

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

DOKUMENTACE SKUTEČNÉHO PROVEDENÍ ŽELEZNIČNÍ STAVBY V SOUVISLOSTECH BIM

ELABORATION OF DOCUMENTATION OF THE ACTUAL CONSTRUCTION OF THE
RAILWAY CONSTRUCTION IN THE CONTEXT OF BIM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

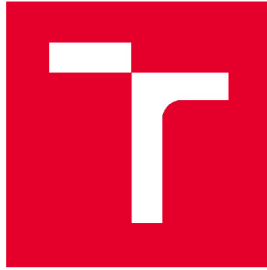
Bc. Ondřej Vystavěl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ BUREŠ, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N0532A260001 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Ondřej Vystavěl
Název	Dokumentace skutečného provedení železniční stavby v souvislostech BIM
Vedoucí práce	doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

[1] SLEZIÁK, T, VELAS, M.: Zkušenosti s pořizováním a vyhodnocením dat 3D dokumentace stavebních objektů. Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2020, Český svaz geodetů a kartografů, 2020, str. 70-74.

[2] ČERNÝ, M.: Geodézie a geoinformace v informačním modelování staveb (BIM). Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2017, Český svaz geodetů a kartografů, 2017, str. 7-17.

[3] <https://www.fig.net/fig2018/bim.htm>

[4] <https://www.sfdi.cz/bim-informacni-modelovani-staveb/>

[5] Technické předpisy SŽ k dané problematice

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na podkladě předaných dat geodetického zaměření zpracujte vybrané části dokumentace skutečného provedení stavby "Rekonstrukce zastávky Šumice" dle směrnic Správy železnic. Popište použité metody a postupy vyhodnocení dat včetně struktury dokumentace. Proveďte analýzu využití dokumentace v souvislostech BIM a zhodnoťte dosažené výsledky.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Práce se zabývá tvorbou geodetické části dokumentace skutečného provedení stavby (G-DSPS) Rekonstrukce zastávky Šumice a procesem jejího přepracování do prostředí Building Information Modelling (BIM). V první části práce je řešeno vyhotovení G-DSPS podle standardizovaných interních předpisů Správy železnic (SŽ). Ve druhé části práce je řešen převod G-DSPS do prostředí BIM. Podoba v BIM je v současné době pro liniové stavby ve stavu zrodu, proto bylo nutné analyzovat současný stav z dostupných informací, zejména z dokumentů a webinářů Státního fondu dopravní infrastruktury (SFDI) a školení Správy železnic. Některé z analyzovaných možností tohoto převodu byly vyzkoušeny s využitím dat G-DSPS. Výsledkem práce je vypracovaná G-DSPS dle platných předpisů SŽ a její následné převedení do prostředí BIM. Nejdůležitějším zjištěním práce je, že tento převod možný je, ale v současnosti silně neefektivní se spoustou technických úskalí, které bude potřeba, do doby spuštění procesu zadávání veřejných zakázek v BIM, vyřešit.

KLÍČOVÁ SLOVA

geodetická část dokumentace skutečného provedení stavby, železniční stavba, informační modelování staveb, společné datové prostředí

ABSTRACT

The thesis deals with the creation of the geodetic part of the as-built documentation (G-DSPS) of the Reconstruction of the Šumice stop and the process of its reworking into the Building Information Modelling (BIM) environment. The first part of the thesis deals with the creation of the G-DSPS according to the standardised internal regulations of the Railway Administration (SŽ). The second part of the thesis deals with the conversion of the G-DSPS into the BIM environment. The form in BIM is currently in a nascent state for transport constructions, therefore it was necessary to analyse the current state from available information, especially from documents and webinars of the State Fund for Transport Infrastructure (SFDI) and training courses of the Railway Administration. Some of the options analysed for this transfer were tested using G-DSPS data. The result of the thesis is a developed G-DSPS according to the valid regulations of the Railway Administration and its subsequent transfer to the BIM environment. The most important finding of the thesis is that this conversion is possible, but currently highly inefficient with a lot of technical pitfalls that will need to be resolved by the time the procurement process in BIM is launched.

KEYWORDS

geodetic part of the as-built documentation, railway construction, building information modelling, common data environment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Ondřej Vystavěl *Dokumentace skutečného provedení železniční stavby v souvislostech BIM*. Brno, 2022. 81 s., 18 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Dokumentace skutečného provedení železniční stavby v souvislostech BIM* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 5. 2022

Bc. Ondřej Vystavěl
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Dokumentace skutečného provedení železniční stavby v souvislostech BIM* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2022

Bc. Ondřej Vystavěl
autor práce

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Burešovi, Ph.D. za trpělivost a množství konzultací při zpracování práce. Dále bych poděkoval mé rodině za podporu po celou dobu studia.

Obsah

1	Úvod	10
2	Legislativa a předpisy pro vyhotovení DSPS	11
2.1	Stavební legislativa	11
2.2	Zeměměřická legislativa	11
2.3	Smlouva o dílo	12
3	Předpisy a metodika SŽ pro vyhotovení G-DSPS	13
3.1	Předpis SŽ M20/MP005	14
3.1.1	Seznam souřadnic bodů výkresu	14
3.1.2	Vektorová kresba	15
3.1.3	Popisné informace	16
3.2	Předpis SŽ M20/MP006	16
3.2.1	Zhodnocení datového modelu SŽ	17
3.3	Předpis SŽ M20/MP010	18
3.3.1	Přípravné práce	19
3.3.2	Metody měření UŽM	19
3.3.3	Metody zpracování UŽM	20
3.3.4	Testování přesnosti UŽM	20
3.3.5	Odborná způsobilost	21
3.3.6	Výkresové soubory při tvorbě G-DSPS	21
3.4	Předpis SŽDC M20/MP007	21
3.5	Předpis SŽDC M20/MP004	21
4	Přehled současného stavu řešené problematiky v oblasti BIM	22
4.1	BIM obecně	22
4.2	BIM v ČR	23
4.2.1	Požadavky na BIM model dle metodiky Koncepce BIM	24
4.3	BIM v resortu dopravy	26
4.4	BIM na SŽ	31
4.4.1	Tvorba vzorové zadávací dokumentace	31
4.4.2	Společné datové prostředí (CDE)	32
4.4.3	Datový standard (DS)	33
4.4.4	Knihovna prvků	33

4.5	Pilotní projekty BIM na SŽ.....	33
4.6	Požadavky BIM plynoucí z analýzy	36
5	Stavba Rekonstrukce zastávky Šumice	37
6	Geodetické podklady ze zaměření skutečného provedení stavby	39
7	Zhotovení dokumentace skutečného provedení stavby	40
7.1	Zpracování předaných dat	40
7.2	Vyhotovení dokumentace jednotlivých PS/SO	43
7.2.1	Kontrola výkresové dokumentace	47
7.3	Vyhotovení souborného zpracování G-DSPS	49
7.4	Kontrola G-DSPS objednatelem	52
7.5	Předání G-DSPS	53
8	Převod G-DSPS do podoby BIM	54
8.1	Porovnání stávajícího standardu (SŽ M20/MP005) a standardu SFDI.....	54
8.2	Přemodelování z CAD do BIM	57
8.2.1	Přemodelování části PS/SO v SW Autodesk Civil 3D	59
8.2.2	Přemodelování části PS/SO v SW Autodesk Revit	62
8.3	Import do CDE	67
8.4	Přejímka dokumentace v režimu BIM	69
8.5	Procesní model a časový harmonogram	69
9	Zhodnocení přístupu BIM	70
10	Závěr	73
	Seznam použitých zdrojů.....	74
	Seznam zkratk	78
	Seznam tabulek	79
	Seznam obrázků	79
	Seznam příloh	81

1 Úvod

Diplomová práce (DP) se zabývá zpracováním geodetické části dokumentace skutečného provedení stavby (G-DSPS) *Rekonstrukce zastávky Šumice* a procesem jejího přepracování do prostředí Building Information Modelling (BIM).

G-DSPS, jakožto doklad o výsledku stavební činnosti, je v rámci Správy železnic (SŽ) běžně vyhotovovaná. Metodika měření a zpracování je podrobně popsána v interních předpisech SŽ. Měření G-DSPS nebylo předmětem této diplomové práce. Podkladová data pro zpracování G-DSPS jsem převzal částečně od správce (tj. SŽ), částečně od cizích správních subjektů, které se podílely na zaměření. Kompletní dokumentace byla vyhotovována jménem společnosti Hovořáková&Hovořák s.r.o., s kterou spolupracuje společnost Geodetika s.r.o., ve které pracuji. V rámci zpracování se na některých částech (technická zpráva, výpočetní protokol, geometrický plán) spolupodíleli i jiní zaměstnanci společnosti. Hlavním zpracovatelem G-DSPS jsem byl já. Z důvodu ochrany autorských a vlastnických práv vyplývajících ze smluvních podmínek není součástí odevzdání DP kompletní předávaná dokumentace na SŽ, v přílohách jsou pouze uvedeny součásti, které přímo souvisí s přepracováním do BIM. Ukázky z ostatních částí jsou zapracovány do textu DP.

BIM je definováno jako moderní metoda přístupu k práci s 3D daty, která má za cíl vytvořit jednotnou dokumentaci dostupnou všem zainteresovaným osobám po celou dobu životního cyklu stavby, uloženou na jednotném místě, tzv. společném datovém prostředí (Common Data Environment, CDE). Základem je 3D model z jednotlivých objektů, ke kterým jsou připojeny popisné informace. Jedná se o odlišný a rozvíjející se přístup k práci, proto jsou standardy stále vyvíjeny.

2 Legislativa a předpisy pro vyhotovení DSPS

2.1 Stavební legislativa

Definici a účel dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS) nalezneme v *Zákoně č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. Dle § 119 lze dokončenou stavbu „užívat pouze na základě kolaudačního souhlasu, nebo kolaudačního rozhodnutí.“ [1] Toto je vydáno mj. na podkladě DSPS. V § 125 je explicitně napsáno, že vlastník stavby musí mít DSPS k dispozici. Správa železnic si, jako každý jiný vlastník, musí tedy po dokončení stavby DSPS nechat vyhotovit ze dvou důvodů:

- ➔ provozuschopnosti (jako podklad pro kolaudační souhlas nebo rozhodnutí)
- ➔ a evidence.

Podrobněji o rozsahu a obsahu DSPS hovoří v § 4 a hlavně příloze 14 *Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb*. Z našeho pohledu je důležitá geodetická část DSPS (G-DSPS) „s číselným a grafickým vyjádřením výsledků zaměření stavby, polohopisem s výškopisnými údaji, měřickými náčrty s číselnými údaji, seznamem souřadnic a výšek a technickou zprávou podle jiného právního předpisu.“ [2]

G-DSPS tedy musí minimálně obsahovat technickou zprávu, seznam souřadnic a výšek a grafické vyjádření ve formě výkresů.

2.2 Zeměměřická legislativa

To, že vyhotovení geodetické části dokumentace skutečného provedení stavby patří mezi zeměměřické činnosti, nalezneme již v *Zákoně č. 200/1994 Sb. o zeměměřičství* [3]. V § 13 odst. 1 písm. c) totiž G-DSPS nalezneme jako jeden z výsledků zeměměřických činností, které podléhají ověření úředně oprávněným zeměměřickým inženýrem (ÚOZI).

Podrobněji o G-DSPS pak jedná prováděcí *Vyhláška č. 31/1995 Sb.* Opět je zde kladen důraz na nutnost ověření ÚOZI při měření, zhotovení, pořízení a doplnění G-DSPS. Ve vyhlášce je explicitně napsáno, že měření „veškerých podzemních staveb ... se provádí vždy před zakrytím.“ [4] Přesnost měření musí vyhovovat kritériím podle zvláštních právních předpisů.

Pokud v rámci stavby dochází ke změnám dotýkajících se katastru nemovitostí, je nutné respektovat katastrální zákon č. 256/2013 Sb. a jeho prováděcí vyhlášku č. 357/2013 Sb.

2.3 Smlouva o dílo

Jelikož se pohybujeme ve výstavbě, platí pro ověřování výsledků zeměměřické činnosti podle § 13 odst. 1 písm. c) kromě obecně platných právních předpisů i podmínky písemně dohodnuté s objednatelem, které jsou zapracovány ve *Smlouvě o dílo (SOD)*. Ta je samozřejmě pro každou stavbu unikátní. SOD je v rámci Správy železnic vysoce standardizovaná a má jasně danou strukturu a důležité přílohy:

- ➔ Obchodní podmínky
- ➔ Technické podmínky
 - Technické kvalitativní podmínky státních drah (TKP)
 - Všeobecné technické podmínky (VTP)
 - Zvláštní technické podmínky (ZTP)

TKP jsou samostatným dokumentem platným pro veškeré práce na státních drahách. Ve SOD je navíc podmíněno použití interních předpisů a metodiky SŽ, které jsou podrobněji popsány v následující kapitole.

3 Předpisy a metodika SŽ pro vyhotovení G-DSPS

Správa železnic vydává své interní předpisy, kterými se musí řídit jak zaměstnanci organizace, tak i zaměstnanci cizích právních subjektů. Z hlediska geodézie je základním interním dokumentem *Předpis pro zeměměřičství SŽDC M20*. V rámci této řady předpisů vyšlo několik metodických pokynů (MP) viz Obr. 1. Zeleně podbarvené jsou již platné, ostatní jsou ve fázi přípravy (žlutý je v pokročilejším stádiu než nepodbarvené).

Označení	Název
SŽ M20/MP001	Metodický pokyn pro řízení dokumentace řídicích technických aktů SŽDC M20
SŽ M20/MP002	Předpisy, jejichž změna se může dotknout předpisu SŽ M20
SŽ M20/MP003	Odborné poradní orgány železniční geodézie
SŽ M20/MP004	Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje
SŽ M20/MP005	Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítka
SŽ M20/MP006	Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty
SŽ M20/MP007	Železniční bodové pole
SŽ M20/MP008	Správa prostorové polohy kolejí a správa dat staničení pro projekční účely
SŽ M20/MP009	Železniční báze geodat
SŽ M20/MP010	Účelová železniční mapa velkého měřítka
SŽ M20/MP011	Standardy pro zeměměřičskou techniku
SŽ M20/MP012	Pasport topologie sítě
SŽM20/MP013	Záborový elaborát
SŽM20/MP014	Digitální technická mapa železnic
SŽM20/MP015	Katalog prostorových dat

Obr. 1 Řídící technické akty předpisu SŽDC M20, [5]

Některé předpisy mají ve svém názvu dnes již nepoužívané označení SŽDC, změna názvu předpisu se děje až při novelizaci obsahu. Na Obr. 1 je znázorněn již plánovaný stav.

Co se týká této diplomové práce, tak stěžejní jsou předpisy SŽ M20/MP005, SŽ M20/MP006 a SŽ M20/MP010. Problematiku doplňují předpisy SŽ M20/MP004 a SŽ M20/MP007. Následující podkapitoly se budou věnovat popisu potřebných informací z výše vyjmenovaných předpisů.

3.1 Předpis SŽ M20/MP005

Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítka prošel již značným vývojem. Při zpracování praktické části této DP byl předpis platný ve znění změny č. 4. V současné době (od září 2021) je platná verze ve změně změny č. 5. Vyhotovená G-DSPS tyto změny logicky nereflektuje.

Pokyn definuje „standard digitálních prostorových dat.“ [6] Řeší tedy zejména datový model (atributy vektorové kresby), který je závazný použít. Dále řeší použití základních výkresů, knihoven značek, čar a fontů a formát seznamu souřadnic podrobných bodů.

Předpis výslovně říká, že je nutné použít aplikaci MicroStation. Obrovskou výhodou při práci je však použití nadstavby MGEO-SŽ od společnosti GISOFT, která má v sobě zakomponovanou drtivou většinu formálních požadavků dle předpisů SŽ. V rámci zpracování pro SŽ je tato nadstavba standardem. Proto tedy bylo o výběru SW nástroje pro zpracování vektorové kresby G-DSPS jasno a byla zvolena tato aplikace.

3.1.1 Seznam souřadnic bodů výkresu

V předpise nalezneme základní informace, jaké má SŽ požadavky na formát seznamu souřadnic. Seznam souřadnic se standardně odevzdává v souboru TXT. Musí mít hlavičku, která slouží při importu bodů v MGEO-SŽ k automatickému doplnění popisných informací k bodům. Jelikož se jedná o strojové zpracování, je nutné dodržet zejména pořadí informací. Požadovaný formát je následující (Obr. 2).

*„Číslo bodu Y X Z /Třída přesnosti/Původ bodu/Poznámka/Převzato odkud/Datum měření/
Měřil/ Organizace autora měření“.*

Obr. 2 Formát hlavičky seznamu souřadnic

Na Obr. 3 je ukázka části seznamu souřadnic vytvořeného v rámci zpracování G-DSPS.

```
20210301
Hovorak Karel Ing.
Hovorakova&Hovorak,s.r.o.
2
;
;
1
*Číslo bodu Y X Z Kód /Přesnost/Původ/Pozn./Od/Datum/Osoba/Org.
230200001719 519008.286 1187173.114 122.569 80010/2/2/ZP/SZG Olomouc/20210301/Ing. Karel Hovorak/Hovorakova&Hovorak,s.r.o.
230218530034 519091.838 1187178.059 224.547 10122/2/1/LOZE//20210301/Ing. Karel Hovorak/Hovorakova&Hovorak,s.r.o.
230218530035 519091.632 1187174.516 224.672 10122/2/1/LOZE//20210301/Ing. Karel Hovorak/Hovorakova&Hovorak,s.r.o.
```

Obr. 3 Seznam souřadnic G-DSPS

Co se týká původu bodu, do změny č. 4 včetně se používalo následující označení:

- ➔ 1 – měřený
- ➔ 2 – převzatý
- ➔ 3 – konstruovaný
- ➔ 4 – BIM (původní z projektu)

V novelizovaném předpise se již rozlišuje původ měřených bodů podle technologie zaměření v terénu (terestricky, GNSS, FTG, LS, u inženýrských sítí také před nebo po záhozu).

Další důležitou informací je způsob číslování bodů. V rámci SŽ se používá dvanáctimístné číslování bodů ve tvaru XXXX YYYY ZZZZ (číslo se skládá ze tří čtyřčíslí):

- ➔ XXXX – číslo traťového úseku (jednoznačný identifikátor trati)
- ➔ YYYY – zde je možné volit ze tří alternativ
 - číslo mapového listu (tři číslice) a číslo skupiny bodů (jedna číslice)
 - číslo definičního úseku (dvě číslice) a číslo skupiny bodů (dvě číslice)
 - pořadové číslo PS/SO (tři číslice) a číslo skupiny bodů (jedna číslice)
- ➔ ZZZZ – vlastní číslo bodu

Body ŽBP mají v rámci části YYYY vždy 0000. Jejich původ je vyžadován uvádět jako 2 – převzatý.

3.1.2 Vektorová kresba

V předpisu jsou definovány základní požadavky na vektorovou kresbu. Zásadní je nutnost zobrazení objektů ve 3D. Zakládací výkresy musí být použity pouze a jenom ty, které jsou Přílohou C předpisu. Opět jsou součástí aplikace MGEO-SŽ. Stejně je tomu pro knihovnu značek (Příloha D), knihovnu uživatelských čar (Příloha E) a knihovnu fontů (Příloha F).

Přílohou B předpisu je pak tabulka, která definuje atributy vektorové kresby (viz Obr. 4).

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Komentář			SVRŠEK							
2	typ řádku	číslo	typ objektu	název	atribut		atribut DM	vrstvy	bar.	síla	název čár. n.
					ut	povinnost					
3	Menu	1		Vrstva 1 - osa koleje a její popis				1			
7	Objekt	10004	3,4,16	Osa staniční a traťové koleje normál. rozchodu	ano	ne/ne/ne/ne	10060,10065, 10318,10273	1	0	2	OsaK1
5	Objekt	10012	3,4,16	Osa staniční a trať. kol. normál. rozchodu-shora zakrytá	ano	ne/ne/ne/ne	10060,10065, 10318,10273	1	0	2	OsaK3
9	Objekt	10016	3,4,16	Osa vlečkové koleje normál. rozchodu	ano	ne/ne/ne/ne	10060,10065, 10318,10273	1	0	2	Osa1
0	Menu	2		ostatní osy kolejí							

Obr. 4 Příloha B předpisu [6]

Nejdůležitějším prvkem je identifikátor (pětičíselný kód). Jak můžeme vidět na Obr. 4, například pro osu koleje se používá DM 10004. Tento kód musí být také obsažen v seznamu souřadnic. MGEO-SŽ dokáže na základě této informace zpracovávat kódovou kresbu.

Tento předpis velmi úzce souvisí s předpisem SŽ M20/MP006, kterému bude věnována následující podkapitola. Předpis SŽ M20/MP006 řeší, jak se jednotlivé objekty zaměřují, předpis SŽ M20/MP005 řeší, s jakými atributy se tyto objekty zobrazují ve vektorové kresbě.

3.1.3 Popisné informace

Pro každý prvek datového modelu je specifikováno, které popisné informace jsou vyžadovány. Popisné informace se do výkresů musí vynášet vždy jako texty. Následně musí být svázány do tzv. grafických skupin s geometrií, ke které se vztahují. Grafická skupina zaručuje, že při vymazání geometrie z výkresu dojde i k vymazání přidruženého textu.

3.2 Předpis SŽ M20/MP006

Jak již bylo zmíněno, metodický pokyn *Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty* navazuje na Přílohu B předpisu SŽ M20/MP005 podrobným popisem, jak se mají jednotlivé objekty ŽDC zaměřovat a znázorňovat ve výkrese.

