

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**AUTOMATICKÉ STAVĚNÍ VLAKOVÝCH CEST**

**Bc. Lukáš Foltýn**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2009**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra technologie a řízení dopravy  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš FOLTÝN**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**  
  
Název tématu: **Automatické stavění vlakových cest**

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

Úvod

1. Technické specifikace
2. Analýza rozhodného okamžiku
3. Návrh algoritmu automatického stavění cest
4. Vyhodnocení

Závěr

Rozsah grafických prací: 2-5  
Rozsah pracovní zprávy: 40-50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Předpis SŽDC D1

Předpis SŽDC D2

TNŽ 342620 - Staniční a traťové zabezpečovací zařízení

SUDOP PRAHA a. s.: Studie „Technické specifikace pro automatické stavění jízdních cest“. 2005

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tatiana Molková, Ph.D.**  
Katedra technologie a řízení dopravy

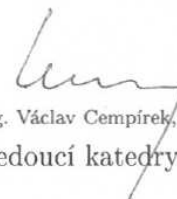
Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2008**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. ledna 2009

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 5. 2009

Lukáš Foltýn

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá systémem automatického stavění vlakových cest. Analyzuje konflikty v železniční dopravě při stavění vlakové cesty a snaží se stanovit rozhodný okamžik pro postavení vlakové cesty. Navrhuje algoritmus pro systém automatického stavění vlakové cesty. Dále vyhodnocuje analýzu a návrh algoritmu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

zabezpečovací zařízení, vlakové cesty, GTN, čísla vlaků

## **TITLE**

Automatic Route Setting System

## **ANNOTATION**

The thesis deals with automatic route setting system. It analyses the conflicts in railway service, when setting the route and it is trying to determine the right time for setting the route. It proposes an algorithm for the automatic route setting system. Then it evaluates the analysis and the algorithm proposal.

## **KEYWORDS**

Interlocking plant, railway route, GTN, train numbers

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí práce doc. Ing. Tatianě Molkové Ph.D. za poskytnuté informace a cenné rady při zpracování diplomové práce. Rovněž děkuji Ing. Janu Hrabáčkovi za poskytnutí informací a ochotu při hledání podkladů k této práci.

# OBSAH

Úvod .....	9
1 Technické specifikace .....	10
1.1 Definice pojmů .....	10
1.1.1 Vlák .....	10
1.1.2 Vlaková cesta.....	11
1.1.3 Organizování drážní dopravy .....	11
1.1.4 Řízení provozu drážní dopravy.....	12
1.2 Zabezpečovací zařízení.....	13
1.3 Graficko-technologická nadstavba ZZ .....	15
1.4 Informační systémy .....	17
1.4.1 Dispečerský informační systém (DIS).....	18
1.4.2 Centrální vozový informační systém (CEVIS).....	19
2 Analýza rozhodného okamžiku .....	20
2.1 Systém ASVC.....	20
2.2 Konflikty v dopravě.....	21
2.2.1 Mimořádnosti .....	22
2.2.2 Jízda vlaků .....	22
2.2.3 Posun .....	23
2.2.4 Nástupiště a dopravní koleje .....	23
2.2.5 Přejezdy .....	23
2.3 Stanovení rozhodného okamžiku pro stavění vlakové cesty.....	24
2.3.1 Výpočet rozhodného okamžiku.....	25
2.4 Příklady konfliktů v praxi.....	27
2.4.1 Výluka traťové koleje.....	28
2.4.2 Zpoždění vlaku a čekací doby .....	28
2.4.3 Sled vlaku – Rychlík x Osobní vlak .....	29
2.4.4 Nástupiště a přestupní vazby .....	32
3 Návrh algoritmu automatického stavění cest .....	35
3.1 Charakteristika algoritmu .....	37
3.1.1 Vstupní skupina objektů.....	37
3.1.2 Fáze hledání dopravní koleje.....	38

3.1.3	Deadlock.....	39
3.1.4	Konfliktní situace a jejich řešení .....	39
3.1.5	Analýza rozhodného okamžiku .....	40
3.1.6	Zobrazení výstupních informací o stavění VC .....	41
3.1.7	Požadavek na postavení VC .....	41
3.2	Algoritmus pro postavení odjezdové cesty.....	42
3.3	Manuální stavění vlakové cesty.....	43
4	Vyhodnocení.....	45
4.1	Realizace systému ASVC.....	45
	Závěr.....	48
	Seznam použitých zdrojů .....	49
	Seznam obrázků.....	50
	Seznam zkratk.....	51



# ÚVOD

Snahou dnešní doby je zavádět moderní technologické prvky do řízení provozu tak, aby se minimalizoval podíl lidského činitele na řízení dopravy. Jedním z prostředků pro dosažení těchto požadavků je systém automatického stavění vlakových cest.

Tento systém s sebou přináší inovační technologii do provozu na železnici, kdy řízení železniční dopravy probíhá na základě rozhodování počítače, nikoliv obsluhujícího zaměstnance. Zaměstnanec pouze organizuje dopravu (sleduje dodržování jízdního řádu, plán křižování vlaků, apod.) a v případě nouze ji řídí manuálně. Automatické stavění cest tak plně nahrazuje dálkové řízení železniční dopravy z dispečerského pracoviště.

Práce byla vybrána kvůli problematice konfliktů v dopravě, kdy se v praxi neustále vyskytují situace neplánovaného křižování, předjíždění, aniž by obsluze byla nabídnuta možnost optimálního vyřešení dané dopravní situace. Tuto skutečnost lze řešit pomocí systému automatického stavění cest, který dává možnost řešení konfliktu a také jej realizuje. Díky této práci bylo možné poznat oblasti, ve kterých lze systém uplatnit.

Řešení problematiky automatické stavění má širší podklad a zasahuje jak do technického oboru, tak i do technologického. Technické zabezpečení závisí na struktuře zabezpečovacích zařízení v železniční dopravě a možnostech výpočetní techniky a telematiky. Z tohoto důvodu je v práci věnována pozornost pouze technologické části automatického stavění v oblasti výskytu konfliktních situací, analýze rozhodného okamžiku a algoritmizace systému automatického stavění vlakových cest.

Cílem této práce je vymezit oblast vzniku konfliktních situací v železniční dopravě, analýza rozhodného okamžiku, kdy může systém automatického stavění vlakových cest dát požadavek na postavení vlakové cesty a návrh algoritmu, na základě kterého by systém mohl pracovat.

Tato práce se zabývá pouze automatickým stavěním vlakových cest. Existují ještě posunové cesty, ale pro lepší názornost se práce bude věnovat jen jízdě vlaků. Pro posunové cesty rovněž může platit obecný princip automatického stavění cest. Zahrnutí posunových cest by bylo nad rámec této práce.

# 1 TECHNICKÉ SPECIFIKACE

## 1.1 Definice pojmů

Než bude možné zabývat se samostatným systémem automatického stavění, je nutné nejprve definovat důležité pojmy týkající se vlakových cest a popsat současné řízení provozu železniční dopravy. S tímto úkonem souvisí důkladné prostudování předpisů a dokumentů ([1] - [8]), souvisejících s řízením železničního provozu.

### 1.1.1 Vlak

Vlak je přesně definován předpisem SŽDC D2 [2]. Vlak tvoří alespoň jedno hnací a alespoň jedno tažené vozidlo označené stanovenými návěstmi a je tvořeno doprovodem vlaku. Vlakem jsou i samostatná hnací vozidla a speciální hnací vozidla rovněž označena stanovenými návěstmi. Důležité z definice vlaku je pro systém automatického stavění cest to, že vlak je přesně označen předepsanými návěstmi a je tvořen alespoň jedním hnacím vozidlem, což je velmi důležité pro stavění vlakových cest obzvláště při zjišťování konce vlaků. Údaje o hnacím vozidle a tažených vozidlech jsou důležité pro vstupní informace, které budou potřeba pro systém automatického stavění cest. Dále je důležité, že vlak jezdí podle jízdního řádu, čímž získáváme přehled o čase, ve kterém vlak bude projíždět kritickým místem pro systém automatického stavění cesty a podle kterého budeme určovat okamžik začátku stavění vlakové cesty, aby nebyla omezena jízda vlaku.

Dále je podstatné pro systém automatického stavění vlakových cest (dále jen ASVC), rychlost a důležitost vlaku (definice viz předpis SŽDC D2 [2]). Rychlost vlaku může být dána základní rychlostí vlaku, konstrukční rychlostí vozidel, nejvyšší dovolenou rychlostí, stanovenou rychlostí, traťovou rychlostí, nejvyšší traťovou rychlostí. Její velikost nám ukazuje, za jakou dobu vlak urazí určitou vzdálenost, kterou budeme potřebovat pro včasné postavení vlakové cesty systémem ASVC. Důležitost vlaků zase rozhoduje o pořadí stavění vlakových cest ve stanici a určení dopravní koleje ve stanici z důvodu křižování, předjíždění.

Nejdůležitější náležitostí u vlaků pro systém ASVC je číslo vlaku, které zaručuje jedinečnost vlaku. Každý vlak má určité číslo stanovené podle typu vlaku a jeho druhu (viz předpis SŽDC D2 – např. EC, IC, R, Os, Nex, Pn, Lv, atd.). Toto číslo se může vyskytovat na železniční síti pouze jednou (výjimku tvoří zpožděné vlaky z předcházejících dnů nebo vlaky vedené s náskokem).

### 1.1.2 Vlaková cesta

Vlaková cesta je určitý vymezený úsek kolejiště ve stanicích, který umožňuje bezpečnou jízdu vlaku. Všechny výhybky a výkolejky musí být přestaveny do správné polohy pro danou vlakovou cestu a musí být zabezpečeny proti změně jejich polohy při jízdě vlaků (musí být proveden závěr cesty zabezpečovacím zařízením nebo musí být střeženy pověřeným zaměstnancem). Přesné definování vlakové cesty je uvedeno v předpise SŽDC D2 [2]. Vlakové cesty staví pověřeni zaměstnanci dle typu zabezpečovacího zařízení (dále jen ZZ) a dle technologických postupů daných interními předpisy provozovatele dráhy v jednotlivých stanicích (staniční řád).

### 1.1.3 Organizování drážní dopravy

Organizací drážní dopravy je myšleno rozhodování odpovědného pracovníka (výpravčí, dispečer) o dopravní situaci na trati nebo ve stanici. Pracovník sleduje vývoj dopravy a provádí změny v dopravě oproti grafikonu, tzn. změna stanice pro předjíždění nebo křižování (u řízení jednotlivé stanice až po domluvě se sousední stanicí), změna pobytu vlaků z důvodu zajištění přestupní návaznosti apod.

K organizaci drážní dopravy slouží grafikon vlakové dopravy (dále jen GVD). Je to soubor pomůcek a opatření související s vlakovou dopravou. Pro systém ASVC je z pomůcek nejdůležitější nákrešný jízdní řád, sešitový jízdní řád, řazení vlaků a čekací doby.

Z nákrešného jízdního řádu (NJŘ) lze vyčíst informace o jízdě vlaku (v jakou dobu, dobu jízdy, délku mezistaničních úseků, apod.), o křižování nebo předjíždění vlaků, o pobytech vlaků ve stanicích a na zastávkách. Podle NJŘ si řídicí pracovník může udělat představu o možnostech řešení konfliktních situací v případě výskytu zpoždění vlaků nebo mimořádných událostí.

Konfliktní situací je myšlena taková situace, při které dochází k omezení nebo k ohrožení jízdy vlaků. Jedná se například o situaci kdy skutečná jízdní doba vlaků je delší než udává jízdní řád, což způsobí to, že křižování nevychází do stanice, ale např. do mezistaničního úseku. V případě jednokolejné trati pak je křižování na trati nepřípustné, a tak se operativně musí tato situace vyřešit (změna stanice pro křižování, prodloužení pobytu ve stanici, atd.). Cílem je vždy zajistit bezpečnost drážní dopravy a pokud to jde, tak i snižovat zpoždění vlaků a zajistit, aby se zpoždění přenášelo na ostatní vlaky v co nejmenší míře. NJŘ může být v papírové nebo v elektronické podobě (součást informačního systému operativního řízení - centrální dispečerský systém, dále jen ISOŘ CDS ).

Sešitový jízdní řád doplňuje informace získané z NJŘ (jedná se například o podrobnosti ohledně pobytů vlaků, udává normativy vlaků, stanovené rychlosti na trati, podává informace o dopravních o použitém typu hnacího vozidla, apod.). Řazení vlaků je důležité pro zjištění délky vlaků z důvodu postavení cesty k nástupišti s dostatečnou délkou. Čekací doby zase udávají dobu, po kterou budou vlaky na sebe čekat, aby byla zajištěna přestupní návaznost i v případě určitého zpoždění.

Z pomůcek GVD lze získat pouze omezené informace. Pro přehled o aktuální dopravní situaci je potřeba získat informace buď telefonickým dotazováním nebo z informačních systémů (Dispečerský informační systém, dále jen DIS), do kterých informace přicházejí z elektronické dopravní dokumentace. Dále některé informační systémy umožňují podat informaci o výhledové dopravě na základně stanovených jízdních dob vlaků (aplikace ISOŘ CDS).

#### **1.1.4 Řízení provozu drážní dopravy**

V současnosti samotné řízení drážní dopravy provádí výpravčí nebo dispečer obsluhou zabezpečovacího zařízení při splnění všech technologických postupů při stavění vlakové cesty. Způsob stavění vlakové cesty závisí na typu staničního a traťového ZZ. Rozeznáváme tři kategorie ZZ dle míry zabezpečení jízdy vlaku zabezpečovacím zařízením a podílu lidského činitele na stavění vlakových cest.

