

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802T007 – Informační technologie

## **Implementace konfigurovatelného simulátoru železničního provozu**

**Diplomová práce**

Autor: **David Flanderka**

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jiřina Královcová, Ph. D.

Konzultant:

V Liberci 16. 5. 2008

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucí diplomové práce a konzultantem.

Datum 16. 5. 2008

Podpis

## **Abstrakt**

Práce se zabývá tvorbou funkční simulace železničního provozu s možností konfigurace řízené oblasti i jízdního řádu. Cílem práce byla tvorba počítačových aplikací, které dokážou v reálném čase simulovat řízení provozu železniční stanice nebo skupiny stanic a umožňují tvorbu a úpravu řízených stanic a jízdních řádů. Výsledkem práce je trojice počítačových programů, z nichž jeden byl vytvořen jako zcela nový a pro tvorbu zbývajících dvou byly použity existující aplikace, která byly pro potřeby práce přepracovány. Písemná zpráva popisuje systémy zabezpečovacích zařízení používaných na našich tratích, porovnává existující české simulátory železničního provozu. Součástí je také postup tvorby programů a stručný návod pro jejich uživatele.

***Klíčová slova:** železnice, simulace, software, zabezpečovací zařízení*

## **Abstract**

The work engages in creation of function simulation of railway traffic with possibility of configuration controlled area and timetable. The aim of work was creation of computer applications which can simulate traffic control in one or a few railway station in real time and make possible creation or modification controlled stations and timetables. Three-ply computer programs are produce of work. One of them is create as new program and for next two was used existing applications which were remade for needs of work. Written analysis describes to systems of interlocking plants used on Czech lines and compares existing Czech simulators of railway traffic. Technique of programs creation and simple instruction for users of programs are constituent too.

***Keywords:** railway, simulation, software, interlocking plant*

# Obsah

<b>Zadání diplomové práce</b>	<b>2</b>
<b>Prohlášení</b>	<b>3</b>
<b>Abstrakt</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>Obsah</b>	<b>5</b>
<b>Seznam zkratek</b>	<b>7</b>
<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>1 Zabezpečovací zařízení</b>	<b>10</b>
1.1 Staniční zabezpečovací zařízení	10
1.2 Traťová zabezpečovací zařízení a tratě bez zabezpeč. zařízení	11
1.3 Dálkově ovládané zařízení (DOZ)	12
<b>2 Existující simulátory dopravního provozu</b>	<b>13</b>
2.1 Simulátor Gordikon	13
2.2 Simulátory série Multi	14
2.2.1 Simulátory Multikon a Multi-1	14
2.2.2 Simulátor Multi-2	15
2.2.3 Simulátor Multi-3	15
2.2.4 Simulátor Multi-4	16
2.3 Simulátor Staničář	16
2.4 Simulátor železničního uzlu Brno	17
2.5 Windemo SZZ AŽD Praha	17
2.6 Simulátor železniční stanice Liberec	18
2.7 Simulátory Erwes	19
2.7.1 RWS Děčín východ	19
2.7.2 RWS Jarošov	20
2.7.3 Erwes Edice 081	20
2.8 Srovnání simulátorů	21
<b>3 Tvorba konfigurovatelného simulátoru</b>	<b>23</b>
3.1 Přehled a vzájemná návaznost vytvořených programů	23
3.2 Simulátor železničního provozu	24
3.2.1 Náhrada specifických komponent vytvořených pro simulaci žst. Liberec	24
3.2.2 Nové komponenty použité v simulaci	26
3.2.3 Změna hierarchie objektových tříd používaných komponent	26
3.2.4 Úprava přestavování výhybek, stavby jízdních cest a volby rizikových funkcí	28
3.2.5 Posun ve stanici a staniční zálohy	30
3.2.6 Simulace s více ovládanými stanicemi, dvoukolejná tratě	30
3.2.7 Výběr simulace a jízdního řádu	31
3.2.8 Další úpravy provedené v programu	32
3.3 Editor jízdních řádů	33
3.4 Tvorba stanice	34
3.4.1 Vytváření kolejiště – přidávání a odebrání komponent	34
3.4.2 Nastavování údajů komponent	36
3.4.3 Propojování komponent	37
3.4.4 Posouvání a otáčení komponent	38
3.4.5 Spuštění programu	39
3.4.6 Projekty simulací	40

3.4.7 Tvorba datových souborů	41
3.5 Datové soubory stanic a jízdních řádů	42
<b>4 Popis programů</b>	<b>44</b>
4.1 Nové prvky v Simulátoru železničního provozu	44
4.2 Návod pro obsluhu programu Tvorba stanice	44
4.2.1 Spuštění programu	45
4.2.2 Přidávání a odebírání prvků kolejiště	45
4.2.3 Editace prvků kolejiště	46
4.2.4 Propojování prvků kolejiště, pohyb a umístění prvků na ploše	48
4.2.5 Projekty simulací	49
4.2.6 Tvorba souborů stanice	50
4.3 Vytvořené simulace	50
<b>Závěr</b>	<b>51</b>
<b>Použitá literatura</b>	<b>52</b>
<b>Přílohy</b>	<b>53</b>
Příloha A – Vzhled jednotlivých oken aplikace Tvorba stanice	53
Příloha B – Struktura datových souborů	56

## **Seznam zkratek**

V diplomové práci je použito mnoho zkratek především z oblasti železnice. Účelem této kapitoly je zachytit jejich přehled.

**ČD** – České dráhy, a. s.

**ČSD** – Československé státní dráhy

**DOZ** – dálkově ovládané zařízení

**GVD** – grafikon vlakové dopravy

**PZZ** – přejezdové zabezpečovací zařízení

**SZZ** – staniční zabezpečovací zařízení

**ZTP-JOP** – Základní technické požadavky - Jednotné obslužné pracoviště, interní předpis ČD (viz. [10])

## Úvod

Historie železnic se píše již více než dvě stovky let od okamžiku, kdy byla v Anglii zkonstruována první parní lokomotiva. Byla pohaněna velmi složitým mechanismem a zpočátku neměla příliš velkou naději na úspěch. Zhruba dvě desítky let hledali konstruktéři vhodné uspořádání pohonu a parní lokomotivy byly využívány jen v několika málo průmyslových závodech na uzavřených drahách.

Za skutečného tvůrce parní lokomotivy je považován George Stephenson. Na scéně se objevil v roce 1814, kdy představil svou první lokomotivu Mylord. Ve 20. letech 19. století založil v anglickém městě Newcastle lokomotivní továrnu, která dodávala lokomotivy i pro první veřejnou železniční dráhu světa Stocton – Darlington.

Vlaky zde v pravidelném provozu dosahovaly rychlosti až 36 km/h. Byl to právě George Stephenson, který si uvědomil, že je nutno stanovit pravidla po provoz. Vznikly tak první předpisy a první návěstní soustavy.

V Rakousko-Uherské monarchii byly první návěsti převzaty z koněspřežné dráhy České Budějovice – Linz. Jednalo se o údery staničních zvonů a návěstidla s praporcem, později přibyla i návěstidla označující směr přestavení výhybek a praporce byly nahrazeny barevnými koši. Na bezpečnost provozu v mezistaničních úsecích dohlíželi strážníci tratí. Jejich stanoviště od sebe byla vzdálena asi 1 km tak, aby měli dobrý výhled na trať i stanoviště sousedních strážníků.

V 50. letech 19. století vznikla distanční návěstidla, která dovozovala nebo zakazovala vjezd vlaku do stanice. V souvislosti s rozvojem elektrotechniky mohla být tato návěstidla ovládána ústředně z kanceláře výpravčího.

V závěru 19. století začala být používána hlavní návěstidla (stožár s jedním nebo více pohyblivými rameny) a samostatné předvěsti, které informovaly o tom, zda je hlavní návěstidlo v poloze stůj nebo volno. V roce 1928 bylo u ČSD poprvé použito světelné návěstidlo.

V souvislosti s rozvojem hlavních návěstidel vznikaly i staniční a traťové zabezpečovací systémy, které měly za úkol zabránit selhání lidského činitele a zjednodušit práci ve stanici. Mezi tyto systémy patří elektromechanické, elektrodynamické, reléové, elektronické a další typy zabezpečovacích zařízení.

Od devadesátých let minulého století začaly vznikat simulátory řízení železničního provozu, které mohou běžet na běžných osobních počítačích. Tyto

simulátory našly uplatnění při výcviku řízení dopravního provozu. Tvorba takového simulátoru se stala cílem této diplomové práce.

Tato zpráva popisuje tvorbu počítačových aplikací, které umožňují simulovat řízení provozu v různých železničních stanicích. Zahrnuje popis tvorby programů i jednoduchý návod pro uživatele. Současně srovnává existující simulátory železničního provozu a stručně popisuje významné typy zabezpečovacích zařízení používaných na našich tratích. Terminologie používaná v textu respektuje interní dokumenty ČD.

Vlastní text se člení do čtyř základních kapitol. V první z nich je stručně shrnuta historie a současnost vývoje staničních a traťových zabezpečovacích zařízení na našich tratích. Druhá kapitola porovnává existující simulátory železničního provozu. Ve třetí kapitole je popsána tvorba počítačové aplikace pro simulaci železničního provozu a dvojice programů, která umožňuje konfigurovatelnou simulaci. Čtvrtá kapitola představuje programy z pohledu uživatele, tedy seznamuje jej se vzhledem programu a některými funkcemi ovládání.



# 1 Zabezpečovací zařízení

Počátky provozu na železnici byly doprovázeny poměrně značným počtem nehod. V souvislosti s nárůstem rychlostí a počtu vlaků bylo nutné vytvořit systémy, které zabrání chybám a omylům zaměstnanců drah, tzv. zabezpečovací zařízení (viz. [4]). Nejprve vznikala staniční a traťová zabezpečovací zařízení, později byla vytvořena přejezdová zabezpečovací zařízení. Poslední skupinou jsou vlaková zabezpečovací zařízení, která kontrolují činnost strojvedoucího.

## 1.1 Staniční zabezpečovací zařízení

Nejstarším typem zabezpečovacích zařízení jsou zařízení staniční. První takový systém byl uveden do provozu v Anglii v roce 1856 (viz. [5]) a umožňoval centrální ovládání výhybek a návěstidel. Postupně tato zařízení pronikala i do kontinentální Evropy a byla zdokonalována.

První systémy byly zaváděny na stavědla (stanoviště výhybkářů). Umožňovaly přestavování výhybek pomocí tyčí a pák, které později vystřídaly drátová táhla s otočnými kladkami. Kontrola vzájemné polohy výhybek a návěstidel byla prováděna pomocí mechanického registru. Proto je tento systém označován jako *mechanické zabezpečovací zařízení*.

Na konci 19. století začala být používána *elektromechanická zabezpečovací zařízení*, která ke kontrole používala i elektronické prvky a umožňovala součinnost s traťovými zabezpečovacími zařízeními. Významnou osobností v této oblasti se stal ing. Rank. Na počátku 20. století navrhl jednotný vzor elektromechanického stavědla, kterým bylo v následujících letech vybaveno více než 1000 stanic na území ČSR. Mechanická a elektromechanická zabezpečovací zařízení jsou používána na mnoha stanicích do dnešních dnů.

Pro velké stanice s velkým počtem výhybek a návěstidel vznikaly systémy, jež měly zjednodušit práci obsluhy. K pohonu bylo využíváno stlačené kapaliny, stlačeného vzduchu nebo elektřiny. Tyto systémy byly označovány jako *hydraulické, pneumatické, elektrohydraulické, elektropneumatické* apod.

V závěru 19. století bylo vytvořeno *elektrodynamické zabezpečovací zařízení*. Uplatnilo se především ve velkých stanicích na hlavních tratích (u nás např. Přerov, Olomouc). Dnes se však s tímto zařízením v provozu nesetkáme.

Od 30. let 20. století byl zahájen vývoj *reléových zabezpečovacích zařízení*. Tento systém je schopen automaticky zjišťovat volnost kolejových úseků, čímž vylučuje omyl zaměstnanců dopravní služby a zabraňuje výpravě vlaku na obsazenou trať nebo vjezdu na obsazenou kolej. Volnost kolejových obvodů i kontrola závislosti výhybek a návěstidel je prováděna pomocí relé. V Československu bylo první reléové zařízení instalováno v roce 1950 ve stanici Chrást u Chrudimi a v současnosti patří tento systém v oblasti zabezpečovacích zařízení k nejdůležitějším.

Od konce 80. let jsou do provozu uváděna *elektronická zabezpečovací zařízení*, které využívá relé pouze ke kontrole volnosti kolejových obvodů. Závislost výhybek a návěstidel je zjišťována elektronicky. K zobrazení prvků v kolejišti je použit monitor počítače a ovládání tohoto zařízení se provádí zadáváním povelů pomocí klávesnice a myši. Tento moderní systém může být doplněn o některé nadstavbové prvky, kterými jsou např. přenos čísla vlaku, automatické vedení dopravní dokumentace apod.

## 1.2 Traťová zabezpečovací zařízení a tratě bez zabezpeč. zařízení

Účelem traťových zabezpečovacích zařízení je zabránit výpravě vlaků ze sousedních stanic proti sobě a řídit jízdu vlaků jedoucích ve stejném směru. V počátcích provozu závisela bezpečnost provozu pouze na zaměstnancích řídicích provoz. I když na některých vedlejších tratích funguje obdobný systém dodnes, na většině tratí jsou používány různé typy zabezpečovacích zařízení.

Významným mezníkem ve vývoji traťových zabezpečovacích zařízení se stal rok 1870, kdy Karl Frischen vynalezl *hradlový závěr* na střídavý proud, který umožňuje zabezpečit jízdu pro vlaky následné i protisměrné. Ke kontrole volnosti traťových úseků slouží kromě hradlových i *reléové systémy*. Podle stupně zabezpečení se traťová zabezpečovací zařízení dělí do několika skupin.

- ***Poloautomatický blok*** zabraňuje vypravení vlaků proti sobě. Toto zařízení vyžaduje součinnost obsluhujících zaměstnanců. Podle použité technologie se poloautomatický blok dělí na hradlový a reléový. Směr jízdy vlaku se řídí traťovým souhlasem, který má udělen vždy jeden z výpravčích sousedních stanic. Je-li třeba vypravit vlak ze stanice, která nemá udělen traťový souhlas, vyzve výpravčí sousední stanici k udělení souhlasu (telefonicky nebo obsluhou zabezpečovacího zařízení). Pro rozdělení mezistaničního úseku zabezpečeného poloautomatickým blokem na dva nebo více prostorových oddílů slouží **hradlo**.

- **Automatické hradlo** je obousměrné traťové zabezpečovací zařízení. Zabraňuje jízdě vlaků proti sobě a řídí jízdu vlaků jedoucích ve stejném směru. Pokud je mezistaniční úsek rozdělen oddílovými návěstidly na více prostorových oddílů, je činnost těchto návěstidel automatická.
- **Automatický blok** funguje shodným způsobem jako automatické hradlo. Navíc umožňuje přenos návěstních znaků na hnací vozidla, která jsou vybavena vlakovým zabezpečovačem.

Na tratích bez zabezpečovacího zařízení se jízdy vlaků řídí telefonickým dorozumíváním mezi výpravčími sousedních stanic. V případě rozdělení mezistaničního úseku na dva prostorové oddíly je mezi těmito oddíly zřízena **hláska**. Zvláštní skupinu pak tvoří tratě se zjednodušeným řízením drážní dopravy podle předpisu ČD D3 (viz. [9]).

### 1.3 Dálkově ovládané zařízení (DOZ)

System dálkově ovládaného řízení (dále DOZ) umožňuje řídit provoz několika stanic (nebo celé trati) z jednoho stanoviště jedním nebo několika zaměstnanci dopravní služby. DOZ umožňuje bez kolejových úprav zvýšit propustnost a efektivnost provozu na takto provozovaných tratích.

V Československu byl první systém DOZ uveden do provozu v roce 1967 v rámci centralizace trati Plzeň – Cheb. Druhým takto provozovaným úsekem se až v roce 1989 stala trať Praha – Kralupy nad Vltavou. Do konce roku 2006 byly DOZ vybaveny ještě tratě Plzeň – Žatec, Karlovy Vary – Kadaň a Přerov – Břeclav.

## 2 Existující simulátory dopravního provozu

S rozvojem výpočetní techniky a s rozšířením počítačů do všech oblastí lidského života začaly v posledních desetiletích vznikat počítačové simulátory železničního provozu, které mohou být používány např. jako trenažery. Následující kapitola přináší stručný přehled a srovnání typických českých simulátorů řízení železničního provozu.

### 2.1 Simulátor Gordikon

Simulátor Gordikon patří k nejstarším, ale současně k nejpropracovanějším simulátorům železniční dopravy. Jeho vývoj byl zahájen v devadesátých letech a ukončen v březnu 2001 vydáním verze 2.13. Předmětem testování se stala verze 1.9. Simulátor je volně ke stažení (viz. [18]) a jeho autorem je Jan Konrád. Nevýhodou tohoto simulátoru je především fakt, že běží na platformě MS-DOS.

Program simuluje provoz v železničním uzlu Bohumín, který patří k největším uzlům v České republice. Uživatel řídí provoz v obvodu bohumínského osobního nádraží a dvou přednádraží. K ovládání stanice je použito elektronické stavědlo s přenosem čísel vlaků, což je moderní elektronické zabezpečovací zařízení.

Simulátor umožňuje nastavit v úvodním menu základní parametry simulace, tedy čas startu, frekvenci nákladních vlaků (lze měnit i za běhu), vliv sousedních obvodů a simulaci technických poruch zabezpečovacího zařízení. Pro podporu uživatele za běhu programu slouží funkce doprovodných zvuků, diagnostiky návěstí a grafikonu obsazení kolejí, které lze libovolně zapínat a vypínat za běhu simulace. Nevýhodou je pevně daná rychlost běhu simulace.

Za běhu simulace provádí program bodové hodnocení. Uživatel získává určité bodové ohodnocení za každý vlak, který projíždí stanicí (počet bodů se liší podle druhu vlaků), naopak za zpoždění vlaku či chybný směr odjezdu jsou body odečítány. Kromě celkového počtu bodů pak program zobrazuje také průměrný počet bodů získaný za jednu minutu běhu simulace.

Tento simulátor pracuje s jedním jízdním řádem (pro 24 hodin) a po uplynutí této doby se ve stanici opakuje stejná situace. Z hlediska práce s vlaky provádí uživatel pouze objíždění souprav obratových vlaků lokomotivou a přepráhy lokomotiv u vybraných nákladních vlaků. Vlakotvorba (tedy sestava a rozřazování vlaků) probíhá v sousedních obvodech. Správná činnost uživatele však může mít vliv na rychlost práce v těchto obvodech (viz. nastavení vlivu sousedních obvodů v úvodním menu).

