

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza funkce vstup vlaku do oblasti ETCS L2

Bc. Martin Trögel

Diplomová práce

2008

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě  
Akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin TRÖGEL**

Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**

Studijní obor: **Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení v dopravě**

Název tématu: **Analýza funkce vstup vlaku do oblasti ETCS L2**

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

1. Analýza a posouzení existujících návrhů řešení funkce (návrh ASF a AŽD pro pilotní projekt v ČR, vlastní návrh diplomanta pocházející z jeho bakalářské práce)
2. Výběr optimálního řešení funkce
3. Výběr vhodného způsobu formalizace zápisu funkčních požadavků a popisu funkčního chování zabezpečovacích zařízení a vhodného softwarového nástroje
4. Vytvoření modelu předmětné funkce pomocí vybraného nástroje
5. Ověření realizovatelnosti návrhu

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] **Alistar Cockburn: Use Cases, CP Books, a.s., Brno 2005**
- [2] **Jim Arlow, Ila Neustadt: UML2 a unifikovaný proces vývoje aplikací, Computer Press, a.s., Brno 2007**
- [3] **Interní dokumenty AŽD Praha k problematice**

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Milan Kunhart, CSc.**  
AŽD Praha

Datum zadání diplomové práce:

**6. prosince 2007**

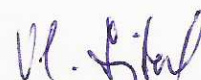
Termín odevzdání diplomové práce:

**4. června 2008**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2008

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji doc. Ing. Milanu Kunhartovi, CSc., za vedení diplomové práce a za poskytnutí podkladů, informací a nástrojů k jejímu vypracování.

## **SOUHRN**

*Tato diplomová práce se zabývá vstupem vlaku do oblasti ETCS L2. Analyzuje existující návrhy řešení funkce vstup vlaku do oblasti ETCS L2 a navrhuje její optimální řešení. Navržené řešení je formalizováno vytvořením modelu funkce v jazyce UML.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*vstup do ETCS L2; position report; přepínatelná balíza; paket 90; počítače náprav; UML*

## **TITLE**

*Analysis of the function Enter of the train into the ETCS L2 area*

## **ABSTRACT**

*The thesis engages in the enter of the train into the ETCS L2 area. It analyzes existing suggestions of solution of the function Enter of the train into the ETCS L2 area and suggests its optimal solution. This suggested solution is formalized by creating the model of the function in UML language.*

## **KEYWORDS**

*enter into ETCS L2; position report; variable balise; paket 90; axle counters; UML*

# OBSAH

ÚVOD .....	8
<b>1 ANALÝZA EXISTUJÍCÍCH NÁVRHŮ ŘEŠENÍ VSTUPU VLAKU DO OBLASTI DOHLEDU ETCS L2 .....</b>	<b>9</b>
1.1 Kritické aspekty vstupu vlaku do L2.....	9
1.1.1 Otázka časového zpoždění přenosu zpráv .....	9
1.1.2 Otázka udělení MA.....	9
1.1.3 Umístění potřebných prvků pro přechod úrovní.....	10
1.2 Vstup do L2 pomocí sledování časové prodlevy mezi obsazením KÚ za hranicí a příchodem PR.....	11
1.2.1 Popis řešení.....	11
1.2.2 Postup procedury .....	11
1.2.3 Stanovení parametrů .....	13
1.2.4 Analýza možných hazardů při permissivním hraničním návěstidle .....	18
1.2.5 Analýza možných hazardů při absolutním hraničním návěstidle .....	21
1.2.6 Závěr.....	23
1.3 Řešení vstupu do L2 pomocí přepínatelné přihlašovací balízy .....	24
1.3.1 Popis řešení.....	24
1.3.2 Postup procedury .....	25
1.3.3 Stanovení parametrů .....	25
1.3.4 Analýza kritických stavů .....	26
1.3.5 Závěr.....	27
1.4 Řešení vstupu do L2 pomocí přepínatelné balízy s paketem 90.....	28
1.4.1 Popis řešení.....	28
1.4.2 Postup procedury .....	29
1.4.3 Stanovení parametrů .....	29
1.4.4 Analýza kritických stavů .....	30
1.4.5 Závěr.....	32
<b>2 NÁVRH OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ VSTUPU VLAKU DO OBLASTI DOHLEDU ETCS L2.....</b>	<b>34</b>
2.1 Popis řešení.....	34
2.1.1 Základní cíl .....	34
2.1.2 Detekce průjezdu vlaku .....	34
2.1.3 Detekce ETCS výbavy jednotlivých vlaků.....	34
2.1.4 Potřebné vybavení na trati .....	35
2.2 Postup procedury .....	36
2.2.1 Příjezd do sledovaného úseku .....	36
2.2.2 Detekce konce vlaku.....	36
2.2.3 Výjezd ze sledovaného úseku.....	37
2.2.4 Seznam vlaků ve sledovaném úseku .....	37
2.3 Stanovení parametrů .....	38
2.3.1 Vzdálenost detektorů os .....	38
2.3.2 Vzdálenost mezi BG 1 a BG 2 .....	38
2.3.3 Vzdálenost mezi BG 2 a BG 3 .....	39
2.3.4 Umístění PN .....	39

2.3.5	Umístění BG 2 vzhledem k PN 1 .....	40
2.4	Analýza hazardních stavů .....	43
2.4.1	Otázka nerozlišení vlaku .....	43
2.4.2	Otázka správné detekce ETCS výbavy vlaku.....	44
2.5	Závěr .....	49
2.6	Konečné porovnání jednotlivých metod.....	50
<b>3</b>	<b>VÝBĚR ZPŮSOBU FORMALIZACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ</b>	
	<b>FUNKCE VSTUP VLAKU DO OBLASTI ETCS L2.....</b>	<b>52</b>
3.1	Výběr formální metody .....	52
3.2	Výběr nástroje .....	52
<b>4</b>	<b>MODEL NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ FUNKCE VSTUP VLAKU</b>	
	<b>DO OBLASTI ETCS L2 .....</b>	<b>53</b>
4.1	Úvod .....	53
4.2	Případy užití.....	53
4.2.1	Scénáře případů užití .....	53
4.2.2	Diagram případů užití.....	54
4.3	Diagram tříd.....	54
4.4	Stavové diagramy .....	57
4.4.1	Vozidlo .....	57
4.4.2	Algoritmus vlaku v RBC .....	58
4.4.3	Algoritmus vlaku v seznamu vlaků ve sledovaném úseku.....	59
4.4.4	Počítač náprav .....	60
4.5	Sekvenční diagramy .....	60
4.5.1	Přihlášení vlaku .....	61
4.5.2	Jízda vlaku sledovaným úsekem.....	61
4.5.3	Vstup do L2 (FS, OS).....	62
4.5.4	Vstup do L2 (override) .....	62
4.5.5	Výjezd ze sledovaného úseku.....	63
4.5.6	Jízda bez potvrzených vlakových dat .....	63
4.5.7	Jízda vlaku, který včas nenavázal spojení .....	63
4.6	Diagramy aktivit.....	64
4.6.1	Override .....	64
4.6.2	Změna módu .....	65
4.6.3	Nastavení příznaku ETCS vlaku .....	66
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>67</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM ROVNIC.....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>75</b>

## ÚVOD

V ČR je plánován souběžný provoz vlakového zabezpečovače (VZ) ETCS druhé úrovně (L2) se stávajícím národním VZ LS-90. Bezpečná jízda některých vlaků bude řízena radioblokovou centrálou (RBC), ale naprosto běžně mezi těmito ETCS vybavenými vlaky (vlaky s mobilní částí zařízení ETCS L2) se budou vyskytovat vlaky ETCS nevybavené (non-ETCS vlaky), na jejichž jízdu nebude mít RBC žádný vliv (informace o jejich jízdě se do RBC dostanou výhradně díky obsazování a uvolňování kolejových úseků).

Vstupem vlaku do oblasti dohledu ETCS L2 je myšlen souhrn událostí, které nastanou, pokud ETCS vybavený vlak přejíždí z oblasti bez traťové části ETCS L2 do oblasti vybavené traťovou částí ETCS L2. V okamžiku přejezdu hranice těchto oblastí dojde k přepnutí mobilní části do úrovně L2 a zařízení na sebe tímto okamžikem přebírá určitou část odpovědnosti za bezpečnou jízdu vlaku (podle provozního módu). Úkolem procedury vstupu vlaku do L2 je zajištění odpovídající bezpečnosti jízdy vlaku od okamžiku vstupu do L2 do doby, než tuto úlohu převezmou funkce a principy aplikované uvnitř oblasti L2.

Je účelné, aby existence hranice úrovní nesnižovala propustnou výkonnost trati (samozřejmostí by mělo být provedení procedury v takové rychlosti, jakou by vlak měl s ohledem na provozní předpisy a okamžitou dopravní situaci při neexistenci této hranice). Mobilní část by se měla přepnout do takového provozního módu, který v co možná nejvyšší míře (s ohledem na okamžitou dopravní situaci) přesune odpovědnost za další bezpečnou jízdu ze strojvedoucího na zařízení ETCS.

V první části této práce budou analyzovány existující návrhy řešení vstupu vlaku do oblasti ETCS L2. Ve druhé části práce bude navrženo a analyzováno optimální řešení této funkce. Zbývající část práce se bude věnovat výběru vhodného způsobu formalizace navrženého optimálního řešení a vytvoření modelu funkce ze druhé části práce.



# **1 ANALÝZA EXISTUJÍCÍCH NÁVRHŮ ŘEŠENÍ VSTUPU VLAKU DO OBLASTI DOHLEDU ETCS L2**

## **1.1 Kritické aspekty vstupu vlaku do L2**

Aby došlo k naplnění v úvodu zmíněných požadavků na bezpečný vstup vlaku do oblasti dohledu ETCS L2, je nutné zejména eliminovat níže popsané nejproblematictější aspekty procedury vstupu do L2.

### **1.1.1 Otázka časového zpoždění přenosu zpráv**

Aplikační úroveň L2 je charakteristická rádiovým přenosem zpráv mezi traťovou a mobilní částí zařízení. Bezpečná komunikace je realizována protokolem Euroradio v systému GSM-R. Při použití rádiového kanálu je nutné počítat s nezanedbatelnou dobou přenosu informace, která může ve výsledku dosáhnout až nižších desítek sekund. Okamžitá velikost tohoto zpoždění závisí na aktuální kvalitě rádiového kanálu (roli zde hraje poloha mobilní části, členitost terénu, povětrnostní podmínky aj.). V praxi nelze zajistit úplnou dostupnost rádiového spojení, proto je nutné tolerovat neúspěšné pokusy o zaslání zprávy.

Bezpečnou reakci v případě ztráty rádiového spojení mezi mobilní částí a RBC musí vyvodit vždy mobilní část. Může se tak stát po uplynutí stanovené doby od poslední přijaté zprávy (tuto dobu určuje proměnná  $T_{NVCONTACT}$ , typ reakce pak  $M_{NVCONTACT}$ ). V praxi se častěji používá časové omezení platnosti oprávnění k jízdě (MA). Při výpadku rádiového spojení přestane být MA periodicky zasíláno a po vypršení specifikovaného času mobilní část jedná podle hodnot příslušných proměnných (které jsou, stejně jako stanovený čas, součástí MA).

Další zpoždění do komunikačních cyklů vnáší zpracování informací ze stávajících zabezpečovacích zařízení v IRI a zpracování potřebných informací v RBC (řádově jednotky sekund).

Z výše uvedeného vyplývá, že při návrhu bezpečné procedury vstupu vlaku do oblasti L2 je třeba pamatovat na možné zpoždění příchodu informace o změně podmínek v oblasti hranice na vozidlo. Bezpečnostně relevantní procesy musejí být ošetřeny tak, aby v případě zhoršení těchto podmínek došlo včas k patřičné reakci mobilní části bez ohledu na zpoždění přenosu (toto platí nejen pro vstup, ale i pro jízdu vlaku v L2).

### **1.1.2 Otázka udělení MA**

V okamžiku přejezdu hranice oblastí dojde k přepnutí mobilní části do úrovně L2. V této chvíli by již měla mít mobilní část uložené MA pro následující úsek. Pokud tomu tak

není, je aplikována nouzová brzda (výjimkou je tzv. procedura Override EoA, kdy strojvedoucí před příjezdem k hranici potvrdí mobilní části, že si je vědom své odpovědnosti za další jízdu vlaku, mobilní část se na hranici přepne do módu SR). MA tedy musí RBC zaslat vlaku ještě v době, kdy se vlak blíží k hranici.

RBC odvozuje zasílané MA ze situace za hranicí. Informace o této situaci (zejména volnost kolejových úseků – KÚ) posílá do RBC (přes IRI) stávající zabezpečovací zařízení. Pokud se k hranici blíží non-ETCS vlak, registruje RBC pouze obsazování a uvolňování jednotlivých KÚ. Pokud se k hranici blíží ETCS vlak, začne po navázání spojení s RBC posílat zprávy o poloze (position report, PR) s četností podle předtím stanovených parametrů. Non-ETCS vlak tedy RBC v podstatě není schopna lokalizovat (v jednom obsazeném KÚ se může nacházet více vlaků), lokalizace ETCS vlaků pomocí PR je možná jen s velmi omezenou přesností (záleží na jejich momentální rychlosti, též viz 1.1.1).

Pokud před ETCS vlakem pojedou jeden či více non-ETCS vlaků, může dojít k udělení nesprávného MA. To znamená, že RBC pošle ETCS vlaku MA odvozené z momentálních podmínek za hranicí, přičemž tyto podmínky se vztahují pro první (non-ETCS) vlak v pořadí. Pokud by ETCS vlak dojel s tímto MA k hranici, mobilní část by se přepnula do L2 a další jízda by se odehrávala podle tohoto nesprávného MA. Riziko plynoucí z takto popsaného hazardního stavu je nepřijatelné a musí být eliminováno:

- udělením MA až v době, kdy je jisté, že ETCS vlak je v pořadí první před hranicí, nebo
- zajištěním zneplatnění případného nesprávného MA tak včas, aby jej nemohl ETCS vlak uplatnit (resp. aby případným uplatněním nestihlo dojít k hazardnímu stavu).

Splnění těchto požadavků poněkud komplikuje fakt, že se mobilní část v rozhodné době nachází v oblasti ETCS L-STM (pokud je trať vybavena národním VZ LS-90), případně L0. Zde totiž nejsou k dispozici ty funkce systému ETCS, které jsou použity pro řešení obdobných problémů v oblasti L2.

### **1.1.3 Umístění potřebných prvků pro přechod úrovní**

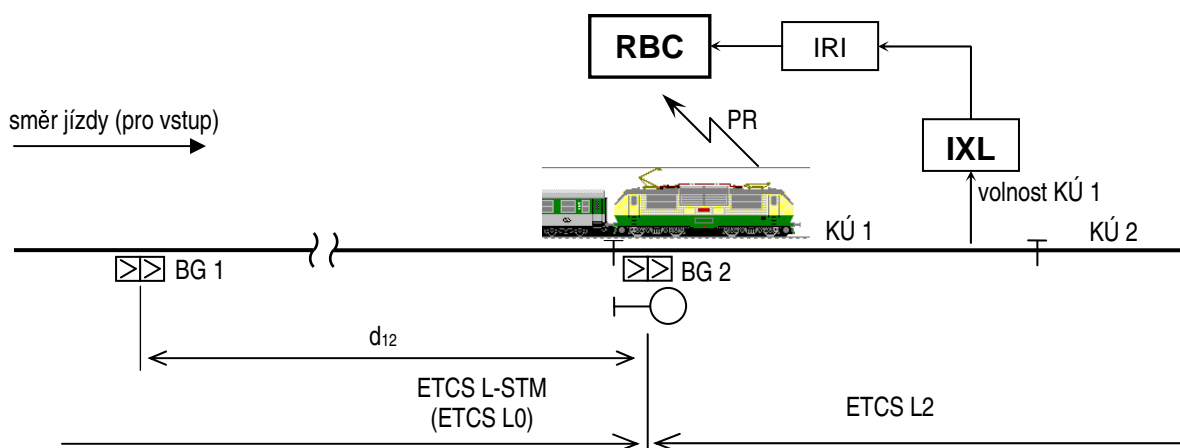
Hranice je determinována hraniční balízou (balíza, resp. balízová skupina – BG, obsahující příkaz k přepnutí mobilní části do úrovně L2 – paket 41). Hranici je vhodné umístit u návěstidla (pro ETCS vlaky je to poslední návěstidlo, podle kterého se řídí jejich jízda, tzv. hraniční návěstidlo). V okamžiku příjezdu k hranici je potřeba, aby mobilní část měla navázané spojení s RBC a případně vykomunikované MA. Proto je nutné umístit v dostatečném předstihu před hranicí tzv. přihlašovací BG, obsahující identifikační a telefonní číslo RBC a příkaz k navázání spojení s RBC pro mobilní část (paket 42).

Provedení přechodu je potřeba s předstihem oznámit mobilní části (a strojvedoucímu). K tomu slouží paket 41 (s udanou vzdáleností k místu přechodu). Tento paket lze předat buď rádiem nebo balízou (což se jeví vzhledem k vyšší dostupnosti výhodnější, v tomto případě jej lze umístit do přihlašovací BG). Dále je vhodné před příjezdem k hranici zaslat mobilní části národní hodnoty – paket 3 (specifikuje rychlostní limity pro různé módy a mnoho dalších parametrů; opět možno zaslat rádiem či balízou).

## 1.2 Vstup do L2 pomocí sledování časové prodlevy mezi obsazením KÚ za hranicí a příchodem PR

### 1.2.1 Popis řešení

Toto řešení (viz [7]) vychází ze sledování prvního KÚ za hranicí a vyhodnocování časové prodlevy mezi obsazením tohoto KÚ a příchodem PR (který pošle mobilní část po přepnutí do L2). Není potřeba instalace žádných dalších prvků na trati, pouze se do RBC doplní speciální algoritmus.



Obr. 1.1 Situace na hranici při sledování časové prodlevy mezi obsazením KÚ 1 a příchodem PR

BG 1 – přihlašovací BG; BG 2 – hraniční BG

### 1.2.2 Postup procedury

ETCS vlak mine přihlašovací BG 1 a naváže spojení s RBC. RBC začne sledovat situaci za hranicí (KÚ 1). Podle aktuální situace pošle RBC ETCS vlaku MA (RBC má přehled i o dalších KÚ za hranicí). Toto MA dovoluje vlaku jízdu od hranice až k místu, kde končí splněné podmínky pro jízdu vlaku. MA může být pro mód:

- FS (na délku podle podmínek ve vlakové cestě za hraničním návěstidlem) – pokud hraniční návěstidlo dovoluje jízdu, nebo

- OS (pro jeden prostorový oddíl za hraničním návěstidlem) – pokud je hraniční návěstidlo permissivní, oddíl za ním je obsazen a traťový souhlas (TS) je orientován v souladu se směrem jízdy vlaku.

V ostatních případech RBC vlaku MA za hranici nepošle (vlak buď dostane MA později po změně podmínek za hranicí, nebo se další jízda koná v módu SR – viz kap. 1.1.2). Zaslání MA je periodicky aktualizováno podle vývoje podmínek za hranicí a zasíláno mobilní části. Zde je vhodné poznamenat, že se v této chvíli může před ETCS vlakem nacházet jeden či více non-ETCS vlaků. V tomto případě se podmínky za hranicí, ze kterých RBC odvozuje MA, ve skutečnosti vztahují k prvnímu vlaku před hranicí.

RBC od okamžiku, kdy navázala spojení s mobilní částí blížící se k hranici, sleduje první KÚ za hranicí. Jakmile dojde k jeho obsazení, přestane RBC periodicky posílat MA a spustí časovač. Pokud hranici minul ETCS vlak, došlo k přepnutí mobilní části do L2 a k zaslání PR (ze kterého vyplývá, že se mobilní část přepnula do L2). Pokud hranici minul non-ETCS vlak, k zaslání PR nedojde. Časovač čítá do příchodu tohoto PR (pak je vyhodnocen vstup ETCS vlaku), nebo do stanoveného maximálního času (pokud do této doby PR nepřijde, je vyhodnocen vstup non-ETCS vlaku). Po uvolnění KÚ 1 se časovač zastaví, po jeho opětovném obsazení se časovač vynuluje a spustí.

Došlo-li k vyhodnocení vstupu ETCS vlaku, RBC následně pošle nové MA. V opačném případě RBC pošle aktualizované MA (zkrácené před absolutní hraniční návěstidlo, nebo pro mód OS na jeden oddíl za permissivní hraniční návěstidlo). Pokud dojde k výpadku rádiového spojení, nelze toto aktualizované MA zaslat. Proto je nutné do každého posílaného MA zahrnout jistou časovou platnost. Specifikace ETCS umožňují rozdělit MA na úseky a každému z nich přiřadit určitý čas platnosti. Po přijetí MA začne mobilní část (konkrétně tzv. section timer) odpočítávat čas. Jakmile vyprší čas přiřazený některému z úseků, dojde ke zkrácení MA na začátek tohoto úseku (v tomto případě k hraničnímu návěstidlu). Pokud je rádiové spojení udržováno, dochází k periodickému posílání MA a k obnovování odpočítávaných časů.

Z výše uvedeného vyplývá:

- délka KÚ 1 musí být taková, aby RBC stihla do jeho uvolnění přijmout PR, pokud dojde ve stanoveném čase,
- je nutné specifikovat mezní dobu, po které RBC rozhodne o vstupu non-ETCS vlaku (souvislost s očekávanou maximální dobou přenosu PR),
- je nutné specifikovat dobu platnosti, přiřazenou úseku MA za hraničním návěstidlem,

- v případě umístění BG 2 tak, že je možné její kontaktování ještě před obsazením KÚ 1 první nápravou vlaku, je potřeba determinovat chování příslušného algoritmu v RBC v případě příchodu PR bez obsazení KÚ 1.

### 1.2.3 Stanovení parametrů

#### Minimální délka mezi přihlašovací a hraniční BG

Vzdálenost  $d_{12}$  mezi těmito balízovými skupinami musí být alespoň taková, aby při traťové rychlosti pohybu mobilní části stihlo dojít k navázání spojení mobilní části s RBC a k vykomunikování MA (podrobněji viz kap. 1.3.3).

#### Hodnota časovače v RBC

Tento parametr určuje, po jaké době od obsazení KÚ 1 musí přijít PR od ETCS vlaku (který mobilní část pošle v okamžiku přepnutí do L2), aby byl vyhodnocen vstup pouze ETCS vlaku do L2. Pokud přijde zmíněný PR později, RBC předpokládá, že došlo nejprve k obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem a až následně ke vstupu ETCS vlaku do oblasti L2.

Hodnota tohoto parametru by měla zaručovat, aby při obvyklém zpoždění vyhodnocení zaslání PR v RBC (viz kap. 1.1.1) nedocházelo k mylné identifikaci vstupu non-ETCS vlaku. Současně je třeba vyvarovat se nadbytečného prodlužování tolerované prodlevy PR, neboť s rostoucí hodnotou časovače v RBC roste i riziko případného nerozpoznání non-ETCS vlaku, pokud ETCS vlak mine hranici v těsném následu za tímto vlakem.

V souladu s vlastnostmi komunikačního protokolu Euroradio+ a s vlastnostmi RBC byla zvolena hodnota tohoto parametru 10 s (viz Tab. 1.1), v případě velmi kvalitního rádiového spojení v oblasti hranice je možno uvažovat 5 s (souvislost zejména s délkou periody, se kterou je RBC schopna obkomunikovat všechny přihlášené vlaky). V následujících výpočtech je uvažována z analytického hlediska nepříznivější hodnota 10 s.

#### Minimální délka KÚ 1

Stanovení této délky vychází z požadavku, aby tento KÚ byl obsazen minimálně po dobu procedury rozpoznávání vlaku (ETCS x non-ETCS) v RBC. Tato doba je závislá na maximální době přenosu informace o obsazení KÚ do RBC, maximální době zpracování informace v RBC, maximální hodnotě časovače a minimálním zpoždění přenosu informace o uvolnění KÚ do RBC. Pak platí:

$$t_{\text{obs\_KU\_min}} = t_{\text{p\_obs\_KU\_max}} + t_{\text{zpr\_RBC\_max}} + t_{\text{cas\_max}} - t_{\text{p\_uvol\_KU\_min}}, \text{ kde} \quad (1)$$

$t_{\text{obs\_KU\_min}}$  ..... minimální doba obsazení KÚ 1,  
 $t_{\text{p\_obs\_KU\_max}}$  ..... maximální doba přenosu informace o obsazení KÚ 1 do RBC,  
 $t_{\text{zpr\_RBC\_max}}$  ..... maximální doba zpracování informace v RBC,

$t_{cas\_max}$  .....maximální hodnota časovače v RBC,

$t_{p\_uvol\_KU\_min}$ .....minimální zpoždění přenosu informace o uvolnění KÚ 1 do RBC.

Označ.	Název	Min.	Max.	Poznámka
$t_{p\_X}$	doba od objevení informace X na výstupu zdroje informace do vstupu informace do RBC	0,88 s	5 s	
$t_{cas\_max}$	maximální hodnota časovače v RBC	10 s		volitelné
$t_{zpr\_RBC}$	doba zpracování informace v RBC	0,5 s	1,5 s	1 – 3 EC
$t_{zpr\_EVC}$	doba zpracování informace v EVC	0,25 s	0,5 s	1 – 2 EC
$t_{GSM-R}$	doba přenosu informace RBC → vozidlo	0,5 s	5 s (2 s)	

Tab. 1.1 Časové parametry souvisejících procedur (převzato z [7])

Po dosazení těchto parametrů do rovnice (1) dostaneme:

$$t_{obs\_KU\_min} = 5 + 1,5 + t_{cas\_max} - 1,28 = 5,22 + t_{cas\_max} [s]$$

pozn.: vyhodnocení uvolnění KÚ trvá vždy o 1 EC IRI (0,4 s) déle.

Pokud zvolíme maximální čas časovače 10 s, vyjde minimální doba obsazení KÚ 1 rovna 15,22 s. Minimální délka KÚ 1 závisí na maximální rychlosti vlaku; pro 160 km.h<sup>-1</sup>:

$$d_{KU1\_min} = \frac{V_{max}}{3,6} \cdot t_{obs\_KU\_min} = \frac{160}{3,6} \cdot 15,22 \approx 677 [m], \text{ kde} \quad (2)$$

$d_{KU1\_min}$  .....minimální délka KÚ 1,

$V_{max}$  .....maximální rychlost vlaku [km.h<sup>-1</sup>],

$t_{obs\_KU\_min}$  .....minimální doba obsazení KÚ 1.

Pokud připustíme maximální rychlost pro vlaky pod dohledem ETCS nad 160 km.h<sup>-1</sup>, může ETCS vlak po minutí hranice rychlostí 160 km.h<sup>-1</sup> začít dále zrychlovat (v případě potřeby mu to však lze zakázat statickým rychlostním profilem – SSP). V tomto případě platí pro minimální délku KÚ 1:

$$d_{KU1\_min} = \frac{V_{max}}{3,6} \cdot t_{obs\_KU\_min} + 0,5 \cdot a_r \cdot t_{obs\_KU\_min}^2 [m], \text{ kde} \quad (3)$$

$a_r$  .....uvažované dosažitelné střední zrychlení

Po dosazení z Tab. 1.2:

$$d_{KU1\_min} = \frac{160}{3,6} \cdot 15,22 + 0,5 \cdot 2,5 \cdot 15,22^2 \approx 966 [m]$$

Požadovanou minimální délku KÚ 1 lze snížit zvýšením kvality rádiového spojení (umožní snížit  $t_{cas\_max}$  na 5 s) nebo snížením  $V_{max}$  (vjezdy z vedlejších tratí), případně lze této délky dosáhnout vytvořením fiktivního KÚ z více KÚ za hranicí (v případě umístění hranice u vjezdového návěstidla). I při uvažování možnosti neomezeného zrychlování ETCS vlaku po minutí hranice je vypočtená  $d_{KU1\_min} < 1\,000$  m (minimální délka oddílu trojznakového AB).

### **Kritická doba nerozlišení vstupu prvního (non-ETCS) vlaku**

Ke kritické situaci může dojít, pokud po vstupu prvního (non-ETCS) vlaku a aktivaci časovače v RBC dojde ke vstupu druhého (ETCS) vlaku v tak krátké době, že RBC obdrží PR od tohoto vlaku ještě před vypršením časovače. V tomto případě RBC předpokládá vstup pouze ETCS vlaku a zašle mu MA dle podmínek pro předchozí non-ETCS vlak. ETCS vlak pak dohlíží svou jízdu podle tohoto nesprávného MA a to až do doby, než dojde k zaúčinkování některé z kontrol uvnitř oblasti L2.

Mezní doba mezi obsazením KÚ 1 prvním vlakem a vjezdem druhého vlaku do tohoto (již obsazeného) KÚ 1, při které již nedojde k rozlišení vstupu prvního vlaku, závisí na maximální době mezi obsazením KÚ 1 a spuštěním časovače v RBC (zahrnuje maximální zpoždění přenosu informace o obsazení KÚ 1 do RBC a maximální dobu zpracování této informace v RBC), dále na nastavené maximální hodnotě časovače v RBC a na minimální době mezi vjezdem ETCS vlaku do KÚ 1 a vyhodnocením zaslání PR v RBC (zahrnuje minimální dobu zpracování informace v EVC, minimální dobu přenosu PR do RBC a minimální dobu zpracování informace v RBC). Lze tedy napsat:

$$t_{mez} = t_{p\_obs\_KU\_max} + t_{zpr\_RBC\_max} + t_{cas\_max} - t_{zpr\_EVC\_min} - t_{GSM-R\_min} [s], \text{ kde} \quad (4)$$

$t_{mez}$  .....mezní doba mezi obsazením KÚ 1 non-ETCS vlakem a vstupem ETCS vlaku, při které nedojde k rozlišení vstupu prvního vlaku,  
 $t_{p\_obs\_KU\_max}$  .....maximální doba přenosu informace o obsazení KÚ 1 do RBC,  
 $t_{zpr\_RBC\_max}$  .....maximální doba zpracování informace v RBC,  
 $t_{cas\_max}$  .....maximální hodnota časovače v RBC,  
 $t_{zpr\_EVC\_min}$  .....minimální doba zpracování informace v EVC,  
 $t_{GSM-R\_min}$  .....minimální doba přenosu PR od vozidla do RBC.

Po dosazení z Tab. 1.1:

$$t_{mez} = 5 + 1,5 + t_{cas\_max} - 0,25 - 0,5 = 5,75 + t_{cas\_max}$$

Pro  $t_{cas\_max} = 10$  s vyjde mezní čas  $t_{mez} = 15,75$  s. To znamená, že pokud po obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem přejede ETCS vlak hranici do 15,75 s, RBC nerozezná non-ETCS vlak a pošle ETCS vlaku nesprávné MA.