Pro staniční ZZ to jsou tyto kategorie:

- 1. kategorie (např. mechanické ZZ na klíče, zabezpečení provádějí určení zaměstnanci – přestavení a kontrola výhybek)
- 2. kategorie (elektromechanické ZZ, zabezpečení vlakové cesty zajišťuje ZZ a ostatní náležitosti zajišťuje určený zaměstnanec)
- 3. kategorie (reléové, elektronické ZZ, zabezpečení vlakové cesty plně zajišťuje ZZ, je tedy možnost dálkového řízení)

Pro traťové ZZ jsou z hlediska vlivu člověka kategorie podobné:

- 1. kategorie (telefonické dorozumívání, pro stavění vlakové cesty ze/do stanice je nutné telefonicky dát/dostat odhlášku za předcházejícím vlakem a následně dát nebo dostat nabídku vlaku, bez náležitostí telefonického dorozumívání nesmí být postavena vlaková cesta – více v předpise SŽDC D2)

- 2. kategorie (poloautoblok, sledování konce vlaku provádí určený zaměstnanec, odhlášku však podává obsluhou ZZ – více v předpise SŽDC D2)
- 3. kategorie (automatické hradlo, autoblok, ZZ automaticky dá odhlášku za jedoucím vlakem, jakmile vlak mine bezpečnou vzdálenost za návěstidlem - více v předpise SŽDC D2)

## 1.2 Zabezpečovací zařízení

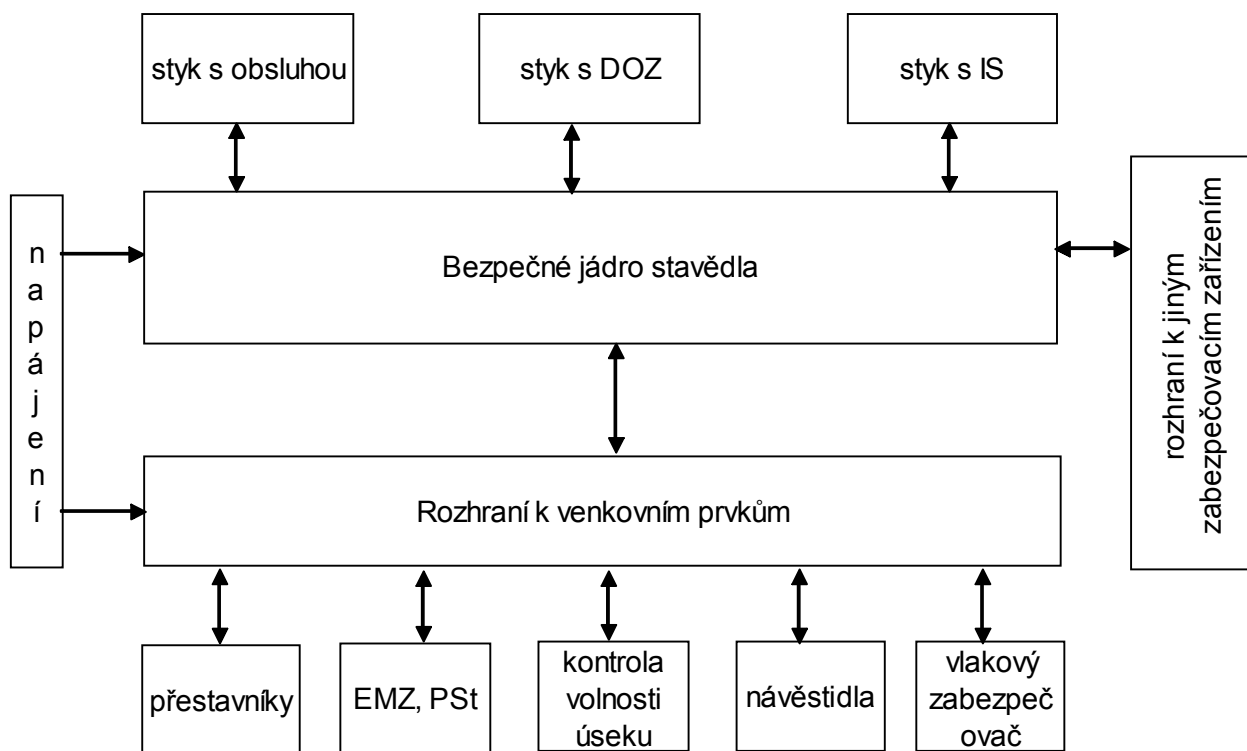
Z výše uvedených typů ZZ lze pro systém ASVC použít jedině ZZ 3. kategorie (snaha minimalizace vlivu lidského činitele na zabezpečení jízdy vlaku). Další podmínkou pro zavedení ASVC je přenos čísel vlaků. To v současné době umožňuje pouze elektronické stavědlo ETB a ESA 11 (případně vyšší verze ESA 33) vyrobené firmou AŽD Praha.

Tyto stavědla jsou určena pro kolejová rozvětvení až s 250 výhybkami a umožňují řídit samostatně jednu stanicí. Nebo lze toto stavědlo začlenit do dálkového řízení více stanic pomocí DOZ (systém Dálkově ovládaného ZZ), kdy trať bude řízena z centrálního dispečerského pracoviště (CDP). Spolu s graficko-technologickou nadstavbou (GTN) můžou zmíněné ZZ komunikovat s řídicími a informačními systémy operativního řízení (ISOŘ ŘVD, ISOŘ CDS, CEVIS<sup>1</sup>) a předávat tak informace o poloze vlaku a o plnění grafikonu vlakové dopravy.

Blokové schéma ZZ ESA 11 je uvedeno na Obr. 1. Z obrázku je patrné, že ZZ musí mít bezpečné jádro zamezující neoprávněné manipulace. Dále je tady rozhraní s venkovními prvky, jež zajišťují přestavování výměn, kontrolu volnosti úseku, zobrazování návěstí na návěstidlech nebo přenos návěstí na vlakový zabezpečovač hnacího vozidla atd. Pak je tady komunikace s pracovištěm obsluhy a s vnějšími informačními systémy přímo nebo pomocí graficko-technologické nadstavby, která umožní automatické vedení dokumentace.

---

<sup>1</sup> ISOŘ ŘVD – Informační systém operativního řízení - Řízení vlakové dopravy  
 ISOŘ CDS – Informační systém operativního řízení - Centrální dispečerský systém  
 CEVIS – Centrální vozový informační systém



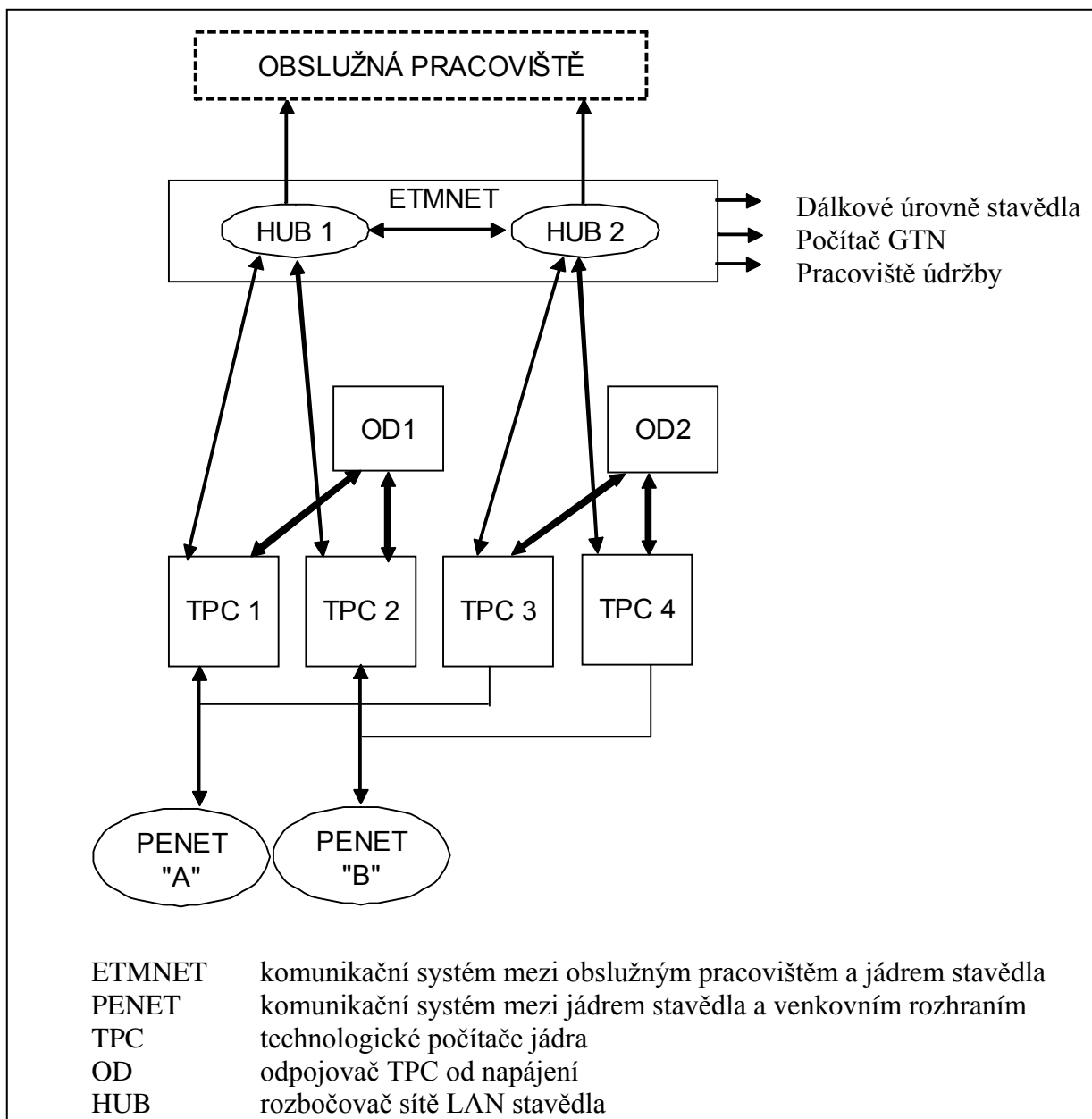
**Obr. 1 – Obecné blokové schéma zabezpečovacího zařízení**

**Zdroj:[9], Autor**

Tyto ZZ vyhovují požadavkům SIL 4 normy EN ČSN 50159-1 a normě CENELEC z hlediska uzavřenosti sítě. Pro zajištění bezpečnosti ZZ ESA 11 je počítačové jádro stavědla řízeno dvěma navzájem nezávislými počítači s redundantním uspořádáním technologických počítačů (schéma uspořádání je na Obr. 2). V případě poruchy počítače TPC 1 nebo TPC 2 se odpojí celá dvojice počítačů (TPC 1 i TPC 2) a začne pracovat záložní dvojice počítačů TPC 3 a TPC 4.

Jelikož ZZ ESA 11, ESA 33 a ETB automaticky přenášejí čísla vlaků, můžeme s pomocí GTN (dokáže zobrazovat čísla vlaků na základě informací ze ZZ) sledovat polohu i stav vlaku přímo na monitoru Jednotného obslužného pracoviště (JOP). Stav je potřeba také zobrazovat na monitoru sousední stanice nacházející se mimo řízenou oblast a zajistit předávání informací o odjezdech vlaku přes hranice řízené oblasti systému DOZ nebo ASVC.

Přenos čísel vlaku (dále jen PCV) nám zlepšuje kontrolu bezpečnosti cestujících u nástupišť, usnadňuje kontrolu nad vlaky ve stanici a umožní také i manipulaci s čísly (změna čísla vlaku, vznik a zánik vlaku ve stanici). Zadání čísel vlaku do systému (případně změna čísla) se může provádět ve výchozích stanicích nebo ve vstupních stanicích do řízené oblasti.



**Obr. 2 – Blokové schéma bezpečného počítačového jádra stavědla Zdroj:[9], Autor**

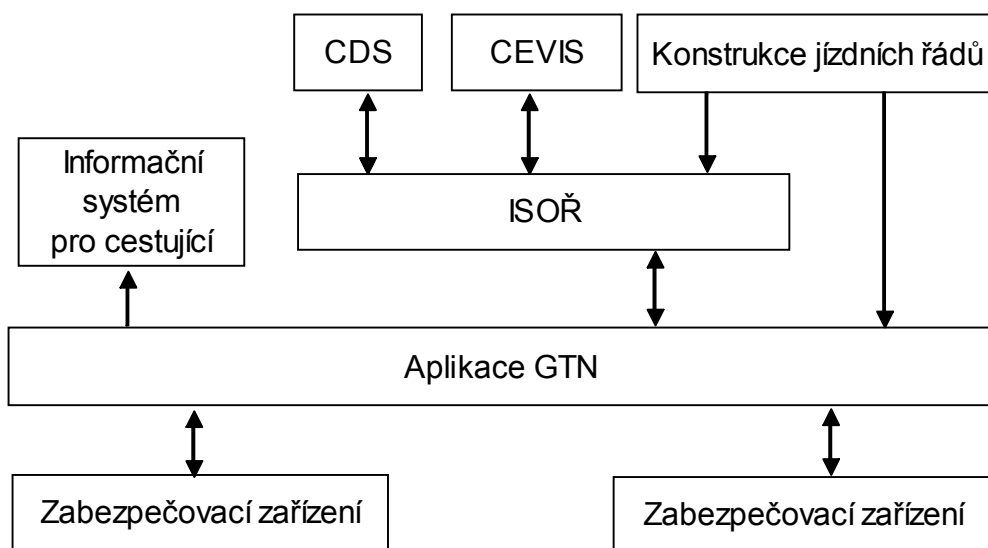
### 1.3 Graficko-technologická nadstavba ZZ

Graficko-technologická nadstavba (dále jen GTN) ZZ je telematická aplikace určená k podpoře řízení a organizování dopravy v traťovém úseku či v samostatné stanici vybavených ZZ umožňující PCV. GTN dokumentuje a zobrazuje aktuální dopravu v celém traťovém úseku i v jednotlivých stanicích a zároveň umožňuje archivaci dat. Aplikace umožňuje monitoring ZZ a na základě PCV sbírá údaje o aktuálním stavu vlakové dopravy. Podle čísel vlaků vede záznamy o vlcích (údaje týkající se vjezdu, odjezdu vlaku z dopravní koleje, zpoždění) a kontroluje stavění vlakových cest. Dále nám podává informace o splněném GVD a výhledové dopravě. Na základě aktuální dopravy a prognózy dopravy





Podklady k dopravě jsou získávány na základě oboustranné komunikace s ISOŘ, CEVIS (na základě podkladů z ISOŘ – předhlášky, pohyb vlaků mimo oblast, atd. – GTN ve spolupráci se ZZ poskytuje informace o dopravě – např. jízda vlaku) nebo na základě podkladů pořízených z aplikace týkající se konstrukce jízdnicích řádů (jednostranná komunikace, aplikace poskytuje GTN informace ohledně jízdnicích dob – využití pro prognózu dopravy). Součástí GTN je i vazba na informační systémy pro cestující (dle jízdy vlaku umožňuje zobrazení aktuálního zpoždění). Na Obr. 5 je zobrazena integrace GTN nad ZZ včetně komunikace GTN s jednotlivými systémy podléající se na organizování železniční dopravy a informovanost cestujících.