Předpis se skládá ze dvou hlavních částí, a to *Obecných zásad* a *Fotokatalogu*. Obecné zásady popisují, jak se jednotlivé objekty zaměřují. Ve fotokatalogu jsou pak vyobrazeny všechny používané prvky datového modelu. Jak již název napovídá, součástí jsou hlavně fotografie znázorňující jednotlivé objekty, navíc je k nim připojen krátký popis.

Předpis je členěn do jednotlivých kapitol, které korespondují s kapitolami předpisu SŽ M20/MP005. V závorce jsou uvedeny vrstvy, ve kterých se objekty dané kapitoly musí ve výkrese DGN nacházet [7]:

- ➔ Kapitola 1 – Svršek (vrstvy 1 až 11)
- ➔ Kapitola 2 – Spodek (vrstvy 12 až 22)
- ➔ Kapitola 3 – Stavby (vrstvy 23 a 24)
- ➔ Kapitola 4 – Kabelové vedení (vrstvy 25 až 36)
- ➔ Kapitola 5 – Potrubní vedení (vrstvy 37 až 47)
- ➔ Kapitola 6 – Terén (vrstvy 48 až 51)
- ➔ Kapitola 7 – Železniční katastr nemovitostí (vrstva 53 a 55)
- ➔ Kapitola 8 – Pomocný výkres katastru nemovitostí (vrstva 52 až 59)
- ➔ Kapitola 9 – Body (vrstva 60 až 63)

3.2.1 Zhodnocení datového modelu SŽ

Datový model SŽ je hodně podrobný, rozlišuje velké množství objektů. Jak vidíme na kapitolovém seznamu vrstev, je členěn do jednotlivých tematických celků. Ty jsou dále rozděleny do dílčích částí do samostatných vrstev (například stavby železničního spodku – mosty, propustky, tunely – mají každý samostatnou vrstvu).

Podobné prvky jsou odlišeny odstínem používané barvy, toto hodnotím jako velmi zdařilou koncepci datového modelu. Například mosty a propustky mají zelenou barvu, pouze jiný odstín. Zároveň však každý leží v jiné vrstvě. Barvy tedy vhodně evokují podobnost prvků, nicméně atributy (v tomto případě rozdílná vrstva) zaručují jednoduchý výběr. U mostů se pak dále rozlišují dva prvky (DM 20082 Most – železniční a DM 20087 Nosná konstrukce), které se opět liší odstínem zelené, lze tedy dle barvy jednoduše vybrat prvky, které patří k nosné konstrukci mostu.

Na druhou stranu je na datovém modelu mírně nepraktické, že body (elementy) a čísla bodů leží ve stejné vrstvě. Dvanáctimístná čísla bodů zakrývají kresbu a tím, že jsou ve stejné vrstvě s body, je nelze jednoduše vypnout pro zobrazení.

3.3 Předpis SŽ M20/MP010

Metodický pokyn *Účelová železniční mapa velkého měřítka* byl výrazněji novelizován změnou č. 1 k 1. září 2020, takže zpracování G-DSPS bylo podle aktuálně platné verze.

V rámci SŽ existují dle předpisu čtyři typy ÚŽM:

- ➔ ÚŽM pro provozní potřeby SŽ (Příloha B)
- ➔ ÚŽM v investiční výstavbě (Příloha C)
- ➔ ÚŽM pro potřeby veřejné správy (Příloha D)
- ➔ speciální mapování (Příloha E)

Zpracování G-DSPS spadá do typu investiční výstavby, nicméně většina zásad je pro všechny typy společná a je definována pouze v Příloze B. U ostatních typů jsou pak uvedeny odlišnosti.

Předpis definuje potřebnou přesnost určení souřadnic a výšek podrobných bodů. Přesnost je vždy vztažena k nejbližším bodům ŽBP. Rozlišují se tyto třídy přesnosti:

- ➔ zvýšená přesnost (definována mezními odchylkami, viz Obr. 5)
- ➔ standardní přesnost
 - 2. třída přesnosti dle ČSN 01 3410 ($m_{x,y} = 0,10 \text{ m}$, $m_H = 0,08 \text{ m}$)
 - 3. třída přesnosti dle ČSN 01 3410 ($m_{x,y} = 0,14 \text{ m}$, $m_H = 0,12 \text{ m}$)

Výčet prvků, které patří do jednotlivých tříd přesnosti viz Obr. 5.

Přesnost určení		výčet prvků a objektů
Zvýšená přesnost	$\delta p = 30 \text{ mm}$	zaměření do 3,5m od osy koleje - průběh osy koleje, výhybky a výhybkové konstrukce, dilatační zařízení, izolované styky; hrany nástupišť, ramp, k ose koleje přilehlé hrany mostních objektů, propustků, charakteristické body tunelů, tunelových portálů a pevné jízdní dráhy
	$\delta h = 30 \text{ mm}$	
Standardní přesnost	2. TP (ČSN 01 3410)	Prvky, objekty, povrchy a zařízení* uvedené v předpisu SŽ M20/MP006, které se neměří se zvýšenou přesností; nadzemní inženýrské sítě, kolejové lože
	3. TP (ČSN 01 3410)	terén a terénní útvary, podzemní inženýrské sítě

* zařízení a prvky měřené v ose koleje musí současně přesností zaměření vyhovovat požadavkům pro přesnost určení osy koleje (v příčném směru).

Obr. 5 Třídy přesnosti rozlišované při tvorbě ÚŽM, převzato z [8]

Jelikož jsou v rámci zpracování předmětného G-DSPS měřeny i prvky vyžadující zvýšenou přesnost měření (hrany nástupiště, k ose přilehlé hrany mostního objektu), je nutné počítat s tím, že na měření jako celek budou kladeny tyto nároky na přesnost.

3.3.1 Přípravné práce

Dle [8] je doporučeno před měřením provést několik úkonů:

- ➔ vyžádat si od regionálního správce železničních mapových podkladů (SŽMP)
 - dokumentace platného ŽBP v daném úseku
 - obvod dráhy – výkres hranice dráhy
 - mapové podklady – aktuálně platná UŽM, mapové podklady pro projekční práce (jsou-li k dispozici)
- ➔ domluvit se se SŽMP na způsobu číslování bodů (viz kapitola 3.1), rozsahu zaměření, vyřešit měření problematických míst, nebo zatřídění sporných objektů dle prvků datového modelu.

3.3.2 Metody měření UŽM

Základní metodou je *terestrická metoda* v několika provedeních. Preferovanou variantou je měření z bodů ŽBP s orientacemi na sousední body ŽBP. Přejížděné stanovisko lze použít pouze při orientaci na tři známé body s preferencí bodů ŽBP. Poslední variantou je měření z rajonu, zde stačí pouze zpětná orientace na známý bod, z kterého byl rajon určen.

Pro kontrolu terestrického měření je nutné zaměřit minimálně dva podrobné body určené i z předchozího stanoviska.

Další možnou metodou je *metoda GNSS*. Ta však může být použita pouze za specifických podmínek definovaných v [8]. Nelze touto metodou měřit body, které spadají do zvýšené přesnosti. Body spadající do 2. TP lze měřit pouze tehdy, když jsou dále než 3,5 m od osy koleje. Všechny podrobné body měřené technologií GNSS musí mít však vhodné observační podmínky.

Pro kontrolu měření GNSS je nutné zaměřit body ŽBP v dané lokalitě (minimálně dva, jeden na začátku, druhý na konci měření). Porovnávají se evidované a zaměřené souřadnice a výšky bodů ŽBP.

3.3.3 Metody zpracování UŽM

Dále zde bude uvedeno několik zásad z [8] potřebných pro vypracování UŽM v rámci G-DSPS. Měřené délky musí být opraveny o matematické redukce (měřítko zkreslení musí být dohledatelné ve výpočetním protokolu). Souřadnice a výšky podrobných bodů „se uvádějí s milimetrovým rozlišením a na tři desetinná místa.“ [8]

Výkres musí být vyhotoven dle předpisů MP005 a MP006, tedy dle platného datového modelu. Zajímavostí je nutnost duplicitní kresby v případě, že jedna linie reprezentuje zároveň dva různé prvky datového modelu. „Cílem je, aby při zapnutí určité vrstvy, tvořily linie uzavřenou plochu.“ [8]

V rámci příloh předpisu jsou uvedeny vzory jednotlivých dílčích částí (zápisníky, protokoly o výpočtu, protokol testování přesnosti, aj.).

3.3.4 Testování přesnosti UŽM

Nedílnou součástí vyhotovení UŽM je testování přesnosti. „Testování přesnosti se provádí kontrolním zaměřením a výpočtem souřadnic a výšek podrobných bodů a jejich porovnáním s původními souřadnicemi.“ [8] Existují dvě možnosti volby kontrolních bodů (body měřené z více stanovisek při měření, nebo výběrový vzorek z druhého nezávislého měření).

Kritériem přesnosti je pro zvýšenou přesnost mezní rozdíl v poloze a výšce definován dle [8] takto:

$$\Delta p = \sqrt{2} * \delta_p = 42 \text{ mm} \quad \Delta h = \sqrt{2} * \delta_h = 42 \text{ mm}.$$

Standardní přesnost se testuje a posuzuje mechanismy uvedenými v ČSN 01 3410.

V rámci tvorby UŽM pro účely DSPS postačí pouze zjednodušené testování, a to prokázáním přesnosti na bodech ŽBP obdobně jako při standardním testování [8].

3.3.5 Odborná způsobilost

Jelikož se při zeměměřických pracích pohybujeme v provozované ŽDC, je nutné splňovat odbornou způsobilost dle předpisu SŽDC Zam1. Vyhotovovat UŽM může pouze osoba mající odbornou zkoušku G-01, G-02 nebo G-03. Já osobně mám zkoušku G-01, takže požadavek na odbornou způsobilost je v mém případě splněn.

3.3.6 Výkresové soubory při tvorbě G-DSPS

Pro každý PS/SO se vyhotovuje samostatná dílčí dokumentace. Všechny tyto dílčí dokumentace pak slouží k vzniku *Souborného zpracování G-DSPS*. Jedná se o výkres situace nového stavu. Při vyhotovení je nutné odstranit duplicity, které mohou vznikat při sehrávání dílčích výkresů dohromady. Název takového výkresu pak začíná prefixem DSPS_.

Druhým vyhotovovaným výkresem je *Výkres původního stavu*, který je předmětem aktualizace. Z původních mapových podkladů se odstraňuje již neplatný stav. Název takového výkresu pak začíná prefixem PVS_. Výkres situace nového stavu není dle předpisu nutné zpracovávat do výkresu původního stavu, nicméně musí být vyhotoven tak, aby správce mohl tuto činnost udělat automatizovaně a bez vzniku duplicit.

3.4 Předpis SŽDC M20/MP007

Metodický pokyn *Železniční bodové pole* souvisí s řešenou problematikou okrajově. V rámci řešené stavby došlo k odstranění jednoho bodu ŽBP. Jednalo se o bod na římse mostu, který byl nově postaven. Tento bod tedy musel být obnoven.

Pro samotné zpracování je tento předpis důležitý z hlediska popisu referenčních systémů používaných pro potřeby SŽ. Jedná se o S-JTSK, ETRS-89 a Bpv. Referenční rámec všech zeměměřičských prací tvoří pouze body ŽBP, které mají určeny souřadnice a výšky v těchto systémech. [9]

3.5 Předpis SŽDC M20/MP004

Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje je uveden pouze pro úplnost, jelikož v rámci stavby byl rekonstruován i železniční svršek. Data vyhotovená podle tohoto předpisu byla pouze přebrána.

4 Přehled současného stavu řešené problematiky v oblasti BIM

4.1 BIM obecně

BIM je zkratka z anglického *Building Information Modelling*, kterou do češtiny překládáme jako informační modelování staveb. Zvláště v minulosti byl akcentován význam *building* jako budova. Historicky byly totiž nejprve vytvářeny BIM modely pozemních staveb (budov). Technologie BIM je však použitelná pro jakoukoliv stavbu. Stále více se mění i význam písmena M ve zkratce. Tvorba 3D modelu je nedílnou součástí, nicméně daleko přínosnější je chápat písmeno M jako management.

Na otázku, co je to BIM, velmi dobře odpovídá [11]: „BIM kombinuje využití počítačového 3D modelování s informacemi o stavbách za účelem zlepšení spolupráce, koordinace a procesu rozhodování při výstavbě a jejich provozování.“ Základem je tedy databázový 3D model, na který je nabaleno spoustu dalších (popisných) informací z průběhu celého životního cyklu stavby. Důležitá je vzájemná spolupráce všech zúčastněných profesí na jednom místě, v tzv. srdci BIMu – tedy *Společném datovém prostředí* (CDE). Pod pojmem CDE rozumíme společné úložiště dat, ke kterému mají všichni přístup. Odpadá tedy dnešní posílání e-mailů a zjišťování, která verze dokumentu je ta aktuálně platná.

Počátky metody BIM v teoretické rovině jsou datovány do roku 1974. [11] Když se v odborných kruzích hovoří o BIM, tak drtivá většina přednášejících klade důraz na fakt, že BIM je moderní metoda, nikoliv software. Několik základních nejdůležitějších přínosů je zmíněno v [11]:

- zlepšení komunikace mezi účastníky stavebního procesu,
- zlepšení kontroly stavebního procesu,
- snazší zapracování změn,
- předcházení kolizím (tím, že je k dispozici 3D model, který obsahuje všechna data týkající se stavby, tak jsou případné kolize odhaleny již v návrhu),
- možnost snadnějšího zpracování variant,

- možnost energetických simulací,
- zefektivnění ekonomického řízení stavby,
- úspora času díky automaticky generovaným podkladům,
- dostupnost aktuální verze informací na jednom místě,
- odstranění duplicitní práce,
- jednoduché vykazování v návaznosti na Facility management.

Jedním z aspektů, který může působit negativně je fakt, že vytvoření podrobného informačního modelu ve fázi přípravy projektu je mnohem nákladnější než dnešní klasický postup. Úspora prostředků v dalších fázích je ale naprosto jednoznačná.

V dnešní době končí životní cyklus dokumentace stavby v lepším případě ověřenou dokumentací skutečného provedení stavby v archivu objednatele. Metoda BIM však bude užitečnou právě i v rámci samotného provozu stavby. BIM model může vhodně sloužit např. pro plánování údržbových prací.

4.2 BIM v ČR

Prvotním impulsem byla snaha projekčních firem přecházet plně do 3D (šířeji cca od roku 2011). [11] Metoda BIM byla ve světě používána, proto se objevují první pokusy i u nás (2012–2016). Nebyly však nijak standardizovány, protože chyběla národní regulace. První pokusy se týkaly převážně pozemních staveb ve fázi přípravy.

Prvotním právním aktem bylo bezesporu *Usnesení Vlády České republiky ze dne 2. listopadu 2016 č. 958 o významu metody BIM pro stavební praxi v ČR*. Vláda ČR vyjádřila podporu zavádění metody BIM „v souvislosti s jejím vlivem na růst ekonomiky a konkurenceschopnost“ ČR. Gestorem zavádění bylo jmenováno Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO). [10]

Základní dokument, který definuje, jakým způsobem bude metoda BIM implementována na území České republiky je *Koncepce zavádění metody BIM v ČR*, kterou zpracovalo Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) v kooperaci s Ministerstvem dopravy (MD), Státním fondem dopravní infrastruktury (SFDI), Odbornou radou pro BIM z.s. (CzBIM) a Mezirezortní expertní skupinou BIM (MES BIM), na základě pověření Vládou ČR. [11]

Postupně je také nutné metodu BIM zavádět do vzdělávacího procesu. Od školního roku 2022/2023 vzniká povinnost pro střední školy se stavebním zaměřením zavést předměty týkající se BIMu do osnov rámcových vzdělávacích programů pro obory Stavebnictví, Technická zařízení budov a Geodézie a kartografie. V rámci vysokých škol v České republice je na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava od akademického roku 2021/2022 akreditován studijní program BIM Inženýring. [15]

Zavádění metody BIM do stavebnictví je první krok tzv. Stavebnictví 4.0 [11], který je obdobou Průmyslu 4.0. Metoda BIM úzce souvisí s digitalizací celého stavebního procesu. V rámci tzv. e-Governmentu (správa veřejných informací pomocí elektronických nástrojů) se bude jednat o přesun povolovacích procesů do elektronického světa. Dále také metoda BIM umožní automatické překlápění dat do již existujících registrů a systémů pro správu majetku. [11]

4.2.1 Požadavky na BIM model dle metodiky Koncepce BIM

BIM model je digitální reprezentací (někdy nazývaný digitálním dvojčetem) stavby v reálném světě. Sestává se z geometrických dat (3D model) a negeometrických dat (popisné informace, harmonogramy, dokumenty z povolovacích řízení, procesy, ...). Terminologicky rozdělení na grafická a negrafická data není správné, daleko přesnější je právě užití slova geometrie.

„BIM modely musí být vysoce standardizované.“ [11] Bez toho opravdu nebude možné využívat BIM modely pro další zpracování (pro strojové je to nezbytné, nicméně i pro zpracování člověkem je více než výhodné).

Standardizaci je dle [11] nutné udělat dvoukrokově:

- ➔ standardizace formátu
- ➔ standardizace obsahu

Standardizace formátu je již vyřešena, na mezinárodní úrovni se v oblasti BIM používá standard IFC, který je již implementován v normách ČSN. Za jeho vývojem stojí organizace buildingSMART. Formát má za cíl, aby byl softwarově neutrální. Slouží tedy jako výměnný formát mezi jednotlivými BIM softwary. Tento formát je vynikající pro zobrazení, problémem je však následná editace prvku v jiném SW než byl vytvořen. „Každý program, ve kterém byl model vytvořen, pracuje na jiném principu modelování,

proto není možné pomocí výměnného formátu přenést i chování prvků v jednotlivých aplikacích. “ [21] Existuje několik tzv. Model View Definitions (MVD), tedy jakési verze formátu IFC, které definují, jaká data se mají exportovat.

Problémem formátu IFC je tedy to, že data mohou být dále needitovatelná, což pro správce může být problém. Proto bude nutné předávat modely i v nativním formátu.

Standardizace obsahu je složitější. Evropský standard dle [11] neexistuje. Základní myšlenkou je využívání tzv. úrovní podrobností LOD (Level of Development). Modely jsou často podrobnější, než vyžaduje fáze, ve které se model nachází [11], [14].

Jak již bylo řečeno, BIM model obsahuje dvě části (geometrická a negeometrická data), proto existují dvě části LOD:

- ➔ LOG – Level of Geometry (úroveň podrobnosti geometrických dat)
- ➔ LOI – Level of Information (úroveň podrobnosti negeometrických dat)

V českém prostředí jsou užívány následující stupně dokumentace [26]:

ST → DÚR → DSP → DZS → RDS → DSPS

(studie → dokumentace pro územní rozhodnutí → dokumentace pro stavební povolení → dokumentace zadání stavby → realizační dokumentace stavby → dokumentace skutečného provedení stavby)

Je tedy snaha definovat jednotlivé LOD pomocí stupňů dokumentace [16]. Pro širokou veřejnost je to krok, který povede k snazší implementaci.

- ➔ LOD 100 = ST
- ➔ LOD 200 = DÚR
- ➔ LOD 300 = DSP
- ➔ LOD 350 = DZS
- ➔ LOD 400 = RDS
- ➔ LOD 500 = DSPS

Je nutné definovat, které prvky a jejich geometrická a negeometrická reprezentace budou patřit do dané úrovně LOD. Osobně si myslím, že je neúčelné vytvářet modely o různé LOG a LOI. Nicméně je nezbytné jasně definovat, které prvky a jejich

geometrický detail patří do které úrovně LOG a které informace patří do které úrovně LOI.

Dalším požadavkem dle [11] na BIM model je nutnost uložení dat ve společném datovém prostředí.

4.3 BIM v resortu dopravy

BIM v dopravním stavitelství je značně specifický z několika důvodů [11]:

- Nejvýraznější je liniový charakter staveb a značné pokrytí přes celou republiku.
- BIM modely jednotlivých staveb je nutné propojovat – je tedy nutné je mít v závazném souřadnicovém a výškovém systému.
- Dopravní infrastruktura je téměř kompletně ve vlastnictví státu a územních samospráv.
- Investorem jsou pouze tři státní organizace (Ředitelství silnic a dálnic ČR, Správa železnic a Ředitelství vodních cest ČR), které jsou financovány Státním fondem dopravní infrastruktury. Jsou tedy plně financovány z veřejných financí.

Přijetí metody BIM v resortu dopravy je tedy jistě jednodušší v implementaci pouze do tří organizací, nicméně tyto organizace pokrývají svou činností celou republiku. Nemohou být tedy zaváděny pouze lokálně. Ještě více se pak uplatní důraz na nutnou standardizaci postupů.

Gestorem BIM v resortu dopravy je právě Státní fond dopravní infrastruktury. SFDI je velmi aktivní ve vydávání dokumentů týkajících se metody BIM. Základním dokumentem je *Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro stavby dopravní infrastruktury*. Nedílnou součástí jsou dvě přílohy – Datový standard pro silniční (Příloha č. 1) a železniční (Příloha č. 2) stavby.

Obecné požadavky na model jsou následující [12]:

- Je nutné použít souřadnicový systém JTSK a výškový systém Bpv.
- Model musí být v jednotkách SI, přičemž preferovaná délková jednotka je metr.
- Popisné informace musí být v českém jazyce.

- ➔ Je nutné zpracovat Technickou zprávu digitálních dat, kde bude popsán použitý SW, verze SW, nastavy SW použité pro tvorbu modelu.
- ➔ Výkresy mají být v co největší míře generovány z modelu, kterému musí v každém případě odpovídat.
- ➔ Je nutné dbát na jednoznačný popis informací (pro jeden údaj nesmí existovat vícero variant označení).
- ➔ Simulace výstavby je prováděna pomocí dat postupů výstavby.
- ➔ Datový standard je založen na otevřeném formátu IFC.

