výše uvedené problematiky spojené s konkrétním případem na stavbě byla zjištěna problematika přístupu u zařazení horniny pevných drobných, tj. třída 4 dle ČSN 73 3050, kdy Geotechnik Zhotovitele pracuje s cenovou soustavou RTS. Rozdíl nastává tehdy, kdy soustava RTS uvažuje se zařazením pouze do třídy těžitelnosti II, viz Obr. 1.

Převodník tříd těžitelnosti na třídy dle normy ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací				
Třída těžitelnosti podle ČSN 73 6133		Třída těžitelnosti podle ČSN 73 3050 (neplatná)		
	Popis	Pevnost	Popis	
I.	Těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanizmy (buldozery, rypadla), ručně	1	horniny sypké	dají se nabírat lopatou, nakladačem
		2	horniny rypné	rozpojitelné rýčem, nakladačem
		3	horniny kopné	rozpojitelné rýčem, nakladačem
		4	pevné horniny drobné	rozpojitelné klínem, rypadlem
II.	Pro těžbu rozpojování je nutné použít speciální rozpojovací mechanizmy - rozrývače, skalní lžice, kladiva	5	pevné horniny lehko trhatelné	rozpojitelné rozrývačem, těžkým rypadlem (hmotnosti nad 40 t), trhavinami
III.	K rozpojování je nutno použít trhací práce	6	pevné horniny těžko trhatelné	rozpojitelné těžkým rozrývačem, trhavinami
		7	pevné horniny velmi těžko trhatelné	rozpojitelné trhavinami

Obrázek 1 - Cenová soustava RTS - převodník [18]

Geotechnik Zhotovitele však přistupoval k zatřídění třídy 4 dle normy ČSN 73 3050 v souladu s využívaným Oborovým třídníkem stavebních konstrukcí a prací (dále jen „OTSKP“) - část Popisovník, schválený dne 3.1.2006 MD-OPK, který uvažuje s rozlišením prací v rámci třídy 4 do tř. těžitelnosti I. písm. a), b), c), f) a do tř. II. písm. d) a e), viz OTSKP z roku 2006. [17]

Veškeré další aktualizace OTSKP od roku 2014 již takto detailně problematiku dělení tříd těžitelnosti neřeší i přesto, že stále častěji dochází v této problematice k rozdílným názorům a postojům, které mají za následek rozdílné přístupy na stavbách v podobě oceňování.

V rámci možných nesrovnalostí byla analyzována pouze informativně také norma ČSN 73 3055 a Cenová soustava ÚRS, která uvádí principy pro navrhování a provádění zemních prací pro vodohospodářská potrubí uložená v zemi, přičemž zde uvažuje v případě třídy 4 dle ČSN 73 3050 pouze se zatříděním do tř. těžitelnosti II, viz níže Tab. 5.

Na základě výše uvedených skutečností je nutné z pohledu verifikace, transparentnosti a předejití právě uvedeným komplikacím doplnit převodní tabulku mezi normami, ze které bude zcela jasně patrné, že třídy těžitelnosti dle normy ČSN 73 3050, příp. 73 3055 aj. jsou zařazeny do příslušných tříd těžitelnosti dle platné normy, a nikoliv pouze přiřazovat k třídám těžitelnosti horniny dle tříd pevnosti a střední hustotě diskontinuit.

Třída těžitelnosti	Skupina	Zjednodušený popis	Charakteristický způsob rozpojování, použitelná mechanizace	Kritéria pro zařazení	Příklady zemin a hornin
I.	1	Měkké jemnozrné zeminy, sypké a kypřé hrubozrné	Ručně – lopatou, strojně lehkým nakladačem	Jemnozrné: $I_c = 0,05 - 0,75$, $I_p < 17$; Hrubozrné: $I_b < 0,33$, zrna do 20 mm	Ornice, hlína, písčité hlína Písek, písek se štěrkem, písčité štěrky, drobný a střední štěrk příp. s kameny
	2	Rypné zeminy – jemnozrné konzistence, hrubozrné středně ulehle	Ručně – rýčem, strojně nakladačem, lehkým rypadlem	Jemnozrné: $I_c = 0,75 - 1$, $I_p < 17$; Hrubozrné: $I_b = 0,33 - 0,67$, zrna do 50 mm do 10% objemu	Ornice, hlína, písčité hlína, spraš, rašelina Písčité štěrky, střední a hrubý štěrk příp. s kameny, stavební odpad a navážka obdobného charakteru
	3	Kopné zeminy – jemnozrné pevné konzistence, hrubozrné ulehle	Ručně – krumpáčem, strojně rypadlem	Jemnozrné: $I_c > 1$, $I_p < 17$; Hrubozrné: $I_b > 0,67$, zrna do 50 mm, se zmy 50 – 100 mm nad 10 % nebo se zmy nad 100 mm do 10 % objemu Zvětralé horniny s velmi oslabenou strukturální vazbou	Pevná hlína, písčité hlína, zvětralé horniny hodnocené jako jílovito-písčité zeminy Písčité hrubý štěrk, hrubý štěrk příp. štěrk s kameny, stavební odpad a navážka obdobného charakteru Eluvia, hydrotermálně rozložené horniny
II.	4	Zeminy tvrdé konzistence, lehce rozpojitelné horniny Zeminy s vysokou až extrémně vysokou plasticitou	Ručně – pneumatickým kladivem, strojně středním rypadlem	Jemnozrné pevné až tvrdé konzistence, $I_c > 1,2$, $I_p \geq 17$; Hrubozrné se zmy 100 – 250 mm do 50 %, se zmy nad 250 mm do 10 % objemu Navětralé a zvětralé nebo značně rozpukané horniny Zeminy kašovité a tekuté konzistence $I_c < 0,05$	Jíl, písčité jíly, jílovitá hlína, písčité nebo prachovitá hlína Hrubý štěrk s kameny nebo balvany Navětralé jílovce slínovce, prachovce, tufy, zvětralé pískovce, měkké vápence, slínovce (opuky), značně rozpukané žuly, ruly, andezity, vápence a křemence Bahňité náplavy, tekuté písky, kašovité rašelina
	5	Středně obtížně rozpojitelné horniny	Ručně – pneumatickým kladivem, strojně těžkým rypadlem, bouracím mobilním kladivem	Hrubozrné se zmy 100 – 250 mm nad 50 %, se zmy nad 250 mm 10 – 50 % objemu Pevné, zdravé horniny s mocností vrstev nebo plochami dělitelnosti do 150 mm Zmrzlé zeminy	Hrubý štěrk s kameny nebo balvany Slepence s jílovitým tmelem, jílovec, břidlice, pískovce s jílovitým nebo slinitým tmelem, travertín, písčité slínovce (opuka), navětralá žuta, rula, křemence, pískovce
III.	6	Těžce rozpojitelné horniny	Těžkým rozrývačem, těžkým bouracím kladivem, trhavinami	Hrubozrné s balvany nad 250 mm do 0,1 m ³ nad 50 %, s balvany nad 0,1 m ³ do 50 % objemu Pevné vyvětlé, usazené nebo přeměněné horniny s plochami dělitelnosti do 1 m (lavicová odlučnost), vzdálenost ostatních puklin do 250 mm	Žula, rula, andezit, čedič, křemité břidlice, svor, fylit, balvanité slepence vápnitým a slinitým tmelem, vápence, droby, pískovce s vápnitým a křemítovápnitým tmelem, dolomit
	7	Velmi těžce rozpojitelné – trhatelné horniny	Trhavinami	Hrubozrné s balvany nad 0,1 m ³ nad 50 % objemu Pevné, zdravé masivní horniny, příp. s nepravidelnou odlučností s plochami diskontinuit vzdálenými více než 250 mm	Křemence, křemité žuly a ruly, diority, bulžňníky, rohovce, gabra, andezity, granodiority, znělice, čediče se sloupcovitou odlučností, rohovcové vápence

Tabulka 5 - Třídy a skupiny těžitelnosti, způsob rozpojení aj. [Tab. A.1 ČSN 73 3055]

3 ZÁKLADNÍ PODKLADY, POSTUPY MĚŘENÍ, ČERPÁNÍ A FAKTURACE POLOŽEK

3.1 Geodetické podklady před realizací stavby

Jedním z nejdůležitějších podkladů, které je nutno předat při předání staveniště Zhotoviteli, je vytyčení obvodu stavby a předání základní vytyčovací sítě stavby jako rámce, ke kterému jsou vztažena po celou dobu stavby veškerá geodetická měření všech účastníků stavby.

V průběhu stavby je poskytován servis v podobě kontrolních měření, případně kontrolních výpočtů vybraných položek dokladovaných Zhotovitelem vůči Objednateli stavby. Na konci stavby probíhá kontrola geodetické dokumentace skutečného provedení stavby z hlediska obsahové a formální úplnosti, zejména ve vztahu ke kolaudaci stavby a zajištění implementace do systému, ve kterém investor stavbu po uvedení do provozu spravuje.

Jednou z hlavních rolí v rámci kontroly úplnosti geodetických podkladů, ale také v rámci samotné realizace, je specialista geodet neboli ÚOZI-Objednatele.

3.1.1 Obvod stavby

Obvod a úpravy staveniště, příjezdy a přístupy na staveniště slouží k vymezení místa, kde se Zhotovitel může v rámci realizace stavby pohybovat. Přičemž obvod staveniště musí být zcela jasně zakreslen v situačním výkresu současného stavu území v rámci projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení, dále v zásadách organizace výstavby v technické zprávě a ve výkresové části v souladu s Přílohou č. 8 k Vyhlášce dokumentaci staveb č. 499/2006 a §13 Vyhlášky k provedení zákona o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů č. 31/1995 Sb. Samozřejmou součástí jsou trvalé i dočasné zábory, kterým předcházely majetkoprávní přípravy. Před samotnou realizací probíhá protokolární předání obvodu staveniště mezi Objednatel a Zhotovitelem za účasti ÚOZI Objednatele a ÚOZI Zhotovitele. Obvod stavby je téměř vždy Zhotovitelem vyznačen osazenými dřevěnými kolíky, které pomáhají k orientaci účastníkům stavby. [13, 15]

Vytyčení obvodu stavby bylo v rámci této DP provedeno dle geodetického koordinačního výkresu s přesností stanovenou směrodatnou odchylkou 0,07 m dle Zadávací dokumentace.



Obrázek 2 - Vytyčení obvodu stavby [vlastní fotografie]

3.1.2 Vytyčovací síť stavby

Pro vytyčování stavebního objektu neboli pro jeho umístění v terénu a vyznačení jeho projektovaného rozměru a tvaru je velice důležité mít před zahájením samotného vytyčování obvodu, nebo vytyčení stavby, vytyčovací síť stavby, konkrétně údaje o bodech základní vytyčovací sítě stavby (dále jen ZVS). [15]

Jedná se o geodetický referenční systém ve formě polohového bodového pole a výškového bodového pole. Výškové body mohou být stabilizovány společně s polohovými body sítě. Vytyčovací síť musí vycházet z geodetického státního závazného systému na území ČR a jsou na ni navázána veškerá následná měření na stavbě včetně nižších vztažných systémů. [10, 35]

Rozlišujeme dva druhy vytyčovací sítě:

- Polohové – měřická přímka (osa), polygonový pořad, trojúhelníkový řetězec nebo plošná (pravoúhelníková) síť.
- Výškové – buď nezávisle na polohové síti nebo obvykle se do výškové vytyčovací sítě zapojují vhodně stabilizované body polohové sítě. [35]

Prostorová poloha je zpravidla ovlivněna značným počtem podmínek, které musí být obsaženy ve vytyčovacím výkresu, aby bylo možno dodržet kvalitu a přesnost vytyčení.

Body jsou převážně navrženy v rámci záboru stavby a tvoří nedílnou součást Zadávací dokumentace pro samotnou realizaci stavby. Na nově realizovaných liniových stavbách se

převážně body ZVS buď realizují nové, nebo dochází ke „zhušťování“ návrhem mezilehlých bodů, popř. se doplňují o sekundární vytyčovací síť či mikrosítě.

Příklad:

Popis hloubkové stabilizace bodu ZVS

Na pozici nově realizovaného bodu ZVS dochází k realizaci piloty o průměru zpravidla 0,4m a hloubky dle místních geotechnických podmínek. Nejprve dochází k provedení vrtu, který je posléze zajištěn vsunutím PVC roury DN 350. Poté dochází ke vložení armokoše, který se fixuje v hloubce 0,8 m pod úroveň okolního terénu. Vrt je vybetonován a po lehkém zavadnutí betonu jsou do hlavy piloty ve vzdálenosti 0,05 m od svislé osy zasunuty do hloubky 0,30 m dva armovací pruty délky 0,60m. Na střed je osazena novodurová trubka DN 150 délky 1,1 m, do které jsou zasunuty armovací pruty a dochází k vybetonování. Do hlavy piloty je vložena hřebenová nivelační značka délky 0,10 m z nerezové oceli u které je nutné zajistit její svislost a zároveň ve vrchní části je opatřena malým otvorem/důlkem pro jednoznačné určení polohy bodu.

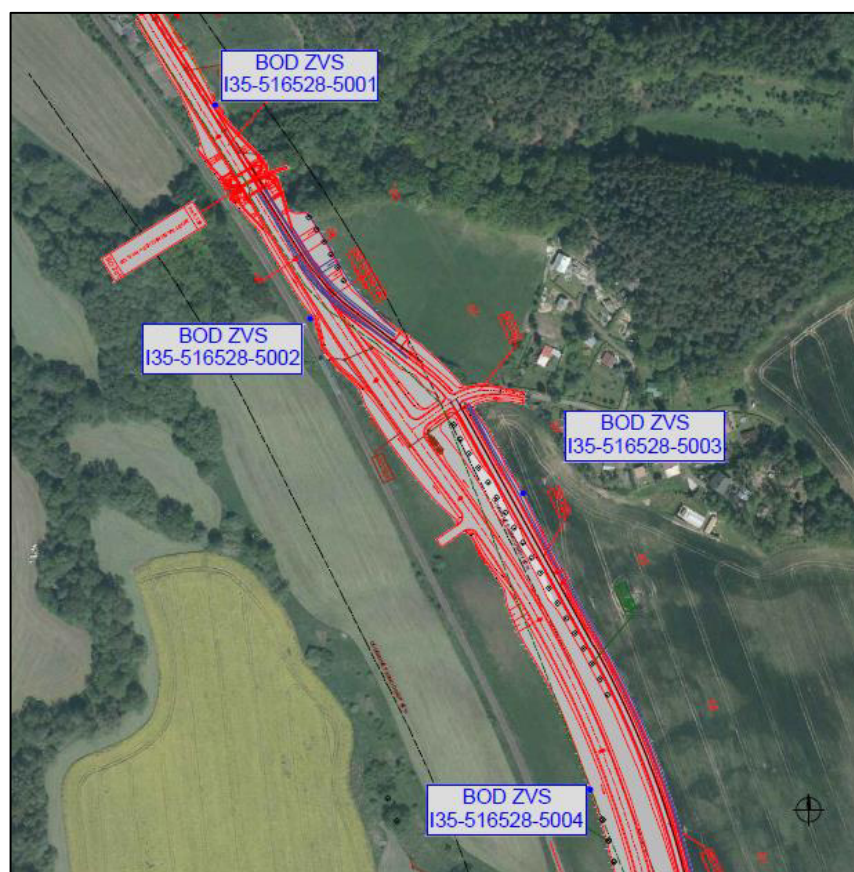
V neposlední řadě dochází k osazení plastové šachty tak, aby nivelační značka ležela v jejím středu a poklop byl v úrovni terénu. Nově realizované body, viz Obr. 3, jsou před zahájením osazeny a trvale zajištěny proti jakýmkoliv posunům.

Vytyčení charakteristických bodů a hlavních výškových bodů jednotlivých objektů stavby se řídí Technickými kvalitativními podmínkami staveb pozemních komunikací, kap. 1, Příloha 9 a ČSN 73 0420-2.

Dle Zadávací dokumentace předmětné níže uvedené stavby je hodnota směrodatné souřadnicové odchylky pro určení bodů ZVS požadována 0,015 m a hodnota směrodatné výškové odchylky 0,003 m.



Obrázek 3 - Realizovaný bod ZVS [28]



Obrázek 4 - Body ZVS na stavbě I/35 Ktová [28]

3.1.3 Vytyčovací dokumentace stavby

Jedná se o podklady sloužící pro přenesení projektové dokumentace přímo do terénu. Vytyčovací body jsou nedílnou součástí Zadávací dokumentace, které jsou důležitým podkladem jak pro Zhotovitele, tak pro kontrolní měření Objednatelem. Kontrolní body u PK obsahují vždy staničení [km], vzdálenost od osy [m], polohové souřadnice bodu X, Y a výšku bodu podle toho o jakou vrstvu se jedná (zemní pláň, šterkodrt', jednotlivé asfaltové vrstvy). [15]

Přenesení vytyčovacích bodů stavby do terénu musí probíhat přes vytyčovací síť stavby, která je popsána v kap. 3.1.2.

Kontrolní body - VLEVO										
Staničení	Vzdálenost od osy	X	Y	výška na vrstvě						
(km)	(m)			KL1 (SMA 11 S)	KL2 (ACL 22 S)	KL3 (ACP 22 S)	KL4 (MZK)	KL5 (ŠD _A)	KL6 (PLÁŇ)	KL6 (PARAPLÁŇ)
0,00000	-4,07	1001387,17	678826,44	280,02	279,98	279,90	279,82	279,62	279,35	278,85
0,02000	-4,07	1001404,18	678815,91	280,22	280,18	280,10	280,02	279,82	279,55	279,05
0,04000	-4,07	1001421,18	678805,38	280,42	280,38	280,30	280,22	280,02	279,75	279,25
0,06000	-4,07	1001438,18	678794,85	280,62	280,58	280,50	280,42	280,22	279,95	279,45
0,08000	-4,07	1001455,18	678784,32	280,82	280,78	280,70	280,62	280,42	280,15	279,65
0,10000	-4,07	1001472,19	678773,78	281,02	280,98	280,90	280,82	280,62	280,35	279,85
0,12000	-4,07	1001489,19	678763,25	281,22	281,18	281,10	281,02	280,82	280,55	280,05
0,14000	-4,07	1001506,19	678752,72	281,42	281,38	281,30	281,22	281,02	280,75	280,25
0,16000	-4,07	1001523,20	678742,19	281,62	281,58	281,50	281,42	281,22	280,95	280,45

Tabulka 6 - Vzor tabulky s kontrolními body na stavbě I/35 Ktová [29]

V rámci výše uvedené Tab. 6 jsou uvedeny hodnoty kontrolních bodů s přesností na centimetr, ale s ohledem na požadavky na přesnost vytyčení a realizaci konstrukčních vrstev a jejich tloušťku je nutné provádět měření s přesností na mm.

3.2 Základní postupy měření, čerpání a fakturace položek

3.2.1 Obecný náhled na Metodiku měření

Na území České republiky jsou v rámci výstavbových projektů využívány smluvní podmínky FIDIC, a to převážně u veřejných zakázek zadávaných Ředitelstvím silnic a dálnic ČR (dále jen „ŘSD“), Správou železniční dopravní cesty či Ředitelstvím vodních cest ČR.

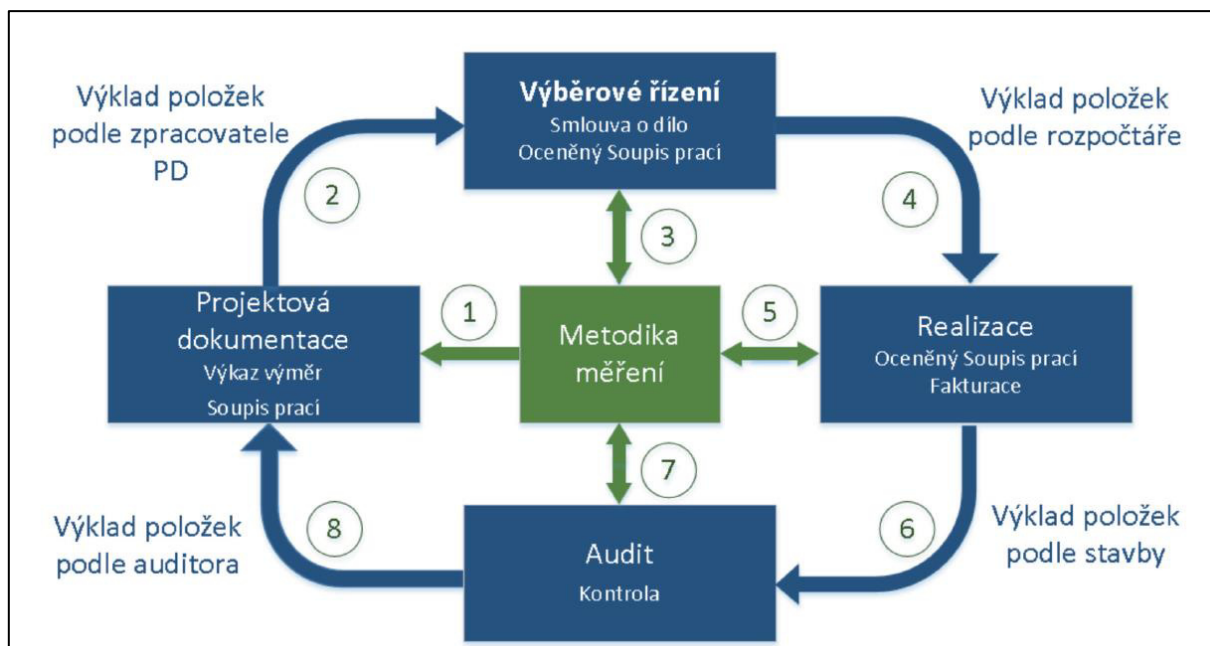
FIDIC je mezinárodní organizací, která sdružuje národní asociace konzultačních inženýrů z celého světa, a právě jedna z jejich hlavních činností je vydávání vzorových smluvních podmínek.