### **Maximální doba uplatňování nesprávného MA**

Pokud RBC rozezná předchozí non-ETCS vlak, aktualizuje ETCS vlaku MA a pošle mu jej. Než však mobilní část toto MA přijme a zpracuje, stále uplatňuje předtím zaslání nesprávné MA. Maximální čas, který může uplynout od obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do uplatnění aktualizovaného MA v mobilní části ETCS vlaku (za situace, že PR od ETCS vlaku přijde ve chvíli uplynutí nastavené doby časovače) zahrnuje maximální dobu přenosu informace o obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do RBC, maximální dobu zpracování této

informace v RBC, nastavenou maximální hodnotu časovače, maximální dobu zpracování informace (požadavku na odeslání aktualizovaného MA) v RBC, maximální dobu přenosu MA na vozidlo a maximální dobu zpracování přijatého MA na vozidle. Platí tedy:

$$t_{\text{obs-upl\_MA}} = t_{\text{p\_obs\_KU\_max}} + 2 \cdot t_{\text{zpr\_RBC\_max}} + t_{\text{cas\_max}} + t_{\text{GSM-R\_max}} + t_{\text{zpr\_EVC\_max}} \text{ [s], kde} \quad (5)$$

$t_{\text{obs-upl\_MA}}$  ..... maximální čas od obsazení KÚ 1 do uplatnění aktualizovaného MA,  
 $t_{\text{p\_obs\_KU\_max}}$  ..... maximální doba přenosu informace o obsazení KÚ 1 do RBC,  
 $t_{\text{zpr\_RBC\_max}}$  ..... maximální doba zpracování informace v RBC,  
 $t_{\text{cas\_max}}$  ..... maximální hodnota časovače v RBC,  
 $t_{\text{GSM-R\_max}}$  ..... maximální doba přenosu MA z RBC na vozidlo,  
 $t_{\text{zpr\_EVC\_max}}$  ..... maximální doba zpracování informace v EVC.

Po dosažení z Tab. 1.1 (pro  $t_{\text{GSM-R\_max}} = 5$  s):

$$t_{\text{obs-upl\_MA}} = 5 + 2 \cdot 1,5 + t_{\text{cas\_max}} + 5 + 0,5 = 13,5 + t_{\text{cas\_max}} \text{ [s]}$$

K uplatňování předtím uděleného (nesprávného) MA ale dojde až po přepnutí mobilní části do L2, takže pro maximální dobu uplatnění nesprávného MA platí:

$$t_{\text{upl\_MA\_max1}} = t_{\text{obs-upl\_MA}} - t_{\text{mez}} = 13,5 + t_{\text{cas\_max}} - 5,75 - t_{\text{cas\_max}} = 7,75 \text{ [s], kde} \quad (6)$$

$t_{\text{upl\_MA\_max1}}$  ..... maximální doba uplatňování nesprávného MA (do příchodu správného MA),  
 $t_{\text{obs-upl\_MA}}$  ..... maximální čas od obsazení KÚ 1 do uplatnění aktualizovaného MA,  
 $t_{\text{mez}}$  ..... mezní doba mezi obsazením KÚ 1 non-ETCS vlakem a vstupem ETCS vlaku, při které nedojde k rozlišení vstupu prvního vlaku.

Při fungujícím rádiovém spojení a uvažované maximální době přenosu rádiové zprávy 5 s může tedy dojít po vstupu ETCS vlaku do L2 k uplatnění nesprávného MA maximálně na dobu 7,75 s. V případě přerušení rádiového spojení po udělení nesprávného MA nelze po rozpoznání non-ETCS vlaku před ETCS vlakem toto MA nahradit správným. V tomto případě bezpečnost (zkrácení MA) zajišťuje section timer.

Maximální čas, který může uplynout od obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do zkrácení nesprávného MA (po vypršení section timeru) v mobilní části, zahrnuje maximální dobu přenosu informace o obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do RBC, maximální dobu zpracování této informace v RBC, maximální dobu přenosu (posledního neaktualizovaného) MA na vozidlo, maximální dobu zpracování přijatého MA na vozidle, nastavený čas section timeru a maximální dobu reakce EVC na vypršení section timeru. Platí tedy:

$$t_{\text{obs-zkrMA}} = t_{\text{p\_obs\_KU\_max}} + t_{\text{zpr\_RBC\_max}} + t_{\text{GSM-R\_max}} + 2 \cdot t_{\text{zpr\_EVC\_max}} + t_{\text{st}} \text{ [s], kde} \quad (7)$$

$t_{\text{obs-zkr\_MA}}$  ..... maximální čas od obsazení KÚ 1 do zkrácení nesprávného MA,  
 $t_{\text{p\_obs\_KU\_max}}$  ..... maximální doba přenosu informace o obsazení KÚ 1 do RBC,  
 $t_{\text{zpr\_RBC\_max}}$  ..... maximální doba zpracování informace v RBC,  
 $t_{\text{GSM-R\_max}}$  ..... maximální doba přenosu MA z RBC na vozidlo,  
 $t_{\text{zpr\_EVC\_max}}$  ..... maximální doba zpracování informace v EVC,



$t_{st}$ .....nastavený čas section timeru.

Po dosazení z Tab. 1.1 (pro  $t_{GSM-R\_max} = 5$  s) :

$$t_{obs-zkr\_MA} = 5 + 1,5 + 5 + 2,0,5 + t_{st} = 12,5 + t_{st}$$

K uplatňování naposledy zasláného (nesprávného) MA ale dojde až po přepnutí mobilní části do L2, takže pro maximální dobu uplatňování nesprávného MA platí (pro  $t_{cas\_max} = 10$  s):

$$t_{upl\_MA\_max2} = t_{obs-zkr\_MA} - t_{mez} = 12,5 + t_{st} - 5,75 - t_{cas\_max} = t_{st} - 3,25 [s], \text{ kde} \quad (8)$$

$t_{upl\_MA\_max2}$  .....maximální doba uplatňování nesprávného MA (do jeho zkrácení po vypršení section timeru),

$t_{obs-zkr\_MA}$  .....maximální čas od obsazení KÚ 1 do zkrácení nesprávného MA,

$t_{mez}$  .....mezní doba mezi obsazením KÚ 1 non-ETCS vlakem a vstupem ETCS vlaku, při které nedojde k rozlišení vstupu prvního vlaku.

Potřebnou hodnotu section timeru  $t_{st}$  odvodíme z oprávněného požadavku  $t_{upl\_MA\_max1} = t_{upl\_MA\_max2}$  (dále jen  $t_{upl\_MA\_max}$ ), neboli požadujeme, aby bezpečná reakce systému přišla ve stejnou dobu, bez ohledu na okamžitou dostupnost spojení. Z výše uvedené rovnosti při použití rovnic (6) a (8) plyne:

$$t_{obs-zkr\_MA} = t_{obs-upl\_MA} [s]$$

Dále při použití rovnic (5) a (7) platí:

$$t_{zpr\_RBC\_max} + t_{cas\_max} = t_{zpr\_EVC\_max} + t_{st} [s]$$

Po úpravě a dosazení dle Tab. 1.1 vyjde:

$$1,5 + t_{cas\_max} = 0,5 + t_{st} \Rightarrow t_{st} = t_{cas\_max} + 1 [s],$$

neboli hledaný čas section timeru má být o jednu sekundu delší, než nastavený maximální čas časovače v RBC. Pro  $t_{cas\_max} = 10$  s je tedy  $t_{st} = 11$  s.

**Z výše uvedených poznatků vyplývá:**

- pokud ETCS vlak mine hranici do 15,75 s po obsazení KÚ 1 předchozím non-ETCS vlakem, obdrží chybné MA a tento hazard může být opraven až některou z kontrol uvnitř oblasti L2;
- pokud ETCS vlak mine hranici v časovém intervalu (15,75; 23,5) s po obsazení KÚ 1 předchozím non-ETCS vlakem, uplatňuje po dobu do horní hranice tohoto intervalu předtím zasláné nesprávné MA. Po 23,5 s od obsazení KÚ 1 předchozím vlakem uplatní mobilní část aktualizované MA (resp. při výpadku spojení dojde ke zkrácení dříve zasláného MA před hraniční návěstidlo). Výše uvedené hodnoty platí pro  $t_{cas\_max} = 10$  s a  $t_{GSM-R\_max} = 5$  s.

## **Otázka příchodu PR bez předchozího obsazení KÚ 1**

Tato situace může nastat při umístění BG 2 tak, že je možné její kontaktování ještě před obsazením KÚ 1 první nápravou vlaku. Jako nejvýhodnější se z tohoto hlediska tedy jeví vyhnout se výše popsanému umístění BG 2. Další popis však bude toto umístění předpokládat.

Pokud došlo k příchodu PR a není obsazen ani KÚ před hranicí, ani KÚ za hranicí, jedná se o chybu, o které je vhodné informovat obsluhu RBC. Pokud je KÚ před hranicí obsazen, je vhodné další reakci odvodit z rychlosti vlaku při poslání PR (proměnná  $V_{\text{TRAIN}}$ ). Je-li tato rychlost taková, že i při předpokladu brzdění s odrychlením dle Tab. 1.2 by mělo dojít k obsazení KÚ 1, je vhodné s další reakcí vyčkat přibližně po vypočtenou dobu jízdy do KÚ 1. Je-li rychlost vlaku tak nízká, že při uvažovaném odrychlení vlak zastaví ještě před začátkem KÚ 1, je vhodné vyčkat po předem pevně stanovenou dobu (závisí na vzdálenosti BG 2 od KÚ 1). Pokud v této době dojde k obsazení KÚ 1, lze předpokládat vstup ETCS vlaku. V opačném případě je vhodné informovat obsluhu RBC o chybě a vlaku zkrátit MA k hranici. Nabízí se i možnost využití informace o poruše úplné blokové podmínky ze stávajícího zab. zař.

### **1.2.4 Analýza možných hazardů při permissivním hraničním návěstidle**

Pokud je hranice oblastí L-STM a L2 situována u oddílového návěstidla automatického bloku, mohou nastat následující případy:

- návěstidlo je zhaslé (TS je orientován v opačném směru) – vlak nedostane MA, hazard nehrozí,
- na návěstidle je dovolující návěst – RBC nemusí rozlišit vstup předchozího non-ETCS vlaku, neboli ETCS vlak může po určitou dobu uplatňovat nesprávné MA FS,
- na návěstidle je návěst „Stůj“ – možné tytéž hazardy jako u dovolující návěsti.

#### **Na hraničním návěstidle je dovolující návěst**

Nastala následující situace: non-ETCS vlak minul hranici, v okamžiku příjezdu ETCS vlaku k hraničnímu návěstidlu již non-ETCS vlak uvolnil první oddíl za hraničním návěstidlem, takže ETCS vlak míjí hraniční návěstidlo s návěstí „Výstraha“.

Nejkratší možná doba jízdy non-ETCS vlaku v oddíle za hraničním návěstidlem odpovídá době ujetí 1 000 m rychlostí  $V_{\text{ž,max}} = 160 \text{ km.h}^{-1}$ , tedy  $t_{\text{nonETCS}} = 22,5 \text{ s}$ . ETCS vlak může minout hranici nejdříve za tuto dobu po obsazení KÚ 1. Ze závěrů kapitoly 1.2.3 vyplývá, že RBC vždy rozliší předchozí non-ETCS vlak. Může však dojít k uplatnění nesprávného MA, a to na dobu

$$t_{\text{upl\_max1}} = t_{\text{mez}} + t_{\text{upl\_MA\_max}} - t_{\text{nonETCS}} = 15,75 + 7,75 - 22,5 = 1 [\text{s}], \text{ kde} \quad (9)$$

- $t_{\text{upl\_max1}}$  ..... maximální doba uplatňování nesprávného MA ETCS vlakem za této situace,  
 $t_{\text{mez}}$  ..... mezní doba od obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do vstupu ETCS vlaku, při které nedojde k rozlišení vstupu prvního vlaku,  
 $t_{\text{upl\_MA\_max}}$  ..... maximální možná doba uplatňování nesprávného MA (zjištěná v kap. 1.2.3).

V praxi však vždy dojde k dalšímu zpoždění vjezdu ETCS vlaku nad vypočítanou dobu 22,5 s (nenulová délka předchozího vlaku, návěstní znak je pozorován z jisté vzdálenosti před hranicí a vlak jede nízkou rychlostí kvůli předtím návěstěnému „Stůj“), takže lze riziko vyplývající z tohoto hazardu považovat za zanedbatelné (vysoce nepravděpodobná četnost výskytu a nevýznamné následky).

### **Na hraničním návěstidle je návěst „Stůj“ (s permissivním významem)**

Nastala následující situace: non-ETCS vlak minul hranici, v okamžiku příjezdu ETCS vlaku k hraničnímu návěstidlu je non-ETCS vlakem ještě obsazen první oddíl za hraničním návěstidlem.

Nejkratší možná doba od obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do minutí hranice ETCS vlakem v tomto případě vychází z ustanovení [6] pro jízdu vlaku při návěsti „Stůj“ na oddílovém návěstidle automatického bloku:

- po zastavení vlaku u návěstidla je možná jeho další jízda, pokud není v oddíle za tímto návěstidlem vidět konec předchozího vlaku;
- pokud je v oddíle za návěstidlem vidět konec předchozího vlaku, je možná jízda vlaku na návěst „Stůj“ až 5 minut poté, co předchozí vlak odjel z dohledu;
- pokud je viditelnost snížena natolik, že strojvedoucí nemůže spolehlivě zpozorovat konec vlaku nebo koncovou návěst alespoň na 100 m, je možná jízda vlaku na návěst „Stůj“ až po pěti minutách;
- další jízda vlaku se koná vždy podle rozhledových poměrů.

Z výše uvedeného vyplývá následující nejnejpříznivější situace: viditelnost je právě 100 m, strojvedoucí ETCS vlaku na tuto vzdálenost spatří návěst „Stůj“ hraničního návěstidla a dobrzdí k němu se středním odrychlením  $a_b$ . Ve chvíli, kdy strojvedoucí spatřil návěst „Stůj“, je bezprostředně za návěstidlem předchozí non-ETCS vlak, který právě obsadil KÚ 1, ale strojvedoucí ETCS vlaku jej nevidí. Po zastavení strojvedoucí ETCS vlaku rovněž nevidí konec předchozího non-ETCS vlaku (který svým koncem zastavil právě 100 m za hraničním návěstidlem), proto se začne ihned rozjíždět se středním zrychlením  $a_r$ .

Označ.	Název	Hodnota
$a_b$	dosažitelné střední brzdné odrychlení	$0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
$a_r$	dosažitelné střední zrychlení	$2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
$d_{\text{dohl}}$	délka dohledu	100 m
$d_{\text{nonETCS}}$	délka non-ETCS vlaku	0 m

Tab. 1.2 Uvažované mezní hodnoty veličin (převzato z [7])

ETCS vlak brzdí k hraničnímu návěstidlu na  $d_{\text{dohl}}$  po dobu:

$$t_b = \sqrt{2 \cdot \frac{d_{\text{dohl}}}{a_b}} = \sqrt{2 \cdot \frac{100}{0,6}} \approx 18,25 \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (10)$$

$t_b$  .....doba brzdění ETCS vlaku k hraničnímu návěstidlu.

ETCS vlak tedy může minout hranici nejdříve za tuto dobu po obsazení KÚ 1. Ze závěrů kapitoly 1.2.3 vyplývá, že RBC vždy rozliší předchozí non-ETCS vlak (pokud strojvedoucí ETCS vlaku dodrží ustanovení předpisu [6]). Dojde však k udělení nesprávného MA na dobu maximálně:

$$t_{\text{upl\_max 2}} = t_{\text{mez}} + t_{\text{upl\_MA\_max}} - t_b = 15,75 + 7,75 - 18,25 = 5,25 \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (11)$$

$t_{\text{upl\_max 2}}$  .....maximální doba uplatňování nesprávného MA ETCS vlakem za této situace,

$t_{\text{mez}}$  .....mezní doba mezi obsazením KÚ 1 non-ETCS vlakem a vstupem ETCS vlaku, při které nedojde k rozlišení vstupu prvního vlaku,

$t_{\text{upl\_MA\_max}}$  .....maximální možná doba uplatňování nesprávného MA (zjištěná v kap. 1.2.3).

To znamená, že po minutí hraničního návěstidla s návěstí „Stůj“ uplatní ETCS vlak předtím zaslané nesprávné MA, které mu však maximálně po 5,25 s bude opraveno. Za tuto dobu vlak stihne zrychlit na rychlost (viz Tab. 1.2):

$$V_{\text{dosažl}} = 3,6 \cdot a_r \cdot t_{\text{upl\_max 2}} = 3,6 \cdot 2,5 \cdot 5,25 \approx 47,25 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}], \text{ kde} \quad (12)$$

$V_{\text{dosažl}}$  .....maximální dosažitelná rychlost za dobu uplatňování nesprávného MA při této situaci.

Tomu odpovídá ujetá dráha

$$d_{\text{zr1}} = 0,5 \cdot a_r \cdot t_{\text{upl\_max 2}}^2 = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 5,25^2 \approx 34,45 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (13)$$

$d_{\text{zr1}}$  .....dráha, ujetá za dobu uplatňování nesprávného MA při této situaci.

V tomto místě dojde k bezpečné reakci a vlak zabrzdí na dráze

$$d_{\text{br1}} = 0,5 \cdot \frac{V_{\text{dosažl}}^2}{3,6^2 \cdot a_b} = 0,5 \cdot \frac{47,25^2}{3,6^2 \cdot 0,6} \approx 143,55 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (14)$$

$d_{\text{br1}}$  .....dráha, na které vlak zastaví (díky bezpečné reakci) při této situaci.

Celková ujetá dráha pak činí

$$d_{\text{celk1}} = d_{\text{zr1}} + d_{\text{br1}} = 34,45 + 143,55 = 178 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (15)$$

$d_{\text{celk1}}$  .....dráha od hraničního návěstidla k místu zastavení ETCS vlaku po bezpečné reakci zařízení při této situaci.

V nejnepríznivějším případě může být konec předchozího non-ETCS vlaku 100 m za hraničním návěstidlem. Může tedy dojít ke střetu ETCS vlaku s předchozím vlakem. V praxi však vždy nastane další zpoždění vjezdu ETCS vlaku nad vypočítanou dobu 18,25 s (nenulová délka předchozího vlaku, návěstní znak je pozorován z jisté vzdálenosti před hranicí, ETCS vlak se rozjíždí kvůli návěstěnému „Stůj“), navíc pravděpodobnost zastavení předchozího vlaku v této vzdálenosti od hranice je malá a případný střet by pravděpodobně neměl vážné následky (nízká rychlost ETCS vlaku). Riziko vyplývající z tohoto hazardu lze považovat za přípustné (nepravděpodobný výskyt, možné kritické následky). Vhodné však je jeho další snížení předpisovým ustanovením (předepsaná doba stání vlaku u návěsti „Stůj“ na permissivním hraničním návěstidle).

### 1.2.5 Analýza možných hazardů při absolutním hraničním návěstidle

V případě umístění hranice oblastí L-STM a L2 u absolutního návěstidla nastává komplikace při zajištění potřebné minimální délky KÚ 1 (viz kap. 1.2.3). Konfigurace fiktivního KÚ 1 (složeného z více KÚ) se bude měnit v závislosti na postavené jízdě. V souvislosti s případným uplatňováním nesprávného MA jsou možné následující situace:

- na návěstidle je návěst „Stůj“ – vlak může pokračovat po zpravení příslušným rozkazem,
- na návěstidle je přivolávací návěst – vede na tytéž hazardy jako v případě zpravení rozkazem,
- na návěstidle je návěst „Stůj“, která se následně změní na dovolující návěst – ETCS vlak se rozjíždí od hraničního návěstidla,
- na návěstidle je dovolující návěst – jízdní cesta pro ETCS vlak byla postavena ještě před jeho příjezdem k předvěsti hraničního návěstidla – ETCS vlak před hranicí nezpomaluje.

**Na hraničním návěstidle je návěst „Stůj“ (s absolutním významem), vlak pokračuje v jízdě po zpravení rozkazem**

Tato provozní situace odpovídá použití přivolávací návěsti, přičemž lze předpokládat, že přivolávací návěst je možno aktivovat dříve, než zpravit vlak rozkazem. Pro analýzu lze tedy uvažovat pouze nepříznivější případ – použití přivolávací návěsti (viz dále).

### Na hraničním návěstidle je přivolávací návěst

Nastala následující situace: non-ETCS vlak minul hranici (na dovolující návěst), ETCS vlak míjí následně hranici na přivolávací návěst (kterou obsluha omylem aktivovala okamžitě po průjezdu non-ETCS vlaku). Uvažují se hodnoty z Tab. 1.2.

V nejnepříznivějším případě je v okamžiku rozsvícení přivolávací návěsti na hraničním návěstidle ETCS vlak ve vzdálenosti  $d_{\text{dohl}}$  od návěstidla, takže nemusí snižovat rychlost. Rychlost ETCS vlaku je taková, aby stihl zastavit na vzdálenosti  $d_{\text{dohl}}$ :

$$V_{\text{ETCS}} = 3,6 \cdot \sqrt{2 \cdot a_b \cdot d_{\text{dohl}}} = 3,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,6 \cdot 100} \approx 39,44 \text{ [km.h}^{-1}\text{]}, \text{ kde} \quad (16)$$

$V_{\text{ETCS}}$  ..... rychlost ETCS vlaku v oddíle před hraničním návěstidlem.

Od okamžiku obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do minutí hranice ETCS vlakem musí dojít ke změně dovolující návěsti (pro non-ETCS vlak) na zakazující, k postavení nouzové cesty a k ujetí  $d_{\text{dohl}}$  rychlostí  $V_{\text{ETCS}}$  (potřebné doby převzaty z [7]).

$$t_{\text{vst}} = t_{\text{zmen}} + t_{\text{nc}} + 3,6 \cdot \frac{d_{\text{dohl}}}{V_{\text{ETCS}}} = 2 + 5 + 3,6 \cdot \frac{100}{39,44} \approx 16,13 \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (17)$$

$t_{\text{vst}}$  ..... čas od obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do minutí hranice ETCS vlakem,

$t_{\text{zmen}}$  ..... doba, za kterou se dovolující návěst změní na zakazující,

$t_{\text{nc}}$  ..... doba potřebná k postavení nouzové jízdní cesty.

Čas  $t_{\text{vst}}$  je sice o 0,38 s delší než kritická doba nerozlišení prvního vlaku  $t_{\text{mez}}$  (viz kap. 1.2.3), ovšem tento rozdíl je natolik malý, že nelze s jistotou tvrdit, že dojde k rozlišení non-ETCS vlaku.

Dojde k udělení nesprávného MA na dobu maximálně:

$$t_{\text{upl\_max3}} = t_{\text{mez}} + t_{\text{upl\_MA\_max}} - t_{\text{vst}} = 15,75 + 7,75 - 16,13 = 7,37 \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (18)$$

$t_{\text{upl\_max3}}$  ..... je maximální doba uplatňování nesprávného MA ETCS vlakem za této situace,

$t_{\text{mez}}$  ..... mezní doba od obsazení KÚ 1 non-ETCS vlakem do vstupu ETCS vlaku, při které nedojde k rozlišení vstupu prvního vlaku,

$t_{\text{upl\_MA\_max}}$  ..... maximální možná doba uplatňování nesprávného MA (zjištěná v kap. 1.2.3).

To znamená, že po minutí hraničního návěstidla s přivolávací návěstí uplatní ETCS vlak předtím zaslání nesprávné MA, které mu maximálně po tomto čase bude opraveno (popř. zkráceno k hraničnímu návěstidlu). Vlak míjí hraniční návěstidlo rychlostí  $V_{\text{ETCS}}$  a po dobu  $t_{\text{upl\_max3}}$  stihne zrychlit na rychlost (viz Tab. 1.2):

$$V_{\text{dosaž2}} = V_{\text{ETCS}} + 3,6 \cdot a_r \cdot t_{\text{upl\_max3}} = 39,44 + 3,6 \cdot 2,5 \cdot 7,37 = 105,77 \text{ [km.h}^{-1}\text{]}, \text{ kde} \quad (19)$$

$V_{\text{dosaž2}}$  .....maximální dosažitelná rychlost za dobu uplatňování nesprávného MA při této situaci.

Tomu odpovídá ujetá dráha

$$d_{\text{zr2}} = \frac{V_{\text{ETCS}}}{3,6} \cdot t_{\text{upl\_max3}} + 0,5 \cdot a_r \cdot t_{\text{upl\_max3}}^2 = \frac{39,44}{3,6} \cdot 7,37 + 0,5 \cdot 2,5 \cdot 7,37^2 \approx 148,64 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (20)$$

$d_{\text{zr2}}$  .....dráha, ujetá za dobu uplatňování nesprávného MA při této situaci.

V tomto místě dojde k bezpečné reakci a vlak zabrzdí na dráze

$$d_{\text{br2}} = 0,5 \cdot \frac{V_{\text{dosaž2}}^2}{3,6^2 \cdot a_b} = 0,5 \cdot \frac{105,77^2}{3,6^2 \cdot 0,6} \approx 719,35 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (21)$$

$d_{\text{br2}}$  .....dráha, na které vlak zastaví (díky bezpečné reakci) při této situaci.

Celková ujetá dráha pak činí

$$d_{\text{celk2}} = d_{\text{zr2}} + d_{\text{br2}} = 148,64 + 719,35 = 867,99 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (22)$$

$d_{\text{celk2}}$  .....dráha od hraničního návěstidla k místu zastavení ETCS vlaku po bezpečné reakci zařízení při této situaci.

Pokud tedy ETCS vlak mine hranici na přivolávací návěst, aktivovanou omylem obsluhy bezprostředně po průjezdu předchozího non-ETCS vlaku, uplatní nesprávné MA, začne zrychlovat a do bezpečné reakce a nouzového zastavení ujede 867,99 m. Toto riziko je třeba považovat za nepřijatelné.

### 1.2.6 Závěr

Použití této metody při permisivním hraničním návěstidle nepřináší žádné uvažované riziko plynoucí z možnosti nerozlišení non-ETCS vlaku. Při dodržení ustanovení předpisu [6] RBC vždy předchází non-ETCS vlak rozliší. Vytvoření KÚ 1 potřebné délky není v případě trojznakového AB komplikované.

Riziko plynoucí z možnosti uplatnění nesprávného MA je při dodržení ustanovení předpisu [6] zanedbatelné (ETCS vlak ujede 178 m s maximální dosaženou rychlostí 47,25 km.h<sup>-1</sup>).

V nejnejpříznivějším případě při použití této metody u absolutního hraničního návěstidla (aktivace přivolávací návěsti omylem obsluhy bezprostředně po průjezdu non-ETCS vlaku) nelze s jistotou zaručit rozlišení non-ETCS vlaku.

Riziko plynoucí z možnosti uplatnění nesprávného MA je v tomto případě nepřijatelné (ETCS vlak ujede 867,99 m s maximální dosaženou rychlostí 105,77 km.h<sup>-1</sup>). Navíc jsou zde jisté komplikace s vytvořením fiktivního KÚ 1 potřebné délky, jeho konfigurace by se musela měnit podle aktuálně postavené jízdní cesty.

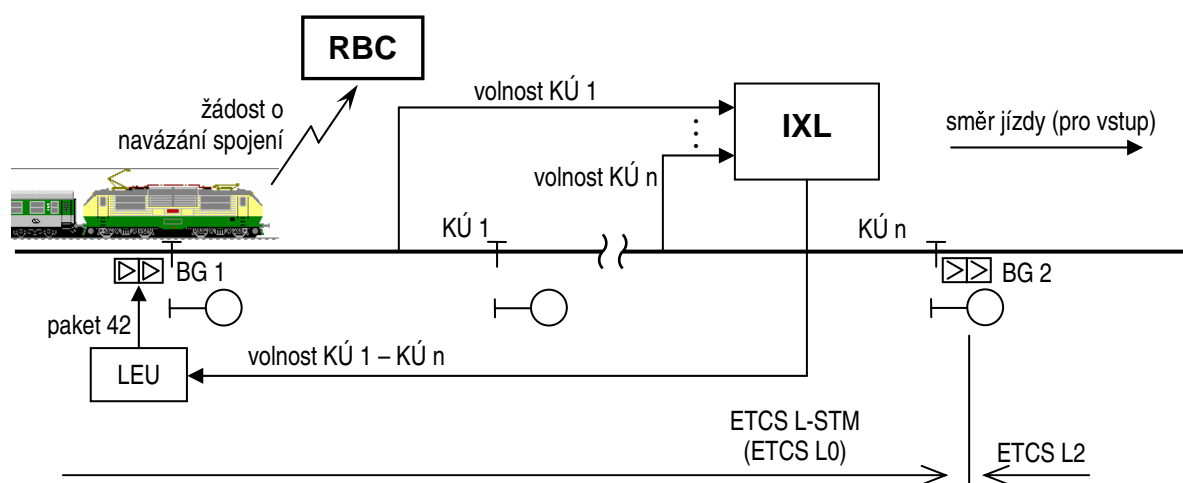
Zajištění bezpečného vstupu do L2 pomocí sledování časové prodlevy mezi obsazením KÚ za hranicí a příchodem PR lze aplikovat pouze u permissivního hraničního návěstidla. Vhodné je doplnění předpisu [6] o povinnost strojvedoucího dodržet jistou dobu stání u návěsti „Stůj“ na permissivním hraničním návěstidle (cca 5 s).

## 1.3 Řešení vstupu do L2 pomocí přepínatelné přihlašovací balízy

### 1.3.1 Popis řešení

Jedná se o jedinou interoperabilní metodu popsanou v [10]. Její princip spočívá v tom, že mobilní části je přikázáno navazovat spojení s RBC (paketem 42) pouze v případě, že je trať volná od místa balízové skupiny s tímto paketem až k hranici oblastí. Vyžaduje doplnění traťové části zařízení ETCS o přepínatelnou přihlašovací balízu.

Pokud je splněna podmínka volnosti výše zmíněného traťového úseku (zjištěno stávajícím zabezpečovacím zařízením), znamená to, že ETCS vlak, který mine přihlašovací balízu, je v pořadí první před hraničním návěstidlem. V tom případě lze mobilní části přikázat navázání spojení s RBC a následně zaslat ETCS vlaku MA podle okamžitých podmínek za hranicí. V opačném případě není zaručeno, že se podmínky za hranicí vztahují k ETCS vlaku (je třeba předpokládat přítomnost nejméně jednoho non-ETCS vlaku), proto se mobilní části navázání spojení nepřikáže. Spojení v tomto případě může navázat ručně strojvedoucí až tehdy, kdy je naprostá jistota, že ETCS vlak je v pořadí první před hraničním návěstidlem (tedy až ve chvíli, kdy vlak stojí bezprostředně před hraničním návěstidlem).



Obr. 1.2 Situace na hranici při použití přepínatelné přihlašovací balízy

BG 1 – přepínatelná přihlašovací BG; BG 2 – hraniční BG



### 1.3.2 Postup procedury

ETCS vlak mine přihlašovací BG 1. Pokud přichází do LEU ze stávajícího zabezpečovacího zařízení informace o volnosti všech KÚ mezi BG 1 a hranicí (viz Obr. 1.2), je z LEU do BG 1 posílán telegram obsahující paket 42. V opačném případě LEU neposílá žádný telegram a mobilní část obdrží při kontaktování BG 1 její defaultní telegram neobsahující paket 42.

