

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Ověření adresné konfigurace RBC ETCS

Bc. Michal Bubeník

Diplomová práce

2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Bubeník**
Osobní číslo: **D14543**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Název tématu: **Ověření adresné konfigurace RBC ETCS**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Navrhnout metodiku ověření správnosti adresného softwaru RBC ETCS z hlediska jeho obsahu vůči vstupním podkladům a vybrané části metodiky ověřit praktickou realizací.

Postup:

1. Seznámení se s podklady pro tvorbu adresného softwaru (konfigurace) Radioblokové centrály evropského vlakového zabezpečovacího zařízení (RBC ETCS)
2. Seznámení se s metodikou tvorby ASW RBC ETCS
3. Návrh metody ověření správnosti výsledného ASW
4. Realizace identifikovaných klíčových částí metody

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. UNISIG. ERTMS/ETCS - Class 1 : System Requirements Specification : SUBSET-026 version 2.3.0 [soubor archivu Set-1-Index004-SUBSET-026+v230.zip obsahující soubory formátu *.doc]. UNISIG, 24.2. 2006. [cit. listopad 2014]. Dostupné na: <<http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/UNISIGSUBSET-026.aspx>>
2. ERA. ERTMS/ETCS - Class 1 : Interoperability-related consolidation on TSI annex A documents : SUBSET-108 version 1.2.0 [soubor archivu Set 1 Index015 SUBSET 108+v120.zip obsahující soubory formátu *.doc]. ERA, 17. 1. 2008. [cit. listopad 2014]. Dostupné na: <<http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/ERASUBSET-108.aspx>>
3. AŽD Praha s.r.o. RBC ETCS - Specifikace systémových požadavků na traťovou část ETCS L2 : SRS ETCS L2 verze 1.03. AŽD Praha s.r.o., 2014. Neveřejný dokument.
4. AŽD Praha s.r.o. RBC ETCS - Pokyny pro projektování ASW RBC verze 1.07. AŽD Praha s.r.o., 2014. Neveřejný dokument.
5. AŽD Praha s.r.o. RBC ETCS - Pokyny pro zaměřování objektů pro ETCS verze 1.04. AŽD Praha s.r.o., 2014. Neveřejný dokument.
6. SHARP, John. Microsoft Visual C# 2010 : Krok za krokem. 1. vydání. Praha : Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-3147-3.
7. railML.org. The Library - a document database. railML.org: The XML-Interface for railway applications. [online]. 18.11.2015 [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <https://www.railml.org//index.php/library.html>
8. SIGNAL+DRAHT. Hamburg: DVV Media Group, 5/2003. ISSN 0037-4997.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Ouředníček, Ph.D.

AŽD Praha

Datum zadání diplomové práce:

2. prosince 2015

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2016



doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. března 2016

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 20. 5. 2016



Bc. Michal Bubeník

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Janu Ouředníčkovi, Ph.D. za připomínky, ochotu a odbornou pomoc při konzultacích a vedení diplomové práce.

ANOTACE

Tato práce je z oblasti vlakových zabezpečovacích systémů, konkrétně evropského vlakového zabezpečovacího systému ETCS. Rozebírá stávající způsob tvorby konfiguračních dat pro tento systém a navrhuje metodiku jejich ověření. Tato metodika je založena na nezávislosti postupů. Poslední část popisuje softwarový nástroj, zaměřený na realizaci klíčových částí nové metodiky.

KLÍČOVÁ SLOVA

vlakové zabezpečovací systémy, ERTMS, ETCS, adresný software, verifikace

TITLE

Verification of address configuration for RBC ETCS

ANNOTATION

This work is from the area of train control systems, particularly the European Train Control System (ETCS). It analyses an existing creation process of configuration for this system and suggests a methodology for a verification process. This solution is based on an independence of those two procedures. Final part describes a software tool aimed on realisation of the new solution key parts.

KEYWORDS

train control systems, ERTMS, ETCS, address software, verification

OBSAH

ÚVOD	9
1 VLAŠKOVÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY	10
1.1 ERTMS/ETCS	10
1.1.1 Aplikační úroveň 1 – ERTMS/ETCS L1	11
1.1.2 Aplikační úroveň 2 – ERTMS/ETCS L2	11
1.1.3 Aplikační úroveň 3 – ERTMS/ETCS L3	12
1.1.4 Další aplikační úrovně	12
1.1.5 Jazyk ETCS	13
1.1.6 Vliv konfiguračních dat a oprávnění k jízdě	14
1.2 Optimalizace vývoje	15
2 PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	17
2.1 Postup tvorby	18
2.2 Postup ověření	18
2.3 Vyhodnocení	19
3 POSTUP TVORBY ASW	21
3.1 Zaměřování objektů	21
3.1.1 Příprava	22
3.1.2 Zaměřovací jízdy	22
3.1.3 Vyhodnocení zaměřovacích jízd	23
3.1.4 Shrnutí	23
3.2 Postup tvorby ASW	24
3.2.1 Doplnění zaměřovacích tabulek	24
3.2.2 Strom prvků	25
3.2.3 Tvorba radioblokových sekcí	25
3.2.4 Rychlostní a sklonové profily	26
3.2.5 Export konfiguračních dat	27
3.2.6 Shrnutí	27
4 ZÍSKÁNÍ REFERENČNÍCH DAT	28
4.1 Analýza infrastruktury	28
4.1.1 Průběh analýzy	28

4.1.2	Kolejové segmenty	30
4.1.3	Umístění objektů	30
4.1.4	Definice průběžných parametrů	31
4.1.5	Tvorba RBS	31
4.1.6	Umístění ETCS objektů	32
4.2	Zaměření pro účely ověření.....	32
4.2.1	Souřadná soustava	33
4.3	Sloučení dat z více zaměření	34
4.3.1	Průnik intervalů nepřesnosti.....	34
4.3.2	Sjednocení intervalů nepřesnosti.....	35
5	POSTUP VYHODNOCENÍ	36
5.1	Vstupní data a jejich interpretace	36
5.2	Model infrastruktury	37
5.2.1	Procházení dat	38
5.3	Vyhodnocované části	39
6	SW NÁSTROJ PROCESU OVĚŘENÍ.....	41
6.1	Architektura.....	41
6.1.1	Prostředí analýzy	42
6.1.2	Databáze pro uchování referenčních dat	44
6.1.3	Rozbor XML adresného softwaru	45
6.1.4	Algoritmy vyhodnocení.....	46
6.2	Příklad postupu práce	47
6.2.1	Kolejové segmenty	47
6.2.2	Definice objektů	48
6.2.3	Rychlostní (a sklonové) profily.....	48
6.2.4	Radioblokové sekce.....	49
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	SEZNAM TABULEK	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM ZKRATEK	56
	SEZNAM PŘÍLOH NA CD	57

ÚVOD

V současné době probíhá v Evropě rozvoj jednotného vlakového zabezpečovacího zařízení s označením ERTMS/ETCS (European Railway Traffic Management System/European Train Control System). Tento systém je schopen různých kvalitativních úrovní dohledu nad jízdou vlaku, z nichž nejvyšší představuje úplný dohled, kdy je, mimo jiné, kontrolována poloha i rychlost vozidla (1). Taková úroveň ze své podstaty vyžaduje informace o dostupné infrastruktuře (připravené jízdni cestě, volnosti prostorových oddílů). Část těchto informací závisí na aktuální provozní situaci a část je dána pevnými (v provozu neproměnnými) konfiguračními daty. Tyto informace lze v dobře strukturovaném systému izolovat jako konfigurační data.

Konfigurační data jakožto část zabezpečovacího systému by měla podléhat kontrole jejich správnosti. Tato práce se věnuje právě problematice procesu ověření konfiguračních dat (adresného softwaru), konkrétně pro Radioblokovou centrálu (RBC) ETCS.

Výchozím stavem je existující proces tvorby adresné konfigurace, který je definován určitými postupy, má nějaké vlastnosti a výhody, případně místa náchylná na vznik chyby. Tato místa je nutné identifikovat a proces ověření strukturovat tak, aby neobsahoval stejná kritická místa nebo jinými postupy dokázal v těchto místech odhalit případnou chybu.

Cílem práce je navrhnout metodiku či nástroje pro ověření, nezávislé na základním postupu tvorby, a realizovat klíčové části. Ověření může spočívat v hledání očekávaných struktur či návazností nebo ve srovnání kontrolovaných a referenčních dat. Právě tvorba referenčních dat je pojata jako počáteční fáze postupu ověření a zabývají se jí první části této práce v rámci analýzy infrastruktury. Na analýzu navazuje zaměření vybraných částí infrastruktury pro účely ověřovacího procesu. V tomto místě se práce zabývá vhodným definováním zaměřovaných částí, konkrétní způsob zaměření však není součástí této práce. Po získání referenčních dat následuje problematika porovnání více množin konfiguračních dat s použitím speciálních postupů a vyhodnocení případných nalezených rozdílů. Poslední část je zaměřena na popis softwarového nástroje, který má zajišťovat proces ověření v jeho klíčových částech. Z výše uvedeného obecně vyplývá, že tento nástroj by měl provést uživatele postupem analýzy infrastruktury, k výsledkům analýzy načíst zaměřené hodnoty a ověřit shodu s existujícími konfiguračními daty (adresným softwarem – ASW).

1 VLAKOVÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY

Práce je zasazena do kontextu vlakových zabezpečovacích systémů. Hlavním účelem vlakových zabezpečovacích systémů je kontrolovat dodržování vydaných dispozičních vlaku (vydané povolení k jízdě). Toho může být dosaženo různými technickými prostředky, jejichž kvalita dohledu závisí na poskytnutých informacích o stavu a vlastnostech vozidla, o jízdě cestě a případných návaznostech na ostatní zabezpečovací systémy.

S rostoucí kvalitou a množstvím dostupných informací lze zkonstruovat dokonalejší zařízení s komplexnější kontrolou (dohledem) nad jízdou vozidla. V rámci svých možností pak takové zařízení přebírá část zodpovědnosti za jízdu vozidla od strojvedoucího. V souvislosti s přebíráním zodpovědnosti jsou na tato zařízení kladeny velké nároky na jejich chování, a to nejen v oblasti provozních stavů, ale i stavů poruchových.

1.1 ERTMS/ETCS

Moderním vlakovým zabezpečovacím systémem je ERTMS/ETCS, který má za úkol sjednotit různé národní vlakové zabezpečovací systémy v Evropě. Tento cíl lze označit termínem Interoperabilita – schopnost provozu v různých zemích. Specifikace tohoto systému (System Requirements Specifications – SRS) jsou veřejně dostupné ve formě tzv. SUBSETů na webu Evropské železniční agentury (2). Na tvorbě těchto specifikací se podílejí přední výrobci železničních systémů, instituce a správci infrastruktur v Evropě.

Systém se skládá vždy ze dvou částí: mobilní (on-board – na vozidle) a stacionární (trackside – traťové). Stacionární část má za úkol sestavovat oprávnění k jízdě, tzv. *Movement Authority* (MA), na základě informací od stávajícího zabezpečovacího zařízení. Toto oprávnění je následně pomocí přenosových prostředků (bodové – balízy, rádiová cesta – GSM-R) přenášeno k jednotlivým vozidlům. Mobilní část kontroluje dodržování přijatého oprávnění k jízdě (MA), konkrétně zda aktuální rychlost nepřekračuje dynamický rychlostní profil. Tento dynamický rychlostní profil si mobilní část vytvoří na základě přijatého MA a parametrů vozidla.

ETCS nabízí různé tzv. aplikační úrovně (ETCS Level), v závislosti na využití stávajících zařízení, přenosových prostředků a podílu na celkovém zabezpečení. Ve vztahu

k problematice konfiguračních dat mají tyto úrovně význam z hlediska přenášených informací mezi tratí a vozidlem, protože zejména ty jsou předmětem konfigurace systému. Všechna komunikace mezi mobilní a stacionární částí ETCS probíhá prostřednictvím tzv. „jazyka ETCS“ (ETCS language), který je stanoven základními specifikacemi systému (1).

1.1.1 Aplikační úroveň 1 – ERTMS/ETCS L1

Tato úroveň je nadstavbou nad stávajícím zabezpečovacím zařízením. Využívá zejména bodových přenosových prostředků, Eurobalíz¹, pomocí kterých se přenášejí informace v souladu s návěstním systémem. Doplnkově mohou být informace přenášeny také pomocí smyčky (Euroloop) nebo rádiovou cestou. (3)

Oprávnění k jízdě (MA) se přenáší na vozidlo pomocí balíz s proměnnou informací (přepínatelné balízy), které jsou připojeny k tzv. LEU (Lineside Electronic Unit). LEU potom mění obsah přepínatelných balíz v souladu se stávajícím návěstním systémem. Z podstaty použití bodových přenosových prostředků je přenos nové informace na vozidlo omezený. (3)

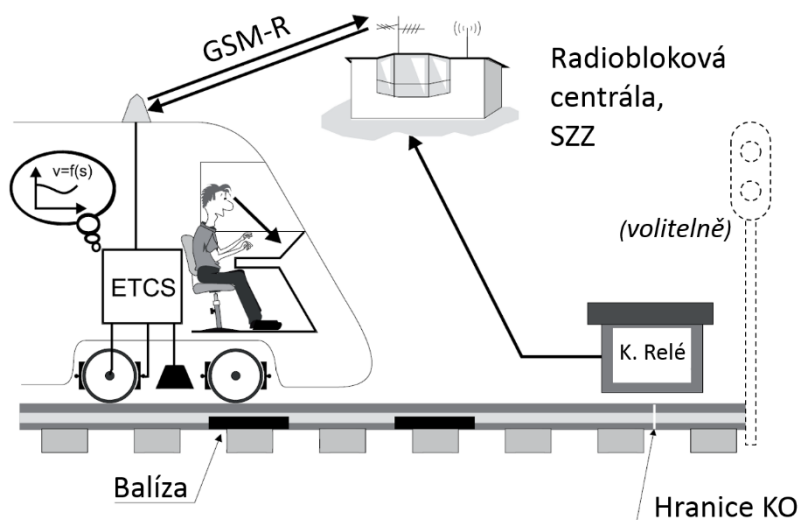
1.1.2 Aplikační úroveň 2 – ERTMS/ETCS L2

Úroveň 2 pracuje s možností nepřetržité komunikace mezi vozidlem a stacionární částí pomocí GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway). Stacionární část je tvořena zejména tzv. radioblokovou centrálou (RBC – Radio Block Centre), dále také balízami.