## 2.2 Simulátory série Multi

Simulační programy série Multi navazují na simulátor Gordikon. Mají stejného autora, jsou volně dostupné (viz. [18]) a běží na platformě MS-DOS. Do série patří pět simulátorů vydaných v letech 2004 až 2007, které mají mnoho společných znaků.

Programy simulují dálkové řízení provozu ucelených tratí či železničních uzlů, a to buď fiktivních, nebo skutečných. Simulovaným zařízením je opět elektronické stavědlo. Úvodní nastavení i změny parametrů simulace se provádějí pomocí hlavního menu, které je dostupné při startu programu i za běhu simulace<sup>1</sup>.

Simulátory Multi umožňují volit čas startu simulace, den v týdnu, rychlost běhu simulace a frekvenci nákladních vlaků. Programy jsou doplněny o podpůrné funkce doprovodných zvuků a diagnostiky návěstí, umožňují volbu poruch přestavování výhybek a volbu ‚správkové vozy‘ (několik staničních kolejí obsazeno správkovými vozy). Velmi zajímavá je i možnost uložení probíhající simulace při ukončení běhu programu a její opětovné načtení při příštím spuštění.

Novými funkcemi v simulátorech Multi je použití zásobníku vlakových cest a možnost vyvolání menu návěstidla. Program rovněž zohledňuje časovou prodlevu při přestavování výhybek. Nevýhodou simulací je z hlediska uživatele především velikost seznamu zobrazujícího informace o vlacích, který zobrazuje maximálně 18 vlaků, což je v dopravních špičkách nedostačující.

Programy pracují s jedním jízdním řádem (pro 24 hodin), který však na rozdíl od programu Gordikon rozlišuje dny v týdnu nastavované v hlavním menu před startem simulace (zpravidla se nepatrně liší jízdni řád v pracovních dnech a o víkendu). Kromě řízení jízd vlaků se v simulacích provádí objíždění souprav lokomotivou u obrátových vlaků a připojování nebo odpojování postrkových lokomotiv u některých vlaků ve vybrané stanici. Bodové hodnocení činnosti uživatele je velmi obdobné jako u simulátoru Gordikon.

Mezi programy Multi patří, jak bylo uvedeno výše, pět simulátorů. Pro každý z nich je vytvořen samostatný počítačový program.

### 2.2.1 Simulátory Multikon a Multi-1

Jedná se o dvojici simulátorů dálkového řízení fiktivních oblastí. Tyto oblasti tvoří vždy dvoukolejná hlavní trať a vedlejší jednokolejná trať. Obě simulace se liší

---

<sup>1</sup> Za běhu simulace nelze měnit čas startu a některé další parametry.

počtem stanic, jejich uspořádáním a velikostí a počtem odbočujících vleček a vedlejších tratí, které nejsou součástí řízené oblasti. Názvy stanic zvolil autor podle zajímavých přírodních a historických míst v ČR.

V programu **Multikon** leží na hlavní dvoukolejné trati osm stanic a jedna odbočka, na vedlejší jednokolejce se nachází tři stanice a dvě výhybny. Stanice a výhybny mají menší počet dopravních kolejí (4 až 6 na hlavní a 2 nebo 3 na vedlejší trati). Kromě uvedené jedno a dvoukolejné tratě vycházejí z řízené oblasti ještě dvě jednokolejky určené pouze pro nákladní vlaky.

Řízená oblast programu **Multi-1** je tvořena pěti stanicemi, výhybnou, odbočkou a vlečkou zaústěnou do širé trati na dvoukolejce a dvěma stanicemi na odbočné jednokolejné trati. Stanice jsou s větším počtem dopravních kolejí (maximálně 9, vždy však alespoň 3). Dále jsou do řízené oblasti zaústěny tři jednokolejné tratě, které slouží hlavně pro nákladní vlaky.

### **2.2.2 Simulátor Multi-2**

Tento program simuluje dálkové ovládání řízení tratě Plzeň – Cheb, první tratě v Československu, na které bylo takové zařízení použito (viz. kapitola 1.3). Vychází tedy z reálné provozní situace. Tato trať je z velké části jednokolejná a vyznačuje se velkým počtem stanic s malou vzdáleností mezi nimi. Řízená oblast je tvořena celkem 19 stanicemi a výhybnami, z nichž mnoho je tvořeno jen dvěma či třemi kolejemi a určeno pouze pro křižování vlaků. Největší stanicí na trati jsou Mariánské Lázně. Ze čtyř stanic (Mariánské Lázně, Planá, Svojsín a Pňovany) odbočují vedlejší tratě se slabým provozem. Provoz na trati Plzeň – Cheb je naopak velmi silný.

### **2.2.3 Simulátor Multi-3**

Simulátor Multi-3 rovněž vychází ze skutečné trati a umožňuje dálkové řízení šesti stanic na trati Praha – Kolín (konkrétně stanice Běchovice, Úvaly, Český Brod, Poříčany, Pečky a Velím). Z pražského uzlu vstupují do běchovické stanice dvě dvoukolejné tratě od Libně a Malešic. Z Běhovic pokračuje trať jako tříkolejná do Poříčan a dále jako dvoukolejka do Kolína. Z Poříčan odbočuje jednokolejná trať do Nymburka, na níž je, stejně jako na trati Praha – Kolín, velmi hustý provoz. Z Peček vychází vedlejší trať, po které jezdí denně jen několik vlaků, a z Velimi odbočuje vlečka Železničního zkušebního okruhu.

#### **2.2.4 Simulátor Multi-4**

Tento program simuluje provoz v železničním uzlu Brno. Uživatel řídí provoz v několika stanicích a odbočkách. Provoz je zde velmi silný. Nákladní vlaky a soupravy končících a výchozích osobních vlaků předává, resp. přebírá z příslušných nákladních a odstavných nádraží. Provoz v uzlu Brno je velmi silný. Simulátor Multi-4 se od svých předchůdců série Multi liší v některých detailech (především v grafickém provedení některých prvků kolejiště).

### **2.3 Simulátor Staničář**

Vývoj programu Staničář (viz. [19]) byl zahájen v roce 2001. Hlavním impulsem byla snaha vytvořit simulátor, který pracuje pod operačním systémem Windows. Autorem Staničáře je Jan Čihák, který v současné době spolupracuje na jeho vývoji s několika dalšími spoluautory. Nejnovější verze 2.2 byla vydána v prosinci 2006 a existuje v mutacích pro OS Windows a Linux.

Program Staničář je univerzálním simulátorem a umožňuje uživateli volbu řízené oblasti, případně i jízdního řádu. Po spuštění programu se zobrazí start menu s nabídkou simulací. V případě on-line připojení je možné načíst řízenou oblast přímo z webových stránek Staničáře, v opačném případě je třeba provést stažení a nahrání příslušných souborů podle návodu k programu.

On-line načtení simulace umožňuje u některých řízených oblastí i hru po síti, kdy několik uživatelů řídí provoz sousedních stanic (případně oblastí) a vzájemně se ovlivňují (např. pořadí vjezdu vlaků). Tato situace ještě více připomíná reálnou situaci při řízení železničního provozu.

Při spuštění v off-line režimu dochází po ukončení simulace k automatickému uložení aktuální dopravní situace a při příštím spuštění programu je možné její načtení.

Program simuluje elektronické stavědlo. Použité symboly odpovídají zásadám pro Jednotné obslužné pracoviště ČD, specifikované předpisem ČD ZTP-JOP. Starší verze simulátoru používaly dvě verze zobrazení. Kromě verze JOP se jednalo o verzi zobrazení Staničář, které více zvýrazňovalo některé významné prvky kolejiště a umožňovalo volbu zobrazení některých symbolů.

Simulátor Staničář je průběžně zdokonalován a jsou přidávány nové prvky kolejiště. Kromě základních funkcí, které realizují jízdu vlaků a posun umožňuje přístup k jednotlivým komponentám kolejiště (např. přestavování výhybek, zavádění a rušení

výluk kolejí apod.). Významným přínosem programu je mj. i možnost simulace funkcí přejezdových zabezpečovacích zařízení, která v reálném provozu výrazně ovlivňují čas přípravy vlakových a posunových cest.

Program umožňuje uživateli nastavování mnoha parametrů (zajímavá je například možnost nastavení tloušťky čar zobrazujících koleje a velikosti písma). Velký přínos má i podrobná nápověda k programu. Staničář umožňuje i tvorbu nových a konfiguraci stávajících řízených oblastí a tvorbu jízdnicích řádů. Pro tvorbu stanic slouží program Builder a pro úpravu jízdnicích řádu Stag. Oba jsou samostatnými počítačovými programy a jsou rovněž volně ke stažení na webových stránkách Staničáře.

## **2.4 Simulátor železničního uzlu Brno**

Simulátor železničního uzlu Brno byl prvně uveřejněn v roce 2005. Jedná se o plně funkční simulaci, jejíž vývoj však stále probíhá a je doplňována o nové funkce. Program je volně ke stažení na webových stránkách simulátoru (viz. [20]) a pracuje pod operačním systémem Windows.

Jako simulované zařízení je použito elektronické stavědlo a grafické zobrazení jednotlivých prvků kolejiště je převzato z předpisu ČD ZTP-JOP. V simulátoru je zpracován celý železniční uzel Brno a stanice Střelice (v úseku Brno – Střelice vede dvoukolejka, která se dále dělí na 2 jednokolejné tratě). V budoucnu má být simulátor rozšiřován především v oblasti funkcí. Autor plánuje simulovat např. možnost jízdy vlaků odklonem, výluky přilehlých tratí apod. Program v současnosti pracuje s jedním jízdnicím řádem, v plánu je však zpracování několika grafikonů s možností volby.

Z hlediska tvorby simulací se uzel Brno stal nejčastějším námětem (kromě tohoto simulátoru byl zpracován ve Staničáři a v programu Multi-4). Z hlediska velikosti řízené oblasti je však v této kapitole popisovaný simulátor nejrozsáhlejším a zpracováním některých nových funkcí i velmi zajímavým.

## **2.5 Windemo SZZ AŽD Praha**

Tento program je produktem společnosti AŽD Praha s r. o. Simuluje provoz elektronického stavědla typu ESA 11 dodávaného AŽD a používaného v reálném provozu v mnoha stanicích ČD. Simulátor byl vydán v srpnu 2005, lze jej zdarma získat



z webových stránek společnosti AŽD (viz. [13]) a pracuje pod operačním systémem Windows.

Z hlediska simulovaných funkcí je tento program nejpropracovanějším ze všech dostupných simulátorů elektronických stavědel. Umožňuje např. simulovat práci pomocných stavědel a elektronických zámků, zavádění kolejových výluk apod. Uspořádání kolejíšť v jednotlivých stanicích jsou přebrány zcela beze změny z reálného provozu, způsob ovládání odpovídá zásadám předpisu ZTP-JOP. Základní menu jednotlivých prvků kolejiště jsou doplněny o tzv. simulační funkce (např. ruční přestavení výhybky, obsazení kolejového úseku vlakem, poruchy PZZ a návěstidel apod.). Simulace nemají zpracovány jízdní řády a jízda vlaků probíhá automaticky po přestavení návěstidla do polohy dovolující jízdu.

Program simuluje provoz čtyř stanic, které jsou i v reálném provozu vybaveny zabezpečovacími zařízeními AŽD. Výběr stanice provádí uživatel v úvodním menu. Mezi zpracované stanice patří Choceň, Moravany, Stará Boleslav a slovenská stanice Kúty. Simulace stanice Stará Boleslav je doplněna o systém graficko-technologické nadstavby (viz. [6]), která umožňuje přenos čísel vlaků.

## **2.6 Simulátor železniční stanice Liberec**

Simulátor železniční stanice Liberec je simulátorem reléového zabezpečovacího zařízení, které se v reálném provozu v železniční stanici Liberec používá. Autorem simulátoru je Michal Novotný. Program lze zdarma získat z internetu (viz. [21]) a pracuje pod operačním systémem Windows. Poslední verze byla uveřejněna v roce 2004 a autor předpokládá další vývoj.

Program simuluje reléové zabezpečovací zařízení TEST na stanovišti výpravčího a na stavědle 3 železniční stanice Liberec. Uživatel se při řízení dopravy přepíná mezi oběma stanovišti, ovládání tlačítek provádí na pultech zabezpečovacích zařízení pomocí myši. Vzhled pultů je převzat z reálného provozu.

Program umožňuje volbu ze dvou grafikonů převzatých z reálného provozu (z let 1989/1990 a 2001/2002). Mezi zpracované funkce simulátoru patří stavba a rušení vlakových cest na reléovém zabezpečovacím zařízení, jízda vlaků v obvodu stanice, řízení jízdy vlaků v mezistaničních úsecích (včetně zjednodušené komunikace se sousedními stanicemi), předávka služby při spuštění simulace atd. Součástí programu

je i dopravní deník, do něhož uživatel zadává údaje o všech vlacích a jehož vzhled je převzat z reálného provozu na ČD.

V rámci dalšího vývoje autor předpokládá přepracování systému telefonování a následné rozšíření simulace o ovládání stavědel 4 a 5. Následovat by mělo rozšíření o možnost volby automatického ovládání stavědel (uživatel simulátoru nemůže časově zvládat práci, kterou v reálném provozu vykonává několik zaměstnanců), možnost posunu, vlakotvorby a další náměty.

Součástí instalačního balíčku simulátoru je i program Grafikon, který umožňuje zobrazovat splněné grafiky vlakové dopravy na jednotlivých tratích vstupujících do stanice Liberec.

## **2.7 Simulátory Erwes**

V rámci projektu Erwes jsou vyvíjeny simulátory provozu železniční dopravy vybraných stanic na Českolipsku a Děčínsku, ale také některé další programy týkající se tématu železnice. Vývoj simulátorů byl zahájen v roce 2002, jejich autorem je Michal Hanzlík a pracují pod operačním systémem Windows.

Z webových stránek Erwes (viz. [17]) je možné zdarma stáhnout demo verze všech simulátorů a některých podpůrných programů (např. program pro tvorbu jízdních řádů). Plné verze simulátoru jsou zpoplatněny, ceník a objednávkový formulář je rovněž k dispozici na webu Erwes.

Mezi simulátory železniční dopravy Erwes patří projekty *RWS Děčín východ*, *RWS Jarošov* a *Erwes Edice 081*.

### **2.7.1 RWS Děčín východ**

Program simuluje provoz stanice Děčín východ – dolní nádraží. Tvorba simulátoru byla zahájena v roce 2002, ale poměrně záhy byla přerušena a v současné době je k dispozici pouze betaverze.

Simulovaným zařízením v programu je reléový panel typu TEST na stanovišti výpravčího, tedy zabezpečovací zařízení, které je ve stanici Děčín východ – dolní nádraží i v reálném provozu. Protože program je rozpracovaný, umožňuje uživateli provádět pouze stavbu vlakových cest. Jízda vlaku proběhne automaticky po přestavení návěstidla do polohy dovolující jízdu (program nemá žádný jízdni řád). Kromě jízdniho

řádu není dokončena obsluha telefonu (komunikace se sousedními staničními obvody), obsluha traťových zabezpečovacích zařízení a možnost rušení vlakových cest.

### **2.7.2 RWS Jarošov**

Námětem pro tvorbu simulátoru RWS Jarošov se stalo zařízení obsluhy modelového kolejiště Střední průmyslové školy strojní a dopravní v Děčíně. Jedná se o obsluhu reléového panelu výpravčího. Díky převzetí provozní situace z modelového kolejiště má simulátor některá specifika, zejména se jedná o provoz pouze v jednom směru.

Mezi základní funkce simulátoru patří obsluha panelu výpravčího, možnost náhledu na peron (uživatel zde vidí na příslušných kolejích projíždějící vlaky), spojení se sousedními stanicemi a výhybkáři a možnost volby frekvence vlaků. I přesto, že simulátor neumožňuje všechny funkce zabezpečovacího zařízení, se s jeho dalším vývojem nyní nepočítá.

### **2.7.3 Erwes Edice 081**

Do Edice 081 spadají simulátory železničních stanic, které leží na trati označené v současném jízdním řádu ČD číslem 081, trati Děčín – Rumburk s odbočnou větví Benešov nad Ploučnicí – Česká Lípa. V současné době jsou dokončeny dva simulátory, další čtyři jsou v přípravě.

Společným znakem všech simulátorů je snaha o věrné zachycení dopravní situace v jednotlivých stanicích, tedy především o použitý systém staničního a traťového zabezpečovacího zařízení. V menu programu může uživatel nastavit některé parametry simulace. Zde je vhodné zmínit volbu automatický signalista, při jejímž výběru provádí uživatel pouze práci výpravčího a práce signalistů je prováděna programem automaticky. V opačném případě uživatel přepíná mezi dopravní kanceláří a jednotlivými stavědly a musí současně zvládat práci třech zaměstnanců.

Komunikace se sousedními stanicemi je prováděna telefonem ovládaným pomocí myši (volba tlačítek na přístroji, složení hlášení z připravených frází). Simulace umožňuje náhled na peron a zobrazuje jízdní řád aktuálních vlaků se všemi potřebnými údaji. Součástí simulátoru je i dopravní deník, do něhož výpravčí zapisuje veškeré údaje o vlacích.

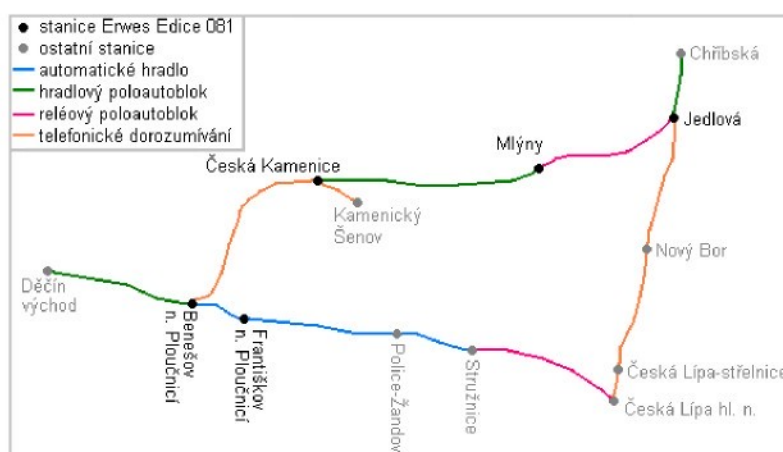
Velmi pěkně je zpracována i volba rychlosti běhu simulace, kterou je možno za běhu nastavovat v rozmezí 1× až 128×. Při vjezdu vlaku nebo telefonátu ze sousední stanice dojde k automatickému zpomalení běhu simulace na rychlost 1×.

Součástí instalačního souboru je i program GVD Editor, který umožňuje tvorbu a úpravy jízdních řádů.

Nejstarším simulátorem Edice 081 je program RWS Jedlová, který simuluje elektromechanické zabezpečovací zařízení žst. Jedlová a hradlový, resp. reléový poloautomatický blok ve dvou (ze tří) přilehlých mezistaničních úseků. Vývoj programu byl zahájen v roce 2002 a poslední verze je z roku 2007.