Nejrozšířenější vzorovou smluvní knihou v České republice je Red Book (tzv. červená kniha), která se dělí na obecné a zvláštní podmínky, které modifikují praktickou aplikaci podmínek obecných dle individuálních potřeb stavby.

Vzhledem ke skutečnosti, že realizací Díla dle Red Book jsou nastaveny podmínky metodou „Design-Bid-Build“, tzv. generální dodavatelství, projektovou dokumentaci tak zpracovává Objednatel/Investor a zároveň za ni i zodpovídá.

Jelikož se jedná o měřený kontrakt, kdy výsledná cena Díla je stanovována na základě měření skutečně provedených prací, bylo snahou ŘSD o zcela jasné vymezení konkrétní metody, pravidel a principu měření Díla u stavebních zakázek ve vztahu k úpravě zadávání, realizace a kontroly tak, aby bylo zajištěno transparentní čerpání finančních prostředků z rozpočtu Státního fondu dopravní infrastruktury (dále jen „SFDI“).

Z výše uvedeného důvodu tak bylo přistoupeno ke zpracování Metodiky, která definuje pravidla pro určení výměr již od fáze přípravy zakázky, viz Obr. 5, aby tak nedocházelo k pochybení při stanovování výměry a aby stejný postup šel použit i při realizaci a tzv. „doměření“ množství položky jako vyhrazené změny ve smyslu zákona o zadávání veřejných zakázek č. 134/2016 Sb. [24]



Obrázek 5 - Diagram současného stavu měření množství položek [24]

Výše uvedená Metodika vychází z čl. 12 Red Fidic, který je v rámci zvláštních podmínek upravován následovně:

„Není-li ve Smlouvě stanoveno jinak a bez ohledu na místní praxi:

- musí se měřit čisté skutečné množství každé položky Stavby*
- metoda měření musí být v souladu s Výkazem výměr nebo jinými příslušnými formuláři a*
- metoda měření musí být v souladu s metodikou měření definovanou v Příloze k nabídce [33]*

Aby bylo možné aplikovat metody měření, které Metodika nastavuje, je nutné:

- Jednotlivé položky musí být jednoznačně definovány (číslo, název, doplňující popis, MJ, technická specifikace, Výkaz výměr v podrobnosti podle vyhlášky č. 169/2016 Sb., a jejich aktualizací, cenová soustava).*
- Musí být znám způsob jakým zpracovatel PD určil výměru.*
- Musí být stanovena pravidla, frekvence a způsob měření.*
- Musí být stanoveno jakým způsobem a v jaké fázi realizace se daná položka kontroluje, jaké musí splňovat kvalitativní požadavky a kdo jí má kontrolovat.*
- Musí být určena odpovědná osoba za měření.*
- Musí být vedeny podrobné záznamy o měření jednotlivých položek.*
- Materiálové, kvalitativní a rozměrové parametry provedené položky musí být v souladu se Smlouvou. [24]*

Jedině na základě výše uvedeného bude tak Zhotovitel daného Díla moci promítnout související práce s měřením do nabídkového Soupisu prací, neboť jakékoliv chybné ocenění je pak rizikem jen a pouze Zhotovitele.

Metodika mj. rozlišuje dva druhy položek, tj.:

- a) *Položky neměřitelné*
- b) *Položky měřitelné [24]*

Neměřitelnou položkou se rozumí typy paušálních položek, podmíněných obnosů nebo celých kompletů, které se vykazují/proplácují způsobem uvedeným ve Smlouvě. [24]

Př. Položka dopravně inženýrské opatření (DIO), které se na většině staveb definuje jako položka neměřitelná, může mít za následek i mnohá úskalí. V rámci praxe je na stavbách běžné to, že správci okolních silnic a Policie ČR chtějí dodatečnou úpravu DIO, a to osazením dočasného svislého dopravního značení i ve dvojnásobném množství, než předpokládal projekt DIO v rámci Zadávací dokumentace. Pokud se Zhotovitel rozhodne uplatnit právo na zaplacení dodatečného množství, musí celou položku DIO „rozklíčovat“, tzn. rozložit do úplného detailu, aby bylo patrné právo na zaplacení dodatečných úprav.

Měřitelnou položkou se rozumí taková položka, která má definovaný způsob zaměření. [24]

Př. Takovou položkou jsou pak právě položky zemních prací, které jsou součástí této DP, a u kterých je předem stanovený způsob měření v jednotkách stanovených v soupisu prací.

Vzhledem ke skutečnosti, že předmětem DP jsou zemní práce, je nutno v souladu s Metodikou určit skupinu měření k měřitelným položkám. Skupiny měření sdružují jednotlivé rozpočtové položky, pro které jsou určena jednotná pravidla stanovení výměry a způsobu měření. Zvolení jednotlivých Skupin a jejich podrobností je na zodpovědnosti Objednatele, určením v Zadávací dokumentaci.

Určení skupiny měření u měřitelných položek:

- a) *Použití skupiny z definovaných skupin měřených položek*
- b) *Odvozením z definované skupiny měřených položek*
- c) *Individuálním určením způsobu měření dané položky [24]*

Skupiny měření mají přímou návaznost na třídník OTSKP. Položky Zemních prací spadají do Skupiny 1. Podle druhu a specifikace prací se jednotlivé položky přiřazují do skupin.

Každá skupina má pak jasně definovaný způsob měření (časové, délkové, plošné, objemové, množstevní). Například objem sejmutí ornice lze definovat na základě předpokládané tloušťky

výpočtem. Při realizaci však může dojít k upřesnění skutečné tloušťky ornice nebo plochy dle zaměření. [24]

Výkaz výměr obsahuje pouze odhadovaná množství a výměry nemají být považovány za skutečné. Každá skupina (položka) musí mít předem jednoznačně určeno, jakým způsobem bude průběžně měřena. Pro danou položku Zemních prací se nejčastěji používají metody měření uvedené v této DP.

Metodika rozlišuje dvě Skupiny měření, tj.

- a) Kategorie položek/stavebních prací, které jsou rozsáhlé (cenově a rozměrově), nebo jsou nějakým způsobem klíčové.*
- b) Kategorie položek/stavebních prací jednoduchých tvarů a menšího rozsahu a položky jednodušší na zaměření. [24]*

Co je však nutno podotknout, je to, že neexistuje žádné reálně vymezení či hranice mezi jednotlivými kategoriemi, a proto je Metodika pouze jakým si obecným návrhem v postupu aplikace přístupu k měření.

Metodika dále kalkuluje s předpokladem, že způsob měření, frekvence a zařazení bude součástí Technické specifikace. Zde lze uvažovat nad tím, co přesně tím Metodika myslí, neboť Technickou specifikací může být myšlen dokument, který je součástí Smlouvy o Dílo v rámci Přílohy k nabídce, či Technickou specifikací jednotlivých položek v rámci smluvního rozpočtu. Pokud by snad šlo o výše uvedený dokument, který je součástí Přílohy k nabídce, pozbývalo by to veškerý smysl, neboť onen dokument není Zhotoviteli předložen v rámci Zadávacího řízení, a tak by mu nebylo umožněno promítnutí navrženého způsobu měření do jednotkové ceny jednotlivých položek.

V případě, kdy technickou specifikací by byla myšlena specifikace položek v rámci rozpočtu, dostáváme se tím do sporu s Metodikou OTSKP (Metodika oborového třídníku stavebních konstrukcí a prací u staveb pozemních komunikací), kdy:

„Kód položky, její název a příslušná technická specifikace a měrná jednotka tvoří pevně definovaný celek, který není možno měnit. Při jakékoli změně názvu položky, její specifikace nebo měrné jednotky bude kód položky doplněn indexem R.“ [17]

Z toho důvodu vyvstává otázka, jak je tento zásah do Metodiky OTSKP ošetřen.

Ačkoliv Metodika měření v úvodu definuje odchylky množství tak, že se nejedná o změnu, ale o projev způsobu určení celkové ceny Díla, jedná se o rozpor se zbytkem samotné Metodiky, kdy v případě, že je položka provedena v rámci předpisových tolerancí a zároveň splňuje kvalitativní podmínky určené Smlouvou, je možné danou odchylku rozměru označit za nezbytně nutnou, a položka tak bude proplacena podle smluvního množství s přijatými Změnami.

Aby byl dostatečně vysvětlen daný rozpor, je nutno nastínit, jak je nakládáno s termínem „Změna“ v prostředí výstavbových projektů v rámci §100 Zákona o zadávání veřejných zakázek č. 134/2016 Sb., Smluvních podmínek FIDIC a interního dokumentu ŘSD Směrnicí GŘ ŘSD ČR č. 18/2017 v platném znění.

Dle § 100, odst. 1. zák. č. 134/2016 Sb.:

(1) Zadavatel si může v zadávací dokumentaci vyhradit změnu závazku ze smlouvy na veřejnou zakázku nebo rámcové dohody, pokud jsou podmínky pro tuto změnu a její obsah jednoznačně vymezeny a změna nemění celkovou povahu veřejné zakázky. Taková změna se může týkat rozsahu dodávek, služeb nebo stavebních prací, ceny nebo jiných obchodních nebo technických podmínek. [14]

Změna neboli Variace je v rámci Smluvních podmínek FIDIC čl. 13 definována jako:

- *Změny v množství jakékoli položky práce obsažené ve smlouvě,*
- *změny v kvalitě a jiných vlastnostech jakékoli položky prací,*
- *změny ve výškách, rozmístění anebo rozměrech jakékoli části díla,*
- *vypuštění jakékoli práce, pokud nemá být vykonána někým jiným,*
- *jakoukoli dodatečnou práci, technologické zařízení, materiály nebo služby nezbytné pro stavbu včetně jakýchkoli s tím spojených přejímacích zkoušek, vrtů a jiných zkušebních a průzkumných prací, nebo*
- *změny v posloupnosti a načasování provádění díla. [32, 33]*

Dle Směrnice GŘ ŘSD ČR č. 18/2017 v platném znění:

(1) Vyhrazené změny jsou Změny, které si podle § 100 odst. 1 ZZVZ zadavatel může v zadávací dokumentaci vyhradit jako změnu závazku ze smlouvy na veřejnou zakázku nebo rámcové dohody za splnění následujících podmínek:

- a) Podmínky pro tuto Změnu a její obsah jsou jednoznačně vymezeny a*
- b) Změna nemění celkovou povahu veřejné zakázky.*

(2) Vyhrazenou změnou se v případě Změn dle této Směrnice rozumí zejména měření skutečně provedeného množství plnění u měřených smluv (dále jen „Měření“), tedy měření jako způsob určení ceny, kdy jsou hrazeny skutečně provedené práce na základě měřených položek uvedených v soupisu prací s výkazem výměr. Potřeba provedení těchto prací v průběhu realizace zakázky vzniká z důvodu:

a) upřesnění provedených v rámci zpracování realizační dokumentace stavby nebo

b) upřesnění objemu skutečně provedených prací na stavbě v průběhu realizace. [31]

Na základě výše uvedeného tak Metodika měření nakládá s termínem „Změna“ velmi nešťastně, neboť pokud by bylo vycházeno z definice, že v případě, kdy jsou práce doměřovány, nejedná se tak o Změnu, ale o pouhý způsob určení celkové ceny Díla v rámci měřeného kontraktu, tak samotná interní Směrnice ŘSD, kterou je Zhotovitel vázán dodržovat, uvažuje s doměřením jako se Změnou, kterou je nutno i tak administrovat formou Změny během výstavby.

Dále by mělo být zmíněno, že Metodika uvažuje s tím, že doměřením budou upřesňovány výměry jednotlivých položek a fakturace bude prováděna až na základě skutečně provedených prací. Zde je tak zcela nejasný postup v případě, kdy Zhotovitel dopracovává Zadávací dokumentaci do dalšího stupně, resp. projektovou dokumentaci pro provádění stavby do stupně realizační dokumentace. Nelze tak s určitostí říct, jak mají být práce správně fakturovány, pokud práce jako takové nejsou provedeny, ale Metodika měření sama definuje upřesnění projektové dokumentace jako odchylku v množství, která není změnou díla, ale způsob určení.

3.2.2 Aplikace Metodiky měření v praxi

V ideálním případě Objednatel, resp. zpracovatel PDPS, provedl definování položek měřitelných či neměřitelných, určil Skupiny a způsob měření, z toho důvodu Zhotovitel mohl v rámci zadávacího řízení do nabídkového soupisu prací promítnout potřebné nacenění, které obsahuje požadovaná měření.

Zhotovitel v tuto chvíli tak jednotlivá čerpání množství daných položek zapisuje do tzv. ZMP, neboli Záznam měření položek, který je vytvářen a veden v průběhu realizace Zhotovitelem pro jednotlivé položky.

V praxi jsou běžně využívány spíše listy výkazu výměr (LVV), které by měly být předkládány Zhotovitelem vždy ke konci fakturačního období ke kontrole a případnému odsouhlasení, přičemž ZMP má stejnou funkci.

V rámci kap. 3.2.1 bylo již zmíněno, že Zhotovitel je při realizaci Díla oprávněn fakturovat pouze potvrzené množství s tím, že v případě, kdy zaměřené množství obsahuje Změnu, je Zhotovitel oprávněn fakturovat rozdíl mezi Změnou a původním množstvím ve Smlouvě o Dílo jedině na základě pokynu, schválení nebo jiného smluvního titulu.

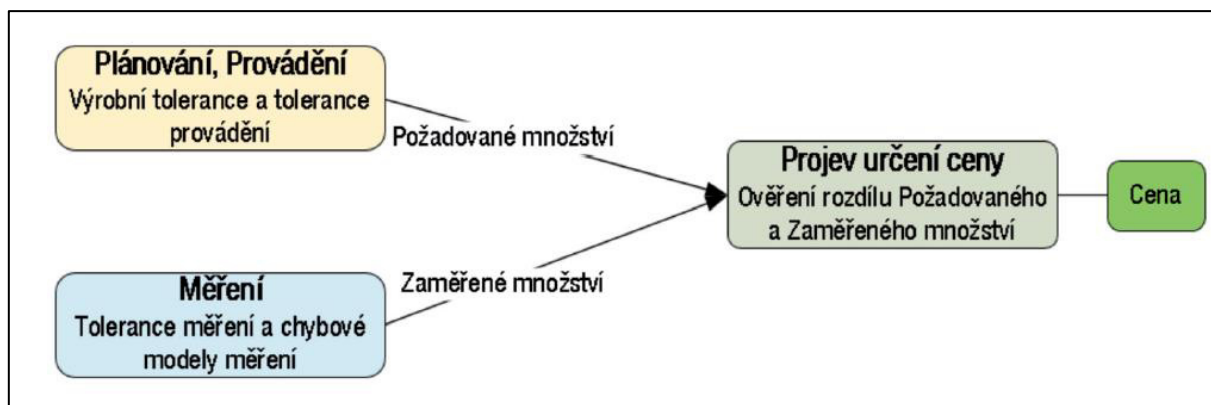
Nejčastěji je u položek zemních prací Zhotovitelem dokládán geodetický protokol potvrzující dané množství, které následně Asistent Správce stavby, nebo určený specialista TDS odsouhlasí/neodsouhlasí. V případě pochybností nebo k potvrzení oprávněnosti využívá ÚOZI Objednatele k nezávislému kontrolnímu měření.

Stejně požadavky nastavují v případě zemních prací i Technické kvalitativní podmínky kap. 1.7.1, které jsou uzavírány v rámci Smlouvy o Dílo, a jedná se o standardní požadavky Objednatele stavby na její provedení, kontrolu kvality a převzetí prací, kdy předepisují jako hlavní podklad pro proplacení provedených prací „*výsledky kontrolních měření zahrnující i geodetické protokoly Zhotovitele o zaměření a kontrole; změřené výměry.*“ [10]

V rámci finálního měření položky pak posléze na stavbě proběhne měření v souladu s určenou Skupinou měření, kdy v případě, že:

- a) *Požadované množství je rovno Zaměřenému množství, je dočerpána celá položka ve výši Požadovaného množství, nebo*
- b) *Požadované množství není rovno Zaměřenému množství, a tak je provedeno tzv. Ověření rozdílu Požadovaného množství a Zaměřeného množství.*

Pokud Zhotovitel nárokuje Zaměřené množství, musí být Asistentem Správce stavby Ověřeno, zda položka byla provedena bez Nekázně, že se nejedná o Změnu např. v důsledku technického řešení díla nebo např. odchylka není důsledkem chyby v projektové dokumentaci, viz Obr. 6. Jedině poté může Zhotovitel fakturovat Zaměřené množství (tzv. včetně Doměření). Pokud tomu tak není, Zhotovitel fakturuje Požadované množství. [24]



Obrázek 6 - Vztah Ověření k tolerancím měření a provádění [24]

Finální kontrolu zajišťuje Správce stavby, který je oprávněn dané množství ověřit za přítomnosti Zhotovitele s použitím přístrojů vykazujících stejnou metrologickou přesnost a s použitím metod, jaké použil Zhotovitel, či může Zhotoviteli nařídit opakování měření, kdy v případě chybných/odlišných výsledků jsou náklady vymáhány po Zhotoviteli. [24]

Metodika jako taková tak nastavila postup/pravidla, která dovolují fakturovat množství provedených prací na základě ZMP. V současnosti však je administrace tak i fakturace řešena následovně. Administrace položek, které vznikly doměřením, je řešena formou Změn během výstavby, které upravuje interní Směrnice GŘ ŘSD ČR č. 18/2017, která aplikuje zák. č. 134/2016 u změn závazků veřejných zakázek v gesci ŘSD.

Nejprve dochází k základnímu hodnocení Změny z hlediska rozsahu, významu a důvodu Změny, kdy je nutno rozlišit, zda se jedná dle § 222, odst. 3 ZZVZ o:

- a) *Změnu podstatnou, nebo*
- b) *Změnu nepodstatnou*

Za Změnu podstatnou se považuje taková Změna, která by:

- a) *způsobila překročení jednoho ze stanovených limitů v souladu s § 222, odst. 3, 4, 5, 6 a 9 ZZVZ,*
- b) *v souladu s § 222, odst. 3 ZZVZ umožnila účast jiných dodavatelů nebo by mohla ovlivnit výběr dodavatele v původním zadávacím řízení,*
- c) *měnila by ekonomickou rovnováhu veřejné zakázky ze Smlouvy ve prospěch vybraného dodavatele, nebo*
- d) *vedla by k významnému rozšíření rozsahu plnění veřejné zakázky. [14, 31]*

Vzhledem k tomu, že v rámci této diplomové práce uvažují s doměřením zemních prací v souladu s Metodikou měření, uvažujeme tak s předpokladem, že se bude jednat o změnu nepodstatnou, a bude nutno tak určit dle příčiny Skupinu změn dle výše uvedené Směrnice.

Směrnice uvažuje s těmito Skupinami:

- *Skupina 1 - Vyhrazené změny závazku (§ 100 ZZVZ)*
- *Skupina 2 - Záměna položek (§ 222, odst. 7 ZZVZ)*
- *Skupina 3 - Změny z nepředvídaných důvodů (§ 222, odst. 6 ZZVZ)*
- *Skupina 4 - Dodatečné stavební práce nezbytné k dokončení (§ 222, odst. 5 ZZVZ)*
- *Skupina 5 - Změny de minimis (§ 222, odst. 4 ZZVZ)*
- *Skupina 6 - Smluvní kompenzační nároky splňující podmínky nepodstatné změny*

Jelikož je cílem nastínění aplikace Metodiky měření v praxi a hlavně v současnosti, zaměřuje se DP na Vyhrazené změny, dle § 100, odst. 1 ZZVZ, resp. § 7 Směrnice GRŘ ŘSD ČR, kdy Vyhrazenými změnami jsou takové Změny, které si zadavatel může v Zadávací dokumentaci vyhradit jako změnu závazku ze Smlouvy za výše uvedených pravidel, viz kap. 3.2.1.