V případě obdržení paketu 42 u BG 1 začne mobilní část navazovat spojení s RBC. Na základě příchodu žádosti o navázání spojení má RBC informaci o tom, že ETCS vlak je v pořadí první před hraničním návěstidlem a proto mu začne periodicky posílat MA (vždy aktualizované dle podmínek za hranicí). Po minutí hraniční BG 2 provede mobilní část přechod do L2 a příslušného módu dle posledního zaslání MA.

V případě neobdržení paketu 42 u BG 1 nezačne mobilní část navazovat spojení s RBC, tudíž jí nemůže být zasláno žádné MA. O navázání spojení se musí pokusit strojvedoucí, a to až ve chvíli, kdy má jistotu, že se mezi jím vedeným vlakem a hraničním návěstidlem nenachází žádný jiný vlak. Po navázání spojení lze opět udělit vlaku MA dle okamžitých podmínek za hranicí.

Z výše uvedeného vyplývá:

- vzdálenost mezi BG 1 a BG 2 musí být minimálně taková, aby mobilní část stihla do příjezdu k hraničnímu návěstidlu navázat spojení s RBC a vykomunikovat příslušné MA,
- tato délka současně determinuje dostupnost MA dle podmínek za hranicí, proto je vhodné, aby vzdálenost mezi BG 1 a BG 2 byla co možná nejkratší.

### 1.3.3 Stanovení parametrů

#### Minimální délka mezi přihlašovací a hraniční BG

Vzdálenost  $d_{12}$  mezi těmito balízovými skupinami musí být alespoň taková, aby při traťové rychlosti pohybu mobilní části stihlo dojít k navázání spojení mobilní části s RBC a k vykomunikování příslušného MA. Platí tedy:

$$t_{BG1-2\_min} = t_{nav\_max} + t_{zpr\_RBC\_max} + t_{GSM-R\_max} + t_{zpr\_EVC\_max} [s], \text{ kde} \quad (23)$$

$t_{BG1-2\_min}$  ..... minimální potřebný čas pobytu mobilní části mezi BG 1 a BG 2,  
 $t_{nav\_max}$  ..... maximální doba navazování komunikace mobilní části s RBC,  
 $t_{zpr\_RBC\_max}$  ..... maximální doba zpracování informace v RBC,  
 $t_{GSM-R\_max}$  ..... maximální doba přenosu zprávy mezi vozidlem a RBC,  
 $t_{zpr\_EVC\_max}$  ..... maximální doba zpracování informace v EVC.

Po dosazení z Tab. 1.1 a z [10]:

$$t_{BG1-2\_min} = 40 + 1,5 + 5 + 0,5 = 47 [s]$$

Pro uvažovanou maximální rychlost vlaku  $V_{\max} = 160 \text{ km.h}^{-1}$ :

$$d_{12\_min} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot t_{BG1-2\_min} = \frac{160}{3,6} \cdot 47 \approx 2\,088,89 \text{ [m]}$$

Z vypočtené vzdálenosti BG 1 a BG 2 vyplývá, že se bude vždy (při uvažování  $V_{\max} = 160 \text{ km.h}^{-1}$ ) jednat minimálně o dva oddíly (kratší vzdálenosti lze dosáhnout v případě použití rozřezného bodu). Případné prodlužování  $d_{12}$  má negativní vliv na dostupnost MA dle aktuálních podmínek za hranicí.

### **Umístění BG 1 vzhledem k izolovanému styku**

Vzdálenost BG 1 od začátku KÚ 1 musí být taková, aby pokud možno nemohlo dojít k přečtení jejího telegramu v případě přítomnosti jiného vozidla mezi touto BG a izolovaným stykem na začátku KÚ 1. Zároveň musí být zajištěno, aby vždy došlo k přenosu telegramu z BG 1 na mobilní část ještě před změnou tohoto telegramu z důvodu následného obsazení KÚ 1 ETCS vlakem.

#### **1.3.4 Analýza kritických stavů**

Začátkem této kapitoly je vhodné poznamenat, že při použití této metody nemá mobilní část v žádném okamžiku uložené nesprávné MA (určené pro předchozí non-ETCS vlak), výjimku tvoří možnost chybného postupu navazování komunikace strojvedoucím (viz dále). Nedostatkem této metody je nižší dostupnost „automatického“ udělení MA před hranicí a s tím související zdržení (navazování komunikace strojvedoucím před hraničním návěstidlem). V dalším textu budou rozebrány dvě situace:

- mobilní část obdrží telegram s paketem 42,
- mobilní část neobdrží telegram s paketem 42.

#### **Mobilní část obdrží telegram s paketem 42**

Telegram BG 1 obsahuje paket 42 pouze v případě, že do LEU přichází informace o volnosti všech KÚ mezi BG 1 a hranicí. Přijmutí takového telegramu tedy zaručuje, že ETCS vlak je první před hraničním návěstidlem. Po navázání spojení mobilní části s RBC (což paket 42 iniciuje) pak RBC může začít vlaku periodicky posílat MA dle podmínek za hranicí bez ohledu na typ hraničního návěstidla (permisivní/absolutní). Po minutí hranice přejde mobilní část do módu specifikovaného v MA (FS – dovolující návěst, OS – „Stůj“ na permisivním hraničním návěstidle). V případě neudělení MA za hraniční návěstidlo (nesoulad orientace TS a směru jízdy vlaku u permisivního hraničního návěstidla, návěst „Stůj“ nebo přivolávací návěst na absolutním hraničním návěstidle) je před hranicí nutné provedení procedury „Override EoA“ a mobilní část přejde do módu SR.

## **Mobilní část neobdrží telegram s paketem 42**

Tato situace nastane, pokud do LEU nepřichází informace o volnosti všech KÚ mezi BG 1 a hranicí. Není tedy zaručeno, že před ETCS vlakem není jiný (non-ETCS) vlak, ke kterému se vztahují podmínky za hranicí. Mobilní část nezačne navazovat spojení, tudíž nemůže obdržet nesprávné MA (přesněji řečeno neobdrží žádné). Pokud by ETCS vlak minul hranici, došlo by k aktivaci nouzové brzdy bez ohledu na návěst hraničního návěstidla. Proto musí strojvedoucí ještě před minutím hranice navázat spojení manuálně. V tomto případě je strojvedoucí zároveň odpovědný za garanci toho, že se podmínky za hranicí vztahují na jím vedený ETCS vlak. Z toho vyplývá, že strojvedoucí smí navázat spojení až tehdy, kdy sám má jistotu, že je v pořadí první před hraničním návěstidlem. Strojvedoucí by tedy musel v tomto případě zastavit u hraničního návěstidla bez ohledu na jeho návěst a čekat na navázání spojení a obdržení MA (případně při přivolávací návěsti či požadovaném projetí návěsti „Stůj“ na absolutním hraničním návěstidle po navázání spojení zvolit „Override EoA“). Tento způsob garance bezpečnosti lze (při současném stavu řešení ETCS L2) považovat za postačující, protože obdobný princip je rovněž použit ve specifických situacích pod dohledem ETCS L2 (konkrétně se jedná o proceduru TAF).

Nabízí se i jiná možnost, jak v této situaci zajistit navázání spojení pouze v případě, že mezi ETCS vlakem a hranicí není jiný vlak. K potřebným prvkům (viz Obr. 1.2) lze doplnit nepřepínatelnou BG s paketem 42, umístěnou před hraničním návěstidlem. Pokud by mobilní část neobdržela paket 42 u BG 1, obdržela by jej u této BG a začala by navazovat spojení. Poloha zmíněné BG by musela umožnit její kontaktování a následné zastavení vlaku u hraničního návěstidla (aby byl viditelný jeho návěstní znak) kvůli vyčkání na navázání spojení (a příp. obdržení MA).

V každém případě dochází při této situaci ke zdržení ETCS vlaku u hraničního návěstidla (čekání na navázání spojení a na MA, podle (23) až 47 sekund).

### **1.3.5 Závěr**

Tato metoda zcela vylučuje udělení nesprávného MA. ETCS vlak naváže spojení s RBC jen pokud je jisté, že tento vlak je v pořadí první před hraničním návěstidlem. RBC tak může vždy (po navázání spojení) udělit MA dle podmínek za hranicí.

Nedostatkem této metody je fakt, že navázání spojení u přihlašovací balízy (bez nutnosti zastavení ETCS vlaku u hraničního návěstidla) je možné pouze při volnosti všech KÚ mezi BG 1 a hranicí (minimálně 2088,89 m při  $V_{\max} = 160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Ve všech ostatních

případech musí ETCS vlak následně zastavit před hraničním návěstidlem a vyčkat na navázání spojení a případné udělení MA (až 47 sekund).

Takové zdržení způsobuje nezanedbatelné prodloužení jízdní doby a snížení propustné výkonnosti trati. Z tohoto důvodu lze označit popsanou metodu jako celkově nevhodnou.

## 1.4 Řešení vstupu do L2 pomocí přepínatelné balízy s paketem 90

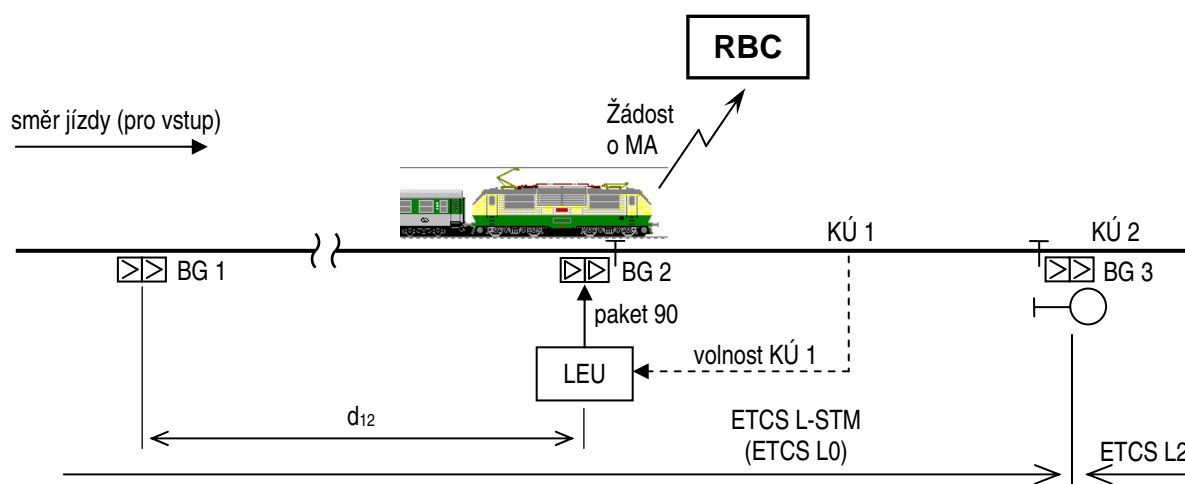
### 1.4.1 Popis řešení

Tato metoda je založena na zaslání telegramu s paketem 90 mobilní části zařízení ETCS, pokud je KÚ před hranicí volný. Vyžaduje doplnění traťové části zařízení ETCS o přepínatelnou balízu s tímto paketem. Ve své podstatě se jedná o modifikaci metody popsané v předchozí kapitole 1.3.

Paket 90 (Volná trať až k místu přechodu do L2/3) oznamuje mobilní části volnost trati od BG s tímto paketem až k hraniční BG. Dle specifikací [1] může být tento paket přenesen pouze balízou. Struktura paketu viz příloha č. 1.

Pokud má mobilní část navázané spojení s RBC a má-li uloženo oznámení o přechodu, pak přijetí paketu 90 má za následek zaslání žádosti o MA (zpráva 132). Zároveň mobilní část informuje RBC o místě přechodu, které bylo mobilní části oznámeno v paketu 90.

V případě, že RBC přijme žádost o MA od mobilní části, znamená to, že tento vlak je v pořadí první před hraničním návěstidlem a lze mu tedy poslat MA podle okamžitých podmínek za hranicí. V opačném případě je potřeba předpokládat, že před ETCS vlakem může být jiný (non-ETCS) vlak.



Obr. 1.3 Situace na hranici při použití přepínatelné balízy s paketem 90  
BG 1 – přihlašovací BG; BG 2 – přepínatelná BG; BG 3 – hraniční BG

### 1.4.2 Postup procedury

ETCS vlak mine přihlašovací BG 1 a naváže spojení s RBC. Po jisté době mine ETCS vlak přepínatelnou BG 2, umístěnou bezprostředně před začátkem KÚ 1. Pokud přichází do LEU informace o volnosti KÚ 1, je z LEU do BG 2 poslán telegram obsahující paket 90. V opačném případě LEU neposílá žádný telegram a mobilní část obdrží při kontaktování BG 2 její defaultní telegram neobsahující paket 90.

V případě obdržení paketu 90 u BG 2 pošle ETCS vlak žádost o MA (zpráva 132). Na základě příchodu této zprávy má RBC informaci o tom, že ETCS vlak je v pořadí první před hraničním návěstidlem a proto mu začne periodicky posílat MA (vždy aktualizované dle podmínek za hranicí). Po minutí hraniční BG 3 provede mobilní část přechod do L2 a příslušného módu dle posledního zaslání MA.

V případě neobdržení paketu 90 u BG 2 pošle ETCS vlak pouze PR. Na základě příchodu této zprávy má RBC informaci o tom, že ETCS vlak vstoupil do již obsazeného KÚ 1 a předpokládá, že se mezi ETCS vlakem a hraničním návěstidlem nachází jeden nebo více vlaků. Proto pošle tomuto vlaku MA pro mód OS na jeden oddíl za hraničním návěstidlem (permissivním), resp. nepošle žádné MA za hraniční návěstidlo (absolutní), a to bez ohledu na další vývoj podmínek za hranicí. Po minutí hraniční BG 3 provede mobilní část přechod do L2, mód OS (permissivní hraniční návěstidlo), resp. je možno minout hranici po provedení procedury Override EoA a mobilní část přejde do L2, mód SR (absolutní hraniční návěstidlo).

Z výše uvedeného vyplývá:

- délka KÚ 1 musí být taková, aby mobilní část stihla do příjezdu k hraničnímu návěstidlu poslat žádost o MA a následně obdržet příslušné MA,
- tato délka současně determinuje dostupnost MA dle podmínek za hranicí, proto je vhodné, aby KÚ 1 byl co možná nejkratší.

### 1.4.3 Stanovení parametrů

#### Minimální délka mezi přihlašovací BG a přepínatelnou BG

Vzdálenost  $d_{12}$  mezi těmito balízovými skupinami musí být alespoň taková, aby při traťové rychlosti pohybu mobilní části stihlo dojít k navázání spojení mobilní části s RBC (viz kap. 2.3.2).

## Minimální délka KÚ 1

Klíčovým parametrem této metody je délka KÚ 1. Během jízdy v tomto KÚ musí proběhnout zpracování přijatého telegramu z BG 2, zaslání žádosti o MA, zpracování této zprávy v RBC, zaslání MA a zpracování této zprávy v mobilní části. Platí tedy:

$$t_{\text{KUI}_{\min}} = 2 \cdot t_{\text{zpr}_{\text{EVC}_{\max}}} + 2 \cdot t_{\text{GSM-R}_{\max}} + t_{\text{zpr}_{\text{RBC}_{\max}}} \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (24)$$

$t_{\text{KUI}_{\min}}$  ..... minimální potřebná doba pobytu ETCS vlaku v KÚ 1,  
 $t_{\text{zpr}_{\text{EVC}_{\max}}}$  ..... maximální doba zpracování informace v EVC,  
 $t_{\text{GSM-R}_{\max}}$  ..... maximální doba přenosu zprávy mezi vozidlem a RBC,  
 $t_{\text{zpr}_{\text{RBC}_{\max}}}$  ..... maximální doba zpracování informace v RBC.

Po dosazení z Tab. 1.1:

$$t_{\text{KUI}_{\min}} = 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 2,5 + 1,5 = 12,5 \text{ [s]}$$

Pro uvažovanou maximální rychlost vlaku  $V_{\max} = 160 \text{ km.h}^{-1}$ :

$$d_{\text{KUI}_{\min}} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot t_{\text{KUI}_{\min}} = \frac{160}{3,6} \cdot 12,5 \approx 555,56 \text{ [m]}, \text{ kde}$$

$d_{\text{KUI}_{\min}}$  ..... minimální potřebná délka KÚ 1.

V případě umístění hranice u oddílového návěstidla trojznakového automatického bloku není dodržení vypočtené délky nijak problematické. V ostatních případech lze vytvořit fiktivní KÚ 1 z potřebného počtu KÚ. Případné prodlužování KÚ 1 nad vypočtenou hodnotu má negativní vliv na dostupnost MA dle podmínek za hranicí.

### Umístění BG 2 vzhledem k izolovanému styku

Vzdálenost BG 2 od začátku KÚ 1 musí být taková, aby pokud možno nemohlo dojít k přečtení jejího telegramu v případě přítomnosti jiného vozidla mezi touto BG a izolovaným stykem na začátku KÚ 1. Zároveň musí být zajištěno, aby došlo k přenosu telegramu z BG 2 na mobilní část ještě před změnou tohoto telegramu z důvodu následného obsazení KÚ 1 ETCS vlakem.

#### 1.4.4 Analýza kritických stavů

Začátkem této kapitoly je vhodné poznamenat, že použití této metody nepřináší žádné riziko vzniku uvažovaného hazardu. Mobilní část nemá v žádném okamžiku uložené nesprávné MA (určené pro předchozí non-ETCS vlak). Nedostatkem této metody je naopak její případná nadměrná restriktivita (vynucení přechodu mobilní části do režimů s vyšší mírou odpovědnosti strojvedoucího, než je při okamžité dopravní situaci nutné). V dalším textu budou rozebrány tři situace:

- mobilní část obdrží telegram s paketem 90,

- mobilní část neobdrží telegram s paketem 90 a hraniční návěstidlo je permissivní,
- mobilní část neobdrží telegram s paketem 90 a hraniční návěstidlo je absolutní.

### **Mobilní část obdrží telegram s paketem 90**

Telegram BG 2 obsahuje paket 90 pouze v případě, že do LEU přichází informace o volnosti KÚ 1. Přijmutí takového telegramu tedy zaručuje, že ETCS vlak je první před hraničním návěstidlem. Po příchodu žádosti o MA (jejíž posláním je paket 90) pak RBC může začít vlaku periodicky posílat MA dle podmínek za hranicí bez ohledu na typ hraničního návěstidla (permissivní/absolutní).

Po minutí hranice přejde mobilní část do módu specifikovaného v MA (FS – dovolující návěst, OS – „Stůj“ na permissivním hraničním návěstidle). V případě neudělení MA za hraniční návěstidlo (nesoulad orientace TS a směru jízdy vlaku u permissivního hraničního návěstidla, požadované projetí návěsti „Stůj“ nebo přivolávací návěst na absolutním hraničním návěstidle) je nutné provedení procedury „Override EoA“ a mobilní část přejde do módu SR.

### **Mobilní část neobdrží telegram s paketem 90 (permissivní hraniční návěstidlo)**

Telegram BG 2 neobsahuje paket 90 v případě, že do LEU nepřichází informace o volnosti KÚ 1. Znamená to, že v okamžiku minutí BG 2 ETCS vlakem se v KÚ 1 může nacházet jeden nebo více vlaků. Po příchodu PR (který byl poslán po minutí BG 2) musí RBC předpokládat, že situace za hranicí se nevztahuje k ETCS vlaku a proto mu začne periodicky zasílat MA pro mód OS na jeden oddíl za hraničním návěstidlem (pokud by TS nebyl orientován v souladu se směrem jízdy vlaku, nedošlo by k vydání MA za hraniční návěstidlo). Další vývoj dopravní situace nebude mít na toto MA vliv (nelze jej ve smyslu jeho významu aktualizovat). Výjimku tvoří zhoršení podmínek u hranice poruchou (TS přestane být orientován v souladu se směrem jízdy vlaku ⇒ zkrácení MA k hraničnímu návěstidlu). Po minutí hranice dojde k přepnutí mobilní části do módu OS.

Takto popsaný postup je v souladu s dopravní situací jen pokud v okamžiku příjezdu ETCS vlaku k hranici je konec předchozího vlaku stále v oddílu za hraničním návěstidlem (ETCS vlak míjí hranici na permissivní „Stůj“). V praxi je však možné, že předchozí vlak již tento oddíl uvolnil a ETCS vlak míjí hranici na dovolující návěst. V tomto případě je přechod do módu OS nadbytečně restriktivní (jsou splněny podmínky pro jízdu vlaku v módu FS). Navíc, pokud byl dovolující návěstní znak hraničního návěstidla spatřen strojvedoucím ETCS vlaku v předstihu před hranicí, národní předpisy mu dovolují začít zrychlovat a přejet hranici rychlostí převyšující rychlostní limit pro mód OS, což by mělo za následek aktivaci nouzové brzdy.

Aktualizace uplatněného MA (pro mód OS) je možná u EoA – od následující RBS (aplikace principu ověřování správnosti uděleného MA v oblasti L2), nebo lze případně sledovat časovou prodlevu mezi obsazením KÚ 2 a příchodem PR, odeslaného po přepnutí mobilní části do L2 (dle kap. 1.2 s tím rozdílem, že zde nehrozí udělení nesprávného MA), pokud ovšem akceptujeme popsané riziko nerozlišení předchozího vlaku v případě nedodržení předpisu [6] strojvedoucím ETCS vlaku. Z kap. 1.2.3 vyplývá, že tato aktualizace není okamžitá. Problém případné aktivace nouzové brzdy po minutí hraničního návěstidla s dovolující návěstí by tedy bylo možné vyřešit předpisovým ustanovením (povinnost strojvedoucího očekávat přechod do módu OS bez ohledu na návěst hraničního návěstidla, pokud vjel do posledního oddílu před hraničním návěstidlem na permissivní „Stůj“).

#### **Mobilní část neobdrží telegram s paketem 90 (absolutní hraniční návěstidlo)**

Princip metody za této situace se shoduje s případem permissivního hraničního návěstidla s tím rozdílem, že RBC nepošle MA za hraniční návěstidlo. Před jeho minutím tedy musí strojvedoucí vykonat proceduru „Override EoA“ a mobilní část po minutí hranice přejde do L2, mód SR. Aktualizace MA je možná až od následující RBS v oblasti L2 (metodu z kap. 1.2 v tomto případě použít nelze – viz 1.2.6), proto je nutné vykonávat proceduru „Override EoA“ vždy, bez ohledu na návěst hraničního návěstidla. Opět existuje možnost nadbytečné aktivace nouzové brzdy, tentokrát v případě jízdy na dovolující návěst bez provedení zmíněné procedury. Této provozní nepříjemnosti lze částečně předejít předpisovým ustanovením (povinnost strojvedoucího vykonat proceduru „Override EoA“ bez ohledu na návěst hraničního návěstidla, pokud vjel do posledního oddílu před hraničním návěstidlem na permissivní „Stůj“).

#### **1.4.5 Závěr**

Tato metoda zcela vylučuje udělení nesprávného MA. ETCS vlak obdrží MA dle podmínek za hranicí jen pokud je jisté, že tento vlak je v pořadí první před hraničním návěstidlem.

Nedostatkem této metody je fakt, že v případě byť i krátkého setkání ETCS a non-ETCS vlaku v KÚ před hraničním návěstidlem je ETCS vlak následně za hranicí omezován bez ohledu na případné zlepšení podmínek pro jeho jízdu, a to až do vyhodnocení jeho přechodu do L2 (permissivní hraniční návěstidlo), resp. do jeho příjezdu před další RBS (absolutní hraniční návěstidlo), což přináší snížení propustné výkonnosti trati. Očekávané chování strojvedoucího u hraničního návěstidla je v tomto případě v rozporu s národními předpisy.



Popsané zdržení vlaku je však v každém případě menší, než u metody popsané v kap. 1.3 (kratší úsek, jehož obsazenost znemožňuje automatické udělení MA dle podmínek za hranicí a zároveň není nutné před hranicí případně vyčkávat na navázání spojení).

## **2 NÁVRH OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ VSTUPU VLAKU DO OBLASTI DOHLEDU ETCS L2**

### **2.1 Popis řešení**

Principem níže popsané metody je sledování průjezdů vlaků jednak v jisté vzdálenosti před hranicí oblastí L-STM a L2 a jednak v místě hranice. Využívá se poznatků z [10] ohledně možnosti detekce konce vlaku pomocí počítače náprav (PN).

#### **2.1.1 Základní cíl**

Základním cílem této metody je dosažení toho, aby RBC měla v každém okamžiku přehled o počtu vlaků v úseku určité délky před hraničním návěstidlem a o vybavení těchto vlaků (ETCS či non-ETCS vlak). Díky tomu je RBC schopna určit, zda je konkrétní ETCS vlak v pořadí první před hraničním návěstidlem a podle toho mu udělit příslušné MA.

Takto lze zaručit, že každý ETCS vlak začne periodicky dostávat aktuální MA podle okamžitých podmínek za hranicí, jakmile se tyto podmínky začnou vztahovat k němu. Nemělo by tak docházet k přechodnému udělování nesprávného MA.

#### **2.1.2 Detekce průjezdu vlaku**

K naplnění požadavků předchozí kapitoly 2.1.1 je potřeba bezpečně a spolehlivě detekovat průjezd vlaku. K tomu může sloužit počítač náprav, jehož délka úseku kontroly (vzdálenost mezi detektory os) je větší nebo rovna nejdelší možné vzdálenosti sousedních náprav stejného vlaku. Z uvolnění tohoto úseku pak lze usuzovat konec vlaku.

Celkem jsou potřeba dva takové počítače náprav. První, umístěný v určitém předstihu před hranicí (PN 1), zajišťuje detekci vjezdu dalšího vlaku do sledovaného úseku před hranicí. Druhý, umístěný v blízkosti hranice (PN 2), pak obdobně zajišťuje detekci výjezdu vlaku ze sledovaného úseku před hraničním návěstidlem. Informace z obou těchto počítačů náprav jsou přes stávající zabezpečovací zařízení a IRI přivedeny do RBC.

V praxi je možné zajistit detekci volnosti více úseků kontroly jedním počítačem náprav (tzn. k jednomu vyhodnocovacímu počítači lze připojit více než dva detektory os). Z důvodu jednoduššího výkladu však bude i nadále ilustrováno použití dvou kompletních PN, každý s dvojitými detektory os.

#### **2.1.3 Detekce ETCS výbavy jednotlivých vlaků**

Kromě informace o aktuálním počtu vlaků ve sledovaném úseku před hranicí je nutné poskytnout RBC informaci o tom, které z těchto vlaků budou žádat o MA (neboli které vlaky

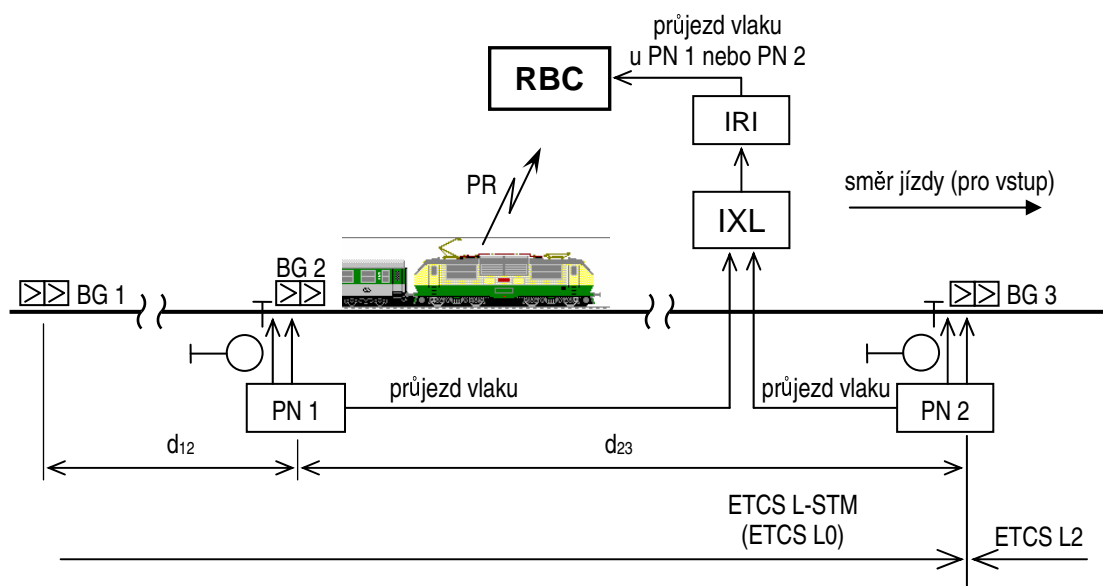
mají mobilní část zařízení ETCS L2). V práci [10] bylo k tomuto účelu použito funkční, ale v současné době neinteroperabilní řešení – přenos informace z vozidla do RBC pomocí obousměrné balízy.

Interoperabilním řešením je použití PR. Lze vyjít z předpokladu, že pokud je vlak schopen poslat PR, je vybavený ETCS L2. Zaslání PR na žádaném místě může přikázat balíza (přesněji řečeno, zaslání PR iniciuje již pouhé kontaktování balízy, bez ohledu na obsah jejího telegramu). Místo zaslání PR (poloha zmíněné balízy) je třeba volit tak, aby bylo možné zaslání PR jednoznačně přiřadit konkrétnímu vlaku ve sledovaném úseku před hraničním návěstidlem (problematika zpoždění rádiového přenosu viz kap. 1.1.1). Po přiřazení zaslání PR konkrétnímu vlaku lze tento vlak označit za ETCS vybavený vlak a naopak – vlak, od kterého ve stanovené době PR nepřišel, lze označit za non-ETCS vlak.

#### 2.1.4 Potřebné vybavení na trati

K aplikaci této metody je třeba trať v oblasti hranice vybavit následujícími prvky:

- počítač náprav pro detekci průjezdu vlaku na začátku sledovaného úseku,
- počítač náprav pro detekci průjezdu vlaku na konci sledovaného úseku,
- nepřepínatelná balíza, iniciující zaslání PR.



Obr. 2.1 Situace na hranici při použití počítačů náprav

BG 1 – přihlašovací BG; BG 2 – BG iniciující zaslání PR; BG 3 – hraniční BG

Kromě výše popsaných prvků speciálně požadovaných pro tuto metodu je samozřejmě nutná i přítomnost prvků obecně potřebných pro vstup do oblasti ETCS L2 (BG 1, BG 3) – viz kap. 1.1.3.

## **2.2 Postup procedury**

### **2.2.1 Příjezd do sledovaného úseku**

ETCS vlak nejprve mine přihlašovací BG 1 a naváže spojení s RBC. Během procedury navazování spojení dojde k porovnání interních hodin mobilní části a hodin v RBC. Díky tomu RBC dokáže (s jistou přesností) z přiložené časové značky u každé zprávy určit, kdy byla zpráva poslána (s mobilními částmi komunikuje RBC vždy v čase interních hodin té které mobilní části). Analogická situace je mezi RBC a počítači náprav.

Až první náprava ETCS vlaku mine první detektor os, PN 1 vygeneruje informaci o obsazení úseku kontroly (opatřenou časovou značkou). Tato informace se přes stávající zabezpečovací zařízení a IRI dostane do RBC. RBC zaznamená čas příchodu informace o vstupu vlaku do úseku kontroly PN 1 (a současně i do sledovaného úseku před hranicí).