Druhým dokončeným simulátorem Edice 081 je RWS Benešov simulující provoz v žst. Benešov nad Ploučnicí. I v této stanici je elektromechanické zabezpečovací zařízení a jeden z přilehlých traťových úseků je vybaven hradlovým poloautomatickým blokem. Automatické hradlo v úseku do Františkova nad Ploučnicí zatím simulátor neobsahuje.

Z dalších simulátorů Edice 081 je v současnosti ve vývoji program RWS Kamenice, který simuluje provoz žst. Česká Kamenice. Následně by měly být zpracovány ještě stanice Mlýny a Františkov nad Ploučnicí. Posledním připravovaným programem této edice je simulátor hradlového poloautomatického zabezpečovacího zařízení úseku Děčín východ – Benešov nad Ploučnicí. Schéma stanic a traťového zabezpečovacího zařízení tratě 081 ČD zachycuje obrázek 2-1.



Obrázek 2-1: Plánek stanic a tratí s vyznačením traťových zabezpečovacích zařízení, které se staly motivem pro simulátory Erwes Edice 081.

## 2.8 Srovnání simulátorů

V tabulce 2-1 jsou stručně shrnuty základní vlastnosti testovaných simulátorů popsaných v předchozích kapitolách.

<i>Název simulátoru</i>	<i>Platforma</i>	<i>WWW-stránky</i>	<i>Typ licence</i>	<i>Počet simulací</i>	<i>Simulované zabezp. zař.</i>	<i>Konfigurace stanice</i>	<i>Konfigurace jízdního řádu</i>
<b>Erwes</b>	Windows	<a href="http://erwes.michalhanzlik.cz">erwes.michalhanzlik.cz</a>	Shareware	4 (další v přípravě)	reléové, elektro- mechanické	Ne	Ano
<b>Gordikon</b>	MS-DOS	<a href="http://www.softikon.wz.cz">www.softikon.wz.cz</a>	Freeware	1	elektronické	Ne	Ne
<b>Multi</b>	MS-DOS	<a href="http://www.softikon.wz.cz">www.softikon.wz.cz</a>	Freeware	5	elektronické	Ne	Ne
<b>Simulátor ž. uzlu Brno</b>	Windows	<a href="http://www.brnosim.wz.cz">www.brnosim.wz.cz</a>	Freeware	1	elektronické	Ne	Ne
<b>Simulátor žst. Liberec</b>	Windows	<a href="http://www.vypravci.com">www.vypravci.com</a>	Freeware	1	reléové	Ne	Ne
<b>Staničář</b>	Windows, Linux	<a href="http://www.stanicar.cz">www.stanicar.cz</a>	Freeware	libovolný	elektronické	Ano	Ano
<b>Windemo SZZ AŽD</b>	Windows	<a href="http://www.azd.cz">www.azd.cz</a>	Freeware	4	elektronické	Ne	Ne

Tabulka 2-1: Srovnání dostupných simulátorů.

### 3 Tvorba konfigurovatelného simulátoru

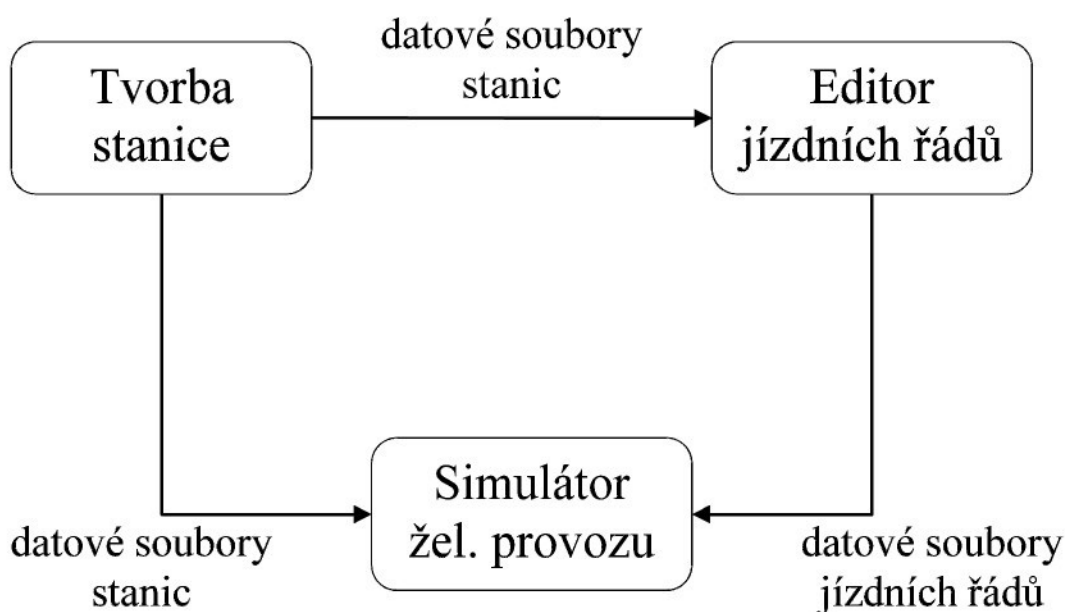
#### 3.1 Přehled a vzájemná návaznost vytvořených programů

Zadáním diplomové práce bylo vytvořit simulátor železničního provozu tak, aby bylo možné konfigurovat řízenou oblast a jízdní řád. Práce navazuje na předchozí práce autora (viz. [2], [3]) a výsledkem je trojice samostatných počítačových programů. Tato kapitola popisuje základní popis a vzájemnou návaznost těchto programů.

*Simulátor železničního provozu:* Program vychází z Trenažeru provozu železniční stanice Liberec, který byl vytvořen v rámci bakalářské práce v roce 2006. Trenažer byl přepracován tak, aby umožňoval volbu a načtení libovolné řízené oblasti a jízdního řádu.

*Editor jízdních řádů:* Tento program byl vytvořen v roce 2007 v rámci semestrálního projektu. V rámci diplomové práce byly v Editoru provedeny jen drobné změny a doladění týkající se především provozu na vícekolejných tratích a v řízených oblastech tvořených více stanicemi. Program je schopen načíst libovolnou řízenou oblast a umožňuje tvorbu a úpravu jízdního řádu pro tuto oblast.

*Tvorba stanice:* Jedná se o zcela nový program vyvinutý výhradně v rámci realizace zadání diplomové práce, který vytváří datové soubory řízených oblastí (stanic). Program pracuje s typickými kolejovými prvky používanými ve stanicích na českých železnicích a uživateli umožňuje tvořit vlastní stanice pro simulátor.



Obrázek 3-1: Návaznost Simulátoru železničního provozu a programů pro tvorbu řízených oblastí a jízdních řádů

Vztah jednotlivých programů je zachycen na obrázku 3-1. Kromě jednotlivých programů jsou z obrázku patrné i jejich datové vstupy a výstupy. Výsledkem práce je simulátor, který umožňuje výběr řízené oblasti, případně i jízdního řádu.

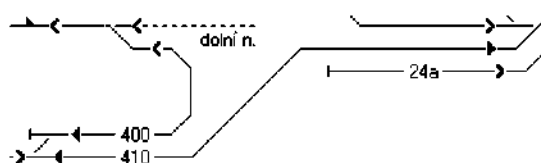
### 3.2 Simulátor železničního provozu

Simulátor železničního provozu je vytvořen ve vývojovém prostředí Delphi (konkrétně Delphi 7). Program vychází z trenažeru železniční stanice Liberec, který byl vytvořen v rámci bakalářské práce (viz. [2]) jako funkční simulátor umožňující řízení jízd vlaků a posunu v obvodu stanice, včetně zjednodušeného systému vlakovtorby. V následujícím textu jsou proto popsány především úpravy provedené v tomto programu.

Vzhled jednotlivých prvků kolejiště a systém ovládání vychází z interních předpisů ČD, především z předpisu ZTP-JOP. Případné změny, které byly při vzniku simulace provedeny, jsou v textu zdůrazněny.

#### 3.2.1 Náhrada specifických komponent vytvořených pro simulaci žst. Liberec

Při vzniku simulátoru železniční stanice Liberec byly kromě univerzálních komponent, které je možno použít v libovolné železniční stanici, vytvořeny i komponenty zobrazující speciální prvky kolejiště této stanice. Pro tyto prvky byla vytvořena knihovna *Liberec.pas*. Aby simulátor umožňoval načtení libovolné stanice, musely být tyto speciální komponenty nahrazeny komponentami univerzálními.



Obrázek 3-2: Část kolejiště žst. Liberec s trianglem tvořeným kolejemi 400 a 410.

Pro dopravní koleje 400 a 410 žst. Liberec byly vytvořeny komponenty **Kolej400** a **Kolej410**. Tyto koleje vytváří tzv. triangl (viz. obrázek 3-2, využívaný např. k otáčení vozidel) a v simulaci se zobrazují lomenou čarou, nikoliv vodorovnou, jak je tomu u ostatních dopravních kolejí. Objektová třída **TDopravKolej** byla proto upravena přidáním několika členských proměnných tak, aby umožňovala zobrazit dopravní kolej libovolného tvaru. Jedná se především o členskou proměnnou *klasZobrazeni*, která určuje, zda se jedná o kolej zobrazenou pouze vodorovnou čarou nebo o kolej zvláštního tvaru.

Nežádoucím efektem kolejového trianglu, který je třeba v simulaci ošetřit, je změna směru jízdy vlaku nebo posunového dílu jedoucího přes kolej 400 (z pohledu uživatele se lokomotiva dostane na opačný konec soupravy). Tento problém je řešen přiřazením hodnot do členských proměnných *zmenaSmeru* a *smerZmeny* třídy **TDopravKolej**.

Speciální prvky byly v původní aplikaci vytvořeny i pro dvě výhybky. Jednalo se o výhybku 41, u níž byl pro větší přehlednost oproti základní výhybce zvětšen vodorovný rozměr, a o výhybku 452 spojenou s odvratnou kolejí 400a. Obě výhybky se staly základem pro nové objektové třídy **TVyhybka3** (prodloužená výhybka) a **TVyhybka4** (výhybka s kusou kolejí a zarážedlem), které doplnily dva univerzální typy jednoduchých výhybek (základní a pootočená o 45°).

Pro dvě dvojice souběžných šikmých kolejí byly v původní simulaci žst. Liberec vytvořeny objektové třídy **TKolej1a2** a **TKolej24a**. Tyto dvě třídy byly nahrazeny jedinou univerzální označenou **TSpojDvojKolej**, která zobrazuje dvě libovolné šikmé koleje a umožňuje volbu zobrazení označení těchto kolejí. Původní třída **TKolej24a** umožňovala volbu cíle posunové cesty na jedné z dvojice šikmých kolejí. Tuto funkci však nebylo možné zahrnout do „schopností“ třídy **TSpojDvojKolej** a byla řešena pomocí symbolu koleje popsaného v následujícím odstavci.

Cílová kolej posunové cesty může být v reálném provozu tvořena několika na sebe navazujícími prvky kolejiště (např. výhybkami). Pro tento účel byla vytvořena atypická a od předpisů ČD odchylná komponenta třídy **TSymbKoleje** (bleděmodrý symbol kruhu). Obsahuje mj. členské proměnné odkazující na prvky kolejiště, které zastupuje. V simulaci žst. Liberec byla použita pro zobrazení mateční koleje váha a výše uvedené koleje 24a.

Poslední třída nahrazující speciální prvky kolejiště žst. Liberec je **TSkupKoleji**. Komponenty této třídy jen doplňují vizuální obraz kolejiště a pro vlastní simulaci nemají praktický význam.

Pro všechny komponenty uvedené v této kapitole (s výjimkou **TSkupKoleji**) musely být upraveny metody týkající se stavby jízdních cest, jízdy vlaku a posunu, obsluhy menu a další části programu tak, aby jednotlivé prvky kolejiště byly plně funkční a vyhovovaly potřebám libovolné simulace.



### 3.2.2 Nové komponenty použité v simulaci

Aby byl simulátor použitelný pro větší počet řízených stanic, musel být doplněn o některé nové prvky kolejiště. Kromě komponent popsanych v kapitole 3.2.1, které vznikly úpravou speciálních komponent vytvořených pro kolejiště železniční stanice Liberec, byly vytvořeny i některé další.

První takovou komponentou je *kolejová spojka s označením* definovaná ve třídě **TPrujKolej1**. Jedná se o kolejový úsek se zobrazeným označením, který může být cílem posunové cesty a součástí vlakové cesty (nikoliv však jejím cílem). Na rozdíl od příbuzné komponenty **TPrujKolej2** nemůže být použita pro vlečku nebo kolej depa vstupující do stanice.

Pro propojení jednotlivých stanic řízené oblasti slouží tzv. *vnitřní traťový úsek* definovaný v objektové třídě **TMezistUsek**. Protože se jedná o úsek tratě uvnitř řízené oblasti, ovládá pořadí jízdy vlaků pouze uživatel, a to bez udělování traťových souhlasů. Pro zobrazení směru jízdy vlaku slouží komponenta typu **TSmer**, která je přiřazena ke každému takovému traťovému úseku.

Některé již existující objektové třídy byly upraveny a zcela byla změněna hierarchie objektových tříd tvořících jednotlivé komponenty (podrobněji viz. kapitola 3.2.3). Určité změny byly provedeny u tříd **TBudova** a **TNastupiste** (komponenty pro zobrazení budov a nástupišť), aby nedocházelo k překrývání s jinými komponentami.

### 3.2.3 Změna hierarchie objektových tříd používaných komponent

Při tvorbě simulace žst. Liberec byly všechny objektové třídy tvořící prvky odvozovány přímo od třídy **TCustomPanel** definované ve vývojovém prostředí Delphi. Toto řešení není příliš vhodné – např. několik typů výhybek obsahuje téměř stejné členské proměnné apod. Proto byla hierarchie objektových tříd zcela změněna.

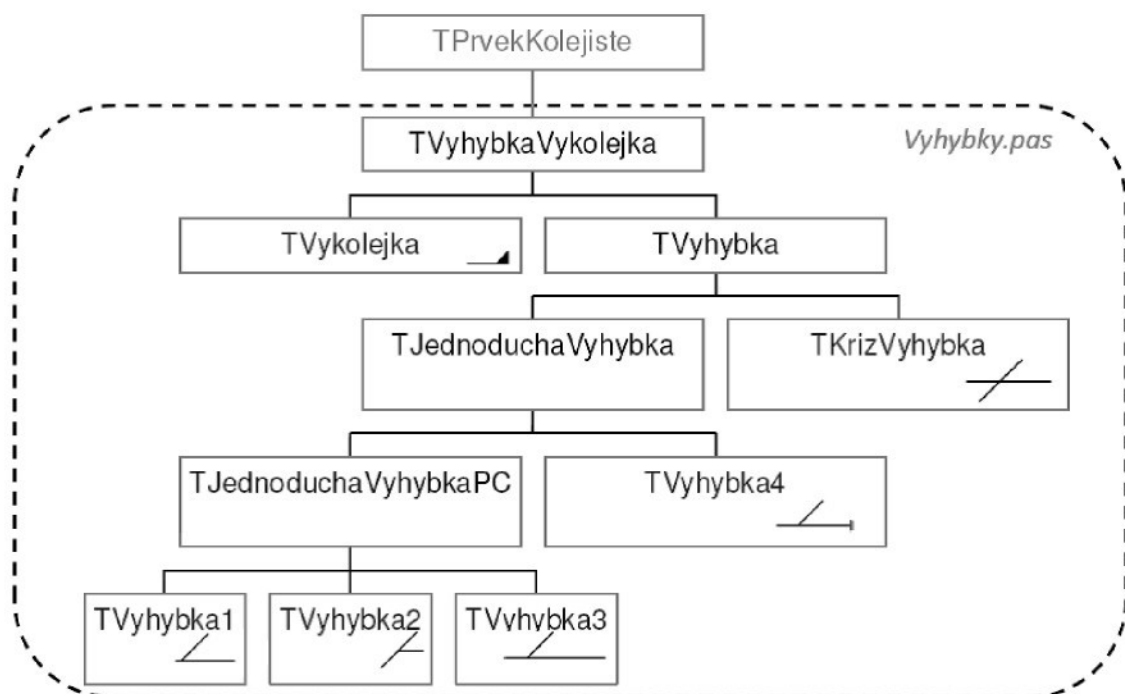
Všechny objektové třídy tvořící reliéf kolejiště (s výjimkou textových popisek) jsou odvozeny od jediné objektové třídy **TPrvekKolejiste** umístěné v knihovně *ZaklKomponent.pas*. Tato třída je potomkem třídy **TCustomPanel**. Odvozené prvky kolejiště lze rozdělit do šesti skupin, z nichž pro každou byla vytvořena samostatná knihovna.

*StanKoleje.pas* je knihovna obsahující staniční koleje. Základní třídou je **TStanKolej**, z níž jsou odvozeny všechny ostatní objektové třídy. Staniční koleje lze

rozdělit na jednoduché koleje a skupiny kolejí (viz. kapitola 3.2.1). Mezi jednoduché koleje patří dopravní, manipulační koleje a kolejové spojky (tedy koleje zobrazované v simulaci čarou) a dále symboly kolejí (třída **TSymbKoleje** popsána v kapitole 3.2.1). Jednotlivé třídy představující prvky kolejiště jsou odvozovány postupně tak, aby komponenty s podobným určením obsahovaly společné metody a členské proměnné, což výrazně zjednodušuje kód programu. Kromě jednotlivých typů staničních kolejí obsahuje tato knihovna pomocné komponenty **TPopLabel** a **TKruh**, které slouží k označení koleje a zobrazení informace o pohotovosti vlaku k odjezdu.

Druhá knihovna *Navest.pas* obsahuje návěstidla. Základní třída je označena **TNavest** a jsou od ní odvozeny dvě objektové třídy **TNavest1** (hlavní návěstidla) a **TNavest2** (seřaďovací návěstidla), jejichž instance jsou používány v simulaci.

*Vyhybky.pas* je knihovna vytvořená pro výhybky a výkolejky. Simulace činnosti výhybek a výkolejek doznala v rámci programu jedné z nejdůležitějších změn. V rámci objektových tříd byly vytvořeny metody pro přestavování výhybek, zavádění a rušení nouzového závěru, kontroly volnosti a další. Hierarchie objektových tříd v knihovně *Vyhybky.pas* je zachycena na obrázku 3-3. Základní třídou je **TVyhybkaVykojka**, od níž jsou odvozeny všechny ostatní. Za zmínku stojí tři typy komponent odvozených od **TJednoduchaVyhybkaPC**. Tyto výhybky mohou být cílem posunové cesty a jsou tudíž doplněny o některé členské proměnné týkající se přiřazení návěstidel, obsazení koleje posunovým dílem a časování posunu.