**Obr. 5 - Blokové schéma zaústění GTN nad ZZ**

**Zdroj: [10], Autor**

Tato nadstavba se používá především pro dálkové řízení železniční dopravy. Díky použití ZZ s PCV a GTN ZZ lze automatizovat řízení vlakové železniční dopravy bez účasti lidského činitele.

## 1.4 Informační systémy

Informační systémy slouží k pořizování, zpracování dat týkající se železniční dopravy. Jedná se o systémy zabývající se evidencí jednotlivých vozů a vlaků osobní i nákladní dopravy, oběhy souprav, systémy zaměřené na sběr údajů o jízdě vlaků nebo samotného řízení železniční dopravy (posouzení kvality, statistiky, podklady pro výhledový GVD, atd.). Data z těchto systémů pak slouží k podpoře řízení dopravy. Mezi tyto systémy patří např. Dispečerský informační systém či Centrální vozový informační systém. Nejsou to však jediné

systemy sbírající data o železniční dopravě, ale tyto dva mají velké využití v praxi a navíc s ostatními informačními systémy jsou dosti provázané, aby byla zajištěná výměna dat.

#### **1.4.1 Dispečerský informační systém (DIS)**

Dispečerský systém řízení železniční dopravy je soustava podsystémů sloužící v reálném čase ke sběru informací o aktuální vlakové dopravě, k tvorbě statistik, prezentací aktuální dopravy a k plánování vlakové dopravy. Pomocí DIS se dále hodnotí kvalita vstupních údajů, sledují se a plánují výlukové činnosti, sledují se mimořádné zásilky, tvoří se turnusy, oběhy, zabývají se hospodařením s vlakovými náležitostmi a hospodařením vozů, apod. Data se shromažďují od jednotlivých podsystémů jako je CDS, ŘVD, aplikace Dopravní kancelář, které získávají postupně informace ze vstupních zdrojů dat (např. stanice, depa kolejových vozidel - DKV). DIS sleduje veškeré informace nepřetržitě podle technologických objektů, kterými jsou vlak, lokomotiva, strojvedoucí, výluka. Některé činnosti DIS jsou plně automatizovány případně upozorňují na nutnost zásahu obsluhy.

Jednotlivými podsystémy na centrální úrovni jsou systémy ISOŘ CDS, ŘVD, dále je to informační systém výluk, servery Českých Drah, a.s. s odkazy na polohy vlaků, podsystém vojenské přepravy Armády ČR. Na místní úrovni to jsou sběry dat z aplikací DK, automatizovaného pracoviště strojmistra a z místních systémů a sběrů dat.

#### **Informační systém operativního řízení – Centrální dispečerské pracoviště (ISOŘ CDS)**

Podsystém DIS podporující dispečerské řízení vlakové dopravy na centrální i lokální úrovni. Je tvořen klienty zabývajících se sledováním železniční dopravy v reálném čase. Sleduje určitý úsek tratě, aktuální stav dopravy včetně narušení jízd vlaků (ty nastávají z dopravních nebo přepravních důvodů, většinou se zadávají na vstupu – např. ve stanicích). Dále tento informační systém umožňuje editovat trasy jednotlivých vlaků, jež byly přiděleny podle kapacity dráhy. Edituje informace o výlukách, analyzuje GVD z hlediska sestavy a plnění jízdních řádů, sleduje výkony stanic. Další moduly se zabývají datovou komunikací s dalšími informačními systémy, podávání informací a dotazování na informace v rámci ISOŘ. Důležitými informacemi pro ASVC jsou údaje ohledně jízdy vlaků, jejich narušení, údaje o trase vlaku, informace o mimořádných zásilkách.

#### **Informační systém operativního řízení – Řízení vlakové dopravy (ISOŘ ŘVD)**

ŘVD se zabývá hlavně informacemi týkající se technologických objektů vlak, lokomotiva, strojvedoucí. Sleduje vstupní i výstupní údaje o vlacích včetně hospodaření

s vlakovými náležitostmi. Jedná se o údaje týkající se např. nástupu/odstupu lokomotivy od vlaku, přečíslování vlaků, provedení nácestné technické prohlídky. Informace se získávají automaticky nebo případně na základě dotazů z informačního systému ve stanicích nebo v DKV. Pro systém ASVC to jsou pak hlavně informace o dispozici lokomotiv a jejich vlastnostech jako je např. konstrukční rychlost, výkon lokomotiv, turnusy doprovodu vlaku.

### **Dopravní kancelář (DK)**

Dopravní kancelář je aplikace fungující na místní úrovni, kde není aplikace GTN (může být, ale je to zbytečné) a je určena ke sběru prvotních informací o vlacích. Zaměřuje se na základní elektronické vedení dopravní dokumentace (modul Dopravní deník), ve kterých se získávají informace o jízdě vlaku stanicemi. Umožňuje zadávání plánovaných i skutečných úkonů týkajících se vlaků. Aplikace může zobrazit statistiku o aktuální dopravě, dokáže upozornit obsluhu na logické nesrovnalosti či ohrožení bezpečnosti dopravy vyžadující další úkony. Kromě toho poskytuje informace o obsluze, zajišťuje oboustrannou výměnu dat s ostatními informačními systémy, dokáže komunikovat se systémy sousedních nebo dispozičních stanic podílejících na řízení železniční dopravy (např. předhlášky, předvídané odjezdy). DK ještě obsahuje modul Rozkazy určený k dokumentaci zpravování doprovodu vlaku o mimořádnostech a umožňuje jejich evidenci. Pro systém ASVC jsou důležité informace o jízdách vlaků, na základě kterých se z ISOŘ CDS získávají vstupní informace o vlacích.

#### **1.4.2 Centrální vozový informační systém (CEVIS)**

CEVIS umožňuje podrobné sledování, pořizování a zpracování informací o nákladních vlacích, vozech a zásilkách. Informace se týkají pohybu vozů, vlaku, sepsání vlaků, zařazení / vyřazení vozů, technické prohlídky (a dalších technologických úkonů spojených s nákladní vlakovou dopravou), dále to jsou evidence všech vozů, vyřazení vozů, správkových stavů vozů. Důležité jsou informace o vlacích, kdy se systému ASVC budou týkat informace o změně délky vlaku v případě odpojení vozů, o stavu vozů, konstrukčních rychlostí případně skladbě vozu, jež opět ovlivní jízdní vlastnosti, které bude nutno znát pro systém automatického stavění cest.

## 2 ANALÝZA ROZHODNÉHO OKAMŽIKU

### 2.1 Systém ASVC

Systém automatického stavění vlakových cest představuje moderní systém řízení dopravy, který umožní výpravčímu nebo dispečerovi lépe řídit a organizovat dopravu. Jedná se o automatizaci stavění vlakových cest, kdy odpadne podíl lidské činnosti na stavění vlakových cest. Tento systém umožní dálkově řídit určitý úsek tratě nebo celou trať s více stanicemi, případně může řídit provoz v jednotlivé stanici, na odbočce, kolejové splítce nebo ve výhybně. Současně tento systém přináší racionalizaci provozu na dané trati, protože pro řízení provozu nebude třeba tolik provozních zaměstnanců. Na druhé straně instalace tohoto systému přinese finanční nároky na vybudování technického zázemí a bude nutné neustále zajišťovat servis pro udržení spolehlivosti systému.

Tento systém by měl být plně automatický a musí zajišťovat maximální bezpečnost provozu na železničních tratích. Systém by neměl být závislý na lidském činiteli, ale v případě nouze, kdy hrozí ohrožení bezpečnosti provozu na železnici i veřejné ohrožení, by měl jít systém přepnout na manuální řízení obsluhujícího zaměstnance. Aby byla zajištěna podmínka automatického stavění, je nutné vybavit stanice ZZ s přenosem čísel vlaků (PCV) a graficko-technologickou nadstavbou (GTN).

Systém ASVC funguje na základě přenosu čísel vlaků. Číslo vlaku charakterizuje vlastnosti, podle kterých se bude systém ASVC rozhodovat o okamžiku postavení vlakové cesty. Proto je nutností zajistit přenos čísel vlaků mezi všemi staničními ZZ řízené oblasti zahrnutých do systému automatického stavění. Samotné řízení železniční dopravy pak může provádět místo člověka počítačová aplikace (např. GTN), která bude mít k dispozici všechny informace týkající se:

- technických informací o vlacích (konstrukční rychlost, délka, hmotnost, typ hnacího vozidla, počet náprav, apod.)
- důležitosti vlaků (kategorizace vlaků – nákladní x osobní doprava)
- jedinečnosti vlaků (každý vlak, popř. jeho číslo, se může vyskytovat jen jednou za celý den, problém nastává u zpožděných vlaků nebo u vlaků s náskokem – u těchto vlaků je nutnou podmínkou informace o datu jízdy vlaku)
- traťových poměrů řízené oblasti (sklonové poměry, oblouky)
- stanic (struktura stanice – počet kolejí, uspořádání stanice, počet výhybek, umístění a délka nástupišť, grafikon provozní činnosti stanice, apod.)

- zabezpečovacího zařízení (kontrola správné funkčnosti ZZ)
- turnusů doprovodu vlaku (z důvodu zajištění informací o konci směn – může hrozit, že doprovod vlaku nebude schopen dojet do cílové stanice, aniž by nepřekročil pracovní dobu – problém hlavně při zpoždění vlaků)
- oběhů souprav, hnacích vozidel a normativů pobytu hnacích vozidel, umístění hnacích vozidel pro vlaky, apod.
- jízdních řádů (veškeré informace o trasách vlaků, podklady z GVD, určení dopravních kolejí, jízdní doby, provozní intervaly)
- informací o nákladní přepravě (kde bude nakládka / vykládka, plán vlakotvorby)

Díky těmto informacím může počítačová aplikace definovat požadavek na postavení vlakové cesty, aniž by byl nutný zásah lidského činitele. Dispečer bude pouze sledovat funkčnost systému a organizovat dopravu v případě výskytu konfliktů v dopravě, které systém ASVC nevyřeší, nebo v případě nesprávné funkce systému zajistí bezpečný provoz železniční dopravy i za cenu ručního řízení.

Pro rozhodnutí o postavení vlakové cesty musí systém ASVC dále vyhodnotit veškeré situace, které mohou nastat při postavení cesty na danou kolej. Všechny vlakové cesty musejí být v souladu s předpisem SŽDC D2 [2], tedy musí být zajištěna bezpečnost a plynulost drážní dopravy. V praxi se však vyskytují konfliktní situace, které ovlivní rozhodování systému ASVC.

## **2.2 Konflikty v dopravě**

Bezkonfliktní GVD představuje dopravu, při které nedochází k omezování jízdy vlaku, tzn. vlak nemusí zpomalovat kvůli překážkám, neprodlužují se jízdní doby, jsou zajištěny všechny technologické postupy pro zajištění bezpečnosti cestujících na nástupištích. Ve skutečnosti může docházet ke konfliktům. Jsou způsobeny nevhodným návrhem jízdních řádů (JŘ), zvýšenou frekvencí cestujících, mimořádnostmi v dopravě, polohou a uspořádáním stanice a všech závislých přejezdů a technologických prvků podílejících se na dopravě. V následující části je uvedeno pár příkladů konfliktů, jež se mohou vyskytovat v dopravě. Nejsou zde zmíněny všechny, ale jen ty, které se nejčastěji vyskytují nebo mají větší význam.

## **2.2.1 Mimořádnosti**

### **Výluky**

Konflikty spojené s výlukami vznikají při špatném plánování výluky nebo při vzniku neplánované výluky v důsledku nějaké mimořádnosti. Snižují propustnost dané tratě a tím snižují variabilitu systému ASVC a naopak zvyšují potřebu zásahu lidského činitele do řízení dopravy. Například vyloučení traťové koleje vede k složitějším technologickým operacím (potřeba zpravit strojvedoucího)

### **Zpoždění**

Konflikty v důsledku zpoždění jsou způsobené změnami frekvence cestujících, změnou povětrnostních vlivů (sníh, déšť, listí – vliv na jízdní vlastnosti vlaku). Následkem těchto situací dochází k problémům s přestupními vazbami. Tyto konflikty lze řešit určitou rezervou čekacích dob, ale ve většině případech jsou čekací doby nedostačující, pokud se nejedná o velké uzly nebo poslední přípojové spoje.

### **Mimořádné události**

Mimořádná událost v drážní dopravě je nehoda nebo ohrožení v drážní dopravě, jež narušuje bezpečnost, plynulost provozování drážní dopravy, snižuje bezpečnost osob i majetku. Tyto události mají vliv na řízení dopravy, poněvadž díky nim dochází k výlukám, ke zpoždění, a tím dochází opět ke konfliktním situacím týkajících se zpoždění i přidělení dopravních kolejí.

### **Technické problémy**

Vznikají většinou na hnacích vozidlech, ale i na vozech, na ZZ. V případě vlaků opět dochází ke zpoždění, k obsazení dopravní koleje z důvodu odstavování vozů, ačkoliv vlak měl projíždět. Závadou na ZZ může dojít ke změně technologie provozu, kdy se bude muset přejít na manuální obsluhu se zavedením jiného způsobu řízení provozu.

## **2.2.2 Jízda vlaků**

Konflikty jsou způsobeny změnou jízdních dob vlaků (různé závady, pomalejší rozjezdy, zastavování, nesprávné technologické úkony při výpravě vlaku, nedůležité technologické postupy apod.). Velký vliv na způsobení konfliktů mají také kategorie vlaků, jejich důležitost a jejich rychlost. Pro zajištění dopravy se musí dodržovat provozní intervaly,

kteře zajišťují časové rozmezí mezi jízdami vlaku. Konfliktní situace mohou nastat i v případě nesprávného sledu vlaků.