V blízkosti prvního detektoru os je umístěna BG 2. Jakmile ETCS vlak kontaktuje tuto BG, pošle PR s novou LRBG (= BG 2). S určitým zpožděním (viz kap. 1.1.1) přijde tento PR do RBC. Podle časové značky přiložené k této zprávě RBC pozná, kdy byla zpráva odeslána. Porovnáním časové značky PR a časových značek informací od PN 1 může RBC vyhodnotit, zda vlak, který vstoupil v předtím zaznamenaný čas, je ETCS vlak.

V případě jízdy non-ETCS vlaku do sledovaného úseku rovněž přijde do RBC informace od PN 1 o vstupu dalšího vlaku do jeho úseku kontroly. Nebude však poslán PR, proto si RBC k zaznamenanému času nedoplní informaci o příchodu PR a tedy tento vlak vede v evidenci jako non-ETCS vlak.

### **2.2.2 Detekce konce vlaku**

K rozpoznání konce vlaku je použit počítač náprav. Vzdálenost mezi detektory os (tedy délka úseku, jehož volnost PN kontroluje) souvisí s předpokládanou maximální vzdáleností náprav stejného vlaku. Podrobněji viz kap. 2.3.1.

Jakmile první náprava vlaku mine první detektor os ve směru jízdy, hodnota vnitřního čítače PN 1 se zvýší o jednu a dojde k vygenerování informace o obsazení úseku kontroly PN 1 (vjezdu dalšího vlaku). Dříve, než tato první náprava mine druhý detektor os ve směru jízdy, mine druhá náprava první detektor os a opět tak dojde ke zvýšení hodnoty vnitřního čítače.

Následně dochází k procesu přičítání náprav prvním detektorem os a odečítání náprav druhým detektorem os. Hodnota vnitřního čítače PN odpovídá okamžitému počtu náprav v úseku kontroly, během průjezdu vlaku nikdy neklesne pod 1. Od okamžiku minutí prvního detektoru os ve směru jízdy vlaku jeho poslední nápravou dochází pouze k odečítání náprav.

Jakmile poslední náprava vlaku mine i druhý detektor, hodnota ve vnitřním čítači PN dosáhne nuly. Zařízení čeká stanovenou bezpečnostní dobu (zda nedojde k detekci další nápravy) a následně vygeneruje informaci o uvolnění svého úseku kontroly. Tato informace (opatřená časovou značkou) se opět přes zabezpečovací zařízení a IRI dostane do RBC, která tak může zaznamenat dokončení průjezdu vlaku úsekem kontroly PN 1. Při průjezdu dalšího vlaku úsekem kontroly PN 1 se celý proces opakuje.

### **2.2.3 Výjezd ze sledovaného úseku**

Po průjezdu úsekem kontroly PN 1 je vlak zaregistrován v RBC. Pokud současně zaslal PR u BG 2, je od okamžiku vyhodnocení této zprávy veden v seznamu vlaků ve sledovaném úseku jako ETCS vlak. V tom případě RBC udělí vlaku MA dle podmínek za hranicí, jakmile do RBC dojde informace o průjezdu předchozího vlaku úsekem kontroly PN 2.

První detektor os PN 2 ve směru jízdy je umístěn za hraničním návěstidlem. Poblíž PN 2 je umístěna BG 3, determinující hranici oblastí ETCS L-STM a L2. Obdobně jako v případě PN 1 dojde i u PN 2 při průjezdu vlaku k vygenerování informace o obsazení jeho úseku kontroly a po dokončení průjezdu vlaku se vygeneruje informace o uvolnění tohoto úseku. Příchod poslední zmíněné informace do RBC má za následek vymazání informací o vlaku ze seznamu vlaků ve sledovaném úseku. Pokud je následující vlak veden v seznamu vlaků ve sledovaném úseku jako ETCS vlak, může nyní dojít k udělení MA tomuto vlaku dle podmínek za hranicí.

### **2.2.4 Seznam vlaků ve sledovaném úseku**

Jak bylo naznačeno v předchozích kapitolách, RBC na základě příchodu informací od PN na začátku a na konci sledovaného úseku a na základě příjmu PR vede seznam vlaků ve sledovaném úseku. Vlak je zapsán do tohoto seznamu na základě detekce vjezdu vlaku do úseku kontroly PN 1 (s příslušným časem). Pokud později přijde PR, jehož časová značka koresponduje s časovými údaji o průjezdu vlaku kolem PN 1, je k údajům o zmíněném vlaku přidán kvalifikátor, který označuje, že se jedná o ETCS vlak.

Za údaje o výše zmíněném vlaku (dále vlaku 1) se po případné detekci dalších vlaků od PN 1 přidávají obdobné údaje o těchto následných vlacích. Pokud není vlak 1 ve sledovaném úseku jako první, nacházejí se před jeho údaji obdobné údaje o předchozích vlacích. Tyto údaje jsou postupně umazávány v souvislosti s příchodem informace o dokončení průjezdu předchozích vlaků úsekem kontroly PN 2.

Jakmile dojde k vymazání údajů o vlaku jedoucím před vlakem 1 (a údaje o vlaku 1 se dostanou na první místo v seznamu), znamená to, že vlak 1 je v pořadí první před hraničním návěstidlem. Pokud je součástí jeho údajů v seznamu kvalifikátor ETCS vlaku, dojde nyní k udělení MA dle podmínek za hranicí a zaslané MA se začne periodicky aktualizovat.

Po dokončení průjezdu vlaku 1 úsekem kontroly PN 2 dojde tato informace do RBC. Na základě příjmu této informace RBC vymaže údaje o vlaku 1 ze seznamu vlaků ve sledovaném úseku.

## 2.3 Stanovení parametrů

### 2.3.1 Vzdálenost detektorů os

Vzdálenost detektorů os (neboli délka úseku kontroly počítače náprav) by měla být taková, aby se při průjezdu vlaku tímto úsekem nacházela vždy minimálně jedna náprava vlaku v tomto úseku. Vyhodnocení konce vlaku je odvozeno z uvolnění sledovaného úseku. Proto je zároveň nutné volit tento parametr co nejmenší, aby se minimalizovala pravděpodobnost průjezdu první nápravy následného vlaku kolem prvního detektoru os ještě před průjezdem poslední nápravy předchozího vlaku kolem druhého detektoru os ve směru jízdy (což by způsobilo nerozlišení následného vlaku).

Problematicke volby tohoto parametru se věnuje práce [10]. Zde bylo konstatováno, že pro určení vzdálenosti detektorů os lze využít ustanovení normy [N1] (článek 6.1.2) o minimální délce úseku kontroly volnosti (24 m). Lze předpokládat, že pokud je ve vlaku zařazeno vozidlo se vzdáleností os sousedních náprav větší než 24 m, organizuje se jízda takového vlaku ve speciálním režimu.

### 2.3.2 Vzdálenost mezi BG 1 a BG 2

Při minutí BG 2 má ETCS vlak zaslat PR. Z toho vyplývá, že v okamžiku příjezdu vlaku k této balízové skupině již musí mít jeho mobilní část navázané spojení s RBC (což iniciuje BG 1). Vzdálenost mezi těmito BG tedy musí být alespoň taková, aby při traťové rychlosti pohybu mobilní části stihlo dojít k navázání spojení.

$$d_{12\_min} = \frac{V_{max}}{3,6} \cdot t_{nav\_max} \text{ [m], kde} \quad (25)$$

$d_{12\_min}$ .....minimální potřebná vzdálenost mezi BG 1 a BG 2,  
 $V_{max}$  .....uvažovaná maximální rychlost vlaku,  
 $t_{nav\_max}$ .....maximální doba navazování komunikace mobilní části s RBC.

Po dosažení z [10] a pro  $V_{\max} = 160 \text{ km.h}^{-1}$ :

$$d_{12\_min} = \frac{160}{3,6} \cdot 40 \approx 1\,777,78 \text{ [m]}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že mezi BG 1 a BG 2 musí být (při traťové rychlosti  $160 \text{ km.h}^{-1}$  v celém úseku) vzdálenost alespoň  $1\,777,78 \text{ m}$ . Poloha BG 1 není vázána žádnými dalšími požadavky (např. potřebou umístění u návěstidla).

### 2.3.3 Vzdálenost mezi BG 2 a BG 3

V okamžiku minutí BG 3 dojde k přepnutí mobilní části ETCS vlaku do úrovně L2. V této chvíli již musí mít mobilní část uložené platné MA pro následující úsek. Zaslání MA mobilní části provede RBC po příjmu PR od BG 2 (viz kap. 2.2.3). Během jízdy vlaku od BG 2 k BG 3 tedy musí dojít ke zpracování přijatého telegramu od BG 2, zaslání PR, vyhodnocení tohoto PR v RBC, zaslání MA a ke zpracování tohoto MA v EVC. Platí:

$$t_{BG2-3\_min} = 2 \cdot t_{zpr\_EVC\_max} + 2 \cdot t_{GSM-R\_max} + t_{zpr\_RBC\_max} \text{ [s], kde} \quad (26)$$

$t_{BG2-3\_min}$ .....minimální potřebná doba pobytu ETCS vlaku mezi BG 2 a BG 3,  
 $t_{zpr\_EVC\_max}$ .....maximální doba zpracování informace v EVC,  
 $t_{GSM-R\_max}$  .....maximální doba přenosu zprávy mezi vozidlem a RBC,  
 $t_{zpr\_RBC\_max}$ .....maximální doba zpracování informace v RBC.

Po dosažení z Tab. 1.1:

$$t_{BG2-3\_min} = 2,0,5 + 2,5 + 1,5 = 12,5 \text{ [s]}$$

Pro uvažovanou maximální rychlost vlaku  $V_{\max} = 160 \text{ km.h}^{-1}$ :

$$d_{23\_min} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot t_{BG2-3\_min} = \frac{160}{3,6} \cdot 12,5 \approx 555,56 \text{ [m], kde} \quad (27)$$

$d_{23\_min}$ .....minimální potřebná vzdálenost mezi BG 2 a BG 3.

Dalším určujícím faktorem pro umístění zmíněných BG je poloha návěstidel. BG 3 se umísťuje v blízkosti hraničního návěstidla (viz kap. 1.1.3). Z důvodu detekce ETCS výbavy vlaku je BG 2 potřeba umístit v blízkosti PN 1 (viz kap. 2.2.1). Umístění PN 1 je nutné volit s ohledem na minimalizaci rizika nerozlišení vlaku (viz následující kap. 2.3.4).

### 2.3.4 Umístění PN

Z důvodu minimalizace rizika nerozlišení vlaku (což nastane v případě, že první náprava následného vlaku vstoupí do úseku kontroly PN dříve, než z něj vystoupila poslední náprava předchozího vlaku, případně k tomuto dojde v průběhu bezpečnostní doby – viz kap. 2.2.2) je vhodné umístit jak PN 1 tak PN 2 tam, kde je co nejmenší pravděpodobnost sježdění

následných vlaků. V případě PN 2 je umístění determinováno hraniční balízou (tzn. PN 2 je nutné umístit za hraničním návěstidlem).

V případě instalace PN 1 na širé trati je vhodné jeho umístění za oddílovým návěstidlem. V případě trojznakového AB a traťové rychlosti  $160 \text{ km.h}^{-1}$  postačí umístit PN 1 u posledního oddílového návěstidla před hraničním návěstidlem (pak je splněna podmínka vyplývající z rovnice (27) ). V případě instalace PN 1 ve stanici je vhodné umístění za vjezdovým či odjezdovým návěstidlem (je však vždy nutno dodržet podmínku vyplývající z rovnice (27), která závisí na traťové rychlosti).

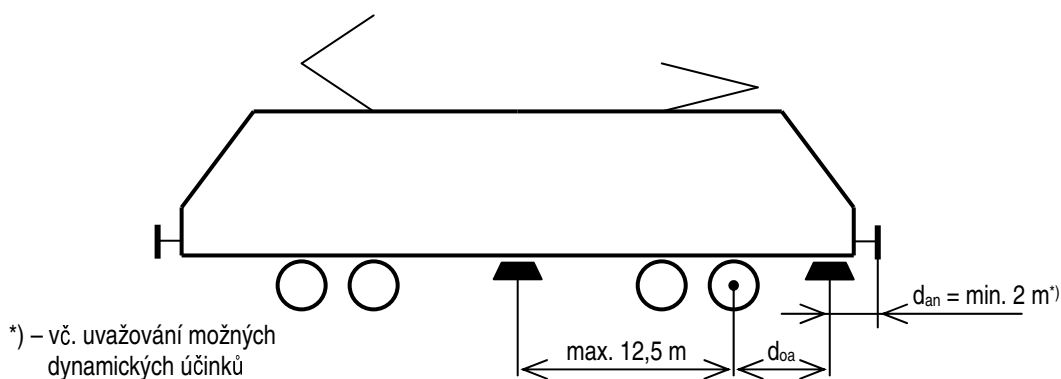
### 2.3.5 Umístění BG 2 vzhledem k PN 1

Úloha BG 2 je iniciovat zaslání PR, který je využit pro rozpoznání ETCS výbavy vlaku, jenž vstoupil do úseku kontroly PN 1. Proto je nutné volit její umístění tak, aby bylo rozpoznání co nejdůvěryhodnější (a nemohlo dojít např. k chybnému zaznamenání ETCS výbavy následného či předchozího vlaku při jízdě více vlaků v těsném sledu). Na tomto místě je vhodné poznamenat, že BG 2 může být tvořena pouze jednou balízou.

Při jízdě ETCS vlaku přes PN 1 by mělo dojít k následující posloupnosti událostí:

- První náprava ETCS vlaku mine první detektor os ve směru jízdy.
- Vozidlová anténa mobilní části ETCS kontaktuje BG 2 → dojde k zaslání PR.
- Poslední náprava ETCS vlaku mine druhý detektor os ve směru jízdy.

Pokud po doručení PR do RBC budou hodnoty časových značek PR a zpráv od PN 1 korespondovat s výše zmíněnou posloupností, lze pokládat ETCS výbavu vlaku za prokázanou. BG 2 je tedy nutné umístit do úseku mezi detektory os PN 1. Vzdálenost BG od obou detektorů os, zaručující splnění požadované sekvence, závisí na možných polohách vozidlové antény mobilní části ETCS (viz Obr. 2.2).



Obr. 2.2 Mezní polohy antény mobilní části ETCS. Převzato z [2].



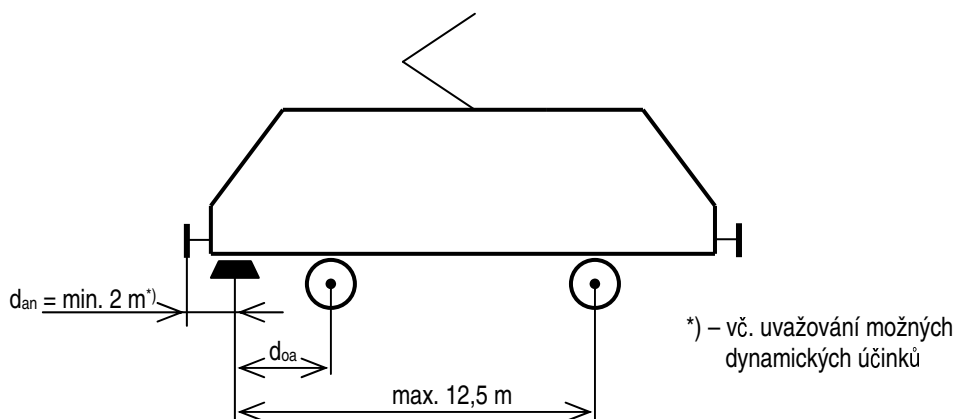
Délka  $d_{oa}$  není ve specifikacích [2] definována, závisí na konstrukčním řešení vozidel (konkrétně se jedná o maximální možnou vzdálenost osy první nápravy od nárazníku, sníženou o 2 m). Norma [N1] uvádí ve článku 6.2.5 následující: „*Hranice úseků pro kontrolu volnosti průjezdného průřezu jízdní cesty ... musí být situovány tak, aby bylo zajištěno, že při vyhodnocení volnosti úseku jsou nápravy drážních vozidel vzdáleny více než 4,2 m od námezníků.*“ Z tohoto ustanovení lze odvodit, že maximální dovolená vzdálenost nárazníků od osy první nápravy je 4,2 m (jízda vozidel, která toto ustanovení nesplňují, se organizuje ve zvláštním režimu). Potom platí:

$$d_{oa} = 4,2 - d_{an} = 4,2 - 2 = 2,2 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (28)$$

$d_{oa}$  ..... maximální vodorovná vzdálenost referenční značky na anténě od osy první nápravy vozidla,  
 $d_{an}$  ..... minimální vodorovná vzdálenost referenční značky na anténě od konce nárazníků vozidla.

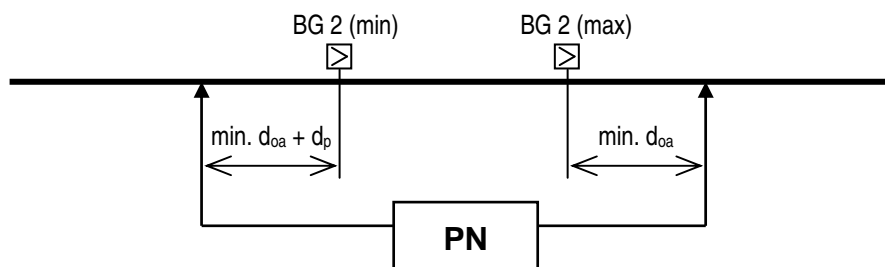
Ve vztahu k prvnímu detektoru os ve směru jízdy je kritičtější mezní poloha antény před první nápravou (ke kontaktování BG 2 dojde nejdříve – nejkratší čas mezi vstupem vlaku do úseku kontroly PN a zasláním PR).

Ve vztahu ke druhému detektoru je situace složitější. Nejnejpříznivější případ je v tomto případě nejkratší čas mezi kontaktováním BG 2 a uvolněním úseku kontroly PN. K nejvčasnějšímu uvolnění tohoto úseku dojde při jízdě samotného hnacího vozidla. Nejkritičtější poloha antény (tj. její nejzazší možné umístění za **poslední** nápravou vozidla) v tomto případě nastane u krátkého hnacího vozidla (vzdálenost mezi krajními nápravami je menší než 12,5 m) s jednou anténou. V nejnejpříznivějším případě může být tato anténa umístěna dle Obr. 2.3. Pokud předpokládáme možnost jízdy tohoto vozidla v obou směrech, musí takto umístěná anténa zároveň splňovat požadavek mezní polohy před první nápravou (pro opačný směr).



Obr. 2.3 Nejzazší možná poloha antény

Z těchto mezních poloh antény lze odvodit mezní polohy BG 2 vzhledem k detektorům os PN 1. V případě nejbližšího umístění k prvnímu detektoru os ve směru jízdy – BG 2 (min) – je třeba navíc uvažovat definovanou vodorovnou vzdálenost mezi anténou a balízou, při které již není zaručeno nekontaktování balízy (z [2],  $d_p = 1,3$  m).



Obr. 2.4 Mezní polohy BG 2 vzhledem k detektorům os

V případě umístění BG 2 blíže k prvnímu detektoru os může dojít ke kontaktování této BG ještě před detekcí první nápravy vlaku prvním detektorem os (při mezní poloze antény před první nápravou). V případě umístění BG 2 blíže ke druhému detektoru os může dojít ke kontaktování této BG až po detekci poslední nápravy vlaku (je-li vlak tvořen jen jedním vozidlem) druhým detektorem os (při mezní poloze antény za první nápravou). Další vliv na potřebnou vzdálenost BG 2 od detektorů os má otázka synchronizace hodin RBC a mobilní části (podrobněji viz kap. 2.4.2).

Konkrétní umístění BG 2 lze odůvodnit požadavkem, aby nejkratší možná doba mezi detekcí první nápravy vlaku prvním detektorem os a zasláním PR byla rovná nejkratší možné době mezi zasláním PR a detekcí poslední nápravy druhým detektorem os.

První zmiňovaná doba se odvodí z jízdy nejrychlejšího vlaku ( $V_{\max 1} = 160 \text{ km.h}^{-1}$ ) s anténou umístěnou před první nápravou dle Obr. 2.2. Druhá zmiňovaná doba se odvodí z jízdy nejrychlejšího vlaku s nejzazším umístěním antény dle Obr. 2.3. V tomto případě se ale jedná o jediné, relativně krátké, vozidlo. U takového vozidla lze předpokládat brzdou schopnost pro stanovenou rychlost maximálně  $V_{\max 2} = 80 \text{ km.h}^{-1}$ . Pro vzdálenost BG 2 od prvního detektoru os  $d_{1BG}$  pak platí:

$$3,6 \cdot \frac{d_{1BG} - d_{oa} - d_p}{V_{\max 1}} = 3,6 \cdot \frac{24 - d_{1BG} - d_{oa}}{V_{\max 2}}, \text{ kde} \quad (29)$$

- $d_{1BG}$ .....vzdálenost BG 2 od prvního detektoru os,
- $d_{oa}$  .....maximální vodorovná vzdálenost referenční značky na anténě od osy první nápravy vozidla,
- $d_p$  .....vodorovná vzdálenost mezi referenční značkou na anténě a geometrickým středem balízy, při které již může dojít k přečtení telegramu,

$V_{\max 1}, V_{\max 2} \dots$  maximální uvažované rychlosti vlaků (viz výše) v  $\text{km.h}^{-1}$ .

Po úpravě a dosazení:

$$d_{\text{IBG}} = \frac{V_{\max 1} \cdot (24 - d_{\text{oa}}) + V_{\max 2} \cdot (d_{\text{oa}} + d_{\text{p}})}{V_{\max 1} + V_{\max 2}} = \frac{160 \cdot (24 - 2,2) + 80 \cdot (2,2 + 1,3)}{160 + 80} = 15,7 \text{ [m]}.$$

Nejvýhodnější umístění BG 2 se tedy jeví ve vzdálenosti 15,7 m od prvního detektoru os (prakticky je ale možné BG 2 umístit kdekoliv v intervalu dle Obr. 2.4).

## 2.4 Analýza hazardních stavů

### 2.4.1 Otázka nerozlišení vlaku

K nerozlišení následného vlaku dojde, pokud první náprava tohoto vlaku mine první detektor os ve směru jízdy dříve, než poslední náprava předchozího vlaku mine druhý detektor os ve směru jízdy; případně pokud se tak stane během bezpečnostní doby.

Pokud k tomuto dojde u PN 2, ze seznamu vlaků ve sledovaném úseku se nevymaže následný vlak. V tomto případě se nejedná o hazard, ale o provozní nepříjemnost (případnému ETCS vlaku nebude uděleno MA i přesto, že bude ve skutečnosti první v pořadí před hraničním návěstidlem). K napravení tohoto stavu může dojít až po uvolnění sledovaného úseku (volnost všech KÚ sledovaného úseku může být podnět k vymazání všech údajů ze seznamu vlaků ve sledovaném úseku).

Pokud k nerozlišení vlaku dojde u PN 1, jedná se o hazard. V seznamu vlaků ve sledovaném úseku je o jeden vlak méně než ve skutečnosti a případný ETCS vlak může obdržet nesprávné MA (odvozené z podmínek za hranicí, které se vztahují k předchozímu nerozlišenému non-ETCS vlaku). Podle kombinace ETCS výbavy předchozího a následného (nerozlišeného) vlaku může dojít k následujícím situacím:

- ETCS vlak a následně nerozlišený ETCS vlak – RBC obdrží 2 x PR a zároveň informaci o vjezdu jen jednoho vlaku od PN 1 – nerozlišení vlaku je možné odhalit, nejedná se o hazard,
- ETCS vlak a následně nerozlišený non-ETCS vlak – RBC obdrží 1 x PR a zároveň informaci o vjezdu jednoho vlaku od PN 1 (zaznamená vjezd ETCS vlaku) – nerozlišení vlaku se neodhalí; k hazardu dojde, pokud do sledovaného úseku vstoupí další ETCS vlak dříve, než dojde k napravení tohoto stavu (uvolnění sledovaného úseku),
- non-ETCS vlak a následně nerozlišený non-ETCS vlak – RBC neobdrží PR a zároveň obdrží informaci o vjezdu jednoho vlaku od PN 1 (zaznamená vjezd non-ETCS vlaku) –

nerozlišení vlaku se neodhalí; k hazardu dojde, pokud do sledovaného úseku vstoupí další ETCS vlak dříve, než dojde k napravení tohoto stavu (uvolnění sledovaného úseku),

- non-ETCS vlak a následně nerozlišený ETCS vlak – RBC obdrží 1 x PR a zároveň informaci o vjezdu jednoho vlaku od PN 1 (zaznamená vjezd ETCS vlaku) – nerozlišení vlaku se neodhalí; k hazardu dochází okamžitě – jakmile bude zmíněný non-ETCS vlak první v pořadí před hraničním návěstidlem, dojde k udělení nesprávného MA nerozlišenému ETCS vlaku.

Vzdálenost detektorů os byla stanovena na 24 m (viz kap. 2.3.1). V případě umístění PN za oddílové návěstidlo AB hazard při dodržení ustanovení předpisu [6] nevznikne (viz kap. 1.2.4).

Pokud strojvedoucí následného vlaku z jakéhokoliv důvodu poruší předpis [6] a u oddílového návěstidla s permissivní návěstí „Stůj“ nezastaví, k hazardu dojde, pokud bude mezi poslední nápravou předchozího vlaku a první nápravou následného vlaku vzdálenost menší, než:

$$d_{\text{krit}} = \frac{V_{\text{nv}}}{3,6} \cdot t_{\text{bezp}} + 24 \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (30)$$

$d_{\text{krit}}$ .....kritická vzdálenost, při které nedojde k rozlišení následného vlaku,  
 $V_{\text{nv}}$ .....rychlost následného vlaku,  
 $t_{\text{bezp}}$ .....stanovená bezpečnostní doba PN (viz kap. 2.2.2).

Po dosazení z [10], pro  $V_{\text{nv}} = 40 \text{ km.h}^{-1}$ :

$$d_{\text{krit}} = \frac{40}{3,6} \cdot 0,5 + 24 \approx 29,56 \text{ [m]}$$

Lze tedy prohlásit, že i při nezastavení následného vlaku u návěstidla s permissivní návěstí „Stůj“ nedojde k hazardnímu stavu, pokud je mezi krajními nápravami obou vlaků vzdálenost větší než 29,56 m (platí pro rychlost následného vlaku  $40 \text{ km.h}^{-1}$ ).

V případě umístění PN v prostoru stanice může k hazardnímu stavu dojít, pokud viditelnost poklesne pod cca 30 m a předchozí vlak zastaví tak, že jeho konec zůstal v úseku kontroly PN. Následný vlak se pak může (např. při jízdě na přivolávací návěst) k předchozímu vlaku přiblížit tak, že první náprava následného vlaku mine první detektor os PN ve směru jízdy. Vzniku hazardu lze předejít vhodným umístěním PN.

#### 2.4.2 Otázka správné detekce ETCS výbavy vlaku

Princip detekce ETCS výbavy vlaku spočívá v porovnávání časových značek PR a zpráv o obsazení a uvolnění úseku kontroly PN 1. RBC vede komunikaci jednak s PN

(prostřednictvím IXL) a jednak s mobilní částí zařízení ETCS. Hodiny těchto tří mezi sebou komunikujících objektů nejsou synchronizovány. RBC vede komunikaci s každým partnerem v čase jeho hodin a veškeré časové údaje přepočítává na čas svých hodin pomocí korekčního členu – tzv. odhad odchylky hodin (clock offset estimation).

Velikost odchylky hodin se určí speciální procedurou popsanou v [3], která je prováděna při navazování komunikace a dále pak vždy, když některé z komunikujících zařízení požádá o provedení aktualizace odchylky hodin. Tato procedura je založena na cyklickém posílání zprávy obsahující časové značky obou komunikujících zařízení. Velikost odchylky se pak vypočte z difference mezi časovou značkou vysílače a přijímače. Takto se určí tzv. minimální a maximální odhad odchylky hodin. Skutečná odchylka hodin komunikujících zařízení leží vždy v intervalu mezi oběma odhady. Délka tohoto konfidenčního intervalu ( $\Delta t_{odh}$ ) závisí na zpoždění přenosu zprávy (konkrétně je absolutní hodnota rozdílu obou odhadů rovna součtu přenosových zpoždění za jeden komunikační cyklus vysílač  $\rightarrow$  přijímač  $\rightarrow$  vysílač). V dalších výpočtech budou uvažovány nejnepříznivější hodnoty dle následující Tab. 2.1.

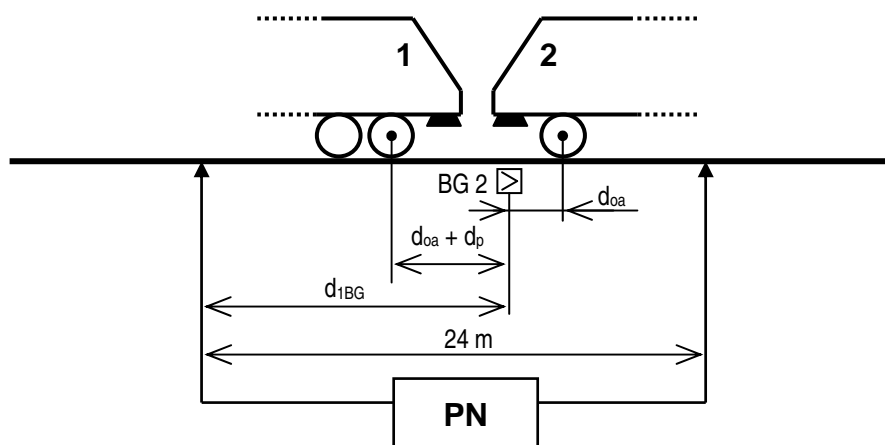
Označ.	Název	Hodnota	Poznámka
$t_{p\_PN}$	max. doba přenosu informace mezi PN a RBC při proceduře odhadu odchylky hodin	1 s	
$t_{p\_GSM-R}$	max. doba přenosu informace mezi mobilní částí a RBC při proceduře odhadu odchylky hodin	1 s	
$\Delta t_{odh\_PN}$	max. délka konfidenčního intervalu odhadu odchylky hodin PN	2 s	2. $t_{p\_PN}$
$\Delta t_{odh\_GSM-R}$	max. délka konfidenčního intervalu odhadu odchylky hodin mobilní části	2 s	2. $t_{p\_GSM-R}$

Tab. 2.1 Uvažované časové parametry odhadu odchylky hodin

Na tomto místě je vhodné poznamenat, že pokud dojde při proceduře odhadu odchylky hodin k momentálnímu zhoršení přenosových podmínek (ať už v síti GSM-R, nebo v komunikačním řetězci PN  $\rightarrow$  IXL  $\rightarrow$  IRI  $\rightarrow$  RBC), výsledkem bude delší konfidenční interval  $\Delta t_{odh}$ . Hodnota tohoto parametru je RBC známa a v případě překročení hodnot uvažovaných v Tab. 2.1 je možno iniciovat bezpečnou reakci. Z tohoto důvodu není potřeba ošetřovat možné výkyvy kvality spojení uvažováním pesimistických hodnot parametrů jako v Tab. 1.1.