Radiobloková centrála (RBC) shromažďuje informace od ostatních systémů, které se podílejí na zabezpečení a řízení provozu a na základě těchto informací a vložených konfiguračních dat potom sestavuje oprávnění k jízdě (MA), které posílá na vozidlo prostřednictvím GSM-R. Balízy v tomto případě slouží hlavně jako reference pro určení polohy vlaku a jejich obsah je, na rozdíl od L1, vždy neproměnný. Pokud se uvažuje pouze provoz vlaků vybavených mobilní částí ETCS L2 (L3), tak stávající návěstní soustava není nutná. Detekce volnosti tratě, případně celistvosti vlaku probíhá ve spolupráci se stávajícím zabezpečovacím zařízením. (3)

¹ Balíza, jako pojmenování bodového přenosového prostředku, je od francouzského slova „balise“ – maják.

Z pohledu konfiguračních dat je významnou částí RBC, protože musí mít k dispozici korektní parametry trati, ze kterých sestavuje MA posílané na vozidlo.



Obrázek 1 ERTMS/ETCS Level 2²

1.1.3 Aplikační úroveň 3 – ERTMS/ETCS L3

Aplikační úroveň 3 vychází z L2 s tím rozdílem, že ETCS je jediný provozovaný systém a není umožněn smíšený provoz vlaků vybavených a nevybavených mobilní částí ETCS. Využívá se GSM-R pro přenos informací mezi tratí a vozidlem a balízy jsou využívány jako reference pro polohu vlaku, stejně jako v případě L2. (3)

V této úrovni již neprobíhá detekce volnosti či kontrola celistvosti vlaku ve spolupráci se stacionární částí ostatních zabezpečovacích systémů. Detekce celistvosti je úkolem zařízení na vozidle (není součástí ERTMS/ETCS) a pevné prostorové oddíly jsou nahrazeny pohyblivými. (3)

1.1.4 Další aplikační úrovně

Mezi další úrovně patří L0 a STM. Úroveň 0 znamená provoz vlaků vybavených mobilní částí ETCS na trati nevybavené stacionární částí. Systém je schopen kontrolovat pouze maximální konstrukční rychlost vozidla, případně maximální rychlost v nevybavené oblasti. Úroveň

² UIC, *ETCS Implementation Handbook* (3)

STM (Specific Transmission Module) využívá přenosovou cestu stávajícího národního systému, který je mimo ETCS. Mobilní část je pak schopna plnit funkci dohledu pouze dle poskytnutých informací modulem pro konkrétní národní systém (STM). (3)

Z hlediska konfiguračních dat ETCS se informace o infrastruktuře v rámci těchto úrovní mezi vozidlem a stacionární částí nepřenášejí, protože, jak je zmíněno výše, trať není stacionární částí vybavena. Národní systém jako takový může přenášet tyto informace, ale to už je mimo rámec ETCS.

1.1.5 Jazyk ETCS

„Jazykem ERTMS/ETCS“ je nazývána struktura dat pro přenos informací rádiovou cestou, přes balízy, smyčky a STM rozhraní. Informace se přenášejí formou proměnných, které jsou organizovány do paketů. Paket potom kromě proměnných (povinných a volitelných) obsahuje ještě hlavičku. Z paketů jsou skládány zprávy/telegramy, které mají opět vlastní hlavičku, povinné a volitelné pakety a případně další proměnné. Zprávy jsou určeny pro přenos rádiovou cestou/smyčkou a telegramy jsou určeny pro balízy. Struktura, význam a obsah proměnných, paketů a zpráv/telegramů jsou stanoveny specifikacemi systému v rámci tzv. SUBSETu 026 (1). Názvy všech proměnných v jazyku ETCS musejí mít předponu dle – pro ilustraci uvedené – následující tabulky (1):

Tabulka 1 *Povinné předpony názvů proměnných jazyka ETCS³*

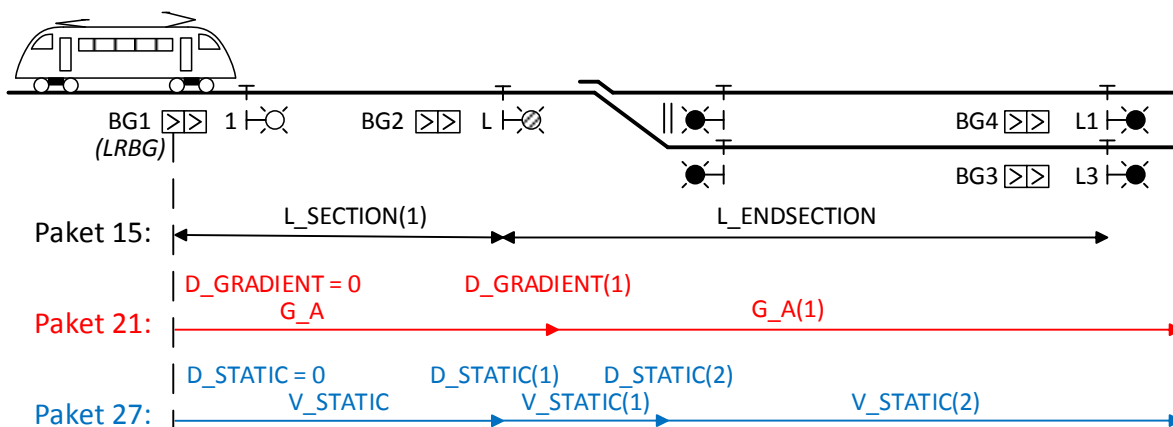
Předpona	Význam	Překlad
A_	Acceleration	Zrychlení
D_	Distance	Vzdálenost
G_	Gradient	Sklon
L_	Length	Délka
M_	Miscellaneous	Různé
N_	Number	Číslo
NC_	Class number	Číslo třídy
Q_	Qualifier	Kvalifikátor
T_	Time/date	Čas/datum
V_	Speed	Rychlost
X_	Text	Text

1.1.6 Vliv konfiguračních dat a oprávnění k jízdě

V aplikačních úrovních výše byl zmíněn přenos informací mezi mobilní a stacionární částí systému, hlavně přenos oprávnění k jízdě mezi RBC a mobilní částí. Konfigurační data v RBC přímo ovlivňují vydané povolení k jízdě, a tak případné chyby mohou vést k přímému ohrožení bezpečnosti. To je jedním ze znaků bezpečnostně-kritického systému (4). V takovém případě je nutno provádět ověření (nejen) konfiguračních dat pomocí formálních postupů nebo testování.

Jak bylo zmíněno výše, RBC vydává oprávnění k jízdě, které je následně posíláno jednotlivých vozidlům s mobilní částí ETCS (uvažována je úroveň 2 nebo 3, kde stacionární část využívá radioblokovou centrálu a GSM-R). Oprávnění k jízdě (MA), dle specifikací (1), je přenášeno v rámci zprávy 3 „Oprávnění k jízdě“, která obsahuje paket 15 „Oprávnění k jízdě úrovně 2/3“. Současně s ním ale musí mít vozidlo (dále je vozidlem myšlena mobilní část ETCS) dostupné i informace o následující trati, minimálně část pro přijaté MA. Jedná se o statický rychlostní profil (Static Speed Profile – SSP, paket 27) a sklonový profil (Gradient Profile – GP, paket 21).

³ ERTMS/ETCS - Class 1: System Requirements Specifications: SUBSET-026 (1).



Obrázek 2 Struktura oprávnění k jízdě (MA), pakety 15, 21 a 27

Obrázek výše ilustruje příklad rozdělení přenášených informací na jednotlivé sekce. Oprávnění k jízdě (paket 15) může být rozděleno na sekce z důvodu omezení časové platnosti částí MA. Sklonový a statický rychlostní profil jsou rozděleny na sekce dle změny sklonu/rychlosti.

Přenášené vzdálenostní informace jsou vztaheny vždy k referenčnímu bodu – balíze, resp. balízové skupině. Balízové skupiny (BG – Balise Group) mohou obsahovat jednu až osm balíz (dle potřeb na obsah informací) a jejich souřadný systém je určen první balízou ve skupině. Tato balíza pak určuje polohu BG. Jednou z funkcí ETCS L2/3 je hlášení polohy vozidla do RBC dle poslední platné balízové skupiny (LRBG – Last Relevant Balise Group). Vzhledem k nahlášené LRBG potom RBC vztahuje informace posílané na vozidlo.

RBC si však zmíněné sekce nevytváří – obdrží je v rámci konfiguračních dat (ASW). Provádí až jejich skládání do odesílaných paketů. Sekce obsažené v konfiguračních datech lze do jisté míry odvodit ze situačních schémat (místa změny rychlosti a sklonu, návěstidla, výhybky, námezníky, ...).

1.2 Optimalizace vývoje

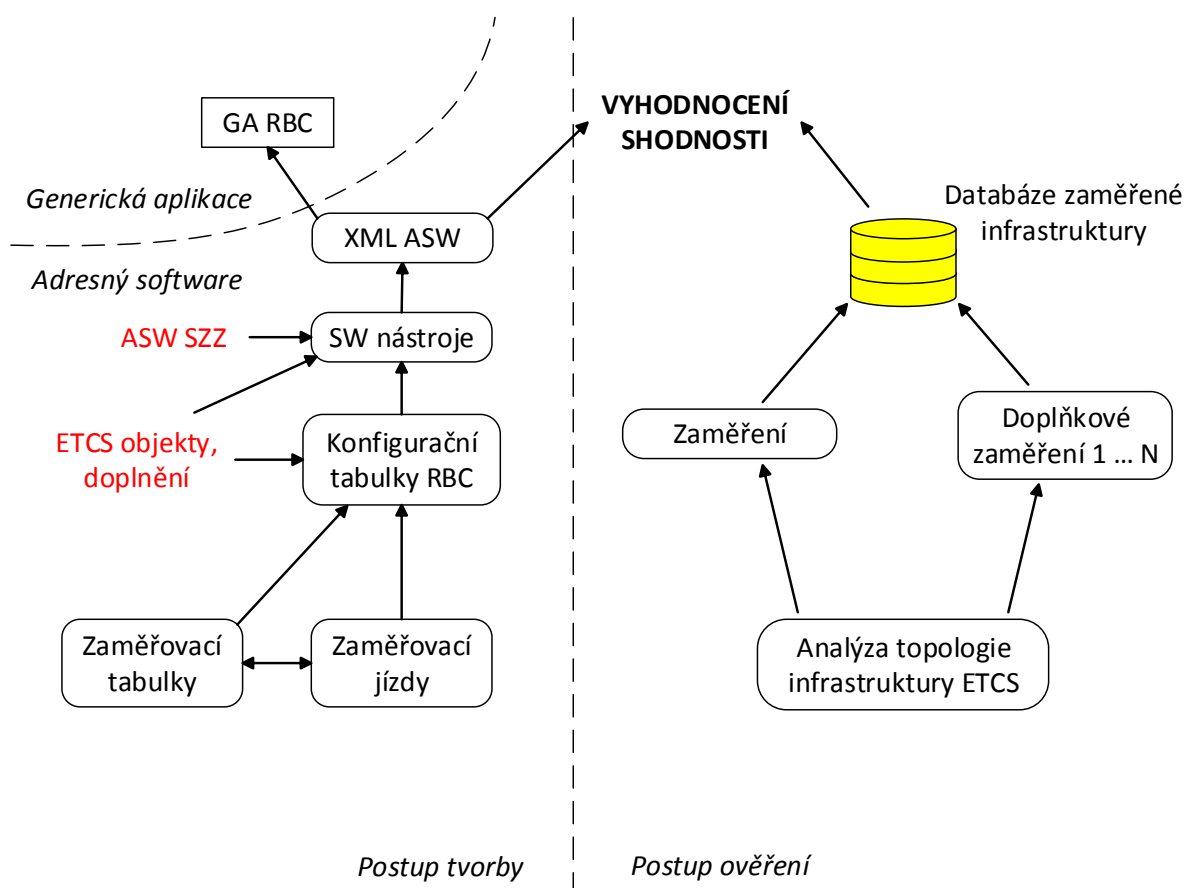
Jak již bylo zmíněno na začátku této kapitoly, na zabezpečovací zařízení jsou kladeny vysoké nároky na jejich správnou funkci a bezpečnost. S tím souvisí určité nároky na proces vývoje, větší časová náročnost a nakonec i vyšší náklady. V tu chvíli nabírá na významu použití z tohoto pohledu optimálnějších řešení. Jedním z nich může být samostatná tvorba generických částí zařízení či systémů. Typicky pak lze oddělit: technické řešení – hardware,

funkční řešení – software a konfiguraci pro konkrétní aplikaci – konfigurační data. Tato práce se zaměřuje na část konfiguračních dat neboli adresný software (ASW).

Tedy za termínem „konfigurační data“ se skrývá jak předávání a správa informací v rámci ETCS (prostřednictvím konfiguračních dat), tak i parametrizace konkrétního realizovaného zařízení (konfiguračními daty). Dále tedy tento termín pokrývá oba významy, jelikož použitím těchto dat pro konfiguraci RBC jakožto zařízení se promítnou do jeho funkce jakožto součásti ETCS.

2 PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Cílem práce je navrhnout postup a metodu ověření adresného softwaru RBC ETCS (ASW RBC). Součástí problematiky je i postup tvorby ASW a zhodnocení vlastního průběhu postupu. Proto se rozlišují dva pojmy: *postup tvorby* a *postup ověření*. Postup tvorby je již stanoven v rámci dokumentů, které uvádí pokyny pro zaměřování (5) a projektování (6). Výsledkem postupu tvorby je ASW obsažený v jednom souboru ve formátu XML (dále jen XML ASW). Postup ověření je naopak aktuálně stanovován a má za úkol zkontrolovat obsah takového XML. Následující obrázek ilustruje tyto dva postupy a jejich dílčí části.



Obrázek 3 Zjednodušené blokové schéma tvorby a ověření ASW RBC

Základem ověření je diverzitní přístup. To znamená, že procedury v postupu ověření (analýzy, zaměření pro účely ověření, atd.) jsou prováděny jinými pracovníky, jsou použity odlišné postupy a jiné (softwarové) nástroje než v postupu tvorby ASW. Tato situace beze zbytku platí až do chvíle vyhodnocení, kdy je potřeba pracovat s výsledky obou postupů, rozebrat je

a porovnat odpovídající si části. Obecně ale nic nebrání vyhodnocení realizovat dvěma nezávislými metodami.

2.1 Postup tvorby

Postup tvorby je z časového hlediska první realizovanou částí celého procesu. Významnou vlastností je to, že může pracovat s již existujícím adresným softwarem stávajících zabezpečovacích systémů stanic – stavědel (5). Tím je postup tvorby principiálně zjednodušen na doplnění existujícího ASW stavědel o další, nutné informace.