### **Sled vlaků**

Sledy vlaků jsou jedním z mnoha častých konfliktů v dopravě. Dle navrhovaného JŘ se vlaky mají křižovat, předjíždět, ale v důsledku prodloužení například pobytů ve stanici z přepravních důvodů, prodloužení jízdnicích dob, rozdílných rychlostí a důležitostí vlaků dochází k porušení plynulosti a vede to ke zpoždění a ke zrušení přípojných vazeb.

### **2.2.3 Posun**

Pro postavení vlakové cesty je důležité, aby se dokončili manipulace ve stanici, jež by mohli ovlivnit jízdu vlaku. Ne vždy ovšem dochází ke včasnému uvolnění úseku nebo zrušení posunové cesty. To opět vede ke zpoždění vlaků.

### **2.2.4 Nástupiště a dopravní koleje**

Přidělování a obsazení dopravních kolejí musí být vždy v rámci bezpečnosti dopravy. Vlaky mohou zastavit ve stanici na dopravní koleji odpovídající jeho délce a směru jízdy, jinak může opět dojít k obsazení problematického místa (zhlaví), což přinese opět omezení plynulosti dopravy

Nástupiště tvoří problematickou skupinu obzvláště v případě, když nejsou ostrovní, ale jsou jen poloperonizované. Následkem tohoto problému se musí dodržovat posloupnost vjezdu vlaků, aby byla zachována bezpečnost cestujících. Vlaky vjíždějí postupně na koleje nejbližší k dopravní kanceláři. To samozřejmě, ale může vést k prodloužení pobytů některých vlaků. Musí se totiž dodržet i posloupnost odjezdů od nejbližšího vlaku od dopravní kanceláře k nejbližšímu. Tento problém se dá částečně vyřešit rozdílným zastavením vlaků na konci nástupišť, ale bohužel v některých stanicích nelze ani takto jezdit na konec nástupiště, protože by vlaky byly daleko od přístupových cest, čímž by se zase prodloužila doba přestupu cestujících na jiné vlaky.

### **2.2.5 Přejezdy**

Přejezdy tvoří konfliktní skupinu v rámci stavění odjezdových cest ze stanice. Většinou lze zajistit uzavření přejezdu automaticky, jakmile vlak přejeđe přes spínací bod na trati (týká se vjezdu vlaku do stanice nebo průjezdu stanicí nebo libovolně na trati) nebo ho

obsluha uzavře manuálně. Ale při stavění odjezdové vlakové cesty se musí uvažovat, že než se přestaví návěstidlo do polohy dovolující jízdu vlaku, musí být přejezd už uzavřen. Doba uzavření přejezdu je pak mnohonásobně větší, než-li u automatického spínání přejezdu při vjezdu nebo průjezdu vlaku, což má nepříznivý vliv na řidiče silničních vozidel (obzvláště u přejezdů spadající do působnosti stanice, ale přitom jsou vzdáleny i pár kilometrů). V tomto případě lze vytvořit spínací bod i na odjezdu, kdy systém ASVC uzavře celou vlakovou cestu včetně rozsvícení návěstidla, ale přejezd uzavře na základě dynamické charakteristiky vlaku při rozjezdu a vzdálenosti přejezdu. Pro tento případ by bylo potřeba zajistit nějaký systém pro sledování jízdy vlaku (automatické vedení vlaku, GPS) nebo stanovit spínací bod v bezpečné vzdálenosti od přejezdu, který by zaznamenal, že vlak se už rozjel. Toto nelze uvažovat v případě, kdy je přejezd blízko za odjezdovým návěstidlem. Tady musí být přejezd uzavřen před rozsvícením návěsti dovolující jízdu vlaku odjezdového návěstidla. V případě průjezdu vlaku stanicí přejezd spíná automaticky na základě přejetí spínacího bodu.

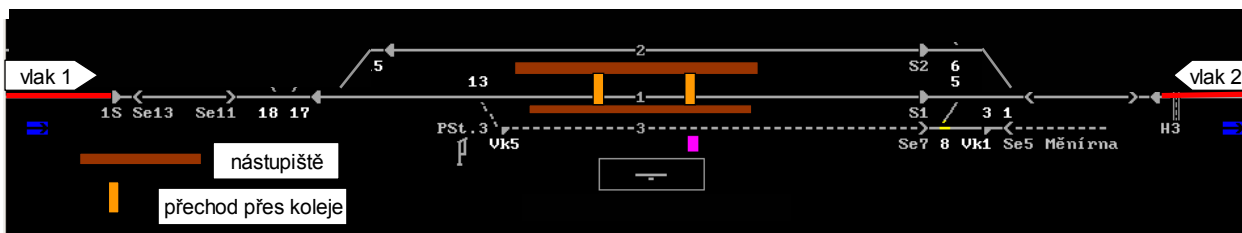
### **2.3 Stanovení rozhodného okamžiku pro stavění vlakové cesty**

Stanovení okamžiku bude vycházet z předpokladu, že systém ASVC bude mít k dispozici podklady o dopravní situaci a charakteristice infrastruktury na trati a ve stanicích. Rozhodný okamžik pro postavení vlakové cesty tedy závisí na dvou faktorech:

- doba pro informování cestujících
- poloha vlaku od vjezdového návěstidla

První důležitou informací pro okamžik stavění cesty je informovanost cestujících. Informace o příjezdu vlaku, nástupišti a dopravní koleji musejí být dány dlouho dopředu. Tyto informace může podávat obsluha v případě, že zasáhne do stavění vlakových cest, nebo je může podávat zařízení automaticky pomocí GTN, která umožňuje podávat informace o dopravě. Jestliže bude informace podávat systém ASVC, je nutné, aby systém rozhodl o postavení vlakové cesty už s předstihem. Za tuto dobu je totiž potřeba cestujícím zajistit bezpečný přístup k vlakům, včasné informování, aby cestující měli čas na přejetí na nástupiště. V některých situacích však nebude možné předem stanovit nástupiště a kolej, protože systém v daném okamžiku prozatím nedokáže rozhodnout o stavění vlakové cesty (jedná se např. o situaci pro stanici s dvěma dopravními kolejemi bez ostrovních nástupišť, vlaky vjíždějí z každé strany a není zatím jasné, který vlak vjede do stanice jako první – viz Obr. 6). V tomto případě doba informování cestujících před příjezdem vlaku bude kratší a bude záviset až na okamžiku, kdy systém ASVC vybere dopravní kolej.





Obr. 6 – Současné vjezdy vlaku

Zdroj: [10], Autor

Na poloze vlaku závisí rozhodný okamžik v případě průjezdů vlaků, kdy není třeba informovat cestující. Týká se to projíždějících vlaků osobní i nákladní dopravy, dále zastavujících nákladních vlaků a v případě vhodného uspořádání stanice a příhodných traťových podmínek (sklon, rychlost) i u zastavujících osobních vlaků (v tomto případě se jedná o situaci, kdy nástupiště jsou dosti vzdálené od vjezdových návěstidel a navíc vlaky jedou pomalou rychlostí, takže doba jízdy k nástupišti bude přibližně stejně dlouhá jako čas potřebný pro informování cestujících).

### 2.3.1 Výpočet rozhodného okamžiku

Pokud bude systém ASVC rozhodovat o okamžiku postavení cesty, je nutné znát poměry tratě a typ vlaku. Na základě tohoto rozhodování se určí, zda je nutné informovat cestující nebo ne. Pokud to nutné je, rozhodne systém dle technických parametrů, zda se bude počítat rozhodný okamžik nebo se rozhodný okamžik stanoví minimálně na 1-5 minut před příjezdem vlaku. To je doba, za kterou se umožní cestujícím bezpečný a včasný příchod k vlaku. Doba záleží na velikosti stanice a přístupu na nástupiště. Jestliže jsou k dispozici podchody, je potřeba počítat s větší dobou. U větších stanic s velkým počtem nástupišť je potřeba i více jak 5 minut (např. Praha hl.n.). Dále se musí uvažovat cestující s kočárky. Tito cestující využívají výtahů a tedy pro jejich přístup je nutná vyšší časová rezerva (cca 1-2 minuty navíc k původnímu stanovenému času). Z tohoto hlediska by bylo dobré zachovávat pravidelnost obsazování koleje i při konfliktních situacích, čímž by se doba informování o nástupišti a koleji stanovovala nezávisle na stavění vlakové cesty. Ve výjimečných situacích by bylo dobré stavět cesty ke stejnému nástupišti (týká se ostrovních nástupišť), čímž cestující bude dopředu informován alespoň o nástupišti, a o stanovené koleji bude informován dodatečně (orientace na nástupišti proběhne za kratší dobu, než změna nástupišť a samotný přechod mezi nástupišti).

V případě stanovení rozhodného okamžiku pro postavení vjezdové vlakové cesty dle polohy vlaku se bude okamžik stanovovat na základě dohledné vzdálenosti od předvěsti

vjezdového návěstidla. Minimální vzdálenost vlaku od vjezdového návěstidla při okamžiku rozhodnutí o postavení cesty tak bude dána výpočtem:

$$l = l_{zv} + k \cdot \frac{v_{vl}}{3,6} + r \cdot \frac{v_{vl}}{3,6} \quad [m] \quad (1)$$

$l$  – vzdálenost vlaku od vjezdového návěstidla v okamžiku rozhodnutí o postavení vlakové cesty [m]

$l_{zv}$  – zábrzdňá vzdálenost mezi předvěstí a vjezdovým návěstidlem (stanoveno v [1]) [m]

$v_{vl}$  – rychlost vlaku v úseku před předvěstí (konstrukční, stanovená, traťová) [km/h]

$k$  – časová konstanta vyjadřující dohlednost k návěstidlu, v našem případě to je 12 s

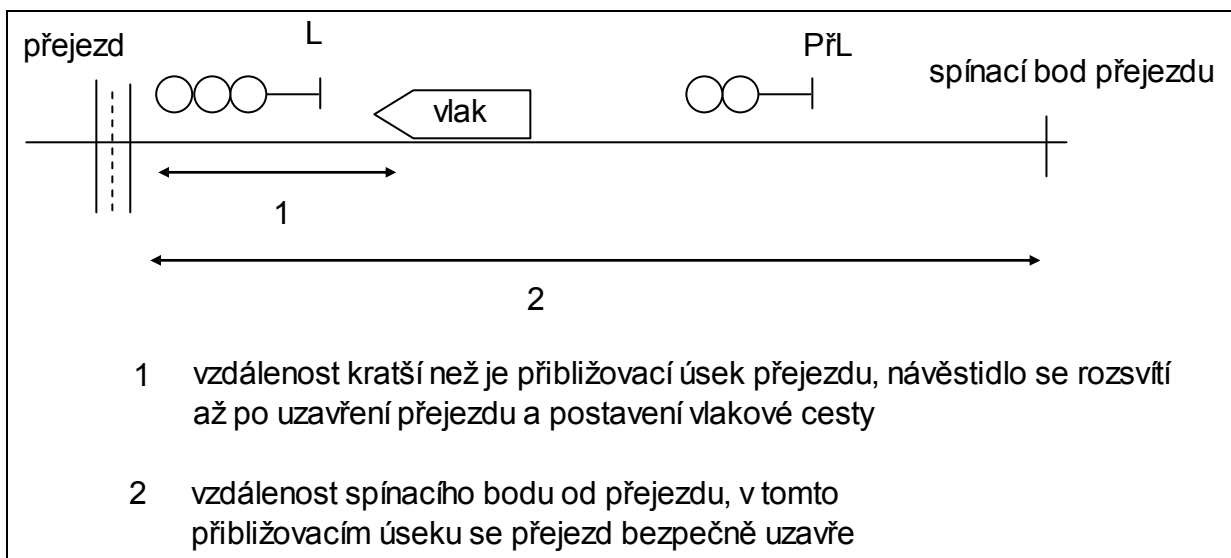
$r$  – je časová rezerva na postavení vlakové cesty (doba, za kterou se od okamžiku rozhodnutí o postavení cesty postaví vlaková cesta) [s]

Pro rychlosti vyšší než 120 km/h a pro případ přenosu návěstního znaku na hnací vozidlo se okamžik stanoví na vzdálenost dvou oddílů od předvěstí. Výpočet okamžiku bude vypadat takto:

$$l = l_{zv} + l_{2.odd} + r \cdot \frac{v_{vl}}{3,6} \quad [m] \quad (2)$$

$l_{2.odd}$  – délka 2. traťového oddílu od vjezdového návěstidla [m]

Problém při stavění vjezdové cesty může nastat při výskytu přejezdu za vjezdovým návěstidlem. V tomto případě a při výskytu konfliktu dochází k nutnosti zajistit bezpečné uzavření přejezdu před postavením vlakové cesty pro vlak, který stál u návěstidla nebo se blížil k návěsti Stůj (viz Obr. 7). Pro tuto situaci okamžik postavení vlakové cesty je dán technologickými úkony při stavění vlakové cesty (přestavení výměn, uzávěr výměn, uzavření přejezdu, rozsvícení návěsti).



**Obr. 7 – Příklad přejezdu za vjezdovým návěstidlem**

**Zdroj: Autor**

Výpočet mezního okamžiku v případě odjezdové vlakové cesty bude dán dobou na splnění všech technologických úkonů spojených se stavěním vlakové cesty. Výpočet okamžiku bude dán:

$$X = X_{odj} - X_{st} \quad [hod] \quad (3)$$

$X$  – čas v hodinách, při kterém se stanoví okamžik pro postavení odjezdové cesty (ve tvaru hh:mm)

$X_{odj}$  – čas předvídaného odjezdu vlaku v hodinách (ve tvaru hh:mm)

$X_{st}$  – čas potřebný pro postavení vlakové cesty v hodinách (ve tvaru hh:mm)

Tyto výpočty stanovují mezní okamžik, kdy systém ASVC musí rozhodnout o postavení vlakové cesty. Samotné rozhodování může probíhat dlouho dopředu dle dopravní situace a případně vzniklých konfliktů.