RBC porovnává časové značky zpráv od dvou zdrojů (mobilní část a PN 1). Identifikace ETCS výbavy vlaku při nejkratším možném intervalu mezi následnými vlaky (který je určen rozlišovací schopností PN – viz kap. 2.4.1) lze dosáhnout tehdy, pokud uvažovaný konfidenční interval odhadu odchylky hodin je menší, než nejmenší možná

diference časových značek zpráv od PN a od mobilní části. Tyto časy lze odvodit z uspořádání PN 1 a BG 2 (viz Obr. 2.5), které vyplývá z (29).



Obr. 2.5 Poloha mobilní části při nejčasnějším (1) a nejpozdějším (2) zaslání PR

### Nejkratší čas mezi obsazením úseku kontroly PN 1 a zasláním PR

Jedná se o jízdu vlaku s anténou umístěnou nejdále před první nápravou. Tento vlak jede maximální rychlostí  $V_{\max 1}$ , kontaktuje BG 2 na nejdelší možnou vodorovnou vzdálenost od antény a okamžitě pošle PR. Tedy platí:

$$t_{1\_min} = 3,6 \cdot \frac{d_{1BG} - d_{oa} - d_p}{V_{\max 1}} = 3,6 \cdot \frac{15,7 - 2,2 - 1,3}{160} \approx 0,28 \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (31)$$

- $t_{1\_min}$ .....nejkratší čas mezi obsazením úseku kontroly PN 1 a zasláním PR,
- $d_{1BG}$ .....vzdálenost BG 2 od prvního detektoru os,
- $d_{oa}$  .....maximální vodorovná vzdálenost referenční značky na anténě od osy první nápravy vozidla,
- $d_p$  .....vodorovná vzdálenost mezi referenční značkou na anténě a geometrickým středem balízy, při které již může dojít k přečtení telegramu,
- $V_{\max 1}$  .....maximální uvažovaná rychlost vlaku.

### Nejkratší čas mezi zasláním PR a uvolněním úseku kontroly PN 1

Jedná se o jízdu vlaku s anténou umístěnou nejdále za první nápravou. Tento vlak jede maximální rychlostí  $V_{\max 2}$  a kontaktuje BG 2 až v okamžiku, kdy je anténa nad touto BG; zaslání PR je s největším uvažovaným zpožděním (viz Tab. 1.1). Informace o uvolnění úseku kontroly PN 1 je vygenerována za  $t_{bezp}$  po jeho uvolnění. Tedy platí:

$$t_{2\_min} = 3,6 \cdot \frac{d_{BG2} - d_{oa}}{V_{\max 2}} - t_{zpr\_EVC\_max} + t_{bezp} = 3,6 \cdot \frac{8,3 - 2,2}{80} - 0,5 + 0,5 \approx 0,28 \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (32)$$

- $t_{2\_min}$ .....nejkratší čas mezi zasláním PR a uvolněním úseku kontroly PN 1,
- $d_{BG2}$ .....vzdálenost BG 2 od druhého detektoru os,

- $d_{oa}$  .....maximální vodorovná vzdálenost referenční značky na anténě od osy první nápravy vozidla,  
 $V_{max2}$  .....maximální uvažovaná rychlost vlaku,  
 $t_{zpr\_EVC\_max}$  .....maximální doba zpracování informace v EVC,  
 $t_{bezp}$  .....stanovená bezpečnostní doba PN (viz kap. 2.2.2).

Vypočtené časy jsou menší než uvažované konfidenční intervaly z Tab. 2.1. To znamená, že takto navržený systém není schopen bezpečně detekovat ETCS výbavu vlaku při nejkratším možném intervalu mezi následnými vlaky (který je dán rozlišovací schopností PN). Při takovém intervalu by nebylo možné jednoznačně přiřadit PR ke zprávám o uvolnění/obsazení úseku kontroly PN 1. Podmínkou bezpečné detekce ETCS výbavy je tedy odstup mezi následnými vlaky takový, aby byl zajištěn dostatečný rozdíl hodnot časových značek zpráv o uvolnění a následném obsazení úseku kontroly PN 1. Tento rozdíl musí umožnit nepochybné přiřazení PR ke dvojici zpráv o obsazení a uvolnění výše zmíněného úseku při uvažovaných konfidenčních intervalech odhadu odchylky hodin. Je nutno specifikovat následující parametry:

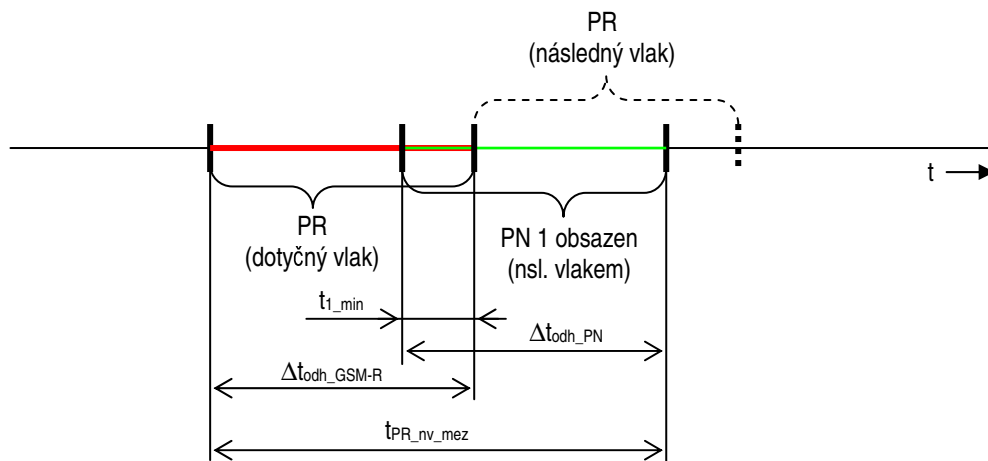
- nejkratší doba mezi zasláním PR a obsazením úseku kontroly PN 1 následným vlakem, při které je možné detekovat sekvenci vjezdů ETCS a non-ETCS vlaku,
- nejkratší doba mezi uvolněním úseku kontroly PN 1 a zasláním PR od následného vlaku, při které je možné detekovat sekvenci vjezdů non-ETCS a ETCS vlaku.

### **Sekvence ETCS a non-ETCS vlak**

Nejnepříznivější situace v tomto případě nastane, pokud ETCS vlak zašle PR co nejpozději. Je potřeba počítat s nejvyšší uvažovanou hodnotou časové značky PR a s nejnižší uvažovanou hodnotou časové značky zprávy o obsazení úseku kontroly PN 1. Rozdíl mezi těmito časy musí být takový, aby neexistovala možnost, že PR byl poslán následným vlakem.

$$t_{PR\_nv\_mez} = \Delta t_{odh\_GSM-R} + \Delta t_{odh\_PN} - t_{1\_min} = 2 + 2 - 0,28 = 3,72 [s], \text{ kde} \quad (33)$$

- $t_{PR\_nv\_mez}$  .....mezní rozdíl časových značek PR a informace o obsazení úseku kontroly PN 1 (následným vlakem), při kterém již může dojít k přiřazení PR následnému vlaku,  
 $\Delta t_{odh\_GSM-R}$  .....max. délka konfidenčního intervalu odhadu odchylky hodin mobilní části,  
 $\Delta t_{odh\_PN}$  .....max. délka konfidenčního intervalu odhadu odchylky hodin PN,  
 $t_{1\_min}$  .....nejkratší čas mezi obsazením úseku kontroly PN 1 a zasláním PR.



Obr. 2.6 Grafické znázornění rovnice (33)

Poslední člen této rovnice znamená respektování faktu, že následný vlak může případně poslat svůj PR nejdříve za čas  $t_{1\_min}$  po obsazení úseku kontroly PN 1.

Při zjednodušujícím (bezpečném) předpokladu, že ETCS vlak vstoupil do úseku kontroly PN 1 nejpozději v čase  $t_{1\_min}$  před zasláním svého PR, vyjde minimální požadovaný časový odstup mezi následnými vlaky  $\Delta t_{odh\_GSM-R} + \Delta t_{odh\_PN} = 4$  s.

### Sekvence non-ETCS a ETCS vlak

Nejnepříznivější situace v tomto případě nastane, pokud ETCS vlak zašle PR co nejdříve. Je potřeba počítat s nejvyšší uvažovanou hodnotou časové značky zprávy o uvolnění úseku kontroly PN 1 a s nejnižší uvažovanou hodnotou časové značky PR. Rozdíl mezi těmito časy musí být takový, aby neexistovala možnost, že PR byl poslán předchozím vlakem.

$$t_{pv\_PR\_mez} = \Delta t_{odh\_GSM-R} + \Delta t_{odh\_PN} - t_{2\_min} = 2 + 2 - 0,28 = 3,72 \text{ [s]}, \text{ kde} \quad (34)$$

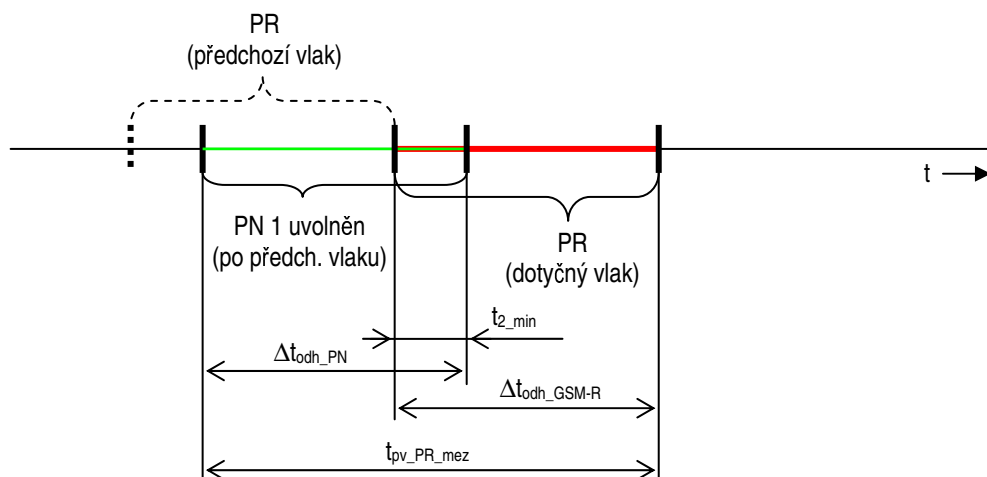
$t_{pv\_PR\_mez}$ .....mezní rozdíl časových značek informace o uvolnění úseku kontroly PN 1 a PR (od následného vlaku), při kterém již může dojít k přiřazení PR předchozímu vlaku,

$\Delta t_{odh\_GSM-R}$  .....max. délka konfidenčního intervalu odhadu odchylky hodin mobilní části,

$\Delta t_{odh\_PN}$  .....max. délka konfidenčního intervalu odhadu odchylky hodin PN,

$t_{2\_min}$ .....nejkratší čas mezi zasláním PR a uvolněním úseku kontroly PN 1.





Obr. 2.7 Grafické znázornění rovnice (34)

Poslední člen této rovnice znamená respektování faktu, že předchozí vlak mohl případně poslat svůj PR s časovou značkou alespoň o  $t_{2\_min}$  nižší, než je časová značka informace o uvolnění úseku kontroly PN 1.

Při zjednodušujícím (bezpečném) předpokladu, že začátek ETCS vlaku mine konec úseku kontroly PN 1 v čase  $t_{2\_min}$  po zaslání svého PR, vyjde opět minimální požadovaný časový odstup mezi následnými vlaky  $\Delta t_{odh\_GSM-R} + \Delta t_{odh\_PN} = 4$  s.

Lze tedy konstatovat, že bezpečné rozpoznání ETCS výbavy vlaku je možno garantovat, pokud k zaslání PR dojde nejpozději 3,72 s před obsazením úseku kontroly PN 1 následným vlakem a nejdříve 3,72 po vzniku informace o uvolnění úseku kontroly PN 1 předchozím vlakem. Tomuto požadavku odpovídá (při zjednodušení) minimální časový odstup mezi koncem předchozího a začátkem následného vlaku 4 s.

## 2.5 Závěr

Tuto metodu lze použít jak u permisivního tak u absolutního hraničního návěstidla. Z hlediska funkčnosti je třeba zajistit, aby nedošlo k vjezdu následného vlaku do úseku kontroly PN 1 či PN 2 ještě před tím, než tento úsek uvolnil předchozí vlak. Pokud se tak stane u PN 2, nedojde k hazardnímu stavu, ale pouze k provozním nepříjemnostem (nebude uděleno MA dle podmínek za hranicí). Hazardní stav však nastane, pokud k výše zmíněné situaci dojde u PN 1.

V případě umístění PN 1 za permisivním návěstidlem je bezpečnost zajištěna příslušným ustanovením předpisu [6]. I při jeho porušení nastane hazardní stav jen tehdy, pokud je mezi nejbližšími nápravami následných vlaků vzdálenost menší než 29,56 m (pro

rychlost následného vlaku  $40 \text{ km.h}^{-1}$ ). Lze tedy říci, že při tomto umístění PN 1 nenastává téměř žádné riziko hazardu.

V případě umístění PN 1 v prostoru stanice může k hazardu dojít při použití přivolávací návěsti, a to zejména v případě poklesu viditelnosti pod cca 30 m. Pravděpodobnost vzniku hazardu lze snížit vhodným umístěním PN 1 (např. za vjezdové návěstidlo).

Při použití této metody nedochází k přechodnému udělení nesprávného MA, tudíž neexistuje riziko plynoucí z uplatnění nesprávného (více dovolujícího) MA.

Rozpoznání ETCS výbavy vlaku lze garantovat při časovém odstupu následných vlaků alespoň 4 s. Toto platí pro délky konfidenčních intervalů odhadu odchylky hodin dle Tab. 2.1. Takovýto odstup následných vlaků je podle (10) zajištěn při dodržení předpisu [6] vždy. V případě nedodržení tohoto odstupu nevzniká hazardní stav, pouze nedojde k udělení MA dle podmínek za hranicí. Prodloužení některého z konfidenčních intervalů nad maximální hodnotu uvažovanou v Tab. 2.1 má za následek zvýšení časového odstupu následných vlaků potřebného k udělení MA dle podmínek za hranicí. Není-li tento odstup dodržen, opět nevznikne hazardní stav, ale pouze nedojde k udělení MA dle podmínek za hranicí.

Bezpečnost této metody je zajištěna dle stávajících provozních předpisů, pouze v případě umístění PN 1 v prostoru stanice by bylo vhodné doplnění např. staničního řádu o provozní ustanovení, které sníží pravděpodobnost nerozlišení vlaku.

## **2.6 Konečné porovnání jednotlivých metod**

Níže uvedená Tab. 2.2 porovnává vybrané vlastnosti všech metod popsaných v této práci. Vyplývá z ní hlavní výhoda metody s počítači náprav proti ostatním metodám – vysoká dostupnost MA dle podmínek za hranicí (v případě permissivního hraničního návěstidla při dodržení předpisu [6] dojde k udělení tohoto MA vždy). Výhoda metod s přepínatelnou balízou – rozlišení sekvence non-ETCS a ETCS vlaku za každé uvažované situace – je převážena relativně velmi nízkou dostupností MA dle podmínek za hranicí. Nejvyšší náklady vykazuje metoda s počítači náprav (požadovány jsou dva úseky kontroly PN a jedna BG nad rámec prvků z kap. 1.1.3), naopak nejnižší náklady (žádné prvky na trati mimo prvků z kap. 1.1.3) jsou u metody se sledováním prodlevy mezi obsazením KÚ za hranicí a příchodem PR.

	<b>Probleva mezi obsazením KÚ 1 a PR kap. 1.2</b>	<b>Přepínatelná přihlašovací balíza kap. 1.3</b>	<b>Přepínatelná balíza s paketem 90 kap. 1.4</b>	<b>Použití PN kap. 2</b>
Možnost použití s absolutním hraničním návěstidlem	NE	ANO	ANO	ANO
Minimální odstup následných vlaků pro udělení MA dle podmínek za hranicí	23,5 s	2 089 m (2 oddíly)	556 m (1 oddíl)	4 s
Reakce systému, pokud je mezera mezi vlaky menší než v předchozím řádku a větší než v následujícím řádku	Udělí na přechodnou dobu nesprávné MA	Neudělí MA, nutno ručně navázat spojení	Udělí nadbytečně restriktivní MA (neudělí MA)	Udělí nadbytečně restriktivní MA
Minimální odstup následných vlaků pro rozpoznání předchozího i následného vlaku	15,75 s	VŽDY ROZPOZNÁ	VŽDY ROZPOZNÁ	24 m + 0,5 s
Prvky na trati speciálně potřebné pro danou metodu	ŽÁDNÉ	přepínatelná BG	přepínatelná BG	2 x PN, pevná BG

*Tab. 2.2 Porovnání jednotlivých řešení vstupu vlaku do oblasti L2*

## 3 VÝBĚR ZPŮSOBU FORMALIZACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ FUNKCE VSTUP VLAKU DO OBLASTI ETCS L2

### 3.1 Výběr formální metody

Formalizace je vyjádření struktury či chování jistého systému nebo jen jeho části. Účelem formalizace je usnadnění a zefektivnění komunikace mezi jednotlivými účastníky procesu vývoje systému, popř. i s jeho budoucími či současnými uživateli. Použitá formální metoda by obecně měla být schopna popsat daný systém s dostatečnou přesností a výstižností (vyjadřovací schopností).

Touto problematikou se zabývá práce [11]. V ní jsou popsány následující tři často používané formální metody – konečné stavové automaty, Petriho sítě a jazyk UML.

Po zvážení výhod a nevýhod těchto tří popisovaných metod je ve výše zmíněné práci doporučena nejvhodnější oblast použití pro každou metodu. Z tohoto závěru vyplývá, že v počáteční fázi vývoje složitějšího systému je vhodným způsobem formalizace objektivě orientovaný **jazyk UML**.

Jeho výhodou je absence rozsáhlejšího matematického aparátu (což by mělo mít za následek snadnější osvojitelnost této formální metody pro běžného uživatele), velké množství typů diagramů (různých pohledů na systém) a možnost relativně snadné specifikace funkčních požadavků na navrhovaný systém (scénáře případů užití). Hlavními nevýhodami (které vyplývají z nepřítomnosti matematického aparátu) jsou možná nejednoznačnost modelu a jeho obtížná simulace.

### 3.2 Výběr nástroje

Výběrem vhodného objektivě orientovaného nástroje pro podporu analýzy a návrhu aplikací (tzv. CASE nástroje) k formalizaci specifických funkcí železničních zabezpečovacích zařízení v jazyce UML se zabývá práce [9]. Jsou zde porovnávány dva CASE nástroje – StarUML verze 5.0 (Open Source) a Enterprise Architect verze 7.0 od firmy Sparx Systems.

V závěru výše uvedené práce je jako vhodnější z těchto dvou nástrojů označen Enterprise Architect. Jako výhody oproti StarUML jsou zde uvedeny vyšší stabilita aplikace, větší počet podporovaných diagramů, lepší provázanost mezi jednotlivými elementy modelu a lepší vizuální vzhled diagramů.

Pro vytvoření modelu funkce z kap. 2 této práce byla autorovi firmou AŽD Praha, s. r. o., zapůjčena licence pro **Enterprise Architect 7.0** ve variantě **desktop**.

## 4 MODEL NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ FUNKCE VSTUP VLAKU DO OBLASTI ETCS L2

### 4.1 Úvod

V kapitole 3 byl jako vhodný způsob formalizace vybrán jazyk UML. Modelování v UML je realizováno především vytvářením různých typů diagramů, z nichž každý typ představuje poněkud odlišný pohled na modelovaný systém. Podle specifikací UML verze 2.1.2 zahrnuje tento jazyk 13 různých typů diagramů. Z nich byly pro účely vytvoření modelu navrhovaného řešení vstupu vlaku do oblasti ETCS L2 vybrány následující:

- diagram případů užití
- diagram tříd
- stavový diagram
- sekvenční diagram
- diagram aktivit

Těchto pět pohledů na modelovanou funkci by mělo být pro její dostatečně přesné popsání postačující.

### 4.2 Případy užití

#### 4.2.1 Scénáře případů užití

Případ užití (use case, UC) představuje jeden z možných způsobů použití systému. Vyjadřuje, co má systém udělat, ale nikoliv jak to má udělat. Průběhy jednotlivých případů užití se zapisují do scénářů případů užití. Každý takový scénář obsahuje určení primárního aktéra (tj. objekt, kterého se dotýčný případ užití nejvíce týká). V tomto případě se jedná vždy o RBC, jelikož modelovaná funkce je jednou z funkcí RBC.

Další nedílnou součástí každého UC jsou vstupní podmínky (tj. co musí být splněno, aby mohl být UC spuštěn) a spouštěcí událost (která způsobí spuštění UC). Vlastní průběh UC je zaznamenán ve strukturované formě. Nejprve je popsán předpokládaný základní „hladký“ průběh UC jako tzv. hlavní úspěšný scénář. V tomto scénáři jsou body u kterých je možné rozvětvení do odlišného průběhu UC (v závislosti na splnění či nesplnění jistých podmínek) doplněny poznámkou o možném alternativním průběhu. Scénáře alternativních průběhů jsou pak uvedeny pod hlavním scénářem jako jeho rozšíření. Logická návaznost jednotlivých alternativ je naznačena víceúrovňovým číslováním (kde body zakončené číslem

označují jednotlivé body průběhu a body zakončené písmenem počátky nových alternativních větví). Scénáře rovněž obsahují odkazy na související konkrétní články specifikací [1].

Při vytváření scénářů případů užití byl nejprve popsán základní průběh celé procedury vstupu vlaku do L2 při použití modelované funkce. K tomuto průběhu byly posléze připojeny všechny uvažované alternativní průběhy této procedury. Vzniklý komplexní scénář byl poté rozdělen na devět dílčích scénářů. Tento postup byl zvolen za účelem nalezení nejvhodnějších okamžiků pro rozdělení scénáře a tedy minimalizace skoků mezi jednotlivými dílčími scénáři. Zmíněné scénáře jsou uvedeny v příloze č. 2.

#### **4.2.2 Diagram případů užití**

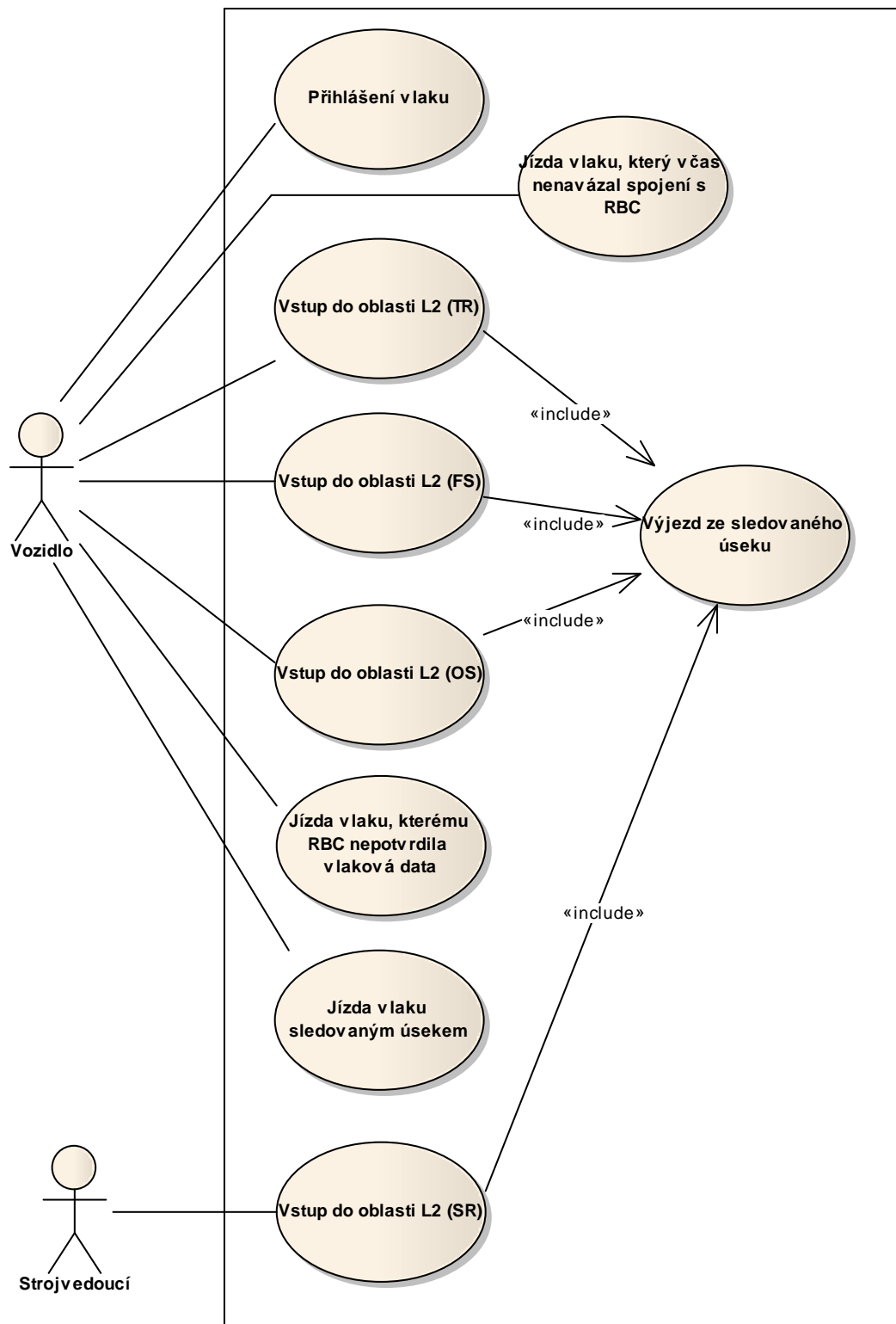
Diagram případů užití zachycuje vztahy mezi případy užití a jejich aktéry a mezi jednotlivými UC samotnými. Na Obr. 4.1 je diagram případů užití pro modelovanou funkci. Aktéři (vozidlo a strojvedoucí) mohou spouštět jim příslušné případy užití. Použitá relace <<include>> znázorňuje, že UC „Výjezd ze sledovaného úseku“ se vkládá do naznačených případů užití (s nimiž je v této relaci). Sám o sobě tento UC nemůže být spuštěn (nemá smysl). Jedná se o vytknutou část scénáře, která je společná více případům užití.

### **4.3 Diagram tříd**

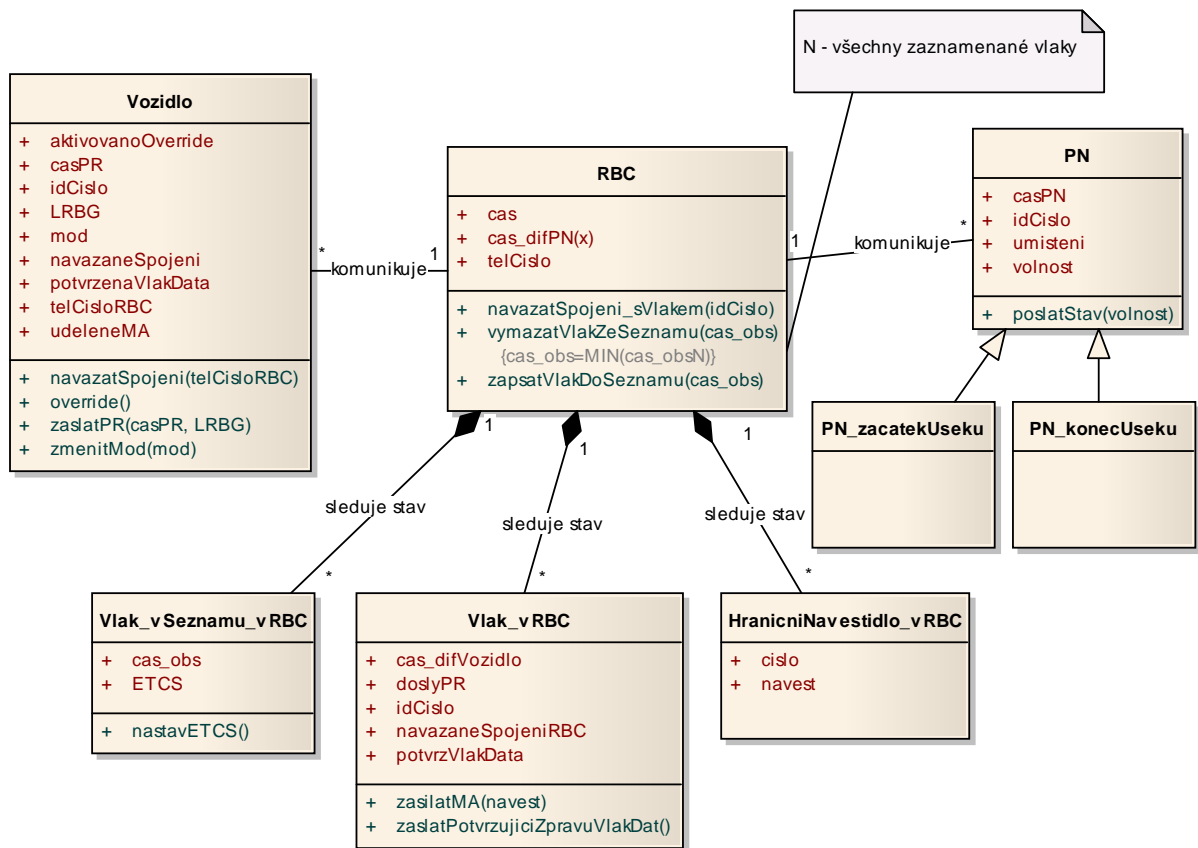
Diagram tříd (class diagram) znázorňuje jednotlivé třídy modelu a vztahy mezi nimi. Každý objektově orientovaný model se skládá z jednotlivých objektů (tj. komponent systému). Objekt je seskupení určitých informací a funkcí, slouží k vykonávání určitých činností. Objekt je též instancí třídy. To znamená, že z každé třídy lze vytvořit libovolné množství objektů.

Diagram tříd modelované funkce je na Obr. 4.2. Třída RBC modeluje veškerou funkcionalitu RBC s výjimkou tří funkcí důležitých pro vstup vlaku (tyto jsou modelovány samostatnými třídami, spojenými s RBC vztahem kompozice). RBC komunikuje s mobilními částmi zařízení ETCS (třída Vozidlo) a s počítači náprav (třída PN).

Atributy RBC jsou interní čas hodin, množina zjištěných odhadů odchylek hodin RBC od hodin jednotlivých PN (cas\_dif(1) až cas\_dif(n), viz kap. 2.4.2) a unikátní telefonní číslo RBC. Operace, které je třída RBC schopna provést, jsou navázání spojení s mobilní částí (určitého identifikačního čísla), výmaz vlaku ze seznamu vlaků ve sledovaném úseku (konkrétně vlaku, který vstoupil do tohoto úseku nejdříve) a zápis nového vlaku do seznamu vlaků ve sledovaném úseku (s identifikací pomocí času obsazení PN na začátku tohoto úseku).