Toto doplnění zahrnuje nejen parametry stávající infrastruktury, ale navíc i nově projektovaných ETCS prvků nebo vlastností. Zjištění příslušných parametrů se provádí pomocí tzv. zaměřovacích jízd (s drážním vozidlem se snímacím a záznamovým zařízením) ve spolupráci s tzv. zaměřovacími tabulkami, kde jsou zkoumané části infrastruktury definovány. Na základě výsledků zaměřovacích jízd a zaměřovacích tabulek se vytvářejí tzv. konfigurační tabulky.

Vzniklé konfigurační tabulky představují zdroj vstupních dat pro SW nástroje, určené k jejich úpravám, doplnění a vytvoření finálního XML ASW. Použití těchto SW nástrojů je omezeno pouze na postup tvorby.

2.2 Postup ověření

V rámci postupu ověření, na rozdíl od postupu tvorby, není možno navázat na již existující data, a tím postup podobně zefektivnit jako při postupu tvorby. Naopak je to nežádoucí, protože tento postup je zamýšlen jako nezávislý na postupu tvorby. Nepředpokládá se, že postup ověření bude sám o sobě dokonalý, ale právě díky nezávislosti obou postupů se dosáhne dostatečného ověření absence chyb, resp. identifikace zanesených chyb.

Prvním krokem postupu ověření je tzv. analýza infrastruktury. Úkolem této analýzy je vytvořit databázi, popisující část infrastruktury, která svým rozsahem odpovídá ASW

z postupu tvorby. V rámci ní se provede specifikace všech částí, objektů⁴ a projektovaných parametrů. Takto vypracovaná analýza, resp. databáze podpůrného SW nástroje pro analýzu, potom slouží zároveň i jako zadání pro následné zaměření pro ověřovací účely. Toto zaměření poté zajistí určení vzájemných vzdáleností mezi jednotlivými prvky, čímž vznikne síť – databáze umístění a vzdáleností v kontextu topologie kolejiště. Tato databáze následně slouží jako další zdroj dat, oproti kterému se může provést ověření XML ASW.

Pro zvýšení důvěry v naměřená data, zejména pro eliminaci nepřesnosti jednotlivých měření, lze obecně uvažovat až s N zaměřeními v rámci postupu ověření. Tedy včetně zaměření v rámci postupu tvorby by se jednalo o 1 až $N+1$ zaměření, která – při vhodně zvolené metodice – by znamenala $N+1$ nezávislých, tj. diverzitních dat o vzájemných polohách prvků infrastruktury. Zhodnocení relevantnosti takového vícenásobného postupu zaměření, a s tím bezprostředně související metodika zpracování násobných dat pro účely konfigurace zabezpečovacího systému, jsou nad rámec této práce a musí být předmětem jiných zpracování. Tato práce se věnuje tvorbě metodiky z hlediska logické posloupnosti jednotlivých kroků a k tomuto účelu postačuje uvažovat existenci dat získaných jedním na postupu tvorby nezávislým zaměřením.

2.3 Vyhodnocení

Vyhodnocení řeší finální krok procesu ověření – zjištění rozdílů mezi XML ASW z postupu tvorby a databází z postupu ověření. XML ASW představuje *kontrolovaná data* a zmíněná databáze *referenční data*⁵. Tyto dva pojmy jsou dále použity pro pojmenování těchto dvou vstupů do vyhodnocení. Úkolem vyhodnocení je provést rozbor těchto zdrojů dat, nalézt odpovídající si elementy a jejich parametry porovnat. Dílčím úkolem vyhodnocení je identifikace stejných elementů, protože nejsou zavedeny žádné pevně stanovené identifikátory či unikátní názvy stejné v obou postupech, resp. takové, aby byly v obou postupech použitelné. Závěr vyhodnocení pak představuje nalezení nesrovnalostí a jejich hromadné znázornění na schématu kolejiště nebo výpis textovou formou.

⁴ V této práci je objektem myšleno obecné označení prvku infrastruktury, představujícího zabezpečovací zařízení nebo zařízení s ním přímo souvisejícím, nikoliv například budova.

⁵ Označení „referenční“ data může budít dojem absolutní správnosti, ale i v nich se může vyskytnout chyba.

Finální vyhodnocení dat ze zmíněné databáze oproti XML ASW je úkolem (softwarového) nástroje, jehož činnost už není diverzitní jako předchozí postupy, tudíž není dostatečně zajištěno, že budou odhaleny všechny nesrovnalosti. Tento nedostatek lze vyřešit buď množinou testů nad tímto nástrojem, nebo vytvořením dalšího, nezávislého vyhodnocení. Tato problematika není klíčová pro realizaci ověření, a tak není součástí této práce.

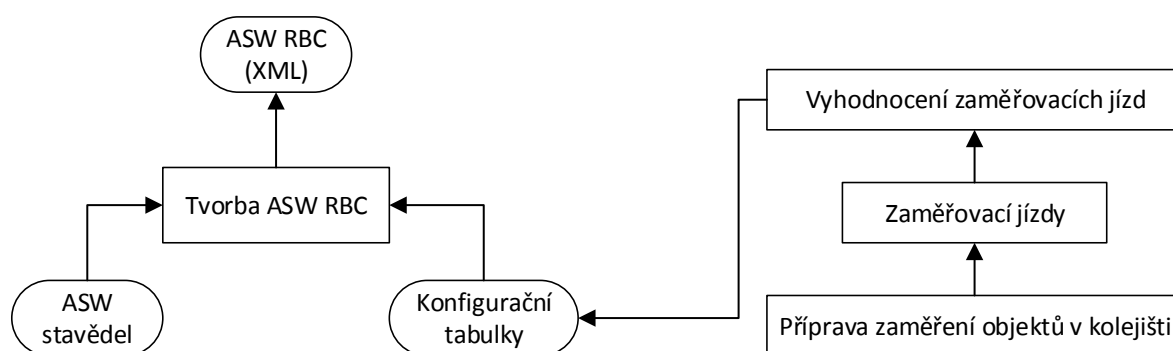
3 POSTUP TVORBY ASW

Tato kapitola stručně popisuje existující postup tvorby ASW RBC ETCS. Jejím účelem je identifikovat kritická místa v tomto procesu a na základě nich stanovit požadavky na proces ověření. Proces ověření má potom na základě svého řešení být schopen odhalit případné chyby, zejména (ve smyslu priority v řešení) v těchto identifikovaných kritických místech.

Postup tvorby ASW je již stanoven příslušnými dokumenty pro zaměřování (6) a projektování (5), způsob získávání konfiguračních dat je potom shrnut v dokumentu tvorby ASW pro konkrétní specifickou aplikaci (7). V celé této kapitole se čerpá z těchto materiálů. V těchto dokumentech je řešena problematika pod pojmem ASW RBCC, protože se v nich rozlišuje ještě ASW stavědel, ASW ovládacího pracoviště RBC a ASW balíz. V této kapitole se pojmem ASW myslí právě ASW RBCC.

Tvorba ASW se skládá z těchto základních částí:

- vytvoření stromu prvků
- načtení konfiguračních tabulek
- vytvoření radioblokových sekcí (RBS)
- správa rychlostních a sklonových profilů



Obrázek 4 Souhrn vybraných činností při tvorbě ASW

3.1 Zaměřování objektů

Zjištění dostatečně přesné polohy vybraných prvků pro potřeby konfigurace RBC se provádí zaměřováním objektů. Toto zaměření se skládá ze třech významných částí: příprava

prázdných tzv. *zaměřovacích tabulek* (ZT), zaměřovací jízdy a na závěr vyhodnocení zaměřovacích jízd. Výsledkem zaměření jsou tzv. *konfigurační tabulky* (KT), které jsou jedním ze základních vstupů do tvorby ASW.

V rámci zaměření infrastruktury jsou uvažovány tyto základní problémy:

- Přesnost zaměření ve stávající dokumentaci (situační schémata, výkresy, atd.) je pro potřeby RBC ETCS nedostatečná.
- Podoba stávající dokumentace umožňuje jenom ruční přenos dat, což s sebou nese vysoké riziko zanesení chyb.
- Pro konfiguraci RBC jsou vyžadovány údaje, které nejsou obsaženy ve stávající dokumentaci.

3.1.1 Příprava

Příprava zaměřování objektů spočívá v sepsání míst k zaměření a jejich následném vyznačení v kolejišti. Sepsání se provede vytvořením tabulkových souborů pro každou logickou část (mezistaniční úsek, stanice), do kterých se specifikují všechny tzv. kolejové elementy (KE). U každého kolejového elementu se uvede výčet objektů, které se mají v rámci něho zaměřit. Dále se vytvoří scénář zaměřování, tzn. plán všech jízd, které se mají provést pro co nejlepší pokrytí. Scénář by měl respektovat projetí každého kolejového elementu minimálně dvakrát a pokud možno v opačných směrech.

3.1.2 Zaměřovací jízdy

Samotné zaměření se provádí s využitím speciálně vybaveného drážního vozidla (se snímacím a záznamovým zařízením). Projetí vyznačených míst se provádí vždy minimálně dvakrát, na trati ve stejném směru, ve stanici v opačných směrech. Z každé takové jízdy vznikne videozáznam (vozidlo je opatřeno kamerami) s hodnotou odometru⁶. Z důvodu náročnosti přípravy a provedení měřicích jízd či z důvodu individuálních potřeb je počítáno s ručním doměřením vybraných míst, k nejbližšímu zaměřenému místu.

⁶ Ododmetr je inkrementální indikátor ujeté vzdálenosti. Délka úseku se získá jako rozdíl mezi hodnotou odometru odečtenou na konci a na začátku měření konkrétního úseku.

3.1.3 Vyhodnocení zaměřovacích jízd

Na základě záznamu z měřicích jízd jsou prázdné zaměřovací tabulky doplněny o hodnoty odometru. Vyhodnocení záznamu provádí jiná skupina pracovníků, aby byla umožněna vzájemná kontrola. Při vyhodnocování jsou sledovány odchylky v měření z jednotlivých jízd a při překročení stanoveného limitu (závislého na umístění) jsou hodnoty neplatné a provede se nové, případně ruční zaměření. Při dostatečně malé odchylce měření se výsledná poloha v KE vypočte jako průměr, v případě více jak dvou hodnot jako medián.

Výsledné tabulky potom obsahují hlavičku s jednoznačným identifikátorem (např. KE1111), názvem (např. 1LK___), kilometrickou polohu začátku a konce a vypočtenou délkou. Obsah tabulek tvoří typ a název objektu, identifikátor zaměřovaného místa, kilometrická poloha a poloha objektu v KE. Tento údaj je (společně s délkou) nejdůležitější z celé tabulky, protože se s ním dále pracuje v postupu tvorby a přímo se promítne do konfiguračních dat. Dále je uveden příklad, jak může vypadat konfigurační tabulka. Hodnoty jsou smyšlené.

Tabulka 2 Příklad konfigurační tabulky

KE1111	XX	1LK___						
Délka		300			km pol. zač	111,100		km pol. kon. 111,400
typ objektu		název obj.	Místo		km poloha	poloha v KE		popis, ...
HB – IS	XX	HB21	HB2239		111,100	0		
Sklon S			KE1111		111,121	21		1,01‰
Balíza ob.	XX	BG10 .1	KE1111 - 2		111,145	45		BG Sh
Balíza ref.	XX	BG10 .0	KE1111 - 3		111,148	48		BG Sh
Sklon L			KE1111		111,152	52		1,93‰
Balíza ref.	XX	BG12 .0	KE1111 - 4		111,394	294		BG P
HB – IS	XX	HB19	HB2241		111,400	300		

Barvy jednotlivých řádků viditelně odlišují zaměřené a doplněné hodnoty (na obrázku například doplněné změny sklonu). Poloha v kolejovém elementu (bílý sloupec) je výsledná poloha, která se promítne do konfiguračních dat. Oranžově jsou odlišeny hlavičky jednotlivých elementů.

3.1.4 Shrnutí

Práce s daty v postupu zaměření je soustředěna do tabulek, což představuje jisté vymezení při vytváření. Přepisování a ruční výpočty jsou nahrazeny použitím odkazů, vzorců a automatizačními funkcemi tabulkového programu. Dále se využívá rozdělení jednotlivých úkonů mezi různé skupiny pracovníků a ve spolupráci se značením v kolejišti tak lze provádět kontrolu úplnosti.

Na druhou stranu tento postup neřeší například systematické chyby použitého programu nebo chybné první přepsání hodnoty z videozáznamu do tabulky. Dále také správnost všech použitých vzorců nebo záměnu použitého odkazu. Co se týče měření ujeté vzdálenosti, tak to má určitou míru nepřesnosti, na kterou je potřeba brát ohled. Přestože je o to snaha, tato nepřesnost nemusí být vždy dostatečně eliminována. S přiřazováním identifikátorů a názvů souvisí chybný identifikátor nebo název či správné přiřazení kolejových elementů k záznamu měřicí jízdy. Obecněji plyne pro postup ověření úkol pokrýt nepřesnosti zaměřovacích jízd a případné chyby v následném zpracování dat.

3.2 Postup tvorby ASW

Po získání dat do zaměřovacích tabulek následuje postup tvorby ASW, v rámci kterého se pomocí doplnění a úprav ZT dosáhne žádaných konfiguračních dat pro systém. Na počátku jsou zaměřovací tabulky z předchozího postupu kontrolovány formou maker, která zkoumají splnění určitých tvrzení, kterým musejí tyto tabulky odpovídat. Jedná se například o kontrolu vyplnění všech hodnot, toleranci přibližné shody s kilometrickými polohami (pouze orientační údaj) či rozsahu rychlosti u rychlostníků v určitém intervalu.

Doplněním zaměřovacích tabulek o další objekty, které nemusejí vždy reprezentovat reálné prvky v kolejišti, ale jejich poloha je důležitá pro funkci systému, vznikají konfigurační tabulky (KT).

Postup tvorby využívá existující ASW pro stavědla (zabezpečovací zařízení stanic), která jsou tvořena ve stejném softwarovém nástroji, který je určen i pro tvorbu ASW RBC. ASW stanic obsahuje síťový graf stávající topologie kolejiště, tzv. *strom prvků* (hrany jsou elementy kolejí a v uzlech jsou definovány spojky mezi nimi), ale bez přesných délkových parametrů.

3.2.1 Doplnění zaměřovacích tabulek

Mezi doplňované objekty patří poloha tzv. *EoA* (*End of Authority* – konec oprávnění), poloha bodu ohrožení (*DP – Danger Point*), začátek *TAF window* (*Track Ahead Free* – potvrzení volnosti tratě před vlakem) a poloha lokalizačních značek ETCS (*ETCS Location Marker*).