Dalším poměrně zajímavým aspektem je kapitola ohledně členění modelu. V rámci stavby by měl být vytvořen *Koordinační model stavby*, do kterého jsou připojeny *Dílčí modely* jednotlivých SO, PS. Aby bylo možné modely koordinovat, je nezbytné, aby byly v jednotném souřadnicovém a výškovém systému. Proto tedy bude nutná přítomnost geodeta při tvorbě BIM modelu vždy.

Model je tvořen dle datového standardu, který je přílohou č. 2 tohoto dokumentu. Jedná se o tabulku vytvořenou v SW Excel. Důležité je zmínit, že v současné době existuje datový standard pro DÚR, DSP a PDPS. Zaměstnanci SFDI pracují na datovém standardu i pro RDS a DSPS.

Model se skládá z jednotlivých elementů, které jsou pro lepší přehlednost roztrženy do skupin elementů. Ke každému elementu jsou definovány povinné vlastnosti. Vlastnosti jsou také seříděny do skupin vlastností.

Je definováno šest zastřešujících okruhů, v kterých máme definovány skupiny vlastností:

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| ➔ Etapizace | E1 |
| ➔ Zobrazení | Z1 |
| ➔ Fáze | F1 |
| ➔ Stavební výrobek/konstrukce | S1 až S76 |
| ➔ Identifikace | I1 až I25 |
| ➔ Množství | M1 až M9 |

Pro lepší pochopení je uveden příklad viz Obr. 6.

2.1.a Žel. svršek a spodek				Šablona vlastností složená z následujících							
Skupina elementů	DÚR	DSP	PDPS	Typ elementu / objektu	Šablona vlastností složená z následujících						
					I	S	E	Z	M	F	
Osa koleje a železniční svršek	x	x	x	osa koleje	5	2	1	1		1	IE
	x	x	x	niveleta koleje	5	2	1	1		1	IE
	x	x	x	trasa (3D koleje)	5&10	2&14	1	1		1	IE
	x	x	x	výhybka	5&6&7&10	2&10&15	1	1	4	1	IE
	x	x	x	kolejové lože	5	1&65	1	1	3	1	IE
	x	x	x	zarážedlo	5&7&8	2	1	1	4	1	IE
	x	x	x	průjezdny průřez	3&9			1			IE
Železniční spodek	x	x	x	konstrukční vrstva	5&8	70&71	1	1	3	1	IE
	x	x	x	násyp	5&8	1&3&70	1	1	3	1	IE
	x	x	x	výkop	5&8	1&3	1	1	3	1	IE
	0	x	x	geosyntetikum	5&8	2&72	1	1	2	1	IE
	x	x	x	plošné zlepšení podloží	1&8&9	71	1	1	3	1	IJ
	0	x	x	hloubkové zlepšení podloží	1&8&9	1&4	1	1	1&3	1	IJ
	x	x	x	sejmutí ornice	1&8&9	3	1	1	3	1	IJ
	x	x	x	rozproštění ornice	1&8&9	1	1	1	3	1	IJ

Obr. 6 Skupiny elementů a skupiny vlastností dle [12]

Skupina elementů *Osa koleje a železniční svršek* se skládá z jednotlivých elementů jako jsou *osa koleje*, *niveleta koleje*, *trasa*, *výhybka*, *kolejové lože*... Každému elementu jsou přiřazeny povinné skupiny vlastností. Například element *osa koleje* musí mít vyplněny vlastnosti ze skupiny vlastností I5, S2, E1, Z1 a F1. Element *Výhybka* pak musí mít I5, I6, I7, I10, S2, S10, S15, E1, Z1, M4, F1.

Na úvodním listu dokumentu v Excelu jsou právě definovány jednotlivé vlastnosti v příslušných skupinách vlastností. Na Obr. 7 je zobrazen příklad skupiny vlastností I6 až I9.

Název skupiny vlastností "CZ_XX"	Označení vlastnosti	Datový typ	Jednotka
I6	číslo a index výhybky	String	[-]
	číslo koleje v hlavním směru	String	[-]
	poloha výměnového styku výhybky	String	[-]
I7	staničení	DoublePrecision	[km]
	evidenční staničení	DoublePrecision	[km]
I8	číslo	String	[-]
I9	Staničení od	DoublePrecision	[km]
	Staničení do	DoublePrecision	[km]

Obr. 7 Ukázka skupin vlastností dle [12]

Po této obecnější kapitole následuje podrobný popis modelování specifických prvků v silničním a železničním stavitelství.

Dalším důležitým aspektem popsaným v dokumentu je předávka modelu. Zde je explicitně napsáno, že při předávce bude použit vždy formát IFC, ale i nativní formát (tj. formát SW, ve kterém bylo modelováno). Předmětem odevzdání bude jak koordinační model, tak jednotlivé dílčí modely.

Další oblastí, která je poměrně rozsáhlá, je přesnost modelu. Modely mohou svou propracovaností evokovat, že jsou nekonečně přesné a bezchybné. To je samozřejmě mylná myšlenka. Pro některé prvky je samozřejmě nutná míra generalizace. Například kameny štěrkového lože hypoteticky lze modelovat přesně ve tvaru, v kterém jsou nalámany. Tato práce by však zabrala neúměrné množství času a tím i financí, proto je to naprosto nemyslitelné. Navíc by to samozřejmě nebylo vůbec účelné. U osy koleje ale naopak potřebujeme mít v modelu její definici na milimetry.

V Předpisu je proto rozlišeno 9 „úrovní“ – skupin přesnosti (Tab. 1). Modelovaný tvar je vždy nahrazen zjednodušujícím polygonem, pro účely zatřídění do dané skupiny přesnosti se posuzuje maximální hodnota vzepětí modelovaného tvaru nad náhradním polygonem.

Tab. 1 Skupiny přesnosti

Skupina přesnosti	max. hodnota vzepětí
P0	-
P1	1 mm
P2	2 mm
P3	10 mm
P4	5 cm
P5	10 cm
P6	20 cm
P9	odhad
P10	není nahrazeno

Skupina P0 platí pro negrafické informace, ty samozřejmě nemají nijak definovanou polohu. Skupiny P1 až P6 jsou jakousi obdobou tříd přesnosti v geodézii. Skupina P9 platí pro pouhý odhad polohy. Skupina P10 platí pro elementy, které již jsou polygony. Není tedy u nich potřeba žádného zjednodušení. V datovém standardu opět najdeme, která skupina přesnosti je požadovaná pro daný element i s ohledem na zpracovávaný stupeň dokumentace (viz Obr. 8).

Typ elementu / objektu	Šablona vlastnosti šablony z následující skupiny vlastnosti						Označení šablony	Reprezentace tvaru	Přesnost		
	I	S	E	Z	M	F			DÚR	DSP	PDPS
osa koleje	5	2	1	1		1	I5+S2+E1+Z1+F1	Osa	P0	P0	P0
niveleta koleje	5	2	1	1		1	I5+S2+E1+Z1+F1	niveleta	P0	P0	P0
trasa (3D koleje)	5&10	2&14	1	1		1	I5&10+S2&14+E1+Z1+F1	3DKřivka	P1	P1	P1
výhybka	5&6&7&10	2&10&15	1	1	4	1	I5&6&7&10+S2&10&15+E1+Z1+M4+F1	3DTěleso	P3	P1	P1

Obr. 8 Skupiny přesnosti ve vztahu k elementům dle [12]

Například element *výhybka* postačuje modelovat v DUR ve skupině přesnosti P3, ale od DSP se už musí modelovat ve skupině P1.

Dokument také definuje požadavky na tvorbu geodetických podkladů pro přípravu informačních modelů staveb. Největší změnou je nutnost připravovat podklady ve 3D. Geodetické podklady musí být ověřeny fyzickou osobou, které bylo uděleno úřední oprávnění dle písmena c) podle Zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství. Geodetické podklady tvoří mapové, popisné a ostatní podklady.

Mapové podklady musí být ve 3D (krom převzatých dokumentací z katastru nemovitostí) a získány výhradně geodetickými metodami. Součástí polohopisu a výškopisu zobrazeného ve vektorové mapě je zejména digitální model terénu stávajícího stavu, oborové elementy (u železničních staveb železniční svršek, spodek...), stavební elementy (budovy, oplocení, zpevněné povrchy...), dopravní značení, nadzemní inženýrské sítě, viditelné znaky podzemních inženýrských sítí. Předmětem odevzdání je opět soubor v nativním formátu, ale i ve formátu IFC.

V ostatních podkladech má stěžejní úlohu bodové pole. Informace o stabilizovaných bodech budou muset být součástí informačních modelů. Předávaným podkladem bude seznam souřadnic, geodetické body a protokoly z měření a výpočtu.

BIM modely jsou obzvláště v pozemním stavitelství tvořeny primárně na podkladě mračna bodů, i na tuto technologii předpis pamatuje. Preferovaným formátem je LAS nebo e57.

Z textových dokumentů slouží jako podklad pro informační model technická zpráva a kontrolní zkušební plán geodetických podkladů. V něm je definován „postup a rozsah ověřovacího měření“ [12]. Slouží tedy k vytvoření harmonogramu prací.

Dále předpis stanovuje potřebnou přesnost geodetických měření. Předpis byl však vytvářen prvotně pro potřeby ŘSD, proto pro potřeby SŽ je nutné použít přesnosti definované v sérii předpisů SŽ M20.

4.4 BIM na SŽ

Správa železnic bude v BIM procesu plnit roli spíše správce než tvůrce BIM modelů. Vyplývá to z její podstaty.

Základním dokumentem, podle kterého dochází k implementaci technologie BIM do prostředí SŽ, je *Strategie implementace procesu BIM (informační modelování staveb) ve Správě železnic pro rok 2021*. Jsou zde definovány základní cíle pro rok 2021, které jsou v souladu s obecnými požadavky na BIM.

Úvodní pasáž se zabývá popisem procesu implementace v prostředí Správy železnic. Implementace je v organizaci řízena prostřednictvím interního projektu „Implementace procesu BIM v prostředí SŽ“ [13]. Schéma řízení je vyobrazeno na Obr. 9. Celý proces řídí Projektový manažer, který se zodpovídá Řídícímu výboru pro BIM (vrcholové vedení SŽ). Projektový tým má stálé složení okolo dvanácti členů. Pro odborné záležitosti jsou v případě potřeby zřízeny pracovní skupiny.



Obr. 9 Schéma řízení projektu BIM v prostředí SŽ

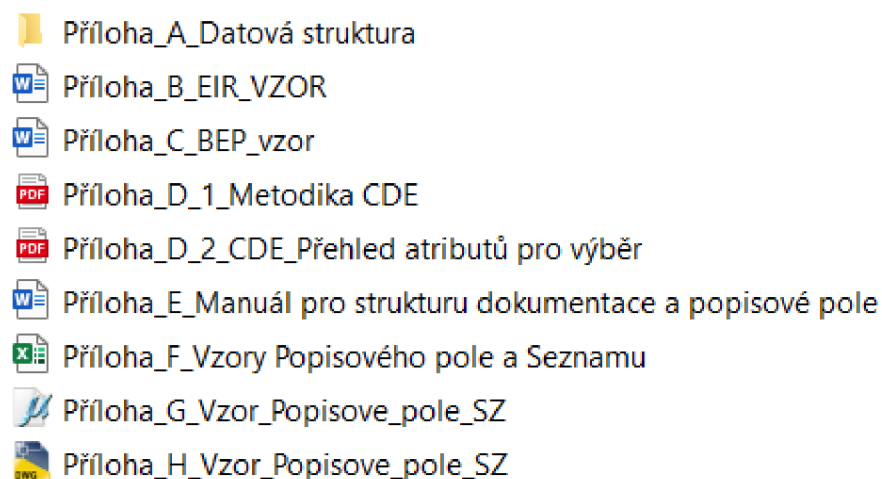
Celý tento proces má samozřejmě vliv na vnitropodnikovou legislativu, která musí být průběžně doplňována. Dále jsou rozebrány konkrétní cíle strategie.

4.4.1 Tvorba vzorové zadávací dokumentace

Zadávací dokumentace „je u SŽ dlouhodobě standardizovaná“ [13]. Správa železnic je jedním z neaktivnějších v této oblasti. Nově bude součástí tzv. BIM Protokol, který má za cíl „vymezení požadavků a povinností při tvorbě díla v režimu BIM“ [13]. Bude tvořit

Přílohu č. 11 zadávací dokumentace. To, že je přesně stanovené číslo přílohy, také dokazuje vysokou míru standardizace.

BIM Protokol se skládá z několika důležitých částí viz Obr. 10. Na tomto obrázku je znázorněna struktura příloh BIM Protokolu. V datové struktuře (Příloha A) bude nutné popsat datový model. V současné době je používán datový standard SFDI pro železniční stavby, který je nutné doplnit. Je zohledněn také mezinárodní klasifikační systém CCI. Důležité dokumenty z hlediska BIM jsou EIR a BEP. V dokumentu EIR jsou definovány požadavky zadavatele pro režim BIM. BEP (BIM Execution Plan) definuje plán realizace BIM, ve kterém najdeme konkrétní role členů týmu, definuje výstupy atp. [18]. Vidíme, že samostatnou přílohou bude popis použitého CDE.



Obr. 10 Struktura vzorové zadávací dokumentace, [18]

4.4.2 Společné datové prostředí (CDE)

„Společné datové prostředí reprezentuje klíčový prvek v integraci procesu BIM do organizace“ [13]. Pro SŽ jako pro správce BIM dat je výběr CDE klíčový jednak z obecně prospěšných důvodů, ale také proto, že v rámci SŽ již existují funkční informační systémy, které budou muset fungovat společně se zaváděným CDE. [13], [17].

Výběr CDE je rozdělen dle [13] na dvě etapy. „V první etapě bude vytvořena technická specifikace pro zadávací dokumentaci na výběr CDE z pohledu SŽ, ve vazbě na stěžejní SW nástroje a procesy v organizaci již zavedené.“ SŽ si tedy musí definovat, co je pro ni stěžejní. V druhé etapě „proběhne soutěž na vlastní dodání CDE.“ [13]

4.4.3 Datový standard (DS)

Datový standard je klíčovým prvkem BIM. Pasportní systémy jsou v dnešní době naplňovány ručně zaměstnanci SŽ. Model musí být vytvořen tak, aby docházelo k co největší automatizaci při přebírce dat [13]. Aby k tomuto mohlo dojít, je nutné, aby byla data strojově čitelná a co nejvíce kategorizovaná a standardizovaná. Datový standard musí být postaven na již existujícím výměnném formátu IFC. Ten oba tyto požadavky splňuje.

„Aktuálně se zpracovává DS pro stupeň dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS), který představuje zásadní zdroj dat pro správu majetku.“ [3] V současné době tedy není k dispozici.

Vytvořený DS však musí být v souladu s datovými standardy ČAS a SFDI.

4.4.4 Knihovna prvků

Důležitá je také tvorba knihovny prvků. BIM modelování je o objektově orientovaném přístupu. Je tedy nutné mít vytvořenou knihovnu používaných objektů. Tuto knihovnu musí vytvořit správce. Je neúčelné, aby si ji každý zhotovitel musel vytvářet sám. Proto je to jeden z cílů implementace procesu BIM ze strany SŽ. Z její strany bude zejména „tvořena primárně pro klíčové konstrukce v přímé návaznosti na vzorové listy, typová řešení, schválené výrobky, datový standard a rozpočtové položky“ [13]. „SŽ formou veřejné zakázky vybere dodavatele knihovny prvků“ [13]. Prvky v knihovně musí být v souladu s výměnným formátem IFC.

4.5 Pilotní projekty BIM na SŽ

Pilotní projekty jsou nejdůležitějším zdrojem informací, protože se nejedná o pouhé teoretizování, ale o snahu převést a odzkoušet myšlenky v praxi.

Pilotní projekty v BIM běží v rámci SŽ od roku 2018. Pilotní projekty i samotný proces implementace je rozdělen do čtyř fází [19].

V první fázi se jednalo o prvotní „získávání zkušeností pro tvorbu koncepčních dokumentů procesu BIM.“ [19] Požadavky, které byly kladeny na pilotní projekty, jsou zejména tyto:

- ➔ zjištění rozsahu grafických i negrafických informací, které bude potřeba do modelů umisťovat
- ➔ ověření využití BIM modelu jako vhodného nástroje pro detekci prostorových kolizí
- ➔ vytvoření podkladů pro specifikaci CDE
- ➔ ověření časové simulace výstavby – BIM 4D
- ➔ ověření využitelnosti dat při správě a evidenci majetku [19]

Na Obr. 11 jsou vidět realizované pilotní projekty v této fázi.

Pilotní projekt	Stádium
Zvýšení kapacity trati Nymburk – Mladá Boleslav, 2. stavba	DSP + PDPS
Modernizace trati Rokycany – Plzeň	PDPS + DSPS
Rekonstrukce nástupišť a zřízení bezbariérových přístupů v ŽST Roudnice nad Labem	DSP + PDPS
Rekonstrukce Negrelliho viaduktu	PDPS + DSPS

Obr. 11 Pilotní projekty v režimu BIM (první etapa), [19]

Schválně byla volena různá stadia staveb (od DSP po DSPS). SŽ také na svých stránkách uvádí vyhodnocení poznatků (kladů i záporů) získaných z těchto pilotních projektů.

V druhé fázi byly ověřovány v praxi schválené pracovní verze dokumentů vydané SFDI. [19] Na Obr. 12 je opět seznam realizovaných pilotních projektů. Je na něm vidět, že se v této fázi jedná hlavně o přípravu staveb (dominuje fáze DUR, DSP, PDPS).

Pilotní projekt	Stádium
Rekonstrukce ŽST Bystřice pod Hostýnem	DUSP + PDPS
Modernizace a dostavba ŽST Praha Masarykovo nádraží	DUSP + PDPS
Rekonstrukce traťového úseku Příbrav - Pohled	DSP + PDPS
Revitalizace a elektrizace trati Oldřichov u Duchcova - Litvínov	DSPS
Rekonstrukce ŽST Rožnov pod Radhoštěm	DUSP

Obr. 12 Pilotní projekty v režimu BIM (druhá etapa), [19]

Aktuálně se SŽ nachází ve třetí fázi, kterou tvoří primárně „získávání podkladů pro vytváření interních koncepčních dokumentů a požadavků na změny interních procesů pro zavedení metody BIM.“ Děje se tedy zkoušení procesů a tvorba částí modelů ve velkém. Aktuálně probíhající pilotní projekty jsou znázorněny na Obr. 13.

Probíhající pilotní projekty

Modernizace a dostavba ŽST Praha Masarykovo nádraží 	Revitalizace trati Oldřichov u Duchcova – Litvínov 
Rekonstrukce budovy v ŽST Mladá Boleslav hl. n. 	Rekonstrukce nástupišť v ŽST Roudnice nad Labem 
Novostavba ŽST Praha-Letiště Václava Havla 	Rekonstrukce traťového úseku Příbyslav – Pohled 
	Modernizace trati v úseku Plzeň - Nýřany - Chotěšov 

Obr. 13 Probíhající pilotní projekty v režimu BIM, [19]

Dle informací doktora Vitáska prezentovaných na odborných konferencích [14], [15] jsou zkoušeny v rámci pilotních projektů pouze jednotlivé části. Nejedná se zatím o zařazení pilotního projektu na vyhotovení kompletního BIM modelu.

Poslední čtvrtou fází bude „přenesení zkušeností implementace metody BIM do následné správy infrastruktury.“ [19] Bude to tedy fáze, kdy se budou vytvářet kompletní BIM modely od fáze přípravy stavby, přes realizaci, po následnou správu.

4.6 Požadavky BIM plynoucí z analýzy

Nejhodnotnějším těžištěm veřejně dostupných informací pro tvorbu BIM modelů v prostředí SŽ je *Podrobný popis cílů BIM projektu*, ve kterém je každý cíl ohodnocen prioritou. Dokument je rozdělen do jednotlivých oblastí [20].

První oblastí je Společné datové prostředí. Je to dle mého názoru největší priorita správce. Hlavním úkolem pro něj bude vybrat vhodné prostředí. I z tohoto důvodu byla v pilotních projektech volba CDE ponechána na výběr zhotoviteli

Druhou oblastí je Modelace stávajícího stavu. Tato část je v pilotních projektech z důvodu zadávání projektů ve fázi přípravy. Je tedy nutné mít nějaký podklad pro třetí část, kterou je tvorba Informačního modelu nového stavu.

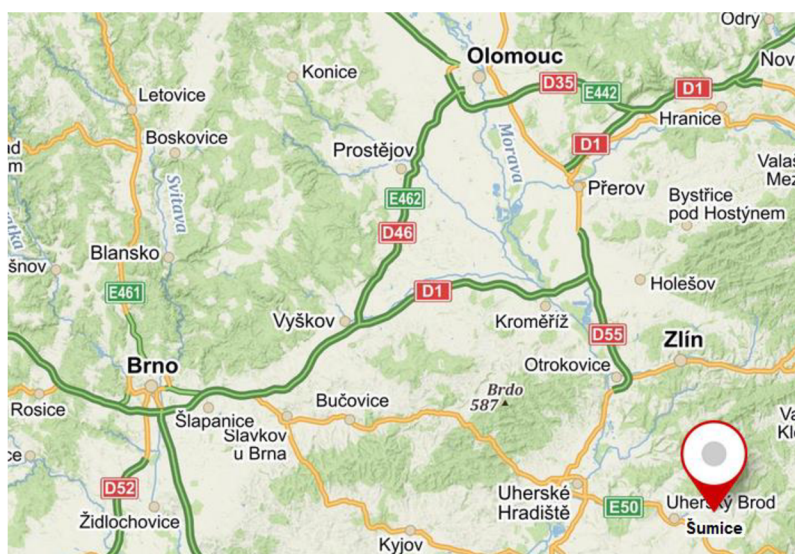
Čtvrtou oblastí je jednotné značení a popis dokumentace. Bez standardizace názvů elementů nelze vytvářet kvalitní modely, které mohou být strojově zpracovávány. Pátou oblastí je BIM 4D – tedy harmonogram prací. Šestou oblastí je BIM 5D – tedy náklady stavby.