Obrázek 3-3: Hierarchie knihovny pro implementaci výhybek a výkolejek.

Knihovna *SpojovaciKoleje.pas* obsahuje šikmé koleje (zobrazené pod úhlem 45°). Jednotlivé komponenty jsou odvozeny od třídy **TSpojovaciKoleje**. Patří sem jednoduché spojovací koleje s pevnou (**TZaklSpojKolej**) a s volitelnou délkou (**TSpojKolej**), které umožňují zalomení vodorovné koleje o úhel 45°, dále klasická šikmá kolej (třída **TSpojKolej2**) a komponenta pro zobrazení dvojice šikmých kolejí popsána v kapitole 3.2.1. Jednotlivé třídy jsou doplněny o některé metody využívané v simulátoru (např. pro kontrolu volnosti apod.).

Předposlední knihovnou je soubor *Trate.pas*. Obsahuje traťové úseky vstupující do řízené oblasti, traťové úseky mezi dvěma stanicemi uvnitř řízené oblasti a komponenty zobrazující směr jízdy na těchto tratích.

Zbývající prvky zobrazované v kolejišti jsou soustředěny v knihovně *PodpurPrvky.pas*. Patří sem jednak komponenty odvozené od výše uvedené třídy **TPrvekKolejiste** a dále popisky, které jsou odvozeny od třídy **TCustomLabel** definované v prostředí Delphi. Do první skupiny patří komponenty implementující zarážedla, variantní body vlakové cesty a stavby (budovy, nástupiště a stanoviště obsluhy). Do druhé skupiny patří kromě klasických popisek určujících např. směr vstupujících tratí také komponenty pro zobrazování čísla a času odjezdu vlaku pohybujícího se v traťových úsecích.

Hierarchie objektových tříd v jednotlivých knihovnách je uvedena v souboru *Diagramy.pdf*, který je součástí CD přiloženého k této diplomové práci. Z tohoto souboru je převzat i obrázek 3-3, zachycující knihovnu *Vyhybky.pas*.

### 3.2.4 Úprava přestavování výhybek, stavby jízdních cest a volby rizikových funkcí

Jedním z požadavků reálné simulace železničního provozu je zachování časových prodlev při přestavování výhybek, které v běžném provozu trvá několik sekund. Tento fakt nebyl do původní simulace železniční stanice Liberec zapracován a k přestavování výhybek docházelo okamžitě po volbě přestavení výhybky nebo volbě počátku a cíle jízdních cest.

V rámci realizace práce byly v simulaci provedeny takové úpravy, aby časové prodlevy operací s výhybkami více odpovídaly reálné situaci. Při jejich přestavování dochází k časové prodlevě 7 sekund. Tato prodleva je řízena hodnotou v logické členské proměnné *prestavAktivni* deklarované v objektových třídách reprezentujících výhybky (u křižovatkové výhybky zdvojené pro část A i B). Při žádosti o přestavení výhybky

dojde k podbarvení části zobrazené komponenty šedým obdélníkem<sup>2</sup> a členské proměnné *prestavAktivni* je přiřazena hodnota TRUE. Po uplynutí časové prodlevy, která je řízena časovačem aplikace *RidiciCasovac*, zmizí šedé podbarvení výhybky, výhybka se zobrazí již s novým přestavením a hodnota *prestavAktivni* je změněna na FALSE. Stejným způsobem jako přestavování výhybek funguje i otevírání a uzavírání výkolejek.

Pro přestavování výhybek byly v rámci jejich objektových tříd deklarovány metody *Prestaveni*, *PrestavVyhybku* a *RychlePrestaveni*. První dvě jmenované slouží pro výše popsané přestavení výhybek s časovou prodlevou, třetí metoda provede okamžité přestavení výhybky, které je třeba provést např. při nastavení parametrů při startu simulace.

S časovými prodlevami při stavění výhybek souvisí i úpravy stavby jízdních cest. Po výběru počátku a cíle cesty totiž musí nejprve proběhnout přestavení výhybek a následně zapevnění celého úseku příslušné cesty. Stavba jízdní cesty trvá celkově 12 sekund (resp. pouze 7 sekund v případě, kdy není třeba přestavovat žádné výhybky). Během časové prodlevy je celá cesta vykreslena bleděmodrou barvou, což odpovídá nerozlišenému závěru jízdní cesty, a po jejím uplynutí dojde k jejímu vykreslení příslušnou barvou (zelenou nebo bílou) pro vlakovou nebo posunovou cestu.

Další úpravou související již pouze s vlakovými cestami je rychlost jízdy vlaku. Simulace jízdy vlaku je pozměněna tak, že pracuje nejen s rychlostí zadané ke každé vlakové cestě, ale bere v úvahu i rychlost vlaku. V reálném provozu (např. na modernizovaných železničních koridorech) může být maximální rychlost při průjezdu stanicí často vyšší než 100 km/h, avšak řada vlaků (nákladních apod.) této rychlosti nedosahuje. Při simulování jízdy je vždy použita menší z rychlostí vlaku a vlakové cesty, která je pojížděna.

K časovým prodlevám dochází i při používání rizikových funkcí. Rizikové funkce jsou nouzové operace používané při řízení dopravy, při nichž zabezpečovací systém nebrání vzniku kolizních situací, pouze na ně upozorňuje. Prověřování rizikových podmínek vyžaduje určitý čas. Při používání nouzových jízdních cest zároveň dochází k přestavování výhybek, čímž prodleva dále narůstá. Časová prodleva se následně uplatní při zobrazení formuláře s výpisem rizikových podmínek, kdy uživatel může tyto podmínky potvrdit až po jejím uplynutí.

---

<sup>2</sup> Podbarvení výhybky šedým pozadím označuje předpis ZTP-JOP jako ztrátu dohledu, tedy nelze určit polohu výhybky.

### 3.2.5 Posun ve stanicích a staniční zálohy

Výrazné změny byly provedeny v organizaci posunu ve stanicích se staničními zálohami (posunujícími lokomotivami). V simulátoru stanice Liberec byly používány dvě staniční zálohy. Pro každou z nich bylo vytvořeno menu se základními funkcemi staniční zálohy (připojení, odpojení skupiny vozů). Konfigurovatelný simulátor však musí umožňovat používání libovolného počtu posunujících záloh. Za tímto účelem byl vytvořen záznam *umisteniZaloh* s proměnným počtem položek, který obsahuje informace o rozmístění jednotlivých záloh na staniční koleje při startu simulace.

Určitou nevýhodou původního simulátoru byl i fakt, že každá staniční záloha umožňovala připojení pouze jedné skupiny vozů, tedy nebylo možné např. přivést soupravy pro dva vlaky a současně je odvézt z odstavných kolejí k nástupišťům. Pro každou soupravu bylo třeba zajíždět zvlášť.

Nyní je možné ke staniční záloze přivěšovat více skupin vozů. Jediné omezení spočívá v umístění zálohy, totiž posunovací záloha nesmí být uprostřed soupravy. Tedy první posunový díl je možné připojit z libovolného směru (zleva nebo zprava), každý následující je možné přivěšovat již jen z jedné strany. Pro určení spojených dílů byla v rámci třídy **TPosDil**, která reprezentuje posunové díly, přidána členská proměnná *pDil*, která je rovněž typu **TPosDil** a v případě propojení několika dílů se vytvoří jednosměrný spojový seznam.

Obě výše popsané úpravy si vyžádaly změnu v zobrazování menu staničních záloh a v odvážení souprav nákladních vozů na vlečky. Pro všechny staniční zálohy je používáno pouze jediné menu. V případě jízdy na vlečku je posunový díl přijat (nezobrazí se chybové hlášení), pokud aspoň jedna z přivěšených skupin vozů je určena pro příslušnou vlečku. Doba pobytu na vlečce je pak určena podle počtu dílů odpojovaných na vlečce a jejich umístění v soupravě (uprostřed nebo na konci soupravy).

### 3.2.6 Simulace s více ovládanými stanicemi, dvoukolejná tratě

V souvislosti se stále větším rozšířením dálkově ovládaného zabezpečovacího zařízení (viz. kapitola 1.3) musí i simulátor umožňovat řízení oblasti s více stanicemi. S tím souvisí i změna ve struktuře **TInfoStanice** a ve třídě **TVlak**, uchovávající data o jednotlivých vlacích.

V rámci struktury **TInfoStanice** došlo především k úpravě záznamu o stanicích. Počet stanic je volitelný a zároveň jsou jednotlivé stanice rozděleny do několika skupin podle důležitosti (členská proměnná *vlakotvorba*). Vždy jedna stanice v řízené oblasti musí být označena jako vlakotvorná (s nejvyšší důležitostí) a v této stanici je možné provádět s vlaky veškeré úkony (objíždění souprav, vznik a zánik vlaků, manipulace). V této stanici zpravidla posunují staniční zálohy, může zde být depo apod. Zbývající stanice mají nižší důležitost a umožňují pouze objíždění souprav vlaků (nikoliv vznik, zánik nebo manipulaci). Poslední skupinu tvoří odbočky zřizované v místech rozbočení tratí. V odbočkách nejsou žádné dopravní koleje a vlaky jimi projíždějí.

Řízení oblasti s více stanicemi si vynutilo i úpravy třídy **TVlak**. Byla přidána členská proměnná *ukazStanice*, která je po odjezdu vlaku ze stanice inkrementována a určuje stanici, v níž se vlak právě nachází. Kompletně bylo přepracováno i řízení jízdy vlaků, především v obsluze časovače simulace **RidiciCasovac**, a rozmíst'ování vlaků při startu simulace.

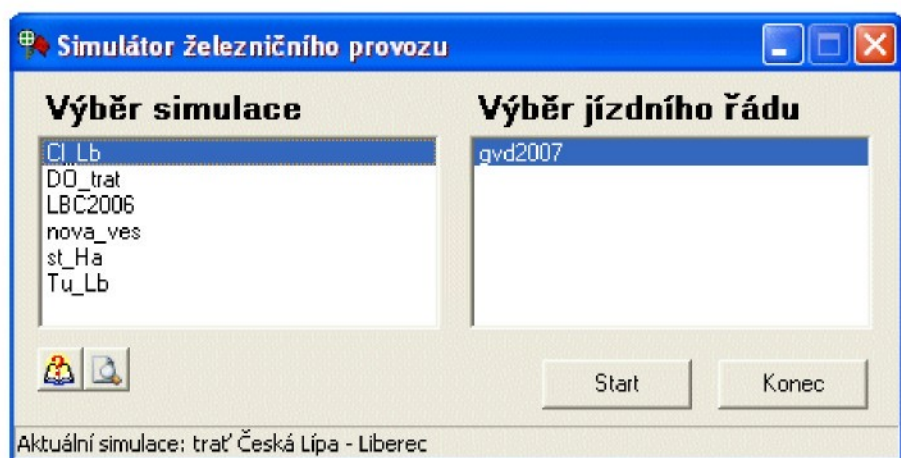
K drobné změně došlo i v metodě zajišťující rozjezd vlaků (metoda *RozjedVlak1* pro zabezpečenou vlakovou cestu). Pokud je vlaková cesta postavená chybným směrem do traťového úseku uvnitř řízené oblasti, vlak se nerozjede a dojde k výpisu chybového hlášení. Tato úprava zamezuje jízdě vlaku do stanice v řízené oblasti, která není určená jízdním řádem.

S řízením jízd vlaků souvisí i odjezd vlaku na dvoukolejnou trať, kdy uživatel může vybrat libovolnou ze dvou kolejí. V třídách reprezentujících traťové úseky byla vytvořena členská proměnná *navaznost*, která v případě dvoukolejné tratě odkazuje na komponentu druhé koleje, čehož se využívá při kontrole správného směru odjezdu.

### 3.2.7 Výběr simulace a jízdního řádu

Simulátor pracující s více řízenými oblastmi musí poskytnout uživateli možnost výběru simulace a jízdního řádu. Ke každé simulaci může být vytvořeno více jízdních řádů, vždy však musí existovat alespoň jeden, aby mohl být simulátor spuštěn.

Pro výběr simulace a jízdního řádu byl vytvořen formulář **StartForm** definovaný ve zdrojovém souboru *BasicUnit.pas*. Tento formulář je úvodním formulářem aplikace a zobrazuje se při startu programu. Jeho vzhled je zachycen na obrázku 3-4.



Obrázek 3-4: Formulář pro volbu simulace a jízdního řádu.

V levé komponentě typu **TListBox** se zobrazují dostupné řízené oblasti. Po výběru simulace se ve stavovém řádku zobrazí její název a v pravé komponentě **TListBox** dostupné jízdní řády. Jednotlivé typy datových souborů používaných v simulaci budou popsány v kapitole 3.5.

### 3.2.8 Další úpravy provedené v programu

Kromě výše uvedených úprav byly v programu provedeny některé drobné změny, které mají za úkol především zpřehlednit obsluhu programu a přinést uživateli nové funkce.

Simulátor umožňuje volbu rychlosti běhu simulace a dočasné pozastavení simulace. Rychlost běhu je možné volit v pěti stupních, kdy nejnižší stupeň odpovídá běhu simulace v reálném čase a nejvyšší 2,5násobné rychlosti v poměru k reálnému času.

Úpravou prošel grafikon obsazení kolejí, který umožňuje zobrazovat údaje o různém počtu kolejí (maximálně 9) a dále dovoluje uživateli zobrazovat údaje pro jiný než aktuální čas. V rámci komponenty grafikonu obsazení kolejí byly přidány tři akce, jimiž je možné provádět posun zobrazovaných časů o 10 nebo 60 minut vpřed, resp. návrat k aktuálnímu času simulace.

Zcela přepracován byl také systém výpisu hlášení sousedních stanic v rámci nabídek a přijetí vlaků. Simulátor stanice Liberec umožňoval zobrazovat pouze jedno hlášení, které bylo zobrazeno po dobu maximálně 30 sekund, což se ukázalo jako nedostačující. Nový výpis umožňuje zobrazení až čtyř hlášení současně. Doba zobrazení již není omezena pevně daným časovým úsekem. V případě žádosti sousední stanice o traťový souhlas je hlášení skryto po přijetí nebo odmítnutí žádosti uživatelem.

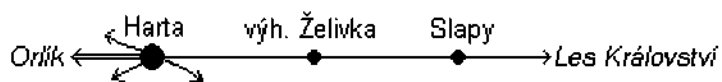
V případě udělení souhlasu sousední stanicí zmizí hlášení o přijetí vlaku v okamžiku postavení vlakové cesty do příslušného traťového úseku.

Určité změny doznal i seznam vlaků, který informuje o směru jízdy vlaků, jejich délce apod. V případě řízené oblasti s více stanicemi se v seznamu nezobrazuje pravidelná kolej vzhledem k nejednoznačnému určení stanice. Podrobné informace o vlaku je možné zobrazit klepnutím na číslo vlaku v seznamu vlaků nebo v menu, kdy se zobrazí informace o pravidelné koleji, stanicích, v nichž vlak zastavuje a další údaje. Výpis hlášení se zobrazuje na informačním panelu, který zobrazuje i další uživatelem vyžádaná hlášení a který je nově rozšířen na třířádkový (oproti původnímu jednomu řádku), aby umožňoval zobrazení většího množství údajů.

### 3.3 Editor jízdních řádů

Editor jízdních řádů je vytvořen ve vývojovém prostředí C++ Builder. Vznikl v rámci semestrálního projektu (viz. [3]) jako podpůrný program pro simulátor železniční stanice Liberec a od počátku byl tvořen tak, aby dokázal pracovat i s jinými simulacemi. V programu byly provedeny pouze drobné změny a doladění.

Úpravou prošlo hledání trasy jízdy vlaku v řízené oblasti (pokud je tvořena více stanicemi) tak, aby mohl uživatel např. určovat stanici, ve které bude proveden obrat vlaku. Hledání trasy bude popsáno na příkladě fiktivní řízené oblasti, jejíž simulace byla vytvořena v rámci této práce a jež je zachycena na obrázku 3-5.



Obrázek 3-5: Stanice fiktivní tratě Harta - Slapy

Největší stanicí v této oblasti je Harta, která je označena jako vlaková stanice, dále se v řízené oblasti nacházejí dvě menší stanice. Pokud uživatel zadává vlak, který vjíždí do řízené oblasti ze směru Les Království a odjíždí ve stejném směru, program mu nabídne, zda chce provést obrat vlaku již ve stanici Slapy. Pokud zadá NE, je mu nabídnut obrat vlaku ve výhybně Želivka a pokud i toto odmítne, obrat vlaku je automaticky proveden ve stanici Harta, nikoliv proto, že se jedná o poslední stanici, ale proto, že Harta je stanicí vlakovou. Pokud vlak vjíždí ze směru Orlík a vrací se stejným směrem, nemá uživatel možnost výběru a k obratu vlaku dochází ve vlakové stanici Harta. K obratu vlaku nemůže docházet v odbočkách, a proto zde není možnost obratu vlaku uživateli ani nabízena.



V rámci programu bylo dokončeno generování jízdních řádu na dvoukolejných tratích, které nebylo možné v rámci původní simulace stanice Liberec prakticky odzkoušet. Pro každý směr jízdy je používána jedna traťová kolej s tím, že se drobně liší určení koleje u dvoukolejných tratí vstupujících do řízené oblasti a u tratí mezi dvěma stanicemi uvnitř oblasti.

Poslední úpravou programu je náhrada komponent **OpenDialog** a **SaveDialog** používaných k zadávání otevíraného a ukládaného souboru speciálně vytvořeným dialogovým oknem definovaným ve zdrojovém souboru *FileDialog.cpp*. Toto okno umožňuje načtení a uložení souboru pouze do správné složky (viz. kapitola 3.5), k čemuž slouží metoda *Execute*, která jednak podle zadaného vstupního parametru určuje cílovou složku a jednak kontroluje existenci zadaného souboru.

### 3.4 Tvorba stanice

Program Tvorba stanice je vytvořen ve vývojovém prostředí Delphi (verze 7). Vznikl jako nový program v rámci této diplomové práce, proto bude v následujícím textu popsán celý vývoj tohoto programu.

Vývojové prostředí Delphi bylo zvoleno především proto, aby mohly být využity některé knihovny, které byly vyvinuty při tvorbě Simulátoru železničního provozu. Jedná se o knihovny, v nichž jsou definovány jednotlivé prvky kolejiště železniční stanice.

#### 3.4.1 Vytváření kolejiště – přidávání a odebrání komponent

Kolejiště železniční stanice (řízené oblasti) je vytvářeno formou stavebnice z jednotlivých komponent, které jsou umístovány na komponentu *PanelKolejiste*, třídy **TPanelKolejiste**, která je odvozena od třídy **TCustomPanel**. Komponenty tvořící reliéf kolejiště jsou shodné s komponentami používanými při tvorbě Simulátoru železničního provozu a jsou definovány ve zdrojových souborech *StanKoleje.pas*, *Navest.pas*, *Vyhybky.pas*, *SpojovaciKoleje.pas*, *Trate.pas* a *PodpurPrvky.pas*, které byly stručně popsány v kapitole 3.2.3.