EoA se umísťuje zpravidla ke všech hlavním návěstidlům (případně k izolovanému styku dle konkrétního místa) a také na další místa, kde může končit oprávnění k jízdě (například při

opouštění části trati pod dohledem ETCS). Poloha EoA se tedy odvíjí od polohy návěstidla, izolovaného styku (počítacího bodu) či ve specifických případech na zábrzdnu vzdálenost od zmíněných míst.

Bod ohrožení (DP) je místo za návěstidlem, za kterým může (při neoprávněném projetí) být ohrožena jízda jiného vlaku. Z důvodu kritického dohledu brzdných křivek při zohledňování všech nejistot dohledu polohy vlaku může být vyžadováno zastavení ve velké vzdálenosti před návěstidlem, což je nevhodné například u nástupišť nebo v případě blízkých hodnot délek souprav a délek staničních kolejí. Smysl umístování DP je tedy v takovýchto případech, kdy je žádané dojetí blíže k návěstidlu. Poloha DP se odvíjí od polohy objektu, k němuž je stanovován (například námezník, hrot výhybky, izolovaný styk či výkolejka).

TAF je procedura pro ověření volnosti tratě před vlakem (po nejbližší návěstidlo), tzn. ověření, že se před komunikujícím ETCS vlakem nenachází jiné vozidlo, o kterém nemá systém informace. Určení TAF window souvisí s jeho začátkem a platí až k návěstidlu, ke kterému náleží (případně k ETCS lokalizační značce). Délka TAF window se obecně určuje 500 m, čili jeho začátek se umístí o tuto vzdálenost před návěstidlo/lokalizační značku.

3.2.2 Strom prvků

Po získání konfiguračních tabulek (doplněných ZT) probíhá další zpracování v pro tyto účely určeném softwarovém nástroji. Do něj jsou tyto tabulky načteny a následně probíhá přiřazení zaměřených kolejových elementů k prvkům stromu RBC z ASW stavědel. To představuje značný objem práce a pro ulehčení a také částečnou kontrolu správného přiřazení jsou názvy KE odvozeny od názvů prvků stromu z ASW stavědel.

3.2.3 Tvorba radioblokových sekcí

Radioblokové sekce (RBS) jsou určené orientované části kolejiště, z nichž je možno sestavovat oprávnění k jízdě. Všechny podmínky pro jízdu vlaku jsou definovány právě formou vlastností RBS. Jedná se tedy o zásadní část konfiguračních dat a jejich správnost má největší vliv na funkci systému.

Každá RBS obsahuje informaci o:

- typu RBS (má význam pro funkci systému),

- směru RBS (lichá/sudá),
- typu a poloze návěstidla na konci a začátku RBS (permisivní či absolutní stůj, nebo jenom lokalizační značka),
- umístění konce oprávnění (EoA) vzhledem ke konci RBS,
- výčet balízových skupin (BG) s jejich polohou v rámci RBS.

3.2.4 Rychlostní a sklonové profily

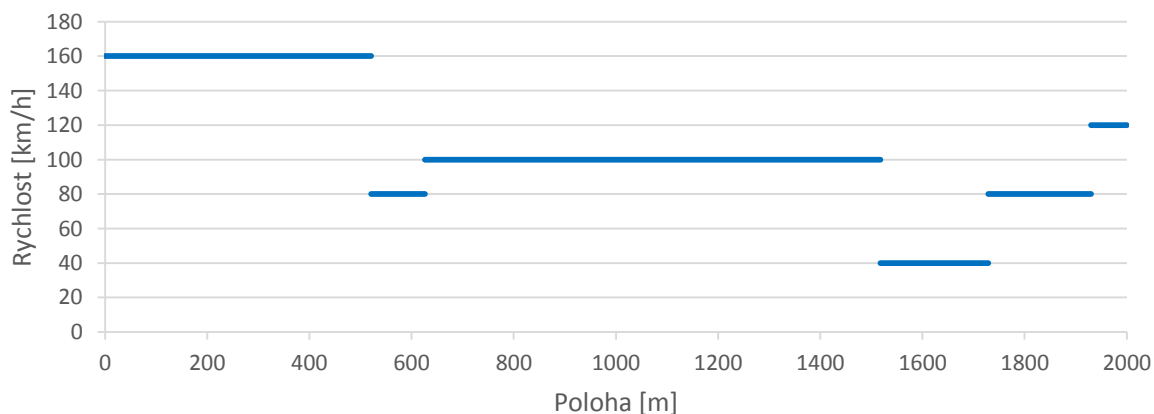
Rychlostní a sklonové profily jsou nedílnou součástí radioblokových sekcí. Jejich obsah je odvozen od míst změny rychlosti/sklonu a v případě rychlosti je také dán omezením konstrukční rychlosti například výhybek.

Tyto profily se skládají z tzv. sekcí, které definují v jaké vzdálenosti od posledního místa změny/počátku oprávnění k jízdě, resp. od posledního místa změny profilu, dojde ke změně rychlosti/sklonu na jinou hodnotu. Následující obrázek uvádí příklad rychlostního profilu dle tabulky. Hodnota rychlosti se uvádí v násobcích 5 km/h.

Tabulka 3 Příklad specifikace statického rychlostního profilu

Vzdálenost (D_SECTION) [m]	Rychlost (V_STATIC)
0	32 (160 km/h)
521	16 (80 km/h)
105	20 (100 km/h)
892	8 (40 km/h)
211	16 (80 km/h)
201	24 (120 km/h)

Statický rychlostní profil



Obrázek 5 Příklad průběhu statického rychlostního profilu

Při určování rychlosti hrají také roli různé kategorie vlaků (8), pro které může být určen další statický rychlostní profil. Tyto kategorie jsou definovatelné z důvodu rozdílných konstrukčních vlastností vozidel a z toho plynoucí interakce s kolejovým svrškem. Pro každou kategorii může být určena jiná (vyšší i nižší) hodnota rychlosti, avšak rozložení do sekcí se zůstává dle základní rychlosti. V postupu tvorby jsou rozlišovány typy rychlostníků z prostředí železniční infrastruktury SŽDC: N, HN, NS a nedostatek převýšení⁷ 150 mm. Dle těchto čtyř typů jsou přiřazovány rychlosti buď do základního profilu, nebo k příslušným kategoriím vlaků. Změna rychlosti z důvodu konstrukčního omezení (například odbočné větve výhybky) platí pro všechny kategorie. Ke každé změně rychlosti se dále specifikuje, zda platí pro čelo vlaku, nebo jeho konec.

3.2.5 Export konfiguračních dat

Připravená konfigurační data se na závěr exportují z použitého programu do formátu XML. V této podobě je zachována struktura síťového grafu, který obsahuje nejenom „hrany“ a „uzly“ dle kolejových elementů, ale i další, pomocné části, které slouží pouze k jejich provázání. Po tomto exportu se již konfigurační data dále neupravují.

3.2.6 Shrnutí

Postup tvorby zastřešuje softwarový nástroj, jehož funkce není „online“ kontrolována jako u SW zabezpečovacího zařízení a případné systematické chyby nebo chyby z ručních úprav uživatelem se mohou přímo promítnout do konfiguračních dat. Pro ověření zde vzniká důležitý úkol pokrýt kontrolou činnost tohoto nástroje a činnost uživatelů s ním pracujících, od načítání vstupů (konfiguračních tabulek) až po finální export do formátu XML.

⁷ Převýšení je výškový rozdíl mezi vnitřní a vnější kolejnicí oblouku. Nedostatek pak znamená, o kolik by muselo být převýšení větší, aby při maximální dovolené rychlosti byla plně kompenzována odstředivá síla.

4 ZÍSKÁNÍ REFERENČNÍCH DAT

Základem pro ověření ASW RBC ETCS je dostupnost dalších, na postupu tvorby nezávislých dat. Tento další zdroj dat potom slouží jako referenční data, oproti kterým je prováděno ověření. Na vznik referenčních dat je kladen požadavek na nezávislost na postupu tvorby dat kontrolovaných. Důvodem je zamezení vzniku chyb stejného charakteru, což by mohlo vést k jejich skrytí/maskování při koncovém vyhodnocení.

Problematika referenčních dat je součástí postupu ověření, který byl nastíněn v kapitole 2.2. Jejich získání je možné rozčlenit do fází: analýza infrastruktury, zaměření pro účely ověření a sloučení dat z více zaměření. Konkrétní řešení zmíněného zaměření nebo slučování dat není klíčové a v této kapitole je zmíněno pro úplnost.

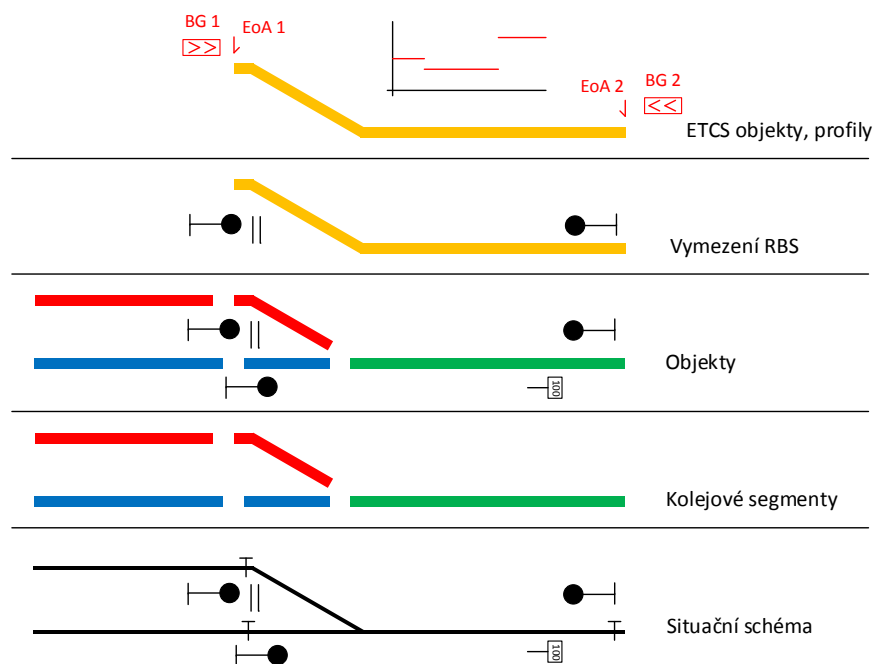
4.1 Analýza infrastruktury

Analýza infrastruktury je počátečním krokem v procesu ověření ASW RBC ETCS. Jejím úkolem je vytvořit souhrn dat, popisujících infrastrukturu v souladu s podklady pro tvorbu konfiguračních dat (situační schémata, apod.). Zároveň tato analýza slouží jako zadání k následnému zaměření pro ověřovací účely. Z toho plynou pro analýzu dva hlavní úkoly: vhodně rozdělit kolejiště na jednotlivé části a obsáhnout informace relevantní pro konfiguraci RBC – adresný software.

Předpokládá se, že pracovník provádějící tuto analýzu bude mít k dispozici SW nástroj, který umožní realizaci procesu ověření dle uvedených metod. Samotná analýza může podléhat dalšímu ověření, zda je provedena v souladu s příslušnou dokumentací a pokyny, například vizuální kontrolou v grafickém rozhraní zmíněného SW nástroje (formálně by se tedy jednalo o přezkoumání dle výchozích podkladů).

4.1.1 Průběh analýzy

Provedení analýzy lze rozdělit na jednotlivé kroky, z nichž každý se zaměřuje na konkrétní úlohu. Práci tak lze z hlediska postupu použití podpůrného SW nástroje definovat v tzv. *hladinách*. Následující obrázek zachycuje princip takového rozdělení práce do hladin. Směr postupu je zdola nahoru.



Obrázek 6 Rozlišení kroků analýzy infrastruktury do hladin

Základní předlohou je situační schéma kolejiště. Dle tohoto schématu se provede v základní hladině (Kolejové segmenty) grafické sestavení kolejiště pomocí nabídnutých tvarů a jejich následné spojení na kolejové segmenty (KS) dle význačných hraničních míst ze situačního schématu (izolované styky, čidla počítačů náprav). V další hladině (Stávající objekty) se definují dosavadní prvky infrastruktury (návěstidla, rychlostníky, sklonovníky).

Dále lze rozlišit mezi stávajícím vybavením infrastruktury a přidanými ETCS objekty. Definice těchto nových ETCS objektů a jejich vlastností by měla následovat až na závěr, protože některé z nich mohou být závislé nebo přebírat parametry těch stávajících. Vždy je však potřeba udržovat co největší provázanost jednotlivých hladin, aby byla zachována integrita i při případných pozdějších úpravách. Poslední dvě hladiny jsou určeny pro vymezení radioblokových sekcí (viz dále) a jejich vlastností.

Vedlejším úkolem při definování kolejových segmentů a objektů v rámci nich je jejich opatření unikátním názvem. Dle něho by mělo být možno určit, kde se rámcově (v jaké části infrastruktury – stanice, mezistaniční úsek, kolej, ...) daný segment či objekt nachází. Využití tohoto unikátního názvu přichází na řadu až v dalších fázích prostupu ověření, zejména pro přiřazení hodnot ze zaměrování.

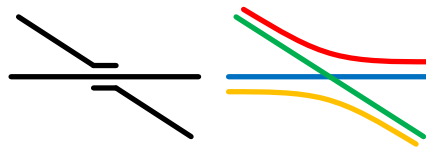
4.1.2 Kolejové segmenty

Základní hladinou je tvorba kolejových segmentů (KS). Síť kolejových segmentů reprezentuje reálné topologické uspořádání kolejiště bez nároků na jakýkoliv vztah k reálnému geometrickému uspořádání (podstatná je zde vzájemná návaznost jednotlivých objektů/prvků, nikoli jejich přesná geografická poloha). Kolejový segment představuje nejmenší rozlišitelnou část infrastruktury, která je ve své podstatě nerozvětvená. Předpokladem je vybavenost prostředkem pro detekci volnosti pomocí kolejových obvodů či počítačů náprav. Z toho plyne, že jeden typ místa rozdělení kolejiště na KS budou hranice detekčních úseků (izolované styky, počítací body).

Následující obrázky ilustrují další případy rozdělení na kolejové segmenty, a to v místě kolejového rozvětvení, konkrétně u jednoduché výhybky a křižovatkové výhybky.