Obr. 4.1 Diagram případů užití



Obr. 4.2 Diagram tříd

V RBC běží tři skupiny algoritmů. Třída `Vlak_vSeznamu_vRBC` modeluje seznam vlaků ve sledovaném úseku. Tento algoritmus běží tolikrát, kolik vlaků se v tomto úseku nachází. Atributy jsou unikátní `cas_obs` (tj. odhadovaný čas obsazení PN na začátku úseku, vypočtený z `casPN` a `cas_difPN(n)`, jedná se o interval) a kvalifikátor `ETCS` (který označuje zjištění `ETCS` výbavy u tohoto vlaku). Operace `nastavETCS()` způsobí nastavení atributu `ETCS`.

Třída `Vlak_vRBC` modeluje abstrakci vlaku v RBC. Tento algoritmus běží tolikrát, kolik je vlaků pod dohledem RBC. Atributy jsou zjištěný odhad odchylky hodin RBC od hodin mobilní části (viz kap. 2.4.2); `LRBG` posledního zaznamenaného PR; unikátní identifikační číslo mobilní části; kvalifikátor určující zda RBC považuje spojení s vlakem za navázané a kvalifikátor určující zda RBC potvrdila vlaku vlaková data. Operace jsou zaslání `MA` podle návěsti hraničního návěstidla a zaslání potvrzení vlakových dat.

Třída `HranicniNavestidlo_vRBC` modeluje abstrakci hraničního návěstidla v RBC. Tento algoritmus běží tolikrát, kolik je v obvodu dané RBC hraničních návěstidel. Atributy jsou unikátní číslo návěstidla a aktuální návěst návěstidla. Ve skutečnosti by tento algoritmus



ještě komunikoval s reálným návěstidlem na trati, pro modelovanou funkci však není potřeba tento vztah uvažovat.

Třída Vozidlo modeluje mobilní část zařízení ETCS. Atributy jsou kvalifikátor určující zda je zvolena funkce „Override EoA“, čas hodin mobilní části, unikátní identifikační číslo mobilní části, aktuální LRBG, aktuální provozní mód, kvalifikátor určující zda má vozidlo navázané spojení s RBC, kvalifikátor určující zda má vozidlo potvrzená vlaková data, telefonní číslo RBC a mód uděleného MA v úseku za hranicí. Operace jsou navázání spojení s RBC daného tel. čísla, provedení procedury „Override EoA“, zaslání PR (s aktuálním časem a LRBG) a změna provozního módu.

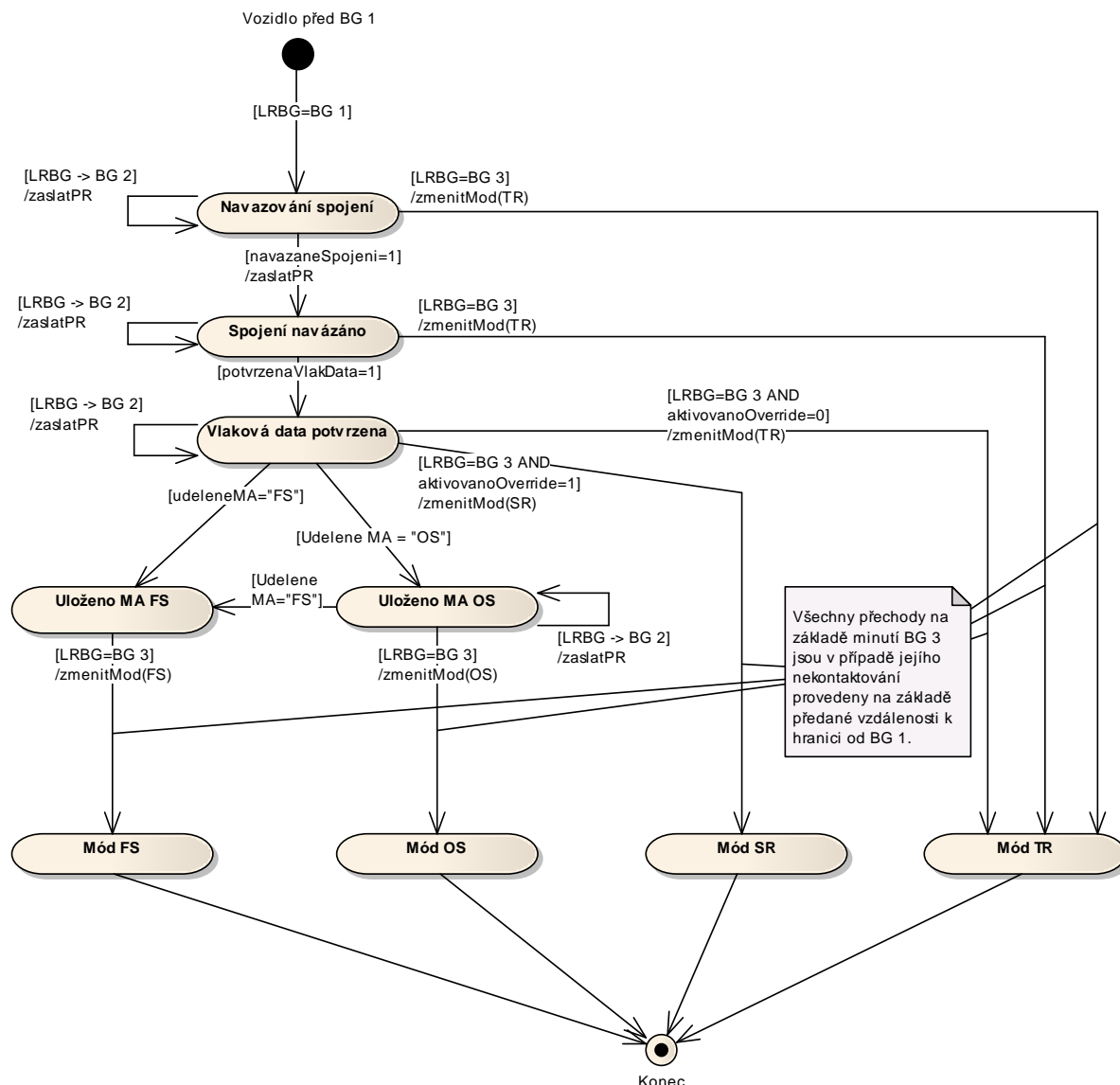
Třída PN modeluje počítač náprav. Jedná se o generalizaci tříd PN\_zacatekUseku a PN\_konecUseku, které modelují počítač náprav na začátku, resp. na konci sledovaného úseku. Atributy jsou čas hodin počítače náprav, unikátní identifikační číslo PN, kvalifikátor určující zda se jedná o PN na začátku či na konci úseku a aktuální stav volnosti PN. Operace poslatStav způsobí zaslání aktuální hodnoty atributu volnost.

## 4.4 Stavové diagramy

Stavový diagram (state machine diagram) slouží k popisu chování jednotlivých objektů systému v čase. Specifikuje možné stavy objektu, možné přechody mezi těmito stavy, podmínky těchto přechodů a činnosti které se v jednotlivých stavech či při jednotlivých přechodech vykonávají. Vytvářený model obsahuje čtyři stavové diagramy (pro každou třídu obsahující operaci, s výjimkou třídy RBC, která reprezentuje funkce RBC nepodílející se přímo na vstupu vlaku – viz kap. 4.3).

### 4.4.1 Vozidlo

Stavový diagram třídy Vozidlo (viz Obr. 4.3) začíná počátečním stavem „Vozidlo před BG 1“. Po minutí této BG následuje přechod do stavu „Navazování spojení“. Pokud vozidlo v tomto stavu mine hranici (BG 3), přejde do módu TR. Dojde-li k navázání spojení, pošle vozidlo PR a přejde do stavu „Spojení navázáno“. Pokud vozidlo v tomto stavu mine hranici (BG 3), rovněž přejde do módu TR. Jakmile dojde k potvrzení vlakových dat, vozidlo přejde do stavu „Vlaková data potvrzena“. Po udělení MA přejde vozidlo do stavu dle módu tohoto MA (v úseku za hranicí). V případě neudělení MA a minutí hranice vozidlo přejde buď do módu TR nebo (je-li zvoleno „Override EoA“) SR. V případě uděleného MA přejde vozidlo po minutí hranice do módu FS nebo OS (podle módu uděleného MA).



Obr. 4.3 Stavový diagram – Vozidlo

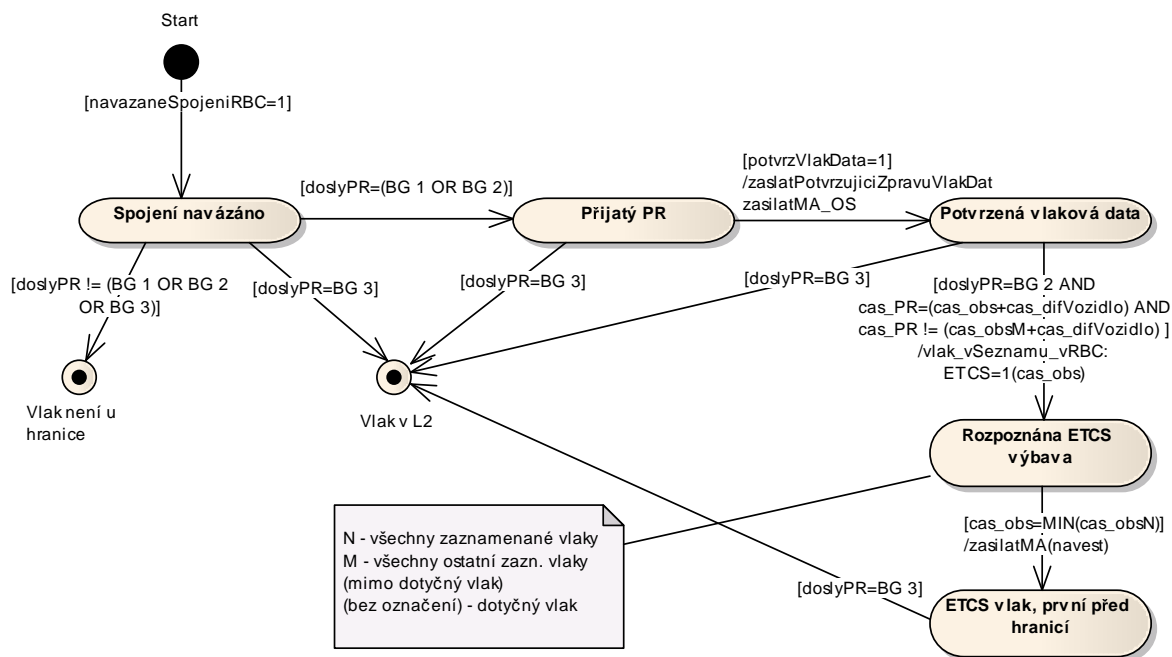
#### 4.4.2 Algoritmus vlaku v RBC

Stavový diagram třídy Vlak\_vRBC (viz Obr. 4.4) přejde z počátečního stavu (= spuštění tohoto algoritmu v RBC) po navázání spojení s vlakem. Nenachází-li se vlak v úseku mezi BG 1 a hranicí, je algoritmus ukončen. V opačném případě dojde přes stav „Přijatý PR“ k případnému potvrzení vlakových dat. Jsou-li data potvrzena, dojde k přechodu do stejnojmenného stavu a vlaku začne být periodicky posíláno MA pro mód OS (tento diagram modeluje pouze permissivní hraniční návěstidlo).

Dojde-li k vyhodnocení ETCS výbavy vlaku (tj. přiřazení času odeslání PR od BG 2 k výhradně jednomu času obsazení PN 1), nastaví se u tohoto vlaku příznak ETCS a následuje přechod do stavu „Rozpoznána ETCS výbava“. Jakmile dojde k vyhodnocení, že tento vlak je

první před hraničním návěstidlem (nejstarší z hlediska času vstupu do sledovaného úseku), začne se vlaku periodicky posílat MA podle návěsti hraničního návěstidla. V každém stavu může dojít k ukončení algoritmu (po příchodu PR od BG 3).

Zde je vhodné poznamenat, že pro účely modelu bylo použito zjednodušení způsobu zjištění ETCS výbavy vlaku – oproti kap. 2.4.2 se uvažuje porovnávání časové značky PR pouze s časovou značkou informace o obsazení PN na začátku sledovaného úseku.

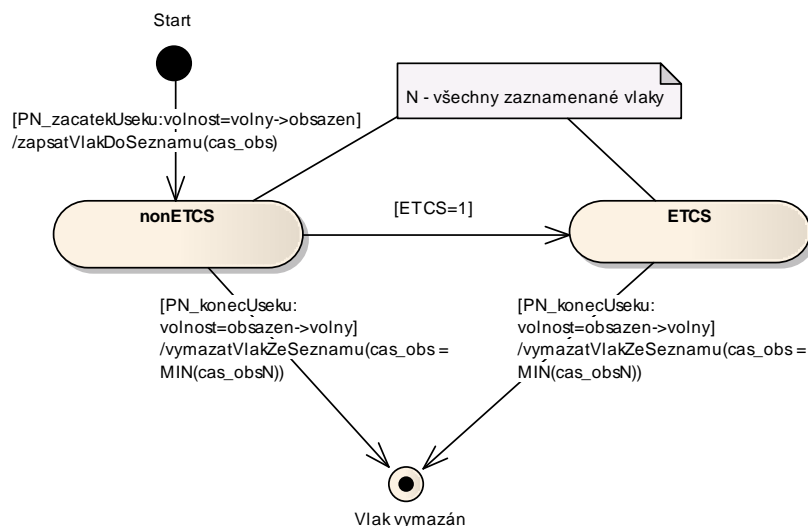


Obr. 4.4 Stavový diagram – Vlak\_vRBC

#### 4.4.3 Algoritmus vlaku v seznamu vlaků ve sledovaném úseku

Stavový diagram třídy Vlak\_vSeznamu\_vRBC (viz Obr. 4.5) přejde z počátečního stavu (= spuštění tohoto algoritmu v RBC) po obsazení PN na začátku sledovaného úseku. Do příchodu PR od BG 2 není známa ETCS výbava vlaku, proto je algoritmus nejprve ve stavu „nonETCS“. Došlo-li k vyhodnocení ETCS výbavy vlaku (viz kap. 4.4.2), je nastaven příznak ETCS u tohoto vlaku a to má za následek přechod algoritmu do stavu „ETCS“.

K ukončení algoritmu dojde po příchodu informace o uvolnění PN na konci sledovaného úseku, pokud byl tento algoritmus spuštěn nejdříve ze všech běžících algoritmů Vlak\_vSeznamu\_vRBC (tj. jedná se o nejstarší vlak v seznamu).

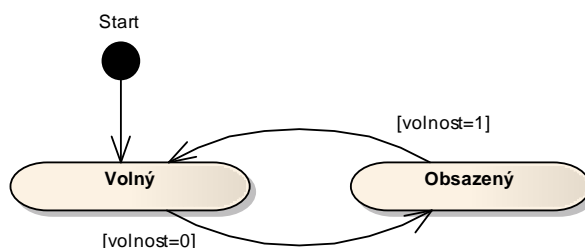


Obr. 4.5 Stavový diagram – Vlak\_vSeznamu\_vRBC

#### 4.4.4 Počítač náprav

Stavový diagram třídy PN je velmi jednoduchý (viz Obr. 4.6). Přejít z počátečního stavu do stavu „Volný“ odpovídá instalaci zařízení. Obdobný přechod do konečného stavu (snesení zařízení) zde není zakreslen (pro potřeby modelované funkce není důležitý).

Po celou dobu svého života vykonává PN přechody mezi stavy „Volný“ a „Obsazený“, v závislosti na změně hodnoty atributu volnost. Tento atribut se mění na popud vnitřní logiky počítače náprav, jejíž formalizace není pro modelování navrhované funkce zapotřebí.



Obr. 4.6 Stavový diagram – PN

## 4.5 Sekvenční diagramy

Sekvenční diagram (sequence diagram) zobrazuje komunikaci mezi jednotlivými objekty systému v čase a naznačuje činnosti, které jsou těmito objekty vykonávány. Vytvářený model obsahuje sedm sekvenčních diagramů, které převážně odpovídají jednotlivým případům užití (z důvodu rozsáhlosti problematiky je modelován pouze případ permissivního hraničního návěstidla). V některých případech je více UC sloučeno do jednoho

sekvenčního diagramu. Objekty odpovídající algoritmům běžícím v RBC jsou v diagramech pro větší přehlednost barevně odlišeny. Z důvodu prostorové náročnosti jsou obrázky se sekvenčními diagramy uvedeny v příloze č. 3.

#### 4.5.1 Přihlášení vlaku

Sekvenční diagram Přihlášení vlaku popisuje proceduru navázání spojení mobilní části zařízení ETCS a RBC. Minutí BG 1 (s příkazem k navázání komunikace) vyvolá v objektu Vozidlo operaci „navazatSpojeni“, jejíž parametr je předané telefonní číslo RBC. Tato operace vyvolá v objektu RBC obdobnou operaci „navazatSpojeni\_sVlakem“. V RBC se rozeběhne nový algoritmus Vlak\_vRBC (modelováno vytvořením nové instance této třídy).

Je-li spojení navázáno úspěšně, vyvolá se u vozidla operace „zaslatPR“ s parametry aktuální čas vozidla a LRBG. Po zaslání tohoto PR dojde k zaslání vlakových dat a k jejich potvrzení RBC. Následně začne RBC periodicky zasílat MA pro mód OS (fragment „loop posilaMA(OS)“) – je modelován případ permissivního hraničního návěstidla.

Není-li spojení navázáno úspěšně, RBC pošle vozidlu příkaz k ukončení komunikace a sama považuje komunikaci za ukončenou (zastavení algoritmu Vlak\_vRBC, tj. zánik stejnojmenného objektu).

#### 4.5.2 Jízda vlaku sledovaným úsekem

Sekvenční diagram Jízda vlaku sledovaným úsekem popisuje komunikaci v modelovaném systému v době od vstupu vlaku do sledovaného úseku před hranicí do udělení příslušného MA. Nejprve dojde k obsazení úseku kontroly PN na začátku sledovaného úseku. Toto vyvolá v PN operaci „poslatStav“ a následně v RBC operaci „zapsatVlakDoSeznamu“ s parametrem cas\_obs. Zápis vlaku do seznamu vlaků ve sledovaném úseku, tj. rozběh nového algoritmu Vlak\_vSeznamu\_vRBC, je modelován vytvořením nové instance této třídy.

Minutí BG 2 vyvolá v objektu Vozidlo operaci „zaslatPR“ s aktuálním časem vozidla a s LRBG = BG 2. Tento PR přijme RBC a zpracuje jej v příslušném algoritmu Vlak\_vRBC. Tento algoritmus předá některému z nadřazených algoritmů (objekt RBC) čas vozidla. Následně dojde k porovnání tohoto času a odhadovaných časů obsazení PN na začátku sledovaného úseku. Pokud lze PR od BG 2 jednoznačně přiřadit některému z běžících algoritmů Vlak\_vSeznamu\_vRBC (tj. vlaků ve sledovaném úseku), je v příslušném algoritmu nastaven příznak ETCS vlaku. Jakmile dojde k tomu, že cas\_obs tohoto algoritmu je nejmenší ze všech běžících algoritmů (tedy došlo k zastavení posledního staršího algoritmu na popud

PN na konci sledovaného úseku), začne být vlaku periodicky zasíláno MA podle návěsti hraničního návěstidla.

Pokud nelze PR od BG 2 jednoznačně přiřadit některému z běžících algoritmů Vlak\_vSeznamu\_vRBC (tj. vlaků ve sledovaném úseku), vlaku je dále periodicky zasíláno MA pro mód OS (které započalo po navázání komunikace – viz kap. 4.5.1 – je modelován případ permissivního hraničního návěstidla).

#### **4.5.3 Vstup do L2 (FS, OS)**

Sekvenční diagram Vstup do L2 (FS, OS) popisuje vlastní minutí hraniční balízy vozidlem, které má uložené MA pro úsek za hranicí. V diagramu jsou znázorněny tři možnosti takového vstupu.

Pokud přichází od hraničního návěstidla informace o tom, že dává dovolující návěst, je vlaku periodicky posíláno MA pro mód FS. Jakmile vozidlo mine hraniční BG 3, provede přechod z módu SN (UN) do módu FS.

Pokud přichází od permissivního hraničního návěstidla informace o tom, že dává návěst „Stůj“, je vlaku periodicky posíláno MA pro mód OS. Jakmile se návěst hraničního návěstidla změní na dovolující, začne být vlaku periodicky posíláno MA pro mód FS. Až vozidlo mine hraniční BG 3, provede přechod z módu SN (UN) do módu FS. Pokud ke změně návěsti hraničního návěstidla na dovolující nedojde do okamžiku minutí hraniční BG 3 vozidlem, vozidlo vykoná přechod z módu SN (UN) do módu OS.

#### **4.5.4 Vstup do L2 (override)**

Sekvenční diagram Vstup do L2 (override) popisuje vlastní minutí hraniční balízy vozidlem, které nemá uložené MA pro úsek za hranicí. V diagramu jsou znázorněny tři možnosti takového vstupu.

Pokud je rychlost vozidla menší než národní hodnota  $V\_NVALLOWOVTRP$  (národní hodnota pro zpřístupnění funkce „Override EoA“), je strojvedoucímu nabídnuta možnost tuto funkci zvolit. Pokud tak učiní, je na přechodnou dobu  $T\_NVOVTRP$  a vzdálenost  $D\_NVOVTRP$  potlačen přechod do módu TR. Pokud během doby tohoto potlačení vozidlo mine hraniční BG 3, přejde do módu SR. Pokud strojvedoucí funkci „Override EoA“ před minutím BG 3 nezvolí, vozidlo přejde po minutí hranice do módu TR. Totéž se stane, pokud vozidlo mine hranici až po vypršení doby (resp. vzdálenosti) potlačení přechodu do módu TR.

#### 4.5.5 Výjezd ze sledovaného úseku

Sekvenční diagram Výjezd ze sledovaného úseku popisuje vymazání vlaku ze seznamu vlaků ve sledovaném úseku. Uvolnění úseku kontroly PN na konci sledovaného úseku vyvolá v tomto objektu operaci „poslatStav“. Příchod této informace do RBC způsobí zastavení algoritmu Vlak\_vSeznamu\_vRBC, jehož cas\_obs je nejmenší z hodnot cas\_obs všech běžících algoritmů (tj. dojde k vymazání nejstaršího záznamu o vstupu vlaku). To může mít za následek započetí zasílání MA dle návěsti hraničního návěstidla následnému vlaku (viz kap. 4.5.2).

#### 4.5.6 Jízda bez potvrzených vlakových dat

Sekvenční diagram Jízda bez potvrzených vlakových dat popisuje vstup vlaku, kterému RBC nepotvrdila vlaková data. Pro úplnost začíná diagram procedurou navazování spojení, která je stejná jako v kap. 4.5.1. Po navázání spojení dojde k zaslání PR a vlakových dat. RBC však vlaková data nepotvrdí a nezačne vlaku posílat MA pro mód OS.

Po obsazení úseku kontroly PN na začátku sledovaného úseku dojde k zápisu vlaku do seznamu vlaků ve sledovaném úseku (modelováno vznikem nové instance třídy Vlak\_vSeznamu\_vRBC). Po minutí BG 2 vlak pošle PR, to však nemá žádný efekt v RBC. Ve specifikacích [1] je uvedeno, že nejsou-li potvrzena vlaková data, mobilní část nezpřístupní funkci „Override EoA“. Vozidlo tedy po minutí BG 3 přejde do módu TR.

#### 4.5.7 Jízda vlaku, který včas nenavázal spojení

Sekvenční diagram Jízda vlaku, který včas nenavázal spojení, popisuje vstup vlaku, který nestihl navázat spojení tak včas, aby mohl poslat PR po minutí BG 2 (procedura navazování spojení však mohla začít ještě před minutím této BG, v diagramu je pro lepší srozumitelnost uvažován začátek navazování spojení až po minutí BG 2).

Po obsazení úseku kontroly PN na začátku sledovaného úseku dojde k zápisu vlaku do seznamu vlaků ve sledovaném úseku (modelováno vytvořením nové instance třídy Vlak\_vSeznamu\_vRBC). Pokud se vozidlo pokouší navazovat spojení s RBC, je důsledkem toho v RBC rozběh nového algoritmu Vlak\_vRBC (modelováno vytvořením nové instance této třídy).

Je-li spojení navázáno úspěšně, vyvolá se u vozidla operace „zaslatPR“ s parametry aktuální čas vozidla a LRBG. Po zaslání tohoto PR dojde k zaslání vlakových dat a k jejich potvrzení RBC. Pokud do této doby vlak nedojel k hraniční BG 3, začne RBC periodicky zasílat MA pro mód OS – je modelován případ permissivního hraničního návěstidla.

Pokud se navázání spojení a potvrzení vlakových dat nestihne do příjezdu vlaku k BG 3, dojde po minutě této BG k přepnutí vozidla do módu TR.

## 4.6 Diagramy aktivit

Diagram aktivit (neboli diagram činností; activity diagram) zobrazuje jednotlivé kroky běžícího procesu či funkce. Podobá se běžnému vývojovému diagramu. Doplnuje stavový diagram (narozdíl od něj je však zde kladen důraz nikoliv na stavy, ale na přechody mezi nimi).

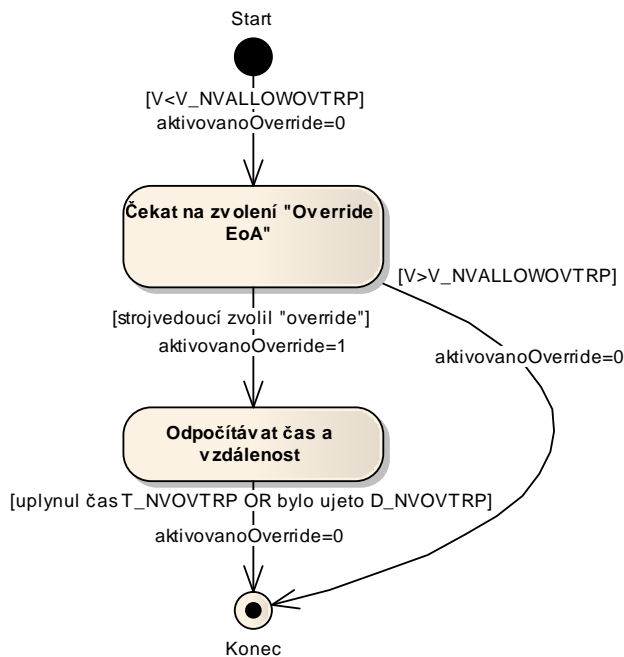
Vytvářený model obsahuje tři diagramy aktivit, které modelují vybrané operace. Vozidlo, přestože se jedná o funkčně relativně složitý celek, je v diagramu tříd (narozdíl od RBC) zobrazeno jen jedinou třídou. Formalizace vozidla je tedy zlepšena zobrazením dvou jeho operací diagramem aktivit. Třetí diagram aktivit zobrazuje operaci ze třídy `Vlak_vSeznamu_vRBC`. Ostatní operace v modelu se vyskytující buď mají elementární charakter (např. poslání stavu PN), nebo se týkají komunikace a protokolu Euroradio, proto nejsou podrobněji rozebírány diagramem aktivit.

### 4.6.1 Override

Diagram aktivit „Override“ (viz Obr. 4.7) popisuje funkci „Override EoA“. Podmínkou možnosti jejího zvolení je rychlost vlaku nižší, než národní hodnota `V_NVALLOWOVTRP`. Je-li splněna, čeká se na volbu strojvedoucího. Pokud rychlost vlaku vzroste nad výše zmíněnou hodnotu, aktivita se ukončí (mobilní část přestane nabízet zvolení této funkce).

Pokud strojvedoucí zvolí „Override EoA“, nastaví se příslušný atribut vozidla a začne se odpočítávat čas a vzdálenost potlačení přechodu do módu TR. Dojde-li k uplynutí příslušného času (resp. ujetí vzdálenosti), je funkce „Override EoA“ ukončena a příslušný atribut se nastaví zpět do základního stavu.

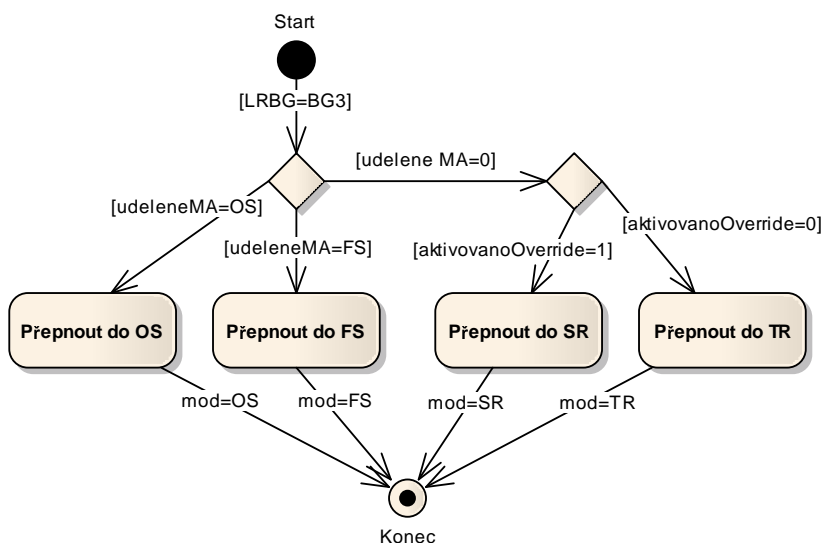




Obr. 4.7 Diagram aktivit – Override

#### 4.6.2 Změna módu

Diagram aktivit „zmenitMod“ (viz Obr. 4.8) popisuje logiku změny provozního módu vozidla po minutí hraniční BG 3. Operace „zmenitMod“ se spustí po minutí této balízy. Pokud má vlak uložené MA pro mód FS či OS v úseku za hranicí, dojde k přepnutí vozidla do tohoto módu a algoritmus se ukončí. Pokud vlak nemá uložené MA pro úsek za hranicí, začne se zkoumat, zda je aktivována funkce „Override EoA“ (viz kap. 4.6.1). Pokud je funkce aktivní, vozidlo se přepne do módu SR. V opačném případě vykoná přechod do módu TR. Po přepnutí módu se algoritmus ukončí.