Vyhrazenou změnou se rozumí měření skutečně provedeného množství, tak jako v případě Metodiky měření, avšak s tím rozdílem, že potřeba provedení těchto prací vzniká i v průběhu realizace zakázky z důvodu upřesnění provedených prací v rámci zpracování realizační dokumentace stavby.

Na druhou stranu Směrnice na Doměření myslí a nabádá i k administraci formou ZMP, praxe na stavbách je však taková, že v rámci předejití rizikům v podobě špatně formulovaných technických specifikací položek a sporům ohledně skutečnosti, že Metodika měření není v současné době na většině stavbách zasmulvněna, a Zhotovitel tak není povinen ji dodržovat, jsou odchylky v množství, které vznikly doměřením, administrovány formou ZBV jako Vyhrazené změny, přičemž fakturovat lze tyto práce až po podepsání náležitých příloh, které jsou spojeny s administrací. [31, 32, 33]

Simulace

Pol. č. 12373 ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. I

Výkaz výměr:

Z kubatur. listu

výkop: 79745,0m³-3350,0m³(SO170)=76 395,000 [A]

výkop pro AZ: 7350,0m³=7 350,000 [B]

Celkem: $A+B=83\,745,000 [C]$

*tř. I cca 80 %, tj. $0,8*83745,0m^3=66\,996,000 [D] [28]$*

Technická specifikace položky (viz kap. 8.2) bude doplněna v rámci tvorby Zadávací dokumentace:


- jedná o se o Měřitelnou položku, která se řadí mezi klíčové stavební práce, proto jsou zařazeny do Kategorie 1, Skupina měření 1221 v souladu s Metodikou Měření
- geodetické měření bude probíhat formou laserového skenování

Na základě výše uvedeného Zhotovitel při nacenění musí při stanovování jednotkové ceny kalkulovat s tím, že Metodika měření stanovuje:

- 1) Jedná se o nákladově klíčovou položku, přičemž odpovědným za měření je oprávněný zeměměřičský inženýr Zhotovitele.
- 2) Měření položek/stavebních prací je doloženo vždy ověřeným geodetickým protokolem, který je přílohou listu ZMP. (standardně metoda měření je na Zhotoviteli, pokud není jinak uvedeno již v rámci VZ)
- 3) Zhotovitel vytvoří ZMP v souladu se Soupisem prací a Výkazem výměr, do kterého bude zapisovat při realizaci prací po celou dobu čerpání pro měření a fakturaci ve sjednaném období. [24]

Záznam měření položek							Číslo SO/PS:		Číslo podobjektu:	
Název a evidenční číslo stavby:					Pořadové číslo:	Kód položky:		Skupina měření:		
Název stavebního objektu/provozního souboru:					Název položky:		Množství ze SoD: [1]	MJ		
Modifikace způsobu měření skupiny a další poznámky:										
Přehled čerpání	SoD		Změna		Zbývá k fakturaci [7=1+Σ3-Σ5-Σ6]	Fakturováno množství		Podpisy oprávněných osob / datum		
	Zaměřeno [2]	č.	Množství [3]	Zaměřeno [4]		Z SoD [5]	Ze změny [6]	Zhotovitel	Asistent správce stavby	
Období:										
Výpočet/doložení:										
Poznámky:										
Období:										
Výpočet/doložení:										
Poznámky:										
Období:										
Výpočet/doložení:										
Poznámky:										
Období:										
Výpočet/doložení:										
Poznámky:										
Ověření rozdílu Požadovaného množství a Zaměřeného množství k poslednímu období fakturace položky							Podpisy oprávněných osob / datum			
Použije se hodnota rozdílu ("Zaměřeno z SoD+Změna") ("Množství z SoD+Změna")	Číslo Tabulky		Limitní rozdíl	Zaměřené množství	Doměření - nevhodné přeškrtnout					
	Viz Metodika Příloha 1, Kapitola 1				ANO	NE				

Obrázek 7 - Možný vzor ZMP [24]

 Firma: Společnost M-SILNICE, FIRESTA-I/35Ktová		4	
6.9.2		Datum: 8.2.2021 Čas: 8:47:56	
List výkazu výměr - měřicí protokol			
Stavba	5511510014	I/35 KTOVÁ, ODSTRANĚNÍ ÚROVŇOVÉHO PŘEJEZDU	
Objekt	SO 101	PŘELOŽKA I/35	
Podobjekt	101	PŘELOŽKA I/35	
Stavební díl	1	Zemní práce	
12373. ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. I			M3
Jedn.cena: 82,00		Cena celkem: 5 493 672,00	
		Množství: 66 996,000	
Měsíc	Výpočet výměr s nutnými náčrtky	Provedeno v měsíci	Celkem
04/2021	$AKM\ 0,310 - 0,360$ DLE LUB. LINIA $2843,902\ m^2$ Provedeno 60% $2843,902 \times 0,6 = 1706,34\ m^2$	6 956,00	6 956,00

Obrázek 8 - LVV ze stavby I/35 Ktová [vlastní fotografie]

Skutečnost na stavbě v rámci proplácení fakturace je však odlišná. Vzhledem ke skutečnosti, že Zhotovitel by měl fakturovat na základě LVV/ZMP podložený geodetickým protokolem, nastává situace, že ačkoliv práce již byly zrealizované a LVV/ZMP jsou předložené, dochází technickým dozorem k povolení, tzv. předběžné fakturace provedených prací v rozsahu dle jeho posouzení, neboť absence geodetického zaměření by způsobila pozastavení finančního toku směrem ke Zhotoviteli. A proto ačkoliv jsou stavební práce ze 100 % provedeny, technický dozor povolí fakturaci např. do výše 80 % s tím, že Zhotovitel bude moci práce v plné výši vyfakturovat po doložení všech potřebných podkladů.

4 POUŽITÉ GEODETICKÉ METODY MĚŘENÍ

4.1 Popis metody klasické geodézie

V úvodu je nutno říct, že pro „metodu digitální tachymetrie“ byl v rámci zpracování této DP použit vhodnější název, tj. „metoda klasické geodézie“, jednak z důvodu, že se jedná v praxi o termín, který je více využíván, ale hlavně z důvodu toho, že v rámci této metody je zde popsáno i měření GNSS, čímž by bylo označení digitální tachymetrie zavádějící.

Jedná se o geodetická kontrolní měření s využitím totálních stanic, nebo přístrojů globálních navigačních satelitních systémů (dále jen „GNSS“). Tyto metody jsou založené na kontaktním měření vybraných částí stavby. Použití těchto metod je zcela neomezené a využívá se zejména v případech zvýšeného požadavku na přesnost měřených dat ve vybraných kontrolních úsecích stavby.

Totální stanice jsou přístroje, které slouží k měření a vytyčování vodorovných a svislých úhlů, délek a k registraci naměřených dat s možností matematických operací s těmito daty. Přístroje byly do praxe uvedeny v devadesátých letech dvacátého století. Pro jejich všestranné využití v geodezii byly označeny jako totální stanice, dále viz kap. 6.1.1.

Globální navigační systémy jsou v povědomí veřejnosti spojeny zejména s automobilovou navigací. V dnešní době je běžně dostupná tzv. „GPSka“ jako autonomní navigace včetně mapových podkladů, případně jako součást mobilního telefonu či tabletu. Technologicky se však jedná o systémy vytvořené v sedmdesátých letech minulého století (1973), jejichž princip je zachován a pouze se technicky vylepšuje.

Primárně byl první takovýto systém NAVSTAR GPS vytvořen armádou USA pro vojenské účely jako např. navádění raket, lodí, letadel, chytrých bomb a vojáků na cíl.

Globálním navigačním satelitním systémem (GNSS) je myšlen dálkoměrný systém, kdy družice vysílají navigační zprávu, která obsahuje (kromě jiného) své označení, polohu a čas vyslání. Přijímač, jehož poloha je určována, musí přijmout tyto signály alespoň od čtyř různých družic. Pro každou z družic lze z rozdílu času vyslání signálu družicí a přijetí signálu přijímačem vypočítat jejich vzájemnou vzdálenost, což ve spojení se znalostí polohy družice tvoří kulovou plochu. Čím více signálů družic je zachyceno, tím je výsledek přesnější.

Každý GNSS funguje ve „svém“ souřadnicovém systému, např. GPS v geocentrickém WGS-84, a tedy veškeré výsledky zpracování jsou v tomto souřadnicovém systému. Pro běžné použití

jsou však potřeba souřadnice v jiném systému, v geodézii obvykle v S-JTSK a Bpv, proto je třeba výsledky měření z GNSS vždy převést z „jeho“ systému do cílového systému transformací. [26]

V České republice existuje celá řada permanentních stanic GNSS, ale pro tyto účely byla použita síť referenčních stanic spravovaná Zeměměřičským úřadem (ČZÚK) pod názvem CZEPOS.

Metoda klasické geodézie vyžaduje zvýšenou časovou náročnost, zejména u rozlehlých staveb. Avšak jednou z výhod je skutečnost, že měření nejsou zpravidla nijak výrazně ovlivněna postupem výstavby či počasím a zároveň při dodržení měřičských postupů poskytují z hlediska přesnosti spolehlivá data.

4.2 Popis metody laserového skenování

O metodě LS se začala vést diskuze v průběhu druhé poloviny devadesátých let minulého století jako o metodě přímého bezkontaktního určování 3D souřadnic. Pro komerční účely byla již běžně využívána na začátku 21. století. Jedná se o metodu, která je značně efektivní při sběru dat vzhledem k tomu, že dokáže zaměřit tisíce, i dokonce miliony bodů za pouhou vteřinu.

Laserové skenovací systémy jsou používány pro geodetická zaměřování na principu statického nebo mobilního sběru dat, přičemž dokážou určit velmi rychle velké množství prostorových souřadnic jednotlivých bodů na zaměřovaném objektu včetně velmi vysoké přesnosti. K tomu využívají prostorovou polární metodu, která využívá digitální čtení úhlů a pro měření délek nejčastěji pulsní laserovou technologii. Zaměření je pak precizní a komplexní. Naskenovaný objekt je interpretován mračenem bodů, ze kterých lze dále vytvářet 3D modely jako například u této DP vytváření modelu terénu pro měření kubatur. [22, 25]

Nasazením této technologie a metod se snižuje časová náročnost sběru dat, zejména u rozlehlých staveb v kombinaci s možností získat velkou hustotu zaměření vybraných úseků, nebo celé stavby. [27]

Jako o nevýhodě bychom pak mohli mluvit při zpracování naměřených dat, vzhledem k tomu, že se může jednat o miliony bodů, které je nutné upravit pro adekvátní výstupy. Dále pak přesnost spojování jednotlivých naměřených mračen bodů do jednoho výsledného celku a transformace do požadovaného souřadnicového systému, a to se dále promítá i do časové náročnosti právě z hlediska zpracování naměřených dat.

Dalšími negativními vlivy pak může být vliv atmosférických podmínek (déšť, sníh, vítr, mlha, prašnost) nebo překážky na stavbě v podobě zvýšeného pohybu dopravních strojů, zakryté části některých objektů stavby v závislosti na postupu prací, tvary objektů spolu s vlastnostmi povrchu mohou také výrazně ovlivnit kvalitu naměřených dat. U tvaru objektu stejně jako u povrchu zaměřovaného materiálu záleží na úhlu dopadu dálkoměrného svazku na zaměřovaný objekt. Tyto nevýhody se mohou promítnout do úplnosti a spolehlivosti dat z hlediska přesnosti. [22, 27]



Obrázek 9 - Počáteční nastavení a seznámení s Leica RTC 360 [vlastní fotografie]

4.3 Popis metody leteckého mapování

Letecké mapování neboli fotogrammetrie funguje na principu zpracování informací získaných o měřených objektech z obrazových záznamů fotografického snímkování, kdy na základě série snímků lze vyhodnotit prostorové souřadnice řešeného objektu nebo území ve 3D. Snímek tvoří středový průmět předmětu. Fotogrammetrie převádí středové průměry objektu na pravoúhlé průměry každého bodu na snímku, a tak se ze snímku stává mapa. Z fotografie dokážeme určit umístění, velikost a tvar předmětu měření v prostoru či určit vzájemnou polohu bodů. Měřený objekt je umístěn do souřadného systému v daném měřítku. [34, 36]

Jedná se o geodetická kontrolní měření založená na principu mobilního sběru dat, především s využitím UAV jako nosiče zařízení. Pro zpřesnění usazení snímků do terénu se využívá vlíčovacích bodů. Pro každou stereodvojici snímků je nutné určit minimálně 3 vlíčovací body

v ideálním případě se pak využívá bodu více, kdy náklady na signalizaci a zaměření vlíčovacích bodů v terénu nejsou zanedbatelné a poslouží daleko lepším výsledkům měření.

Výhodami této metody, krom toho že se jedná o bezkontaktní metodu, je to, že jsou data získána na základě zpracování leteckých měřických snímků. Dále nasazením této technologie a postupu se snižuje časová náročnost sběru dat, zejména u rozlehlých staveb v kombinaci s možností získat velkou hustotu zaměření vybraných úseků nebo celé stavby. Další výhodou této metody je možnost využití kamerového systému, díky němuž můžeme na stavbách, krom využití pro měření, pořizovat videodokumentaci postupu výstavby a v neposlední řadě pro následné vyhodnocení dokáže identifikovat téměř přesně lomové hrany.

Dalšími negativními vlivy pak může být vliv atmosférických podmínek (déšť, sníh, vítr, mlha, prašnost), nebo překážky na stavbě v podobě zvýšeného pohybu dopravních strojů, zakryté části některých objektů stavby v závislosti na postupu prací, tvary objektů spolu s vlastnostmi povrchu mohou také výrazně ovlivnit kvalitu naměřených dat. Další nevýhodou může být, že s rostoucí vzdáleností může klesat přesnost metody anebo je zapotřebí aplikace mnohem většího počtu vlíčovacích bodů. Tyto nevýhody se mohou promítnout do úplnosti a spolehlivosti dat z hlediska přesnosti. [19, 34]

5 VYMEZENÍ LOKALITY DOPRAVNÍ STAVBY

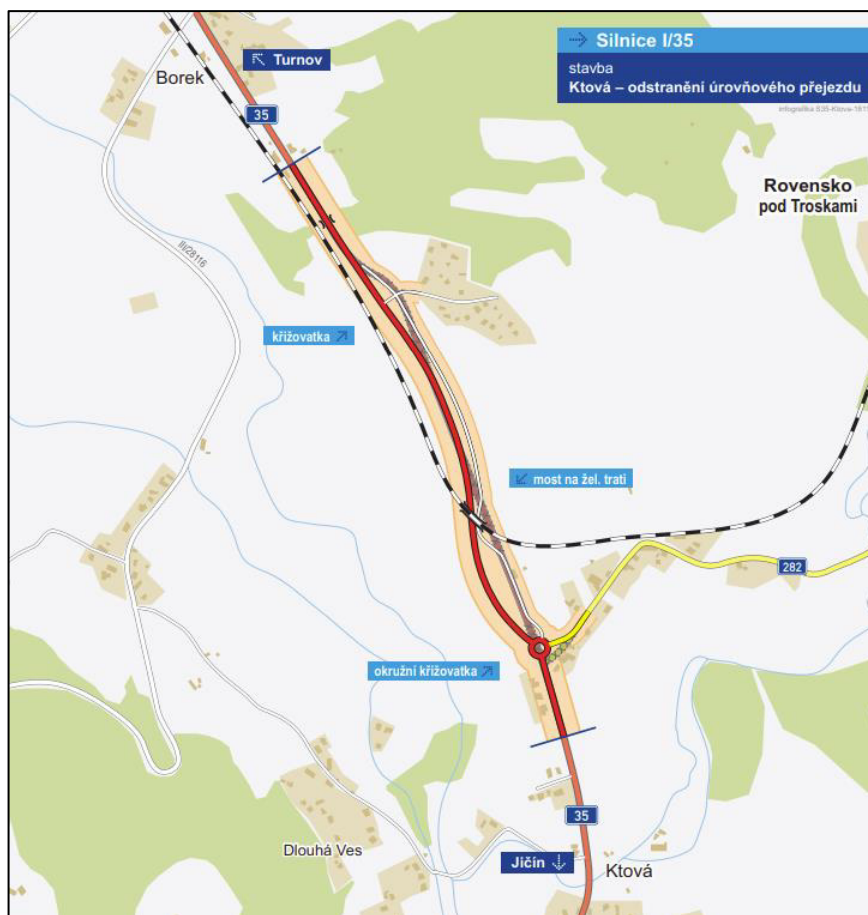
Zemní práce na stavbě I/35 Ktová, které byly realizované z důvodu odstranění úrovněového přejezdu a přeložky komunikace. Lokalita pro provedení terénních měření s návazností na vyhodnocení přesností navržených metod se nachází v Českém ráji mezi obcemi Borek a Ktová.

Předmětem stavby je odstranění úrovněového přejezdu a přeložka silnice I/35. Jedná se o novou liniiovou stavbu u obce Ktová v Libereckém kraji, která je z větší části vedená na pozemcích v blízkosti stávající silnice mimo zástavbu. Stavba navazuje na stávající silniční a železniční síť. Délka řešeného území je 1018 m v kategorii dvoupruhové silnice S9,5/70 a v kategorii MS 8,5/50.

Nová trasa silnice je postavena, aby se minimalizoval zásah do okolních pozemků, nezasahovala do výběžku lesního porostu u Borku, aby došlo k odstranění dopravní závady tvořené úrovněovým přejezdem a dvou nebezpečných po sobě jdoucích nenormových směrových oblouků, kde docházelo k častým nehodám, a zároveň by mělo dojít ke zlepšení směrových a výškových poměrů na tomto úseku silnice.

Přeložka začíná na stávajícím přímém úseku silnice I/35 za obcí Borek ve směru na Jičín. V km 0,138 vznikl nový most vedoucí přes bezejmenný přítok Libuňky, který nahradil stávající propustek v havarijním stavu a současně se zde zvýšila niveleta pro plynulejší výškové vedení nové trasy. Trasa pokračuje v přímé s následným levostranným obloukem o poloměru $R=2000$ m. V km 0,342 vznikne nová styková křižovatka k chatové oblasti. Od této křižovatky vede po levé straně hlavní trasy nová místní komunikace, která slouží pro pěší a cyklistickou dopravu a zároveň zajistí přístup na soukromé pozemky. Tato místní komunikace pokračuje až k nově vybudované okružní křižovatce na začátku obce Ktová.

Za zmíněnou křižovatkou pokračuje nová trasa v zářezu, která v části protíná polohu původní komunikace, avšak se značným výškovým rozdílem. Dále se jižně od původního železničního přejezdu nachází v km 0,828 nový příhradový železniční ocelový most o jednom poli s rozpětím 48 m, pod kterým je vedena i nová místní komunikace. Trasa pokračuje zářezem o levostranném oblouku $R=300$ k okružní křižovatce o průměru $R=40$ m. Okružní křižovatka slouží k bezpečnému a plynulému odbočení se silnicí II/282 směrem na Rovensko a k zaústění už zmiňované místní komunikací na začátku Ktové. Před okružní křižovatkou jsou nově vybudovány po obou stranách autobusové zastávky tvořené zálivy o délce 15 m. [28, 30]



Obrázek 10 - Mapový podklad stavby [30]

Pro aplikaci moderních metod měření uvažovaných v diplomové práci, byl vybrán úsek v délce 200 m ve staničení km 0,4 - 0,6 s ohledem na stanovený rozsah kontrolní činnosti, v závislosti na harmonogram prací a převážně z důvodu časové náročnosti měření. Vybraný úsek ve staničení km 0,400 začíná zářezem výšky cca 1 m na parapláň a následně prochází drobným zářezem, který v km 0,460 dosahuje téměř výšky parapláně komunikace. Od staničení km 0,480 pokračuje zářez v průměrné hloubce 2,5 m až do našeho konečného staničení km 0,600.

Při realizaci zaměření bylo nutno pracovat s okrajovými podmínkami, kterými byly veškeré okolnosti, které by mohly ovlivnit výsledky měření, tzn. realizace prací, pohyb staveništní a strojní techniky, klimatické podmínky aj., a zároveň taková realizace, která by mohla být provedena v krátkém časovém horizontu. Z toho důvodu na základě konzultace se Zhotovitelem byl zvolen úsek, který byl přístupný po dobu 3 dnů. Měření metodou klasické geodézie probíhalo v neděli dne 19.9.2021 na zhutněné parapláni, kde byly občas patrné mírně vyjeté koleje od staveništní techniky. Počasí bylo oblačné bez srážek okolo 17 °C. Následně v pondělí dne 20.9.2021 bylo provedeno měření metodou laserového skenování, kdy bylo

zataženo a opět okolo 17 °C. V úterý dne 21.9.2022 bylo provedeno měření metodou leteckého mapování za podmínek obdobných jako u předchozích metod.