Obrázek 7 Kolejové segmenty jednoduché výhybky



Obrázek 8 Kolejové segmenty křižovatkové výhybky

Práce v dalších (vyšších) hladinách se odvíjí od schématu sledované části kolejiště, sestavené pomocí KS.

4.1.3 Umístění objektů

Po vytvoření sítě kolejových segmentů následuje definování stávajících objektů v rámci nich. Zde vyvstává otázka, do jakého segmentu definovat určitý objekt, pokud zatím není známa jeho přesná poloha a nepředpokládá se fyzické procházení kolejiště (tzv. místní šetření) právě jen za účelem určení příslušnosti objektu k segmentu. V úvahu přichází umístění do segmentu, se kterým logicky či funkčně souvisí (například odjezdové návěstidlo do segmentu staniční koleje). Určení segmentu je tedy typově závislé.

4.1.4 Definice průběžných parametrů

Pojmem „průběžné parametry“ se myslí takové vlastnosti, které přesahují jeden kolejový segment. Patří do nich definice průběhu rychlosti a sklonu. Jsou to parametry, které jsou určeny zpravidla místem jejich změny (rychlostníkem, sklonovníkem) a platí do místa další definice či konce koleje, bez ohledu na hranice kolejových segmentů.

Tyto parametry jsou tedy definovány místem změny s novou hodnotou jako atributem, platným od tohoto místa. Takto je zapotřebí obsáhnout všechna místa změny, a to pro oba směry (lichý/sudý) zvlášť. Tím se vytvoří souvislé pokrytí všech segmentů (celé definované topologie kolejíště) těmito parametry pro oba směry jízdy. Dílčí kolejové segmenty, případně útvary širšího rozsahu, potom pracují s tou částí průběžných parametrů, která je jejich součástí.

Definice změny průběžných parametrů se váže buď k hranici kolejového segmentu, nebo k umístění jiného objektu v rámci segmentu (konkrétní hodnota vzdálenosti není v této fázi postupu známa – zaměření pro účely ověření doposud neproběhlo, tj. nejprve bude probíhat).

4.1.5 Tvorba RBS

V neposlední řadě je nutno do sítě kolejových segmentů definovat Radioblokové sekce (RBS). Jak již bylo uvedeno, RBS je směrově orientovaná část kolejíště, sestavená z posloupnosti kolejových segmentů. RBS má pro RBC ETCS význam při zkoumání splnění podmínek pro udělení oprávnění k jízdě (7). Tvorba RBS se provede dle potřeb návrhu funkce systému (ETCS L2, resp. RBC ETCS). Vlastnosti těchto sekcí jsou klíčovou částí pro systém, a proto se v kontextu RBC ETCS nabízí řešit parametry infrastruktury primárně v této hladině. Množina RBS je však rozsáhlejší než kolejové segmenty, protože některé RBS mají shodné části – překrývají se (RBS pro opačný směr, rozlehlejší kolejové rozvětvení). Proto je výhodnější specifikovat RBS jako posloupnost vybraných kolejových segmentů a definovat či přebírat příslušné společné parametry skrze kolejové segmenty.

Nedílnou součástí každé RBS je statický rychlostní a sklonový profil. Dalším parametrem může být typ trakce, přibližovací úsek PZ či tzv. traťové podmínky jako je výskyt tunelu nebo mostu (1). Tyto informace v rámci RBS jsou buď odvozeny od umístění a parametrů objektů na trati (např. rychlostníky a sklonovníky), nebo ručně vytvářeny a upravovány dle předem

stanovených pokynů. Z této rozmanitosti zdrojů mohou vznikat speciální případy či výjimky, které je nutno řešit individuálně pro každý výskyt. Taková řešení se ale musí provést s ohledem na řešení v postupu tvorby XML ASW, aby v rámci ověření nedocházelo v tomto směru k neodůvodněným nesrovnalostem, které by ve výsledku znamenaly falešné vyhodnocení chyby.

4.1.6 Umístění ETCS objektů

Pro účely ETCS jsou do topologie stávající infrastruktury přidány nové objekty. Jak již bylo zmíněno v přehledu, patří mezi ně lokalizační značky ETCS, body ohrožení, konce oprávnění a především také balízové skupiny.

Tyto objekty mají vztah zejména k RBS, proto je jejich definování situováno právě do jednoho z posledních kroků analýzy. Definice těchto objektů je vhodné provádět se znalostí rozmístění RBS, protože jejich umístění se přímo odvíjí od jejich polohy v rámci RBS. Není však nutné řešit případ každé RBS odděleně. Je možno využít provázanosti hladin a tyto objekty zpětně definovat v hladině již využitých pro stávající objekty (návestidla, atd.). Prostřednictvím kolejových segmentů se pak nové objekty promítnou do všech RBS, které přes ně procházejí, tj. jejichž jsou kolejové segmenty součástí.

4.2 Zaměření pro účely ověření

Po dokončení analýzy infrastruktury, v rámci které byla definována vzájemná návaznost prvků, následuje doplnění vzájemných délkových parametrů. Výsledek zmíněné analýzy je v podobě databáze (jednoho databázového souboru) a délkové parametry se do ní doplní formou dalších, přidaných tabulek. Tato kapitola řeší, resp. předjímá či naznačuje možné varianty naplnění těchto dalších tabulek.

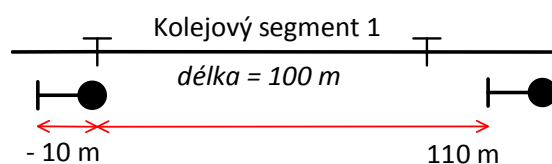
Tato práce se věnuje zejména stanovení metodiky a dílčích postupů, nikoliv reálnému provedení. Zaměření pro účely ověření je zde bráno jako nutný zdroj relevantních délkových parametrů, jehož konkrétní způsob realizace není pro celkový proces rozhodující. Dále jsou uvedeny obecné požadavky na toto zaměření a počítá se s jejich naplněním. Tato podkapitola má za úkol doplnit kontext postupu ověření, případně i celého procesu.

Základními faktory ovlivňující použitelnost výsledných dat pro ověření jsou: přesnost metody zaměření (interval nepřesnosti), spolehlivost (vnější vlivy, které ojedinele kompromitují měření) a případně metoda sloučení dat z více měření. Výsledná data ze zaměřování proto musejí mít z hlediska těchto vlastností takovou kvalitu, aby případné nedostatky byly z hlediska funkce RBC ETCS a provozu na železnici a bezpečnosti akceptovatelné. Výstupem zaměření by tedy kromě číselných hodnot měly být i informace o přesnosti, resp. nepřesnosti zvolené technologie nebo postupu.

Zaměřování je obecně bráno jako určování vzájemných vzdáleností sledovaných míst v ose koleje v rámci vymezeného úseku trati.

4.2.1 Souřadná soustava

Při zaměřování se lze orientovat dle schématu z počáteční analýzy topologie. Určování polohy v rámci kolejových segmentů probíhá v lichém směru, který je ve schématu z analýzy vždy zleva doprava. Samotné zaměřování pak může probíhat buď individuálně pro každý vyznačený kolejový segment, nebo nějakou souhrnnou metodou. Důležité pro postup zaměření je to, že poloha objektu se určuje v rámci kolejového segmentu, ve kterém je definovaný. To platí i v případě, kdy se daný objekt nachází mimo určený segment. Potom jeho poloha vychází vzhledem k začátku kolejového segmentu buď jako záporné číslo, nebo naopak jako číslo větší než jeho délka. Následující obrázek ilustruje dva případy, kdy se objekt (v tomto případě návěstidlo) nachází mimo vztažný kolejový segment, vymezený izolovanými styky.



Obrázek 9 Vztažení polohy objektu ke kolejovému segmentu

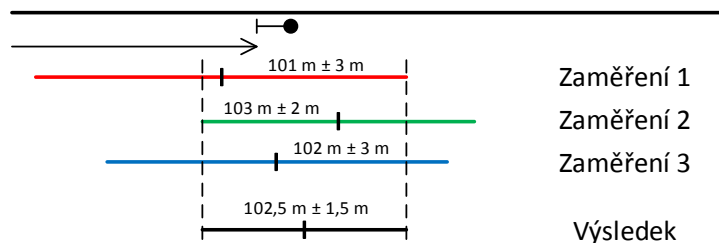
Počátek souřadné soustavy objektů udává tedy jeden z konců kolejového segmentu, typicky izolovaný styk nebo čidlo počítače náprav. Určení vzdálenosti se provede v ose koleje.

4.3 Sloučení dat z více zaměření

Obecně je uvažováno N zaměření infrastruktury pro účely ověření. Pro každé ověřovací zaměření bude použito stejné zadání, vypracované v rámci počáteční analýzy, protože zadání a samotná metoda realizace jsou samostatné procedury. Více provedení přináší upřesnění či doplnění výstupních dat (ze zaměření) navzájem, zvýšení důvěry v tato výstupní data a také možnost použití nějaké doplňkové metody zaměření, která sama o sobě není dostačující. Postup sloučení výstupů z jednotlivých provedení má přímý dopad na jejich věrohodnost a použitelnost, a tak je nutné zvolit vhodný postup s ohledem na to, jak se ve výsledku projeví. Následně jsou pro ilustraci uvedeny dvě rámcové možnosti slučování dat.

Tato podkapitola má opět za úkol pouze doplnit kontext problematiky získání referenčních dat, oproti kterým se mohou kontrolovaná data vyhodnocovat. Realizace dostatečně věrohodných metod a postupů zaměření či slučování dat z více zaměření není předmětem této práce. Předpokládána je pouze dostupnost těchto dat v dostatečné kvalitě a rozsahu pro celkový proces ověření.

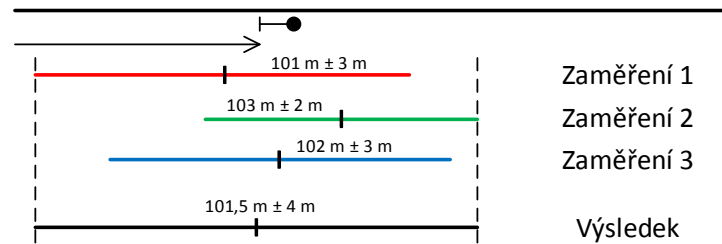
4.3.1 Průnik intervalů nepřesnosti



Obrázek 10 Sloučení dat z více zaměření – průnik

Za předpokladu přesně známého intervalu nepřesnosti u všech zaměření lze vzít vždy hodnoty odpovídajících si parametrů infrastruktury a vytvořit průnik všech jejich intervalů nepřesnosti. Pokud se takový průnik najde (všechny intervaly se alespoň částečně překrývají), je brán jako výsledný interval nepřesnosti pro konkrétní parametr/údaj. Nenalezení takového průniku indikuje chybu v jednom či více zaměření a je nutno provést zaměření konkrétního parametru znovu.

4.3.2 Sjednocení intervalů nepřesnosti



Obrázek 11 Sloučení dat z více zaměření – sjednocení

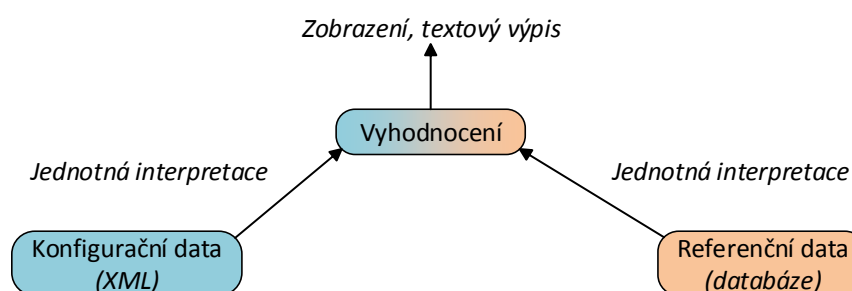
Exaktní určení přesnosti vybrané metody může být někdy obtížné. Variantou s nižšími nároky na spolehlivé určení přesnosti metody je sjednocení intervalů nepřesnosti (opak předchozí varianty, místo průniku je použito sjednocení). Pro použitelnost je nutné, aby nepřesnosti byly o to menší, protože zde dochází k jejich kumulování.

Při této variantě může běžně docházet k situaci, kdy se zaměřená hodnota (hodnota a interval) z jednoho zaměření nachází mimo interval z jiného zaměření (nedojde alespoň k částečnému překrytí intervalů). Zde je prostor pro částečnou kontrolu mezi metodami, konkrétně sledování, o kolik (procentuálně či absolutně) se výsledky rozcházejí. Po překročení nějakého předem stanoveného limitu se kritické hodnoty určí k opětovnému zaměření.

5 POSTUP VYHODNOCENÍ

Vyhodnocení je finálním krokem procesu ověření. Jeho úkolem je nalezení nesrovnalostí mezi konfiguračními daty z postupu tvorby (ve formátu XML) a referenčními daty z postupu ověření (ve formě databáze). Dále bude užíváno termínů „konfigurační“ a „referenční“ jako označení vstupů do vyhodnocení. Konfigurační i referenční data mají vlastní, rozdílnou specifickou strukturu. Tyto struktury jsou založeny na principu síťového grafu⁸, kdy lze data procházet pomocí následujícího či předchozího uzlu. Přestože je tento princip shodný, vyhodnocení se musí vypořádat s hledáním odpovídajících si elementů, protože není zaručeno a ani předpokládáno, že pomyslná „síť uzlů“ bude naprosto shodná. Také nelze předpokládat, že případné vnitřní identifikátory budou v obou vstupech vytvořeny shodně (shodné identifikátory pro odpovídající si úseky). Toto pramení z nezávislosti obou postupů.

Vyhodnocení má tedy dva dílčí úkoly. Prvním je nalezení systému či interpretace dat v takové podobě, která se ve výsledku jeví jako shodná pro korektně vytvořená konfigurační a referenční data. Korektním vytvořením se myslí reprezentace shodné části kolejiště dle vnitřních pravidel struktury dat. Nalezení vhodné interpretace obou struktur dat umožní realizaci druhého úkolu – rozboru nesrovnalostí.



5.1 Vstupní data a jejich interpretace

Jak bylo zmíněno v úvodu kapitoly, uvažovány jsou dva vstupy dat – konfigurační a referenční. Konfigurační data jsou předmětem vyhodnocování oproti datům referenčním.

⁸ V síťovém grafu zde hrany představují elementy kolejí a uzly jejich návaznosti a případný bod rozvětvení.