Z provedené analýzy současného stavu problematiky plynou tyto nejzásadnější věci:

- georeferencování – tedy nutnost, aby byl model v S-JTISK a Bpv
- modely se vyhotovují po dílčích PS/SO
- import do vhodného CDE
- využití datového standardu SFDI
- tvorba harmonogramu prací a nákladů stavby (BIM 4D a BIM 5D)

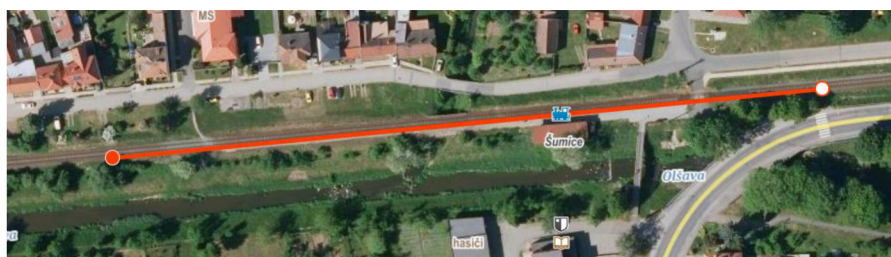
5 Stavba Rekonstrukce zastávky Šumice

Předmětem řešení diplomové práce je rekonstrukce železniční zastávky v Šumicích, které leží asi 6 km východně od Uherského Brodu (Obr. 14). Stavba se nachází na jednokolejné celostátní železniční trati Staré Město u Uherského Hradiště – Vlárský průsmyk. Dle dokumentace pro stavební povolení [24] má stavba „za úkol provést rekonstrukci infrastruktury železniční zastávky a také železničního mostu, na kterém leží část nástupiště železniční zastávky.“ Investorem stavby byla *Správa železnic, státní organizace*. Zhotovitelem stavby pak *Hroší stavby Morava a.s.* Stavba byla realizována na podzim roku 2020.



Obr. 14 Poloha obce Šumice, [27]

Jedná se asi o 300 metrů dlouhý úsek železniční tratě (Obr. 15), na kterém byla provedena rekonstrukce nástupiště, mostu a budovy zastávky. Spolu s tímto byla provedena i rekonstrukce železničního svršku a spodku a kabelových rozvodů. Úsek byl pro potřeby výstavby rozčleněn na jednotlivé provozní soubory (PS) a stavební objekty (SO).



Obr. 15 Řešený úsek železniční trati, [27]

Rozčlenění na jednotlivé PS a SO je závazné pro veškerou dokumentaci v rámci výstavby a vychází z [24]. Většina z nich je patrná na Obr. 16.

- PS 01 – Úprava přejezdového zabezpečovacího zařízení světelného v km 122,672
- PS 02 – Sdělovací zařízení
- PS 03 – Překládky sdělovacího zařízení a zabezpečovací kabelizace
- SO 01 – Železniční svršek
- SO 02 – Železniční spodek
- SO 03 – Nástupiště
- SO 04 – Přístupové komunikace
- SO 05 – Rekonstrukce železničního mostu v km 122,579
- SO 06 – Přístřešek pro cestující, technologický objekt
- SO 07 – Demolice budovy železniční zastávky
- SO 08 – Úprava rozvodů NN, osvětlení nástupiště



Obr. 16 Jednotlivé stavební objekty na pořizované fotodokumentaci

6 Geodetické podklady ze zaměření skutečného provedení stavby

Zaměření jednotlivých objektů standardně probíhá po jednotlivých PS/SO. Zhotovitel stavby *Hroší stavby Morava a.s.* objednal u společnosti *Hovořáková&Hovořák s.r.o.* zaměření skutečného provedení stavby vybraných PS/SO. Jelikož s Ing. Hovořákem dlouhodobě spolupracuje firma *Geodetika s.r.o.*, kde pracuji, domluvili jsme se na mé pomoci s vyhotovením Souborného zpracování G-DSPS předmětné stavby. Kompletní dokumentace byla vyhotovována jménem společnosti *Hovořáková&Hovořák s.r.o.*, na některých částech se spolupodíleli i jiní zaměstnanci společnosti.

V první řadě se jednalo o záznamy z měření a seznam souřadnic a výšek bodů pomocné měřické sítě (PMS) od společnosti *Hovořáková&Hovořák s.r.o.* Veškeré měření bylo provedeno totální stanicí Leica TC RP 1201+, záznam z měření byl předán ve formě kódovaného zápisníku ve formátu Mapa2. Body PMS byly vytvořeny pro potřeby vytyčení stavby a použity tedy i pro měření G-DSPS. Pro úplnost dokumentace byl předán i protokol o vyrovnání sítě ze SW G-Net.

Měření na železničním svršku vykonaly jiné společnosti, od kterých byla pouze převzata a nijak neupravena dokumentace týkající se SO 01 (společnost *GEOKOD Rail s.r.o.*) a také kompletní dokumentace k definitivnímu zajištění prostorové polohy koleje (PPK) (společnost *GeoTEL Rail s.r.o.*).

Od pověřených zaměstnanců SŽ byl na základě vyžádání obdržen seznam souřadnic a výšek ŽBP, stávající UŽM a dokumentace pro stavební povolení. Na Obr. 17 jsou znázorněny veškeré podklady, které byly obdrženy pro vyhotovení Souborného zpracování.



Obr. 17 Veškeré podklady pro zpracování G-DSPS

7 Zhotovení dokumentace skutečného provedení stavby

Zhotovení kompletní dokumentace G-DSPS se dá rozdělit do několika kroků (Obr. 18).



Obr. 18 Dílčí kroky zpracování G-DSPS

7.1 Zpracování předaných dat

Zpracování bylo zahájeno tříděním dle jednotlivých PS/SO. Po domluvě s regionálním SŽMP bylo rozhodnuto následující rozdělení zpracování:

- ➔ kabelové trasy (SO 08, PS 01, PS 02, PS 03) do samostatných výkresů
- ➔ ostatní stavební objekty (SO 02 až SO 06) dohromady do jednoho výkresu
- ➔ SO 07 (demolice) není předmětem G-DSPS, neboť již na jejím místě stojí SO 06
- ➔ SO 01 bude přebráno od společnosti GEOKOD Rail s.r.o.

Toto dělení (kabely a „situace“ zvlášť) bylo aplikováno na záznamy z měření (souvisí i s termíny měření jednotlivých PS/SO v terénu).

S regionálním správcem ŽMP bylo také nutné domluvit způsob číslování podrobných bodů v souladu s [6]. V rámci zpracování G-DSPS byla zvolena pro část YYYY první varianta, tedy číslování dle mapových listů. Číslo traťového úseku a mapového listu se dá jednoduše zjistit z *Přehledu kladu mapových listů*, který na vyžádání poskytuje právě SŽMP, dohodnuté číslo měřické skupiny pak bylo 3. Pro řešenou lokalitu bylo tedy nutné použít předčíslí ve tvaru 23021853. V rámci zpracování zápisníku bylo nutné toto předčíslí přiřadit před vlastní číslo bodů (podrobných i pomocných). Bodům ŽBP bylo

v souladu s [6] přiřazeno předčísí 23020000. Zápisníku měření byla přiřazena hlavička dle [8].

Výpočet souřadnic a výšek byl proveden v SW Groma dávkovým výpočtem. Výsledkem výpočtu je seznam souřadnic a výšek podrobných bodů v S-JTSK a Bpv. O výpočtu byl zpracován protokol dle vzoru v [8]. Ukázka (hlavička a úvod protokolu) je na Obr. 19. Dle požadavků v [8] je například nutné protokolovat použití matematických redukcí měřených délek. Součástí výpočtu je i posouzení přesnosti dle [8] teoreticky popsané v kapitole 3.3 (Obr. 20).

```

TÚ: 2302
Rozmezí km: 122,500 - 122,700
Název zakázky: Rekonstrukce zast. Šumice
Datum: 1.3.2021
Zpracovatel: Bc. Ondřej Vystavěl
=====
Seznam souřadnic daných bodů ŽBP
=====
      Bod          Y          X          Z
-----
230200001418  519802.689  1187072.637  222.390
230200001419  519676.618  1187142.465  222.730
230200001420  519532.328  1187176.939  223.125
230200001421  519237.383  1187173.394  223.792
230200001423  518711.935  1187177.253  228.787
230200001424  518523.827  1187264.284  232.516
230200001425  518328.304  1187321.878  231.505
230200001426  518200.566  1187414.196  231.599
=====
Výpočet pomocných měřických bodů - vyrovnání sítě

IMPORT MĚŘENÍ
=====
Název vstupního souboru : sit.zap
Název výstupního souboru : sit.mes
Měřítkový koeficient: 0.9998648623 (-13.5 mm/100m)

```

Obr. 19 Ukázka výpočetního protokolu

Parametry	Hodnoty	počet překročených IB	splněno procentuálně	Vypočtená výběrová charakteristika přesnosti dle ČSN 01 3410 [mm]		vyhodnocení výsledné přesnosti				
požadovaná pol. přesnost	dp = 3 cm			směrodatná souřadnicová odchylka S_{xy}	směrodatná výšková odchylka S_h					
mezní pol. odch. [mm]	42	0	100	7,2	3,9	přesnost splněna				
požadovaná výš. přesnost	dh = 3 cm									
mezní výš. odch. [mm]	42	0	100							
Kontrolní měření s výrazně vyšší přesností	NE									
Popis a poznámky k měření:										
Stanovisko	bod ŽBP	s [m]	ar [g]	as [m]	ΔY [mm]	ΔX [mm]	ΔH [m]	ΔP [mm]	ΔH [mm]	pozn.
230200001422	230200001423	296,381	0,0022	0,009	10	9	-0,002	14	2	
	230200001421	229,091	-0,0005	-0,004	-2	-4	0,015	4	15	
	230218537002	21,945	0,0534	-0,006	18	-6	0,011	19	11	
	230218539002	57,597	-0,0077	-0,007	-7	-7	0,008	10	8	
	230218539003	4,934	-0,0420	0,002	-3	2	0,000	4	0	
	230218539004	61,075	0,0014	-0,004	1	-4	-0,002	4	2	
230200001422	230200001423	296,381	-0,0016	0,009	-7	9	-0,002	12	2	

Obr. 20 Ukázka z testování přesnosti

Po výpočtu bylo nutné překódovat uživatelské kódy použité při měření na číselné (pětimístné) kódy DM uváděné v [6]. Tento krok je nezbytný pro automatizované zpracování kódové kresby v aplikaci MGEO-SŽ. Touto činností byly měřené objekty zatříděny do jednotlivých objektů datového modelu dle [6]. Tento krok vyžaduje značné úsilí a není možné ho provádět automatizovaně. Pro zpracování by bylo vhodnější měřit se zápisem kódů DM, nicméně svým číselným formátem je to nereálné. Číselné kódy nejsou intuitivní, např. pod DM 60030 si málokdo dokáže představit patu svahu... Případné nejasnosti byly vyřešeny při rekognoskaci na lokalitě, která sloužila mj. také pro pořízení fotodokumentace pro účely této DP.

S výhodou byl využit fotokatalog dostupný na stránkách https://www.tudc.cz/index.php/dokumenty/geo_doc/ [22]. Tento nástroj slouží k jednoduchému vyhledání požadovaného prvku DM. Na příkladu nástupiště vidíme, že existuje několik prvků DM pro zobrazení nástupiště ve výkresu. Dle fotografií a názvu lze pak jednoduše najít ten správný (Obr. 21). Pro usnadnění vyhledávání je vhodné znát strukturu předpisu [6]. Výhodou je také výpis požadovaných popisných informací.

Vrstva: Vrstva 14 - nástupiště

Včetně priority 3:

Hledat:

Hledat v: Název | Zákres | Povinné údaje | Značka | Poznámka | Pomocné údaje | DM | Vrstva

Další informace: [Pomocné soubory](#) | [Obecné zásady](#) | [Datový model Správy železnic](#)






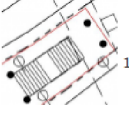
Tabulka

Řazení

Výchozí

Počet záznamů

Záznamy:

Fotografie	DM	Název	Vrstva	Značka	Zakreslení	Priorita
	20016	Nástupiště mimoúrovňové kryté	14	Line4		1
	20017	Nástupiště mimoúrovňové nekryté	14	Line1		1
	20019	Zastřešení nástupiště	14	Line1		1

Obr. 21 Fotokatalog geodetické dokumentace

7.2 Vyhotovení dokumentace jednotlivých PS/SO

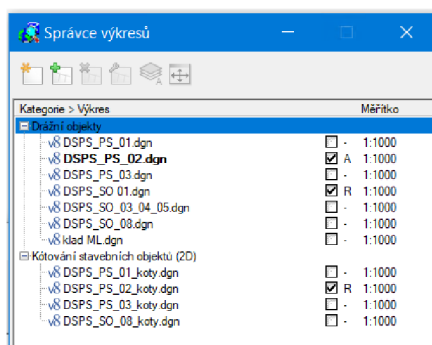
Hlavním úkolem pro vyhotovení dokumentace jednotlivých PS/SO je pro každý PS/SO naplnění adresářové struktury (Obr. 22) jednotlivými dokumenty. Jedná se o dílčí technickou zprávu s popisem metod měření a zpracování. Dále kalibrační protokoly použitých měřidel a seznam souřadnic použitých bodů ŽBP. Z fáze zpracování předaných dat zde vstupuje měřický a výpočetní elaborát. Přehled kladu mapových listů se vyhotovovat nemusí, stačí pouze až při souborném zpracování.

- 01_Technická zpráva
- 02_Kalibrační protokoly
- 03_Seznam souřadnic bodů ŽBP
- 04_Měřický elaborát
- 05_Výpočetní elaborát
- 06_Seznam souřadnic podrobných bodů
- 07_Přehled kladu mapových listů
- 08_Ostatní operát
- 09_Výkresy DGN

Obr. 22 Adresářová struktura dokumentace jednotlivých PS/SO

Tím nejpodstatnějším je však výkres ve formátu DGN vyhotovený s pomocí aplikace MGEO-SŽ. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, použití této aplikace značně zjednodušuje tvorbu výkresů. Aplikace totiž obsahuje datový model, základní výkresy, knihovny buněk, čar, fontů...

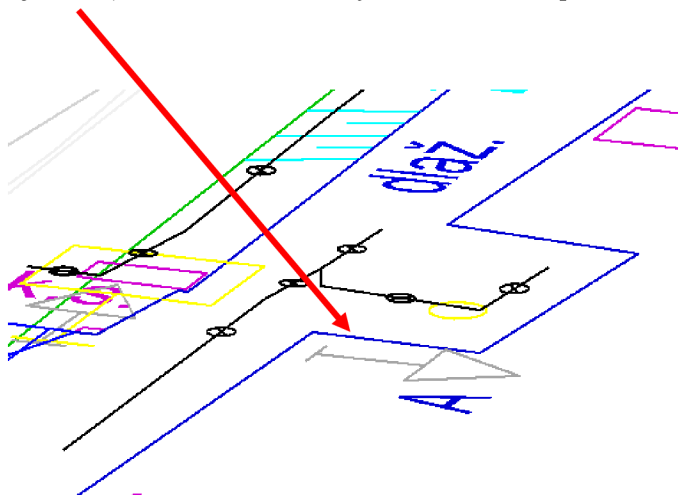
V aplikaci MGEO-SŽ je nejprve vytvořen projekt, v rámci kterého jsou založeny jednotlivé výkresy podle zpracovávaných PS/SO (Obr. 23). Aktivní výkres je znázorněn tučně a má označení A, ostatní výkresy lze referenčně připojit i přes *Správce výkresů* (označení R).



Obr. 23 Výkresy projektu v aplikaci MGEO-SŽ

Prvním krokem při zpracování každého výkresu je načtení a zpracování kódové kresby. Tato funkce je standardně dostupná v aplikaci MGEO i bez nadstavby SŽ. Tímto krokem se naplní databáze bodů aplikace MGEO.

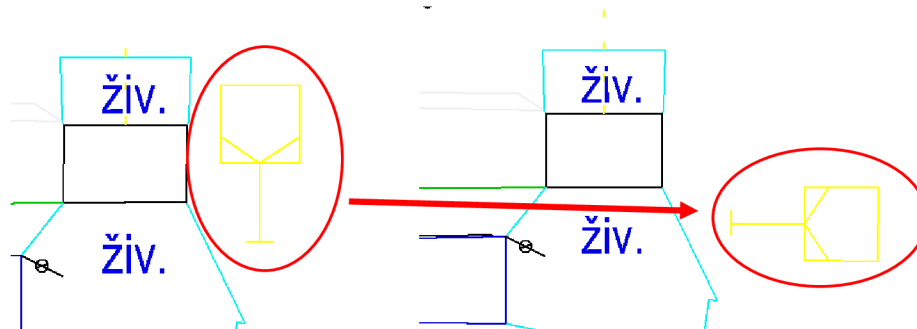
V druhém kroku je potřeba upravit kresbu (odstranit přebytečné linie, upravit chybné nakódování, atp.). Mírnou odlišností oproti běžně vyžadovanému geodetickému zpracování, je zpracování ve 3D. Z mého pohledu je to cesta správným směrem, má však svá pro i proti. Nespornou výhodou je názornější vizualizace (zejména u objektů jako jsou mosty, propustky, opěrné zdi...). Některé objekty se ale zobrazují pouhým průmětem do vodorovné roviny (typicky budovy), výkres u těchto prvků tedy obsahuje pouze půdorys umístěný v určité výšce. Buňky vkládané do výkresu jsou však rovinné a mohou působit mírně zvláštním dojmem (Obr. 24). Nelze tedy hovořit o kompletním 3D zobrazení všech prvků.



Obr. 24 Ukázka 3D kresby s 2D prvky

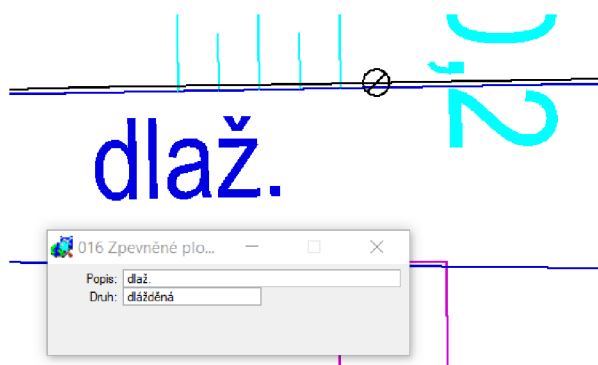
Dále je potřeba mít na paměti, že i když je výkres ve 3D, tak jsou polohové souřadnice bodů v rovině kartografického zobrazení a nulové nadmořské výšce, odměřená přímá spojnice bodů ve 3D výkresu tak neodpovídá prostorové délce v terénu. Pro zjištění prostorové délky je nutné samostatně určit horizontální (z rozdílů souřadnic) a vertikální složku (z rozdílů výšek). Horizontální složku je pak nutné měřítkovým koeficientem převést na odpovídající délku v terénu.

Při zpracování kódované kresby jsou buňky importovány s úhlem stočení 0° . Je potřeba je natočit – například aby návěstidla byla ve směru jízdy, pro který platí. Ukazuje se jako nejrychlejší příslušnou buňku vložit znovu, neboť při vkládání buňky je možné zvolit linii, dle které má být buňka natočena (Obr. 25).



Obr. 25 Natočení buněk do směru jízdy, pro který platí

Na závěr je potřeba doplnit popisné informace, které jsou vyžadovány dle [6]. K tomuto v aplikaci MGEO slouží speciální panel nástrojů *Popisné informace*. Aplikace sama ví, které popisné informace jsou pro daný prvek vyžadovány a pouze tyto mohou být vyplněny. Opět je to výrazné zjednodušení práce. Popisné informace je nutné svázat do grafické skupiny pomocí nástroje *Přidat do grafické skupiny* s příslušnou kresbou. Na Obr. 26 je ukázáno vynesení popisné informace (druh povrchu) pro zpevněnou plochu – dlážděná (zkratka dlaž.). Atribut *Druh* dokáže automatizovaně měnit atributy čáry dle vybraného druhu. V tomto případě se jedná pouze o barvu, ostatní atributy (vrstva, styl a tloušťka čáry) jsou pro všechny zpevněné plochy stejné.



Obr. 26 Doplnění popisných informací

Ne úplně všechny podrobné body jsou předmětem zaměření (jedná se zejména o čtvrté rohy pravouhlých objektů). Dle [8] není nutné zaznamenat oměrné míry a souřadnice čtvrtého rohu dopočítat typovou úlohou konstrukční oměrné. Dokonstruování těchto bodů stačí pouze graficky s dopočtem výšky, nicméně je pak nutné vytvořit bodový element, kterým se bod automaticky doplní do databáze bodů a doplní informace, které jsou společné pro všechny body (datum, zodpovědná osoba...). Dále je nutné v popisných informacích vyplnit kód a poznámku, ty nelze vkládat automatizovaně (Obr. 27).