Při tvorbě nové řízené oblasti se na komponentě *PanelKolejiste* zobrazí symbol stanoviště obsluhy (komponenta *StanovisteObsluhy* třídy **TStanovisteObsluhy**), které určuje sídlo zaměstnance řídicího provozu a v rámci řízené oblasti je pro zjednodušení

vždy jediné. Komponentu *StanovisteObsluhy* proto není možné odebírat ze simulace a nelze ani přidávat další komponenty stejné třídy.

Výběr přidávaného prvku kolejiště se provádí pomocí tlačítek komponenty *PanelTlacitek*, která je třídy **TToolBar**. Obsahuje zhruba dvě desítky tlačítek pro výběr komponenty (pro různé typy kolejí, výhybek, kolejových spojek, tratí, ale i symboly nástupiště, textové popisky a další), jedno tlačítko bez volby komponenty (se symbolem šipky) a dále tlačítko pro volbu propojování komponent, které bude popsáno v kapitole 3.4.3.

Přidání prvku zajišťuje metoda *PanelKolejisteMouseDown*, která obsluhuje událost **OnMouseDown** komponenty *PanelKolejiste*. Tato metoda nejprve zjistí typ přidávané komponenty, resp. v případě volby tlačítka bez volby komponenty nebo tlačítka pro propojení komponent dojde k ukončení metody. Dalším krokem je zjištění počtu již existujících komponent stejného typu, jako je přidávaná komponenta. Těch smí být maximálně 250 (u traťových úseků je počet nižší) a v případě, kdy by došlo k překročení tohoto počtu, je uživatel na tuto skutečnost upozorněn a komponenta není přidána. Komponenty jsou umísťovány do dynamických polí, jejichž název vychází z označení třídy (např. pro třídu dopravních kolejí **TDopravKolej** je vytvořeno pole *DopravKolej* apod.). Následně proběhne zvětšení příslušného dynamického pole o 1 prvek a k vytvoření komponenty. Komponenta je umístěna na plochu panelu kolejiště podle souřadnic předaných metodě obsluhující událost **OnMouseDown** (pouze u komponent tvořících prvky kolejiště je svislá hodnota upravena tak, aby vzdálenosti dvou vodorovných kolejí byly celými násobky 14 pixelů, a v případě, kdy by část komponenty přesahovala přes okraj panelu kolejiště, dojde k jejímu posunu tak, aby byla zobrazena celá). V případě umísťování traťových úseků je současně s prvkem kolejiště vytvořen i symbol traťového souhlasu a komponenty určující číslo vlaku a čas vjezdu vlaku na traťový úsek. U většiny přidávaných komponent jsou nastavovány také některé implicitní parametry (např. označení koleje, výhybky, velikost v simulaci, skutečná délka atd.) a metody obsluhující události **OnMouseDown**, **OnMouseUp** a **OnMouseMove**.

Odebírání komponent probíhá po výběru položky Odebrat v plovoucím menu, které je reprezentováno komponentou *PopupMenu*. Zobrazení menu zajišťuje metoda události **OnMouseDown** příslušné komponenty, přičemž menu je vyvoláno stiskem pravého tlačítka myši. Po výběru položky Odebrat se nejprve určí typ komponenty a tedy i příslušné dynamické pole, jejíž prvek na tuto komponentu odkazuje. Následně

je komponenta odstraněna voláním metody *Free* a všechny následující položky pole jsou posunuty zmenšením indexu o 1. Posledním krokem je zmenšení velikosti dynamického pole o 1 prvek.

Komponenta *PanelKolejiste* má pevně určený svislý rozměr, vodorovný rozměr je však možné nastavovat v rozsahu 500 až 2100 pixelů. Zadání je možné provést po kliknutí na komponentu *lbZmenitRozmer* třídy **TLabel**, kdy se zobrazí dialog s výzvou pro zadání nového rozměru, nebo kliknutím na komponenty *lbPlus* či *lbMinus* stejné objektové třídy, které zvětší či zmenší rozměr o 5 pixelů. Při zmenšení rozměru panelu je voláním metody *KontrolaZmenseniPanelu* prováděna kontrola, zda po zmenšení nezůstane některá komponenta umístěná na panelu částečně nebo zcela nezobrazena. Pokud ano, nelze změnit velikost panelu kolejiště.

V případě, kdy je vodorovný rozměr panelu kolejiště větší než šířka hlavního okna aplikace (viz. obrázek A-1), dojde ke zpřístupnění komponenty *PanelPohyb* třídy **TToolBar**, která umožňuje pomocí čtveřice tlačítek pohyb panelu kolejiště. Jelikož je obsluhou událostí **OnCanResize** a **OnResize** hlavního formuláře aplikace zajištěno, aby jeho svislý rozměr nemohl být změněn, není třeba řešit pohyb panelu kolejiště ve svislém směru.

### 3.4.2 Nastavování údajů komponent

Pro většinu komponent představujících prvky kolejiště může uživatel zadávat různé údaje, kterými jsou např. označení kolejí výhybek a návěstidel, skutečné délky kolejí, rozměry některých komponent v simulaci, ale také texty popisek a další.

Zadávání údajů lze vyvolat volbou položky Editovat v plovoucím menu *PopupMenu* popsaném v předchozí kapitole nebo dvojitým kliknutím levým tlačítkem myši na vybranou komponentu. Následující text popisuje získávání hodnot zadávaných uživatelem, nikoliv jejich význam (bude popsáno v kapitole 4).

Pokud se pro komponentu zadává pouze jediný údaj, používá se pro jeho získání dialogové okno. Příkladem je zadání textu popisky nebo rozměru komponenty třídy **TSpojKolej**. Po zadání údaje a potvrzení dojde k nastavení příslušné členské proměnné. V případě zadávání číselné hodnoty je použit chráněný kód pro případ, kdyby uživatel zadal například textový řetězec.

Pro ostatní komponenty, které vyžadují nastavování více údajů, byly vytvořeny speciální formuláře. Jejich počet je celkem 9 a většina z nich slouží pro zadávání údajů

o několika příbuzných typech komponent (např. formulář *FormKoleje*, na obrázku A-4, je používán pro staniční koleje). Společným znakem všech formulářů je jejich zobrazení v modálním režimu a přiřazení hodnoty členské proměnné *ModalResult* při stisku tlačítek ‚OK‘ (hodnota *mrOK*) a ‚Storno‘ (*mrCancel*), která jsou umístěna na každém z formulářů. Při výběru tlačítka ‚OK‘ jsou údaje zadané uživatelem údaje akceptovány.

Zadání číselných hodnot je prováděno pomocí komponent třídy **TMaskEdit** a **TUpDown**. Komponenty třídy **TMaskEdit** mají přiřazeny metody obsluhy událostí **OnKeyPress** (umožňují zadávat pouze číslice) a **OnExit** (opravují zadanou hodnotu, pokud neleží v požadovaném intervalu).

Při vlastním zadávání nejprve proběhne vyplnění stávajících údajů do příslušných komponent formuláře, následně se formulář zobrazí v modálním režimu. Po zavření okna dojde ke kontrole členské proměnné *navrat*. Pokud je její hodnota TRUE proběhne přepsání členských proměnných příslušné komponenty novými údaji. Zápis některých údajů (např. označení výhybky, koleje) proběhne pouze v případě, když zadaný nový údaj není prázdným řetězcem.

### 3.4.3 Propojování komponent

Aby mohla být vytvářena oblast použita pro simulaci, musí být komponenty tvořící kolejiště navzájem logicky propojeny. Proto je u každé objektové třídy reprezentující prvek kolejiště zavedena členská proměnná *prvekSoused* – jedná se o pole referencí na objekty třídy **TPrvekKolejiste**, jehož velikost odpovídá počtu sousedů každého příslušného typu komponenty (tedy 2 pro kolej, 3 pro jednoduchou výhybku apod.). U objektových tříd reprezentujících prvky kolejiště, ke kterým mohou být přiřazena návěstidla, je zavedena obdobná členská proměnná *prvekNav*.

Propojování komponent probíhá po volbě příslušného tlačítka na komponentě *PanelTlacitek*. Dále uživatel určuje komponenty, pokud je první z nich návěstidlo, probíhá propojování dvojice návěstidlo-kolejový úsek, v ostatních případech se propojuje dvojice kolejových úseků.

Po výběru první komponenty dojde k zobrazení formuláře *FormVazba* v modálním režimu (viz. obrázek A-5). Na formulář se vykreslí vybraná komponenta a v místě každého propojení komponenta třídy **TShape**, jejíž barva určuje, zda je příslušný okraj propojen či nikoliv. Výběr okraje se provádí dvojklikem levého tlačítka myši. Pokud uživatel vybere nepropojený okraj, dojde k orámování komponenty

zeleným obdélníkem a následně může vybírat druhou komponentu pro propojení. V případě výběru propojeného okraje může uživatel zrušit existující propojení. V případě, že vybraná komponenta umožňuje propojení pouze s jedním sousedem, okno pro propojení komponent se nezobrazuje.

Po výběru druhé komponenty probíhá kontrola, protože komponenta nesmí být propojena sama se sebou, nesmí existovat dvě různá propojení dvojice komponent a nejsou přípustné některé kombinace propojení objektových tříd (např. dopravní kolej nemůže být přímo spojena s traťovým úsekem ani s jinou dopravní kolejí apod.). Druhou vybranou komponentou rovněž nesmí být návěstidlo. Následně se opět zobrazí formulář pro propojování komponent. Nyní však již nelze zrušit existující propojení. Po výběru příslušného okraje dojde k logickému propojení, kdy u každé ze dvou komponent dojde k vytvoření odkazu na druhou z nich.

Kontrolu propojení komponent a návěstidel lze provádět pomocí dvou tlačítek komponenty *PanelFunkci* třídy **TToolBar**, které umožňují zobrazovat propojené okraje dvojic kolejových úseku silnou červenou čarou, resp. propojená návěstidla s kolejovými úseky žlutými půlkruhy.

### 3.4.4 Posouvání a otáčení komponent

S jednotlivými komponentami musí být možné pohybovat po ploše panelu kolejiště a u některých z nich i měnit orientaci v prostoru, aby bylo možné reliéf kolejiště správně sestavit.

Pohyb komponentou zahajuje metoda obsluhující událost **OnMouseDown** příslušné komponenty. V okamžiku, kdy je na panelu tlačítek vybráno tlačítko bez výběru komponenty a současně je stisknuto levé tlačítko myši, je zahájen pohyb komponentou. Odkaz na vybranou komponentu je uložen do datové položky *aktObjekt*. Vlastní pohyb pak provádí metoda **OnMouseMove** a ukončení pohybu metoda **OnMouseUp**. Program umožňuje i současný pohyb skupinou všech logicky propojených komponent, k čemuž dochází v okamžiku, kdy je při vyvolání události **OnMouseDown** stisknuta klávesa Ctrl. Odkazy na propojené objekty jsou v tomto případě uloženy do dynamického pole *aktObjekty*.

Vzhledem k faktu, že vzdálenost dvou vodorovných kolejí je při vykreslení celočíselným násobkem 14 pixelů, dochází k posunu veškerých komponent tvořících vlastní kolejiště právě pouze o násobky 14 pixelů. Výjimku tvoří pouze popisky,

budovy, nástupiště, symbol stanoviště obsluhy a symboly traťových souhlasů. Současně musí být zajištěno, aby při pohybu žádná z komponent ani její část nepřesahovala přes okraj panelu kolejiště.

Komponenty představující výhybky, výkolejky, návěstidla a šikmé spojovací koleje musí umožňovat otáčení a překlápění zobrazeného symbolu, k čemuž dochází po výběru volby ‚Otočit‘ v plovoucím menu komponenty, kdy je vyvolána metoda *Otoc* příslušné objektové třídy, která provede překlopení zobrazovaného symbolu. S výjimkou návěstidel je otáčení možné pouze v případě, kdy komponenta není logicky propojena s jiným prvkem kolejiště.

### 3.4.5 Spuštění programu

Při startu programu Tvorba stanice se zobrazí hlavní okno aplikace a současně s ním se otevře v modálním režimu i dialogové okno pro úvodní volbu programu. Pro toto okno byl vytvořen formulář **FormStart** (viz. obrázek A-2) uložený ve zdrojovém souboru *EditorStart.pas*. V úvodním menu, které je tvořené komponentou *rgAkce* třídy **TRadioGroup**, si uživatel vybírá ze třech možností volby. Jedná se o tvorbu nové oblasti, otevření rozpracovaného projektu a úpravu existující již hotové simulace.

Při výběru tvorby nové oblasti se zobrazí formulář **FormStanice** (viz. obrázek A-3), který je vytvořený ve zdrojovém souboru *EditorStanice.pas*. Formulář obsahuje komponenty pro zadání základních údajů o simulaci, tedy název souboru, název simulace a údaje o stanicích v řízené oblasti. Při zobrazení okna je nabídnuta jedna stanice, pomocí komponenty **TUpDown** může uživatel počet stanic měnit v rozmezí 1 až 12. Pro zadání údajů o stanicích byla vytvořena objektová třída **TZaznamStanice**, která obsahuje komponenty pro zadání názvu a zkratky stanice a pro určení priority stanice (viz. také kapitola 3.2.6). Nejvyšší prioritu má stanice označená jako vlakotvorná (výběr komponenty třídy **TRadioButton**), naopak odbočky s nejnižší prioritou jsou určeny zaškrtnutím políčka komponenty **TCheckBox**. Před uzavřením okna probíhá kontrola, zda jsou zadány všechny potřebné údaje (název souboru a simulace i názvy a zkratky všech stanic).

Druhá možnost volby umožňuje otevřít rozpracovaný projekt. Pro výpis existujících projektů je použita komponenta *flSoubor* třídy **TFileListBox**. Načtení zadaného projektu provede metoda *OtevritProjekt*.

Obdobným způsobem je realizována i třetí volba, tedy načtení již existující simulace. Pouze načítání souboru provádí metoda *OtevritOblast* a během načítání se zobrazí dialog, který umožňuje změnit název souboru projektu a v případě oblasti s více stanicemi také dialog, který umožní uživateli určit, zda má být součástí označení výhybky i zkratka stanice, ke které patří (viz. kapitola 3.4.6).

V případě stisku tlačítka ‚Ukončit program‘ nebo uzavřením okna úvodní volby stisknutím tlačítka ‚Zavřít‘ na liště tohoto okna je běh programu ukončen.

### 3.4.6 Projekty simulací

V předchozí kapitole byla popsána volba otevření existujícího projektu při startu programu. V této kapitole bude vysvětlena práce s projekty, tedy možnosti otevírání a ukládání projektů a nastavování základních parametrů projektů.

Možnost tvorby nového projektu, otevření existujícího, či úprava existující řízené oblasti je možná i za běhu programu. Volba těchto funkcí aplikace je možná pomocí položek menu ‚Soubor‘ nebo tlačítek na komponentě *PanelFunkci* třídy **TToolBar**. Pro výběr souboru projektu nebo řízené oblasti byl vytvořen formulář **FormOpen** definovaný ve zdrojovém souboru *EditorOpen.pas*. K zadání parametrů nové oblasti, resp. načítání souborů slouží stejné metody a formuláře popsané v předchozí kapitole.

Nastavování některých dalších parametrů projektu je možné pomocí trojice dialogových oken, která jsou dostupná v menu ‚Projekt‘. Jedná se o následující okna:

- **Vlastnosti projektu** uložené ve zdrojovém souboru *EditorVlastnost.pas* (viz. obrázek A-6). Umožňuje měnit název simulace a zvolit, zda bude v rámci projektu součástí označení výhybky i zkratka stanice (tato volba zjednodušuje mj. zadávání vzájemné závislosti výhybek a výkolejek).
- **Zadání kolejových skupin ve stanici** uložené v souboru *EditorSkupiny.pas* (viz. obrázek A-7). Slouží k zadání kolejových skupin v jednotlivých stanicích (s výjimkou odboček). Uživatel vybírá jednotlivé stanice a určuje počet kolejových skupin ve stanici včetně zkratky a označení kolejí v této skupině stovkovou sérií<sup>3</sup>.
- **Určení umístění staničních záloh** uložené v souboru *EditorZalohy.pas* (viz. obrázek A-8). Umožňuje zadávat počet záloh ve vlakotvorné stanici a jejich umístění při startu simulace.

---

<sup>3</sup> Koleje v jednotlivých kolejových skupinách v jedné stanici se zpravidla odlišují stovkovou sérií, tedy např. na kolej č. 1 navazuje kolej 101 apod.

### 3.4.7 Tvorba datových souborů

Tvorba datových souborů je nejdůležitější funkcí celé aplikace, když jsou jednotlivé prvky kolejiště a údaje zadané uživatelem převedeny do souborů, s kterými pak pracuje Simulátor železničního provozu. Tvorba souborů se skládá z kontroly údajů, hledání jízdních cest, pomocných výpočtů a vlastního zápisu souborů. Kontrolu údajů lze provádět i samostatně bez tvorby souborů.

Průběh tvorby souborů (resp. kontroly údajů) je vypisován do dialogového okna, které je definované pomocí formuláře **FormGener** uloženého ve zdrojovém souboru *EditorGener.pas*. Jednotlivá hlášení jsou vypisována na komponentu třídy **TListBox** a jsou barevně odlišena podle významu (zpráva, chyba, varování, oprava).

Prvním krokem generování je kontrola zadaných údajů, při níž jsou zkoumány tyto podmínky:

- Musí být propojeny všechny prvky kolejiště a každé návěstidlo musí být přiřazeno k určité koleji.
- Návěstidla přiřazená k traťovým úsekům musí být určena pouze pro jízdu vlaku.
- Všechna návěstidla musí mít správný směr vzhledem ke koleji, s níž jsou propojena.
- Pokud je seřadovací návěstidlo označeno jako skupinové, musí ve stejné stanici existovat alespoň jedno jiné skupinové návěstidlo se stejným označením.
- Musí být zadány všechny povinné údaje komponent.
- U všech prvků kolejiště musí být jednoznačně určitelná stanice.
- Dvojice na sobě vzájemně závislých výhybek se musí nacházet v jedné stanici.
- Staniční zálohy musí být umístěny pouze ve vlakotvorné stanici.

Kromě výpisu chyb dochází současně k zobrazení některých varování. Mezi ně patří např. hlášení o návěstidle ve stanici, které je určeno pouze pro jízdu vlaku, kolej označená číslem 0 (zadaným implicitně programem při přidání koleje) apod.

Pokud kontrola proběhla úspěšně, mohou proběhnout následující kroky:

- Nastavení údajů pro zápis do souboru (např. převedení ukazatelů na propojené prvky do číselného formátu).
- Přiřazení kolejových skupin k dopravním kolejím, příp. doplnění kolejových skupin, pokud nebyly zadány.
- Hledání vlakových cest a jejich zápis do souboru.
- Výpočet jízdních dob na trati a ve stanici.
- Zápis souboru simulace (současně jsou doplněny nebo opraveny některé údaje).
- Hledání posunových cest a jejich zápis do souboru.