Soubor XML konfiguračních dat obsahuje dvě významné části – strom prvků a množinu radioblokových sekcí (RBS). Strom prvků představuje zmíněný síťový graf, avšak obsahuje i další, pomocné uzly (viz kapitola 3.2.5). Kolejiště je rozděleno na jednotlivé elementy kolejí. Další prvky infrastruktury jsou buď jako vložené uzly (například návěstidlo), nebo definovány jako závislost na existujícím uzlu (například rychlostník). Parametr délky je uveden přímo u elementu koleje, ostatní parametry jsou soustředěny do části s RBS. Každá RBS má svou vlastní sadu parametrů a souřadnou soustavu pro pozice souvisejících prvků.

Databáze z postupu ověření (referenční data) se skládá z více dílčích částí (tabulek). Hlavní částí jsou kolejové segmenty (KS), na které je rozděleno kolejiště. Každý KS s sebou nese svoji délku a v rámci něj mohou být definovány prvky infrastruktury (návěstidlo, rychlostník, ...). Tyto prvky mají jako atribut svoji polohu v rámci KS, takže počátek souřadné soustavy představuje jeden z konců KS, konkrétně ten blíže k začátku trati. RBS, jakožto nejvýznamnější část konfiguračních dat z hlediska ETCS, je tvořena posloupností KS. Parametry jsou opět soustředěny do RBS (obdobně jako v konfiguračních datech), každá RBS má individuální sadu parametrů a udává souřadnou soustavu pro prvky, které do sekce náleží (dle prvků v KS, které s RBS souvisí).

Výše byla shrnuta podoba obou struktur vstupních dat. Může se zdát, že princip jejich struktury je shodný a vyhodnocení lze provést prostým porovnáním hodnot. Shodný je ale pouze částečně princip sítě uzlů a potom rozsah parametrů RBS. K identifikaci odpovídajících si elementů kolejí (element vs. KS) je zapotřebí sofistikovanější metody, která se oprostí od individualit struktur vstupních dat a bude zohledňovat pouze jejich významovou stránku.

5.2 Model infrastruktury

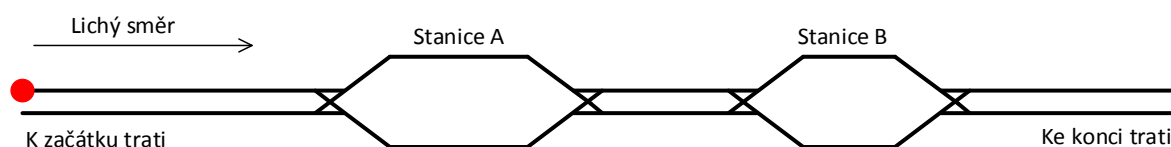
Pro porovnání dvou souborů dat, které vznikly nezávisle na sobě, je zapotřebí taková orientační soustava, aby se vždy dospělo ke stejnému výsledku, a to pouze na základě logického uspořádání. Logickým uspořádáním je myšleno kolejové rozvětvení a posloupnost objektů či elementů infrastruktury. Jako takový orientační systém, abstraktně reflektující pouze uspořádání infrastruktury, lze vytvořit abstraktní model. Jedná se o abstrakci vstupních dat na významovou úroveň jejich obsahu. K tomu aby tato abstrakce byla použitelná pro oba vstupy do vyhodnocení, musí respektovat klíčové vlastnosti obou zmíněných struktur dat. Mezi tyto klíčové vlastnosti patří:

- charakter síťového grafu, kde hrany představují elementy kolejí

- deterministický výběr sousedního „uzlu“ v místě rozvětvení
- možnost identifikace RBS dle posloupnosti „hran“ mezi „uzly“

5.2.1 Procházení dat

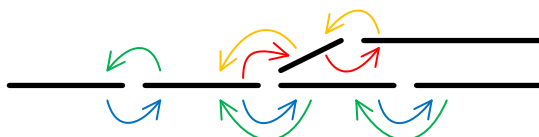
V souvislosti se způsobem procházení dat (kolejiště) pomocí následujícího a předchozího elementu nastává potřeba určení výchozího bodu, tzn. prvního elementu, který bude z dat získán. Z hlediska trati je to začátek první traťové koleje a z hlediska stanice je to začátek průjezdné koleje navazující na liché zhlaví. Případ první traťové koleje je na následujícím obrázku.



Obrázek 13 Model procházení dat („sítě uzlů“) – výchozí bod

Od tohoto bodu se začínají procházet data (jejich abstrakce – model) nejprve přes základní polohy výhybek. Toto pravidlo vytváří požadavek na shodné určení základních poloh výhybek v obou vstupních datech. V případě hledání sousedního elementu koleje (hrany) v místě rozvětvení (uzlu) se nabízejí dvě možnosti – dvě větve výhybky (při směru proti hrotu jazyka výhybky). Postup musí být deterministický, aby při dvou následujících vyhodnoceních nevznikly rozdílné výsledky. Proto je zavedeno toto pravidlo na základní polohu výhybek.

Pro pokrytí variantních možností sousedních elementů postačuje zavedení alternativních následujících a předchozích elementů. Trojité či složitější rozvětvení se dle charakteru problematiky neuvažuje a ani nevyskytuje. Následující obrázek ilustruje situaci v místě rozvětvení.



Obrázek 14 Model procházení dat – alternativní elementy v místě rozvětvení

V rámci elementů se mohou nacházet objekty (prvky infrastruktury). Některé z nich mohou být umístěny na jednom místě, například na jednom stožáru. Pro model má toto význam z hlediska setřídění posloupnosti objektů v daném místě. Principiálně má pro účely modelu

význam pouze pořadí podobných objektů, kdy nelze použít rozlišení dle typu objektu. Vzhledem k charakteru řešené problematiky lze předpokládat, že k takové situaci nedojde. Příklad řešení dvou objektů se shodnou polohou uvádí následující obrázek.



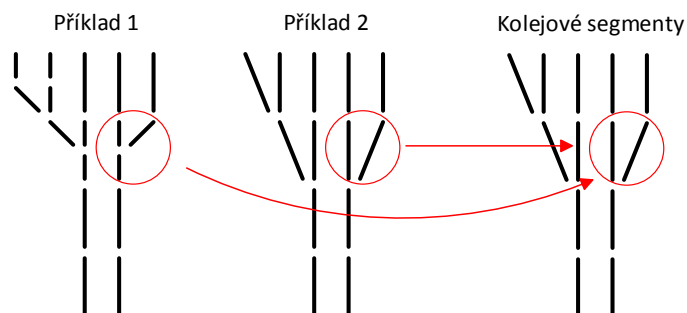
Obrázek 15 Příklad dvou objektů se shodnou polohou

Modelování zohledňuje řešenou problematiku na úrovni kolejových segmentů a objektů, které se nacházejí v rámci nich. Vyšší úrovně, jako například RBS, je zapotřebí z obou souborů dat propojit jiným způsobem. Možným řešením je vedení informace o nadřazených RBS u každého kolejového segmentu. Poté lze s pomocí tohoto modelu nalézt i odpovídající si RBS z obou souborů dat.

Použití takového modelu je zamýšleno jako součást algoritmů programu, který zajišťuje postup vyhodnocení.

5.3 Vyhodnocované části

Jak již bylo zmíněno, v konfiguračních datech jsou informace soustředěny do dvou hlavních částí – strom prvků a seznam radioblokových sekcí. Informace jsou soustředěny hlavně u každé RBS. Ve stromu prvků jsou k ověření jen délky jednotlivých kolejových elementů. S těmi si musí vyhodnocení poradit za použití výše zmíněného principu procházení, při kterém musí zároveň sledovat typy jednotlivých částí. Důvodem sledování typů je to, aby bylo možné identifikovat části, které jsou významově shodné, ale řešené například jemnějším rozdělením nebo za použití pomocných částí.



Obrázek 16 Příklad identifikace různě dělené shodné části při vyhodnocování

Kromě zmíněné délky elementů/segmentů jsou ostatní informace soustředěny právě do části s RBS. Zde vyhodnocení spočívá v porovnání profilů (statický rychlostní a sklonový) a dále dílčích, převážně projektovaných (ručně definovaných) hodnot parametrů. Identifikace odpovídajících si RBS lze provést přes nalezení prvního a posledního elementu/segmentu RBS, protože u každé RBS je dostupný seznam úseků, na kterých je definována.

6 SW NÁSTROJ PROCESU OVĚŘENÍ

Jedním z bodů zadání byla i realizace klíčových částí metody. Naplnění tohoto bodu je formou prototypu softwarového (SW) nástroje, který má zároveň za úkol prověřit realizovatelnost vytvořené metodiky.

Nástroj je vytvořen v programovacím jazyku Java (9), protože nabízí vhodné grafické možnosti pro vytvoření interaktivního prostředí pro analýzu infrastruktury, zmíněnou v předchozích kapitolách. Jedná se o objektově orientovaný jazyk. Pro správu a uchovávání dat je zvolena SQL⁹ databáze, konkrétně SQLite (10) ve formě Java knihovny verze 3.8.11.2. Vývojové prostředí bylo zvoleno NetBeans 8.1 (11), které poskytuje podporu pro vývoj Java aplikací.

K zachycení částí programu je využit jazyk UML (Unified Modeling Language – unifikovaný modelovací jazyk), který slouží pro vizualizaci modelování systémů (10). Zde je použit jen ve velmi omezené formě pro srozumitelnou vizualizaci vybraných částí softwaru, konkrétně jsou využity tzv. *diagramy tříd*, pomocí kterých jsou zobrazeny vybrané třídy a vztahy mezi nimi. Přehled základních vztahů a jejich grafické znázornění je obsaženo v příloze.

6.1 Architektura

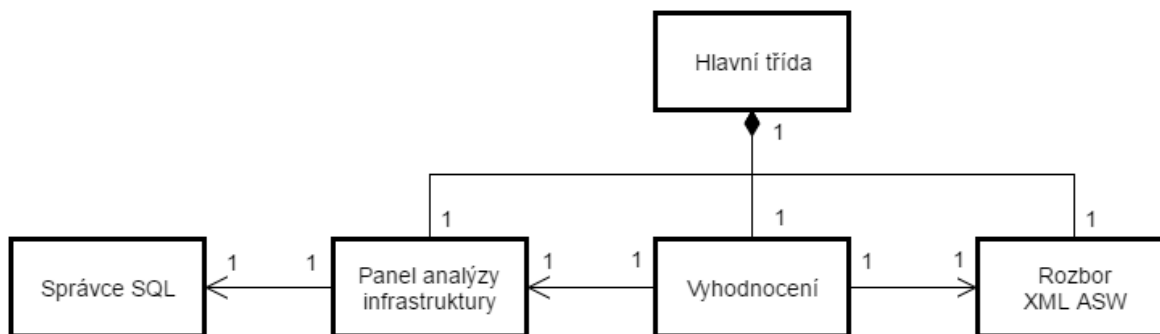
SW nástroj se skládá ze čtyř hlavních částí:

- prostředí pro analýzu infrastruktury
- databáze pro uchování referenčních dat (z analýzy topologie + zaměření)
- načtení a interpretace XML souboru adresného softwaru
- algoritmy pro vyhodnocení shody obsahu souboru XML a databáze (identifikace rozdílů mezi nimi)

Panel pro analýzu topologie (postup ověření) a část pro zpracování XML souboru s konfiguračními daty (postup tvorby) nemají mezi sebou žádné vazby. Každá tato část

⁹ Structured Query Language – strukturovaný dotazovací jazyk

pochází z jiného postupu. Část pro analýzu (postup ověření) má asociaci na správce SQL databáze, prostřednictvím kterého ukládá a načítá svůj obsah.



Obrázek 17 SW nástroj – diagram hlavních částí

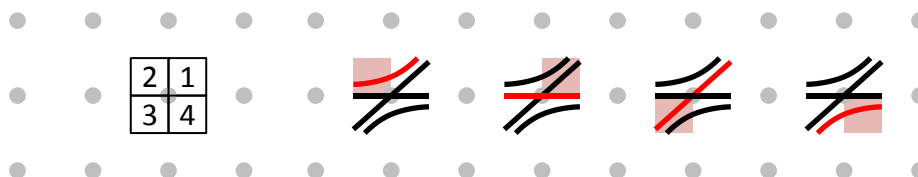
6.1.1 Prostředí analýzy

Základ prostředí analýzy tvoří interaktivní mřížka. Na tuto mřížku se po výběru žádaného tvaru části kolejiště umístí vybraný tvar kliknutím do *buňky* mřížky. Následně se vybrané tvary, jejichž velikost je vždy omezena, resp. dána velikostí jedné buňky mřížky, spojují do kolejových segmentů (dle kapitoly 4.1.2).



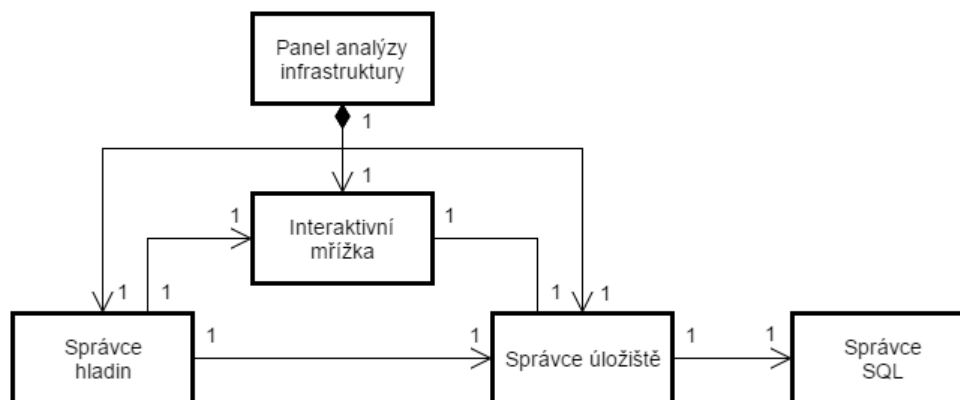
Obrázek 18 SW nástroj – lišta výběru tvaru části kolejiště

Výše zmíněná buňka mřížky představuje nejmenší rozlišitelnou část prostředí pro umístění částí kolejiště při tvorbě schématu. Pro výběr kurzorem polohovacího zařízení jsou tyto buňky ještě rozděleny na tzv. *kvadranty*, které slouží pro výběr různých segmentů v rámci jedné buňky (například u výhybky). Nejsložitějším případem je křížovatková výhybka, kde je potřeba využít všech čtyř kvadrantů pro výběr segmentu. Tento případ ilustruje následující obrázek.



Obrázek 19 SW nástroj – buňky a kvadranty

Přehled řešení prostředí pro analýzu je vyobrazen na následujícím diagramu.