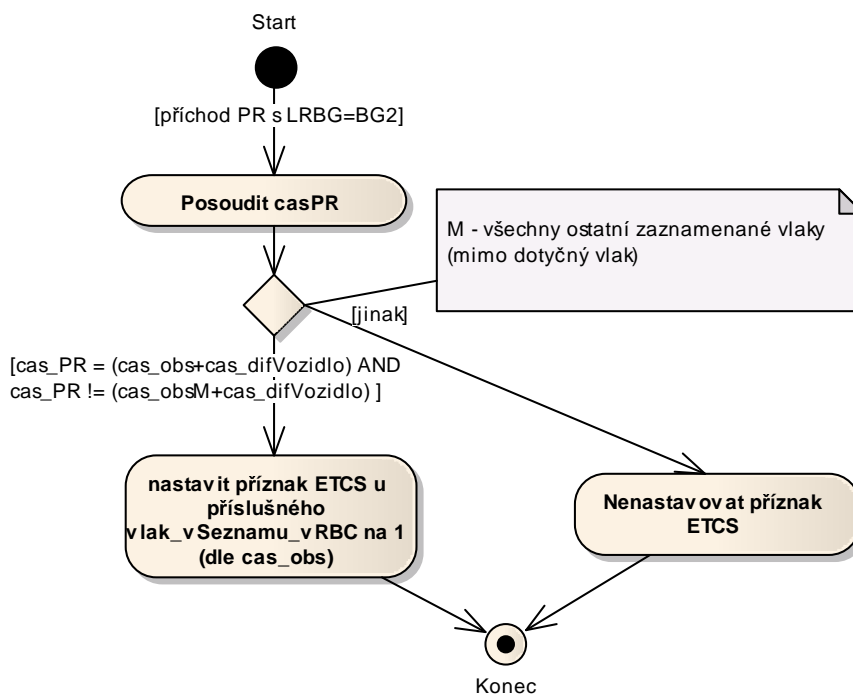


Obr. 4.8 Diagram aktivit – zmenitMod

### 4.6.3 Nastavení příznaku ETCS vlaku

Diagram aktivit „nastavETCS“ (viz Obr. 4.9) popisuje logiku nastavování příznaku ETCS v algoritmu Vlak\_vSeznamu\_vRBC. Aktivita „nastavETCS“ se spustí po příchodu PR s LRBG = BG 2 do RBC. Nejprve je posouzen čas vozidla, který je k tomuto PR přiložen.

Pokud lze tento čas přiřadit právě jednomu záznamu o vstupu vlaku (neboli leží-li přiložený čas vozidla v intervalu odhadu odchylky hodin PN na začátku úseku + odhadu odchylky hodin vozidla okolo právě jednoho zaznamenaného času obsazení PN na začátku úseku – viz Obr. 2.6, Obr. 2.7), je u tohoto záznamu nastaven příznak ETCS. Pokud přiložený čas vozidla neleží ve zmíněném intervalu žádného záznamu, nebo je-li tato podmínka splněna pro více než jeden záznam, k nastavení příznaku ETCS vlaku nedojde u žádného záznamu v seznamu.



Obr. 4.9 Diagram aktivit – nastavETCS

## ZÁVĚR

Účelem funkce vstup vlaku do oblasti ETCS L2 je zajištění odpovídající bezpečnosti jízdy ETCS vybaveného vlaku od okamžiku minutí hranice mezi ETCS nevybavenou oblastí a oblastí vybavenou VZ ETCS druhé úrovně do doby, než tuto úlohu převezmou jiné funkce (aplikované uvnitř oblasti L2). Komplikaci přináší zejména možná neaktuálnost zpráv od mobilní části ETCS (zaviněná zpožděním rádiového přenosu) a s tím spojená možnost udělení MA, které je odvozeno od návěsti hraničního návěstidla platící pro předchozí vlak.

V první části práce byly analyzovány tři existující návrhy řešení funkce vstup vlaku do oblasti ETCS. První analyzované řešení je založeno na sledování doby od obsazení KÚ za hranicí do příchodu zprávy o poloze. Analýzou bylo zjištěno jisté (přípustné) riziko střetu s předchozím vlakem v důsledku možného dočasného uplatnění MA odvozeného z podmínek pro předchozí vlak. U dalších dvou analyzovaných metod, založených na přepínatelné balíze, sice neexistuje možnost dočasného udělení nesprávného MA, tato výhoda je však zcela převážena nízkou dostupností MA podle podmínek za hranicí.

Ve druhé části práce bylo navrženo nové řešení bezpečného vstupu vlaku do oblasti ETCS L2, které lze (vzhledem ke všem analyzovaným řešením) považovat za optimální. Jeho princip spočívá ve sledování počtu vlaků v úseku jisté délky před hranicí. Detekce konce vlaku je provedena počítačem náprav. Detekce ETCS výbavy vlaku je provedena sledováním příchodu zprávy o poloze, jejíž odeslání je vyvoláno minutím balízy. Vlak se začne udělovat MA podle návěsti hraničního návěstidla až v okamžiku, kdy je první před hraničním návěstidlem, opět je tedy vyloučeno (při korektní detekci konce vlaku) udělení nesprávného MA. Toto řešení zajišťuje vstup vlaku do oblasti ETCS L2 s dostatečnou bezpečností a dostupností MA.

V poslední části práce je vytvořen model navrženého řešení v jazyce UML. Tento model sestává z diagramu tříd, diagramu případů užití, stavových a sekvenčních diagramů, diagramů aktivit a scénářů případů užití. Přílohou práce je mj. dokumentace ve formátu HTML. Vytvořený model by mohl sloužit jako pomůcka při implementaci navržené funkce do RBC.

Původním záměrem diplomové práce bylo ještě ověření realizovatelnosti navržené funkce. To mělo být provedeno vygenerováním spustitelného kódu z vytvořeného modelu, jeho spuštěním a odladěním. Použitý vývojový nástroj však toto neumožňoval. Vzniklý prostor tak byl vyplněn hlubší analýzou jednotlivých možností řešení vstupu vlaku do oblasti ETCS L2.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ALCATEL – ALSTOM – ANSALDO SIGNAL – BOMBARDIER – INVENSYS RAIL – SIEMENS: *ERTMS/ETCS – Class 1, SUBSET-026: System Requirements Specification, V 2.3.0.* URL: <[http://www.era.europa.eu/public/core/ertms/Pages/Approved\\_Documents\\_List\\_of\\_mandatory\\_Specifications.aspx](http://www.era.europa.eu/public/core/ertms/Pages/Approved_Documents_List_of_mandatory_Specifications.aspx)>. 2006.
- [2] ALCATEL – ALSTOM – ANSALDO SIGNAL – BOMBARDIER – INVENSYS RAIL – SIEMENS: *ERTMS/ETCS – Class 1, SUBSET-040: Dimensioning and Engineering rules, V 2.0.0.* URL: <[http://www.era.europa.eu/public/core/ertms/Pages/Approved\\_Documents\\_List\\_of\\_mandatory\\_Specifications.aspx](http://www.era.europa.eu/public/core/ertms/Pages/Approved_Documents_List_of_mandatory_Specifications.aspx)>. 2000.
- [3] ALCATEL – ALSTOM – ANSALDO SIGNAL – BOMBARDIER – INVENSYS RAIL – SIEMENS: *ERTMS/ETCS – Class 1, SUBSET-098: RBC-RBC Safe Communication Interface, V 0.1.0.* URL: <[http://www.era.europa.eu/public/core/ertms/Pages/Approved\\_Documents\\_List\\_of\\_mandatory\\_Specifications.aspx](http://www.era.europa.eu/public/core/ertms/Pages/Approved_Documents_List_of_mandatory_Specifications.aspx)>. 2005.
- [4] ARLOW, J. – NEUSTADT, I.: *UML2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: Objektově orientovaná analýza a návrh prakticky.* 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2007. 567 s. ISBN 978-80-251-1503-9.
- [5] COCKBURN, A.: *Use Cases: Jak efektivně modelovat aplikace.* 1. vyd. Brno: CP Books, a. s., 2005. 262 s. ISBN 80-251-0721-3.
- [6] České dráhy, s. o.: *ČD D2: Předpis pro organizování a provozování drážní dopravy.* Praha, 2001. 354 s.
- [7] Kolektiv autorů: *Rozbor bezpečnosti funkce „Vstup vlaku do oblasti ETCS L2“.* Pardubice, 2006. 28 s. Neveřejný dokument AŽD Praha, s. r. o.
- [8] KUNHART, M.: *Systémový návrh aplikace ERTMS/ETCS L2 v ČR.* Pardubice, 2005. 102 s. Univerzita Pardubice. Habilitační práce.
- [9] MAREK, J.: *Posouzení vlastností vybraných SW nástrojů pro formální nebo semi-formální metody s ohledem na použití v železniční zabezpečovací technice: Ročníkový projekt II.* Pardubice, 2008. 25 s. Univerzita Pardubice. Vedoucí ročníkové práce Ing. Jan Ouředníček.
- [10] TRÖGEL, M.: *Analýza vstupu vlaku do oblasti dohledu ETCS.* Pardubice, 2006. 62 s. Univerzita Pardubice. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kunhart, CSc.

- [11] TRÖGEL, M.: *Posouzení vhodnosti použití vybraných formálních metod v železniční zabezpečovací technice: Ročníkový projekt II.* Pardubice, 2008. 24 s. Univerzita Pardubice. Vedoucí ročníkové práce doc. Ing. Milan Kunhart, CSc.
- [12] SCHMULLER, J.: *Myslíme v jazyku UML.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, s. r. o., 2001. 360 s. ISBN 80-247-0029-8
- [13] KANISOVÁ, H. – MÜLLER, M.: *UML srozumitelně.* 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2006. 176 s. ISBN 80-251-1083-4
- [N1] Generální ředitelství ČD: *TNŽ 34 2620: Železniční zabezpečovací zařízení: Staniční a traťová zabezpečovací zařízení.* Praha, 2002. 82 s.

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1.1 Časové parametry souvisejících procedur – str. 14

Tab. 1.2 Uvažované mezní hodnoty veličin – str. 20

Tab. 2.1 Uvažované časové parametry odhadu odchylky hodin – str. 45

Tab. 2.2 Porovnání jednotlivých řešení vstupu vlaku do oblasti L2 – str. 51

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 Situace na hranici při sledování časové prodlevy mezi obsazením KÚ 1 a příchodem PR – str. 11
- Obr. 1.2 Situace na hranici při použití přepínatelné přihlašovací balízy – str. 24
- Obr. 1.3 Situace na hranici při použití přepínatelné balízy s paketem 90 – str. 28
- Obr. 2.1 Situace na hranici při použití počítačů náprav – str. 35
- Obr. 2.2 Mezní polohy antény mobilní části ETCS – str. 40
- Obr. 2.3 Nejzazší možná poloha antény – str. 41
- Obr. 2.4 Mezní polohy BG 2 vzhledem k detektorům os – str. 42
- Obr. 2.5 Poloha mobilní části při nejvčasnějším a nejpozdějším zaslání PR – str. 46
- Obr. 2.6 Grafické znázornění rovnice (33) – str. 48
- Obr. 2.7 Grafické znázornění rovnice (34) – str. 49
- Obr. 4.1 Diagram případů užití – str. 55
- Obr. 4.2 Diagram tříd – str. 56
- Obr. 4.3 Stavový diagram – Vozidlo – str. 58
- Obr. 4.4 Stavový diagram – Vlak\_vRBC – str. 59
- Obr. 4.5 Stavový diagram – Vlak\_vSeznamu\_vRBC – str. 60
- Obr. 4.6 Stavový diagram – PN – str. 60
- Obr. 4.7 Diagram aktivit – Override – str. 65
- Obr. 4.8 Diagram aktivit – zmenitMod – str. 65
- Obr. 4.9 Diagram aktivit – nastavETCS – str. 66
- Obr. P.1 Sekvenční diagram – Přihlášení vlaku – příloha 3, str. 1
- Obr. P.2 Sekvenční diagram – Jízda vlaku sledovaným úsekem – příloha 3, str. 2
- Obr. P.3 Sekvenční diagram – Vstup do L2 (FS, OS) – příloha 3, str. 3
- Obr. P.4 Sekvenční diagram – Vstup do L2 (override) – příloha 3, str. 4
- Obr. P.5 Sekvenční diagram – Výjezd ze sledovaného úseku – příloha 3, str. 4
- Obr. P.6 Sekvenční diagram – Jízda bez potvrzených vlakových dat – příloha 3, str. 5
- Obr. P.7 Sekvenční diagram – Jízda vlaku, který včas nenavázal spojení – příloha 3, str. 6

## SEZNAM ROVNIC

(1) – str. 13	(30) – str. 44
(2) – str. 14	(31) – str. 46
(3) – str. 14	(32) – str. 46
(4) – str. 15	(33) – str. 47
(5) – str. 16	(34) – str. 48
(6) – str. 16	
(7) – str. 16	
(8) – str. 17	
(9) – str. 19	
(10) – str. 20	
(11) – str. 20	
(12) – str. 20	
(13) – str. 20	
(14) – str. 20	
(15) – str. 21	
(16) – str. 22	
(17) – str. 22	
(18) – str. 22	
(19) – str. 22	
(20) – str. 23	
(21) – str. 23	
(22) – str. 23	
(23) – str. 25	
(24) – str. 30	
(25) – str. 38	
(26) – str. 39	
(27) – str. 39	
(28) – str. 41	
(29) – str. 42	



## SEZNAM ZKRATEK

AB	automatický blok	
AŽD	Automatizace železniční dopravy	
BG	balízová skupina	balise group
CASE	počítačem podporovaný vývoj aplikací	computer aided software engineering
DMI	rozhraní strojvedoucí-stroj	driver-machine interface
EC	výpočetní cyklus	elaboration cycle
EoA	konec oprávnění k jízdě	end of (movement) authority
ERTMS	Evropský systém řízení železničního provozu	European Railway Traffic Management System
ETCS	Evropský vlakový zabezpečovač	European Train Control System
EVC	Evropský bezpečný počítač	European Vital Computer
FS	Úplný dohled	Full supervision
GSM-R	globální systém pro mobilní komunikaci pro železnici	Global system for mobile communications for railway
HMI	rozhraní člověk-stroj	human-machine interface
HTML	značkovací jazyk pro hypertext	HyperText Markup Language
IRI	rozhraní mezi IXL a RBC	IXL – RBC interface
IXL	stavědlo	interlocking
KÚ	kolejový úsek	
L(x)	úroveň	Level
LEU	traťová elektronická jednotka	Line side electronic unit
LRBG	poslední relevantní (korektně kontaktovaná) BG	last relevant BG
LS	liniový systém (VZ)	
MA	oprávnění k jízdě	Movement authority
OS	Jízda podle rozhledu	On sight
PN	počítač náprav	
PR	zpráva o poloze	Position report
RBC	Radiobloková centrála	Radio block centre

RBS	radioblokový oddíl	radio block section
SN	STM – národní	STM – national
SR	Jízda pod odpovědností strojvedoucího	Staff responsible
SRS	specifikace systémových požadavků	system requirements specifications
SSP	statický rychlostní profil	static speed profile
STM	Zvláštní přenosový modul (k národnímu VZ)	specific transmission module
SZZ	staniční zabezpečovací zařízení	
TAF	trať před vlakem volná	track ahead free
TR	Nouzové zastavení	Trip
TS	traťový souhlas	
TZZ	traťové zabezpečovací zařízení	
UC	případ užití	use case
UML	unifikovaný modelovací jazyk	Unified Modeling Language
UN	Nevybavený	Unfitted
VZ	vlakový zabezpečovač	

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Struktura paketu 90

Příloha č. 2 – Scénáře případů užití

Příloha č. 3 – Sekvenční diagramy

Obsah přiloženého CD:

HTML dokumentace (Model\_vstupL2\index.htm)

model vytvořený v programu Enterprise Architect (model\_vstupL2.eap)

diplomová práce ve formátu .pdf (TrogelM\_Analyza funkce\_MK\_2008.pdf)



## Struktura paketu 90

<b>Paket 90</b>		<b>přenosové médium – balíza</b> Oznámení pro mobilní část, že trať před vlakem až k místu přechodu do L2/3 je volná.	
<b>Označení proměnné</b>	<b>Popis proměnné</b>	<b>Interval hodnot</b>	<b>Měrná jednotka (význam hodnot)</b>
NID_PACKET	identifikační číslo paketu	0 – 255	celá čísla
Q_DIR	určení platnosti dat (podle směru minutí balízy)	0 – 3	0 – reverzní; 1 – nominální; 2 – oba směry; 3 – (rezerva)
L_PACKET	délka paketu	0 – 8 191	bity
Q_NEWCOUNTRY	určení, zda následující BG je v oblasti jiné železniční správy	0 – 1	0 – stejná železniční správa, nenásleduje NID_C; 1 – jiná železniční správa, následuje NID_C
NID_C	identifikační číslo železniční správy	0 – 1 023	celá čísla (přenesen, je-li Q_NEWCOUNTRY = 1)
NID_BG	identifikační číslo hraniční BG	0 – 16 383	celá čísla

## **Scénáře případů užití**

### **UC 1 Přihlášení vlaku**

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), BG 1

**Vstupní podmínky:**

1. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
2. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
3. BG 1 obsahuje následující pakety: č. 42 (příkaz k navázání spojení), č. 41 (oznámení o přechodu), č. 255 (konec informace); popř. jiné pakety, které nejsou potřebné k bezpečnému vykonání procedury vstupu do oblasti L2. Pro zvýšení dostupnosti může být tato BG umístěna vícekrát.

**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 kontaktuje BG 1.

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. Mobilní část zařízení ETCS na vlaku 1 (dále jen vlak 1) zobrazí na DMI nabízenou úroveň přechodu s nejvyšší prioritou, začne navazovat spojení s RBC a odměřovat vzdálenost k přechodu.  
*SRS 5.10.2.6*
2. Během navazování spojení proběhne porovnání času hodin RBC a mobilní části (určení odhadu odchylky hodin).
3. Vlak 1 ještě před příjezdem k BG 2 úspěšně naváže spojení s RBC → navázání spojení se zobrazí na DMI vlaku.  
<alt: vlak 1 nenaváže spojení do příjezdu k BG 2>
4. Vlak 1 po úspěšném navázání spojení pošle RBC PR (paket č. 0). RBC zobrazí navázání spojení na HMI a zároveň má informaci o tom, odkud se vlak 1 blíží (číslo LRBG + směr jejího minutí (nominální/reverzní)).  
*SRS 3.6.5.1.4 h)*
5. Vlak 1 pošle RBC vlaková data (paket č. 11, zpráva č. 129).  
*SRS 5.10.3.7.2*

6. RBC potvrdí vlaková data (přijetí vlakových dat) – zpráva č. 8.  
<alt: RBC nepotvrdí vlaková data>  
*SRS 5.10.3.7.2*
7. Hraniční návěstidlo je permissivní – RBC začne vlaku 1 periodicky posílat MA OS na jeden oddíl za hraničním návěstidlem. Vlak 1 si obdržené MA uloží (přepíše jím dříve uložené MA), ale nezobrazuje jej na DMI, ani podle něj nedohlíží svou jízdu. RBC zobrazí odeslané MA na HMI.  
<alt: absolutní hraniční návěstidlo>
8. Dále viz UC 2 (jízda sledovaným úsekem).

**Rozšíření:**

- 3a. Vlak 1 nestihne do příjezdu k BG 2 navázat spojení s RBC.
  - 3a1. Dále viz UC 7 (jízda vlaku, který nestihl navázat spojení).
- 6a. RBC nepotvrdí vlaková data.
  - 6a1. Dále viz UC 8 (jízda vlaku, kterému RBC nepotvrdila vlaková data).
- 7a. Hraniční návěstidlo je absolutní.
  - 7a1. RBC nezačne vlaku 1 posílat MA.

## UC 2 Jízda vlaku sledovaným úsekem

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), BG 2, PN 1

**Vstupní podmínky:**

1. Vlak 1 má navázané spojení s RBC, má potvrzená vlaková data.
2. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
3. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
4. BG 2 obsahuje paket č. 255 (konec informace); popř. jiné pakety, které nejsou potřebné k bezpečnému vykonání procedury vstupu do oblasti L2.
5. RBC má navázanou komunikaci s PN 1 (přes SZZ a IRI).

**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 svou první nápravou mine první detektor os PN 1 → PN 1 vygeneruje informaci o obsazení svého úseku kontroly.

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. RBC obdrží informaci o obsazení úseku kontroly PN 1 → do seznamu vlaků ve sledovaném úseku zaznamená vstup dalšího (non-ETCS) vlaku – tj. odhadovaný čas odeslání informace od PN 1.
2. Vlak 1 mine BG 2 a pošle PR (paket č. 0) s novou LRBG = BG 2.  
*SRS 3.6.5.1.4 j)*
3. RBC přijme PR odeslaný vlakem 1 po minutí BG 2.
4. Porovnáním odhadovaného času odeslání PR a zaznamenaných odhadovaných časů odeslání informace o obsazení úseku kontroly PN 1 lze jednoznačně přiřadit obdržený PR k některé ze zaznamenaných informací o vstupu vlaku do sledovaného úseku → tento záznam se doplní o kvalifikátor ETCS vlaku (identifikační číslo mobilní části).  
<alt: PR nelze jednoznačně přiřadit >
5. V seznamu vlaků ve sledovaném úseku se nachází alespoň jeden vlak, který vstoupil do sledovaného úseku dříve než vlak 1 (vlak 1 tedy není první před hraničním návěstidlem) → RBC nezačne udělovat vlaku 1 MA dle podmínek za hranicí.  
<alt: vlak 1 je první před hraničním návěstidlem>
6. RBC vyhodnotí, že vlak 1 vstoupil do sledovaného úseku nejdříve ze všech vlaků v seznamu (je tedy první před hraničním návěstidlem, případné předchozí vlaky již opustily sledovaný úsek a byly ze seznamu vymazány).



7. RBC začne vlaku 1 periodicky posílat MA dle aktuálních podmínek za hranicí, odeslané MA zobrazí na HMI.
8. Dále viz UC 3 (vstup ve FS).

**Rozšíření:**

- 4a. Porovnáním odhadovaného času odeslání PR a zaznamenaných odhadovaných časů odeslání informace o obsazení úseku kontroly PN 1 nelze jednoznačně přiřadit obdržený PR k některé ze zaznamenaných informací o vstupu vlaku do sledovaného úseku.
  - 4a1. Žádný ze záznamů v seznamu vlaků ve sledovaném úseku se nedoplní o kvalifikátor ETCS vlaku (na vlak 1 je pohlíženo jako na non-ETCS vlak).
  - 4a2. RBC nepošle vlaku 1 žádné MA dle aktuálních podmínek za hranicí, případně pošle strojvedoucímu vlaku 1 informaci o nutnosti vykonání procedury „Override EoA“ na hranici.
  - 4a3. Dále viz UC 7, bod 8 (vstup vlaku, který nestihl poslat PR od BG 2; dle dalších podmínek vede na mód OS/SR/TR).
- 5a. V seznamu vlaků ve sledovaném úseku není žádný vlak, který vstoupil do sledovaného úseku dříve než vlak 1 (vlak 1 je tedy první před hraničním návěstidlem).
  - 5a1. Dále viz bod 7.

### **UC 3 Vstup do oblasti L2 (FS)**

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), BG 3

**Vstupní podmínky:**

1. Vlak 1 má potvrzená vlaková data.
2. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
3. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
4. BG 3 obsahuje následující pakety: č. 41 (příkaz k přechodu, tj. oznámení o přechodu s nulovou vzdáleností), č. 255 (konec informace); popř. jiné pakety, které nejsou potřebné k bezpečnému vykonání procedury vstupu do oblasti L2.

**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 obdrží MA dle aktuálních podmínek za hranicí.

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. Vlak 1 si obdržené MA uloží (přepíše jím dříve uložené MA), ale nezobrazuje jej na DMI, ani podle něj nedohlíží svou jízdu. RBC zasílá MA periodicky.
2. Na hraničním návěstidle je dovolující návěst.  
<alt: permissivní „Stůj“; absolutní „Stůj“; přivolávací návěst>
3. Vlak 1 mine hraniční návěstidlo s dovolující návěstí (má uložené MA FS).
4. Vlak 1 mine hranici – kontaktuje BG 3 s příkazem k provedení přechodu do L2 → vlak 1 provede přechod L-STM → L2 (FS).  
<alt: nekontaktuje BG 3>  
*SRS 5.10.1.4*
5. Vlak 1 uplatní uložené MA, tj. začne podle něj dohlížet jízdu a zobrazí jej na DMI, vyzve strojvedoucího k potvrzení přechodu.  
*SRS 5.10.4.1*
6. Strojvedoucí do 5 s potvrdí změnu úrovně (a módu).  
<alt: strojvedoucí nepotvrdí>  
*SRS 5.10.4.2*
7. Dále viz UC 9 (výjezd ze sledovaného úseku).

**Rozšíření:**

- 2a. Na hraničním návěstidle je permissivní návěst „Stůj“.
  - 2a1. Vlak 1 po předchozím zastavení dle předpisu ČD D2 mine hraniční návěstidlo s permissivní návěstí „Stůj“ (má uložené MA OS na jeden oddíl za hraničním

návěstidlem).

<alt: změna návěstního znaku na dovolující>

2a2. Dále viz UC 4 (vstup v OS).

2a1a. Došlo ke změně návěstního znaku hraničního návěstidla na dovolující.

2a1a1. Vlak 1 do minutí hranice stihne obdržet aktualizované MA.

<alt: vlak 1 nestihne obdržet aktualizované MA>

2a1a2. Dále viz bod 4.

2a1a1a. Vlak 1 do minutí hranice nestihne obdržet aktualizované MA.

2a1a1a1. Dále viz UC 4 (vstup v OS).

2b. Na hraničním návěstidle je absolutní návěst „Stůj“.

2b1. Vlak 1 v souladu s národními předpisy zastaví před hraničním návěstidlem zakazujícím jízdu (nemá uložené žádné MA) a vyčkává dalšího vývoje dopravní situace.

<alt: vlak 1 nezastaví před návěstidlem>

2b2. Došlo ke změně návěstního znaku hraničního návěstidla na dovolující.

<alt: změna na přivolávací návěst (zpravení o neplatnosti návěstidla)>

2b3. Vlak 1 do minutí hranice stihne obdržet aktualizované MA.

<alt: vlak 1 nestihne obdržet aktualizované MA>

2b4. Dále viz bod 4.

2b1a. Strojvedoucí vlaku 1 v rozporu s národními předpisy nezastaví před hraničním návěstidlem zakazujícím jízdu (vlak 1 nemá uložené žádné MA).

2b1a1. Dále viz UC 6 (vstup v TR).

2b2a. Došlo ke změně návěstního znaku hraničního návěstidla na přivolávací návěst, nebo ke zpravení strojvedoucího o neplatnosti tohoto návěstidla pro jízdu vlaku 1 dle předpisu ČD D2.

2b2a1. Dále viz UC 5 (vstup v SR).

2b3a. Vlak 1 do minutí hranice nestihne obdržet aktualizované MA.

2b3a1. Dále viz UC 6 (vstup v TR).

2c. Na hraničním návěstidle je přivolávací návěst, nebo absolutní návěst „Stůj“ a strojvedoucí je zpraven o neplatnosti tohoto návěstidla pro jízdu vlaku 1 dle předpisu ČD D2.

2c1. Dále viz UC 5 (vstup v SR).

4a. Vlak 1 nekontaktuje BG 3.

4a1. Vlak 1 provede přechod L-STM → L2 (FS) na základě předané vzdálenosti k provedení přechodu od BG 1.

*SRS 5.10.1.5*

6a. Strojvedoucí nepotvrdí do 5 s změnu úrovně (a módu).

6a1. Spustí se provozní brzda, dokud strojvedoucí změnu nepotvrdí.

*SRS 5.10.4.3*

## UC 4 Vstup do oblasti L2 (OS)

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), BG 3

**Vstupní podmínky:**

1. Vlak 1 má potvrzená vlaková data.
2. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
3. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
4. BG 3 obsahuje následující pakety: č. 41 (příkaz k přechodu, tj. oznámení o přechodu s nulovou vzdáleností), č. 255 (konec informace); popř. jiné pakety, které nejsou potřebné k bezpečnému vykonání procedury vstupu do oblasti L2.

**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 mine permissivní hraniční návěstidlo, má uložené MA OS na jeden oddíl za hraničním návěstidlem.

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. Vlak 1 mine hranici – kontaktuje BG 3 s příkazem k provedení přechodu do L2 → vlak 1 provede přechod L-STM → L2 (OS).  
<alt: nekontaktuje BG 3>  
*SRS 5.9.4.1, 5.10.1.4*
2. Vlak 1 uplatní uložené MA, tj. začne podle něj dohlížet jízdu a zobrazí jej na DMI, vyzve strojvedoucího k potvrzení přechodu.  
*SRS 5.10.4.1*
3. Strojvedoucí do 5 s potvrdí změnu úrovně (a módu).  
<alt: strojvedoucí nepotvrdí>  
*SRS 5.10.4.2*
4. Dále viz UC 9 (výjezd ze sledovaného úseku).

**Rozšíření:**

- 1a. Vlak 1 nekontaktuje BG 3.
  - 1a1. Vlak 1 provede přechod L-STM → L2 (OS) na základě předané vzdálenosti k provedení přechodu od BG 1.  
*SRS 5.10.1.5*
- 3a. Strojvedoucí nepotvrdí do 5 s změnu úrovně (a módu).
  - 3a1. Spustí se provozní brzda, dokud strojvedoucí změnu nepotvrdí.  
*SRS 5.10.4.3*

## UC 5 Vstup do oblasti L2 (SR)

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), BG 3

**Vstupní podmínky:**

1. Vlak 1 má potvrzená vlaková data.
2. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
3. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
4. BG 3 obsahuje následující pakety: č. 41 (příkaz k přechodu, tj. oznámení o přechodu s nulovou vzdáleností), č. 255 (konec informace); popř. jiné pakety, které nejsou potřebné k bezpečnému vykonání procedury vstupu do oblasti L2.

**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 se blíží k hraničnímu návěstidlu, strojvedoucí má použít proceduru „Override EoA“.

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. Rychlost vlaku je rovna nebo nižší než  $V\_NVALLOWOVTRP$  (národní hodnota pro zpřístupnění funkce „Override EoA“), mobilní část umožní strojvedoucímu zvolit „Override EoA“.  
<alt: rychlost je vyšší než  $V\_NVALLOWOVTRP$ >  
*SRS 5.8.2.1 a)*
2. Strojvedoucí na základě národních pravidel zvolí před minutím hranice „Override EoA“.  
<alt: strojvedoucí nezvolí „Override EoA“>
3. Vlak 1 po zvolení „Override EoA“ začne odměřovat dobu, po kterou je potlačen přechod do módu TR, a vzdálenost ujetou od místa zvolení „Override EoA“.  
*SRS 5.8.4.1 a), b), SRS 5.8.4.1.1*
4. Vlak 1 ještě před uplynutím doby  $T\_NVOVTRP$  a ujetím vzdálenosti  $D\_NVOVTRP$  mine hranici (kontaktuje BG 3), provede přechod L-STM → L2 (SR).  
<alt: nestihne minout hranici do  $T\_NVOVTRP$  nebo  $D\_NVOVTRP$ ; nekontaktuje BG 3>
5. Dále viz UC 9 (výjezd ze sledovaného úseku).