- Zápis prázdných souborů jízdního řádu (s názvem empty).

Při hledání vlakových cest se nejprve naleznou adepti, což jsou např. trať vstupující do stanice a dopravní kolej v té samé stanici, dvojice dopravních kolejí v jedné stanici apod., následně proběhne vlastní hledání cesty, tedy pokud vlaková cesta existuje, určí se prvky vlakové cesty. Dalším krokem je určení délky cesty, rychlosti jízdy vlaku a převedení prvků cesty do číselného formátu, aby byl možný zápis do souboru. Hledání posunových cest probíhá obdobným způsobem.

### 3.5 Datové soubory stanic a jízdních řádů

Tato kapitola popisuje jednotlivé typy souborů, které používají nebo generují tři výše uvedené programy. Jedná se o soubory stanic, soubory jízdních řádů, soubory rozpracovaných projektů a některé další datové soubory. Dále bude popsáno umístění souborů do složek, které má svůj pevný řád. Pro správnou funkci musí být všechny tři programy umístěny v jedné složce a jednotlivé datové soubory pak v jejich podsložkách.

*Soubor simulace* má příponu DAT. Obsahuje veškeré údaje o simulaci, tedy o počtu a názvech stanic, komponentách tvořících kolejiště a umístění staničních záloh. Je umístěn v podsložce *data*. V této složce je umístěna podsložka se shodným názvem, jako je jméno souboru simulace, ve které jsou umístěny soubory jízdních cest a soubory jízdních řádů.

Mezi soubory jízdních cest patří *soubor vlakových cest* a *soubor posunových cest*, které jsou pojmenovány VLC.dat a PC.dat. K souborům jízdních řádů patří čtyři soubory se stejným jménem a odlišnou příponou. Jedná o *soubor jízdního řádu* (\*.jir), *soubor posunových dílů* (\*.pd), *soubor grafikonu obsazení kolejí* (\*.gvd) a *soubor pomocných údajů* (\*.pux).

Struktura souboru simulace, souborů jízdních cest a souborů jízdních řádů je uvedena v příloze B této práce.

Ve složce *data* jsou kromě výše uvedených souborů umístěny ještě soubory typu \*.dta a \*.x, které obsahují některé důležité údaje pro správnou funkci Editoru jízdních řádů a Simulátoru železničního provozu.

Program *Tvorba stanice* generuje soubor simulace a oba soubory jízdních cest. Editor jízdních řádů načítá soubor simulace a na základě zadaných údajů vytváří soubory jízdních řádů. Simulátor železničního provozu pracuje se všemi soubory.

Jednoznačnost souborů určují kromě správného umístění do složek také kontrolní řetězce znaků, které jsou umístěny na začátku každého souboru a jsou unikátní pro každou simulaci i jízdní řád.

Aby byl výčet úplný, je třeba ještě uvést typy souborů rozpracovaných projektů, které jsou umístěny v podsložce *proj*. Patří sem dva typy souborů, a to projekty simulací (\*.prj) a projekty jízdních řádů (\*.pro).

## 4 Popis programů

Tato kapitola je návodem pro obsluhu programů. Vzhledem k faktu, že ovládání Simulátoru železničního provozu a práce s Editorem jízdních řádů byla popsána v textu bakalářské práce a semestrálního projektu (náповěda pro oba programy v elektronické podobě je k dispozici na přiloženém CD), zabývá se tato kapitola především návodem k programu Tvorba stanice. Pro Simulátor železničního provozu jsou výčtem uvedeny pouze nové funkce. Součástí této kapitoly je i seznam vytvořených simulací.

### 4.1 Nové prvky v Simulátoru železničního provozu

Simulátor železničního provozu byl rozšířen o následující funkce:

- Při startu programu lze v úvodním okně (viz. obrázek 3-4) vybrat řízenou oblast a jízdni řád.
- Simulátor umožňuje volit rychlost běhu simulace, běh simulace lze také dočasně pozastavit.
- Ke staničním zálohám lze současně přivěsit i několik skupin vozů, což zjednodušuje posun.
- Byly doplněny časové prodlevy při stavbě jízdni cest a přestavování výhybek tak, aby více odpovídaly reálné provozní situaci.
- Grafikon obsazení kolejí umožňuje zobrazovat i jiný než aktuální čas. Pohyb v čase lze provádět pomocí trojice tlačítek, která umožňují posun o 10 nebo 60 minut dopředu a návrat k aktuálnímu času.
- Byl přepracován systém výpisu nabídek a přijetí vlaků sousedními stanicemi.
- Panel výpisu hlášení byl změněn z jednořádkového na třířádkový, aby umožňoval zobrazení více údajů.
- Podrobné údaje o vlaku lze nově zobrazit kdykoliv kliknutím na číslo vlaku v menu vlaku nebo na jeho číslo v seznamu vlaků.

### 4.2 Návod pro obsluhu programu Tvorba stanice

Program slouží pro tvorbu řízených oblastí pro Simulátor železničního provozu. Program umožňuje tvorbu simulací tvořených jednou až dvanácti stanicemi (resp. výhybnami, odbočkami). Oblast musí být lineární, tedy musí existovat trať, která propojuje první stanicí s druhou, druhou se třetí atd., nikoliv však přímé propojení první stanice s třetí apod. Tato kapitola přináší podrobný návod pro práci s programem.

#### 4.2.1 Spuštění programu

Při startu programu se zobrazí jednak hlavní okno programu (viz. obrázek A-1) a dále dialogové okno pro spuštění programu (obrázek A-2), které umožňuje tři možnosti volby.

První z nich je *tvorba nové oblasti*. Po výběru této volby se zobrazí dialogové okno, zachycené na obrázku A-3, které slouží pro zadání základních údajů pro simulaci, tedy název souboru, název simulace a údaje o stanicích. S výjimkou názvu simulace nelze tyto údaje později měnit. V rámci údajů o stanicích se zadává jejich počet, názvy a zkratky stanic a údaje o vlakovorbě. Vlakotvorná stanice je vždy jediná a nachází se zde např. depo, vlečky apod., naopak odbočky nejsou tvořeny žádnými dopravními kolejemi, pouze kolejovými spojkami.

Druhou volbou je *otevření existujícího projektu*. Při výběru této položky dojde k zobrazení existujících projektů, z nichž je možné vybrat konkrétní soubor. Obdobně funguje třetí volba, kterou je *úprava existující simulace*. V případě této volby je možné a současně i vhodné změnit název projektu, aby při pozdějším vytvoření simulace nebyl přepsán původní soubor simulace.

#### 4.2.2 Přidávání a odebírání prvků kolejiště

Pro tvorbu reliéfu kolejiště jsou k dispozici zhruba dvě desítky prvků kolejiště, resp. pomocných prvků (textové popisky, nástupiště atd.). Reliéf kolejiště je umístěn na tzv. panel kolejiště (černá plocha zabírající většinu plochy hlavního okna aplikace, viz. obrázek A-1).

Výběr přidávaných prvků je prováděn pomocí tlačítek na panelu nástrojů. Součástí tohoto panelu jsou kromě tlačítek pro určení prvků ještě tlačítko bez volby a tlačítko pro propojení komponent, která budou popsána později. K umístění přidávaného prvku na plochu panelu kolejiště dojde po kliknutí levým tlačítkem myši na příslušné místo tohoto panelu.

Odebírání prvků kolejiště je prováděno pomocí položky plovoucího menu *Odebrat*. Vyvolání menu se provádí stiskem pravého tlačítka myši na příslušném prvku kolejiště.

V souvislosti s přidáváním a odebíráním prvku kolejiště je třeba ještě zmínit možnost změny vodorovného rozměru panelu kolejiště (prvky pro nastavení jsou umístěny vlevo pod panelem) a prvek kolejiště stanoviště obsluhy, který je v každé

simulaci právě jeden, je vytvořen již při založení nového projektu simulace, a tudíž jej nelze přidávat ani odebírat.

#### 4.2.3 Editace prvků kolejiště

U jednotlivých prvků kolejiště je třeba zadat parametry (např. označení a délka koleje, základní stav výhybky apod.). Toto zadávání je prováděno pomocí speciálních dialogových oken. Na obrázku A-4 je zachyceno dialogové okno pro zadání údajů o dopravní koleji. V následujícím textu je podrobně popsán význam některých zadávaných položek, případně i možnost použití vybraného typu prvku.

##### **Dopravní kolej:**

*Umístění pravého okraje popisky:* Určuje pozici označení koleje. Zadáním vhodných hodnot lze dosáhnout toho, že popisky kolejí v jedné kolejové skupině budou zarovnané pod sebe.

*Využití koleje:* Určuje, jaké typy vozidel mají být na kolej odstavovány (údaj slouží pro Editor jízdních řádů).

**Kolejová spojka s označením:** slouží pro jízdu vlaku i posun, může být cílem posunové cesty.

**Kolejová spojka bez označení:** rovněž slouží pro jízdu vlaku i posun a může být cílem posunové cesty, používá se pro zobrazení koleje vedoucí do obvodu depa nebo na vlečku.

*Pomocné označení:* Nepovinný údaj, zadává se u kolejí vstupujících do obvodu depa (např. zadáním ‚PJ Liberec‘) nebo pro vlečky (např. ‚vlečka FEREX‘).

*Využití koleje:* možnost zadat kolej vedoucí do obvodu depa nebo na vlečku.

*Kolej s kontrolou volnosti:* Pokud nemá kolej kontrolu volnosti, zobrazuje se přerušovanou čarou a v simulaci se na ní nezobrazuje obsazení vozidly (depo a vlečka musí být bez kontroly volnosti).

##### **Hlavní návěstidlo:**

*Kilometrická poloha:* Kilometrická poloha návěstidla např. podle staničního řádu, která se používá při určování vzdáleností, délky vlakové cesty apod.

*Typ návěstidla:* Volba ‚Stožárové (pouze návěst stůj)‘ určuje návěstidlo přiřazené ke kusé koleji na straně zarážedla. Takové návěstidlo může být propojeno pouze s dopravní kolejí a k této koleji nesmí být na straně zarážedla připojen žádný prvek kolejiště.

### **Seřadovací návěstidlo:**

*Skupinové návěstidlo:* Pokud je návěstidlo označené jako skupinové, musí se ve stanici nacházet jiné seřadovací návěstidlo se stejným označením.

**Jednoduchá výhybka:** program nabízí tři typy jednoduchých výhybek, které mohou být cílem posunové cesty.

*Závislost na Výh / Vk:* Určuje, na které výhybce či výkolejce je výhybka závislá. Dvojice závislých výhybek se v simulaci přestavuje současně.

*Základní poloha:* Určuje, v jakém směru je výhybka přestavena při startu simulace.

*Rychlost jízdy (vedlejší směr):* Označuje omezení rychlosti pojíždění výhybky při jízdě vedlejším směrem.

**Křižovatková výhybka:** prvky jsou zpravidla zdvojeny pro obě části výhybky.

*Délka výhybky v pixelech:* vodorovný rozměr výhybky lze měnit, čehož lze využít při tvorbě dvojité spojky mezi dvěma kolejemi.

**Výhybka se zarážedlem kusé koleje:** základní poloha je vždy v přímém směru.

*Označení odvrtné koleje:* Nepovinný údaj, v případě nezadání je při vytváření souboru simulace automaticky doplněn podle označení výhybky.

### **Základní spojovací kolej:**

*Označení:* Údaj je povinný pouze v případě, kdy kolej slouží jako cíl posunové cesty.

### **Spojovací kolej s volitelnou délkou:**

*Svislý rozměr:* Hodnota je zadávána v poměru ke vzdálenosti dvou sousedních kolejí v rozmezí 0 až 12, kdy 0 odpovídá velikosti základní spojovací koleje.

**Šikmá kolej:** může být cílem posunové cesty.

*Svislý rozměr:* Obdobná vlastnost jako u spojovací koleje s volitelnou délkou, může však nabývat hodnot 1 až 12

*Označení koleje:* Musí být zadáno, pouze pokud je kolej cílem posunové cesty.

**Traťový úsek (okrajový):** trať vstupující z vnějšku do řízené oblasti, současně s přidáním traťového úseku dojde k přidání symbolu traťového souhlasu a popisky k označení času a čísla vlaku.

*Celý název úseku:* např. ve tvaru Liberec – Chrastava.

*Jízdní doby v mezistaničním úseku:* Zadání rozsahu jízdních dob vlaků v mezistaničním úseku v minutách.

### **Traťový souhlas:**

*Označení traťového úseku:* Sestává se ze zkratky sousední stanice a označení traťové koleje, např. Ch – 1T1 apod.

*Základní stav traťového souhlasu:* Na dvoukolejných tratích je zpravidla základním stavem udělený souhlas, a to pro jednu kolej pro směr do stanice a pro druhou naopak.

**Traťový úsek (uvnitř řízené oblasti):** trať mezi dvěma řízenými stanicemi, opět doplněna symbolem směru jízdy a označením čísla a času jízdy vlaku.

**Symbol směru jízdy (trať uvnitř řízené oblasti):**

*Základní směr jízdy:* Nelze zadávat neudělený směr, volby s možností ‚nelze měnit‘ by nemělo být použito u jednokolejných tratí.

**Zarážedlo:** může být připojeno pouze k manipulační koleji, v případě kusé dopravní koleje je ukončení určeno příslušným typem hlavního návěstidla (viz. výše).

**Textové pole:** umožňuje zadávat jednořádkový text. U správně vytvořené simulace by měly být popisky přiřazeny minimálně ke všem vstupujícím tratím (název sousední stanice), ke stanicím (pokud je řízená oblast tvořena alespoň dvěma stanicemi), k jednotlivým kolejím skupinám u stanice s více kolejovými skupinami a k označení kolejí vstupujících do depa a vleček (text popis by měl být shodný s pomocným označením kolejové spojky reprezentující depo či vlečku).

#### **4.2.4 Propojování prvků kolejiště, pohyb a umístění prvků na ploše**

Aby mohla být simulace vytvořena, musí být provedeno propojení všech prvků tvořících kolejiště (tedy např. jednoduchá výhybka musí mít určeny tři sousedy apod.). Volba propojení se provádí výběrem tlačítka *Propojení komponent* na panelu nástrojů. Následně je možné provádět buď propojení návěstidla s kolejovým úsekem, propojení dvojice kolejových úseků nebo odebrání propojení.

Při propojení návěstidla s kolejovým úsekem se nejprve vybere návěstidlo kliknutím levým tlačítkem myši a následně prvek, s kterým má být návěstidlo propojeno. Prvek se zobrazí v dialogovém okně, které umožní výběr okraje, se kterým má být návěstidlo propojeno. Vzhled dialogového okna zachycuje obrázek A-5. Propojení dvojice kolejových úseků se provádí postupným výběrem obou z nich a následným určením propojovaného okraje pomocí výše zmíněného dialogového okna. Pro odebrání propojení se vybere pouze jeden z dvojice prvků a po zobrazení tohoto prvku v dialogovém okně je možné vybrat, které propojení bude zrušeno (nepropojené okraje a okraje s možností odebrání propojení jsou barevně odlišeny).

Propojení dvojic prvků a propojení návěstidel s prvky kolejiště je možné zobrazovat, resp. skrývat pomocí dvojice tlačítek panelu nástrojů.

Jednotlivé prvky kolejiště je možné přetahovat po ploše panelu kolejiště tak, aby bylo možné vytvořit souvislý obraz kolejiště. V případě stisknutí klávesy Ctrl při výběru prvku je zahájen pohyb se skupinou všech vzájemně propojených prvků.

U prvků kolejiště, které je možné na ploše panelu kolejiště různě orientovat (návěstidla, výhybky, šikmé koleje apod.), je třeba pro správnou polohu použít volbu ‚Otočit‘ v plovoucím menu vyvolaném stiskem pravého tlačítka myši nad příslušným prvkem kolejiště.

#### 4.2.5 Projekty simulací

Rozpracované simulace je možné ukládat do projektů. Otevírání a tvorba nových projektů probíhá při spuštění programu (viz. kapitola 4.2.1) nebo volbou příslušné položky v menu programu Soubor, resp. příslušného tlačítka na panelu nástrojů.

V rámci projektů je dále třeba zadávat některé jejich parametry. K zadávání slouží trojice dialogových oken, která se zobrazí po výběru příslušných položek ve skupině *Projekt* hlavního menu programu.

Prvním z nich je nastavení *vlastností projektu*. Vzhled okna zachycuje obrázek A-6. V rámci vlastností lze měnit název simulace a zadávat volbu, v označení výhybek používat zkratku stanice. V případě zaškrtnutí této volby (má smysl pouze u simulací s více než jednou stanicí) je možné doplnit označení výhybky dvoupísmennou zkratkou stanice (např. Lc 1, Lc-1 nebo Lc\_1). Při určování dvojic závislých výhybek je pak výběr zúžen pouze na výhybky příslušné stanice.

Druhé okno, zachycené na obrázku A-7, umožňuje nastavení *označení kolejových skupin ve stanicích*. Zadání údajů je nepovinné a má praktický význam pouze u stanic s více než jednou kolejovou skupinou. Po výběru stanice v levé části okna je možné přidávat (resp. odebírat) kolejové skupiny. Ke každé skupině je třeba zadat zkratku (např. ON pro osobní nádraží) a označení stovkovou sérií. Pokud zadání skupiny chybí, je při vytváření souboru doplněna kolejová skupina s implicitním označením stovkové série (např. 2xx pro koleje 201-206).

Poslední okno slouží k *zadávání počtu staničních záloh* a jejich umístění při startu simulace. Jeho vzhled představuje obrázek A-8. Staniční zálohy musí být umístěny pouze ve vlakové stanici, kontrola umístění do správné stanice však probíhá až při tvorbě souboru simulace.



#### 4.2.6 Tvorba souborů simulace

Aby mohla být simulace použitelná v Simulátoru železničního provozu, je třeba vytvořit příslušné soubory, tedy soubor simulace a soubory jízdních cest. Tvorba souborů proběhne po výběru funkce *Vytvořit datový soubor* v menu *Projekt*, resp. příslušného tlačítka na panelu nástrojů.

Průběh tvorby souborů se zobrazuje ve zvláštním okně, do něhož se odlišnými barvami vypisují jednotlivá hlášení. Mezi tato hlášení patří zprávy, chyby, upozornění a opravy. V případě výskytu chyb nelze soubory simulace vytvořit. Mezi chyby patří např. chybějící propojení prvků kolejiště, nezadané označení tratě a podobně. Součástí úspěšně vytvořených souborů simulace je i prázdný jízdní řád (empty). Simulace sice může být s tímto jízdním řádem spuštěna, nebude však obsahovat žádné vlaky. Jízdní řád je třeba vytvořit v programu Editor jízdních řádů.