060 Podrobné body

Číslo bodu: 230218530706
 Y - JTSK: 519087.845
 X - JTSK: 1187185.778
 Z - BPV: 222.948

Třída přesnosti: 2
 Původ bodu: 3-Konstruovaný
 Kód: 20091

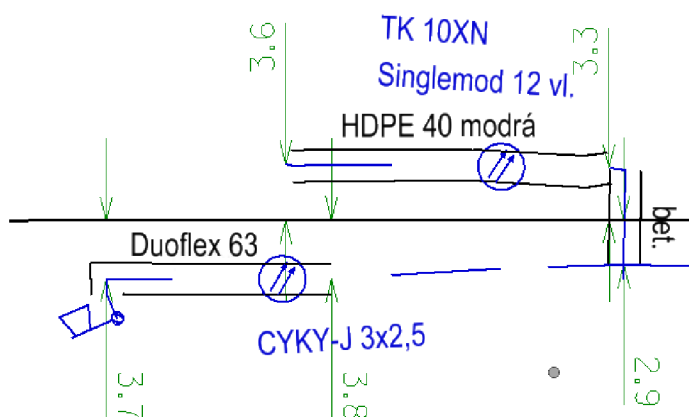
Poznámka: PROPUSTEK_TRUBNI

Datum: 01.03.2021
 Zodpovědná osoba: Ing. Karel Hovorak
 Organizace: Hovorakova&Hovorak,s.r.o.
 Převzato od:
 Nové číslo bodu:
 Z2 - BPV:

OK Storno

Obr. 27 Dokonstruování podrobných bodů

Mírně specifické jsou výkresy kabelů (tedy PS 01 až PS 03, SO 08). Kromě standardního zpracování je nutné vyhotovit i výkres kót. Jedná se o samostatný výkres, ve kterém jsou uvedeny kóty lomových bodů osy kabelové trasy (na Obr. 28 modrá čára) od osy koleje. Kóty slouží pro vyhledání kabelové trasy v terénu v rámci uživatelské fáze životního cyklu stavby.

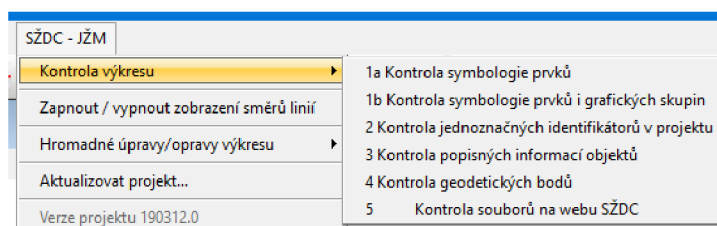


Obr. 28 Kótování kabelové trasy

Na závěr je nutné vyexportovat finální seznam souřadnic (ve formátu dle [7], s čímž opět pomáhá aplikace MGEO-SŽ plně automatizovaně). Některé body mohly být totiž dokonstruovány, nebo vyrovnány na pravouhlost (opět stačí graficky). Při použití původního seznamu souřadnic by nebyl soulad mezi výkresem a seznamem. Tento seznam souřadnic je předmětem odevzdání.

7.2.1 Kontrola výkresové dokumentace

Vyhotovená výkresová dokumentace podléhá několika kontrolám. Samozřejmostí je uživatelská kontrola, tedy projití celého výkresu po vrstvách, kdy se kontroluje úplnost a správnost prvků v dané vrstvě a doplnění duplicitních čar (např. hrana svahu totožná s krajem zpevněné plochy) tak, aby právě při zapnutí pouze určité vrstvy plochy tvořily uzavřené areály. Dále má aplikace MGEO-SŽ k dispozici pět formálních kontrol (Obr. 29).



Obr. 29 Kontroly v aplikaci MGEO-SŽ

Kontrola symbolologie řeší, jestli zpracováváný výkres obsahuje prvky dle aktuálně platného datového modelu dle [6]. Při používání nástroje *Umístit objekt* v aplikaci MGEO-SŽ je sice nemožné, aby prvek byl ve výkresu s neplatnými atributy, nicméně při následné editaci je možné omylem atributy změnit. Proto je vhodné tuto kontrolu provést vždy.

Kontrola symbolologie prvků i grafických skupin navíc řeší i počet prvků v grafické skupině konkrétního prvku (opět oproti povolenému dle [6]).

Kontrola jednoznačných identifikátorů v projektu (MSLink) kontroluje případnou duplicitu klíčových bodů daného prvku. Osobně jsem se s touto chybou setkal pouze při přepokopování obsahu z výkresu do výkresu.

Kontrola popisných informací projektu řeší, jestli jsou texty ve výkresu vyneseny jako popisné informace objektů (linie, buňky).

Kontrola geodetických bodů řeší, jestli všechny body výkresu mají pod sebou vytvořený bodový element a naopak.

Na závěr je nutné provést formální kontrolu na webu SŽ (<https://modernizace.spravazeleznice.cz/>). Tato kontrola obsahuje i všechny předchozí kontroly aplikace MGEO-SŽ. Slouží tedy jako doklad správnosti. Kontroly v aplikaci

MGEO-SŽ slouží pro případnou opravu, neboť umožňují prohlédnutí chybných prvků a tím pádem snazší a rychlejší editaci. Výsledek ve formátu PDF lze stáhnout a musí být přiložen do složky *Ostatní operát*. Kontrola se skládá z dílčích částí (Obr. 30).

Kontrola souborů

Výkres DGN: DSPS_Sumice.dgn
 Seznam geodetických bodů: DSPS.txt
 Seznam štítků:
 Datový model (metodika): DSPS Situace (2020)

Verze kontrolního software: 27.4.2021

Kontrola struktury DGN výkresu	Chyby: 1	
Kontrola datového modelu obsahu DGN výkresu	Chyby: 1	
Kontrola popisných informací objektů	Bez chyb	Upozornění: 37
Kontrola seznamu souřadnic (seznamu geodetických bodů)	Bez chyb	Upozornění: 121
Kontrola souladu seznamu souřadnic s geodetickými body ve výkresu	Bez chyb	
Kontrola geometrie prvků DGN výkresu	Bez chyb	Upozornění: 1
Kontrola štítků připojených k prvkům DGN výkresu		

Obr. 30 Kontrola na webu SŽ

Některé prvky, například sklonovník (DM 10221), hlásily chybu (Obr. 31), i když se o chybu nejednalo, kontrola tedy nemusí dopadnout stoprocentně bez vad, ale je nutné doplnit komentář. Oprávněnost je pak na posouzení SŽMP.

Kontrola objektových vazeb elementů DGN výkresu

Počet prvků s objektovou vazbou: 2006
 DGN výkres obsahuje prvky s identifikací objektu datového modelu SŽ, které neodpovídají SŽ nebo je odstraňte.

Počet chybných prvků: 1

V řádku je uveden počet elementů shodné chyby a první chybný element.

Počet	Objekt	Typ prvku	Vrativa	Barva	Tloušťka
1	10221	Čára (3)	Vrativa 7 (7)	4	1

Obr. 31 Chyba, která však není chybou

7.3 Vyhotovení souborného zpracování G-DSPS

Jakmile jsou vyhotoveny všechny dílčí dokumentace po jednotlivých PS/SO, je možné přistoupit k vyhotovení *Souborného zpracování*. Základním cílem je opět naplnění adresářové struktury požadovanými dokumenty (Obr. 32).

- 1 Technická zpráva
- 2 Přehled kladu UŽM
- 3 Bodové pole
- 4 Seznam souřadnic
- 5 Výkresové soubory
- 6 PS a SO jednotlivě
- 7 Geometrické plány
- 8 Definitivní zajištění koleje
- 9 Kontrolní protokoly

Obr. 32 Adresářová struktura souborného zpracování G-DSPS

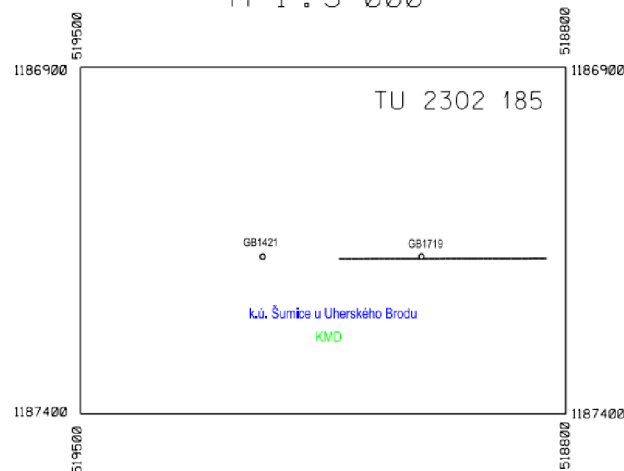
Technická zpráva je shrnutím měřických a zpracovatelských prací, důležité je jasně jmenovat, kdo dělal jednotlivé dílčí dokumentace. Přehled kladu UŽM se vyhotovuje dle vzoru v [8]. Tato stavba svým rozsahem zasahovala pouze na jeden mapový list, viz ukázka na Obr. 33.

Přehled kladu mapových listů UŽM TU 2302 185

Souborné zpracování
DSPS Rekonstrukce zastávky Šumice

km 122,500 - 122,700

M 1 : 5 000



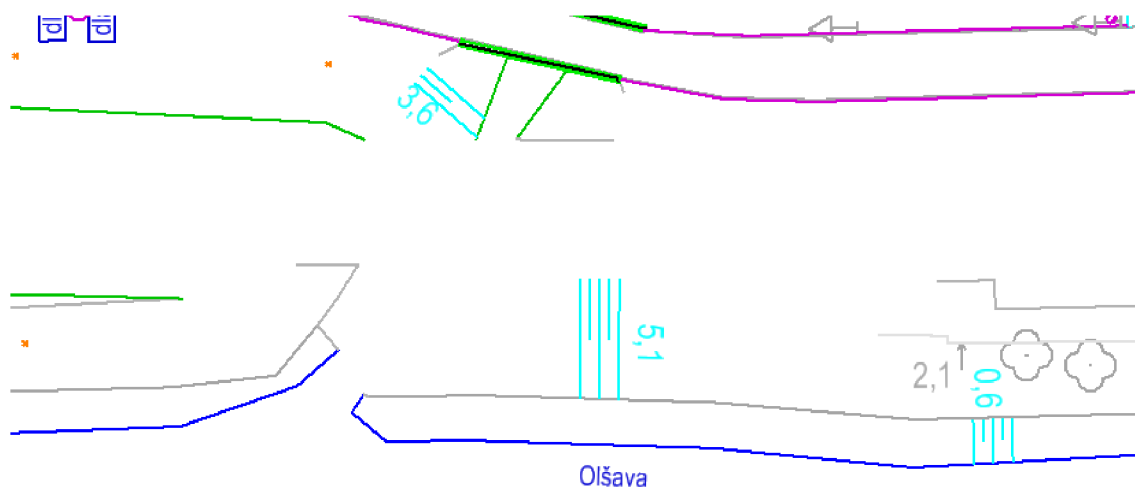
Obr. 33 Přehled kladu ML UŽM

V části 3 *Bodové pole* je nutné kromě seznamu souřadnic použitých bodů ŽBP předat dokumentaci nově vzniklých bodů (nahrazení bodů porušených stavbou). V rámci stavby byl nově zřízen bod č.: 230200001719, místo zničeného bodu č.: 230200001422 (km 122,572). Polohové určení bodu provedla SŽG. Výškové určení bylo provedeno v rámci nivelace nově zřízených zajišťovacích značek. Dokumentace k výškovému určení byla tedy předána v části 8 *Definitivní zajištění koleje*.

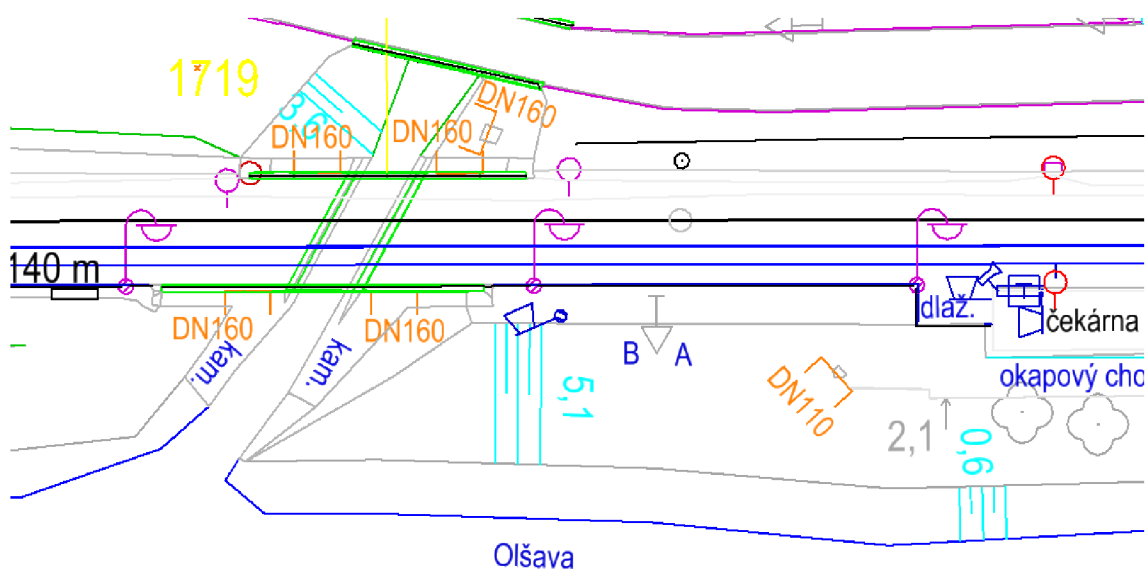
V části 4 *Seznam souřadnic* je předán seznam souřadnic podrobných bodů výkresu situace nového stavu. Z důvodu použití číslování podrobných bodů dle jednotlivých PS/SO byl pro přehlednost doplněn číselník, který definuje rozmezí čísel podrobných bodů právě po jednotlivých PS/SO.

Nejdůležitější částí je však část 5 *Výkresové soubory*. Základním výkresem je výkres situace nového stavu označený prefixem DSPS. Při této činnosti je nutné spojit jednotlivé dílčí dokumentace do jednoho celku. Dále bylo nutné odfiltrovat případné duplicity (například lampy byly jak ve výkresu SO 04 nástupiště, tak SO 08 rozvod NN). Na závěr je opět třeba provést kontroly, jak bylo uvedeno v kapitole 7.2.1. Protokol ve formátu PDF je předmětem odevzdání v části 9 *Kontrolní protokoly*.

Dalším vyhotovovaným výkresem je Výkres původního stavu označený prefixem PVS. Předanou (před stavbou platnou) UŽM je nutné aktualizovat. V prvním kroku je odmazán neplatný stav. Tento výkres není nutné kontrolovat, neboť mohl být vyhotoven podle starších předpisů. V rámci pomoci SŽG byl navíc i výkres situace nového stavu zapracován do výkresu původního stavu označený prefixem DSPS+PVS. Tato činnost není předpisy vyžadována, nicméně zpracovatel nejlépe ví, jak nový stav napojit na stávající. Ukázky z vyhotovených výkresů jsou na Obr. 34 a 35. Nejedná se jako například v katastru nemovitostí o automatizovanou činnost, kterou tam řeší VFK.



Obr. 34 Odmazání již neplatných prvků



Obr. 35 Aktualizovaný výkres PVS a výkres situace nového stavu G-DSPS

Posledním výkresem je Výkres katastru nemovitostí označený prefixem KN. Ten slouží primárně pro porovnání, jestli stavbou nebylo zasazeno na cizí pozemek.

V části 6 PS a SO jednotlivě jsou zařazeny dílčí dokumentace po jednotlivých PS/SO

V části 7 Geometrické plány byl zařazen GP pro změnu obvodu budovy č. 938-032/2020 vyhotovený Ing. Hovořákem. V části 8 Definitivní zajištění koleje se nachází kompletní předaná dokumentace k této činnosti od společnosti GeoTEL Rail s.r.o.

7.4 Kontrola G-DSPS objednatel

Po vyhotovení je kompletní dokumentace předána objednateli ke kontrole. V současné době se tak děje pomocí e-mailu. G-DSPS má v rámci SŽG na starosti oddělení investiční geodézie. To předá dokumentaci ke kontrole příslušným regionálním správcům ŽBP, PPK a ŽMP ke kontrole. Výsledek této kontroly viz Obr. 36.

Správce ŽBP :

Za ŽBP v pořádku.

Správce PPK :

Za SPPK bez připomínek.

Správce ŽMP :

V DSPS by měly být lampy očíslované.

Patrně chybí zaměření nových informačních tabulí „Šumice“ v km 122,4 a 122,750.

Viz náčrt a fotografie.

Obr. 36 Výsledek kontroly G-DSPS objednatel

Drobné připomínky SŽMP bylo nutné zpracovat. Lampy při rekognoskaci v terénu nebyly ještě očíslované, informační tabule byly značně před a za lokalitou, proto byly nejspíš při zaměření přehlédnuty. Doměření tabulí bylo provedeno s ohledem na efektivnost metodou GNSS, tabule splňují základní podmínku minimálního odstupu 3,5 m od osy koleje, bylo tedy touto metodou možné určit souřadnice a výšky. Zároveň ale bylo dle [8] nutné změřit alespoň dva body ŽBP a na nich ověřit správnost GNSS měření (Obr. 37). Mezní odchylky dle [8] byly splněny.

	MĚŘENO			DÁNO			ROZDÍLY			
	Y [m]	X [m]	H [m]	Y [m]	X [m]	H [m]	ΔY [m]	ΔX [m]	ΔH [m]	ΔP [m]
1421	519237,357	1187173,384	223,765	519237,383	1187173,394	223,792	0,026	0,010	0,027	0,028
1423	518711,916	1187177,265	228,772	518711,935	1187177,253	228,787	0,019	-0,012	0,015	0,022

Obr. 37 Kontrola měření GNSS

Mírnou nevýhodou byla nutnost duplicity práce. Změny bylo nutné zpracovat jak do výkresu dílčí dokumentace daného SO, tak i do výkresu souborného zpracování.

7.5 Předání G-DSPS

Předmětem odevzdání na SŽG je v současné době CD s kompletní dokumentací G-DSPS a vybrané tištěné soubory (ve třech vyhotoveních). Rozsah tištěných souborů je specifikován ve Smlouvě o dílo. Jedná se o:

- Technickou zprávu
- Výkres situace nového stavu se zákresem drážní hranice
- Klad mapových listů
- Seznam PS a SO identifikovaných ve vztahu k parcelním číslům pozemků podle evidence právních vztahů KN.

Tyto přílohy slouží primárně k posouzení, jestli stavba nezasáhla na pozemek, na který nebylo vydáno stavební povolení. Výkres situace nového stavu se zákresem drážní hranice je pak Přílohou č. 1 práce. Seznam PS a SO identifikovaných ve vztahu k parcelním číslům pozemků je pak Přílohou č. 2 práce.

8 Převod G-DSPS do podoby BIM

8.1 Porovnání stávajícího standardu (SŽ M20/MP005) a standardu SFDI

Nejprve bylo nutné porovnat třídění prvků datového modelu definovaného předpisem SŽ M20/MP005 (v textu dále pouze jako standard CAD, [6]), podle kterého byla vyhotovena G-DSPS v kontrastu s tříděním dle datového standardu SFDI (v textu dále pouze jako standard BIM, [12]), podle kterého byla vyhotovena podoba BIM G-DSPS. K tomuto účelu byl vytvořen pracovní soubor v SW Microsoft Excel, který je včetně obsáhlejších komentářů Přílohou č. 3 práce. Tato práce se zabývá pouze možností převodu objektů, které se nacházejí v zpracování G-DSPS, nikoliv všemi objekty rozlišovanými ve standardu CAD.

Mírným problémem je nestejně dělení na jednotlivé kapitoly. Příkladem budiž klasické dělení železniční tratě na železniční svršek a železniční spodek (tak je tomu v standardu CAD – viz kapitola 3.). V standardu BIM se však vyskytuje dělení viz Obr. 38.

2.1.a Žel. svršek a spodek	2.1.b Nástupiště	2.1.c Přejezdy	2.1.d Mosty, propustky, zdi
----------------------------	------------------	----------------	-----------------------------

Obr. 38 Dělení standardu BIM do kategorií

V druhu elementů 2.1.a je dohromady uváděn železniční svršek i spodek, nicméně druh elementu 2.1.c Přejezdy jistě patří do železničního svršku, druhy elementů 2.1.b Nástupiště a 2.1.d Mosty, propustky, zdi pak do železničního spodku [23].

Některé elementy (např. zábradlí) jsou uváděny v několika kategoriích vždy s odkazem na vlastnosti definované v prvotní zmínce. Dále je například element *zarážedlo* chybně uváděn ve skupině elementů *Osa koleje a železniční svršek*, neboť se jedná o zařízení železničního spodku [23] (Obr. 39).

Osa koleje a železniční svršek	x	x	x	osa koleje
	x	x	x	niveleta koleje
	x	x	x	trasa (3D koleje)
	x	x	x	výhybka
	x	x	x	kolejové lože
	x	x	x	zarážedlo
	x	x	x	průjezdový průřez
Železniční spodek	x	x	x	konstrukční vrstva
	x	x	x	násyp
	x	x	x	výkop
	0	x	x	geosyntetikum

Obr. 39 Chybné zatřídění prvku *zarážedlo*

Je třeba konstatovat, že třídění prvků dle standardu BIM není oproti třídění standardu CAD ani zdaleka ve vztahu 1 : 1. Tato skutečnost generuje problém při převodu dokumentace z klasické CAD podoby do podoby BIM a naopak.