**Rozšíření:**

- 1a. Rychlost vlaku je vyšší než  $V\_NVALLOWOVTRP$  (národní hodnota pro zpřístupnění funkce „Override EoA“), mobilní část nezpřístupní volbu „Override EoA“.  
*SRS 5.8.2.1 a)*

- 1a1. Dále viz UC 6 (vstup v TR).
- 2a. Strojvedoucí nezvolí před minutím hranice „Override EoA“.
  - 2a1. Dále viz UC 6 (vstup v TR).
- 4a. Vlak 1 nestihne do uplynutí doby  $T_{NVOVTRP}$  nebo do ujetí vzdálenosti  $D_{NVOVTRP}$  minout hranici.
  - 4a1. Přechod do módu TR je opět aktivován.  
*SRS 5.8.4.1 a), b)*
  - 4a2. Dále viz UC 6 (vstup v TR).
- 4b. Vlak 1 nekontaktuje BG 3.
  - 4b1. Vlak 1 provede přechod L-STM  $\rightarrow$  L2 (SR) na základě předané vzdálenosti k provedení přechodu od BG 1.  
*SRS 5.10.1.5*

## **UC 6 Vstup do oblasti L2 (TR)**

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), BG 3

**Vstupní podmínky:**

1. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
2. BG 3 obsahuje následující pakety: č. 41 (příkaz k přechodu, tj. oznámení o přechodu s nulovou vzdáleností), č. 255 (konec informace); popř. jiné pakety, které nejsou potřebné k bezpečnému vykonání procedury vstupu do oblasti L2.

**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 nemá uložené MA a mine hranici bez svolení „Override EoA“.

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. Vlak 1 mine hranici (kontaktuje BG 3), provede přechod L-STM → L2 (TR).  
<alt: nekontaktuje BG 3>
2. Strojvedoucí provede úkony potřebné k další jízdě vlaku v oblasti L2 (dle specifikací pro oblast L2), vlak následně pokračuje v jízdě.
3. Dále viz UC 9 (výjezd ze sledovaného úseku).

**Rozšíření:**

- 1a. Vlak 1 nekontaktuje BG 3.
  - 1a1. Vlak 1 provede přechod L-STM → L2 (TR) na základě předané vzdálenosti k provedení přechodu od BG 1.

*SRS 5.10.1.5*



## UC 7 Jízda vlaku, který včas nenavázal spojení s RBC

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), PN 1

**Vstupní podmínky:**

1. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
2. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
3. RBC má navázanou komunikaci s PN 1 (přes SZZ a IRI).

**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 nestihne do příjezdu k BG 2 navázat spojení s RBC.

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. Vlak 1 svou první nápravou mine první detektor os PN 1 → PN 1 vygeneruje informaci o obsazení svého úseku kontroly.
2. RBC obdrží informaci o obsazení úseku kontroly PN 1 → do seznamu vlaků ve sledovaném úseku zaznamená vstup dalšího (non-ETCS) vlaku – tj. odhadovaný čas odeslání informace od PN 1.
3. Vlak 1 mine BG 2, ale nepošle PR (nemá navázané spojení) → RBC nedoplní záznam o vlaku 1 v seznamu vlaků ve sledovaném úseku o kvalifikátor ETCS vlaku a nepošle vlaku 1 žádné MA dle podmínek za hranicí.
4. Vlak 1 stihne navázat spojení s RBC v dostatečném předstihu (aby se stihla procedura potvrzení vlakových dat) před příjezdem k BG 3.  
<alt: vlak 1 nestihne navázat spojení do příjezdu k BG 3>
5. Vlak 1 po úspěšném navázání spojení pošle RBC PR (paket č. 0). RBC zobrazí navázání spojení na HMI a zároveň má informaci o tom, odkud se vlak 1 blíží (číslo LRBG + směr jejího minutí (nominální/reverzní)).  
*SRS 3.6.5.1.4 h)*
6. Vlak 1 pošle RBC vlaková data (paket č. 11, zpráva č. 129).  
*SRS 5.10.3.7.2*
7. RBC potvrdí vlaková data (přijetí vlakových dat) – zpráva č. 8.  
<alt: RBC nepotvrdí vlaková data>  
*SRS 5.10.3.7.2*
8. Hraniční návěstidlo je permisivní – RBC začne vlaku 1 periodicky posílat MA OS na jeden oddíl za hraničním návěstidlem. Vlak 1 si obdržené MA uloží (přepíše jím dříve uložené MA), ale nezobrazuje jej na DMI, ani podle něj nedohlídí svou jízdu. RBC

zobrazí odeslané MA na HMI.

<alt: absolutní hraniční návěstidlo>

*SRS 5.10.1.7*

9. Na hraničním návěstidle je dovolující návěst.

<alt: permissivní „Stůj“>

10. Dále viz UC 5 (vstup v SR).

**Rozšíření:**

- 4a. Vlak 1 nestihne navázat spojení s RBC v dostatečném předstihu před příjezdem k BG 3.

4a1. Vlak 1 nemá potvrzená vlaková data → RBC nepošle vlaku 1 žádné MA, mobilní část nezpřístupní volbu „Override EoA“.

*SRS 5.8.2.1, SRS 4.8.3.1*

4a2. Dále viz UC 6 (vstup v TR).

- 7a. RBC nepotvrdí vlaková data.

7a1. Vlak 1 nemá potvrzená vlaková data → RBC nepošle vlaku 1 žádné MA, mobilní část nezpřístupní volbu „Override EoA“.

*SRS 5.8.2.1, SRS 4.8.3.1*

7a2. Dále viz UC 6 (vstup v TR).

- 8a. Hraniční návěstidlo je absolutní.

8a1. RBC nepošle vlaku 1 žádné MA.

8a2. Dále viz UC 5 (vstup v SR).

- 9a. Na hraničním návěstidle je permissivní návěst „Stůj“.

9a1. Vlak 1 po předchozím zastavení dle předpisu ČD D2 mine hraniční návěstidlo s permissivní návěstí „Stůj“, popř. s dovolující návěstí, na kterou se tato návěst po zastavení vlaku změnila (má uložené MA OS na jeden oddíl za hraničním návěstidlem),

9a2. Dále viz UC 4 (vstup v OS).

## **UC 8 Jízda vlaku, kterému RBC nepotvrdila vlaková data**

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), PN 1, BG 2

**Vstupní podmínky:**

1. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
2. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
3. BG 2 obsahuje paket č. 255 (konec informace); popř. jiné pakety, které nejsou potřebné k bezpečnému vykonání procedury vstupu do oblasti L2.
4. RBC má navázanou komunikaci s PN 1 (přes SZZ a IRI).

**Spouštěcí událost:**

Vlaku 1 nejsou potvrzena vlaková data (od RBC).

**Hlavní úspěšný scénář:**

1. RBC nepošle vlaku 1 žádné MA, mobilní část nezpřístupní volbu „Override EoA“.  
*SRS 5.8.2.1 c), SRS 4.8.3.1*
2. Vlak 1 svou první nápravou mine první detektor os PN 1 → PN 1 vygeneruje informaci o obsazení svého úseku kontroly.
3. RBC obdrží informaci o obsazení úseku kontroly PN 1 → do seznamu vlaků ve sledovaném úseku zaznamená vstup dalšího (non-ETCS) vlaku – tj. odhadovaný čas odeslání informace od PN 1.
4. Vlak 1 mine BG 2 a pošle PR (paket č. 0) s novou LRBG = BG 2.  
*SRS 3.6.5.1.4 j)*
5. RBC přijme PR odeslaný vlakem 1 po minutí BG 2.
6. RBC neporovnává odhadovaný čas odeslání PR a zaznamenané odhadované časy odeslání informace o obsazení úseku kontroly PN 1. Vlak 1 nemá potvrzená vlaková data, proto jej RBC vede v seznamu vlaků ve sledovaném úseku bez kvalifikátoru ETCS vlaku.
7. Dále viz UC 6 (vstup v TR).

## **UC 9 Výjezd ze sledovaného úseku**

**Primární aktér:** RBC

**Ostatní aktéři:** Vlak 1 (s mobilní částí ETCS), PN 2

**Vstupní podmínky:**

1. Všechna technická zařízení jsou v pořádku (TZZ, SZZ, GSM-R, ETCS).
2. Strojvedoucí vlaku 1 dodržuje národní předpisy.
3. RBC má navázanou komunikaci s PN 2 (přes SZZ a IRI).

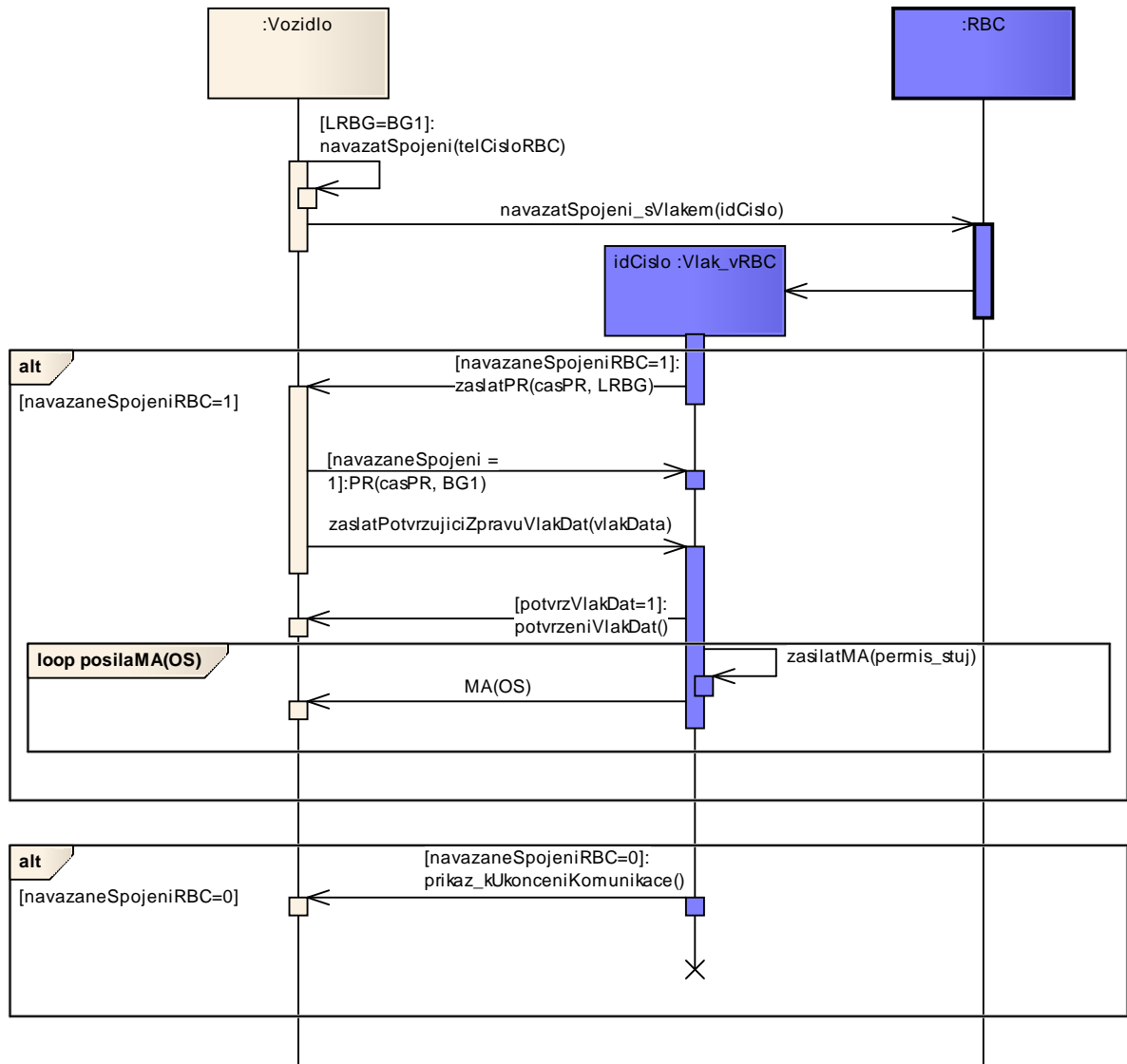
**Spouštěcí událost:**

Vlak 1 provedl přechod do některého z módů v L2.

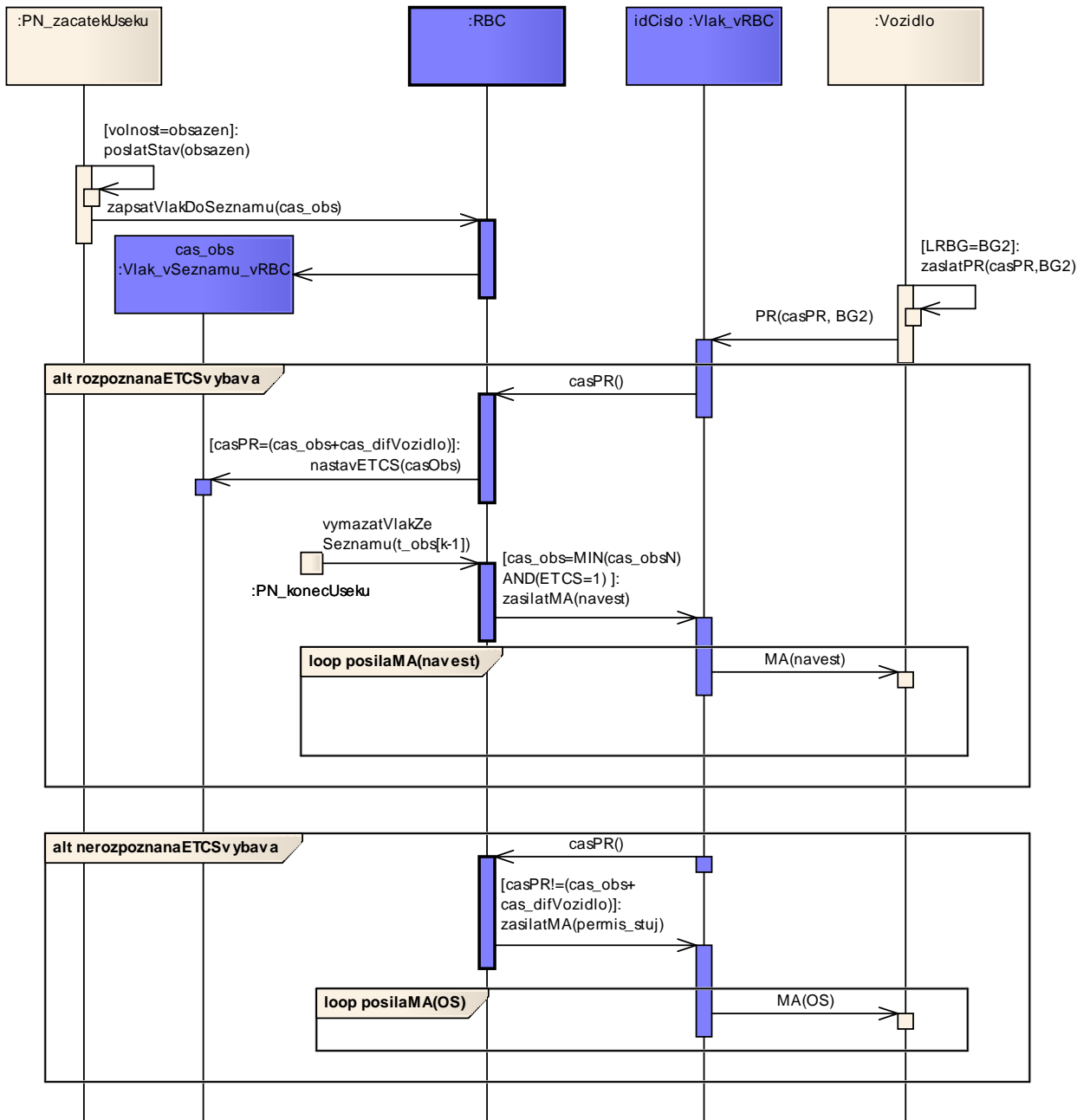
**Hlavní úspěšný scénář:**

1. Poslední náprava vlaku 1 mine druhý detektor os PN 2 → PN 2 za bezpečnostní dobu vygeneruje informaci o uvolnění svého úseku kontroly.
2. RBC obdrží informaci o uvolnění úseku kontroly PN 2 → ze seznamu vlaků ve sledovaném úseku vymaže záznam o vlaku, který do tohoto úseku vstoupil nejdříve ze všech vlaků v seznamu (vlak 1).

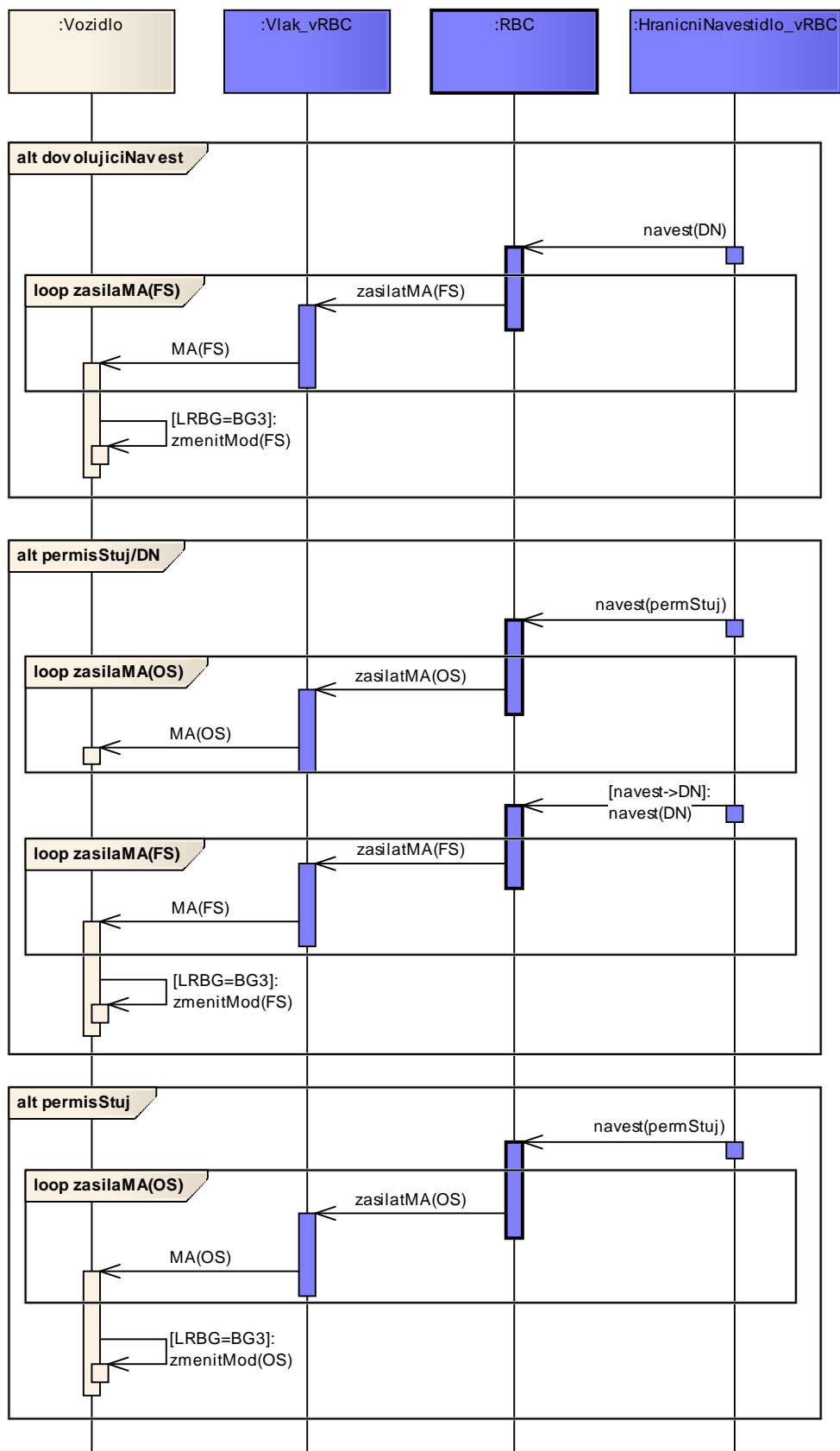
Sekvenční diagramy



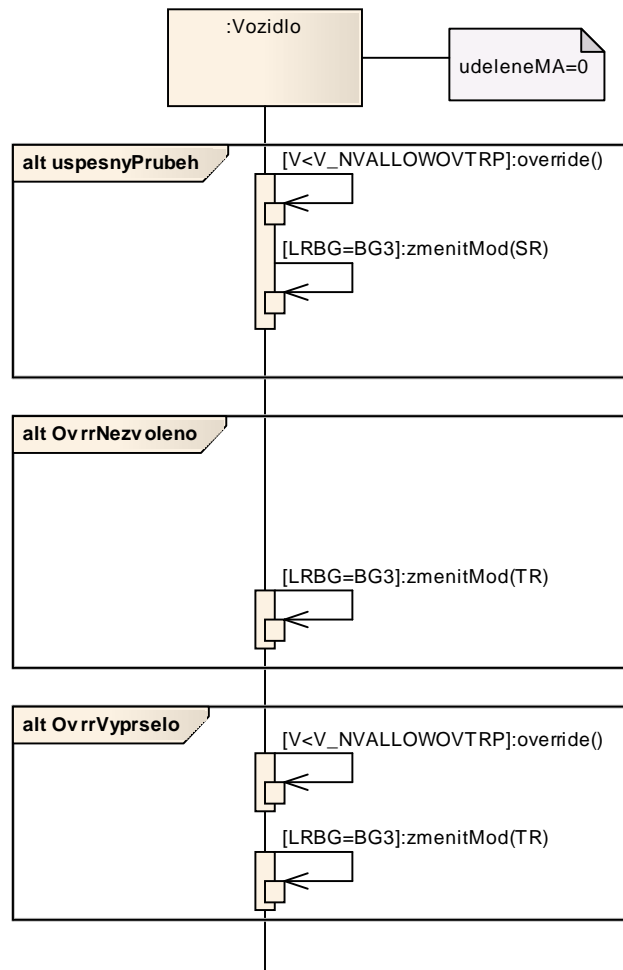
Obr. P.1 Sekvenční diagram – Přihlášení vlaku



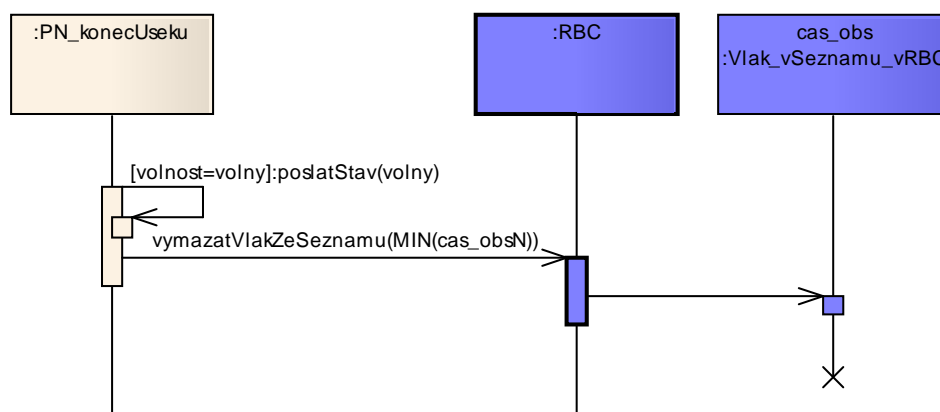
Obr. P.2 Sekvenční diagram – Jízda vlaku sledovaným úsekem



Obr. P.3 Sekvenční diagram – Vstup do L2 (FS, OS)

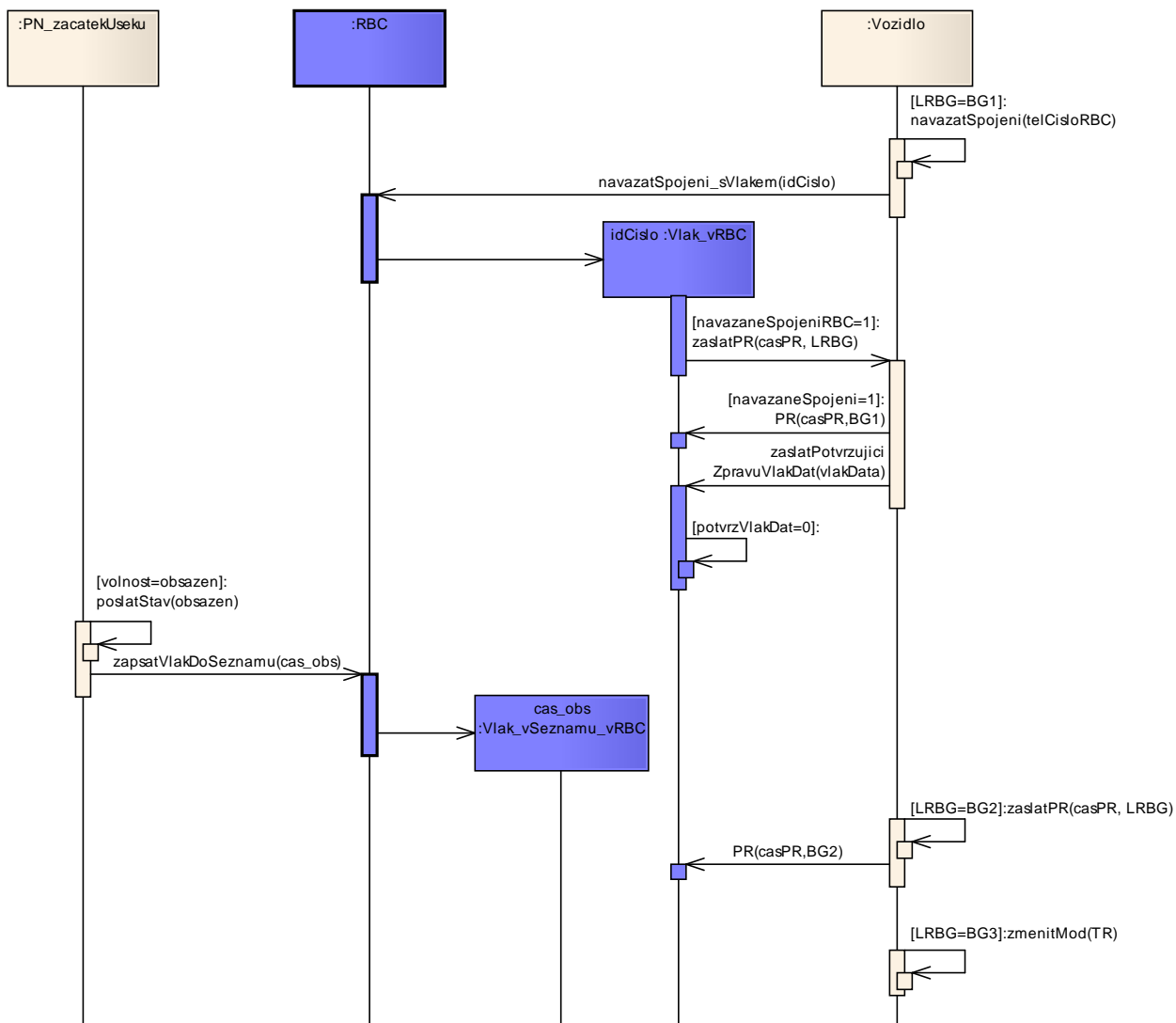


Obr. P.4 Sekvenční diagram – Vstup do L2 (override)

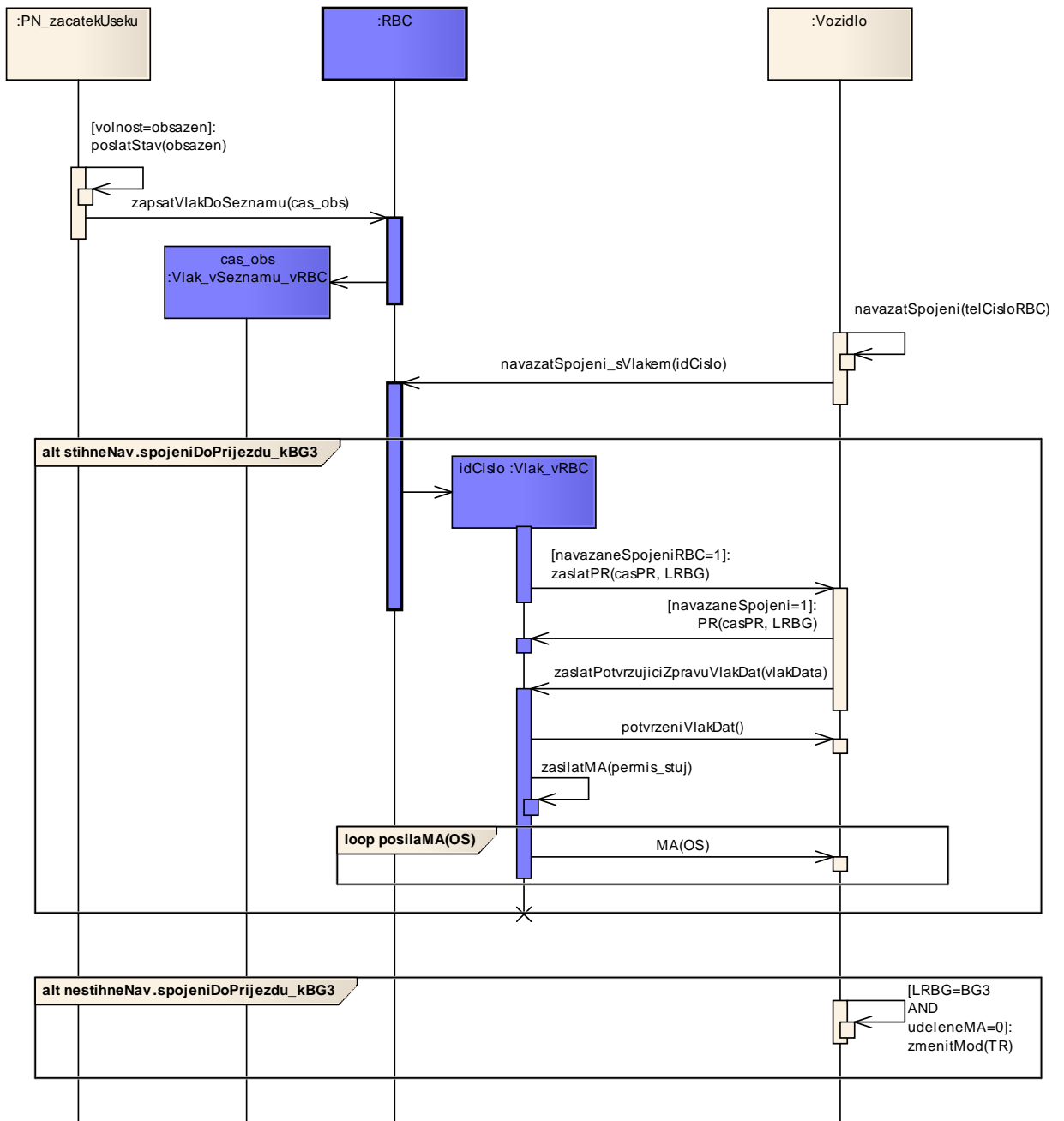


Obr. P.5 Sekvenční diagram – Výjezd ze sledovaného úseku





Obr. P.6 Sekvenční diagram – Jízda bez potvrzených vlakových dat



Obr. P.7 Sekvenční diagram – Jízda vlaku, který včas nenavázal spojení