

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Ferfecki Lukáš

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Vlakový zabezpečovací systém ETCS
Ferfecki Lukáš

Bakalářská práce
2010

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš FERFECKI**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Vlakový zabezpečovací systém ERTMS/ETCS**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

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

Úvod

1. Popis systému ETCS

2. Aplikační nastavby nad systémem ETCS v mobilní i traťové části

3. Zavádění a zkušenosti se zaváděním ETCS v ČR a v zemích EU

Závěr

Rozsah grafických prací: 3-4
Rozsah pracovní zprávy: 30-40
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Vědeckotechnický sborník ČD
ETCS - Development and implementation in Italy
Compendium on ERTMS
ATLAS of ERTMS, Worldwide implementation

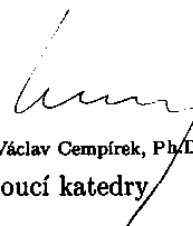
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Mazač**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **1. února 2010**
Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2010**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



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

PROHLÁŠENÍ

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

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

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

V Praze dne 12.5.2010

Ferfecki Lukáš

NÁZEV

Vlakový zabezpečovací systém ETCS

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá v úvodní části problematikou interoperability železničních vozidel, popisem výchozího stavu, analýzy a kroky vedoucími k dosažení interoperability v evropském kontextu. Stěžejní část je věnována historii, vývoji, standartizaci a implementací vlakového zabezpečovače ETCS a jeho implementačním úrovním. V závěrečné části je shrnut stav a zkušenosti se zaváděním systému ETCS.

KLÍČOVÁ SLOVA

Interoperabilita, ETCS, ERTMS, balíza, RBC, koridor E

TITLE

Train control system ETCS

ANNOTATION

Bachelor work deals with in the preliminary part problems concerning interoperability of trains, description present situation, analysis and further steps to achieve the interoperability in the European context . The main part is dedicated history, development, standardization and implementation the train control system ETCS and its levels. In the last part there is current state and experiences gained during the introduction of ETCS system.

KEYWORDS

Interoperability, ETCS, ERTMS, balise, RBC, corridor E

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Varadinovi ze společnosti SŽDC za poskytnutí literatury a cenných informací. Také bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Pavlu Mazačovi za cenné rady a připomínky.

OBSAH

Úvod.....	9
1 Popis systému ETCS.....	10
1.1 Historie.....	10
1.2 Koridor E.....	14
1.3 Vlakový zabezpečovač LS.....	17
1.4 ERTMS.....	18
1.5 Interoperabilita.....	18
1.6 Aplikační úrovně.....	19
2 Aplikační nastavby nad systémem ETCS v mobilní i traťové části.....	23
3 Zavádění a zkušenosti se zaváděním ETCS v ČR a v zemích EU	26
3.1 Postup implementací v jednotlivých zemích.....	26
3.2 Zkušenosti s implementací ETCS.....	33
Závěr	35
Seznam použité literatury.....	36
Seznam obrázků	37
Seznam tabulek	38
Seznam použitých zkratk	39
Přílohy	41

Úvod

Jednou z priorit Evropského společenství je podpora ekologicky šetrnější železniční dopravy. Cílem je přesunutí části nákladní dopravy ze silnice na železnici. Jedním z konkrétních kroků je modernizace železniční dopravní cesty, která ve svém důsledku přispěje ke zvýšení cestovní rychlosti, komfortu a především bezpečnosti. Pro další zvýšení užitku, především zvýšení kapacity tratě a traťové rychlosti, je nutno vybavit tyto modernizované tratě novým vlakovým zabezpečovacím zařízením. Nový zabezpečovač dostal označení ETCS - European Train Control System