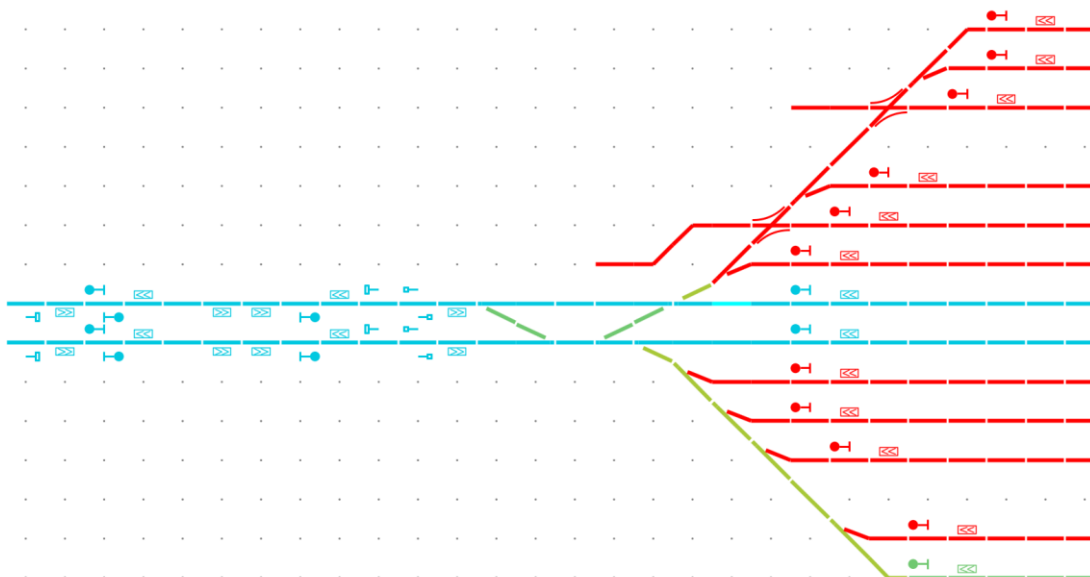
Obrázek 20 SW nástroj – diagram panelu pro analýzu infrastruktury

Jak plyne z předchozích kapitol, prostředí je rozděleno do několika hladin. Každá hladina řeší odlišnou problematiku a některé hladiny se prolínají, takže část práce z jedné hladiny se může zobrazovat také v jiných hladinách. Typickým příkladem jsou právě kolejové segmenty, dle nichž se může uživatel orientovat ve zbylých hladinách. Následující tabulka uvádí úplný výčet hladin a jejich význam.

Tabulka 4 Přehled hladin v prostředí analýzy infrastruktury

Hladina	Význam
Kolejové segmenty	Tvorba schématu a spojování buněk do segmentů
Objekty	Definice objektů do segmentů
SSP (lichý)	Definice rychlostí pro jednotlivé úseky (v obou směrech)
SSP (sudý)	
Sklon (lichý)	Definice hodnot sklonů (v obou směrech)
Sklon (sudý)	
PÚ PZ (liché)	Stanovení přibližovacích úseků přejezdů (v obou směrech)
PÚ PZ (sudé)	
RBS (liché)	Definice radioblokových sekcí a jejich parametrů (v obou směrech)
RBS (sudé)	
Vyhodnocení	Zvýraznění částí, ke kterým byla zjištěna nesrovnalost při vyhodnocení

Následující obrázek obsahuje náhled do hladiny definování hodnot rychlostí pro lichý směr (pro účely zobrazení v dokumentu je původně černé pozadí nahrazeno za bílé). Barevně jsou odlišeny různé hodnoty rychlostí (5 až 160 km/h) a červená barva je vymezena pro doposud nedefinované části.

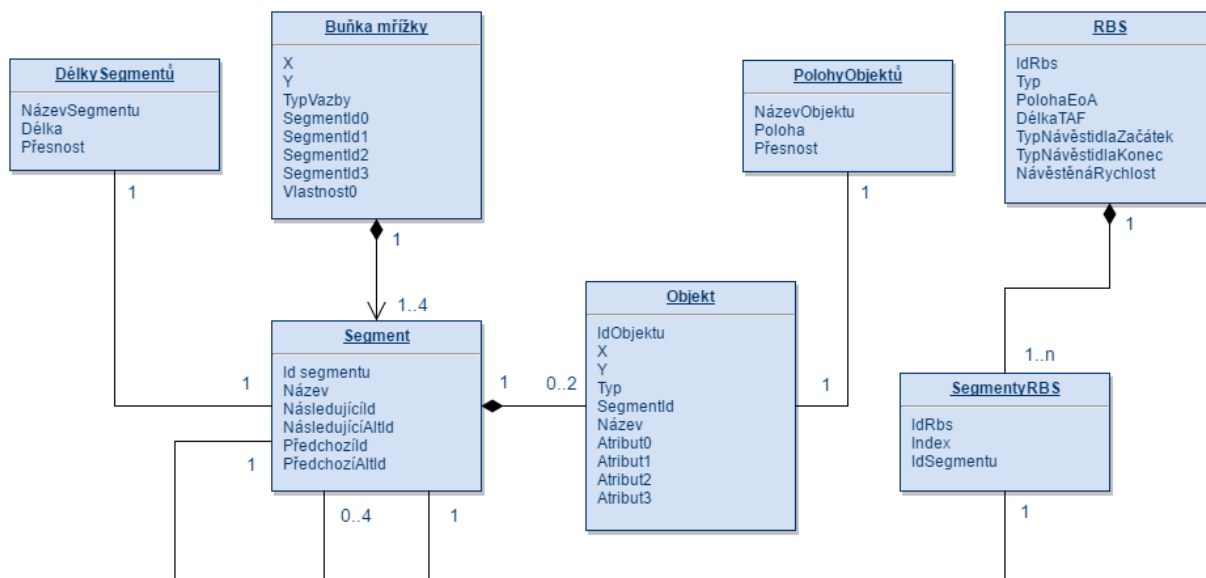


Obrázek 21 SW nástroj – ukázka zobrazení hladiny pro definování rychlosti

6.1.2 Databáze pro uchování referenčních dat

Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly, pro správu a uchovávání dat je použita SQL databáze. Její struktura respektuje potřeby nadřazeného programu, a proto lze říci, že ke každé hladině jsou vytvořeny jedna či více tabulek.

Pro délky segmentů a polohy objektů v rámci nich jsou určeny jiné tabulky, aby tato data byla oddělena od zbytku databáze. Případná data ze zaměření tak mohou být kdykoliv zapsána do databáze za použití kompatibilní knihovny pro SQLite. Tím je položen základ pro možnost snadné spolupráce s případnými jinými SW nástroji, spravujícími zaměření, které bude realizované v rámci postupu ověření. Následující diagram vyobrazuje strukturu tabulek zmíněné databáze.

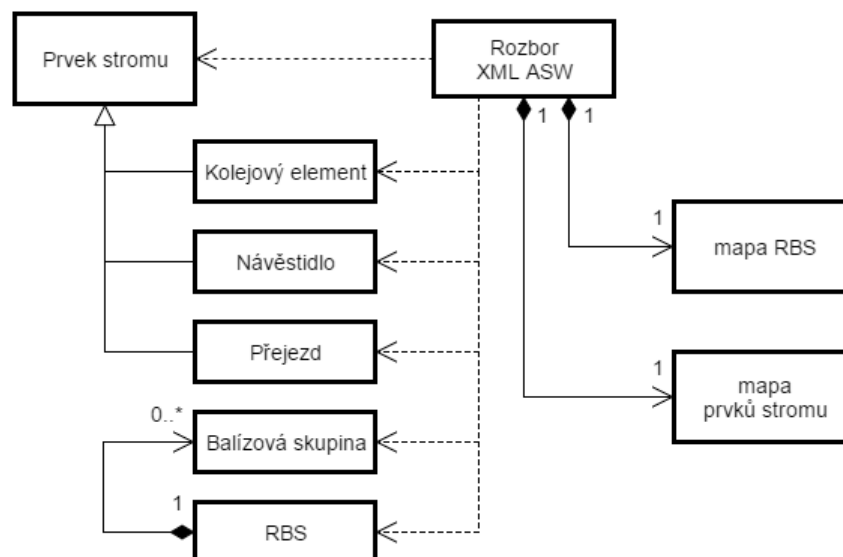


Obrázek 22 SW nástroj – diagram struktury databáze

Databáze má podobu jednoho souboru s příponou *.rasw (Referenční ASW) a program pracuje vždy pouze s jedním takovýmto souborem. Před začátkem práce je nutno vybrat soubor, se kterým chce uživatel pracovat, resp. vytvořit nový, pokud doposud nebyl vytvořen.

6.1.3 Rozbor XML adresného softwaru

Práce se souborem XML adresného softwaru z postupu tvorby (kapitola 3) spočívá v načtení jeho dvou hlavních částí – stromu prvků a radioblokových sekcí – a v rozebrání do příslušných interních datových typů. Načtená a rozebraná data ze souboru jsou uchována pouze do ukončení programu nebo do opětovného načítání. Účelem načítání je zpřístupnění obsahu tohoto souboru části programu pro vyhodnocení, která ho potřebuje ke své činnosti. Následující obrázek obsahuje diagram této části programu, ve kterém je možno vidět závislosti spravující třídy na jednotlivých typech a zároveň mapy, do kterých jsou vkládány nalezené prvky stromu a radioblokové sekce.



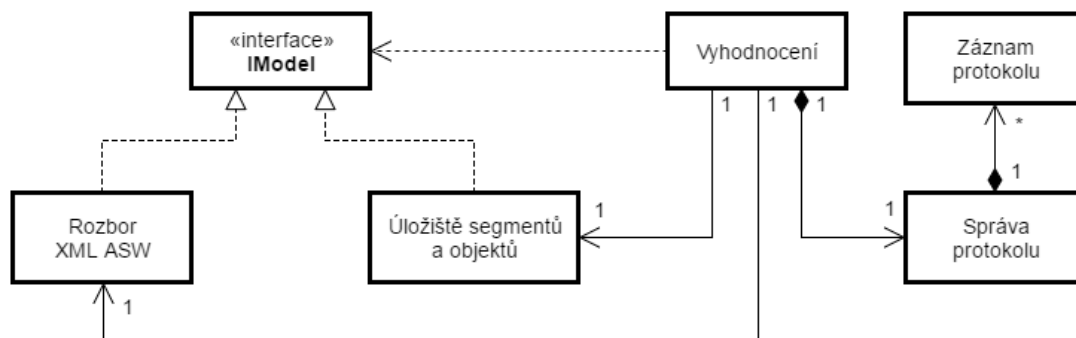
Obrázek 23 SW nástroj – diagram rozboru XML ASW

6.1.4 Algoritmy vyhodnocení

Vyhodnocovací část spočívá v průběžném dotazování jak namapovaných částí XML souboru ASW, tak databáze vytvořených segmentů a objektů. Toto dotazování probíhá přes rozhraní, které implementují třídy, spravující oba zmíněné vstupy do vyhodnocení. Dotazování řídí třída zastřešující toto vyhodnocení, která zároveň vlastní správu textového protokolu, prostřednictvím které vytváří a uchovává záznamy případných nalezených nesrovnalostí.

Zmíněná zastřešující třída prochází (přes jednotné rozhraní) oba vstupy dat s využitím poznatků o procházení dat z kapitoly 5.2 (tzv. Model infrastruktury). To přináší potřebu přizpůsobení načtených dat/databáze příslušnému rozhraní. Toto rozhraní definuje základní funkce jako například žádost o následující či předchozí element, což u rozdílných struktur vede k potřebě vnitřních algoritmů pro identifikaci toho, co je považováno za zmíněný následující či předchozí element.

Procházení dat v rámci vyhodnocení je funkčně nejdůležitější část programu a nelze se spoléhat na to, že případné pochybení bude odhaleno jinou částí programu, jako tomu je u načítání XML souboru a databáze. Proto existují k této části programu i softwarové testy, které nasimulují vybrané vstupy a poté sledují, zda algoritmy vyhodnocení detekují uměle vytvořené nesrovnalosti nebo zda nevynechají nějakou část dat shodně v obou vstupech.



Obrázek 24 SW nástroj – diagram struktury vyhodnocení

6.2 Příklad postupu práce

Pro ilustraci práce v nástroji je zde uveden krátký příklad postupu tvorby referenčních dat v grafickém prostředí. Vytvářené schéma je pouze ilustrační a nereflektuje reálné provedení kolejistiště či principy tvorby a umístování objektů v kolejisti.

6.2.1 Kolejové segmenty

Po otevření programu (případně výběru/vytvoření souboru databáze pomocí tlačítek na hlavní horní liště) se zobrazí hladina pro tvorbu schématu.

Prvním krokem je sestavení schématu kolejistiště pomocí nabízených tvarů na horním panelu. Při umístování jsou kontrolovány návaznosti jednotlivých tvarů a případné chyby (nenavazující konce) jsou zvýrazněny červeně. Schéma by mělo být sestaveno levým koncem k začátku trati (od tohoto konce bude započato při procházení a také od tohoto konce zpravidla začíná obsah XML souboru).

Následně se tvary v jednotlivých buňkách mřížky spojí do segmentů (první volba na horním panelu) postupným výběrem sousedních buněk (jednoduché kliknutí). Výsledné spojení pak tvoří jeden kolejový segment s jedním délkovým parametrem a jedním názvem.



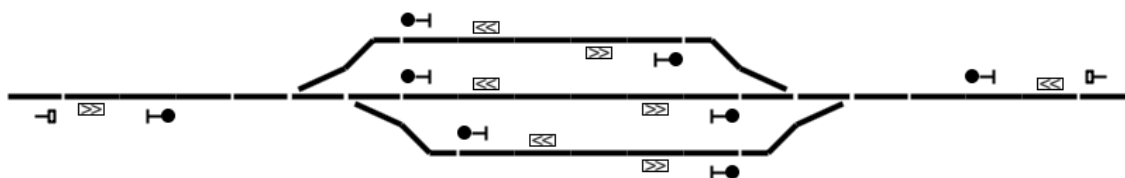
Obrázek 25 Příklad použití SW nástroje – kolejové segmenty

Uživatel má v této hladině dále dostupnou volbu vymazání (červený kříž). Při mazání se smaže vždy celý segment. V pravé části okna jsou po výběru konkrétního segmentu zobrazeny jeho vlastnosti.

6.2.2 Definice objektů

V pravé horní části okna je uživateli dostupný rozevřací seznam jednotlivých hladin, kde přepne hladinu na definici objektů. Po přepnutí se změní obsah horní lišty, kde jsou nyní dostupné jednotlivé objekty (návěstidla, rychlostníky, ...), které je možno umístit opět výběrem tlačítka a kliknutím do žádané buňky mřížky. Do jedné buňky lze umístit až dva objekty, jeden pro každý směr. Umístěný objekt potom náleží do segmentu, který zvolenou buňkou prochází. Definice objektů tak již probíhá přímo do segmentu.