## 2.4 Příklady konfliktů v praxi

Pro názornou ukázkou jsou vybrány nejčastěji se vyskytující konfliktní situace:

- výluka traťové koleje
- zpoždění a čekací doby
- sled vlaků Rychlík x Osobní vlak
- nástupiště a přestupní vazby

### **2.4.1 Vyluka traťové koleje**

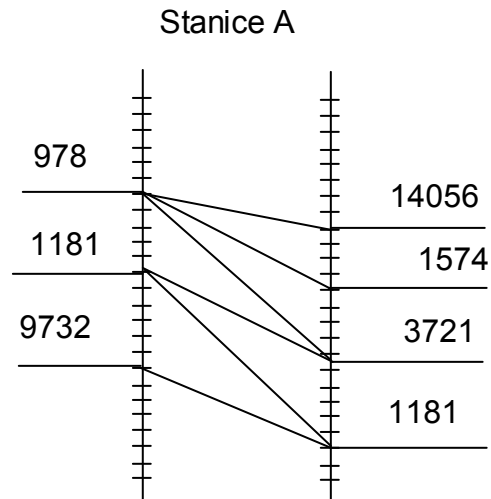
Při výluce traťové koleje dochází ke snížení propustnosti mezistaničního úseku. Nutně se musí změnit provázanost vlaků omezujícím úsekem (úsek s vyloučenou kolejí). Tím dochází k složitým konfliktním situacím. Prvním a důležitým faktorem je bezpečnost. Nesmí se stát situace, že by došlo k ohrožení jedoucích vlaků. Dalším faktorem je zpoždění vlaků. Vlaky musejí čekat, až se uvolní mezistaniční úsek. Provázanost vlaků může být buď jednoduše střídavě (vlak v sudém směru a následně vlak v lichém směru) a nebo svazkově (částečně svazkově, skupinově). Čím vyšší jsou pak jízdní doby v omezujícím úseku, tím narůstá zpoždění vlaků. V mnoha případech pak je nutné, aby do řízení dopravy zasáhla obsluha. Podrobnosti o částečném vypnutí systému ASVC jsou v kapitole 3.3 Manuální stavění vlakové cesty.

### **2.4.2 Zpoždění vlaku a čekací doby**

Zpoždění vlaků má největší vliv na vznik konfliktů. Zpoždění je způsobováno mnoha důvody a nemusí se týkat přímo mimořádností, stačí když se prodlouží doba pobytu ve stanici z dopravních nebo přepravních důvodů, jízdní doby se dají ovlivnit povětrnostními podmínkami, poruchou infrastruktury nebo vozidel. Pro většinu cestujících je důležité, aby při zpoždění měli zajištěny přípojové spoje. Jelikož je železniční doprava komplexní, nelze čekat na přípoj do nekonečna. Z tohoto důvodu jsou stanoveny čekací doby pro každou stanici a speciální čekací doby pro vybrané vlaky. Důležité je, aby tyto čekací doby byly zachovány a nepřekračovaly se ve velké míře. Jinak dojde ke zpoždění vlaků nejen na lokální úrovni, ale v širším měřítku.

Pro zajištění čekacích dob a přípojů ve stanicích by se měl systém ASVC řídit dle Grafu přípojných vazeb uvedený na Obr. 8. Do systému ASVC by tento způsob zjišťování návaznosti spojů měl být implementován. Na základě tohoto grafu lze určit, na který vlak ještě čekat a na který ne.

V grafu jsou na levé straně zobrazeny příjezdy vlaků a vpravo odjezdy vlaků (svislá čára je časová osa s obdobím 24 hodin, na nich jsou vyneseny všechny vlaky za danou periodu). Přípoje jsou pak zobrazeny čarou mezi příjezdem a odjezdem.



**Obr. 8 – Graf přípojných vazeb**

**Zdroj: Autor**

Dále systém ASVC při stavění odjezdové cesty nesmí zapomenout na sledování deadlocku (podrobnosti v kapitole 3.1.3 Deadlock). Pokud by k němu mělo dojít postavením VC a následným odjezdem vlaku, musí se počkat na rozhodnutí obsluhy o nastávající situaci. Jinak by systém cestu postavit neměl.

### 2.4.3 Sled vlaku – Rychlík x Osobní vlak

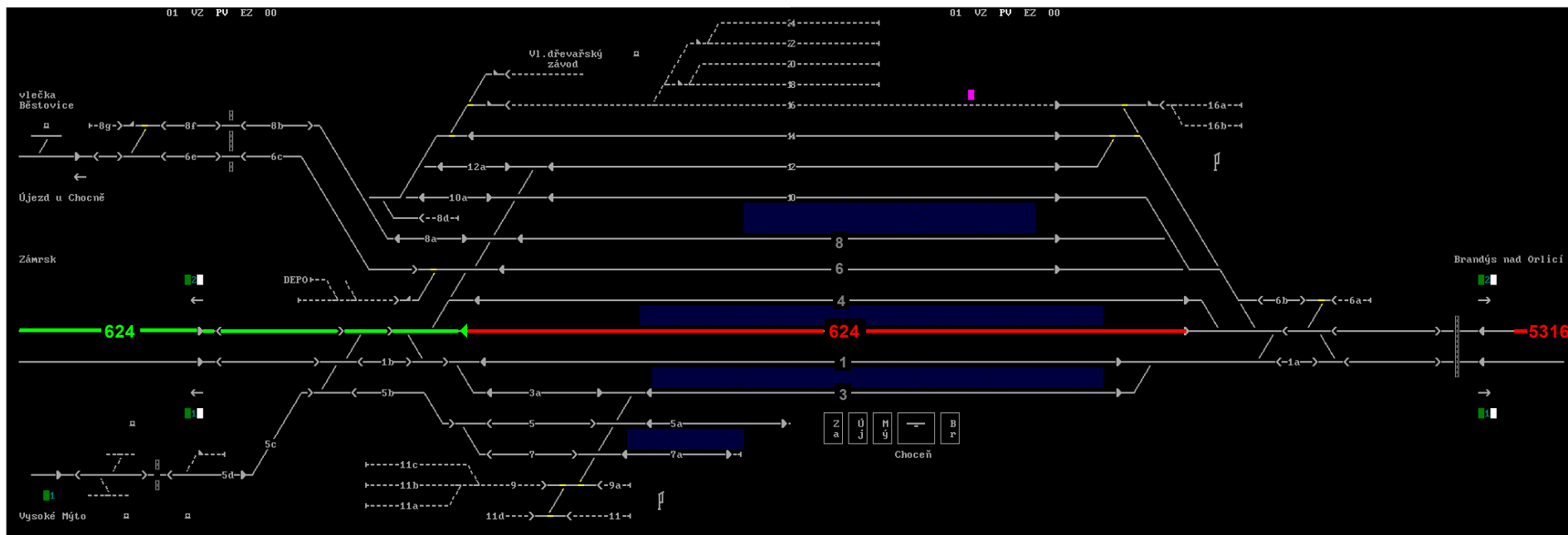
Na Obr. 9 je zobrazen příklad konfliktní situace ve stanici Choceň, kde R 624 stojí na druhé koleji a má postavenou cestu směr Zámorsk. Z důvodu např. zvýšené frekvence cestujících, poruchy hnacího vozidla (dále jen HV) nebo osobního vozu se prodloužil pobyt ve stanici o dvě minuty. Pět minut po pravidelném odjezdu R 624 má přijet Os 5316. Pravidelná kolej pro tento osobní vlak je 2. kolej. Os 5316 se nachází ve 3. traťovém oddíle od vjezdového návěstidla. Na Os 5316 je HV vybavené vlakovým zabezpečovačem umožňující zobrazení návěsti na HV. Z tohoto důvodu je mezní okamžik pro rozhodnutí o postavení cesty stanoven na 2 oddíly od vjezdového návěstidla plus časová rezerva na stavění vlakové cesty.

Problém zde nastává v rozhodnutí, zda-li počkat, až se uvolní druhá kolej nebo postavit vjezd na čtvrtou kolej. Jelikož se jedná o dopravní koleje u stejného nástupiště, lze cestující informovat o tom, že Os 5316 přijede ke 2. nástupišti. Kolej bude upřesněna později. Pak můžeme okamžik stanovení koleje určit až v době odpovídající meznímu okamžiku. Do této doby buď R 624 odjede nebo bude postavena cesta na 4. kolej. Osobní vlak zpomalí z důvodu jízdy na návěst „výstraha“ a vyčká, až R 624 opustí druhou kolej (pokud tedy je patrné, že se už R 624 rozjel – lze poznat na kolejovém reliéfu, že minul

odjezdové návěstidlo nebo bude zajištěn jiný způsob snímání pohybu vlaku) nebo v opačném případě zpomalí na návěst snižující rychlost a pojedou do odbočky. Dále záleží na zpoždění a pobytu osobního vlaku ve stanici. Jestliže má pobyt do dvou minut a nebude-li zpožděn nebo zpoždění bude do max. 5 minut a nebude-li hrozit z důvodu zpoždění Os 5316 předjíždění vlakem vyšší důležitosti, je výhodnější jet na přímou kolej. Vše ovšem záleží na odjezdu R 624. Systém ASVC musí vyhodnotit, zda-li je výhodné počkat nebo jet do odbočky.

Pokud bude R 624 zpožděn o více jak 5 minut na příjezdu do stanice Choceň, přenesou se zpoždění i na Os 5316 (v praxi už ze sousedních stanic). Zde hrozí možnost, že Os 5316 bude předjížděn vlakem vyšší kvality jedoucí za ním. Tady systém ASVC zobrazí, že v případě pokračování Os 5316 dále do stanice Zámorsk, by došlo ke konfliktu na trati (vlak vyšší kvality by musel jet za Os 5316 na návěst Výstraha nebo Stůj, což je nežádoucí). Proto automaticky vyhodnotí, že bude postaven vjezd na 4. kolej přímo, bez uvažování, zda by se uvolnila 2. kolej. Samozřejmě tím dojde k dalšímu navýšení zpoždění Os 5316 (může se pohybovat dle odstupů mezi vlaky, v praxi navýšení zpoždění minimálně o 3 minuty).

Nepříjemnější variantou by byla situace, kdyby byla 4. kolej obsazena (za předpokladu zpoždění R 624). Os 5316 by tak musel jet k 1. nebo ke 3. nástupišti. V tomto případě už bude rozhodovat o postavení cesty včasná informovanost cestujících, aby byli cestující schopni se přesunout třeba na 3. nástupiště. Proto v rozhodném okamžiku (je stanoven dobou, kdy se má podávat informace o příjezdu vlaku) ASVC vybere jinou volnou kolej podle aktuální dopravy (pokud to není nezbytně nutné, je lepší vybrat kolej, na kterou by se vlaková cesta nekřížovala s průjezdnou kolejí – 1. kolej; dále je nutné sledovat, zda-li např. u 3. nástupiště nebude potřeba kolej pro vlaky z jiného směru).



Obr. 9 – Sled vlaků – Rychlík x Osobní vlak

Zdroj: [10], Autor

#### 2.4.4 Nástupiště a přestupní vazby

Problematika nástupišť tvoří konfliktní situace v případech, kdy nemáme k dispozici mimoúrovňové přístupy na nástupiště, v místech, kde nejsou ostrovní nástupiště, a tím pádem je potřeba dodržovat technologický postup vjezdů a odjezdů vlaků do / ze stanice. Ostrovní nástupiště jsou problematická pouze z hlediska přestupní doby na vlak. Přístupy na nástupiště jsou mimoúrovňové. Čím více nástupišť, tím déle mohou trvat přestupní vazby.

U poloperonizovaných nástupišť se musí sledovat pořadí vjezdů vlaků tak, aby vždy dříve vjíždějící vlak jel na bližší dopravní kolej. Lze jet i na vzdálenější kolej, ale musí být vlak zastaven na místě určené zaměstnancem (před přechodem). Tento způsob vjezdu vlaků se využívá v malé míře (např. pro urychlení přestupu), protože při něm dochází k určitému zpoždění při výpravě vlaku (vzdálenější vlak musí odjíždět jako první, jinak by bližší vlak mohl ohrozit cestující na přechodě). Schéma je na Obr. 10.

Další nevhodné zastavení vlaku je uvedeno na Obr. 11. Vlaky zastavily vedle sebe, přičemž přístupy na vzdálenější nástupiště jsou z obou stran „vlaku 2“. Při odjezdu vlaku může dojít k ohrožení lidí na přechodě, poněvadž by mohli jít před „vlakem 2“ k „vlaku 1“. Daleko výhodnější je zastavení podle Obr. 12. Zastavení vlaků umožňuje bezpečný přechod cestujících a navíc odjezd vlaků může proběhnout zároveň nezávisle na sobě (po zajištění přestupních vazeb). Nevýhodou tohoto zastavení může být v některých případech nedodržení přestupních dob (doba určená na přestup), a tím dojde ke zpoždění odjezdu vlaku.

Problém se zajištěním přestupních vazeb může nastat ve stanici s nevhodně uspořádanými nástupišti a příchody k nim. Příklad je uveden na Obr. 13. Příchod ke všem nástupišťům je umožněn přes jediný přechod přibližně uprostřed nástupiště. Podle dopravní situace, délky vlaku a dodržení přestupních vazeb vlaky zastavují buď před přechodem a nebo až za ním. Z tohoto důvodu je nutné zajistit dostatečnou časovou rezervu na přestup. V případě, že by vlak zastavil na přechodě, prodlouží se tím i doba přestupu, což musí být v systému ASVC ošetřeno. Příkladem této situace je např. stanice Chlumeck nad Cidlinou. Tato stanice tvoří přestupní uzel, kdy vlaky z vedlejších tratí odjíždějí až po zajištění přestupních vazeb od vlaků na hlavní trati. Ve stanici staví rychlíky, které jsou většinou delší než část nástupiště před nebo za přechodem, a proto vlaky zastavují na přechodu, čímž zablokují příchod k vzdálenějším vlakům. Z tohoto důvodu musí být dodržen bezpečný přechod cestujících a zajištěna časová rezerva na přestup.