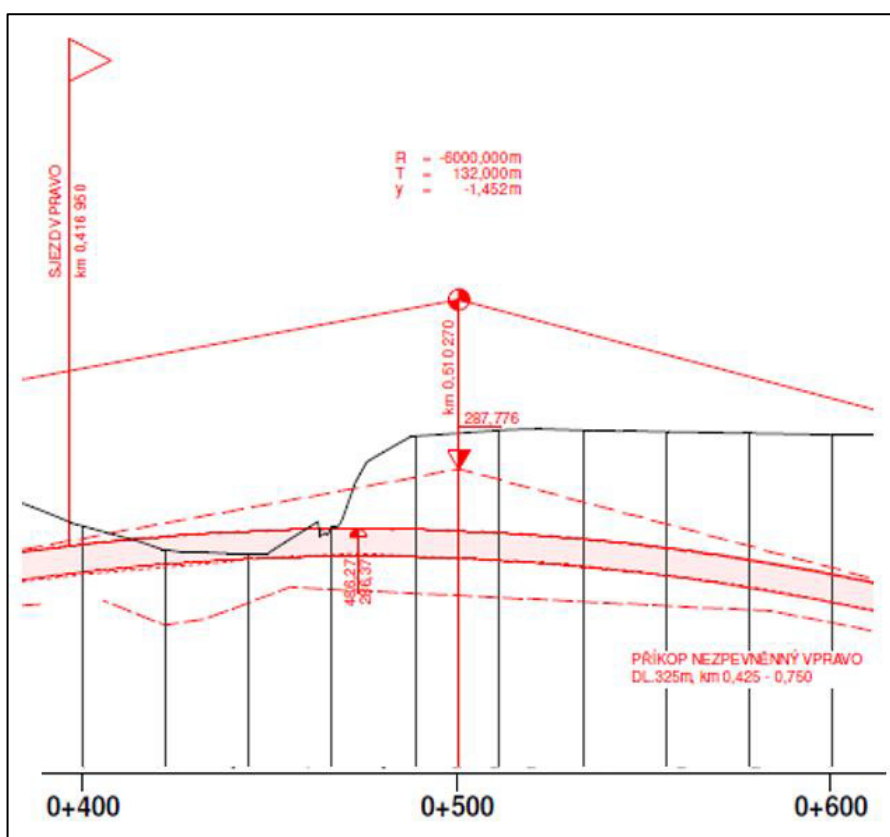
Mezi provedenými metodami byl časový odstup, ale klimatické podmínky se za tu dobu nijak zásadně nezměnily, a ani mezitím neproběhly srážky, které by mohly zasáhnout do přesnosti měření, čímž by mohlo dojít k znevěrohodnění v rámci samotného porovnání vybraných metod.

Do přesnosti však vstoupil pohyb stavební techniky, kterého se však nešlo vyvarovat vzhledem k probíhající realizaci stavby, a tím byly pravděpodobně způsobeny mírné nepřesnosti.

Paraplán je tvořena převážně písčitymi zeminami s různým obsahem jílovité příměsi. Dle ČSN 73 6133 se převážně jedná o zeminy třídy S4 SM, S3 S-F až S5 SC

Nejbližší používané body ZVS se nachází v blízkosti cca 15 m od osy budoucí komunikace konkrétně pak bod ZVS 5004 ve staničení km 0,415 a bod ZVS 5005 v km 0,610.

Šířka příčného profilu provedených zemních prací je proměnlivá v závislosti na hloubce zářezu přibližně od 20 – 35 m.



Obrázek 11 - Část podélného řezu pro vybraný úsek měření [29]

6 POUŽITÉ SOFTWARE VYBAVENÍ

6.1 Metoda klasické geodézie

6.1.1 Totální stanice Leica MS60

Jedná se o geodetickou multistanici, která umožňuje provádět všechny geodetické úkoly pomocí jednoho přístroje a lze ji přidáním radiového zařízení roboticky ovládat. MS60 je možné použít buď jako totální stanici, anebo jako 3D skener.

Zefektivňuje práci z hlediska počtu osob a nákladů na zeměměřičskou činnost, neboť kompletní ovládání je možné provádět pouze v jedné osobě, zpravidla ÚOZI. Kromě toho jsou totální stanice používány v kombinaci s tzv. 360° odraznými hranoly, které umožňují bezproblémové cílení ze všech stran.

Hlavní výhody multistanice:

- Piezo-motory – Velmi tiché a rychlé motory, které ovládají funkce multistanice (otáčení, cílení apod.).
- Plně integrovaný 3D skener – Pro práce menšího rozsahu není potřeba použití samostatného skeneru, např. RTC 360.
- ATRplus – Zde se jedná o funkci, která v sobě zahrnuje filtr nežádoucích cílů, to znamená, že na stavbě může být víc geodetů z různými hranoly a v tomto případě je na začátku nutné specifikovat svůj vlastní hranol.
- Dynamic lock – Slouží k zachycení stanice na pohybující se cíl.
- Systém captivite – Polní software geodetického vybavení pro plnohodnotné ovládání totální stanice se spoustou geodetických aplikací.
- Power Search – Jedná se o integrovaný systém, který umožňuje vyhledávání pasivního hranolu mimo zorné pole multistanice. [21, 23]
- Imaging – Součástí totální stanice jsou kamery umožňující pořizovat snímky, které lze doplnit o měřená data. Tímto se můžou zcela efektivně lokalizovat zaměřené body z kanceláře. [21, 23]

Základní parametry totální stanice MS60:

- Úhlová přesnost – 1“ (0,3 mgon)
- Měření délek na hranol - 1 mm + 1,5 ppm
- Výdrž baterie – v průměru 9h v závislosti na využívaných aplikacích
- Rychlost skenování – 30000 bodů/s [23]



Obrázek 12 – Leica MS 60 [vlastní fotografie]



Obrázek 13 – Zkouška Leica MS60 před zahájením měření [vlastní fotografie]

6.1.2 360° Hranol GRZ122

Jedná se o nedílnou součást příslušenství robotické stanice. Vyrábí se ve dvou úrovních přesnosti. V rámci měření byl i s ohledem na přesnost zeměměřičských prací použit GRZ122 s přesností 2 mm. Hranol umožňuje vzhledem k svému vyhotovení našroubování GNSS stanice. Umisťuje se na odraznou tyčku a v současné době se provádí v karbonovém provedení, čímž je docíleno snížení celkové hmotnosti. [23]



Obrázek 14a, 14b - 360° hranol GRZ 122 [vlastní fotografie]

6.1.3 Přijímač Leica GS18 T

Jedná se o technologicky pokročilý GNSS přijímač, který je vybavený inerciální měřickou jednotkou IMU pro měření náklonu tyčky. IMU měří najednou náklon tyčky a směr náklonu bez požití magnetického kompasu, a měření tak není citlivé na kovové předměty v okolí, a proto přijímač není potřeba před měřením kalibrovat. Jedná se o velkou výhodu zejména na stavbách, kde je technika plná kovových předmětů. [23]



Obrázek 15a, 15b - Přijímač Leica GS18 T [vlastní fotografie]



Obrázek 16 - Zkouška GNSS před zahájením měření [vlastní fotografie]

6.1.4 Univerzální kontroler Leica CS20

Leica CS 20 je univerzální kontroler pro práci s přístroji Leica, zajišťuje plný komfort, poskytuje pohodlné ovládání s naprostou mobilitou, funguje jako dálkový ovladač s totálními stanicemi a také jako sběrač dat ke GNSS přijímačům. Je vybaven polním softwarem Leica Captivate, který je popsán v kapitole 6.1.5. V případě námi měřené stavby byla data připravena

v kontroleru. Data je možné uložit v interní paměti, anebo na přenosném uložišti, a proto je možný přenos dat. [21, 23]



Obrázek 17 - Leica kontroler CS20 [vlastní fotografie]

6.1.5 Leica Captivate

Jedná se o průmyslově revoluční software pro různé měřicí přístroje, včetně totálních stanic, který dokáže převést komplexní naměřená data do realistických 3D modelů se známými aplikacemi a snadno použitelnou dotykovou technologií. Jedná se o placený software, který je buď přímo ve strojích anebo jako simulátor v PC. V případě měření na stavbě byla stanice ovládána roboticky, takže software byl využíván pomocí kontroleru CS20.

Systém Captivate umožňuje dále pracovat v různých navazujících aplikacích:

- **Založení zakázky** – Zadání indexu zakázky, operátora, nastavení správného referenčního systému a mohou doplnit fotkou předmětné stavby. Do takto založené zakázky si mohou nahrát připravená data (klidně i celý projekt). Umožňuje import projektu buď v podobě bodů, linií nebo 3D modelů. [21, 23]
- **Settings** – Aplikace umožňující nastavení různých parametrů přístroje, například výšky, typy hranolů, okolní prostředí (teplo, prašnost) pro správné korekce atd.
- **Setup** – Nastavení totální stanice do souřadnicového systému stavby. V našem případě bylo setrváno na bodě a byly známy tři body ZVS. Byl zvolen setup volné stanovisko a z tří bodu byla určena poloha stanoviska, z kterého bylo prováděno měření. Z toho

vyplývá, že tato aplikace by měla být používána vždy, když operátor chce používat reálné souřadnice předmětné stavby.

- **Measure** – Po nastavení v aplikaci setup se přepíná do módu měření, v rámci kterého se měří reálné body (souřadnice výškové, polohové atd.). Jedná se o sběr dat, které jsou v terénu.
- **Stake points** – Jedná se o vytyčení, tzn. že aplikace ukazuje nahanraná data a operátor je vytyčuje v terénu, kdy ho aplikace směrově navádí.
- **Scanning** – Aplikace skenování umožňuje definování oblasti skenování a nastavení parametrů potřebných parametrů nutných pro provedení měření – hustota, rozsah (od do) a důležité je zmínit, že aplikace na základě těchto parametrů vypočítá i předpokládanou dobu skenování.

Veškerá naměřená data se ukládají buď do interní paměti, nebo do externí paměti, a výstupy si pak můžou nadefinovat dle potřeby. Dále jsou předmětem Leica Captivate různé doplňkové aplikace umožňující zadání různých parametrů pro vytyčení a měření. [21, 23]



Obrázek 18 - Leica Captivate [23]

6.1.6 LEICA INFINITY

V rámci zpracovatelské linky je možné využít tento software výrobce, který zprostředkovává kancelářské práce s pracemi v terénu. Lze v něm data připravit a poté zase importovat zpátky z Leica Captivate. Umožňuje nahrávat data a vytvářet 3D modely. Prostředí programu je podobné AutoCADu, kde je možné provést všechny druhy zaměření. Jedná se o obecný

software, který není pro české poměry v některých případech úplně vhodný z důvodu toho, že nepracuje ve 3. kvadrantu. V rámci DP byl výše uvedený software použit velmi omezeně pouze pro některé dílčí postupy zpracování naměřených dat. [21, 23]

6.1.7 AutoCAD civil 3D

Jedná se o program společnosti Autodesk, který byl v rámci studia využíván zpracovatelem této DP k vypracování semestrálních prací jak v bakalářském, tak v magisterském studiu. Program autoCAD civil 3D je využíván převážně k projektové, ale i geodetické činnosti. V rámci DP byl využíván při zpracování dat, resp. pro vytvoření 3D modelu a vlastnímu porovnání s 3D modelem po skryvce ornice. Data byla naimportována z programu Leica Cyclone 3dr / Leica Cyclone field 360, viz kap. 8.1.

6.2 Metoda laserového skenování

6.2.1 Leica RTC 360

Leica RTC 360 je geodetické zařízení pro zachycení 3D reality. Jedná se o zařízení spojující 3D laserové skenování, které společně z vestavěnými kamerami umožňuje zachytit reality nejenom v podobě mračna bodů, ale i v podobě georeferencovaných panoramatických fotografií v kvalitě HDR. Jeho parametry, zejména rychlost skenování 2 000 000 bodů/s, se projevují zejména v efektivitě práce a s tím spojené produktivitě. Hlavní výhodou je velmi rychlé pořízení 3D reality v odpovídající kvalitě a přesnosti potřebné pro stavební práce. Menší nevýhodou je nutnost referencování pořízených dat do souřadnicového výškového systému stavby. Jedna z hlavních výhod je automatický kompenzátor umožňující měření skeneru bez urovnání do horizontální polohy. Zajímavostí je, že skener lze použít i v obrácené poloze. Další nespornou výhodou je i mobilita zařízení, zejména z důvodu jeho poměrně nízké hmotnosti. [21, 23]

V rámci experimentu bylo zvoleno použití tohoto skeneru, neboť oproti multistanici MS60 je RTC 360 mnohem rychlejší, co se týče sběru dat, a i z důvodu předchozích zkušeností nízkého šumu dat pořízených při skenování.

Úhlová přesnost: 18“

Délková přesnost: 1,0 mm + 10 ppm

3D přesnost bodů: 1,9 mm @ 10 m, 2,9 mm @ 20 m, 5,3 mm @ 40 m

Délkový šum: 0,4 mm @ 10 m, 0,5 mm @ 20 m [23]



Obrázek 19 - Leica RTC 360 z blízka [vlastní fotografie]



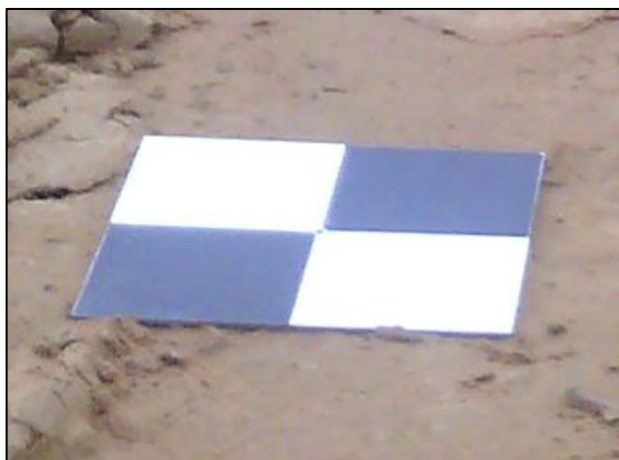
Obrázek 20 - Leica RTC 360 [vlastní fotografie]

6.2.2 Terče

Terče jsou ideálním doplňkem laserového i leteckého skenování sloužící jako vlíčovací body pro registraci (propojení jednotlivých měření) a zajištění přesnosti zaměření. Umožňují přesné georeferencování skenů na známé kontrolní body, resp. body ZVS, které jsou součástí stavby. Umožňují automatickou detekci terče v registračním softwaru, tzn. že na základě odrazivosti terčů dochází k identifikaci terče v mračně bodů. Terče se vždy natáčí tak, aby byly dobře viditelné od skeneru. Jedna z nutností je potřeba při provádění měření průběžně natáčet terče v závislosti na poloze skeneru. Při natáčení terče musí být kladen důraz na to, aby nebyla změněna jeho naměřená poloha. [23]



Obrázek 21 - Terč použitý pro metodu LS [23]



Obrázek 22 - Terč použitý pro metodu Leteckého mapování [vlastní fotografie]

6.2.3 Leica Cyclone FIELD 360

Jedná se o aplikaci pro mobilní zařízení, která v zásadě propojuje získávání 3D dat přímo v terénu. V podstatě se jedná o aplikaci podobné Leica Captivate, avšak stvořenou přímo pro laserové přístroje, která umožňuje náhled naměřených dat a spouštění registrace (propojení jednotlivých měření) přímo na místě.

Umožňuje ovládání buď přímo z displeje skeneru, anebo z mobilního přístroje. Při provádění vlastního měření v rámci této DP byl zapůjčen tablet, který disponuje jednoduchým a srozumitelným prostředím. Stejně jako Leica Captivate, viz kapitola 6.1.5, byly k dispozici hlavní a doplňkové aplikace. Došlo k založení zakázky, nastavení podrobností a následně k samotnému měření. Jedním z doplňkových parametrů je i možnost pořízení HD snímků. Naměřená data jsou pak exportována do softwaru Cyclone 3DR. [21, 23]

6.2.4 Leica Cyclone 3DR

Slouží pro zpřesnění registrace naměřených dat. Program postavený přímo pro práci s mračnem bodů je vyvinutý pro účely laserového skenování.

V programu Cyclone 3DR byla využita možnost importu dat z Cyclone field 360, následná registrace naměřených bodů, transformace, vytvoření trojúhelníkové sítě a následný export trojúhelníkové sítě ve formátu DXF do Autocadu Civil 3D, viz kapitola 8.1. [21, 23]

Kromě výše uvedeného použitého vybavení byl pro zpřesnění měření, respektive k zaměření terčů, využity přístroje z klasické geodézie, tj. GNSS přijímač Leica GS18 T, viz kap. 6.1.3, a Kontroler Leica CS20, viz kap. 6.1.4.

6.3 Metoda leteckého mapování

6.3.1 DJI Phantom 4 RTK

Jedná se o profesionální nástroj pro sběr dat s využitím přesné technologie RTK (real time kinematic) v kombinaci s GNSS. Hlavními součástmi tohoto nástroje je dron (UAV), sloužící jako nosič dalších komponentů, tj. moduly pro příjem GNSS signálů a kamery pro provádění snímkování. [20]

Modul RTK je integrován přímo v systému Phantom 4 RTK a poskytuje v reálném čase údaje o poloze v přesnosti jednotek centimetrů pro vyšší absolutní přesnost pořízených dat ze snímků. Pod RTK modulem je redundantní GNSS modul, instalovaný pro udržení stability letu v oblastech se zhoršeným signálem GNSS. Díky kombinaci obou modulů je Phantom 4 RTK

schopen optimalizovat bezpečnost letu při současném zajištění co nejpřesnějších údajů pro geodézii, mapování a inspekčních prací.

Přesný zobrazovací systém zajišťuje 1palcový CMOS snímač s rozlišením 20 megapixelů. Mechanická závěrka umožňuje bezproblémové mapování, neboť Phantom 4 RTK se může při fotografování pohybovat, aniž by hrozilo riziko rozmazání pořízených snímků. Aby bylo zajištěno, že Phantom 4 RTK nabízí bezkonkurenční přesnost, prochází každý objektiv fotoaparátu přísným kalibračním procesem, kde se měří radiální a tangenciální deformace objektivu. Shromážděné parametry zkreslení se ukládají do metadat každého snímku, a tedy software pro následné fotogrammetrické zpracování lze precizně nastavit pro každého uživatele individuálně. [16, 20]

Při výběru kamery je nutno podotknout, že dochází k přímé úměře, neboť kvalitou kamery se zvyšuje i přesnost nasnímkovaných dat.

Horizontální přesnost: 1 cm + 1 ppm

Vertikální přesnost: 1,5 cm + 1 ppm

Absolutní horizontální přesnost fotogrammetrických modelů: 5 cm

(Výška 100 m, slunné počasí, 2,7 cm GSD) [20]

(Pozn. Absolutní horizontální přesnost vystihuje přesnost, při které nejsou měření zpřesněna pomocí georeferencování do souřadnicového systému stavby.)



Obrázek 23 - Pohled na DJI Phantom RTK před zahájením měření [vlastní fotografie]

6.3.2 Systém TimeSync

Aby bylo možné naplno využít výhod polohovacích modulů Phantom 4 RTK, byl vytvořen nový systém TimeSync pro nepřetržitou optimalizaci údajů letového ovladače, kamery a modulu RTK. TimeSync také zajišťuje, že každá fotografie používá nejpresnější možná metadata a upravuje souřadnice určování polohy do středu CMOS, čímž optimalizuje výsledky fotogrammetrického zpracování a umožní snímkům dosáhnout přesnosti údajů o poloze na úrovni jednotek centimetrů. [16]

Kromě výše uvedeného použitého vybavení byly využity obdobně jako u metody LS Terče, viz kap. 6.2.2, pro napojení do souřadnicového systému stavby z důvodu zpřesnění měření. K zaměření terčů byly využity přístroje z klasické geodézie GNSS přijímač Leica GS18 T, viz kap. 6.1.3, a Kontroler Leica CS20, viz kap. 6.1.4. Pro zpracování výsledků byl dále využit program Leica Infinity, viz kap. 6.1.6.