Pouze čtvrtina prvků (např. *kolejové lože, šachta kabelového vedení*) je v onom potřebném vztahu 1 : 1. Nejvíce prvků je ve vztahu $n : 1$. Tedy několik „podobných“ prvků se v předpisu SFDI slučuje do jednoho „nadřazeného.“ Pěkným příkladem mohou být *propustky*. V standardu CAD existuje *DM 20091 Propustek trubní* a *DM 20092 Propustek* (tj. ostatní typy vyjma trubního). V standardu BIM je ale pouze element *Propustek*. Dalším příkladem je dělení *kabelových tras* elektrické energie dle napětí na NN, VN, VVN nebo dle způsobu uložení na nadzemní a podzemní, které naprosto zaniká ve standardu BIM. Do této kategorie problémů může spadat i tzv. *výstroj trati*, která není v standardu BIM nikterak dělena. Z pohledu filozofie standardu BIM to asi není úplně nutné, nicméně v standardu CAD nemají všechny prvky výstroje trati vyžadovány shodné popisné informace, což ale ze standardu BIM vyplývá.

Pro samotný převod z podoby CAD do podoby BIM to problém není, prvky lze zatřídit do nadřazené kategorie. Problém by nastal při zpětné konverzi, která ale dle filozofie BIM nebude potřebná. Při tvorbě standardu CAD byl ale z nějakého důvodu (patrně potřeby správce, tedy SŽ) kladen důraz na zohlednění tohoto jemnějšího dělení. Pokud jsou tyto požadavky i nadále platné, měla by SŽ trvat na doplnění podrobnějšího dělení do podoby BIM. Pokud ne, mělo by být ve standardu CAD zrušeno.

U *mostů* se vyskytuje opačný problém, tedy vztah $1 : n$. Toto je pro převod CAD → BIM daleko horší problém, neboť není možné z jedné kategorie most vytvořit několik různých podkategorií. Skupiny elementů týkající se mostů jsou ve standardu BIM daleko nejvíce rozpracované. Pro potřeby DSPS možná až tak podrobné dělení není potřeba, nicméně ve standardu BIM je jasně vidět, který druh elementů je nejrozpracovanější.

U *nástupišť* je situace značně složitá, neboť dle standardu CAD jsou rozlišovány typy nástupišť, ale u standardu BIM naopak konstrukční části, vztah je tedy $n : n$. U nástupišť se ještě na chvíli zastavím, cedule vyznačující části nástupišť jsou dle standardu CAD evidovány prvkem *DM 60072 Dopravní značka samostatně stojící*, který nemá v standardu BIM ekvivalent. Samotné zpracování problém není, požadavky na veškeré tabule jsou dle standardu BIM stejné, takže se na ni dá použít přístup jako ke každé jiné

tabuli. V standardu BIM byl nalezen element *Prvek nástupiště*, kterým tabule označující část nástupiště jistě je. Problém lze však vidět v případném strojovém zpracování. Prvek DM 60072 v standardu CAD je totiž primárně pro silniční dopravní značky, které by při převodu do BIM rozhodně neměly spadnout do elementu *Prvek nástupiště*.

Z geodetického hlediska ve standardu BIM úplně chybí kategorie týkající se *bodů*, v BIM modelu železniční stavby by, dle mého názoru, měly být obsaženy minimálně body ŽBP, případně státních bodových polí. Jediný náznak této kategorie tvoří element *vytyčovací bod* (v druhu elementů 2.1.d *Mosty, propustky, zdi*).

Kompletní statistika je na Obr. 40. Jedinému dobře použitelnému vztahu 1 : 1 odpovídá 25 % elementů. Dobrou zprávou je, že i přes výše popsané nedokonalosti, lze zatřídit veškeré prvky.

LEGENDA				
barva	vztah	počet	procent	popis
	1:1	10	25	jednomu vzoru v standardu CAD odpovídá jeden vzor v standardu BIM
	n:1	16	40	více vzorům v standardu CAD odpovídá jeden vzor v standardu BIM
	1:n	2	5	jednomu vzoru v standardu CAD odpovídá více vzorů v standardu BIM
	n:n	1	2,5	více vzorům v standardu CAD odpovídá více vzorů v standardu BIM
		6	15	vzor ze standardu CAD lze zařadit do podobného vzoru v standardu BIM na základě zkušenosti
		5	12,5	vzor ze standardu CAD je řešen jiným předpisem

Obr. 40 Kompletní statistika třídění prvků při převodu z CAD do BIM

Jsem si vědom, že v době zpracování této práce mělo SFDI zpracované datové standardy pouze do stupně dokumentace PDPS, což jistě může ovlivňovat některé nedokonalosti třídění předpisu SFDI.

V tomto případě se jedná o převod dat z jedné struktury do zcela jiné struktury, navíc standard CAD je několik let úspěšně provozován, standard BIM byl odzkoušen na pár pilotních projektech a jedná se o jeho první verzi.

8.2 Přemodelování z CAD do BIM

Druhým úkonem pak bylo přemodelování objektů v SW pro BIM. Tento postup je nezbytný, neboť CAD je založen na vrstvách, ale BIM využívá objektově orientovaný přístup. Je tedy nutné vytvořit objekty (3D tělesa), ke kterým jsou připojeny popisné informace.

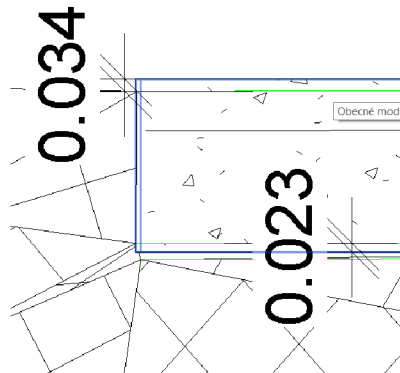
Pro samotnou tvorbu modelů bylo využito dvou SW od společnosti Autodesk. Prvním z nich je Autodesk Civil 3D (nativní formát DWG), druhým Autodesk Revit (nativní formát RVT). Civil 3D je vhodný pro tvorbu BIM modelů liniových staveb, Revit pak pro tvorbu BIM modelů pozemních staveb (primárně byl totiž vytvořen pro budovy). Modely PS/SO liniového charakteru byly tedy vytvořeny v SW Autodesk Civil 3D (konkrétně SO 01, SO 08, PS 01 až PS 03), modely SO prostorového charakteru byly vytvořeny v SW Autodesk Revit (konkrétně SO 02 až SO 06).

Dle poznatků z kapitoly 4 plyne, že bude nutné vyhotovit dílčí modely dle jednotlivých PS/SO. Ovšem pouze jako finální produkty. Osobně bych doporučil tvořit jeden model, z kterého pak budou objekty spadající pod jednotlivé PS/SO pouze vybrány pro export. Doporučuji to hlavně z toho důvodu, že je možné jednoduše opravovat dokumentaci bez nutnosti duplicity práce (jak bylo prezentováno v kapitole 7). Pokud se na projektu podílí více zhotovitelů, tak je samozřejmě možné vytvořit více dílčích modelů, které ale pak budou muset být pro potřeby obdoby souborného zpracování zkompletovány.

Tvorba modelu se skládá ze dvou fází, tvorby geometrie a pak následně její doplnění popisnými informacemi. Tento postup je jedním z pilířů metody BIM (podrobněji viz kapitola 2).

Prostředí 3D modelů může působit dojmem, že vytvořené modely jsou bezchybné. Tato úvaha je samozřejmě mylná. Bod je určen vždy s určitou nejistotou. Pro stupeň dokumentace DS/PS je navíc potřebná pouze evidenční přesnost. Do výsledné přesnosti zde však oproti CAD přístupu vstupuje další faktor, a to přesnost modelace. Obzvlášť se jedná o SW Autodesk Revit. Ten funguje perfektně pro dokonale pravoúhlé/rovnoběžné/svislé tvary. Ve skutečnosti však žádné objekty takto dokonale postaveny nejsou. Při modelaci tedy dochází k jakési idealizaci skutečnosti (Obr. 41), což vede k mírnému zhoršení výsledné přesnosti. Modře je obtáhnutý obvod modelu mostu,

zelené čáry jsou z podkladového DGN výkresu souborného zpracování G-DSPS. Na Obr. 41 jsou zakótované odchylky. Tato přesnost je ale pořád, dle mého názoru, v přijatelných mezích evidenční přesnosti, s kterou jsou data pro G-DSPS v současné době pořizována.



Obr. 41 Odchylky způsobené modelací

Dalším aspektem, který s problematikou přesnosti souvisí, je to, že předmětem geodetického zaměření DSPS jsou pouze vybrané body. Například lampa je reprezentována svým středem, výškově na terénu, železniční svršek je reprezentován pouze PPK. Není tedy pro potřeby DSPS účelné modelovat objekty do posledního detailu. Správce dle poznatků z kapitoly 2 počítá s vytvořením knihovny prvků, která bude obdobou dnešní knihovny buněk. V době zpracování práce taková knihovna k dispozici nebyla, proto byly tyto prvky modelovány zástupnými prvky (pouze hmota umístěná bodem zaměření). Při existenci knihovny pak dává smysl použít i precizně vymodelovaný model pro potřeby DSPS, jelikož to není práce navíc.

Jeden z požadavků je i nutnost georeferencování, modely tedy musí být dle [11] v S-JTSK a Bpv. Tento požadavek je naprosto legitimní, obzvláště pro SŽ jako správce je nutné mít veškerou dokumentaci v jednotném referenčním systému.

BIM model je vždy ve 3D, proto i v této kapitole opět připomínám fakt, že rozměry ve vodorovné rovině nejsou kvůli zavedeným matematickým korekcím měřených délek totožné s rozměry v terénu. Naopak rozměry ve svislé rovině jsou. Jakékoliv odměřování v modelu musí tuto skutečnost reflektovat. V SW Autodesk Revit není možné ve 3D modelu měřit, zde je to tedy ošetřeno. V různých BIM prohlížečkách ale měření vzdáleností jako základní nástroj pro analýzy dostupné je, vzdálenost je zcela jistě ale počítána bez uvážení této skutečnosti.

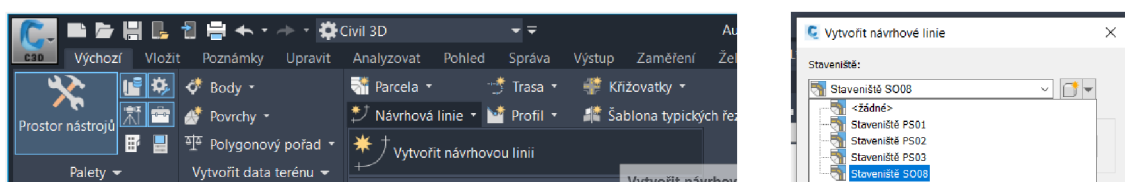
8.2.1 Přemodelování části PS/SO v SW Autodesk Civil 3D

Do SW Autodesk Civil 3D bylo nutné nejprve naimportovat podrobné body, které sloužily pro vytvoření digitálního modelu terénu (DMT). Ten slouží mj. i pro georeferenci. Civil 3D funguje jako ostatní CAD systémy, definuje tedy souřadnicový systém matematicky. Proto je při importu souřadnic nutné definovat převodní vztah mezi souřadnicemi v S-JTSK a souřadnicemi v CAD systému (tedy $Y_{JTSK} = -X_{CAD}$, $X_{JTSK} = -Y_{CAD}$).

Vhodnost SW Autodesk Civil 3D pro liniové objekty spočívá v tom, že postačí mít souřadnice osy a definovaný příčný řez. SW pak automatizovaně vymodeluje vysunutím průřezu po křivce (tedy ose) 3D těleso, které je pak geometrickou reprezentací objektu v digitálním světě. V tomto SW byl tedy vyhotoven model železničního svršku a kabelů kabelových tras.

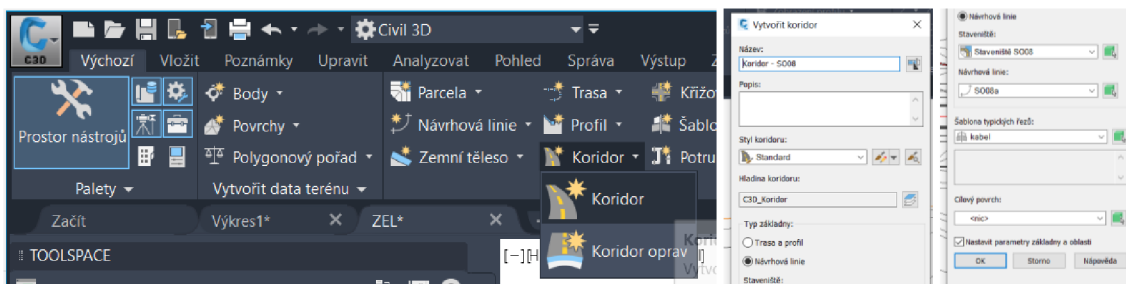
Souřadnice osy jsou k dispozici ze zaměření G-DSPS, vzorové příčné řezy (konkrétně dva – železniční svršek a druhý univerzální pro kabelové trasy) byly vytvořeny na základě výukové šablony poskytnuté Ing. Janou Gottvaldovou, Ph.D. z Ústavu automatizace inženýrských úloh a informatiky FAST VUT, za což, i další rady, ji velmi děkuji.

Tvorba geometrie byla zahájena překopírováním linie osy objektu z výkresu DWG (převedeným z DGN ze souborného zpracování G-DSPS). Dále byla pomocí příkazu *Návrhová linie* vytvořena a přiřazena pro lepší orientaci do tzv. *staveniště* (umožňuje třídění prvků ve výkrese podle PS/SO) (Obr. 42).



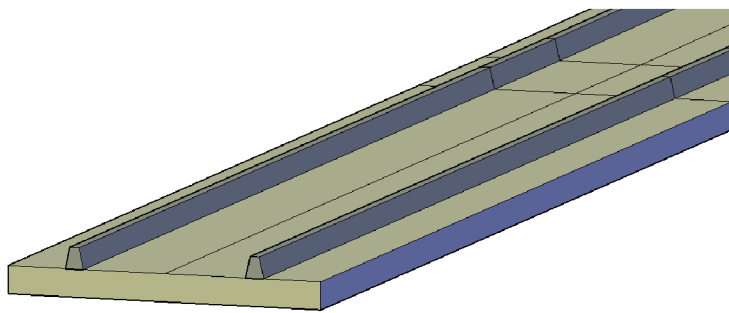
Obr. 42 Nástroj návrhová linie

3D tělesa železničního svršku a kabelů byla vytvořena pomocí příkazu *Koridor*, který právě potřebuje osu = *Návrhovou linii* a příčný řez = *Šablonu typických řezů* (Obr. 43).



Obr. 43 Nástroj koridor

Výsledkem modelace SO 01 (železničního svršku) je patrný na Obr. 44. Příčný řez nebyl definován nikterak podrobně, v současnosti je předmětem zaměření pro účely DSPS pouze PPK, proto dle mého názoru stačí pouze takovéto znázornění. „Koridor“ jednotlivých PS/SO je pak předmětem exportu do samostatného výkresu DWG.



Obr. 44 Model SO 01

Nedílnou součástí je doplnění popisných informací do modelu. Jaké popisné informace je potřeba evidovat nalezneme v datovém standardu SFDI (Obr. 45). V textu je uveden příklad na části kabelové trasy PS 02.

Skupina elementů	DŮR	DSP	PDPS	Typ elementu	Šablona vlastností složená z následujících skupin vlastností						Označení šablony
					I	S	E	Z	M	F	
Kabelová trasa	0	x	x	Kabely	5&8	32	1	1	1	1	I5&8+S32+E1+Z1+M1+F1

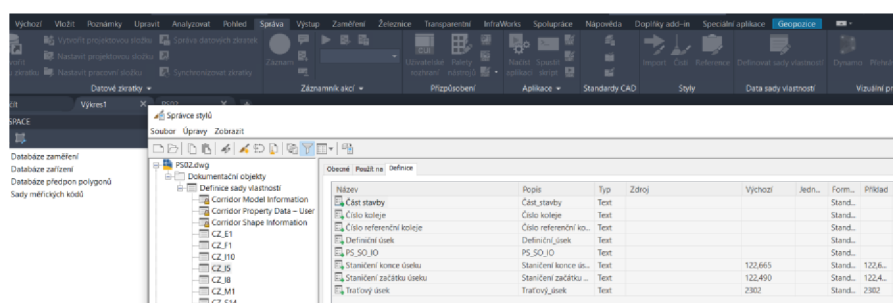
Obr. 45 Popisné informace kabelové trasy požadované dle [11]

Dle standardu (Obr. 45) je nutné vyplnit šablony vlastností I5, I8, S32, E1, Z1, M1 a F1. Vlastnosti platné pro danou skupinu vlastností jsou pak definovány na samostatném listu souboru. Ukázka na Obr. 46 je pro skupinu vlastností M1.

MNOŽSTVÍ	
M1	Délka
	Způsob stanovení délky

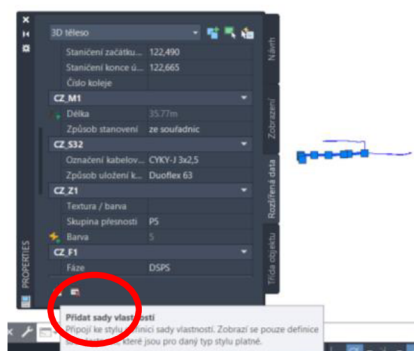
Obr. 46 Vlastnosti definované pro skupinu vlastností M1

Tyto sady vlastností je nutné definovat ve *Správci stylů* (Obr. 47), který vyvoláme příkazem *Definovat sady vlastností*. Zde definujeme i datový typ informace (text, celé číslo...), případně výpočetní vzorce. Výhodou je možnost definice výchozí hodnoty, například informace *Tratový úsek* bude pro všechny objekty v projektu jedna hodnota, která se bude automaticky vyplňovat. Tyto vlastnosti lze automatizovaně kopírovat z výkresu do výkresu, proto by v rámci implementace metody BIM na SŽ bylo vhodné, aby šablonu s kompletními sadami vlastností ve formátu DWG distribuovala pověřená organizační jednotka SŽ. V rámci standardizace by to byl krok správným směrem. Zhotovitel by si pak případně pouze upravil výchozí hodnoty. V dnešní době se zaměstnanci SŽ podílí na tvorbě základacích výkresů, knihoven buněk atp., byla by to jakási obdoba těchto činností.



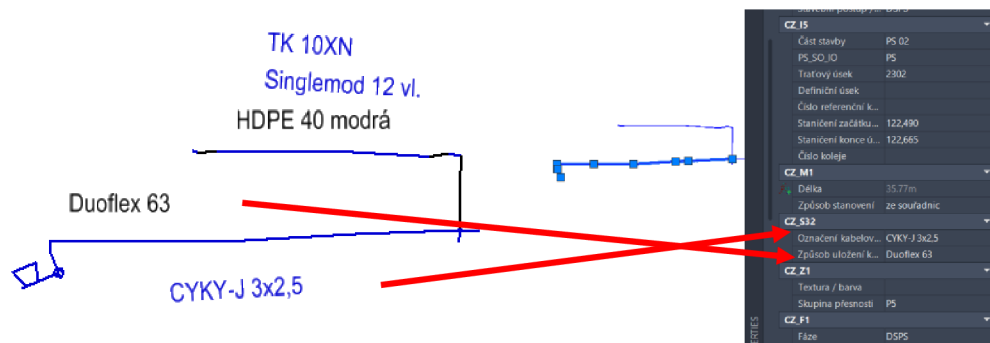
Obr. 47 Správce stylů sad vlastností

Tímto krokem se sady vlastností pouze definují, může jít tedy o úplný výčet dle [11]. Samotné přiřazení k objektu se pak děje přes kartu *Vlastnosti*, příkazem *Přidat sady vlastností* (Obr. 48). Tento přístup je v porovnání s přístupem v SW Revit (popsáno dále) z mého pohledu lepší. Objekty mají pouze popisné informace, které jsou vyžadovány. Silnou stránkou je, že například vlastnost *Délka* (skupina vlastností M1) je definována výpočtem, vypisuje se tedy automaticky podle skutečné délky linie ve výkresu.



Obr. 48 Přidání sady vlastností k prvku

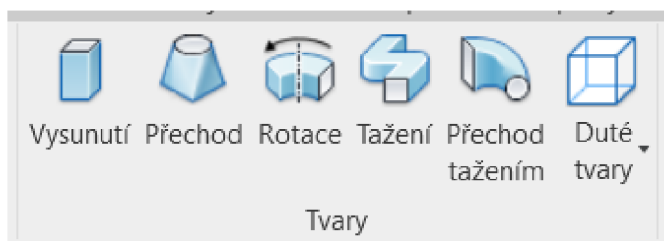
Na levé části Obr. 49 je vyobrazen původní výkres DGN, tam můžeme vidět popisné informace vynesené v textu. Na pravé části Obr. 49 je pak ukázka přemodelování PS02 v SW Autodesk Civil 3D. Znázornění geometrie působí na první pohled totožně, hlavní rozdíl je však ve způsobu uložení popisných informací.



Obr. 49 Porovnání přístupu CAD a přístupu BIM

8.2.2 Přemodelování části PS/SO v SW Autodesk Revit

SW Autodesk Revit slouží primárně pro modelování budov. Má však v sobě implementované pokročilé modelační nástroje (*Vysunutí*, *Přechod*, *Rotace*, *Tažení*, *Přechod tažením* a *Duté tvary* pro ořezání přebytečné hmoty, viz Obr. 50), které se dají vhodně použít i na jiné objekty s prostorovou skladbou (mosty, nástupiště, zpevněné plochy).