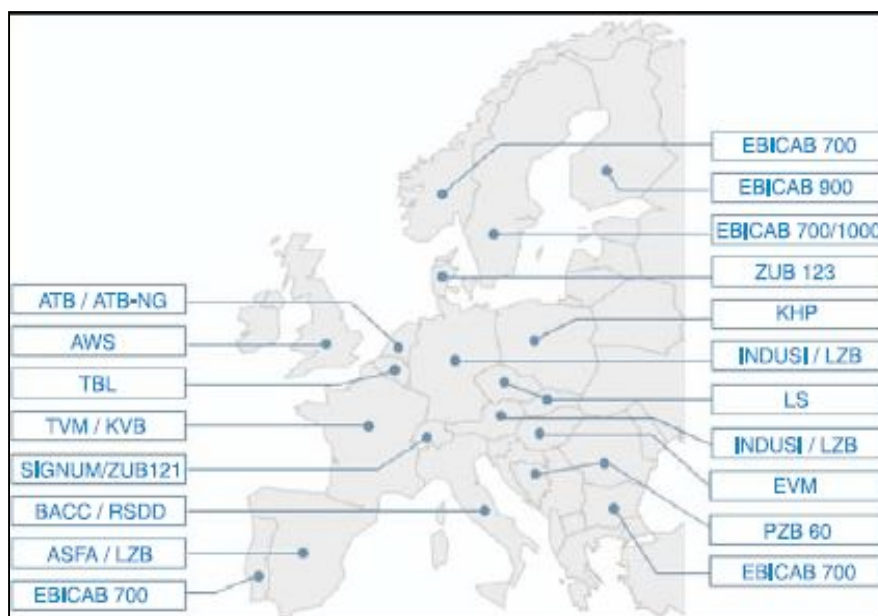
Tato práce se věnuje popisu stávající stavu a historickému vývoji, který vedl k vývoji zcela nového zařízení, které umožní dosažení ambiciozního cíle – dosažení interoperability železničních dopravních prostředků. Je zde rovněž věnován prostor postupu zavádění ETCS v jednotlivých zemích.

Cílem práce není technický popis samotného zabezpečovače ETCS, v současnosti již existuje množství publikací a článků, které se tomuto tématu vyčerpávajícím způsobem věnují.

1 Popis systému ETCS

1.1 Historie

Motivací ke vzniku nového vlakového zabezpečovacího systému je snaha vnést na trh železniční dopravy konkurenci. Jednou z překážek snižující konkurenceschopnost železnice k ostatním druhům doprav, je problém národních železničních specifik. Každý stát si vytvářel vlastní technologické standarty a normy, platné téměř ve všech případech vždy pro dané území. Největší rozdíly tak například vznikly v oblasti norem pro výši rušivých proudů ovlivňujících zabezpečovací zařízení a vlakových zabezpečovacích systému. V uplynulých dekádách tak vznikla celá řada vlakových zabezpečovacích (VZ) systému různé úrovně, vždy ale šlo o specifické zařízení bez jakékoliv vazby na okolní země (viz Obrázek 1). Vznikaly tak jednotlivé oblasti, mezi kterými je stále prakticky velice komplikované provozovat dopravu. Dopravci musí buď vlastnit lokomotivu homologovanou v zemích kam je doprava zamýšlena, což ve svém důsledku znamená mít na lokomotivě zastoupeny všechny specifické zabezpečovače nebo je při přechodu státní hranice nucen přeprahnout hnací vozidlo.