7 Postupy měření

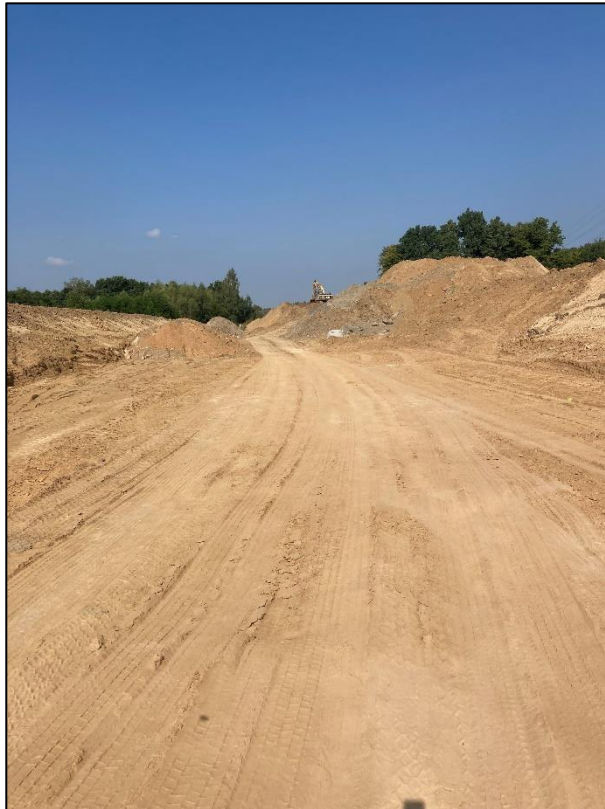
7.1 Metoda klasické geodézie

Před samotným zahájením měření byla založena zakázka v Leica Captivate a nahrána potřebná data z PD. V rámci přípravy byl zpracován seznam souřadnic vytyčovací sítě, čísla bodů, souřadnice výškové a směrové, které byly následně použity pro měření, které jsou popsány v kap. 5 a stanoveny předpisem ŘSD ČR PPK-BOD.

Dalším krokem bylo nutné naorientovat do seznamu souřadnic základní vytyčovací sítě a bylo provedeno zaměření třech vlíčovacích bodů (bodů ZVS) pro kontrolu. Následně byla provedena vizuální prohlídka terénu, která sloužila pro vystižení terénu tak, aby co nejvíce odpovídal skutečnosti. Občas to však může mít za následek výrazné zhuštění měřičských bodů, což může mít dopad na časovou náročnost měření metodou klasické geodézie.

U měření byl zvolen interval jako u běžných kontrolních měření a to po 20 metrech ve vytyčovacích bodech (obvykle v bodech příčných řezů PD). Tento interval měření je stanoven vždy v ZDS, konkrétně v TKP případně ZTKP. Polární metodou byly zaměřeny body terénu, a to vždy vrchol svahu, levý kraj (patu svahu), střed, pravý kraj a druhý vrchol svahu. Kromě těchto základních bodů bylo nutné také zaměřit příkopy podél komunikace. Postupně byly zaměřeny všechny plánované body a získaná data byla uložena v softwaru Leica Captivate.

Měření probíhalo velmi efektivně i vzhledem k tomu, že úsek nebyl delší než 200 m. Naměřené výsledky byly naimportovány do programu Autocad Civil, ve kterém byl vytvořen digitální model terénu (DMT), který byl následně sloučen s digitálním modelem po zaměření skřívky ornice, čímž bylo dosaženo 3D modelu s množstvím provedených zemních prací v kubaturách, viz kap 8.1.



Obrázek 24 - Pohled na paraplán před měřením [vlastní fotografie]

7.2 Metoda laserového skenování

Po příjezdu byly jako první rozmístěny terče tak, aby bylo dosaženo co nejpřesnějších výsledků, tzn. na začátek, střed a konec předmětného úseku, a do různých výšek třeba vrchního nebo spodního kraje svahu. Terče se mohou rozmístit i na body ZVS, pokud však jsou v dostatečné blízkosti.

Dále byl znám rozsah, který byl 200 m a bylo vyhodnoceno, kolik bude potřeba stanovišek pro měření skenerem. Volba stanovišek byla zvolena na základě členitosti terénu, parametrech skeneru, zejména jeho podrobnosti a dosahu skenování. Byla zvolena poloha na ose budoucí PK a cca 30 m od sebe. Na každém stanovisku lze nastavit celkem tři parametry. Jeden z nich je hustota rastru bodů při skenování na vzdálenost 10 m. Použitý skener RTC 360 nabízel volbu mezi třemi různými hustotami 6-9-12 mm. Pro zemní práce je podrobnost 12 mm na 10 m dostačující a poté dojde k přepočtu v závislosti na měřené vzdálenosti. Na čemž samozřejmě dále závisí i rychlost a hustota skenování.

Další možností je nastavení fotografování celého okolí skenovaného prostoru a následné přiřazení jednotlivým bodům „true colors“. Třetí funkcí při spuštění stanovišek je vypnutí

nebo zapnutí VIS5 jednoty skeneru. Ta slouží ke snadnějšímu vzájemnému propojení stanovisek a orientaci skeneru v prostoru.

Pokud je zvoleno měření s fotodokumentací, značnou výhodou je tak vyhodnocování výsledků měření, neboť se vždy lze kdykoliv podívat na fotodokumentaci a zjistit, zda nedošlo k nepřesnému měření vlivem lidského faktoru, či na stavbě nebyla nějaká jiná překážka. Na druhou stranu, pokud mají být zaměřeny delší úseky, jedná o značný časový nárůst, a tak v každém stanovisku může pak vyhodnocení trvat o přibližně 2-3 minuty déle.

Po zajištění skeneru na prvním stanovišti bylo spuštěno samotné měření. V rámci přesnosti je nutné vzdálit se od prostoru měření, aby bylo zabráněno zbytečným hluchým místům, a tedy aby předejito nutným opravám. Následně byl skener přenesen o cca 30 m na druhé stanoviště a spuštěno další skenování. Po tomto měření je vhodné spustit automatickou registraci (terénní spojení naměřených výsledků z 1. a 2 měření). Dále se celý postup opakuje v každém dalším stanovisku.

Po ukončení měření skenerem byla provedena měření nutná pro určení souřadnic terčů, aby bylo zaručeno propojení se souřadnicovým systémem stavby. Toto měření bylo provedeno klasickou geodezií přístroji GNSS, jehož přesnost je řádově vyšší, než je požadavek na výsledky kontrolního měření.

Vzhledem k tomu, že skener není vybaven vnitřní pamětí, ale pouze wifi, která slouží pro komunikaci s mobilním zařízením, byla veškerá měření uložena na zařízení USB. Po příjezdu ze stavby byla data vyexportována přes USB a importována do softwaru Cyclone 360.



Obrázek 25 - 2. stanovisko při měření Leica RTC 360 [vlastní fotografie]



Obrázek 26 - Pohled na druhou stranu měřeného úseku z 2. stanoviska [vlastní fotografie]

7.3 Metoda leteckého mapování

Používání dronu musí splňovat oprávnění v platné legislativě v ČR. Před samotným zahájením musí být nahlášena lokalita plánovaného létání dronem. Do konce roku 2020 se s drony létalo podle doplňku X předpisu L 2 Úřadu pro civilní letectví (dále jen „ÚCL“). Dne 31. 12. 2020 začala v ČR platit nová pravidla vycházející z legislativy Evropské unie Nařízení č. 2019/947 a 2019/945 s tím, že je nutná registrace právě u výše uvedeného ÚCL dle zák. č. 365/2000 Sb., o informačních systémech veřejné správy. Jedná se o bezkontaktní metodu, která se skládá z pořízených snímků a je potřeba si uvědomit, že změřené je pouze to, co je reálně spatřeno.

Dalším krokem by měl být výběr zařízení pro použití této metody. K dispozici byl Phantom RTK, který byl osvědčen geodetem a byl vhodný pro celkovou zpracovatelnost výsledků

Před samotným odjezdem na stavbu bylo důležité si naplánovat postupy a pravidla, které byly potřeba pro aplikaci metody. Rozsah měření byl znám, ale bylo nutné si vytvořit letový plán:

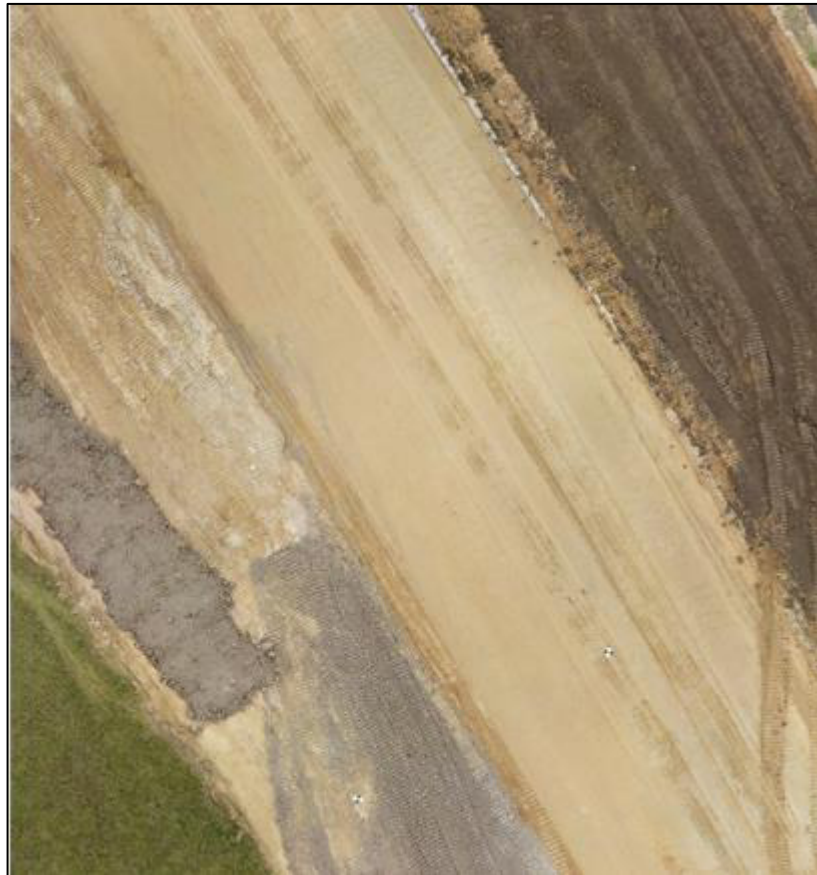
- 1) Výšku letu – Bylo zvoleno 50 – 60 výškových metrů z důvodu parametrů kamery. Tuto výšku systém vybere sám v závislosti na požadovaném překrytu snímků.
- 2) Zjištění omezení – Místní šetření, zda se v trase vyskytují nebo mohou vyskytovat nějaké překážky, např. elektrické vedení, letiště, plánované lety aj.
- 3) Překrytí snímků – Ideální překrytí snímků je alespoň 60 %, pokud je zvoleno menší překrytí, může hrozit snížení přesnosti měření a na druhou stranu, pokud je zvolen vyšší překryt, může být zpracování snímků časově daleko náročnější.

Výše uvedené úkony je možné provádět i na stavbě, ale vždy je lepší přijet na stavbu připravený, a tím docílit i snížení časové náročnosti měření v terénu, a odstranit tak případné nedostatky nebo chyby lidského činitele.

Poté bylo přistoupeno k postavení stacionární GPS referenční stanici, která stejně jako u předchozí metod LS byla nastavena na místní body základní vytyčovací sítě pro zpřesnění naměřených výsledků a komunikovala s GPS (RTK) v dronu. Lze také provádět měření i bez stacionární stanice, ale poté výsledky nikdy nebudou natolik přesné. Pro ještě důkladnější zpřesnění měření byly rozmístěny terče stejným způsobem jako u metody měření LS pro dvojí kontrolu naměřených hodnot.

Následně už probíhalo samotné nalétávání, které bylo realizováno spolupracovníkem na stavbě, který je držitelem platné licence oprávnění k provádění těchto prací. Samotné měření probíhalo

cca 30 min. Kompletní zajištění vč. přípravy před samotným zahájením měření trvalo cca 60 min.



Obrázek 27 - Pořízený snímek z DJI PHANTOM 4 RTK



Obrázek 28 - Stavba před měřením metodou leteckého mapování [vlastní fotografie]



Obrázek 29 - Stavba před měřením metodou leteckého mapování [vlastní fotografie]

8 VYHODNOCENÍ METOD MĚŘENÍ S NÁVAZNOSTÍ NA POLOŽKY ROZPOČTU A VYHODNOCENÍ VÝŠKOVÝCH ODCHYLEK

8.1 Vyhodnocení pomocí 3D modelů

Primární motivací Zpracovatele při výběru námětu DP bylo prolnutí použitých metod s výsledky z 3D modelů. Vzhledem k dokladování provedeného množství zemních prací pro fakturace Zhotovitele je přesnost podkladů velmi důležitá, jak už je popisováno v kap. 3. Z toho důvodu samotné znalosti metod, jejich výhody a omezení s návazností na jejich přesnosti, předurčují vhodnou volbu na budoucích realizovaných stavbách. Celý postup při zpracování 3D modelů (modelů DMT) je popsán v kapitolách níže.

1) Import z terénních softwarů a zpracování dat pro export do programu autocad civil

a) Pro klasickou geodézií

Došlo k vytvoření modelu přímo v prostředí AutoCADu Civil 3D. Byl proveden import dat a realizován 3D výkres. Na základě 3D výkresu byl dále vytvořen digitální 3D povrch. Vstupními hodnotami 3D výkresu pro DMT byly 3D body terénu a 3D křivky lomových hran s tím, že přesnost je však závislá na interpretaci měřitele.

b) Pro laserové skenování

U metody LS zpracování proběhlo v programu Cyclone 3DR importem naměřených dat, které byly předem předregistrovány v terénu v softwaru Cyclone field 360. Na základě importu byla vytvořena databáze mračen bodů a následně registrována. Posléze byla provedena transformace do systému stavby (S-JTSK, ZVS). Dle registrovaného mračen bodů byla vytvořena 3D trojúhelníková síť, která byla exportována do programu Autocad Civil.

c) Pro letecké mapování

U leteckého mapování došlo ke zpracování geodetických snímků v programu Leica Infinity, do kterého byl proveden import mračen bodů a snímků. V první řadě bylo nutné provést orientaci snímků a zkontrolovat překrytí snímků. Dalším krokem bylo provedeno zpřesnění pomocí vlíčovacích bodů (zaměřených terčů), kde byly vlíčovacím bodům zadány výškové a směrové souřadnice a na základě toho se provedla registrace (přepočítání souřadnic mračen bodů). Výstupem byla znovu 3D trojúhelníková síť, která byla

exportována do AutoCADu Civil. Vzhledem ke skutečnosti, že v rámci této metody je nutné disponovat dostatečnými znalostmi, byl vždy přítomen na stavbě i při zpracování výsledků specialista geodet.

2) Import do AutoCADu Civil a úprava povrchů

Byl proveden výběr DMT po skrývce ornice a definováno použití 3D ploch s pojmenováním DMT 10 OR a zvolen výkres, čímž dochází k vytvoření 3D modelu, který lze různě interpretovat ve způsobu zobrazení. Byl zvolen způsob trojúhelníkových sítí, kde jsou stavy definované mračnem bodů. Tento postup byl aplikován pro všechny importované povrchy, viz níže.

DMT 10 OR - po skrývce ornice

DMT 20 KLA - po zaměření parapláně metodou klasické geodézie

DMT 21 LS - po zaměření parapláně metodou laserového skenování

DMT 22 UAV- po zaměření paraplán metodou leteckého mapování

3) Úprava modelů (povrchů) z různých měření, aby si vzájemně odpovídali

Na základě skutečnosti, kdy bylo disponováno všemi potřebnými 3D modely (povrchy), došlo k ořezu tak, aby mohla být provedena komparace mezi modely z LS a leteckého mapování na rozměry modelu z klasické geodézie, a došlo k vytvoření a definování povrchů TIN pomocí 3D ploch.

4) Vytvoření objemových modelů (povrchů)

Dle výše uvedených dat mohlo být přistoupeno k vytváření objemových povrchů, přičemž je nutno zvolit základní DMT, což v tomto případě byl DMT po skrývce a srovnávací DMT, kde byly postupně nadefinovány DMT20KLA, DMT21LS a DMT22UAV. Tím bylo docíleno 3D modelů s množstvím naměřených kubatur, viz Obr. 30-33.

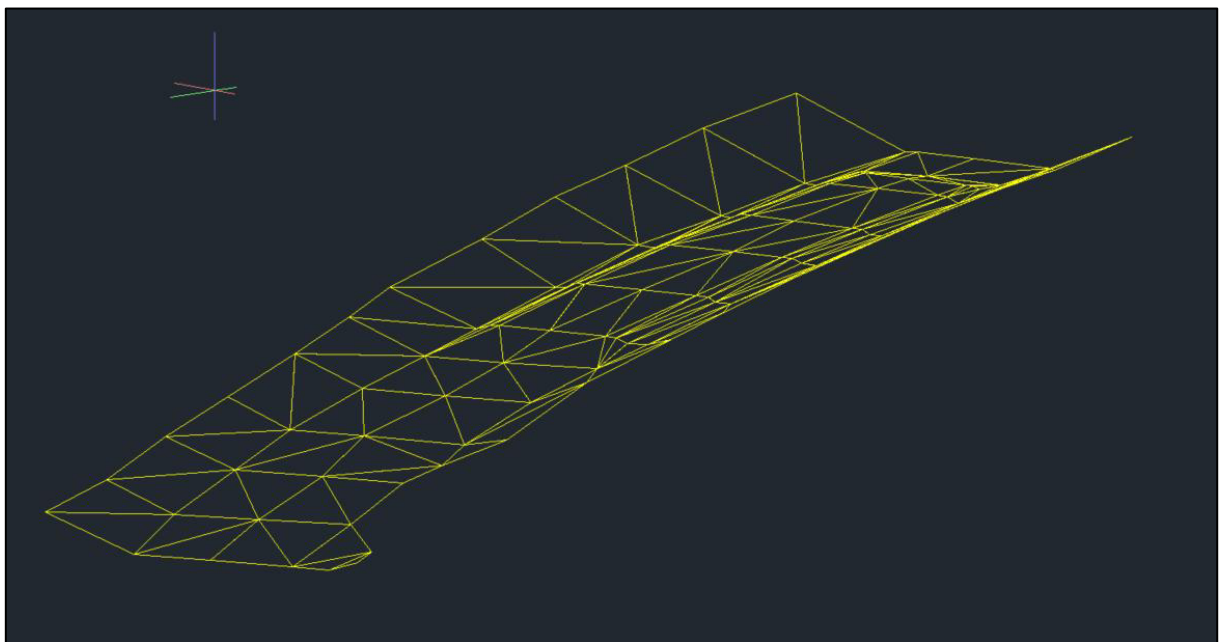
Vlastnosti povrchu - skrývka-klasika

Informace | Definice | Analýza | Statistika

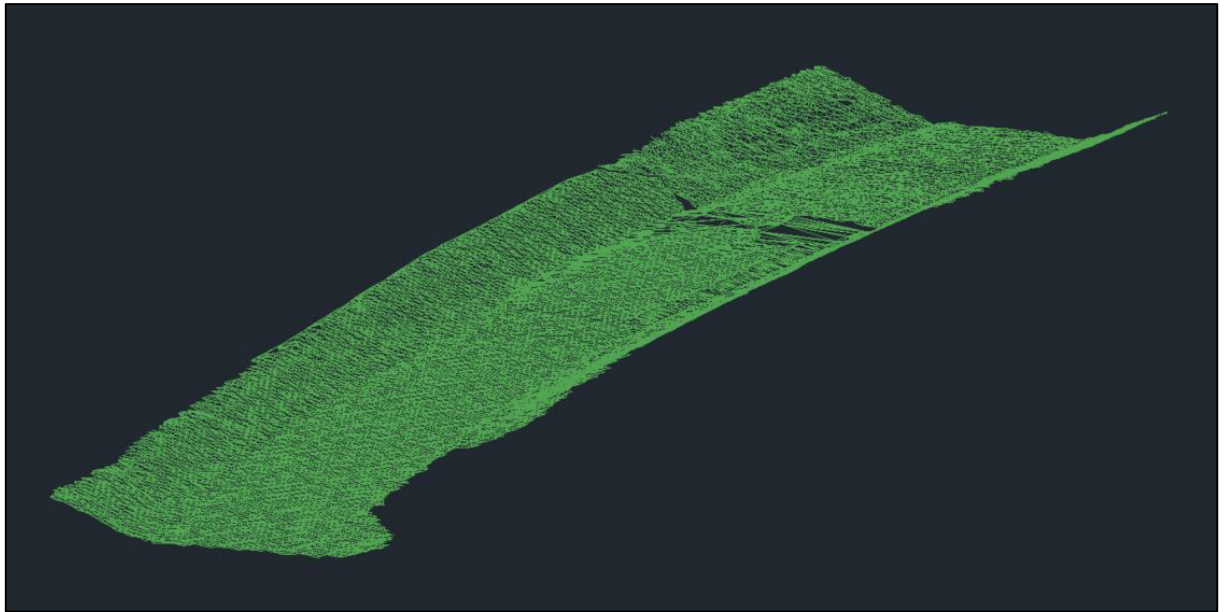
Statistika	Hodnota
Obecné	
TIN	
Objem	
Základní povrch	skrývka
Srovnávací povrch	klasika
Faktor výkopu	1.00
Faktor násypu	1.00
Kubatura výkopu (upraveno)	7484.84 m3
Kubatura násypů (upraveno)	83.55 m3
Čistá kubatura (upraveno)	7401.29 m3<Výkop>
Kubatura výkopu (neupraveno)	7484.84 m3
Kubatura násypů (neupraveno)	83.55 m3
Čistá kubatura (neupraveno)	7401.29 m3<Výkop>