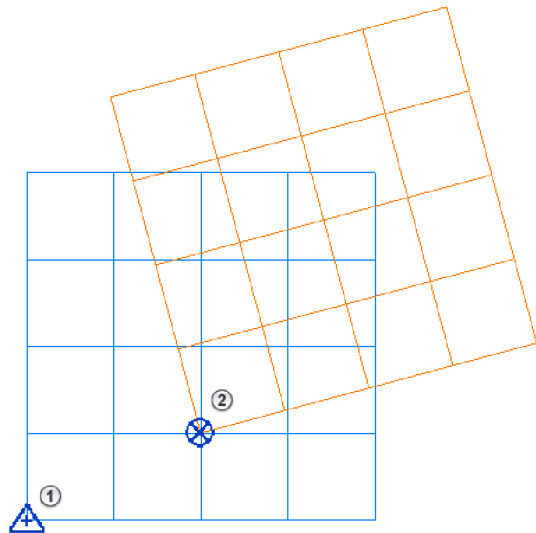


Obr. 50 Modelační nástroje SW Autodesk Revit

Veškeré objekty musí v Revitu splňovat několik podmínek, které mohou působit na první pohled nelogicky. První z nich jsou výškové vazby. Každý objekt musí mít definovanou vazbu k podlaží. Což samozřejmě dává smysl při modelování budov, při modelování situace to ale tak výhodné není. Objekt se dá samozřejmě výškově odsadit od podlaží, proto jsem při tvorbě modelu přistoupil k definici pouze jednoho podlaží ve výšce 225,000 Bpv, objekty pak byly do správné výšky posunuty pomocí odsazení.

Dalším je, že veškeré objekty musí být v určité kategorii. Tyto kategorie nelze vytvářet, lze používat pouze předdefinované v SW. Kategorie jsou primárně zaměřené na modelaci budov (*Stěny, Podlahy, Střechy, Dveře, Okna...*), a tudíž ne zrovna použitelné pro modelaci objektů na železniční trati. Samozřejmě je k dispozici *Obecný model*, kterým byla modelována většina objektů v Revitu.

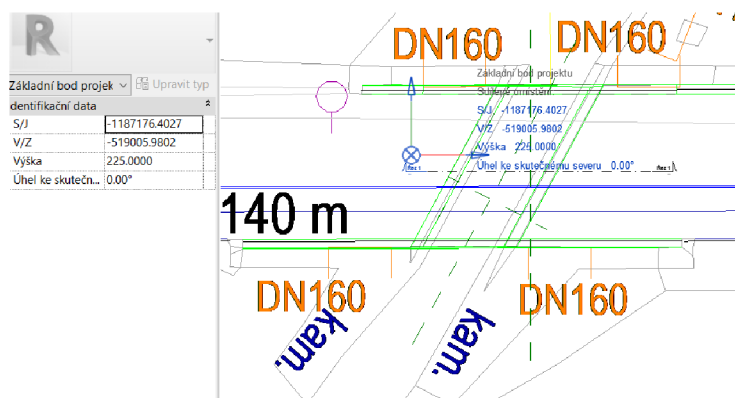
Prvním krokem byla opět georeference projektu. Revit interně pracuje ve vlastním souřadnicovém systému (matematickém), který je vztažený k tzv. vnitřnímu počátku. Nelze jej nijak přemísťovat, do verze Revit 2021 dokonce ani nebyl zobrazitelný. Dále pak lze definovat projektový a geodetický souřadnicový systém. Jejich počátky jsou znázorněny na Obr. 51. Trojúhelník představuje *Bod zaměření* (tj. počátek S-JTSK). Kolečko pak *Základní bod projektu* (tj. počátek projektového systému), které je



Obr. 51 Souřadnicové systémy SW Autodesk Revit, [28]

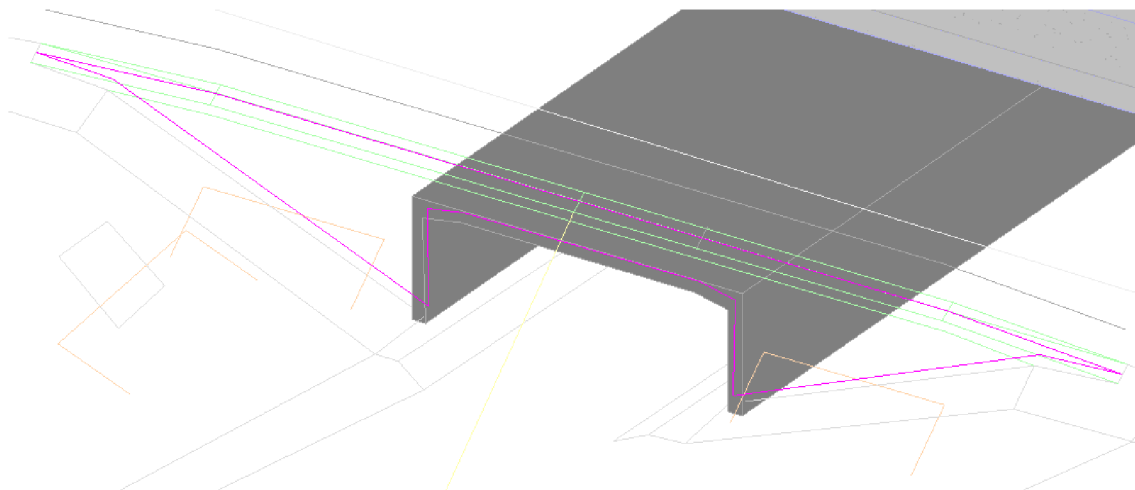
poblíž modelovaných objektů. Z připojeného souboru DWG, který byl použit jako podklad pro modelování, lze pomocí příkazu převzít souřadnice kresby. Dále je nutné definovat výšku základního bodu projektu v systému Bpv.

Na Obr. 52 je vidět připojený DWG soubor včetně *Základního bodu projektu*, který má ve vlastnostech přiřazeny souřadnice v S-JTSK (ve tvaru Nothing, Easting) a výšku v Bpv.



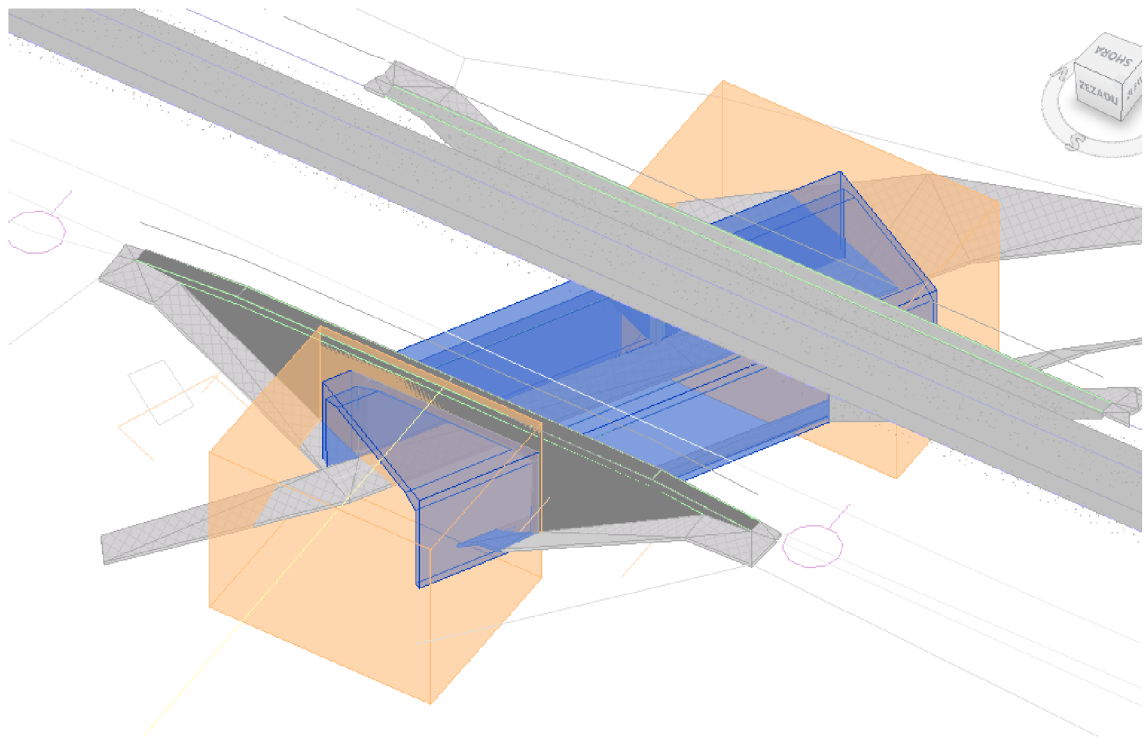
Obr. 52 Základní bod projektu se zadanými souřadnicemi v S-JTSK a Bpv

Obrovskou výhodou pro modelování geometrie objektů byla existence 3D vektorové kresby z G-DSPS. Revit totiž při kresbě disponuje nástrojem *Vybrat čáru*, požadovaný obvod tělesa tedy stačí oklikat. Kdyby podkladová kresba nebyla ve 3D, výhoda nástroje by pozbyla účinku. Vybrané čáry vytvoří obvod *Vysunutí* (na Obr. 53 fialová čára). Tento fialový průřez se však vytváří v tzv. *Pracovní rovině*, před samotnou modelací je tedy nutné nakreslit čarou rovinu, ve které se bude objekt modelovat.



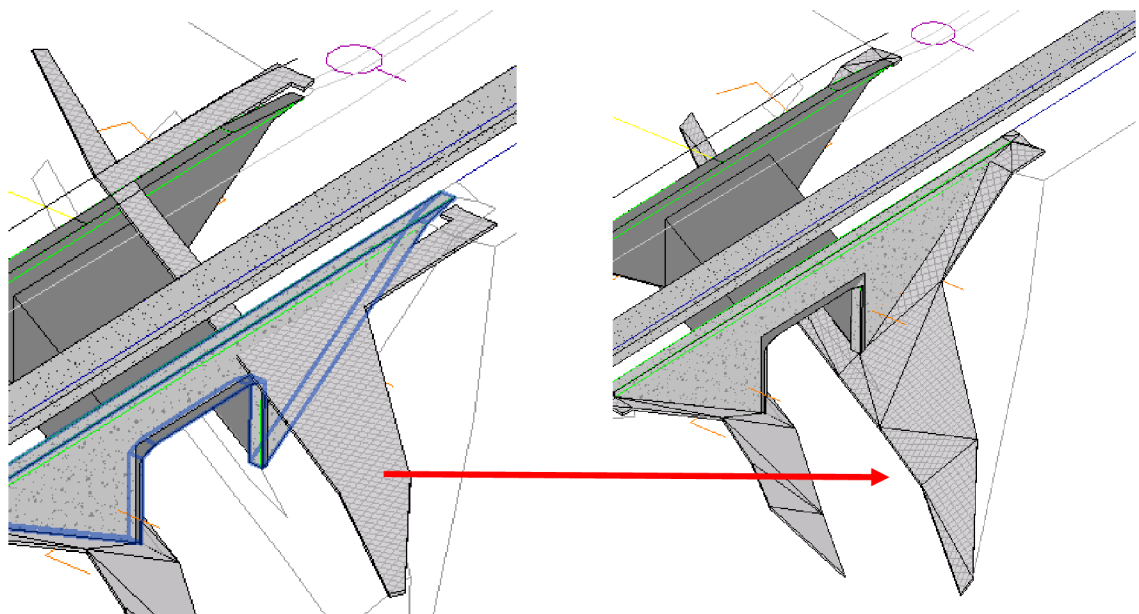
Obr. 53 Definice příčného profilu vysunutí

Nejnáročnějším objektem na vymodelování byl bezesporu most (SO 05). Komplikací je, že se jedná o šikmý most. Jako neúčinnější modelační nástroj se ukázalo *Tažení*. Definuje se příčný průřez a trajektorie. Problémem je, že objekt se modeluje v kolmém směru na trajektorii. Modelace prostředí části není možná šikmo, je nutné vymodelovat i přebytečné hmoty dotvářející objekt na pravoúhlý a následně je ořezat *Dutým tvarem* (na Obr. 54 oranžové boxy). Na závěr je nutné spojit tři části mostu do jednoho celku pomocí příkazu *Spoj*.



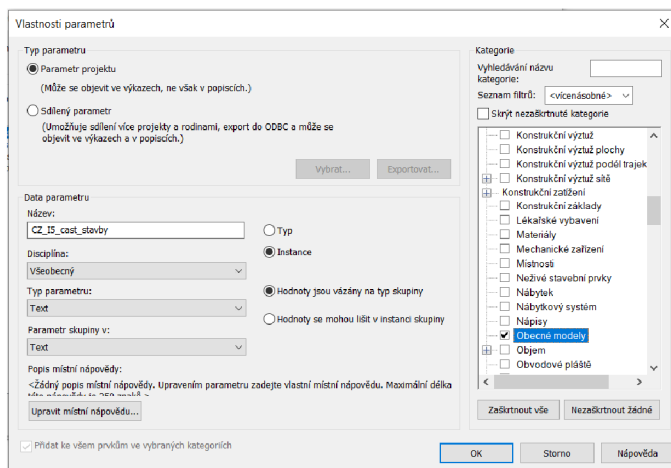
Obr. 54 Ořezání přebytečné geometrie

Zpevněné plochy je vhodné tvořit nástrojem *Podlaha*, neboť disponuje možností posunu lomových bodů do určité výšky (vytvoří se zborcená plocha). Deska je nejprve kreslena jako vodorovná, následně se lomové body posunou do potřebné výšky (Obr. 55).



Obr. 55 Úprava výšek bodů v praxi

Popisné informace jsou připojovány k objektům podobně, jako v předchozím SW. Filozofie je ale mírně odlišná. Využívají se tzv. *Parametry projektu*, které se přiřazují určité kategorii (Obr. 56). Zde přichází hlavní úskalí SW Autodesk Revit. V podstatě všechny objekty jsou v kategorii *Obecný model*, tzn. všechny parametry potřebné například pro most i nástupiště musí být přiřazeny této kategorii. V datovém standardu SFDI ale nejsou pro most i nástupiště vyžadovány totožné popisné informace (některé jsou společné, jiné jsou pouze pro most a jiné pro nástupiště).



Obr. 56 Definice parametrů projektu

Dalším problémem je nemožnost seskupování dle skupin vlastností. Například skupina vlastností *I5* musí mít definováno 8 parametrů (Obr. 57). Jediné mírné plus je, že vlastnosti jsou řazeny podle abecedy, budou tedy u sebe.

I5	Část stavby:
	PS/SO/IO
	traťový úsek
	definiční úsek
	číslo referenční koleje
	staničení začátku úseku
	staničení konce úseku
	číslo a index koleje

Obr. 57 Ukázka skupiny vlastností I5, [12]

Vhodné řešení je použití tzv. *Sdílených parametrů* načítaných z textového souboru. Výhodou je tedy možné opakované použití ve všech projektech. Tento textový soubor by měla opět vytvořit Správa železnic, neboť se zase jedná o obdobu zakládacího výkresu, knihovny buněk atp.

8.3 Import do CDE

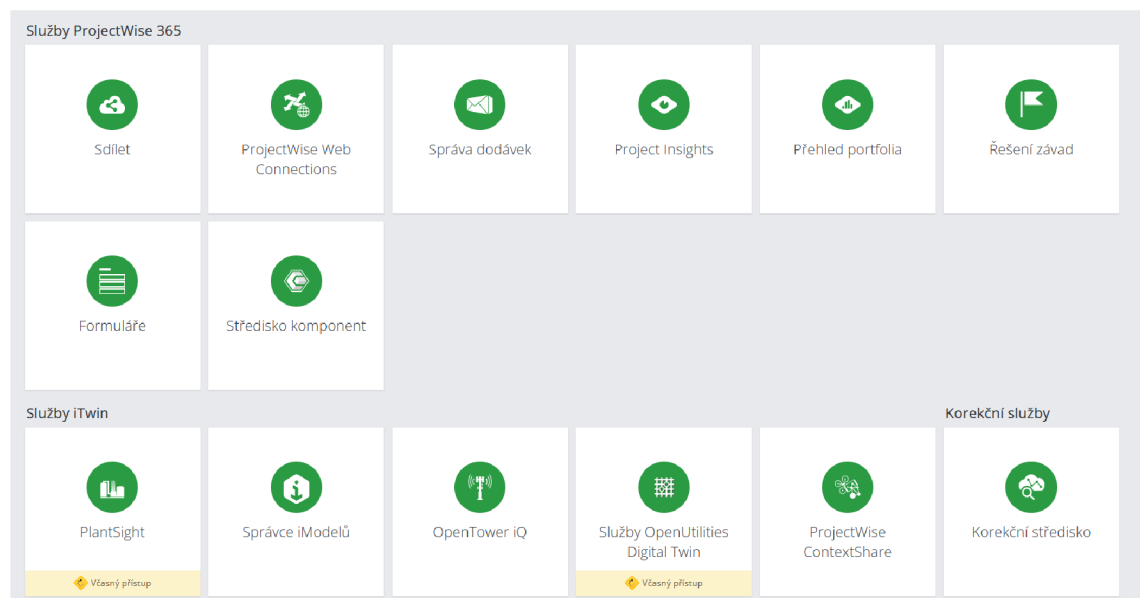
Nedílnou součástí přístupu BIM je dle poznatků z kapitoly 4 import dat do společného datového prostředí.

Výběr CDE pro tuto práci byl na základě analýzy pilotních projektů v režimu BIM na SŽ [19]. Nejvícekrát bylo voleno řešení ProjectWise od společnosti Bentley viz Tab. 2. Tento nástroj je dostupný na Ústavu geodézie FAST VUT, proto tedy nic nebránilo využití preferovaného nástroje.

Tab. 2 Vyhodnocení použitého CDE v pilotních projektech v režimu BIM v rámci SŽ

CDE	počet
ProjectWise	5
Proconom	1
AspeHub	1
BIM360	1

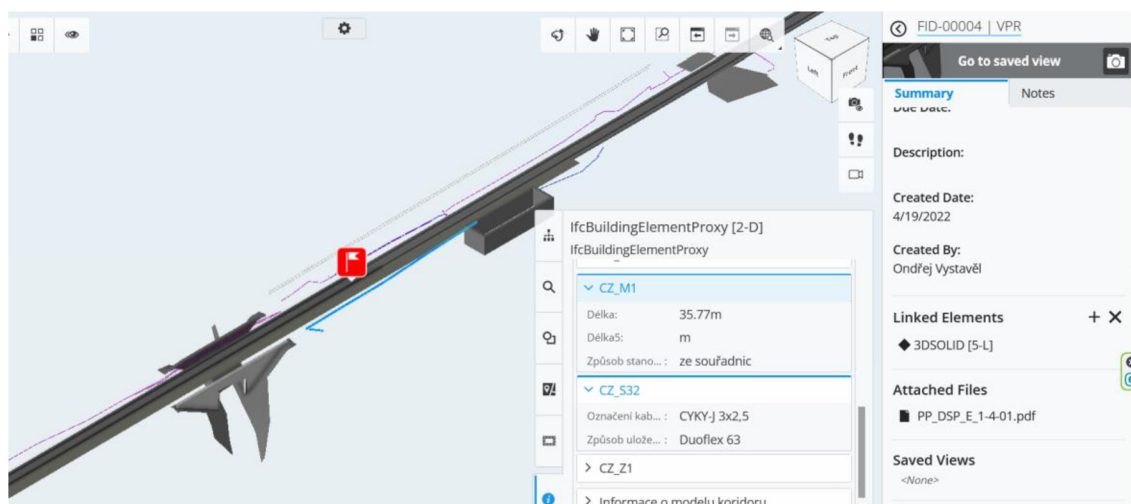
Bentley ProjectWise funguje na principu cloudového uložení. Po založení projektu je dostupné několik funkcí viz Obr. 58.



Obr. 58 Nástroje CDE Bentley ProjectWise

Pro práci v prostředí bylo nutné nejprve přes ikonu *Sdílet* nahrát soubory na cloud. Zde bych rád zmínil, že do prostředí Projectwise lze nahrávat jak nativní formáty (DWG, RVT), tak i neutrální BIM formát IFC. Z nějakého důvodu se popisné informace objektů propadly při importu z SW Autodesk Civil 3D lépe při použití formátu IFC než nativního DWG. Popisné informace z SW Autodesk Revit se propisovaly korektně z nativního formátu RVT, takže nebyla testována možnost importu IFC z Revitu.

Přes ikonu *Správce iModelů* pak byl z importovaných dat vyhotoven model (Obr. 59). Opět je zde možné prohlížet popisné informace. Pomocí červené vlaječky je možné připomínkovat prvky v modelu a zadávat úkoly (tzv. *Řešení závad*) jednotlivým osobám, které se k nim mohou vyjádřit. Takto lze k jednotlivým prvkům připojit například i PDF s obsahem podrobné realizační dokumentace.



Obr. 59 Ukázka iModelu v prostředí CDE Bentley ProjectWise

V rámci práce však nebyly zkoumány veškeré funkcionality, které Bentley Projectwise nabízí. Kladně hodnotím, že při importu dílčích souborů z Civilu i Revitu došlo k úspěšnému umístění všech souborů ve správném relativním vztahu (rovinné souřadnice byly přeneseny správně). Bohužel nebyl nalezen způsob definice souřadnicového systému, ProjectWise netuší, že se jedná o souřadnice v S-JTSK, proto je převádí na zeměpisnou šířku a délku chybně. Při importu dat nebylo možné vybrat souřadnicový systém dle kódu EPSG, pouze bylo možné označit, ze kterého CAD souboru má být georeference převzata. V CAD souboru je však definován počátek a směr os, nikoliv zobrazovací rovnice. Patrně je tedy defaultně použito zobrazení používané v USA.

iModel umožňuje podložit ortofotomapu, která je právě umístována pomocí zeměpisných souřadnic. Proto bylo její zobrazení vypnuto.