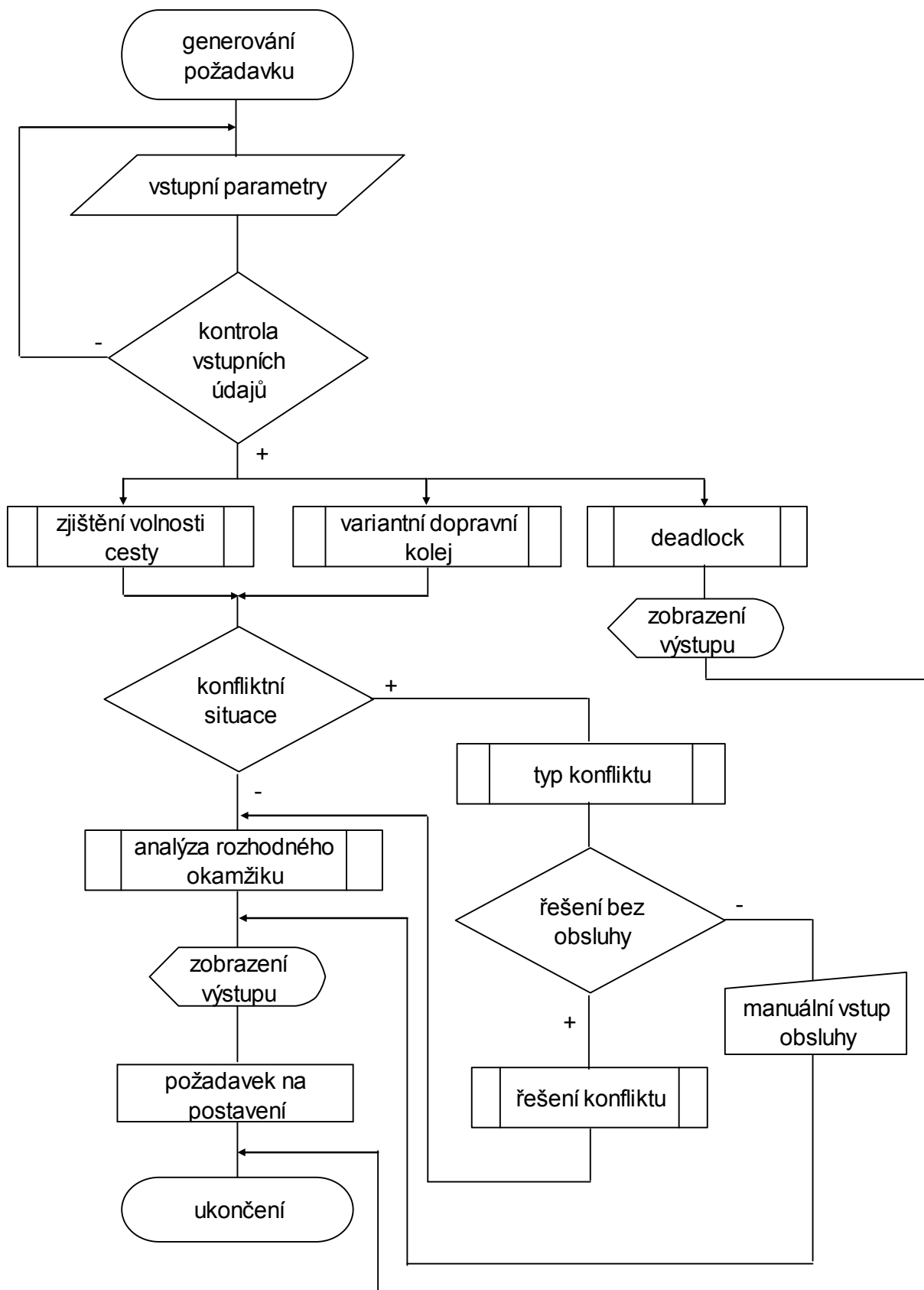


### 3 NÁVRH ALGORITMU AUTOMATICKÉHO STAVĚNÍ CEST

Algoritmus pro generování požadavku na postavení vlakové cesty ASVC vychází z předpokladu, že budou definovány všechny vstupní skupiny objektů. Za vstupní objekty jsou zvoleny objekty vlak, stanice, trať, provoz, jež budou obsahovat parametry (rychlost, délka, typ hnacího vozidla, hmotnost, struktura stanice, traťové poměry, provozní informace – omezení jízdy, přidělení dopravní koleje, výluka), podle kterých se bude hledat rozhodný okamžik. Tyto parametry jsou dány do systému na základě komunikace GTN s informačními systémy dispečerského aparátu. Zároveň je v algoritmu uvedena i zpětná kontrola vstupních parametrů, aby nedošlo k záměně vlaků, k zadání chybných údajů z informačních systémů. Jednotlivé vstupní objekty musí mít přesně stanovené atributy i podobu zadávání (dle podpory GTN). Tato část proběhne v zadávací části řízené oblasti systémem ASVC (hraniční stanice, výchozí popř. cílová stanice). Zjednodušená struktura algoritmu je uvedena na Obr. 14.

Na základě plánovaného GVD, určené trasy, přidělené dopravní koleje v dopravně a jízdních dob se vypočítá rozhodný okamžik pro postavení vlakové cesty (VC) v případě bezkonfliktní situace tak, aby došlo k plynulému vjezdu a odjezdu vlaku do / z dopravní. Zároveň systém bude zjišťovat volnost přidělené dopravní koleje pro daný vlak, a to několikrát opakovaně za sebou až do doby rozhodného okamžiku pro stavění VC (tento požadavek systém zahájí s dostatečnou časovou rezervou před rozhodným okamžikem – může být stanoven pevný čas podle kategorie vlaku, podle délky mezistaničního úseku, např. 5-10 minut – tudíž tento proces nezávisí na analýze rozhodného okamžiku bezkonfliktního stavu). Navíc tady bude zavedena funkce pro zjišťování volnosti přímé dopravní koleje v případě, že přidělená kolej způsobí jízdu vlaku do odbočky tedy vlak pojedí sníženou rychlostí (jedná se o případy, kdy dojde ke zpoždění rychlejších, důležitějších vlaků, čímž není nutné dodržet stanovenou dopravní kolej určenou pro křižování nebo předjíždění méně důležitého vlaku).

Jestliže se do rozhodného okamžiku pro postavení vlakové cesty neuvolní přidělená dopravní kolej (vznikne konfliktní situace), bude nutné, aby systém zvolil jinou dopravní kolej ve stanici pro zajištění plynulosti dopravy (vlak se neblížil k návěsti „Stůj“ nebo „Výstraha“). Tuto variantní dopravní kolej bude systém průběžně hledat na základě informací o vlaku, z plánované dopravy, aktuálního stavu dopravy ve stanici a dle vzniklého konfliktu.



**Obr. 14 – Struktura algoritmu pro generování požadavku na postavení vlakové cesty**  
**Zdroj: Autor**

Proces hledání variantní dopravní koleje bude probíhat souběžně se zjišťováním volnosti dopravní koleje.

Pokud by systém nenašel variantní dopravní kolej, uzpůsobí jízdu vlaku dopravní situaci v dopravě (sníží jeho rychlost, pokud systém ASVC bude vybaven technickými prostředky pro ovládání rychlosti hnacího vozidla, v opačném případě systém vyčká na uvolnění požadované dopravní koleje i za cenu zastavení vlaku). V tomto případě bude možné převedení řízení vlakové dopravy na dispečera.

Jakmile je zjištěna konfliktní situace, systém prověří vzniklou situaci (typ konfliktu), který způsobuje omezení vedoucí až ke zpoždění vlaků. Systém pak dle vyhodnocené situace rozhodne, zda-li bude situaci řešit sám nebo nechá řešení na obsluze (samotná obsluha může kdykoliv zasáhnout).

Jakékoliv rozhodnutí systému se zobrazuje na informační obrazovce dispečera, aby měl pod kontrolou veškeré řízení dopravy.

### **3.1 Charakteristika algoritmu**

#### **3.1.1 Vstupní skupina objektů**

První fází algoritmu je zadání dat do systému ASVC. Zadání dat probíhá na základě rozdělení informací podle objektů (vlak, trať, stanice, provoz, je možné definovat i více objektů). Tyto objekty definují podmínky, na základě kterých lze provozovat systém ASVC. Tyto informace se budou zjišťovat z informačních systémů. Veškerým informacím o vstupních objektech je nutné v systému ASVC (pro aplikaci GTN) přiřadit jedinečný kód (nejedná se o číslo vlaku, ale je potřeba definovat např. profil tratě, charakteristiku hnacích vozidel, strukturu stanice do nějakého čísla nebo hodnoty), který bude vyjadřovat danou vlastnost, se kterým bude systém schopný pracovat na řešení dopravní situace.

K určitému zjednodušení při získání vstupních údajů např. o profilu tratě lze dojít v případě, kdyby se vycházelo z jízdních dob navrženého grafikonu určených programem na tvorbu jízdních řádů (např. program Sestava nákrešných jízdních řádů – SENA JŘ). K tomuto zjednodušení je ale potřeba předpoklad, že na vlcích bude vždy nasazeno stejné hnací vozidlo. V opačném případě dojde k rozdílným dynamickým vlastnostem vlaku a zkomplikuje to určování okamžiku pro postavení vlakové cesty.

Všechny údaje budou zadávány na základě spolupráce s informačními systémy nebo budou zadávány manuálně přímo v rámci aplikace GTN. Kontrolou vstupních údajů je

v tomto případě míněno zajištění bezpečného vložení vlaků, tzn. aby správnému vlaku bylo přiřazeno správné číslo (číslo vlaku se shodovalo s odjezdem vlaku, dle jeho zadaných parametrů, např. přes počítač náprav zjistit délku), dále to mohou být různé chyby při zápisu vlaků, nebo například zadání čísla vlaku osobní dopravy, který je odstaven na dopravní koleji mimo nástupiště, či různé poznámky, které jsou v současnosti ve formě textu zobrazovány v DIS. Je to taková zpětná vazba, která by měla zajistit určitou bezpečnost dat, aby nedošlo k chybným informacím. Není však možné tuto kontrolu zajistit pro všechny informace, přesto jí v tomto algoritmu uvádím. Tato kontrola je především určena pro zadávání vstupních dat o vlacích ve stanicích v řízené oblasti, v nichž vlak začíná.

### **3.1.2 Fáze hledání dopravní koleje**

Na základě vstupních údajů, které budou neustále aktualizovány, bude algoritmus provádět výběr dopravní koleje, na kterou postaví vlakovou cestu. Systém ASVC bude vycházet z plánované dopravní koleje. Tento proces bude probíhat určitou dobu před plánovaným příjezdem vlaku (např. 5-10 minut). Doba může být stanovena libovolně podle hustoty provozu, ale měla by být dostatečně velká, aby nedocházelo k omezení jízdy vlaku (může být prováděn výběr dopravních kolejí pro více vlaků najednou v případě malého časového odstavu mezi vlaky). Systém bude sledovat volnost určené dopravní koleje opakovaně po celou dobu výběru. V případě, že se nebude vyskytovat konfliktní situace (ani nebude plánován žádný technologický proces) při stavění vlakové cesty během doby výběru, bude systém zjišťovat volnost přímé koleje. Můžou nastat situace, kdy není nutné předjíždět vlak nižší kategorie vlakem vyšší kategorie (dojde ke zpoždění rychlejších, důležitějších vlaků), a proto není nutné, aby vlaky jezdili sníženou rychlostí do odbočky.

Zároveň se zjišťováním volnosti určené dopravní koleje bude systém hledat variantní dopravní kolej. Tato kolej bude zjišťována pro případ, že by se do rozhodného okamžiku konflikt neodstranil. V průběhu zjišťování variantní koleje může proces nalézt i více kolejí nebo se tyto koleje mohou neustále měnit dle naplánovaných technologických procesů (jízda jiných vlaků, posun), protože může docházet k obsazování těchto dopravních kolejí jinými vlaky. V každém případě systém nesmí vybrat variantní dopravní kolej, jejímž vybráním by omezil jízdu ostatních vlaků. Samotné hledání bude vycházet z plánované a aktuální dopravy a možných konfliktů, které vznikly před a během hledání volnosti dopravní koleje.

### 3.1.3 Deadlock

Deadlock je dopravní situace při níž si vlaky navzájem blokují vlakovou cestu. Je tím myšlena například situace, že ve stanici jsou obsazeny vyjma jedné všechny dopravní koleje a z obou směrů přijíždějí vlaky, a tím pádem vlaky není možné vyhnout, aniž by nedošlo k omezení provozu. Tato situace lze sice vyřešit vjezdem jednoho vlaku na volnou kolej a odjezdem ze stanice jiným vlakem, ale během tohoto stavu zůstane další vlak stát u vjezdového návěstidla. Opatřením proti této situaci je funkce algoritmu, která bude sledovat aktuální dopravu. Pokud by mělo dojít k deadlocku, systém ASVC neumožní postavení odjezdové vlakové cesty ze sousední stanice pro vlak, který by právě deadlock způsobil.

Tato funkce bude probíhat zároveň se zjišťováním volnosti určené dopravní koleje i hledání variantní koleje. Pokud systém narazí na tento konflikt, upozorní na to obsluhu a ukončí stavění VC systémem ASVC. Další stavění vlakové cesty bude provedeno pouze obsluhou (může nastat případ, kdy tato situace bude potřeba, např. jízda na vlečku na trati)

Speciálním případem je vjezd na obsazenou dopravní kolej nebo na dopravní kolej rozdělenou cestovými návěstidly. V prvním případě se jedná o deadlock, ale cestu lze postavit manuálně (např. případ pro umožnění zjednodušení technologických procesů ve stanici – jízda do depa, posun, objíždění, atd.). V druhém případě (rozdělení koleje cestovými návěstidly) může systém ASVC postavit vjezdovou vlakovou cestu za předpokladu, že vjíždějící vlak ve stanici končí nebo vlak stojící před ním (např. bude odjíždět jiným směrem než zmíněný vjíždějící vlak) bude odjíždět dříve než vlak, který na tu kolej bude vjíždět.