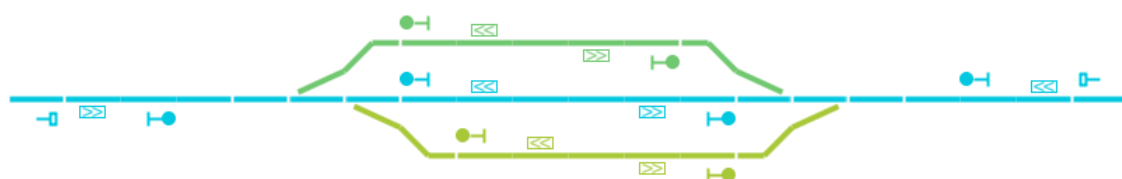
V pravé části okna se po výběru umístěného objektu zobrazí jeho vlastnosti, z nichž některé jsou upravitelné (například název). Speciálním případem je zde výhybka, kde se sice nelze umístit libovolný objekt, ale vyplňuje se tzv. *úsek omezení*. Tento úsek má význam pro definování snížené rychlosti přes výhybku z konstrukčních důvodů (úhel odbočení, úroveň zabezpečení). Každý segment výhybky obsahuje místo začátku a konce tohoto úseku a poloha tohoto místa se určuje od lichého konce segmentu, tzn. „zleva“ při pohledu na zobrazení.



Obrázek 26 Příklad použití SW nástroje – definice objektů

6.2.3 Rychlostní (a sklonové) profily

Po definování objektů, zejména rychlostníků od konců kolejí ve schématu nepokračujících, lze přesunout pozornost na další hladinu, tentokrát na rychlostní a sklonové profily. Na obrázku níže je vyobrazena hladina „SSP (lichý)“ (statický rychlostní profil – lichý).

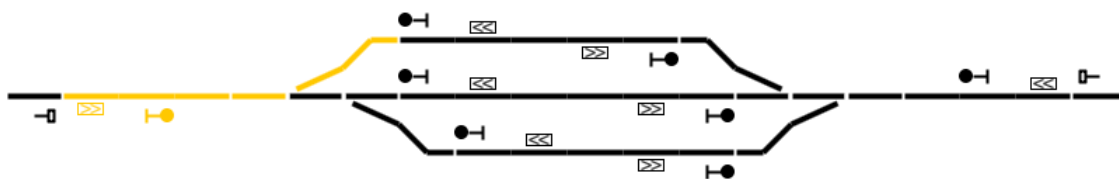


Obrázek 27 Příklad použití SW nástroje – definice rychlostí

V této hladině se uživatel zabývá vyplněním patřičných rychlostí k jednotlivým rychlostníkům a úsekům omezení přes výhybky (v lichém směru). S postupem zadávání se mění barva jednotlivých segmentů z původní červené (pro nedefinovanou rychlost) na jinou barvu dle hodnoty rychlosti. Definice sklonových profilů probíhá obdobně, pouze bez nutné definice v místě výhybky.

6.2.4 Radioblokové sekce

Jedněmi z posledních hladin jsou dvě hladiny pro radioblokové sekce (RBS). Opět jsou odlišeny pro lichý a sudý směr. Zde může uživatel definovat nové RBS na vybraném segmentu (zelená ikona na horní liště) a následně je rozšiřovat o sousední segmenty až do žádaného stavu (obdoba spojování buněk v segmenty). Dále je možno mazat vytvořené RBS (červený kříž). V pravé dolní části okna je dostupný seznam RBS procházejících přes vybraný segment. V něm si uživatel může zvolit konkrétní RBS ze všech vytvořených RBS (v daném směru), do kterých vybraný segment patří.



Obrázek 28 Příklad použití SW nástroje – definice RBS

Radioblokové sekce přebírají rychlostní a sklonové profily, definované v předchozích hladinách. Každá RBS má i další parametry, které lze spravovat na formuláři, který uživatel otevře kliknutím na tlačítko „Detail“ na horní liště (po výběru žádané RBS). Při úpravě rychlosti či sklonu v předchozích hladinách se zároveň upravují i profily jednotlivých RBS. Při individuální potřebě úpravy těchto profilů je nutno zaškrtnout vlastnost „individuální profil“ ve formuláři RBS.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo seznámení se s podklady a metodikou tvorby adresného softwaru (konfigurace) Radioblokové centrály evropského vlakového zabezpečovacího zařízení a zejména navržení metodiky ověření správnosti této konfigurace a realizace identifikovaných klíčových částí této metodiky.

V první části práce byl rozebrán stávající postup tvorby konfiguračních dat a u dílčích částí byly shrnuty jejich vlastnosti. Na těchto poznátcích staví návrh metodiky jejich ověření.

V další části práce byla navržena metodika postupu ověření, která je založena na nezávislosti na stávajícím postupu tvorby. Právě nezávislost je klíčová, protože u postupu tvorby a ani u postupu ověření není zaručena naprostá bezchybnost. Díky nezávislosti lze předpokládat, že při vzniku nějaké chyby bude tato chyba odhalena právě díky rozdílnosti řešení. Cílem navrhované metodiky je vytvoření dalších, referenčních dat, oproti kterým lze stávající konfigurační data vyhodnotit.

Realizace klíčových částí byla provedena formou softwarového nástroje, který obsahuje hlavně interaktivní grafické prostředí pro sestavení schématu kolejíště, definování parametrů jako rychlost, sklon a dalších, které jsou obsaženy v konfiguračních datech a mají vliv na funkci systému. Další klíčovou částí jsou potom algoritmy pro vyhodnocení konfiguračních dat oproti datům z nově navrhovaného postupu ověření. Tento nástroj (v souladu se zadáním) realizuje klíčové části navrhované metodiky.

Tato práce tak přináší nový způsob ověření adresné konfigurace zmíněného železničního zabezpečovacího systému, který má využití v současných či nadcházejících procesech ověřování tohoto systému.

TERMINOLOGIE

Adresný software/konfigurační data: soubor informací o části železniční infrastruktury, sloužící jako vstupní data pro činnost RBC ETCS.

Kolejový element: Nejmenší zaměřovaná část v postupu tvorby ASW (například element větve či hrotu výhybky).

Kolejový segment: nerozvětvená část ověřované infrastruktury, ohraničená izolovaným stykem, počítacím bodem či hrotem jazyka výhybky.

Kolejový úsek: Kolejový obvod či skupina po sobě následujících kolejových obvodů (nebo úsek počítačů náprav).

Objekt: Zařízení, označnický či stavba na železniční infrastruktuře s možností určení polohy v rámci osy významově nejbližší koleje. Pro potřeby určování vzájemných délek existuje objekt začátku a objekt konce prvku infrastruktury.

Ověřovaná infrastruktura: zkoumaná část reálné železniční infrastruktury, rozsahem odpovídající kontrolovanému XML ASW.

Postup ověření: nově navrhované činnosti, metody a nástroje, určené k získání referenčních dat a jejich porovnání s výsledkem postupu tvorby – XML ASW.

Postup tvorby: stávající metody, činnosti a nástroje, sloužící pro prvotní získání adresného softwaru.

Prvek infrastruktury: Obecné označení pro zařízení, označnický či jinou část infrastruktury.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **UNISIG.** ERTMS/ETCS - Class 1 : System Requirements Specifications : SUBSET-026 version 2.3.0 [soubor archivu Set-1-Index004-SUBSET-026+v230.zip obsahující soubory formátu *.doc]. [Online] 24. 2. 2006. [Citace: 25. 3. 2015.] Dostupné z: <http://www.era.europa.com/Document-Register/Pages/UNISIGSUBSET-026.aspx>.
2. **EUROPEAN RAILWAY AGENCY.** ERTMS/ETCS - Class 1 : Interoperability-related consolidation on TSI annex A documents : SUBSET-108 version 1.2.0 [soubor archivu Set-1-Index015-SUBSET-108+v120.zip obsahující soubory formátu *.doc]. [Online] 17. 1. 2008. [Citace: 25. 3. 2015.] Dostupné z: <http://www.era.europa.com/Document-Register/Pages/ERASUBSET-108.aspx>.
3. **INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS.** *ETCS Implementation Handbook*. Paris : Edition Techniques Ferroviaries, Květen 2008. ISBN 2-7461-1499-2.
4. **KNIGHT, J. C.** Safety Critical Systems: Challenges and Directions. *International Conference on Software Engineering, Orlando, FL, May, 2002*. [Online] Orlando, FL, 2002. [Citace: 5. 4. 2016.] Dostupné z: <http://users.encs.concordia.ca/~ymzhang/courses/reliability/ICSE02Knight.pdf>.
5. **AŽD Praha s.r.o.** *RBC ETCS – Pokyny pro projektování ASW RBC verze 1.07*. AŽD Praha s.r.o., 2014. Neveřejný dokument.
6. —. *RBC ETCS – Pokyny pro zaměřování objektů pro ETCS verze 1.04*. AŽD Praha s.r.o., 2014. Neveřejný dokument.
7. —. *RBC ETCS – Postup při tvorbě specifické aplikace RBC ETCS verze 1.01*. AŽD Praha s.r.o., 2014. Neveřejný dokument.
8. **ERA ERTMS UNIT.** *Assignment of values to ETCS variables, version 1.16*. 2015.
9. **Oracle Corporation.** *Java*. [Online] Oracle Corporation, 2016. [Citace: 2. 5. 2016.] Dostupné z: <http://www.java.com>.

10. **SQLite**. About SQLite. *SQLite*. [Online] 2016. [Citace: 3. 5. 2016.] Dostupné z: <https://www.sqlite.org/about.html>.
11. **Oracle Corporation**. *NetBeans IDE*. [Online] Oracle Corporation, 2016. [Citace: 3. 5. 2016.] Dostupné z: <https://netbeans.org/features/index.html>.
12. **ARLOW, Jim a NEUSTADT, Ila**. *UML 2 a unifikovaný proces vývoje*. Brno : Computer Press, a. s., 2007. ISBN 978-80-251-1503-9.
13. **AŽD Praha s.r.o.** *RBS ETCS – Specifikace systémových požadavků na traťovou část ETCS L2 : SRS ETCS L2 verze 1.03*. AŽD Praha s.r.o., 2014. Neveřejný dokument.
14. **ČSN ISO 690**. *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2011. Třídící znak 01 0197.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 <i>Povinné předpony názvů proměnných jazyka ETCS</i>	14
Tabulka 2 <i>Příklad konfigurační tabulky</i>	23
Tabulka 3 <i>Příklad specifikace statického rychlostního profilu</i>	26
Tabulka 4 <i>Přehled hladin v prostředí analýzy infrastruktury</i>	43

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 <i>ERTMS/ETCS Level 2</i>	12
Obrázek 2 <i>Struktura oprávnění k jízdě (MA), pakety 15, 21 a 27</i>	15
Obrázek 3 <i>Zjednodušené blokové schéma tvorby a ověření ASW RBC</i>	17
Obrázek 4 <i>Souhrn vybraných činností při tvorbě ASW</i>	21
Obrázek 5 <i>Příklad průběhu statického rychlostního profilu</i>	26
Obrázek 6 <i>Rozlišení kroků analýzy infrastruktury do hladin</i>	29
Obrázek 7 <i>Kolejové segmenty jednoduché výhybky</i>	30
Obrázek 8 <i>Kolejové segmenty křižovatkové výhybky</i>	30
Obrázek 9 <i>Vztažení polohy objektu ke kolejovému segmentu</i>	33
Obrázek 10 <i>Sloučení dat z více zaměření – průnik</i>	34
Obrázek 11 <i>Sloučení dat z více zaměření – sjednocení</i>	35
Obrázek 12 <i>Blokové schéma vyhodnocení</i>	36
Obrázek 13 <i>Model procházení dat („sítě uzlů“) – výchozí bod</i>	38
Obrázek 14 <i>Model procházení dat – alternativní elementy v místě rozvětvení</i>	38
Obrázek 15 <i>Příklad dvou objektů se shodnou polohou</i>	39
Obrázek 16 <i>Příklad identifikace různě dělené shodné části při vyhodnocování</i>	39
Obrázek 17 <i>SW nástroj – diagram hlavních částí</i>	42
Obrázek 18 <i>SW nástroj – lišta výběru tvaru části kolejiště</i>	42
Obrázek 19 <i>SW nástroj – buňky a kvadranty</i>	42
Obrázek 20 <i>SW nástroj – diagram panelu pro analýzu infrastruktury</i>	43
Obrázek 21 <i>SW nástroj – ukázka zobrazení hladiny pro definování rychlostí</i>	44
Obrázek 22 <i>SW nástroj – diagram struktury databáze</i>	45
Obrázek 23 <i>SW nástroj – diagram rozboru XML ASW</i>	46
Obrázek 24 <i>SW nástroj – diagram struktury vyhodnocení</i>	47
Obrázek 25 <i>Příklad použití SW nástroje – kolejové segmenty</i>	47
Obrázek 26 <i>Příklad použití SW nástroje – definice objektů</i>	48
Obrázek 27 <i>Příklad použití SW nástroje – definice rychlostí</i>	48
Obrázek 28 <i>Příklad použití SW nástroje – definice RBS</i>	49

SEZNAM ZKRATEK

ASW – Adresný software

DP – Danger Point (bod ohrožení)

EoA – End of Authority (konec oprávnění)

ERTMS – European Railway Traffic Management System (Evropský systém řízení železniční dopravy)

ETCS – European Train Control System (Evropský vlakový zabezpečovací systém)

GP – Gradient Profile (sklonový profil)

KE – Kolejový element

KS – Kolejový segment

KÚ – Kolejový úsek

MA – Movement Authority (Oprávnění k jízdě)

PZ – Přejezdové zabezpečovací zařízení

RBC – Radio Block Centre (Radiobloková centrála)

RBS – Radiobloková sekce

SQL – Structured Query Language (strukturovaný dotazovací jazyk)

SSP – Static Speed Profile (statický rychlostní profil)

TAF – Track Ahead Free (volnost trati před vlakem)

SEZNAM PŘÍLOH NA CD

Příloha A	Přehled základních relací mezi třídami (UML)
Příloha B	Zdrojové soubory SW nástroje
Příloha C	Binární soubory SW nástroje
Příloha D	Ukázkový konfigurační soubor XML
Příloha E	Ukázková databáze se schématem odpovídajícím obsahu XML