Na závěr lze exportovat kompletní model ve formátu IFC z CDE ven. Obrázek iModelu ve formátu PDF je Přílohou č. 7 práce.

8.4 Přejímka dokumentace v režimu BIM

Jediný možný způsob převjímky dokumentace v režimu BIM vidím v použití společného datového prostředí. Nejdůležitější je ale výběr vhodného CDE, které bude zaručovat veškeré funkcionality, které správce potřebuje. Za tímto účelem Správa železnic v pilotních projektech zadávala zpracování CDE zhotoviteli zakázky s cílem porovnat jednotlivá CDE.

Výsledky této analýzy nejsou veřejně dostupné, za sebe mohu hovořit pouze o CDE Bentley Projectwise. Toto CDE nabízí velké množství nástrojů, nicméně nemyslím si, že lze očekávat možnost doplnění nějakého speciálního nástroje na požadavek Správy železnic. Pro účely převjímky dokumentace však použít lze, dílčí 3D modely lze do prostředí nahrát, popisné informace se zobrazují korektně. Výhodou je zcela jistě možnost připomínkování a vazba připomínek na konkrétní prvky v 3D modelu.

8.5 Procesní model a časový harmonogram

Na závěr části BIM této práce byl vytvořen zjednodušený procesní model a časový harmonogram zpracování G-DSPS podle současné legislativy. Jeden z hlavních cílů BIM přístupu je kontrola časového harmonogramu výstavby. To není možné bez sestavení dílčích procesů, které musí být vykonány. Tyto procesy musí být korektně nazvány s ohledem na platnou legislativu a SOD. Zjednodušený procesní model v SW Excel je Přílohou č. 4 práce.

Pomocí několika funkcí *Když* bylo docíleno návaznosti jednotlivých procesů tak, aby byl reflektován stav, kdy jeden proces navazuje na další a není možné bez dokončení předchozího pokračovat. V Přílohách č. 5 a 6, které jsou ve formátu PDF, jsou pak znázorněny ukázky nedokončeného a dokončeného procesu zpracování G-DSPS.

9 Zhodnocení přístupu BIM

V této kapitole bych rád shrnul získané poznatky v oblasti převodu G-DSPS do podoby BIM. Na úvod bych zmínil, že pro liniové stavby nelze očekávat BIM modely na takové úrovni, na které se vytvářejí pro budovy. Základním rozdílem je neuzavřenost stavby – liniová stavba je zadávána od – do určité kilometráže, budova je prostě uzavřená. Dalším úskalím je daleko větší nepravidelnost a použití křivek. Budova je tvořena kostkami (pravoúhlé, rovnoběžné, svíslé tvary), kdežto liniová stavba je primárně z křivek.

Přístup BIM v rámci DSPS má z mého pohledu význam pouze, pokud je celý proces výstavby od začátku veden v režimu BIM. Plánovaný zákon o BIM však předpokládá tvorbu BIM modelů i stávajících budov (tedy pasportizace), bez původní projektové dokumentace ale nebude možné vyhotovit stejně kvalitní BIM modely jako při kompletním řízení stavebního procesu v režimu BIM. Z mého pohledu bude nutné rozlišovat dvě třídy modelů. Zjednodušené pro již existující budovy (resp. budovy bez projektové dokumentace) a plné pro novostavby (resp. existující budovy, ke kterým je dochována projektová dokumentace). V podstatě něco podobného existuje i teď v rámci rozlišování DSPS a zjednodušené dokumentace (pasportu). Nicméně převod existujících staveb do podoby BIM bez existence projektu je velmi časově (a tudíž i finančně) náročný a je jistě otázkou, jestli a nakolik bude tento zjednodušený model přinášet výhody metody BIM v rámci užívání stavby (když se například některá data nepodaří dohledat).

V kontextu přesnosti pořizování dat pro DSPS v současné době (tj. evidenční přesnost) si nemyslím, že bude potřeba tvořit BIM modely DSPS v takové podrobnosti a detailu, jako by se jednalo o stupeň dokumentace RDS. DSPS by měla plnit účel kontroly, co se skutečně postavilo a to tím, že se nahraje do CDE a porovná s projektem. Pokud nebudou překročeny odchylky, bude platný projekt, v opačném případě bude nutné projekt změnit.

V kontextu s poznatky v kapitole 4.3.1, kde většina autorů uvádí pro DSPS LOD 500 (tedy nejpodrobnější úroveň detailu), to může působit lehce zavádějícím dojmem. Tento požadavek se netýká podrobnosti DSPS jako takové, spíše toho, že výsledný model na konci výrobní linky bude po doplnění změn vzniklých stavbou nejpodrobnější. Stále je potřeba mít na paměti, že DSPS je vyhotovována s evidenční přesností a podrobností.

Přístup BIM s sebou přináší také větší důraz na standardizaci. Datový standard pro stupeň dokumentace DSPS není v současné době hotový, pro práci byl využit DS pro nižší stupeň dokumentace. V rámci Správy železnic je standardizace na velmi vysoké úrovni, takže po úplném dopracování standardu toto nevidím jako problém.

Tento standard BIM ale v porovnání s aktuálně používaným standardem CAD není, co se týče třídění objektů, ve vztahu 1 : 1. Osobně předpokládám, že dopracování i pro stupeň DSPS by na třídění vliv nemělo. Tento vztah je ale pro korektní převod z CAD do BIM (a naopak) nutný. Správa železnic by měla vyvinout snahu o sjednocení obou standardů.

Tvorba geometrie vyžaduje odlišný přístup (modelace 3D těles oproti spojování bodů čárovou kresbou rozdělenou do vrstev). Přístup CAD je doposud zvyklá používat drtivá většina zainteresovaných lidí, naučit je novému přístupu bude dle mého názoru tím nejzásadnějším v implementaci přístupu BIM.

Vlastní tvorbu geometrie je vhodné rozdělit dle charakteru objektu (s prostorovou skladbou/liniový) při použití produktů od společnosti Autodesk do dvou SW – Autodesk Civil 3D a Autodesk Revit. Nástroj Autodesk Civil 3D je vhodný pro liniové objekty, neboť umožňuje rychlou modelaci objektu vysunutím příčného řezu podél osy, umí také lépe pracovat se souřadnicovými systémy a DMT. Nástroj Autodesk Revit má pak daleko propracovanější modelační nástroje, hodí se proto lépe pro modelaci složitých objektů s prostorovou skladbou.

Oproti práci v režimu CAD je potřebné uvažovat přesnost modelace jako faktor, který ovlivňuje výslednou přesnost modelu. Při tvorbě modelu bude nutné objekty idealizovat. Co se týká podrobnosti modelace, nemyslím si, že je nezbytné, aby model pro DSPS byl vyhotovován s takovou podrobností. Výše zmíněné problémy v idealizaci tvaru to ani neumožní.

Vkládání popisných informací do modelu je lépe vyřešeno v SW Autodesk Civil 3D. Jedná se zejména o možnost lepší organizace skupin vlastností, v SW Autodesk Revit není možné vlastnosti seskupovat. Jejich výčet lze však do obou SW kopírovat z pomocného souboru, který by měl vytvořit a dále poskytovat správce (v rámci zajištění standardizace).

Import do CDE je dle mého názoru finální krok, který bude v rámci zpracování dílčího stupně dokumentace prováděn. Obrovskou výhodou CDE (a nejspíš největším přínosem

10 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá problematikou vyhotovení geodetické části dokumentace skutečného provedení železniční stavby v souvislostech BIM. Nejprve je v práci uveden přehled současného stavu řešené problematiky (kapitoly 2 až 4). Vyhotovení G-DSPS je svázáno standardizovanými předpisy, proto je uveden komentovaný výčet. Metoda BIM je v ČR ale stále na začátku fungování, proto bylo nutné provést analýzu dostupných informací.

Po popisu stavby a použitých podkladů (kapitoly 5 a 6) je popsáno praktické zpracování G-DSPS (kapitola 7) podle platných interních předpisů SŽ. V kapitole 8 jsou popsány některé možnosti přepracování do prostředí BIM.

Jako nejzásadnější část práce pak hodnotím kapitolu 9 *Zhodnocení přístupu BIM*, ve které jsou uvedeny poznatky týkající se převodu do prostředí v BIM, kdy se dávají data z jedné struktury do zcela jiné struktury. Bohužel tento převod není bezztrátový, je nutné zjednodušovat a generalizovat. Převod je realizovatelný, ale se ztrátou informace a potřebou jiné. Kladně hodnotím úspěšný převod do společného datového prostředí, které umožňuje archivaci, a tudíž je největší výhodou přístupu BIM. Oproti přístupu CAD se mi pak jeví vhodnější způsob uložení popisných (negeometrických) údajů, které umožňují lepší strojové zpracování. Méně kladně pak hodnotím možnosti přemodelace v návaznosti na datový standard. Stále je dle mého názoru spousta práce pro vyladění metodiky zpracování, zatím nelze hovořit o finální podobě.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů*. 11. 5. 2006. ISSN 1211-1244.
- [2] Vyhláška č. 499/2006 Sb., vyhláška o dokumentaci staveb. In: *Sbírka zákonů*. 28. 11. 2006. ISSN 1211-1244.
- [3] Zákon č. 200/1994 Sb., zákon o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. In: *Sbírka zákonů*. 7. 11. 1994. ISSN 1211-1244.
- [4] Vyhláška č. 31/1995 Sb., vyhláška Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. In: *Sbírka zákonů*. 7. 11. 1994. ISSN 1211-1244.
- [5] HAVLÍČEK, Radomír. Aktuální situace železniční geodézie z pohledu HGD. In: *Materiály z odborného webináře pro udržení odborné způsobilosti a znalosti*. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2022, 30 s.
- [6] Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítka: *SŽ M20/MP005*, změna č. 4 [online]. 1. 9. 2020, 17 s. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.tudc.cz/wp-content/plugins/pritomnost/geo_doc/SZ_M20LMP005_20210901.zip
- [7] Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty: *SŽ M20/MP006*, změna č. 3 [online]. 26. 8. 2020, 10 s. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.tudc.cz/wp-content/plugins/pritomnost/geo_doc/SZ_M20LMP006_20210901.zip
- [8] Účelová železniční mapa velkého měřítka: *SŽ M20/MP010*, změna č. 1 [online]. 15. 10. 2020, 13 s. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.tudc.cz/wp-content/plugins/pritomnost/geo_doc/SZ_M20_MP010_sezm1_20210105_CTD.zip
- [9] Železniční bodové pole: *SŽDC M20/MP007* [online]. 1. 4. 2018, 34 s. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiG_Kez6_P3AhUTwAIHHX_4DFQQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.spravazeleznic.cz%2Fdocuments%2F50004227%2F143127438%2F1u

[SZDC P%25C5%2599edpis M20 MP007.pdf%2F5ad9f001-4a46-40b4-ad53-160281b39ba1&usg=AOvVaw0pAN1S4M0y7QAq8OoHfDsl](#)

[10] USNESENÍ VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY ze dne 2. listopadu 2016 č. 958. In: ČR. Praha: Česká republika, 2016. Dostupné také z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKWwj58onz7vT3AhXVUOUKHQHOAvEQFnoECAyQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.ckait.cz%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fusneseni_vlady_c.958_cj.1353_16_bim.pdf&usg=AOvVaw2C4vgZATm8TdmCOOwGTDF4

[11] Koncepce zavádění metody BIM v České republice. In: *Koncepce BIM*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2017. Dostupné také z: <https://www.koncepcebim.cz/koncepce>

[12] Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro stavby dopravní infrastruktury. In: *SFDI*. Praha: Státní fond dopravní infrastruktury, 2019. Dostupné také z: <https://www.sfdi.cz/bim-informacni-modelovani-staveb/>

[13] Strategie implementace procesu BIM (informační modelování staveb) ve Správě železnic pro rok 2021. In: *SŽ*. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2021. Dostupné také z: <https://www.spravazeleznic.cz/digitalizace/bim/implementace-procesu-bim-strategie-21>

[14] KOLEKTIV AUTORŮ. *Pilotní projekty BIM v resortu MD ČR a získané zkušenosti* [online]. Praha: Svaz podnikatelů ve stavebnictví, 2021 [cit. 2022-05-23]. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/zive-jak-pokrocily-projekty-bim-v-resortu-dopravy/2040102>

[15] KOLEKTIV AUTORŮ. *Summit Koncepce BIM* [online]. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2022 [cit. 2022-05-23]. Dostupné z: <https://summitkoncepcebim.cz/>

[16] VITÁSEK, Stanislav. Stavební projekt v režimu BIM. In: *Školení SŽ*. Brno: Správa železnic, státní organizace, 2021, 75 s.

[17] RAŠKA, Jakub. BIM v podmínkách Správy železnic, s.o. In: *Materiály z odborného webináře pro udržení odborné způsobilosti a znalosti*. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2022, 79 s.

- [18] Vzorové zadávací dokumentace. *Správa železnic: Informační modelování staveb (BIM)* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2022 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/digitalizace/bim/vzorove-zadavaci-dokumenty>
- [19] Pilotní projekty. *Správa železnic: Informační modelování staveb (BIM)* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2022 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/digitalizace/bim/pilotni-projekty>
- [20] Podrobný popis cílů BIM projektu ŽST Bystřice
- [21] ŠPALEK, Michal. IFC – Industry Foundation Classes. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2022 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20192-ifc-industry-foundation-classes>
- [22] Fotokatalog geodetické dokumentace SŽG. *Správa železnic: Centrum telematiky a diagnostiky* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2022 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.tudc.cz/index.php/dokumenty/geo_doc/
- [23] PLÁŠEK, Otto. *Úvod do železničních staveb* [online]. Brno, 2016 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/zelp/blaspek.o/studium/>. Přednášková prezentace. Vysoké učení technické v Brně.
- [24] ČESKÁ REPUBLIKA. *Dokumentace pro stavební povolení: Rekonstrukce zastávky Šumice*. In: Hodonín: SB Projekt, 2019.
- [25] ČESKÁ REPUBLIKA. *Smlouva o dílo na zhotovení stavby: Rekonstrukce zastávky Šumice*. In: Registr smluv, 2020.
- [26] BUREŠ, J.; BARTONĚK, D. (2012): Application of GIS in Civil Engineering. International Conference on Cartography and GIS, 2012, Vol. 1, č. 1, pp. 87-94. ISSN: 1314-0604
- [27] *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam.cz, 1998 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://en.mapy.cz>
- [28] Souřadnicové systémy. *Revit Help* [online]. Mill Valley: Autodesk, 2018 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2018/CSY/?guid=GUID-E67ED082-2556-475B-84A7-4605329F612F>

- [29] SLEZIÁK, T, VELAS, M.: Zkušenosti s pořizováním a vyhodnocením dat 3D dokumentace stavebních objektů. Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2020, Český svaz geodetů a kartografů, 2020, str. 70-74.
- [30] ČERNÝ, Martin: Geodézie a geoinformace v informačním modelování staveb (BIM). Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2017, Český svaz geodetů a kartografů, 2017, str. 7-17.
- [31] Ondřej Vystavěl *Model suterénu budovy v programu Revit*. Brno, 2020. 42 s., 18 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Alena Berková
- [32] Zuzana Richterová *Model části budovy v programu Revit*. Brno, 2020. 60 s., 26 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Alena Berková
- [33] NOVOTNÁ, Helena: *Základy BIM – Revit Architecture, Seznámení s programem*, Brno 2014, ISBN 978-80-214-5023-3
- [34] NOVOTNÁ, Helena: *Základy BIM – Revit Architecture, pokročilé kapitoly*, Brno 2015, ISBN 978-80-214-5199-5

Seznam zkratek

DP	diplomová práce
BIM	Building information modelling (informační modelování staveb)
CDE	Common Data Environment (společné datové prostředí)
EIR	Exchange Information Requirements
BEP	BIM Execution Plan
CCI	Class Construction International
DS	Datový standard
HW	hardware
SW	software
SŽ	Správa železnic
SŽG	Správa železniční geodézie
ČAS	Česká agentura pro standardizaci
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
DUR	dokumentace pro územní rozhodnutí
DSP	dokumentace pro stavební povolení
PDPS	projektová dokumentace pro provádění stavby
RDS	realizační dokumentace stavby
DSPS	dokumentace skutečného provedení stavby
G-DSPS	geodetická část dokumentace skutečného provedení stavby
ÚŽM	úcelová železniční mapa
PMS	pomocná měřická síť
PPK	prostorová poloha koleje
ÚOZI	úředně oprávněný zeměměřický inženýr

Seznam tabulek

Tab. 1 Skupiny přesností29

Tab. 2 Vyhodnocení použitého CDE v pilotních projektech v režimu BIM v rámci SŽ. 67

Seznam obrázků

Obr. 1 Řídící technické akty předpisu SŽDC M20, [5].....	13
Obr. 2 Formát hlavičky seznamu souřadnic	14
Obr. 3 Seznam souřadnic G-DSPS	14
Obr. 4 Příloha B předpisu [6].....	16
Obr. 5 Třídy přesnosti rozlišované při tvorbě UŽM, převzato z [8].....	18
Obr. 6 Skupiny elementů a skupiny vlastností dle [12].....	28
Obr. 7 Ukázka skupin vlastností dle [12]	28
Obr. 8 Skupiny přesností ve vztahu k elementům dle [12].....	30
Obr. 9 Schéma řízení projektu BIM v prostředí SŽ.....	31
Obr. 10 Struktura vzorové zadávací dokumentace, [18]	32
Obr. 11 Pilotní projekty v režimu BIM (první etapa), [19]	34
Obr. 12 Pilotní projekty v režimu BIM (druhá etapa), [19].....	34
Obr. 13 Probíhající pilotní projekty v režimu BIM, [19].....	35
Obr. 14 Poloha obce Šumice, [27].....	37
Obr. 15 Řešený úsek železniční trati, [27].....	37
Obr. 16 Jednotlivé stavební objekty na pořízené fotodokumentaci	38
Obr. 17 Veškeré podklady pro zpracování G-DSPS.....	39
Obr. 18 Dílčí kroky zpracování G-DSPS.....	40
Obr. 19 Ukázka výpočetního protokolu.....	41
Obr. 20 Ukázka z testování přesnosti	41
Obr. 21 Fotokatalog geodetické dokumentace	42
Obr. 22 Adresářová struktura dokumentace jednotlivých PS/SO.....	43
Obr. 23 Výkresy projektu v aplikaci MGEO-SŽ	43
Obr. 24 Ukázka 3D kresby s 2D prvky.....	44
Obr. 25 Natočení buněk do směru jízdy, pro který platí.....	45
Obr. 26 Doplnění popisných informací	45
Obr. 27 Dokonstruování podrobných bodů	46

Obr. 28 Kótování kabelové trasy	46
Obr. 29 Kontroly v aplikaci MGEO-SŽ	47
Obr. 30 Kontrola na webu SŽ.....	48
Obr. 31 Chyba, která však není chybou.....	48
Obr. 32 Adresářová struktura souborného zpracování G-DSPS.....	49
Obr. 33 Přehled kladu ML UŽM	49
Obr. 34 Odmazání již neplatných prvků.....	51
Obr. 35 Aktualizovaný výkres PVS a výkres situace nového stavu G-DSPS	51
Obr. 36 Výsledek kontroly G-DSPS objednatelem	52
Obr. 37 Kontrola měření GNSS.....	52
Obr. 38 Dělení standardu BIM do kategorií	54
Obr. 39 Chybné zatřídění prvku zarážedlo	54
Obr. 40 Kompletní statistika třídění prvků při převodu z CAD do BIM.....	56
Obr. 41 Odchytky způsobené modelací	58
Obr. 42 Nástroj návrhová linie	59
Obr. 43 Nástroj koridor.....	60
Obr. 44 Model SO 01.....	60
Obr. 45 Popisné informace kabelové trasy požadované dle [11]	60
Obr. 46 Vlastnosti definované pro skupinu vlastností M1	60
Obr. 47 Správce stylů sad vlastností	61
Obr. 48 Přidání sady vlastností k prvku.....	61
Obr. 49 Porovnání přístupu CAD a přístupu BIM.....	62
Obr. 50 Modelační nástroje SW Autodesk Revit	62
Obr. 51 Souřadnicové systémy SW Autodesk Revit, [28]	63
Obr. 52 Základní bod projektu se zadanými souřadnicemi v S-JTSK a Bpv	63
Obr. 53 Definice příčného profilu vysunutí.....	64
Obr. 54 Ořezání přebytečné geometrie.....	65
Obr. 55 Úprava výšek bodů v praxi	65
Obr. 56 Definice parametrů projektu.....	66
Obr. 57 Ukázka skupiny vlastností I5, [12].....	66
Obr. 58 Nástroje CDE Bentley ProjectWise.....	67
Obr. 59 Ukázka iModelu v prostředí CDE Bentley ProjectWise	68

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výkres situace nového stavu (G-DSPS)	<i>tisk + PDF na CD</i>
Příloha č. 2 – Porovnání PS a SO s katastrální mapou	<i>tisk + PDF na CD</i>
Příloha č. 3 – Porovnání stávajícího standardu (SŽ M20/MP005) a standardu SFDI	<i>tisk + PDF na CD</i>
Příloha č. 4 – Zjednodušený procesní model	<i>XLSX na CD</i>
Příloha č. 5 – Nedokončený proces zpracování G-DSPS	<i>tisk + PDF na CD</i>
Příloha č. 6 – Dokončený proces zpracování G-DSPS	<i>tisk + PDF na CD</i>
Příloha č. 7 – Přepřpracovaný model v CDE	<i>tisk + PDF na CD</i>