Kromě tvorby souborů simulace program umožňuje provádět kontrolu údajů. V případě volby této funkce program určí, zda ze zadaných údajů je či není možné vytvořit datové soubory simulace, případně vypíše seznam chyb.

#### 4.3 Vytvořené simulace

Pro Simulátor železničního provozu jsou v současnosti dostupné následující simulace:

- *Železniční stanice Liberec*: simulace byla vytvořena v rámci bakalářské práce a k dispozici jsou tři sady souborů jízdních řádů (z let 2005, 2006 a 2007).
- *Trat' Rokytnice – Ostrov*: simulace fiktivní řízené oblasti se dvěma stanicemi a jednou odbočkou.
- *Železniční stanice Nová Ves nad Nisou*: simulace malé stanice na trati Liberec – Tanvald, která sloužila jako stanice do roku 1994, byla vytvořena jako testovací pro odzkoušení programu Tvorba stanice.
- *Trat' Harta – Slapy*: simulace fiktivní oblasti se dvěma stanicemi a výhybnou.
- *Trat' Turnov – Liberec*: simulace železniční tratě s jízdním řádem z roku 2006 (viz. [11]).
- *Trat' Česká Lípa – Liberec*: simulace tratě ČD, k dispozici je jízdní řád z roku 2007, který je pro zatraktivnění doplněn o řadu nákladních vlaků.

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvoření konfigurovatelného simulátoru železničního provozu. Pro realizaci zadání bylo třeba seznámit se s materiály uvedenými v seznamu použité literatury a vytvořit, resp. přepracovat trojici počítačových aplikací. Při tvorbě práce byly respektovány interní předpisy ČD.

Výsledkem práce je trojice počítačových aplikací, které umožňují tvorbu vlastních řízených oblastí, jízdnicích řádů a simulaci jízd vlaků a posunu v řízených oblastech podle vytvořených jízdnicích řádů. Systém je doplněn o řadu pokročilých funkcí. Součástí textu je i stručný popis existujících typů zabezpečovacích zařízení používaných na našich tratích a srovnání existujících českých simulátorů železničního provozu.

Autor chce poděkovat všem, kdo při tvorbě práce poskytli podporu, trpělivost či cenné připomínky týkající se především úprav Simulátoru železničního provozu. Zvláštní poděkování patří vedoucí bakalářské práce paní doc. ing. Jiřině Královcové, Ph. D.

## Použitá literatura

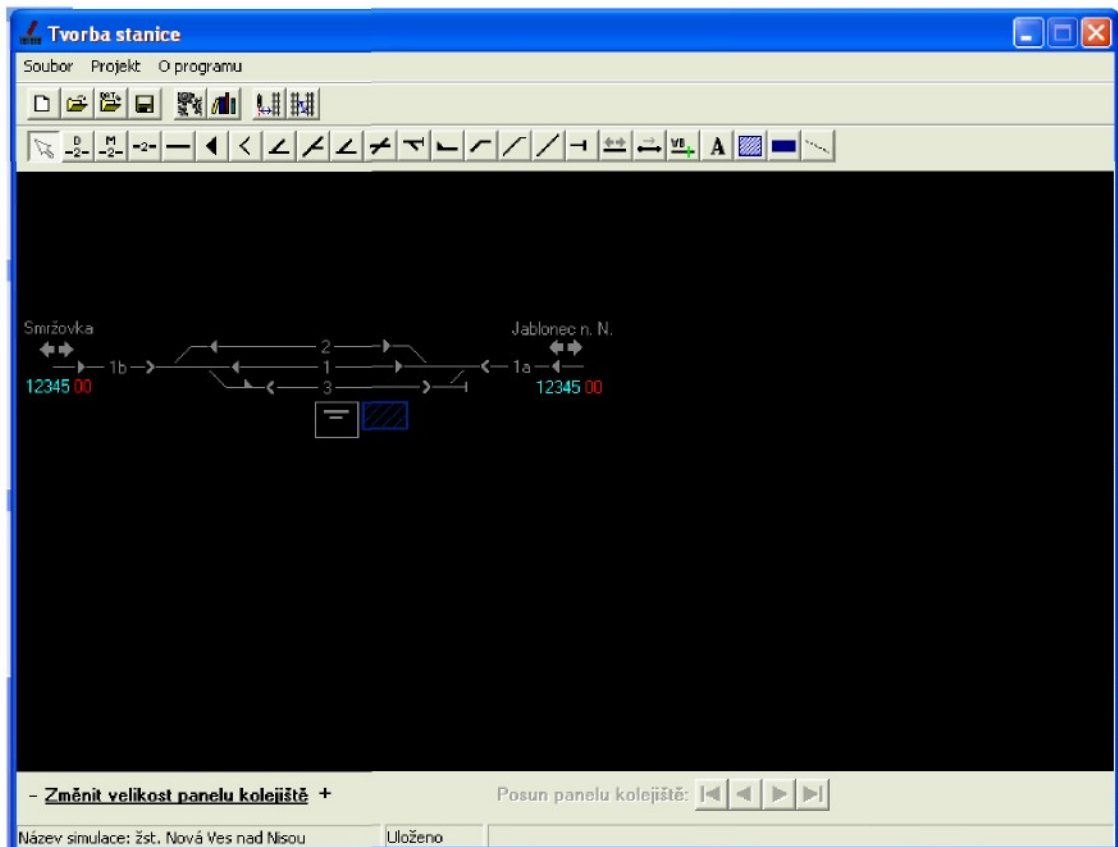
- [1] Cantú, M.: Myslíme v jazyku Delphi 6, Grada, Praha, 2002
- [2] Flanderka, D.: Trenažer provozu železniční stanice, bakalářská práce TUL, Liberec, 2006
- [3] Flanderka, D.: Editor jízdních řádů pro trenažer vlakového provozu, semestrální projekt TUL, Liberec, 2007
- [4] Jelen, J., Sellner, K.: Lokomotivy, NADATUR, Praha, 1995
- [5] Kolektiv autorů: Železnice Čech, Moravy a Slezska, TÚDC ČD, Praha, 1995
- [6] Polach, V., Houda, P.: Graficko-technologická nadstavba zabezpečovacího zařízení, In Vědeckotechnický sborník ČD č. 11
- [7] ČD D1: Předpis pro používání návěstí při organizování a provozování drážní dopravy, interní předpis ČD
- [8] ČD D2: Předpis pro organizování a provozování drážní dopravy, interní předpis ČD
- [9] ČD D3: Předpis pro zjednodušené řízení drážní dopravy, interní předpis ČD
- [10] ČD ZTP-JOP: Základní technické požadavky – Jednotné obslužné pracoviště, interní předpis ČD
- [11] Plány kolejišť železničních stanic na tratích Turnov – Liberec a Česká Lípa – Liberec, interní dokumenty ČD
- [12] Vlastní poznámky autora

### *Zdroje na internetu:*

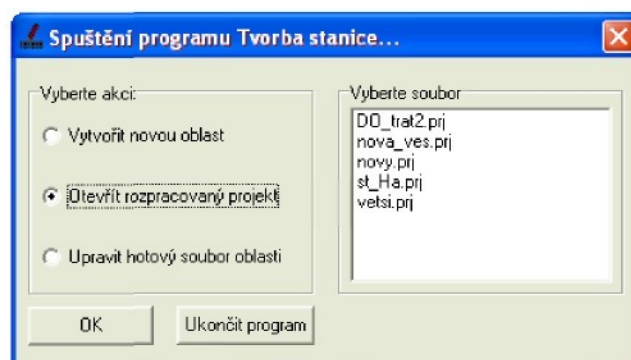
- [13] AŽD Praha s r. o.: [www.azd.cz](http://www.azd.cz)
- [14] České dráhy, a. s.: [www.cd.cz](http://www.cd.cz)
- [15] Správa železniční dopravní cesty, s. o.: [www.szdc.cz](http://www.szdc.cz)
- [16] Stránky přátel železnic: [spz.logout.cz](http://spz.logout.cz)
- [17] Stránky simulátorů Erwes: [erwes.michalhanzlik.cz](http://erwes.michalhanzlik.cz)
- [18] Stránky simulátorů Gordikon a Multi: [www.softikon.wz.cz](http://www.softikon.wz.cz)
- [19] Stránky simulátoru Staničář: [www.stanicar.cz](http://www.stanicar.cz)
- [20] Stránky simulátoru uzlu Brno: [www.brnosim.wz.cz](http://www.brnosim.wz.cz)
- [21] Stránky simulátoru žst. Liberec: [www.vypravci.com](http://www.vypravci.com)

## Příloha A – Vzhled jednotlivých oken aplikace Tvorba stanice

V rámci kapitoly 3.4 byl popsán vývoj programu Tvorba stanice z hlediska programátorského a kapitola 4.2 obsahuje uživatelský návod tohoto programu. Tato příloha doplňuje obě kapitoly obrázky jednotlivých oken této aplikace.



Obrázek A-1: Hlavní okno aplikace Tvorba stanice



Obrázek A-2: Úvodní dialogové okno programu s možností volby

**Zadání údajů o simulaci**

Název datového souboru: nova\_ves

Název simulace: žel. stanice Nová Ves nad Nisou

Počet stanic v řízené oblasti: 1

**Stanice:**

	Název stanice	Zkratka	Odbočka	Vlakotvorba
1)	Nová Ves	Nv	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>

Zavřít

Obrázek A-3: Zadání údajů o novém projektu simulace

**Zadání údajů o staniční koleji**

Typ staniční koleje: **dopravní**

Označení koleje: 1

Pomocné označení:

Skutečná délka koleje v metrech: 215

Délka koleje v simulaci v pixelech: 105

Umístění pravého okraje popisky: 65

Využití koleje: hlavní kolej (neobsazuje se vlaky)

zobrazení koleje v grafikonu obsazení kolejí

u koleje se nachází nástupiště

OK Storno

Obrázek A-4: Editace prvku dopravní koleje

**Volba propojení prvků kolejiště**

Výberte okraj pro propojení prvků kolejiště:

**Legenda:**

- nepropojený okraj
- propojený okraj (lze odebrat)
- propojený / zakázaný okraj (nelze odebrat)

Storno

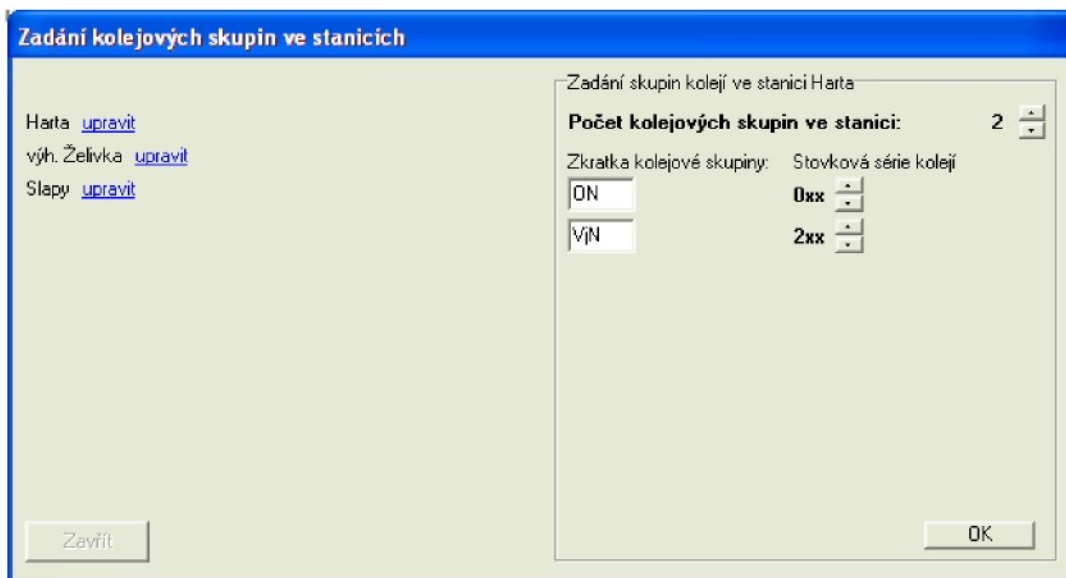
Obrázek A-5: Dialogové okno pro zadání propojení prvků kolejiště

**Vlastnosti projektu**

Název simulace: trať Harta - Slapy

v označení výhybek používat zkratku stanice, ke které patří

Obrázek A-6: Zadání vlastností projektu



Obrázek A-7: Okno pro zadání kolejových skupin v jednotlivých stanicích



Obrázek A-8: Dialogové okno pro určení počtu a umístění staničních záloh

## Příloha B – Struktura datových souborů

### 1) Soubor simulace - \*.DAT

```
1 | ewaykrjvewjyxykb
2 | nova_ves
3 | žst. Nová Ves nad Nisou
4 | 1
5 | Nová Ves
6 | Nv
7 | 0 1 3
8 | 0xx
9 | 0
10 | 3 4
11 | 25 130 1 3 1 0 0 1 0 0
12 | Nová Ves – Smržovka
13 | 57 59 62 64 67 69 71 74 76 0 50
14 | 373 130 2 3 2 1 0 0 0 0
15 | Jablonec – Nová Ves
16 | 33 35 36 38 39 41 43 44 46 0 50
17 | 15 114 0
18 | Sm – 1T1
19 | Smržovka
20 | Sm
21 | 363 114 0
22 | Jb – 1T1
23 | Jablonec n. N.
24 | Jb
... | ...
```

Soubor obsahuje základní údaje o simulaci, tedy o stanicích a jednotlivých komponentách tvořících reliéf kolejíště. Význam řádků je následující:

- 1 kontrolní řetězec simulace (16 znaků malé abecedy bez diakritiky)
- 2 název souboru bez přípony
- 3 název simulace
- 4 počet stanic v řízené oblasti
- 5-9 informace o stanici
- 10 rozsah indexů traťových úseků (zároveň určuje jejich počet, tedy 2)
- 11-16 údaje o traťových úsecích (pro každý úsek 3 řádky)
- 17-24 údaje o traťových souhlasech náležejících k traťovým úsekům (pro každý traťový souhlas 4 řádky)
- ... následují údaje o dalších komponentách

## 2) Soubor vlakových cest – VLC.DAT

```
1 | ewaykrjvewjxykb
2 | 8
3 | 3
4 | 3
5 | 335 51
6 | 3
7 | 0 0
8 | 11 4 0
9 | 11 3 0
10| 1 1 0
...| ...
```

Soubor obsahuje jednotlivé vlakové cesty. Význam řádků je následující:

- 1 kontrolní řetězec simulace (shodný se souborem simulace)
- 2 počet vlakových cest
- 3-10 záznam 1. vlakové cesty s údaji podle řádků:
  - 3 index návestidla, od kterého vlaková cesta vede
  - 4 index cílové koleje vlakové cesty
  - 5 délka vlakové cesty a maximální rychlost jízdy při použití vlakové cesty
  - 6 počet komponent
  - 7 indexy variantních bodů, pokud jsou definovány
  - 8-10 jednotlivé komponenty vlakové cesty
- ... od následujícího řádku začíná záznam další vlakové cesty

## 3) Soubor posunových cest – PC.DAT

```
1 | ewaykrjvewjxykb
2 | 12
3 | 3
4 | 0
5 | 3 1 0
6 | 90
7 | 2
8 | 18 4 0
9 | 18 3 0
...| ...
```

Soubor obsahuje jednotlivé posunové cesty. Význam řádků je následující:

- 1 kontrolní řetězec simulace (opět shodný se souborem simulace)
- 2 počet posunových cest
- 3-9 záznam 1. posunové cesty (pouze drobně se liší od vlakové cesty), od dalšího řádku následují záznamy další posunové cesty



#### 4) Soubor jízdního řádu – \*.JIR

```
1 | ewaykrjvewjyxykb
2 | EDYIPGUVQVWB
3 | 2
4 | 1      1      90
5 | (12:53)
6 |
7 | 1      6      6311  55    3      58      45330
8 | 0      1      3      46380  0
9 | 6      6311  55    4      1      1      1      0
10| -12622
...| ...
```

Soubor obsahuje záznamy o jednotlivých vlacích. Význam řádků je následující:

- 1 kontrolní řetězec simulace (shodný se souborem simulace)
- 2 kontrolní řetězec souboru jízdního řádu (12 znaků velké abecedy bez diakritiky)
- 3 počet záznamů vlaků
- 4-10 záznam 1. vlaku s následujícími řádky:
  - 4 počet stanic, směr jízdy vlaku při vzniku, maximální rychlost vlaku
  - 5-6 textové řetězce poznámek (např. odjezd, směr jízdy apod.)
  - 7 údaje o vzniku vlaku
  - 8-9 údaje o průjezdu stanicí (implicitně 2 řádky, v případě manipulace vlaku ve stanici se počet řádků záznamu zvyšuje)
  - 10 kontrolní součet
- ... od následujícího řádku začíná záznam dalšího vlaku

#### 5) Soubor grafikonu obsazení kolejí – \*.GVD

```
1 | ewaykrjvewjyxykb
2 | EDYIPGUVQVWB
3 | 2
4 | 2
5 | 6312
6 | 770  772
7 | 6314/6313
8 | 836  850
9 | 1
10| 6311
11| 765  773
```

Soubor obsahuje záznamy pro grafikon obsazení kolejí osobními vlaky zobrazovaný v simulátoru. Význam řádků je následující:

- 1-2 kontrolní řetězec simulace a souboru jízdního řádu

- 3 počet kolejí zobrazovaných v grafikonu
- 4 počet záznamů pro 1. kolej
- 5-8 záznamy pro 1. kolej (každý záznam je uložen na 2 řádcích)
- 9 počet záznamů na 2. koleji
- 10-11 záznam pro 2. kolej

#### 6) Soubor posunových dílů – \*.pd

```

1 | ewaykrjvewjyxykb
2 | EDYIPGUVQVWB
3 | 1
4 | 1      255   15   -2   -2   0   1
5 | 2      1    30
6 | vozy řady 010

```

Soubor obsahuje záznamy o posunových dílech a využívá se především při startu simulace. Význam řádků je následující:

- 1-2 kontrolní řetězec simulace a souboru jízdního řádu
- 3 počet záznamů posunových dílů
- 4-6 údaje o 1. záznamu (každý záznam se zobrazuje na 2-6 řádků)

#### 7) Soubor pomocných údajů – \*.pux

```

1 | ewaykrjvewjyxykb
2 | EDYIPGUVQVWB
3 | 755   760
4 | 1
5 | 50480 7      19   70
6 | 3
7 | 66    21
8 | 67    31
9 | 68    14