Obrázek 1 : Národní vlakové zabezpečovače

Zdroj: www.ertms.com

1.etapa 1989 – 1996

V roce 1989 se formují první záměry vyvinout a standartizovat nový VZ, který odstraní jednu z bariér na státních hranicích. Celý proces odstartoval v roce 1989 a v roce 1991 byla na podnět UIC založena expertní pracovní skupina v Evropském Železničním Výzkumném Ústavu – ERRI (European Rail Research Institute), mající za úkol přípravu specifikací funkčních a technických požadavků na nový vlakový zabezpečovač. Od tohoto roku se podílí na vývoji ETCS České dráhy. Od počátku je systém koncipován jako nový s možností kooperace se stávajícími národními zabezpečovači a není tedy zamýšlen jako náhrada. V roce 1990 sestavil ERRI skupinu železničních expertů pod označením A200. Na vývoji se rovněž podílí sdružení evropských výrobců zabezpečovací techniky pro označením EUROSIG. Sdružení je později přejmenováno na UNISIG a členy jsou společnosti Alstom, Ansaldo, Bombardier, Invensys, Thales a Siemens. Mezi prvními výstupy pracovní skupiny je “Studie funkčních požadavků” (Functional Requirements Specifications – FRS), která se zaměřila na zmapování současného stavu národních norem a provozovaných VZ. Další úsilí bylo směřováno do návržení struktury mobilní části vybavení a definici nové otevřené architektury sběrnice ETCS. Velké úsilí bylo věnováno unifikaci rozhraní pro komunikaci se strojvedoucím pod označením DMI (Driver Machine Interface). Pro komunikaci mezi mobilní a traťovou částí byl vybrána technologie GSM, ve variantě GSM-R. Rozšíření R – rail znamená, že jde o variantu se zvýšenou spolehlivostí a některými dalšími vlastnostmi vhodné pro železnici. První etapa byla ukončena v roce 1996 vydáním první kompletní Specifikace systémových požadavků (System Requirement Specifications - SRS) pro ETCS systém (1).

V roce 1995 ČD předložily přípravnou studii pro pilotní projekt instalace ETCS L1 na trati Ústí nad Labem - Drážďany. V případě úspěchu by se ČR stala vůbec prvním státem s instalací ETCS. Z důvodů nedostatku financí se projekt neuskutečnil a tak první testovací úsek byl zprovozněn na železniční trati mezi městy Vídeň a Budapešti.

2.etapa 1997 - 2004

Od roku 1997 začíná druhá etapa, během které dochází k vydání první finální specifikace, do které se promítnul celý dosavadní vývoj a na kterou navazují první zkoušky a spuštěním prvních pilotních projektů. Tato etapa je započata vydáním hlavního plánu vývoje a pilotních projektů instalace ERTMS. Evropská komise v tomto dokumentu jasně deklarovala finanční podporu při implementaci ETCS a spolupráci s uskupením UNISIG.

V průběhu testů byla ověřena možnost spolupráce komponent různých dodavatelů a vyvinuta sada testovacích nástrojů a postupů pro detailní ověření funkčnosti a certifikaci systému ETCS.

Během druhé fáze vznikly první pilotní projekty:

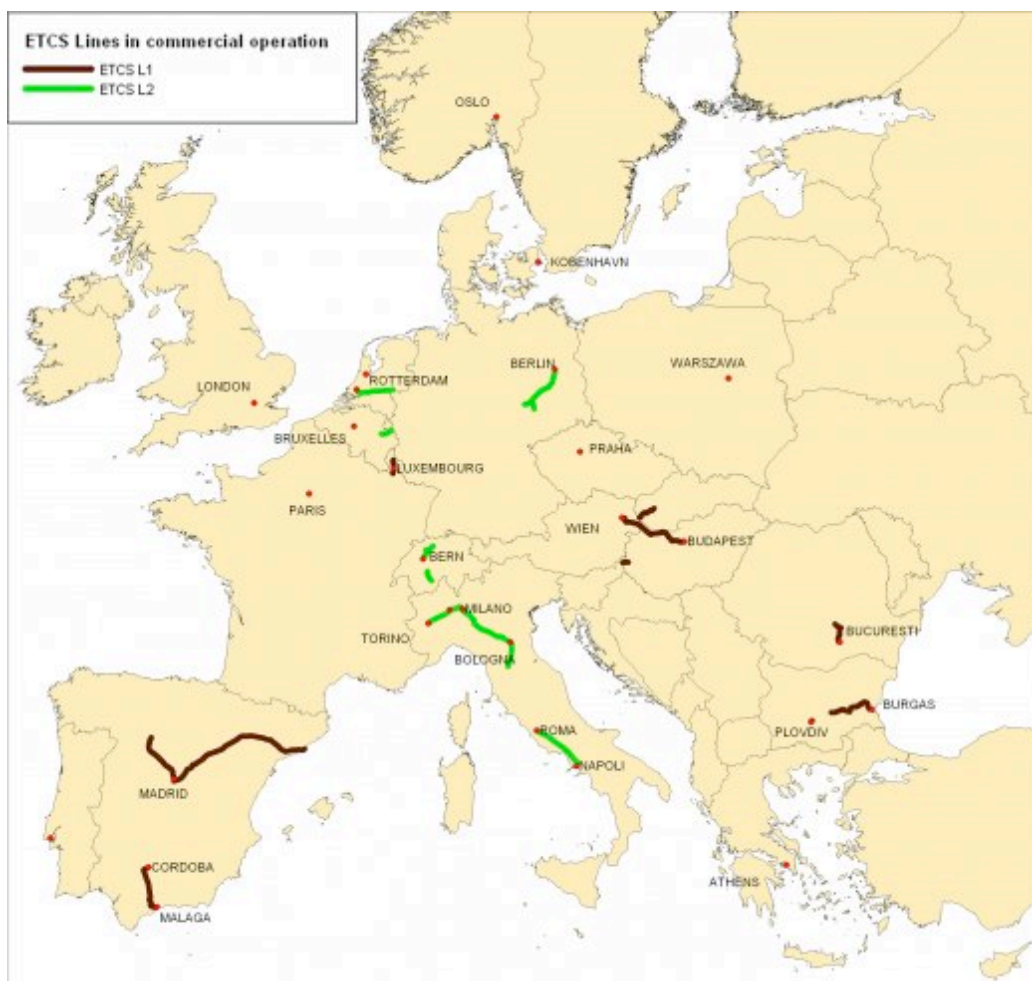
- **Nizozemsko: technologie Alstom-Bombardier**
Meppel – Leeuwaarden a Heerle – Maastricht
- **Německo: technologie Alcatel-Siemens**
Berlin-Halle-Leipzig
- **Francie: technologie Alstom-Bombardier**
Tournan – Marles en Brie
- **Švýcarsko: technologie Bombardier**
Luzern – Olten
- **Itálie: technologie Alstom-Ansaldo**
Firenze - Arezzo
- **Španělsko: technologie Bombardier-Invensys**
Albacete – Villar de Cinchilla

Mezi prvními železničními správami využívající komerčně ETCS se v těchto letech zařadilo Rakousko, Maďarsko, Bulharsko a Švýcarsko (1).

3.etapa 2005 – současnost

Od roku 2005 jsou k dispozici první verze direktiv Evropské komise a specifikací TSI CCS. Evropskou komisí jsou stanoveny hlavní priority instalace ETCS, definováním 6 prioritních mezinárodních koridorů. První zkušenosti z komerčního provozu jsou dalším zdrojem zkušeností pro další aktualizace celého systému (viz Obrázek 2). Systém se šíří mimo hranice Evropské unie a nachází uplatnění v železničních projektech v Číně, Taiwanu, Jižní

Koreji a Austrálii. Aktuální poznatky a postup zavádění ETCS je konzultován na konferencích UIC ERTMS, které jsou pořádány jednou ročně (2).



Obrázek 2 : Komerčně používané tratě ETCS

Zdroj: http://ec.europa.eu/transport/rail/index_en.htm

1.2 Koridor E

V roce 2005 bylo v Bruselu podepsáno memorandum o rozšíření evropského vlakového zabezpečovacího systému ETCS. Pro první fázi bylo vybráno 6 mezinárodních koridorů, kde bude s pomocí fondů Evropské Unie finančně podporována instalace tohoto zařízení.