OK Storno Použít Nápověda

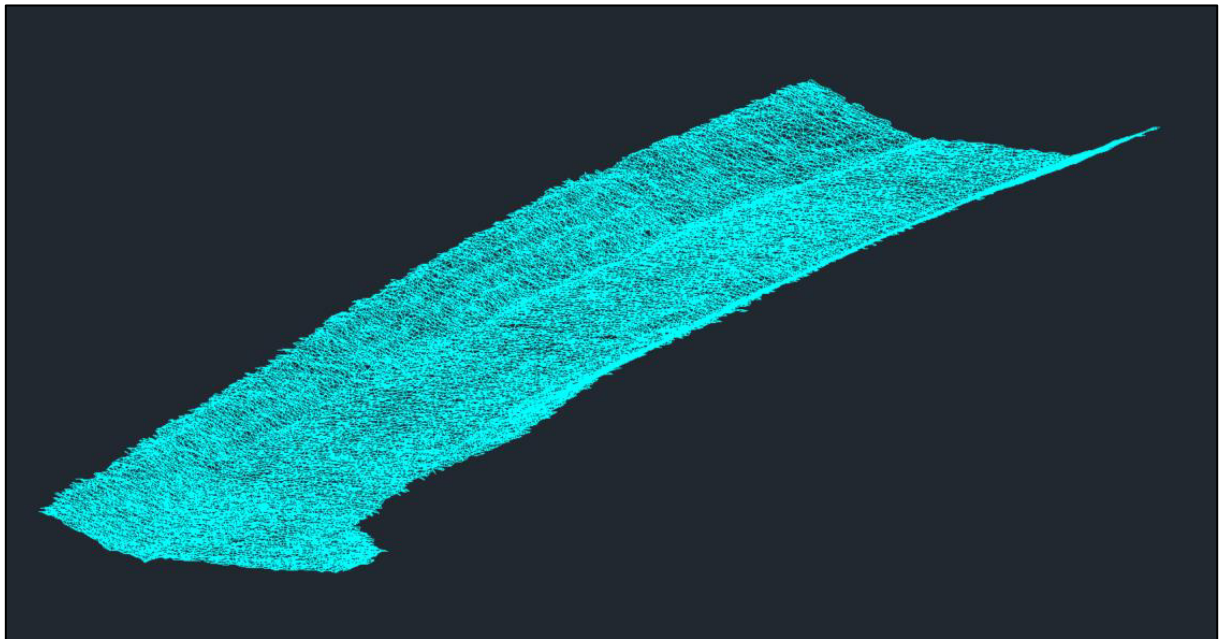
Obrázek 30 - Statistika vytvořeného modelu z klasické metody [vlastní výstřihek]



Obrázek 31 - DMT z klasické geodézie



Obrázek 32 - DMT z laserového skenování



Obrázek 33 - DMT z leteckého mapování

8.2 Vyhodnocení kubatur s návazností na položky rozpočtu

Všecké stavby ŘSD mají předepsaný rozpočtový program ASPE na základě Směrnice GŘ ŘSD ČR č. 18/2017 v platném znění a Směrnice GŘ č. 9/2008, kde jsou stanovena pravidla pro oceňování staveb v průběhu jejich přípravy a realizace, používání jednotného systému pro evidenci stavebních nákladů u ŘSD, a to bez ohledu na zdroj financování, a zároveň elektronická evidence všech provedených Změn oproti Smlouvě o Dílo.

Předmětem vyhodnocení byla položka:

Pořadové číslo: 4

Kód položky: 12373

Název položky: ODKOP PRO SPODNÍ STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. I

Položka zahrnuje:

- *vodorovná a svislá doprava, přemístění, přeložení, manipulace s výkopkem*
- *kompletní provedení vykopávky nezapažené i zapažené*
- *ošetření výkopiště po celou dobu práce v něm vč. klimatických opatření*
- *ztížení vykopávek v blízkosti podzemního vedení, konstrukcí a objektů vč. jejich dočasného zajištění*
- *ztížení pod vodou, v okolí výbušnin, ve stísněných prostorech apod.*
- *těženi po vrstvách, pásech a po jiných nutných částech (figurách)*
- *čerpání vody vč. čerpacích jímek, potrubí a pohotovostní čerpací soupravy (viz ustanovení k pol. 1151,2)*
- *potřebné snížení hladiny podzemní vody*
- *těženi a rozpojování jednotlivých balvanů*
- *vytahování a nošení výkopku*
- *svahování a přesvah. svahů do konečného tvaru, výměna hornin v podloží a v pláni znehodnocené klimatickými vlivy*
- *eventuelně nutné druhotné rozpojení odstřelené horniny*
- *ruční vykopávky, odstranění kořenů a napadávek*
- *pažení, vzepření a rozepření vč. přepažování (vyjma štětových stěn)*
- *úpravu, ochranu a očištění dna, základové spáry, stěn a svahů*
- *zhutnění podloží, případně i svahů vč. svahování*

- zřízení stupňů v podloží a lavic na svazích, není-li pro tyto práce zřízena samostatná položka
- udržování výkopiště a jeho ochrana proti vodě
- odvedení nebo obvedení vody v okolí výkopiště a ve výkopišti
- třídění výkopku
- veškeré pomocné konstrukce umožňující provedení vykopávky (příjezdy, sjezdy, nájezdy, lešení, podpěr. konstr., přemostění, zpevněné plochy, zakrytí apod.)
- nezahrnuje uložení zeminy (na skládku, do násypu) ani poplatky za skládku, vykazují se v položce č.0141*** [17]

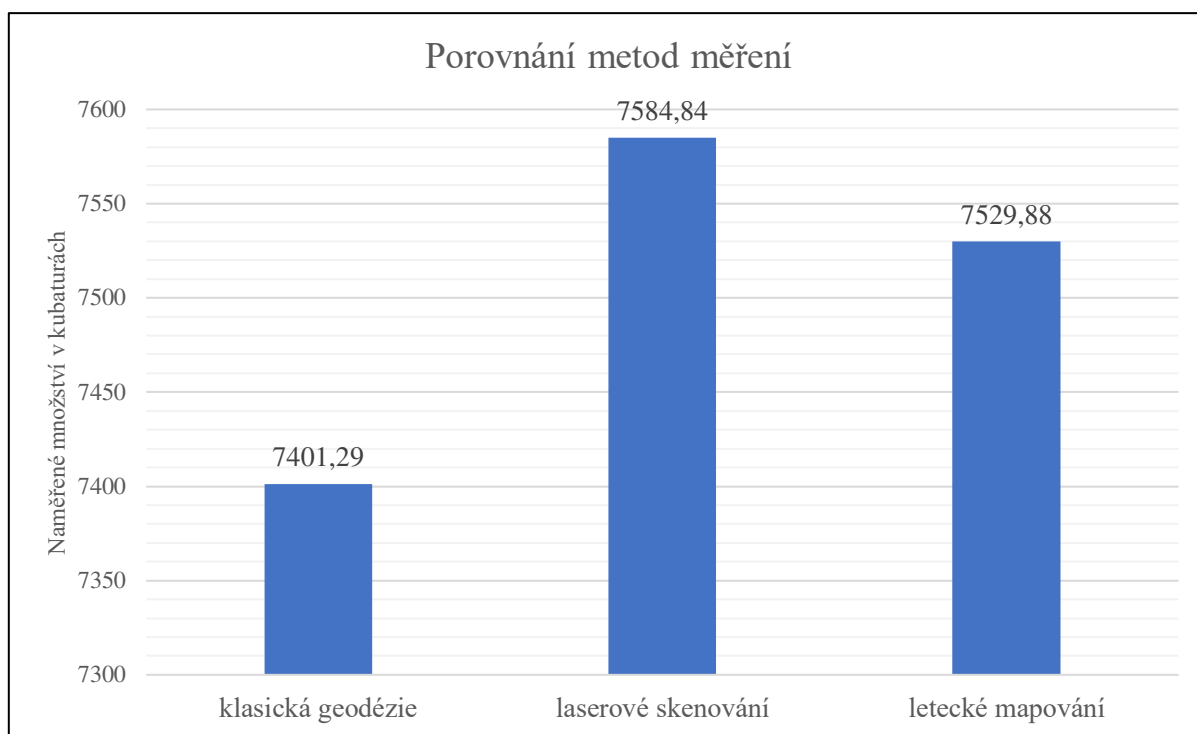
Měrnou jednotkou této položky jsou m³, které Zhotovitel ohodnotil na 82,00 Kč / m³. Pro tuto stavbu bylo aplikováno OTSKP 2019, kde je tato položka ohodnocena za 171,00 Kč / m³. Z čehož vyplývá, že Zhotovitel ocenil položku na necelých 48 % předpokládané ceny. Vzhledem k tomuto poznatku bylo vyhodnoceno, že je žádoucí provést v rámci DP porovnání mezi metodami s dopadem na položky rozpočtu pro obě ceny, viz níže.

Parametry		Použité metody		
		Klasická geodézie	Laserové skenování	Letecké mapování
		(1)	(2)	(3)
Celkové naměřené množství [m³]		7401,29	7584,84	7529,88
Soutěžní jednotková cena [Kč]		82,00 Kč	82,00 Kč	82,00 Kč
Cena celkem [Kč]		606 905,78 Kč	621 956,88 Kč	617 450,16 Kč
Rozdíly v absolutní hodnotě	vzorec	(4) = (1) - (2) / (2) - (1)	(5) = (2) - (3) / (3) - (2)	(6) = (3) - (1) / (1) - (3)
	[m³]	183,55	54,96	128,59
	[Kč]	15 051,10 Kč	4 506,72 Kč	10 544,38 Kč
Rozdíly * 50 (10 km)		752 555,00 Kč	225 336,00 Kč	527 219,00 Kč

Tabulka 7 - Vyhodnocení na vysoutěženou cenu

Parametry		Použité metody		
		Klasická geodézie	Laserové skenování	Letecké mapování
		(1)	(2)	(3)
Celkové naměřené množství [m³]		7401,29	7584,84	7529,88
Soutěžní jednotková cena [Kč]		171,00 Kč	171,00 Kč	171,00 Kč
Cena celkem [Kč]		1 265 620,59 Kč	1 297 007,64 Kč	1 287 609,48 Kč
Rozdíly v absolutní hodnotě	vzorec	(4) = (1) - (2) / (2) - (1)	(5) = (2) - (3) / (3) - (2)	(6) = (3) - (1) / (1) - (3)
	[m³]	183,55	54,96	128,59
	[Kč]	31 387,05 Kč	9 398,16 Kč	21 988,89 Kč
Rozdíly * 50 (10 km)		1 569 352,50 Kč	469 908,00 Kč	1 099 444,50 Kč

Tabulka 8 - Vyhodnocení na cenu z OTSKP 2019



Obrázek 34 - Grafické porovnání metod pomocí naměřených kubatur

8.3 Vyhodnocení výškových odchylek parapláně

Vzhledem ke skutečnosti, že v rámci realizace jednotlivých měření došlo ke shromáždění dostatečného množství dat, byly pro vyhodnocení porovnání metod v rámci kontroly přesnosti stanoveny výškové odchylky ve významných bodech, respektive ve vytyčovacích bodech příčných řezů. Toto měření se vždy provádí s přesností na „mm“.

Pro vyhodnocení odchylek výšek byla použita tabulka 1 z TKP 4 *Zemní práce*, viz Tab. 9. Vzhledem k tomu, že se jednalo o silnici I. třídy, byly směrodatné odchylky + 30 mm / – 40 mm. TKP 4 upřesňují tabulku dle normy ČSN 73 6133, kde je specifikovaná pouze zemní pláň a povolené výškové odchylky ± 30 mm.

Vlastnost	Typ komunikace	Požadavek	Měření
A. Odchylky výšek			
Odchylky od výšek parapláně a kót odvozených od nivelety	Dálnice, silnice I. a II. třídy	+ 30 mm – 40 mm	V každém druhém profilu dle dokumentace stavby (obvykle po 40 m) ve třech bodech jízdního pásu
	Ostatní silnice a komunikace	+ 40 mm – 40 mm	
B. Odchylky šířek			
Odchylky od šířky parapláně	Dálnice, silnice I. a II. třídy, ostatní silnice a komunikace	– 50 mm + 100 mm	V každém druhém profilu dle dokumentace stavby (obvykle po 40 m) ve třech bodech jízdního pásu
C. Odchylky od příčného sklonu			
Odchylky od příčného sklonu parapláně	Dálnice, silnice I. a II. třídy, ostatní silnice a komunikace	Max. 1 %, přitom je ale nutné dodržet min. příčný sklon 2,5 % a odchylky ad A	V každém druhém profilu dle dokumentace stavby (obvykle po 40 m)

Tabulka 9 - Odchylky výšek [11]

Do tabulky, viz níže, byly přeneseny naměřené hodnoty z jednotlivých metod měření v polohách bodů příčných řezů a porovnány s hodnotami z vytyčovací projektové dokumentace RDS.

Pro metody měření byl zpracován geodetický protokol, který je tvořen úvodním listem, kde jsou identifikační údaje stavby, odchylky měření, použité přístroje, jména geodetů a v neposlední řadě vyhodnocení výškových odchylek použitých metod

Všechny protokoly jsou součástí závěrečné části této DP. Pro porovnání všech tří metod byly vytvořeny tabulky č. 10-12, do které byly přeneseny naměřené hodnoty z použitých metod a porovnány. Výsledkem byla průměrná odchylka měření mezi metodami.

Porovnání metod měření						
KBL - VLEVO KRAJ -0,5 m						
staničení	MS60	RTC360	DJI 4RTK	ΔH rozdíl H	ΔH rozdíl H	ΔH rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(5)	(6)	(7)	(8)=(5)-(6)	(9)=(5)-(7)	(10)=(6)-(7)
0,400	284,721	284,716	284,692	0,005	0,029	0,024
0,420	284,990	285,002	285,021	-0,012	-0,031	-0,019
0,440	285,169	285,178	285,191	-0,009	-0,022	-0,013
0,460	285,331	285,337	285,369	-0,005	-0,038	-0,033
0,480	285,356	285,353	285,372	0,004	-0,016	-0,019
0,500	285,391	285,397	285,415	-0,006	-0,024	-0,018
0,520	285,320	285,319	285,302	0,001	0,018	0,017
0,540	285,178	285,171	285,161	0,008	0,017	0,010
0,560	284,964	284,958	284,982	0,006	-0,018	-0,024
0,580	284,681	284,682	284,691	-0,001	-0,011	-0,009
0,600	284,348	284,338	284,319	0,010	0,029	0,019
průměrná odchylka:				0,006	0,023	0,019

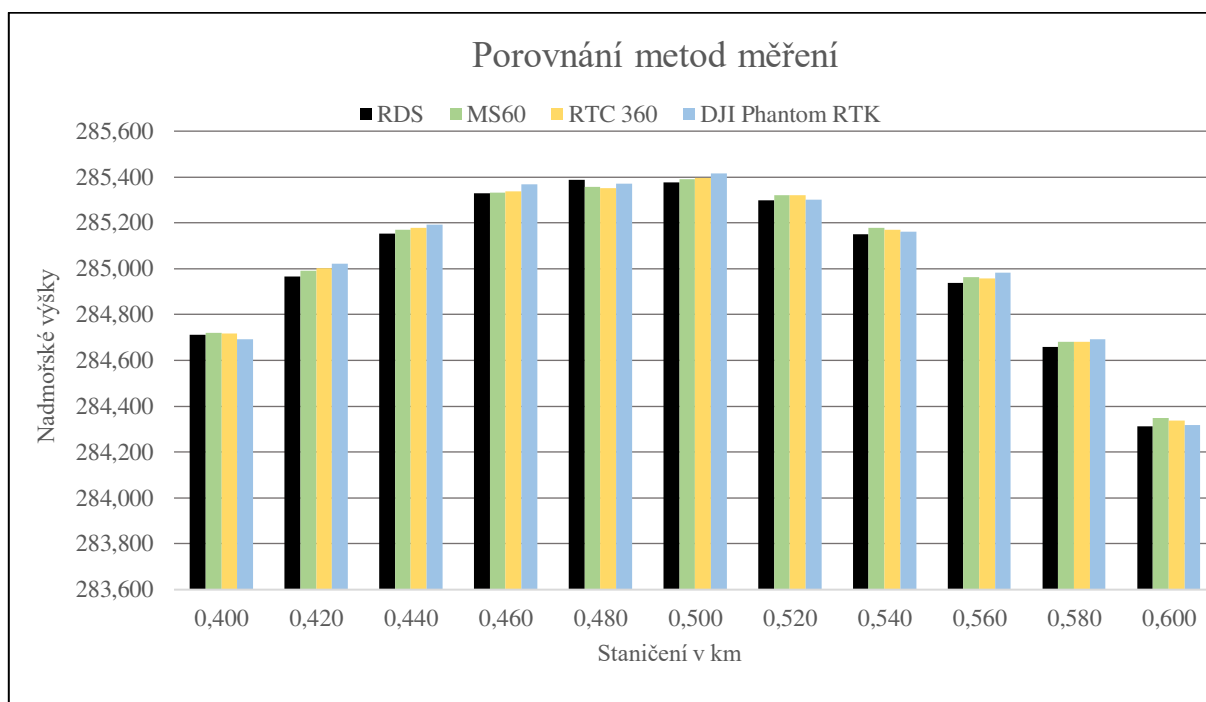
Tabulka 10 - Porovnání metod měření výškovými odchylkami na levém kraji PK

Porovnání metod měření						
KBO - OSA						
staničení	MS60	RTC360	DJI 4RTK	ΔH rozdíl H	ΔH rozdíl H	ΔH rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(5)	(6)	(7)	(8)=(5)-(6)	(9)=(5)-(7)	(10)=(6)-(7)
0,400	284,596	284,601	284,586	-0,005	0,010	0,015
0,420	284,890	284,892	284,934	-0,002	-0,044	-0,042
0,440	285,053	285,064	285,087	-0,011	-0,034	-0,023
0,460	285,219	285,211	285,236	0,008	-0,017	-0,025
0,480	285,237	285,245	285,269	-0,007	-0,032	-0,024
0,500	285,251	285,246	285,276	0,005	-0,025	-0,030
0,520	285,176	285,168	285,150	0,008	0,026	0,018
0,540	285,021	285,031	285,012	-0,010	0,010	0,019
0,560	284,814	284,817	284,846	-0,003	-0,032	-0,029
0,580	284,540	284,538	284,572	0,002	-0,032	-0,034
0,600	284,187	284,198	284,222	-0,011	-0,035	-0,024
průměrná odchylka:				0,007	0,027	0,026

Tabulka 11 - Porovnání metod měření výškovými odchylkami v ose PK

Porovnání metod měření						
KBP - VPRAVO KRAJ -0,5 m						
staničení	MS60	RTC360	DJI 4RTK	ΔH rozdíl H	ΔH rozdíl H	ΔH rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(5)	(6)	(7)	(8)=(5)-(6)	(9)=(5)-(7)	(10)=(6)-(7)
0,400	284,481	284,485	284,474	-0,004	0,008	0,011
0,420	284,772	284,781	284,808	-0,009	-0,036	-0,027
0,440	284,947	284,943	284,930	0,004	0,017	0,013
0,460	285,061	285,076	285,096	-0,015	-0,035	-0,020
0,480	285,059	285,052	285,039	0,007	0,019	0,013
0,500	285,094	285,095	285,119	-0,001	-0,025	-0,024
0,520	285,026	285,035	285,037	-0,009	-0,011	-0,002
0,540	284,881	284,882	284,897	-0,001	-0,016	-0,015
0,560	284,650	284,647	284,636	0,003	0,014	0,011
0,580	284,388	284,379	284,409	0,009	-0,021	-0,030
0,600	284,044	284,047	284,033	-0,003	0,012	0,014
průměrná odchylka:				0,006	0,019	0,016

Tabulka 12 - Porovnání metod měření výškovými odchylkami na pravém kraji PK



Obrázek 35 - Grafické porovnání metod měření výškovými odchylkami

Z výše uvedených dat lze vyčíst, že odchylka mezi metodou klasické geodézie a laserovým skenerem je v průměru pouhých 0,6 cm, a z toho důvodu se jedná o zanedbatelnou odchylku, ale ve vyhodnocení protokolů má daná skutečnost dopad na počet nevyhovujících odchylek výšek.