```

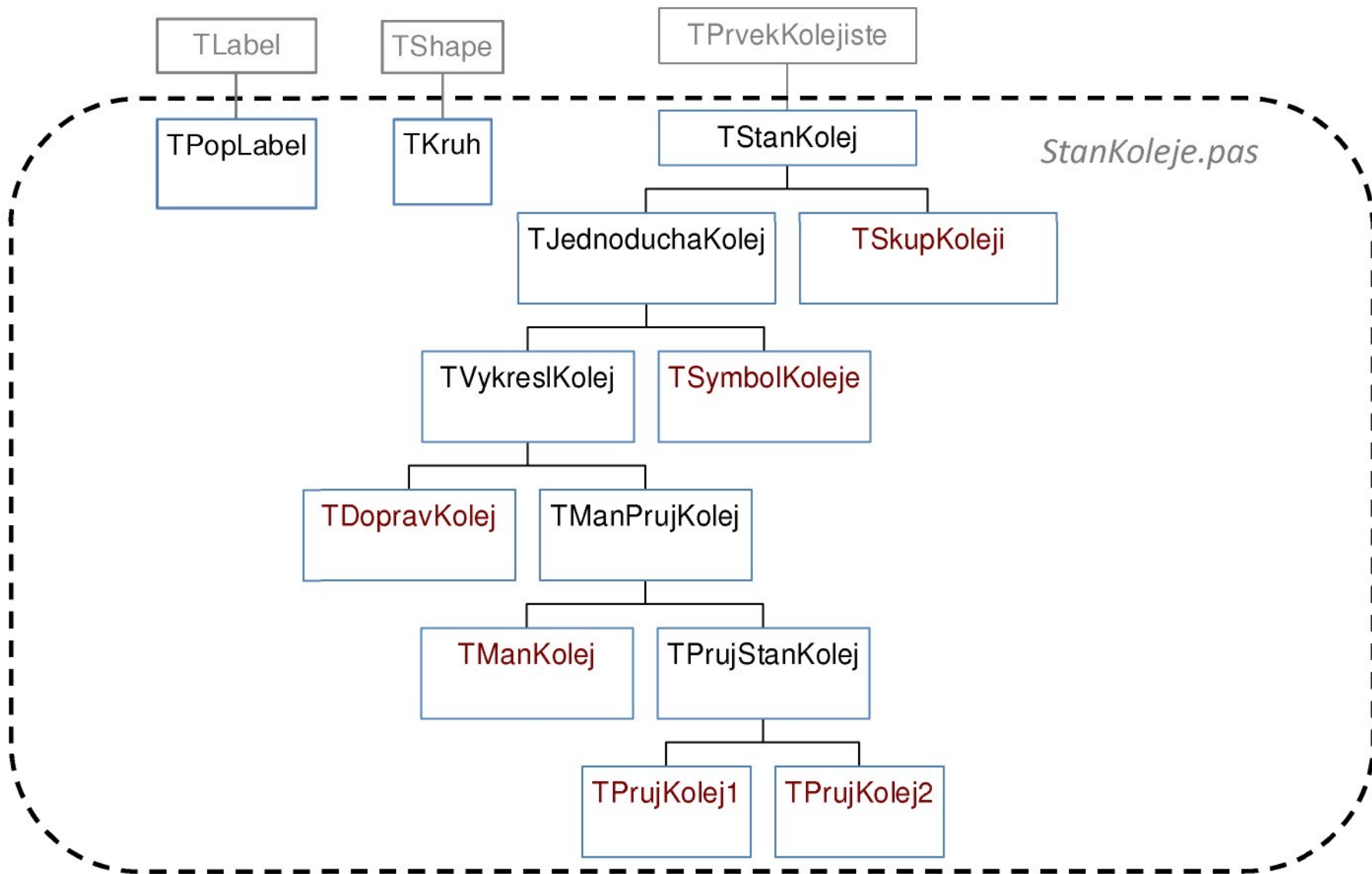
Soubor obsahuje další údaje o simulaci. Význam řádků je následující:

- 1-2 kontrolní řetězec simulace a souboru jízdního řádu
- 3 omezení času startu simulace vzhledem k nočnímu klidu
- 4 počet posunových dílů tvořených nákladními vozy, které mají ve stanici pobyt 24 hodin (tj. vrací se následující den stejným vlakem, kterým byly přivezeny)
- 5 záznam o těchto dílech (každý na 1 řádku)
- 6 počet posunových dílů tvořených nákladními vozy předávaných na vlečky
- 7-9 záznam o těchto dílech (každý na 1 řádku)

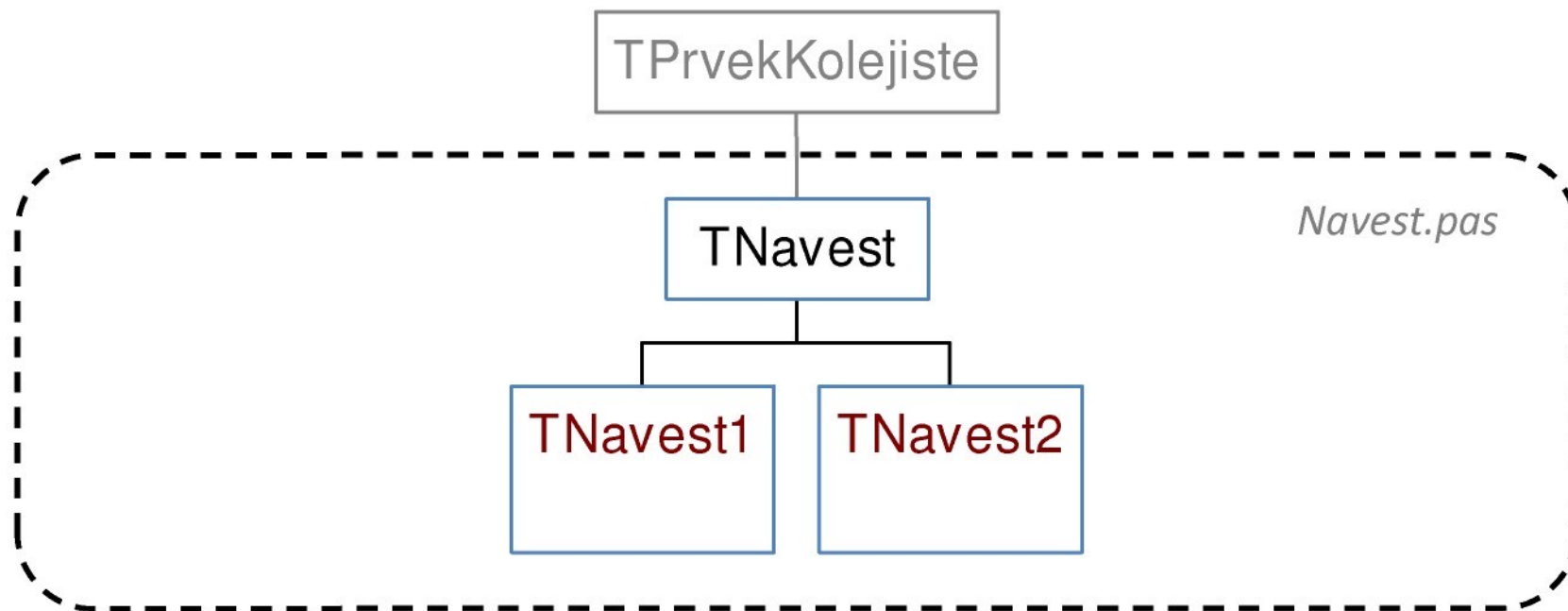
# Schematické zobrazení knihoven

Pro konfigurovatelný simulátor  
železničního provozu

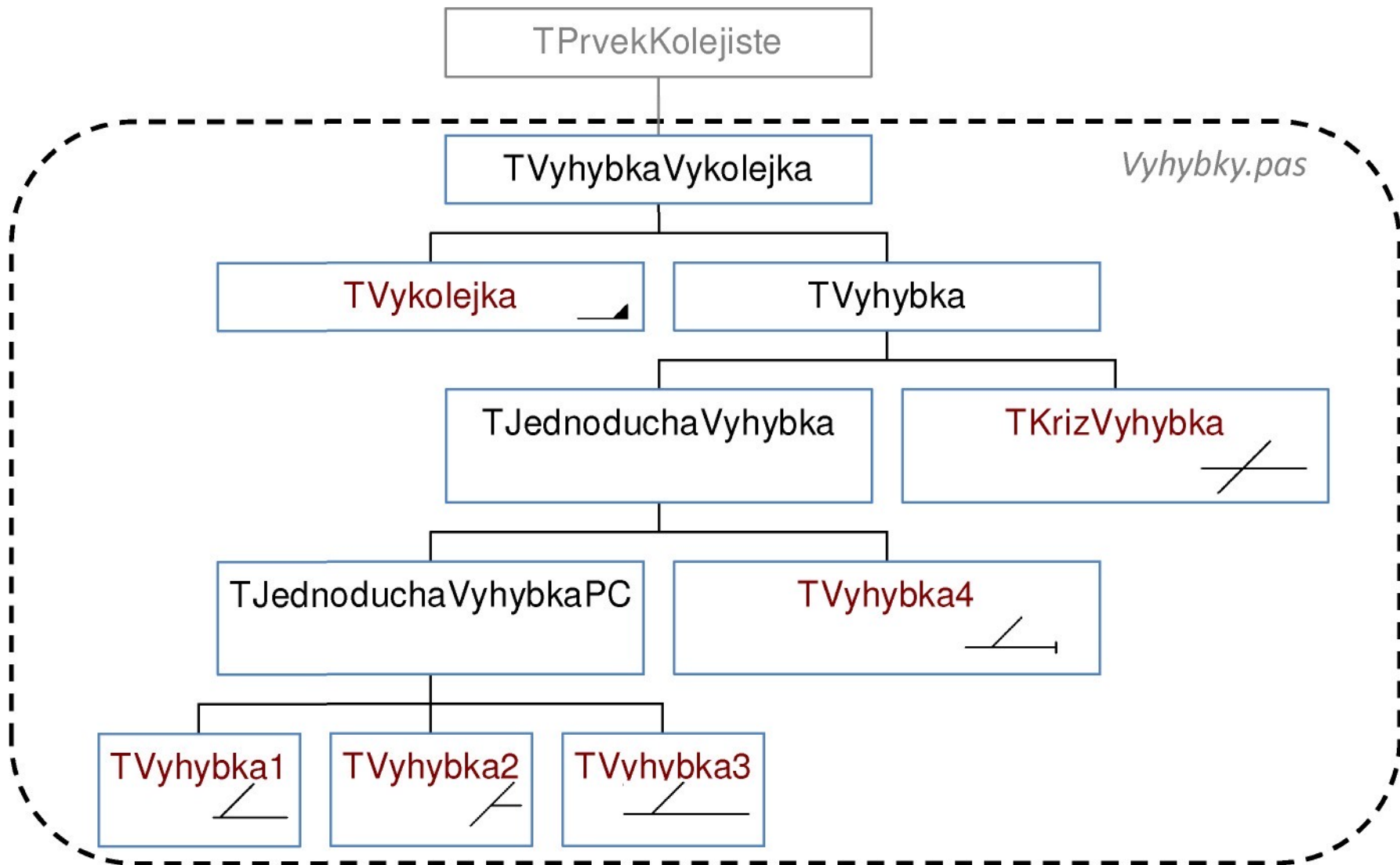
# Knihovna ‚StanKoleje.pas‘



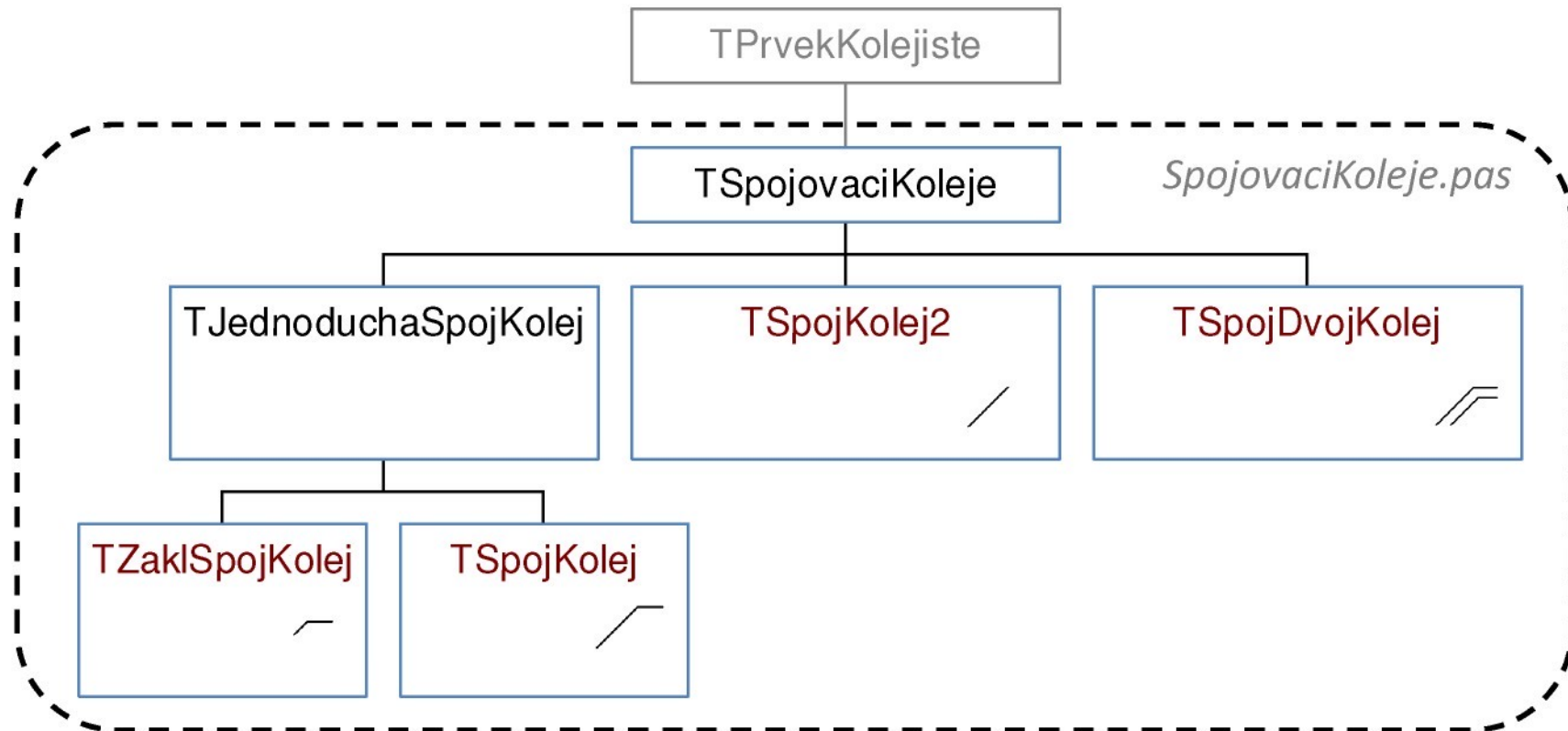
# Knihovna ‚Navest.pas‘



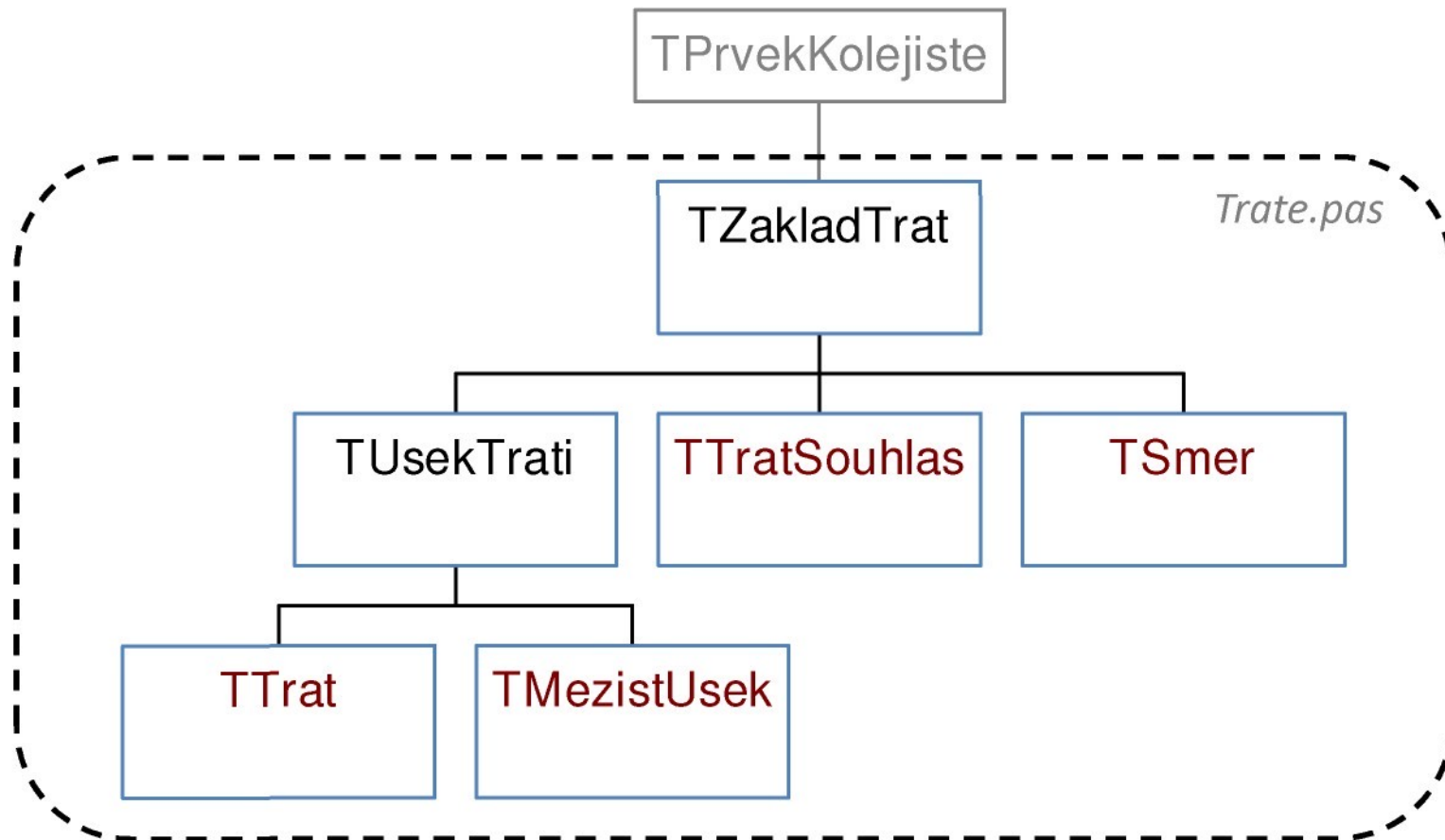
# Knihovna ‚Vyhybky.pas‘



# Knihovna ‚SpojovaciKoleje.pas‘



# Knihovna ‚Trate.pas‘





# Knihovna ‚PodpurPrvky.pas‘