### 3.1.4 Konfliktní situace a jejich řešení

V této fázi systém vyhodnocuje výsledky získané z předcházející části algoritmu. Jestliže systém ASVC zjistil volnost dopravní koleje, pak systém začne zjišťovat rozhodný okamžik pro postavení vlakové cesty. Jestliže ale vznikla konfliktní situace, bude ho systém muset vyřešit. Pokud systém ASVC zjistí výskyt konfliktní situace, je potřeba, aby zjistil o jaký typ konfliktu se jedná, předpokládanou dobu trvání konfliktu a vybrání variantní cesty. Z těchto údajů pak bude rozhodovat, jakým způsobem vyřeší dopravní situaci. Existuje více variant. První z nich je ta, že systém ASVC počká, až konfliktní situace skončí a pak postaví vlakovou cestu na určenou dopravní kolej. Při této variantě může vlak zpomalit, ale nesmí dojít k zastavení, pokud to není nezbytně nutné. Pro toto řešení musí platit, že doba čekání bude kratší než doba zpoždění vlaku, který by jel na vybranou variantní kolej nebo by zastavil

u vjezdového návěstidla. Druhým způsobem je výběr variantní dopravní cesty, tedy vlak pojede na jinou než určenou dopravní kolej za předpokladu splnění všech náležitostí (zastavující osobní vlaky na kolej s nástupištěm včetně zajištění bezpečnosti cestujících na poloperonizovaných nástupištích, zastavující nákladní vlaky na kolej s dostatečnou délkou, apod.). Dalším způsobem je zastavení vlaku u vjezdu z důvodu větší doby trvání konfliktů, přičemž není možná variantní cesta. V ostatních případech nechá postavení vlakové cesty na obsluze. Ta může do procesu stavění vlakové cesty kdykoliv vstoupit, uzná-li to za vhodné.

### **3.1.5 Analýza rozhodného okamžiku**

V této části systém ASVC zjistí vhodný okamžik pro postavení VC. Tato doba je závislá právě na výskytu konfliktů. V bezkonfliktním stavu má systém ASVC dostatek času na postavení vlakové cesty. Rozhodný okamžik v tomto případě bude vyjádřen dobou, která postačí k zajištění plynulého vjezdu vlaku na návěst volno, což by mělo být nejpozději v okamžiku 12 vteřin před předvěstí vjezdového návěstidla. Pokud zde bude vlakový zabezpečovač přenášející návěst na hnací vozidlo, pak doba bude nejpozději určena vzdáleností dvou oddílů od vjezdového návěstidla a rychlostí vlaku. Další přírážku bude tvořit čas na postavení vlakové cesty, tzn. čas vypočtený dle technologických časů na provedení úkonu při stavění vlakové cesty (doba přestavení výhybek, počet výhybek, uzávěr cesty, zavření přejezdu, přírážka při nesprávné funkci ZZ). Standardně v bezkonfliktním stavu budeme považovat za rozhodný okamžik čas, při kterém se vlak bude nacházet 3-4 oddíly od vjezdového návěstidla.

V případě konfliktů už vše závisí na době řešení konfliktní situace. Rozhodný okamžik, kdy ještě např. stavět cestu na určenou kolej (vyčkáme až se uvolní) a kdy na variantní dopravní kolej, bude záviset na vzdálenosti dvou oddílů a rezervní době potřebné k postavení vlakové cesty nebo na základě včasného podání informací pro cestující. Dále musíme počítat už i s rychlostí vlaků. Vlaky s nižší rychlostí než je traťová (konstrukční, stanovená) rychlost budou mít rozhodný okamžik kratší (v menší vzdálenosti od vjezdového návěstidla) než vlaky s vyšší rychlostí. Při nízké rychlosti vlaku se čas na stavění VC může zahrnout do doby jízdy, což znamená, že rozhodný okamžik bude na vzdálenost dohlednosti předvěstí návěstidla a doby potřebné na dokončení postavení VC (okamžik bude na rozhraní 2. až 3. oddílu od vjezdového návěstidla). Důležitým faktorem je ale typ konfliktu a jeho řešení. V případě volby dodržení určené dopravní koleje bude potřeba zajistit, aby vlak jel pokud možno na výstrahu ale neměl by se blížit k návěsti stůj. Pak by se systém ASVC měl rozhodnout, zda je výhodnější zastavit vlak nebo zajistit jízdu do odbočky. Rozhodnutí



o výběru řešení konfliktu by mělo být dáno v okamžiku, kdy vlak bude vzdálen na dohlednost předvěsti (vlak může zpomalovat na základě přenosu návěsti na hnací vozidlo, což je v podstatě určitý efekt nepřímého řízeného zpomalení vlaků systémem ASVC).

Rozhodný okamžik může být též stanoven na základě rozhodnutí obsluhy, která předem určila dopravní kolej nehledě na výběr koleje systémem ASVC. Rozhodný okamžik bude dán nejpozději opět vzdáleností 2 oddílů od vjezdového návěstidla a časovou přírážkou na stavění vlakové cesty.

Pokud se VC bude stavět manuálně, rozhodný okamžik není důležitý a vše závisí na rozhodnutí obsluhy. Tato cesta bude postavena dlouho dopředu, pokud obsluha dala požadavek na postavení VC dříve než systém ASVC a tím upřednostnila rozhodnutí manuálního stavění VC před automatickým. V ostatních případech manuálního stavění VC obsluha vypne systém ASVC.

### **3.1.6 Zobrazení výstupních informací o stavění VC**

Veškeré informace o automatickém stavění by se měly zobrazovat obsluze na monitoru. Je jedno, jestli se bude jednat o údaje informativního charakteru nebo o údaje ohledně rozhodnutí systému ASVC o výběru dopravní nebo variantní koleje. Obsluha tyto informace nebude muset potvrzovat, pokud to systém ASVC nebude vyžadovat. Potvrzení bude požadováno v situacích, kdy dojde k jízdě vlaku na obsazenou dopravní kolej rozdělenou cestovými návěstidly, deadlocku, neřešitelného konfliktu apod. V ostatních případech se informace zaznamenají, ale nebude se u nich vyžadovat potvrzení ihned po zobrazení (v dokumentaci se udělá seznam těchto zpráv potvrzení se provede pak najednou).

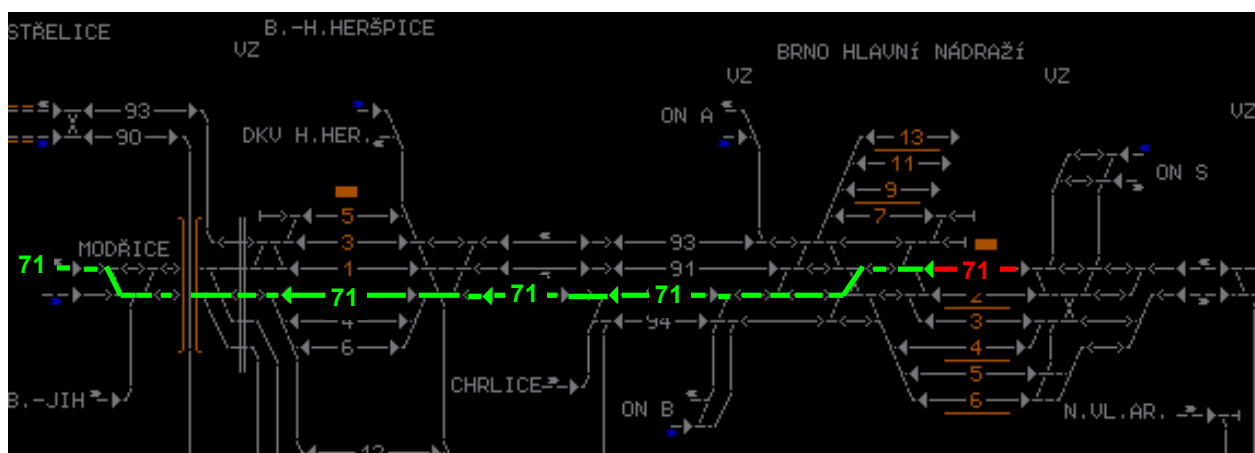
Pokud bude obsluha stavět VC manuálně, bude se to automaticky zobrazovat jak na monitorech JOP, tak i v GTN.

### **3.1.7 Požadavek na postavení VC**

Požadavek na postavení VC bude vygenerován na základě výše zmíněných údajů. Požadavek bude moci být kdykoliv zrušen obsluhou na základě ovládní počítače JOP. V případě deadlocku požadavek nebude generován na základě systému ASVC a obsluha na to bude upozorněna. Při manuálním stavění VC však požadavek na postavení cesty, jež povede k deadlocku, vygenerován být může.

### 3.2 Algoritmus pro postavení odjezdové cesty

Algoritmus pro postavení odjezdové cesty pracuje na stejném principu jako výše uvedený algoritmus. Změnou však je to, že volností dopravní koleje se myslí volnost traťové koleje (v případě dvoukolejné tratě se bere volnost koleje se správným směrem jízdy) a hledáním variantní koleje zjišťujeme možnost postavit vlakovou cestu proti správnému směru jízdy nebo po nesprávné koleji. Jelikož systém ASVC bude mít přehled o dopravní situaci daleko dopředu, může se rozhodnout, že postaví VC proti správnému směru nebo po nesprávné koleji. Podle situace se pak v následující stanici může rozhodnout, jestli se vlak v následující stanici vrátí zpět na správnou kolej (do správného směru) nebo bude moci jet dál po nesprávné koleji (proti správnému směru) a vrátit se zpět až v následujících stanicích (např. z důvodu vyšší rychlosti jízdy do odbočky na výhybkách). Tuto volbu (po nesprávné koleji, proti správnému směru) samozřejmě nelze uskutečnit pro zastavující osobní vlaky (vyjma výluky správné koleje), jež zastavují na zastávkách s nástupišti vně kolejí. Příklad této situace je uveden na Obr. 15.



Obr. 15 – Postavení cesty proti správnému směru jízdy

Zdroj:[11], Autor

Rozhodný okamžik pro stavění cest bude záviset na předvídaném odjezdu a technologických časech spojené se stavěním vlakové cesty (přestavení výměn, závěr cesty, uzavření přejezdu v rámci stanice, který by se nestačil uzavřít během rozjezdu vlaku, jinak se přejezdy budou uzavírat pomocí spínacího bodu nebo podle rozjezdu vlaku). Tento postup platí pro bezkonfliktní stav. Při výskytu konfliktu lze situaci řešit pouze postavením VC na jinou traťovou kolej než je původní kolej. V ostatních případech lze vyčkat, jakmile konfliktní situace zmizí, nebo lze změnit technologii dopravy pro daný úsek (jízda na rozkaz, zpravení).

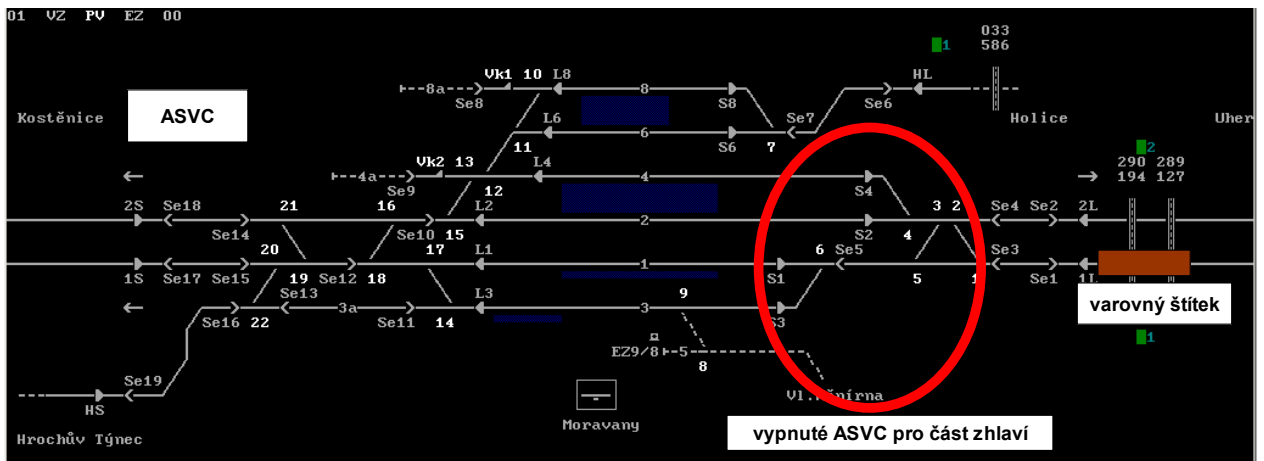
Nesmí se však zapomenout na čekací doby a přípojně vazby mezi vlaky osobní dopravy. Nesmí nastat situace, že by se postavila odjezdová cesta a přitom by tento vlak měl čekat na zpožděný přípojný vlak. Z tohoto důvodu musí být zajištěno sledování dopravní situace. Pro každou stanici a každý vlak jsou stanoveny čekací doby a přestupní doba. Dále musí být umožněno měnění čekací doby v případě prodloužení čekací doby (ovlivňuje dispečer). Na základě těchto informací systém ASVC bude kontrolovat dodržování přípojnů. Přehledné zobrazení přípojnů je možné právě pomocí grafu přípojnů (viz Obr. 8).

V případě zpoždění by obsluha byla upozorněna, že může dojít k nedodržení přípojně vazby. Zde je nutný zásah obsluhy, zda přípojnou vazbu porušit nebo prodloužit mimořádně čekací dobu. Systém ASVC může o přípojných vazbách rozhodovat jen v případě dodržení stanovených čekacích dob a přestupních vazeb.

### **3.3 Manuální stavění vlakové cesty**

Systém ASVC umožňuje stavění cesty pomocí obsluhy, která může kdykoliv zasáhnout do systému (obsluha je nadřazena ASVC). Situace, kdy bude obsluha zasahovat do řízení dopravy, nastane v případě, kdy systém ASVC bude chtít potvrzení řešení vybrané varianty, nebo když obsluha předem postaví vlakovou cestu ještě před rozhodnutím systému.