Průměrná odchylka od měření leteckým skenováním se pohybuje okolo 2 cm, kdy se tak jedná o značnou nepřesnost, na základě které metodu leteckého skenování lze vyhodnotit jako nepříliš vhodnou při měření výškových odchylek. U osy PK je viditelná o něco větší nepřesnost, než u naměřených hodnot na krajích. Tato příčina je způsobena rozmístěním terčů.

8.4 Vyhodnocení metod měření

8.4.1 Obecná rovina

Na základě získaných výsledků je možné konstatovat, že každá z předmětných metod disponuje mnoha výhodami, avšak i nedostatky.

Metoda Laserového skenování je metodou budoucnosti, která bude převážně využívána v rámci aplikace metody BIM, kdy je nutné mít k dispozici dostatek bodů s výškovými i směrovými souřadnicemi, a ne vytyčovací body po 20 m, tak jako tomu je doposud.

Nesmíme opomenout fakt, že pro aplikaci metody leteckého i laserového skenování je nutné pro zpřesnění měření využít metodu klasické geodézie, kterou lze provádět i za nepříznivých klimatických podmínek oproti zbylým metodám.

Metoda leteckého mapování je využívána převážně z důvodu snížení časové náročnosti sběru dat, kterou lze realizovat bezkontaktně a zároveň její hlavní výhodou je využití u rozlehlých staveb.

V současné době je v případě metody leteckého mapování trend, že kamery jsou nahrazovány laserem, avšak je nutno mít na paměti, že je zde značené omezení v podobě váhy laseru, a tak hrozí riziko, že ho běžná UAV zařízení neunesou. Do budoucna lze předpokládat, že dojde k miniaturizaci laseru, a tak k možnému propojení těchto dvou metod a k využití nejen v rámci geodézie, ale i monitoringu a kontroly stavby.

8.4.2 Výsledky v rovině DP

V rámci DP byla vyhodnocena nejlépe metoda laserového skenování, co se týče naměřeného množství kubatur, a mohla by být tak upřednostňována v závislosti na okolních podmínkách, ale to však neznamená, že metodami klasické geodézie a leteckého mapování bylo dosaženo neuznatelných výsledků, neboť pokud se zaměříme na konkrétní výsledky, tak u klasické geodézie bylo dosaženo rozdílu cca 2,5 %. U této metody záleží na interpretaci naměřených bodů při tvorbě 3D modelu, protože je zřejmé, že čím více bodů bychom chtěli naměřit, úměrně tomu by rostla časová náročnost měření, ale v rámci výškových odchylek v kontrolních bodech by měla být považována jako nejpřesnější. Jedním z důvodů může být skutečnost, že se jedná o kontaktní metodu, neboť přímo na stavbě lze pak vyhodnotit při realizaci měření drobné nuance.

Dále u metody leteckého mapování jsou spatřeny už ne příliš vhodné výsledky u výškových odchylek, ale u vyhodnocení ze zaměření kubatur se pohybujeme téměř na 1% rozdílu oproti metodě laserového skenování.

Při posuzování byly využity výsledky pouze v kontrolních bodech po 20 m, avšak pokud bychom chtěli aplikovat měření s přesností např. po 5 cm, nebude možné tuto metodu z důvodu časové náročnosti provést. Vzhledem k tomu, že normy a TKP stanovují sledování bodů v kontrolních bodech příčných řezů, je zde pravděpodobnost, že Zhotovitel využije jakéhokoliv způsobu, aby dosáhl požadovaných výsledků, a proto vhodnější metodou se tak může stát laserové skenování, které však vychází s drobnou odchylkou a není možné jej využívat za nevhodných klimatických podmínek.

Na základě doložených dat a dle snahy o digitalizaci českého stavebnictví je nutné tyto skutečnosti promítnout i do uplatňovaných norem a předpisů, neboť v současné době tento trend byl v předepsaných předpisech opomenut, a tak hrozí riziko, že sice bude stavebnictví zcela digitální, avšak realizace požadovaných prací bude v rozporu se snahou zefektivnit výstavbu.

Pro závěrečné porovnání použitých metod byla vytvořena níže uvedená Tab. č. 13.

hodnotící parametry	použité metody		
	klasická geodézie	Laserové skenování	letecké mapování
celkový počet naměřených bodů	112	22 678	25 328
doba měření [min]	120	60	100
Doba zpracování výsledků měření	rychlá	pomalá	pomalá
náklady na měřicí vybavení cca [Kč]	600 000 Kč	1 200 000 Kč	250 000 Kč

Tabulka 13 - Porovnání použitých metod

9 ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo krom nastínění možnosti použití metod měření a postupu kontroly zemních prací také vyhodnocení nejvhodnější geodetické metody při realizaci staveb. Aby toho bylo docíleno, bylo nutné nejprve stanovit legislativní rámec, který navrhování, kontrolu i samotnou realizaci zemních prací ovlivňuje.

Při vymezení všech norem a předpisů došlo mj. také k nastínění problematiky převodníku mezi třídami těžitelnosti dle normy ČSN 73 3050 z roku 1986 a třídami dle normy ČSN 73 6133 z roku 2010.

Na základě skutečnosti, že diplomová práce čerpá z reálných dat a zkušeností zpracovatele, bylo zmíněno i úskalí v podobě oceňovací prací v Zadávací dokumentaci, cen prací v době realizace a jejich kontrola provádění. Aby diplomová práce kalkulovala se všemi nástroji, které mají zefektivnit administraci spojenou s vykazováním provedených prací na stavbách ŘSD, byly detailně popsány veškeré související legislativní předpisy, které je nucen Zhotovitel dodržovat, tj. např. Smluvní podmínky FIDIC, vnitřní Směrnice GŘ ŘSD ČR č. 18/2017 v platném znění a v neposlední řadě Metodika měření pro účely čl. 12 Červené knihy FIDIC, která nastavuje pravidla pro určení výměr již od fáze přípravy zakázky, aby bylo předejito chybám při stanovování výměry a aby stejný postup šel použit i při realizaci a tzv. "doměření" množství položky.

Vzhledem k tomu, že Metodika měření není v současné době na většině stavbách zasmluvněna, a Zhotovitel tak není povinen ji dodržovat, jsou odchylky v množství, které vznikly doměřením, administrovány formou ZBV jako Vyhrazené změny, přičemž fakturovat lze tyto práce až po podepsání náležitých příloh, které jsou spojeny s administrací. Z toho důvodu by měla být vedena diskuse nad Metodikou měření v praxi s tvůrci, aby tak došlo k aplikaci reálných zkušeností.

V rámci praktické části diplomové práce byly vybrány zemní práce na stavbě I/35 Ktová, které byly realizované z důvodu odstranění úrovnového přejezdu a přeložky komunikace. Došlo ke zvolení lokality pro provedení terénních měření s návazností na vyhodnocení přesností navržených metod.

Pro aplikaci moderních metod měření, tj. metoda klasické geodézie za použití totální stanice Leica MS60, laserového skenování pomocí Leica RTC 360 a leteckého mapování při využití DJI Phantom RTK, uvažovaných v diplomové práci, byl vybrán úsek v délce 200 m ve staničení

km 0,4 - 0,6. Při realizaci zaměření bylo nutno pracovat s okrajovými podmínkami, kterými byly veškeré okolnosti, které by mohly ovlivnit výsledky měření, tzn. realizace prací, pohyb staveništní a strojní techniky, klimatické podmínky aj.

V rámci DP byla vyhodnocena jako nejvíce vhodná metoda laserového skenování z hlediska naměřeného množství kubatur. Avšak to neznamená, že v rámci metody klasické geodézie a leteckého mapování bylo dosaženo nepřesných výsledků. V případě, kdy se zaměříme na konkrétní výsledky, bylo u klasické geodézie dosaženo rozdílu cca 2,5 %, neboť u této metody záleží převážně na interpretaci naměřených bodů při tvorbě 3D modelu. Z čehož jasně vyplývá, že platí přímá úměra, a tedy čím více bodů bychom chtěli naměřit, tím je měření časově náročnější. Na druhou stranu právě tato metoda by mohla být vyhodnocena jako nejpřesnější v rámci výškových odchylek v kontrolních bodech. Jedním z důvodů může být skutečnost, že se jedná o kontaktní metodu, kterou lze aplikovat přímo na stavbě, a snáze je tedy možné ji vyhodnit a odhalit při realizaci měření drobné nuance, které do měření neplánovaně vstoupily.

U metody leteckého mapování byly vyhodnoceny ne příliš vhodné výsledky u výškových odchylek (hodnoty vycházely s průměrnou odchylkou cca 20 mm), ovšem výsledky z hlediska zaměření kubatur nebyly až tak rozdílné, neboť oproti metodě laserového skenování se jednalo o 1% rozdíl.

Otázkou zůstává, zda v budoucnu budou dostačující výsledky pouze v kontrolních bodech, a nebo se budou volit taková měření, které budou zajišťovat ještě efektivnější kontrolu, kdy se docílí mnohem komplexnějších výsledků včetně znalosti povrchu dokončené vrstvy, čímž by bylo dosaženo kromě hodnot výšek i hodnot sklonu, rovinatosti aj.

Na základě výše uvedeného lze tak konstatovat, že všechny tři metody je možné použít pro kontrolní měření. Předpokladem je dodržení stanovených postupů a výběr odpovídajícího vybavení. Toto vše je v kompetenci specialistů ÚOZI. Z toho plyne, že bude vždy nutností účast odborníka (ÚOZI), který zvolí vhodný výběr metody, nebo správnou kombinaci možných metod pro přesné výsledky měření.

Jsem přesvědčen, že zpracování diplomové práce prohloubilo moje znalosti v problematice měření a dokladování zemních prací, a budu tak schopen veškeré zjištěné poznatky lépe aplikovat v praxi.

POUŽITÁ LITERATURA

Seznam použitých norem

- [1] ČSN 73 0212 *Geometrická přesnost ve výstavbě*; Praha: Český normalizační institut, 1994
- [2] ČSN 73 0420 *Přesnost vytyčování staveb*; Praha: Český normalizační institut, 2002
- [3] ČSN P 73 1005 *Inženýrskogeologický průzkum*; Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016
- [4] ČSN 73 3050 *Zemní práce*; Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1986
- [5] ČSN 73 6133 *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*; Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [6] ČSN EN 1997 *Navrhování geotechnických konstrukcí*; Praha: Český normalizační institut, 2006
- [7] ČSN EN ISO 14688 *Pojmenování a zatřídování zemín*; Praha: Český normalizační institut, 2003
- [8] ČSN EN ISO 14689 *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování, popis a klasifikace hornin*; Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018
- [9] ČSN EN 16907 *Zemní práce*; Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019

Seznam použitých TP, TKP

- [10] TKP 1 *Všeobecně*; Praha: MD-OPK; 2017
- [11] TKP 4 *Zemní práce*; Praha: MD-OPK; 2017
- [12] TP76 B *Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace*; Praha: MD-OPK; 2009

Seznam použitých vyhlášek a zákonů

- [13] Vyhláška č. 31/1995 Sb. *Vyhláška Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením*; Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální; 1995
- [14] Zákon č. 134/2016 Sb. *Zákon o zadávání veřejných zakázek*; Praha: Parlament České republiky; 2016

- [15] Zákon č. 200/1994 Sb. *Zákon o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením*; Praha: Parlament České republiky; 1994

Seznam použité literatury a internetových zdrojů

- [16] Bezpilotne: *DJI Phantom 4 RTK* [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://bezpilotne.cz/dji-phantom-4-rtk/>
- [17] *CENOVÉ DATABÁZE: Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací (OTSKP)* [online]. Praha: Státní fond dopravní infrastruktury, 2021 [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.sfdi.cz/pravidla-metodiky-a-ceniky/cenove-databaze/>
- [18] CENOVÁ SOUSTAVA RTS data: *ceník 800-1 zemní práce*; Brno: RTS, 2016.
- [19] CIBULKA, Miloš. *Fotogrammetrie a laserové skenování, přednáška* [online]. Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/geodezie/geodezie_2018/fotogrammetrie.pdf
- [20] Djitelink: *DJI Phantom 4 RTK* [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/dji-phantom-4-rtk/11814-dji-phantom-4-rtk-d-rtk-2-mobile-station-combo.html>
- [21] GEFOS a.s., Geodetický software Leica. [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.gefos-leica.cz/o-produktech/software>
- [22] KAŠPAR, M. - POSPÍŠIL, J. - ŠTRONER, M. - KŘEMEN, T. - TEJKAL, M.: *Laserové skenovací systémy ve stavebnictví*. Hradec Králové: Vega, 2003
- [23] Leica: *Produkty Leica geosystems* [online]. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://leica-geosystems.com/products>
- [24] Metodika měření pro účely článku 12 červené knihy FIDIC; Praha: SFDI, 2019, ročník 2019, číslo 1.
- [25] Ministerstvo dopravy: *Věda a výzkum. Mdcz.cz* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 2020 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://mdcr.cz/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Dopravni-stavitelstvi/Metody-laseroveho-skenovani-objektu-dopravni-infra>

- [26] Muni: *Moderní přístroje a technologie v geodezii* [online]. Praha: Masarykova univerzita, 2014 [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/phil/podzim2014/AEB_30/um/Zaklady_geodezie_4_cast.pdf
- [27] POSPÍŠIL, J. *Současné trendy skenování ve stavebnictví a v příbuzných oborech*. Praha: ČVUT, 2007
- [28] *Projektová dokumentace pro provádění stavby (PDPS): I/35 Ktová, odstranění úrovněvého přejezdu*; Liberec: Sdružení Valbek – Novák – Bung; 2020
- [29] *Realizační dokumentace stavby (RDS): I/35 Ktová, odstranění úrovněvého přejezdu*; Hradec Králové: M-projekce, s.r.o., 2021
- [30] ŘSD: *silnice I/35 Ktová - infoletak* [online]. Praha: Ředitelství silnic a dálnic, 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/261/infoletak_s35-ktova-zeleznicni-prejezd.pdf
- [31] *Směrnice generálního ředitele ŘSD ČR*; Praha: Ředitelství silnic a dálnic, 2021, ročník 2021, 18/2017 ver. 1.3
- [32] *Smluvní podmínky pro výstavbu pozemních a inženýrských staveb projektovaných objednatelem: OBECNÉ PODMÍNKY (na základě červené knihy FIDIC)*; Ostrava: Česká asociace konzultačních inženýrů (CACE), 1999, ročník 2016.
- [33] *Smluvní podmínky pro výstavbu pozemních a inženýrských staveb projektovaných objednatelem: ZVLÁŠTNÍ PODMÍNKY (na základě červené knihy FIDIC)*; Ostrava: Česká asociace konzultačních inženýrů (CACE), 1999, ročník 2020.
- [34] URBAN, Rudolf. *Stavební geodézie SG01: přednáška 7: Laserové skenování a fotogrammetrie*. *Fsv.cvut.cz* [online]; Praha: ČVUT [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://k154.fsv.cvut.cz/~urban/sge.html>
- [35] URBAN, Rudolf. *Stavební geodézie SG01: přednáška 9: Vytyčování staveb a geodetické práce ve výstavbě*. *Fsv.cvut.cz* [online]; Praha: ČVUT [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://k154.fsv.cvut.cz/~urban/sge.html>
- [36] *Telink: drony ve stavebnictví a geodézii*; *Telink.eu* [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.telink.eu/cs/content/115-2d-mapy>

PŘÍLOHY

Příloha 1

Geodetický protokol s vyhodnocením provedeného množství zemních prací od skrývky ornice na parapláň metodami Klasické geodézie, Laserovým skenováním a Leteckým mapováním.

Příloha 2

Geodetický protokol s vyhodnocením výškových odchylek parapláně metodami Klasické geodézie, Laserovým skenováním a Leteckým mapováním.

PŘÍLOHA 1 - GEODETICKÝ PROTOKOL I

Název stavby:	I/35 Ktová, odstranění úrovněového přejezdu
Lokalita stavby:	Liberecký kraj / okres Liberec / k.ú. Hnanice pod Troskami, Ktová
Investor stavby:	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Zhotovitel:	Společnost M-SILNICE, FIRESTA – I/35 Ktová
TDS:	Sdružení „IBR + BUNG CZ + SGS“
TDS / ÚOZI-O:	Ing. Ladislav Jarůšek
Číslo protokolu:	I35-KTOVA-2022-DP01
Objekt / km:	SO101 / km 0.400-0.600
Zaměřil:	Ing. Ladislav Jarůšek, Bc. Tomáš Zikmund
Datum zaměření:	11/2020 terén po skrývce, 09/2021 terén po výkopech
Datum zpracování:	02/2022
Použité přístroje:	Leica MS60, výrobní číslo: 888013 Leica CS20, výrobní číslo: 2428492 Leica GS18T, výrobní číslo: 3601624 Leica RTC360, výrobní číslo: 2980318 DJI Phantom RTK, výrobní číslo: WM334R1801
Souřadnicový systém:	S-JTSK (ZVS)
Výškový systém:	Bpv. (ZVS)
Přesnost:	Směrodatná odchylka kontrolního zaměření byla v závislosti na použité metodě měření. Přesnost splňuje kritéria vyhodnocení.
Podklady:	Geodetické zaměření terénu trasy SO 101 po skrývce ornice Geodetické zaměření terénu trasy SO 101 po výkopech na paraplán metodu klasické geodézie, laserovým skenováním a leteckým mapováním
Popis prací:	Geodetické zaměření terénu po odtěžení na výšku parapláně. Na podkladech geodetických zaměření byly realizovány DMT po skrývce ornice a pro jednotlivé metody zaměření parapláně. Následně byly vytvořeny proložené DMT s vyhodnocením kubatur provedených zemních prací.