Vyjma těchto případů lze dále umožnit zapínání a vypínání systému ASVC pro celou oblast nebo jen pro určitý úsek (např. jedno zhlaví v jedné ze stanic z důvodu velké intenzity dopravy, mimořádnosti, z důvodu zajištění posunových cest ve stanicích). Řízení dopravy ve vypnuté oblasti by pak přešlo plně na obsluhu. Příklad vypnutí systému ASVC je na Obr. 16, kde je vypnuta část zhlaví z důvodu zajištění zpravování vlaků o výluce traťové koleje a mimořádnostech na trati (např. snížená rychlost). Je to z důvodu, aby pověřený zaměstnanec měl dostatek času na zpravení strojvedoucího. V následující stanici by pak systém opět mohl stavět cesty automaticky, protože informace o zpoždění vlaku získá z předvídaného odjezdu zadní stanice (např. na Obr. 16 ve Moravany zaměstnanec dá předvídaný odjezd zpravovaného vlaku a v Uhersku už na základě této informace může cesty stavět opět systém ASVC). Je možné, že i tuto situaci by systém ASVC dokázal řešit, ale na základě potvrzení obsluhy (zpravujícího zaměstnance), že strojvedoucí byl už zpraven. Teprve po potvrzení zaměstnancem by se postavila vlaková cesta na základě parametrů o mimořádnosti (nelze postavit VC na vyloučenou kolej).



Obr. 16 – Částečné vypnutí systému ASVC

Zdroj: [10], Autor

## 4 VYHODNOCENÍ

System ASVC je náhradou lokálního řízení železniční dopravy dálkovým řízením. Na rozdíl od DOZ není nutné vytvářet speciální dispečerské pracoviště. Veškeré úkony totiž zajistí právě systém ASVC a pro organizaci dopravy vystačí jeden dispečer nebo výpravčí. System pracuje na základě sledování aktuální dopravy pomocí čísel vlaků. Podle aktuální dopravy systém analyzuje rozhodný okamžik. Ten závisí na místním uspořádání ve stanici a podle aktuální dopravní situace. Z analýzy vyplývá výsledek, že rozhodný okamžik, kdy se bude stavět vlaková cesta, je stanoven na základě rozhodnutí, zda je nutné nejprve informovat cestující nebo na základě času na včasné postavení vlakové cesty.

Algoritmus systému ASVC je navržen pro řízení provozu na jakékoliv železniční trati. Podle algoritmu lze systém naprogramovat tak, aby stavění vlakové cesty bylo plně automatické. To znamená, že systém ASVC bude spolupracovat s okolními informačními systémy, které budou poskytovat informace o aktuální dopravě, místním uspořádání, jízdních dobách, aniž by byla potřeba spolupráce lidského činitele. Algoritmus zahrnuje kontrolu dopravní situace, kdy ASVC sleduje celý řízený úsek a rozhoduje dopředu o možnostech stavění vlakových cest, možnosti křižování, předjíždění, řízení dopravy při plánovaných výlukách.

Pro dokonalé využití ASVC je vhodné zavést systém pro regulaci rychlosti vlaku (např. systém automatického vedení vlaku). Kombinací těchto dvou systémů se docílí požadované automatizace pro případ výskytu konfliktu, kdy chceme zachovat plynulý provoz bez zastavení u návěstidla (v případě situace, že by vlak musel při maximální dovolené rychlosti zastavit u návěstidla na návěst Stůj, systém ASVC vygeneruje požadavek na snížení rychlosti vlaku tak, aby vlak nemusel zastavit). System je navrhován pro kteroukoliv oblast řízení, pro jednokolejné či vícekolejné tratě nebo i jednotlivé stanice. System ASVC by měl plně řídit provoz železniční dopravy a měl sám rozhodovat na základě vstupních údajů. Vstup obsluhy do systému by měl být jen v případě výskytu mimořádnosti nebo v případě konfliktu, kdy systém nedokáže rozhodnout o variantě postavení vlakové cesty. nebo v situacích, kdy to uzná za vhodné (např. kvůli změně dopravní koleje).

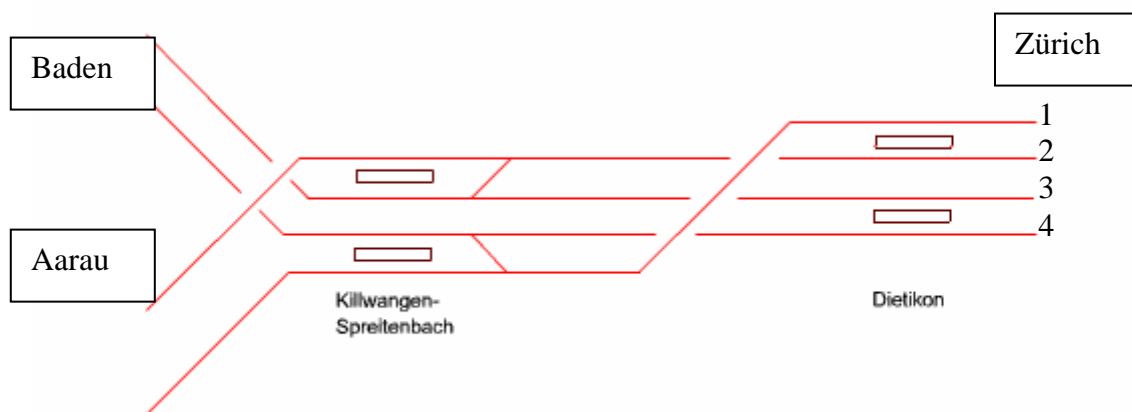
### 4.1 Realizace systému ASVC

Realizování systému ASVC na železniční síť v České Republice by bylo možné jen za určitých předpokladů. Současný stav neumožňuje plně nahradit řízení provozu

systémem ASVC aniž by byla potřeba zásahů obsluhy. Týká se to především železničních tratí s velkým počtem vlaků (koridory, frekventované celostátní popř. i regionální tratě) a tratí s malou kapacitou dráhy.

Prvním problémem jsou současné návrhy plánovaných grafikonů vlakové dopravy. Na koridorových tratích je navržen takový jízdní řád, ve kterém nejsou zahrnuty časové rezervy v jízdních dobách nebo v odstupech mezi vlaky, a proto jakákoliv časová odchylka od plánovaného odjezdu (příjezdu, průjezdu) způsobí konfliktní situaci a naruší tak veškeré plány na stavění vlakové cesty (např. oblast Brna). Je to většinou způsobené větším využitím kapacity tratě. Pro zavedení systému je tedy nutné zvýšit kapacitu tratě a nebo uspořádat trasy vlaků, tak aby umožňovaly plynulejší provoz. Je proto vhodné navrhovat jízdní řády s určitou časovou mezerou pro každý vlak, která by eliminovala časové odchylky od pravidelné jízdy vlaku způsobené zpožděním předcházejícího vlaku.

Dalším problémem je chybějící určitá segregace dopravy. Segregací je myšleno oddělení určité dopravy od ostatní dopravy za účelem zvýšení kapacity tratě. Příkladem segregace je oddělení příměstské dopravy od dálkové (osobní vlaky od rychlíků) za účelem zvýšení kapacity tratě (možnost předjíždění na trati) nebo oddělení osobní dopravy od nákladní. Nástrojem pro segregaci je vybudování dalších traťových kolejí nebo vybudování nové tratě. Příkladem segregace mohou být např. příměstské jednotky S-Bahn v okolí Drážďan v Německu. Pro zajištění segregace tam jsou vybudovány 4 traťové koleje. Vnější koleje slouží pro příměstskou dopravu a vnitřní pro dálkovou dopravu. Dalším příkladem segregace může být trať z Zürichu do Badenu a Aarau ve Švýcarsku (na Obr. 17). Koleje 1 a 2 slouží pro dálkovou dopravu a 3 a 4 pro příměstskou dopravu.



Obr. 17 – Segregace dopravy v Zürichu

Zdroj: [12], Autor

Segregace dále umožňuje jednodušší informovanost pro cestující (pravidelná dopravní kolej) i jednodušší zavedení systému ASVC. V našich podmínkách nejsou podmínky pro zavedení segregace. Všechny koridorové tratě jsou dvoukolejné. Výjimku tvoří traťový úsek Poříčany – Praha-Běchovice (v budoucnu až Praha-Libeň), kde jsou 3 traťové koleje. To umožňuje částečné zvýšení kapacity, kdy je umožněno předjíždět příměstské vlaky po vnitřní koleji.

Problémy automatického stavění budou ve většině případech záležet na technických specifikacích a místním uspořádání v jednotlivých stanicích. Nejčastější problémy budou s dodržením přestupních vazeb a s řešením mimořádností.

System ASVC může být implementován na tratě s velkým i malým provozem. Velkou měrou snižuje finanční náklady na provozní zaměstnance. System by mohl být zaveden na tratě s jednodušším řízením drážní dopravy (tratě řízené podle předpisu SŽDC D3). Samozřejmě zabudování systému ASVC přináší vysoké finanční investice do zabezpečovacího zařízení a na údržbu systému.

# ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla analýza rozhodného okamžiku pro postavení vlakové cesty a návrh algoritmu pro systém ASVC. Toto se podařilo splnit. Navíc jsou zde uvedeny příklady konfliktních situací a možnosti realizace systému na železnici v České Republice.

V analýze byly uvedeny některé konfliktní situace, které mohou nastat při automatickém stavění vlakové cesty. Na základě konfliktů systém dokáže vyjádřit rozhodný okamžik pro postavení vlakové cesty, při kterém nedojde k ohrožení bezpečnosti dopravy, a zároveň nedojde ke zbytečnému omezení ostatního provozu ve stanicích, odbočkách nebo výhybnách, čímž by se mohla snížit propustnost problematického úseku (zhlaví, záhlaví, staniční koleje, atd.). Rozhodný okamžik je závislý na jízdě vlaku a na včasné informování cestujících.

V návrhu je uveden autorem vytvořený algoritmus, podle kterého by měl systém automatického stavění vlakových cest fungovat, tzn. na základě tohoto algoritmu by měl být vygenerován požadavek pro bezpečné postavení vlakové cesty a následně by mělo proběhnout i uskutečnění tohoto požadavku. Ve výsledku je zhodnocena analýza rozhodného okamžiku, navržený algoritmus a možnost realizace systému ASVC u nás.

V práci nejsou záměrně uváděny posunové cesty, protože to jsou specifické jízdní cesty. Systém může na základě analýzy a návrhu algoritmu z této práce stavět i posunové cesty v případě, kdy se jedná o pravidelné posuny. Týká se to především pravidelných jízd hnacích vozidel do depa, objíždění souprav, přepřahy. V případě nákladní vlakové tvorby by systém musel spolupracovat s automatickým systémem pro rozřaďování vozů (např. KOMPAS) nebo pracovat na základě zadání informací z tříděnek nákladních vozů.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Předpis SŽDC D1
- [2] Předpis SŽDC D2
- [3] Předpis SŽDC D23
- [4] Pomůcky GVD 2007/2008
- [5] TNŽ 342620 - Staniční a traťové zabezpečovací zařízení
- [6] SUDOP PRAHA a. s.: Studie "Technické specifikace pro automatické stavění jízdních cest". 2005
- [7] VONKA, J.; MOLKOVÁ, T.; ŠIROKÝ, J.: Technologie a řízení dopravy II – GVD, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2000, 112 s., ISBN 80-7194-286-3
- [8] Informační systémy obchodní skupiny Oltis Group [online], [cit. 2009-03-22] dostupné z: <[www.oltisgroup.cz](http://www.oltisgroup.cz)>
- [9] Kunhart, Milan , Přednášky z předmětu Zabezpečovací technika , Pardubice, Univerzita Pardubice – Dopravní fakulta Jana Pernera, 2007
- [10] Zabezpečovací zařízení a GTN od firmy AŽD Praha, s.r.o. [online], © 2008, [cit. 2009-03-22] dostupné z: <[www.azd.cz](http://www.azd.cz)>
- [11] Simulátory řízení vlakové dopravy [online], © 2009, [cit. 2009-03-27] dostupné z: <[www.softikon.wz.cz](http://www.softikon.wz.cz)>
- [12] Train Traffic control system Killwangen-Spreitenbach - Zurich-Altstetten [online], © 2001-2005, [cit. 2009-04-02] dostupné z: <[www.railweb.ch/funnel/funnel.htm](http://www.railweb.ch/funnel/funnel.htm)>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Obecné blokové schéma zabezpečovacího zařízení .....	14
Obr. 2 – Blokové schéma bezpečného počítačového jádra stavědla .....	15
Obr. 3 - List grafikonu v GTN .....	16
Obr. 4 - Zobrazení kolejí a obsazení ve stanici v GTN .....	16
Obr. 5 - Blokové schéma zaústění GTN nad ZZ .....	17
Obr. 6 – Současné vjezdy vlaku .....	25
Obr. 7 – Příklad přejezdu za vjezdovým návěstidlem .....	27
Obr. 8 – Graf přípojných vazeb .....	29
Obr. 9 – Sled vlaků – Rychlík x Osobní vlak .....	31
Obr. 10 – Zastavení vlaků čelem k sobě .....	33
Obr. 11 – Nevhodné zastavení vlaků u poloperonizovaných nástupišť .....	33
Obr. 12 – Vhodné zastavení vlaků u poloperonizovaných nástupišť .....	33
Obr. 13 – Přístupy k nástupišťům .....	34
Obr. 14 – Struktura algoritmu pro generování požadavku na postavení vlakové cesty .....	36
Obr. 15 – Postavení cesty proti správnému směru jízdy .....	42
Obr. 16 – Částečné vypnutí systému ASVC .....	44
Obr. 17 – Segregace dopravy v Zürichu .....	46

## SEZNAM ZKRATEK

ASVC	Automatické stavění vlakové cesty
ZZ	Zabezpečovací zařízení
GVD	Grafikon vlakové dopravy
NJŘ	Nákresný jízdní řád
JŘ	Jízdní řád
GTN	Graficko-technologická nadstavba
DOZ	Dálkově ovládané zabezpečovací zařízení
JOP	Jednotné obslužné pracoviště
PCV	Přenos čísel vlaku
DIS	Dispečerský informační systém
ISOŘ CDS	Informační systém operativního řízení – Centrální dispečerský systém
ISOŘ ŘVD	Informační systém operativního řízení – Řízení vlakové dopravy
CEVIS	Centrální vozový informační systém
DK	Dopravní kancelář
SENA JŘ	Sestava nákresných jízdních řádů
CDP	Centrální dispečerské pracoviště
VC	Vlakové cesty
DKV	Depo kolejových vozidel
HV	Hnací vozidlo