Vyhodnocení: *Na SO101 byly kontrolním měřením vyhodnoceny kubatury provedených zemní prací v km 0,420 – 0,580.*

Závěr: materiál výkopu klasickou geodézií **7 401,29 m³**
materiál výkopu laserové skenování **7 584,84 m³**
materiál výkopu letecké mapování **7 529,88 m³**

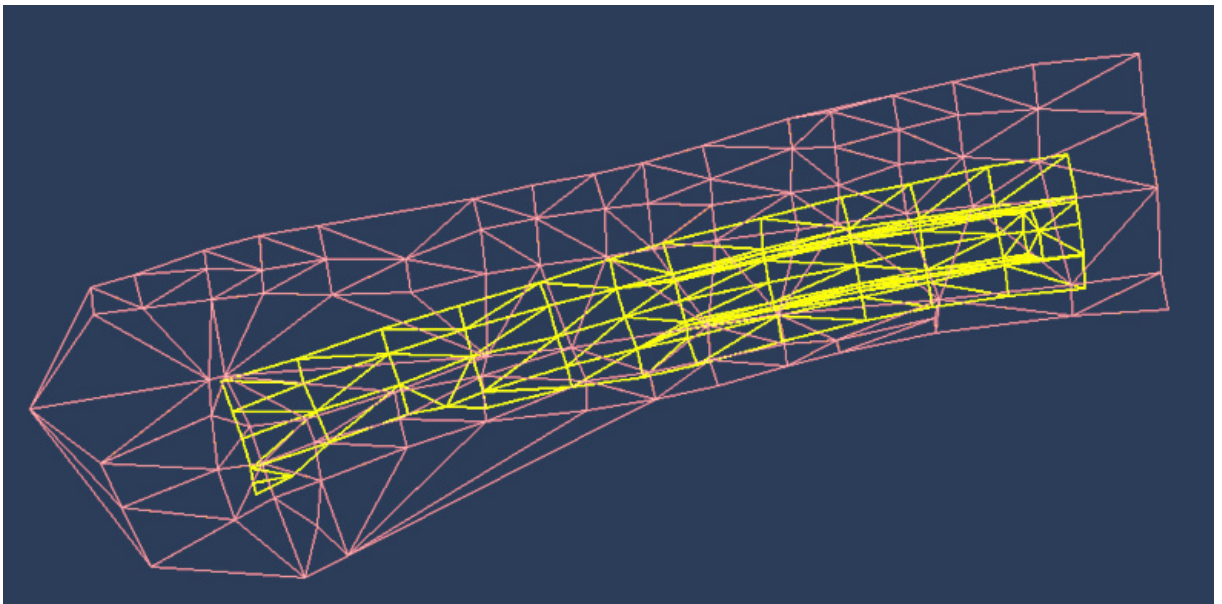
Přílohy: 01/2022 –klasická geodézie
02/2022 –laserové skenování
03/2022 –letecké mapování

Příloha 01/2022 – klasická geodézie

povrchy	
skrývka_km 0.400-0.600	Klasifikace: Množství dokončených zemních prací
paraplán_km 0.400-0.600	Klasifikace: Množství dokončených zemních prací

Kubatury dle samostatného povrchu	
materiál výkopu	7484,84 m ³
materiál násypu	83,55 m ³
čistá kubatura výkopu	7401,29 m ³

Tabulka 14 - Vyhodnocení kubatur metodou klasické geodézie



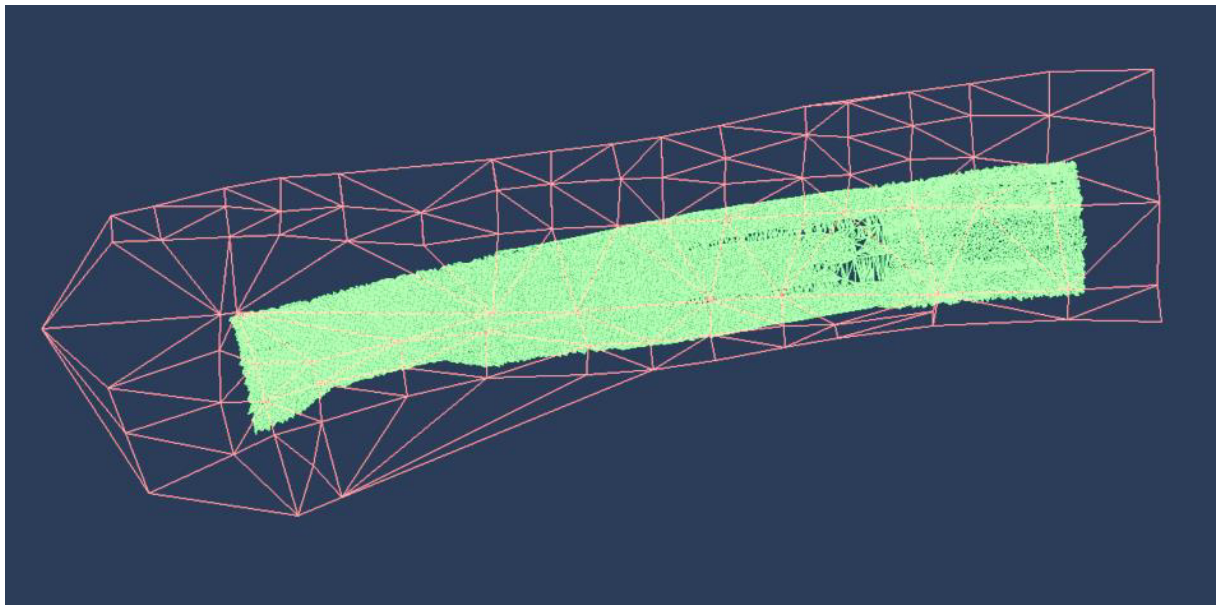
Obrázek 36 - 3D model z měření klasickou geodézií

Příloha 02/2022 – Laserové skenování

Povrchy	
skrývka_km 0.400-0.600	Klasifikace: Množství dokončených zemních prací
paraplán_km 0.400-0.600	Klasifikace: Množství dokončených zemních prací

Kubatury dle samostatného povrchu	
materiál výkopu	7676,89 m ³
materiál násypu	92,05 m ³
čistá kubatura výkopu	7584,84 m ³

Tabulka 15 - Vyhodnocení kubatur metodou LS



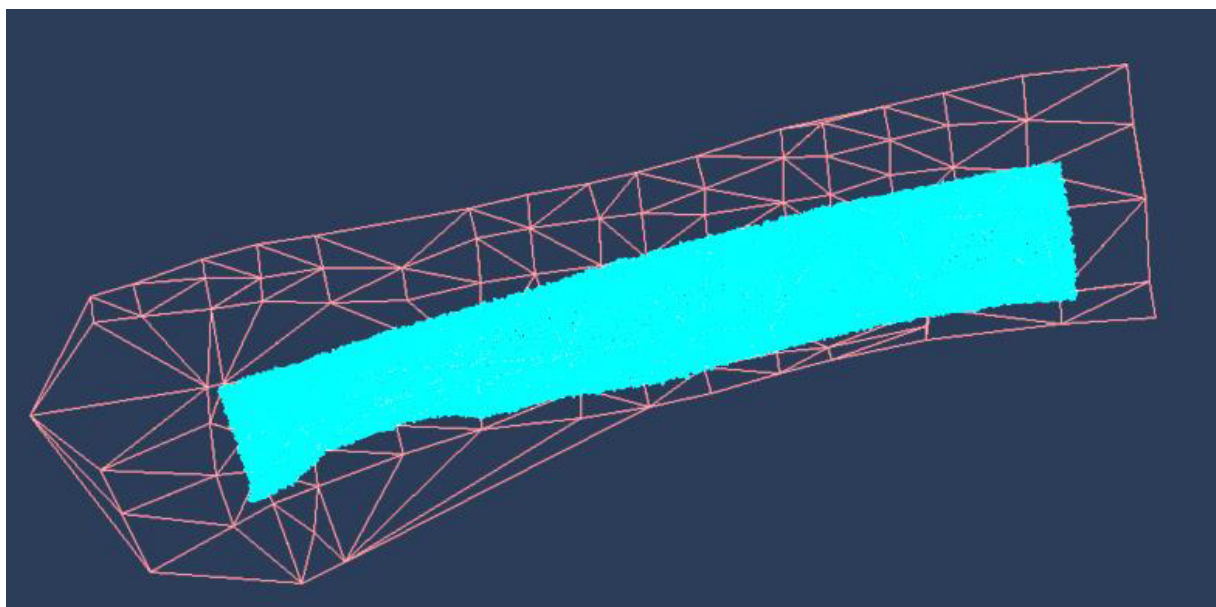
Obrázek 37 - 3D model z měření LS

Příloha 03/2022 – letecké mapování

povrchy	
skrývka_ km 0.400-0.600	Klasifikace: Množství dokončených zemních prací
paraplán_ km 0.400-0.600	Klasifikace: Množství dokončených zemních prací

Kubatury dle samostatného povrchu	
materiál výkopu	7619,20 m ³
materiál násypu	89,32 m ³
čistá kubatura výkopu	7529,88 m ³

Tabulka 16 - Vyhodnocení kubatur metodou leteckého mapování



Obrázek 38 - 3D model z měření leteckým mapováním

PŘÍLOHA 2 - GEODETICKÝ PROTOKOL II

Název stavby:	I/35 Ktová, odstranění úrovněového přejezdu
Lokalita stavby:	Liberecký kraj / okres Liberec / k.ú. Hnanice pod Troskami, Ktová
Investor stavby:	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Zhotovitel:	Společnost M-SILNICE, FIRESTA – I/35 Ktová
TDS:	Sdružení „IBR + BUNG CZ + SGS“
TDS / ÚOZI-O:	Ing. Ladislav Jarůšek
Číslo protokolu:	I35-KTOVA-2022-DP01
Objekt / km:	SO101 / km 0.400-0.600
Zaměřil:	Ing. Ladislav Jarůšek, Bc. Tomáš Zikmund
Datum zaměření:	11/2020 terén po skrývce, 09/2021 terén po výkopech
Datum zpracování:	02/2022
Použité přístroje:	Leica MS60, výrobní číslo: 888013 Leica CS20, výrobní číslo: 2428492 Leica GS18T, výrobní číslo: 3601624 Leica RTC360, výrobní číslo: 2980318 DJI Phantom RTK, výrobní číslo: WM334R1801
Souřadnicový systém:	S-JTSK (ZVS)
Výškový systém:	Bpv. (ZVS)
Přesnost:	Směrodatná odchylka kontrolního zaměření byla v závislosti na použité metodě měření. Přesnost splňuje kritéria vyhodnocení.
Podklady:	SO 101 vytyčovací dokumentace – kontrolní body Geodetické zaměření terénu trasy SO 101 po výkopech na paraplán metodu klasické geodézie, laserovým skenováním a leteckým mapováním
Popis prací:	Kontrolní geodetické zaměření vybraného úseku parapláně komunikace v kontrolních bodech.
Vyhodnocení:	<i>Provedeno v příložené tabulce dle TKP 4 a ČSN 73 6133</i> Ve vytyčovacích bodech byly kontrolním měřením zjištěny odchylky výšek od RDS. Počet nevyhovujících odchylek částečně překračuje povolené hodnoty dle ZTKP a ČSN 73 6133 v závislosti na použitých metodách měření (podrobnosti uvedeny v přílohách).

Závěr: nevyhovující odchylky Klasické geodézie **6/33**
nevyhovující odchylky Laserové skenování **9/33**
nevyhovující odchylky Letecké mapování **20/33**

Příloha: 04/2022 – odchylky výšek klasické skenování
05/2022 – odchylky výšek laserové skenování
06/2022 – odchylky výšek letecké mapování

Příloha 04/2022 – odchylky výšek klasické geodézie

Měřený úsek						
Stavba :	I/35 Ktová, Odstranění úrovněového přejezdu					
Objekt :	SO101					
Staničení:	0,400 00 - 0,600 00					
Vrstva:	00	01	02	03	04	05
Materiál	parapláň	ŠD	MZK	ACP 22 S	ACL 22S	SMA 11 S

Tabulka 17 - Informativní - klasická geodézie

Odchylka výšky od RDS (mm)			
hodnota	dovolená odchylka	měření	nevyhovuje / celkem
průměrná:*)	±30	23	6 / 33
minimální:	30	45	6 / 27
maximální:	-40	32	0 / 5

Tabulka 18 – Vyhodnocení – klasická geodézie

KBL - VLEVO KRAJ -0,5 m						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(5)-(6)
0,400	-3,750	678607,534	1001721,468	284,713	284,721	-0,008
0,420	-3,750	678595,993	1001737,855	284,967	284,990	-0,023
0,440	-3,750	678584,678	1001754,425	285,154	285,169	-0,015
0,460	-3,750	678573,690	1001771,240	285,329	285,331	-0,002
0,480	-3,750	678563,127	1001788,340	285,388	285,356	0,032
0,500	-3,750	678553,024	1001805,716	285,376	285,391	-0,015
0,520	-3,750	678543,388	1001823,354	285,297	285,320	-0,023
0,540	-3,750	678534,225	1001841,244	285,151	285,178	-0,027
0,560	-3,750	678525,543	1001859,371	284,938	284,964	-0,026
0,580	-3,750	678517,347	1001877,724	284,659	284,681	-0,022
0,600	-3,750	678509,644	1001896,289	284,313	284,348	-0,035

Tabulka 19 - Naměřená data s vyhodnocením na levém kraji PK - klasická geodézie

KBO - OSA						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)=(12)-(13)
0,400	0,000	678610,588	1001723,643	284,600	284,596	0,004
0,420	0,000	678599,073	1001739,995	284,854	284,890	-0,036
0,440	0,000	678587,794	1001756,511	285,042	285,053	-0,011
0,460	0,000	678576,854	1001773,253	285,184	285,219	-0,035
0,480	0,000	678566,344	1001790,268	285,238	285,237	0,001
0,500	0,000	678556,291	1001807,557	285,226	285,251	-0,025
0,520	0,000	678546,703	1001825,108	285,147	285,176	-0,029
0,540	0,000	678537,586	1001842,909	285,001	285,021	-0,020
0,560	0,000	678528,947	1001860,946	284,788	284,814	-0,026
0,580	0,000	678520,792	1001879,207	284,509	284,540	-0,031
0,600	0,000	678513,126	1001897,679	284,163	284,187	-0,024

Tabulka 20 - Naměřená data s vyhodnocením v ose PK - klasická geodézie

KBP - VPRAVO KRAJ -0,5 m						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)=(19)-(20)
0,400	4,653	678614,379	1001726,342	284,460	284,481	-0,021
0,420	4,252	678602,564	1001742,421	284,727	284,772	-0,045
0,440	3,850	678590,994	1001758,653	284,926	284,947	-0,021
0,460	3,750	678580,018	1001775,266	285,039	285,061	-0,022
0,480	3,750	678569,560	1001792,196	285,088	285,059	0,029
0,500	3,750	678559,558	1001809,399	285,076	285,094	-0,018
0,520	3,750	678550,017	1001826,862	284,997	285,026	-0,029
0,540	3,750	678540,946	1001844,574	284,851	284,881	-0,030
0,560	3,750	678532,350	1001862,521	284,638	284,650	-0,012
0,580	3,750	678524,236	1001880,691	284,359	284,388	-0,029
0,600	3,750	678516,609	1001899,070	284,013	284,044	-0,031

Tabulka 21 - Naměřená data s vyhodnocením na pravém kraji PK - klasická geodézie

Příloha 05/2022 – odchylky výšek laserové skenování

Měřený úsek						
Stavba :	I/35 Ktová, Odstranění úrovněového přejezdu					
Objekt :	SO101					
Staničení:	0,400 00 - 0,600 00					
Vrstva:	00	01	02	03	04	05
Materiál	paraplán	ŠD	MZK	ACP 22 S	ACL 22S	SMA 11 S

Tabulka 22 - Informativní - laserové skenování

Odchylka výšky od RDS (mm)			
hodnota	dovolená odchylka	měření	nevyhovuje / celkem
průměrná:*)	±30	25	9 / 33
minimální:	-30	-54	9 / 33
maximální:	40	36	0 / 33

Tabulka 23 - Vyhodnocení - laserové skenování

KBL - VLEVO KRAJ -0,5 m						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(5)-(6)
0,400	-3,750	678607,534	1001721,468	284,713	284,716	-0,003
0,420	-3,750	678595,993	1001737,855	284,967	285,002	-0,035
0,440	-3,750	678584,678	1001754,425	285,154	285,178	-0,024
0,460	-3,750	678573,690	1001771,240	285,329	285,337	-0,007
0,480	-3,750	678563,127	1001788,340	285,388	285,353	0,035
0,500	-3,750	678553,024	1001805,716	285,376	285,397	-0,021
0,520	-3,750	678543,388	1001823,354	285,297	285,319	-0,022
0,540	-3,750	678534,225	1001841,244	285,151	285,171	-0,020
0,560	-3,750	678525,543	1001859,371	284,938	284,958	-0,020
0,580	-3,750	678517,347	1001877,724	284,659	284,682	-0,023
0,600	-3,750	678509,644	1001896,289	284,313	284,338	-0,025

Tabulka 24 - Naměřená data s vyhodnocením na levém kraji PK - laserové skenování

KBO - OSA						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)=(12)-(13)
0,400	0,000	678610,588	1001723,643	284,600	284,601	-0,001
0,420	0,000	678599,073	1001739,995	284,854	284,892	-0,038
0,440	0,000	678587,794	1001756,511	285,042	285,064	-0,022
0,460	0,000	678576,854	1001773,253	285,184	285,211	-0,027
0,480	0,000	678566,344	1001790,268	285,238	285,245	-0,007
0,500	0,000	678556,291	1001807,557	285,226	285,246	-0,020
0,520	0,000	678546,703	1001825,108	285,147	285,168	-0,021
0,540	0,000	678537,586	1001842,909	285,001	285,031	-0,030
0,560	0,000	678528,947	1001860,946	284,788	284,817	-0,029
0,580	0,000	678520,792	1001879,207	284,509	284,538	-0,029
0,600	0,000	678513,126	1001897,679	284,163	284,198	-0,035

Tabulka 25 - Naměřená data s vyhodnocením v ose PK - laserové skenování

KBP - VPRAVO KRAJ -0,5 m						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)=(19)-(20)
0,400	4,653	678614,379	1001726,342	284,460	284,485	-0,025
0,420	4,252	678602,564	1001742,421	284,727	284,781	-0,054
0,440	3,850	678590,994	1001758,653	284,926	284,943	-0,017
0,460	3,750	678580,018	1001775,266	285,039	285,076	-0,037
0,480	3,750	678569,560	1001792,196	285,088	285,052	0,036
0,500	3,750	678559,558	1001809,399	285,076	285,095	-0,019
0,520	3,750	678550,017	1001826,862	284,997	285,035	-0,038
0,540	3,750	678540,946	1001844,574	284,851	284,882	-0,031
0,560	3,750	678532,350	1001862,521	284,638	284,647	-0,009
0,580	3,750	678524,236	1001880,691	284,359	284,379	-0,020
0,600	3,750	678516,609	1001899,070	284,013	284,047	-0,034

Tabulka 26 - Naměřená data s vyhodnocením na pravém kraji PK - laserové skenování

Příloha 06/2022 – odchylky výšek letecké mapování

Měřený úsek						
Stavba :	I/35 Ktová, Odstranění úrovněového přejezdu					
Objekt :	SO101					
Staničení:	0,400 00 - 0,600 00					
Vrstva:	00	01	02	03	04	05
Materiál	parapláň	ŠD	MZK	ACP 22 S	ACL 22S	SMA 11 S

Tabulka 27 - Informativní - letecké mapování

Odchylka výšky od RDS (mm)			
hodnota	dovolená odchylka	měření	nevyhovuje / celkem
průměrná:*)	±30	36	20 / 33
minimální:	-30	-81	19 / 33
maximální:	40	49	1 / 33

Tabulka 28 - Výsledky měření - letecké mapování

KBL - VLEVO KRAJ -0,5 m						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(5)-(6)
0,400	-3,750	678607,534	1001721,468	284,713	284,692	0,021
0,420	-3,750	678595,993	1001737,855	284,967	285,021	-0,054
0,440	-3,750	678584,678	1001754,425	285,154	285,191	-0,037
0,460	-3,750	678573,690	1001771,240	285,329	285,369	-0,040
0,480	-3,750	678563,127	1001788,340	285,388	285,372	0,016
0,500	-3,750	678553,024	1001805,716	285,376	285,415	-0,039
0,520	-3,750	678543,388	1001823,354	285,297	285,302	-0,005
0,540	-3,750	678534,225	1001841,244	285,151	285,161	-0,010
0,560	-3,750	678525,543	1001859,371	284,938	284,982	-0,044
0,580	-3,750	678517,347	1001877,724	284,659	284,691	-0,032
0,600	-3,750	678509,644	1001896,289	284,313	284,319	-0,006

Tabulka 29 - Naměřená data s vyhodnocením na levém kraji PK - letecké mapování

KBO - OSA						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)=(12)-(13)
0,400	0,000	678610,588	1001723,643	284,600	284,586	0,014
0,420	0,000	678599,073	1001739,995	284,854	284,934	-0,080
0,440	0,000	678587,794	1001756,511	285,042	285,087	-0,045
0,460	0,000	678576,854	1001773,253	285,184	285,236	-0,052
0,480	0,000	678566,344	1001790,268	285,238	285,269	-0,031
0,500	0,000	678556,291	1001807,557	285,226	285,276	-0,050
0,520	0,000	678546,703	1001825,108	285,147	285,150	-0,003
0,540	0,000	678537,586	1001842,909	285,001	285,012	-0,011
0,560	0,000	678528,947	1001860,946	284,788	284,846	-0,058
0,580	0,000	678520,792	1001879,207	284,509	284,572	-0,063
0,600	0,000	678513,126	1001897,679	284,163	284,222	-0,059

Tabulka 30 - Naměřená data s vyhodnocením v ose PK - letecké mapování

KBP - VPRAVO KRAJ -0,5 m						
staničení	vzdál, od osy	Y RDS	X RDS	Hp RDS	Hm ÚOZI-O	Δ H rozdíl H
(km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)=(19)-(20)
0,400	4,653	678614,379	1001726,342	284,460	284,474	-0,014
0,420	4,252	678602,564	1001742,421	284,727	284,808	-0,081
0,440	3,850	678590,994	1001758,653	284,926	284,930	-0,004
0,460	3,750	678580,018	1001775,266	285,039	285,096	-0,057
0,480	3,750	678569,560	1001792,196	285,088	285,039	0,049
0,500	3,750	678559,558	1001809,399	285,076	285,119	-0,043
0,520	3,750	678550,017	1001826,862	284,997	285,037	-0,040
0,540	3,750	678540,946	1001844,574	284,851	284,897	-0,046
0,560	3,750	678532,350	1001862,521	284,638	284,636	0,002
0,580	3,750	678524,236	1001880,691	284,359	284,409	-0,050
0,600	3,750	678516,609	1001899,070	284,013	284,033	-0,020

Tabulka 31 - Naměřená data s vyhodnocením na pravém kraji PK - letecké mapování