Koridory ETCS

A Rotterdam–Genoa

B Napels–Berlin–Stockholm

C Antwerp–Basle / Lyon

D Seville–Lyon–Turin–Trieste–Ljubljana

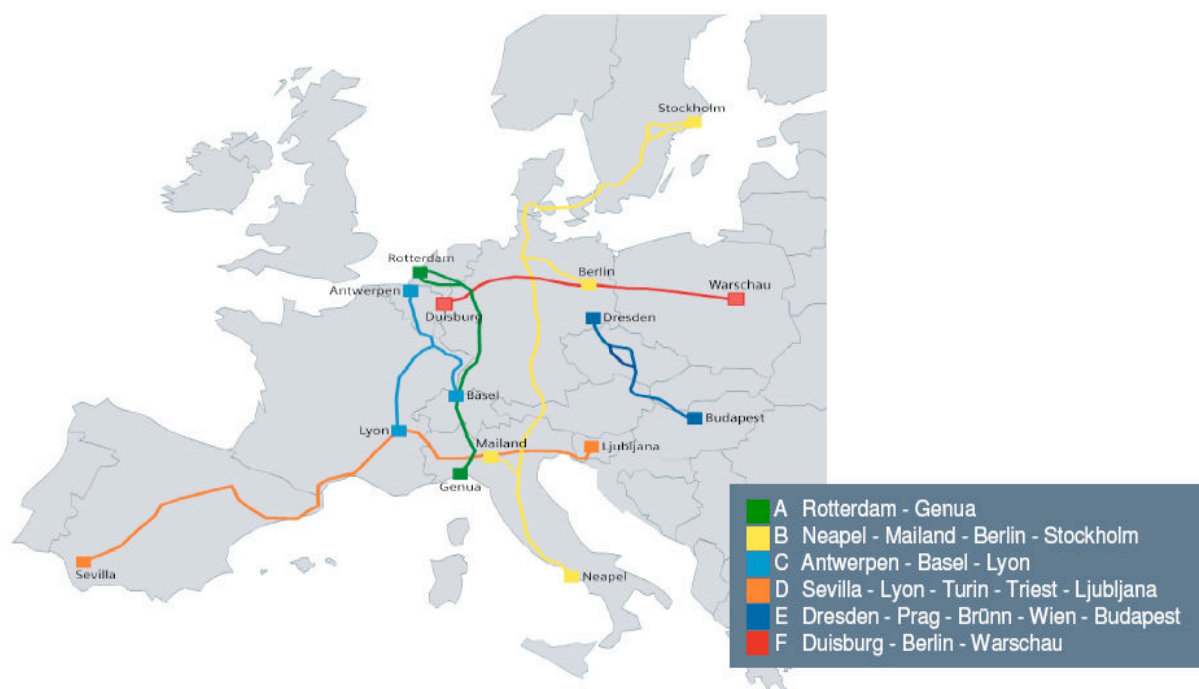
E Dresden – Prague – Brno – Vienna – Budapest – Bucuresti - Constanta

F Duisburg – Berlin – Warsaw

Cílem ustanovení těchto šesti mezinárodních koridorů je :

- Vytvoření mezinárodních interoperabilních páteřních koridorů v celé EU, které výrazně zvýší kvalitu infrastruktury a povedou k zatraktivnění železniční dopravy, především nákladní,
- Zaměření na využití strukturálních fondů EU a koordinaci projektových prací, k urychlení implementace vlakového zabezpečovače ETCS na mezinárodní koridory sítě TEN,
- Pomocť překonat počáteční podmínky na trhu se systémy ETCS, především vysokou cenu.

Pro dosažení těchto cílů se Evropská komise stanovit časový rámec, kdy v horizontu 10 až 12 let, dojde k finanční podpoře všech projektů na uvedených šesti koridorech. Pro finanční období 2007 až 2013 je přislíbena podpora ve výši 50% uznatelných nákladů a ve fondů TEN-T je tyto účely vyhrazeno 500 milionu euro. Trasy koridorů jsou zakresleny na následujícím obrázku:



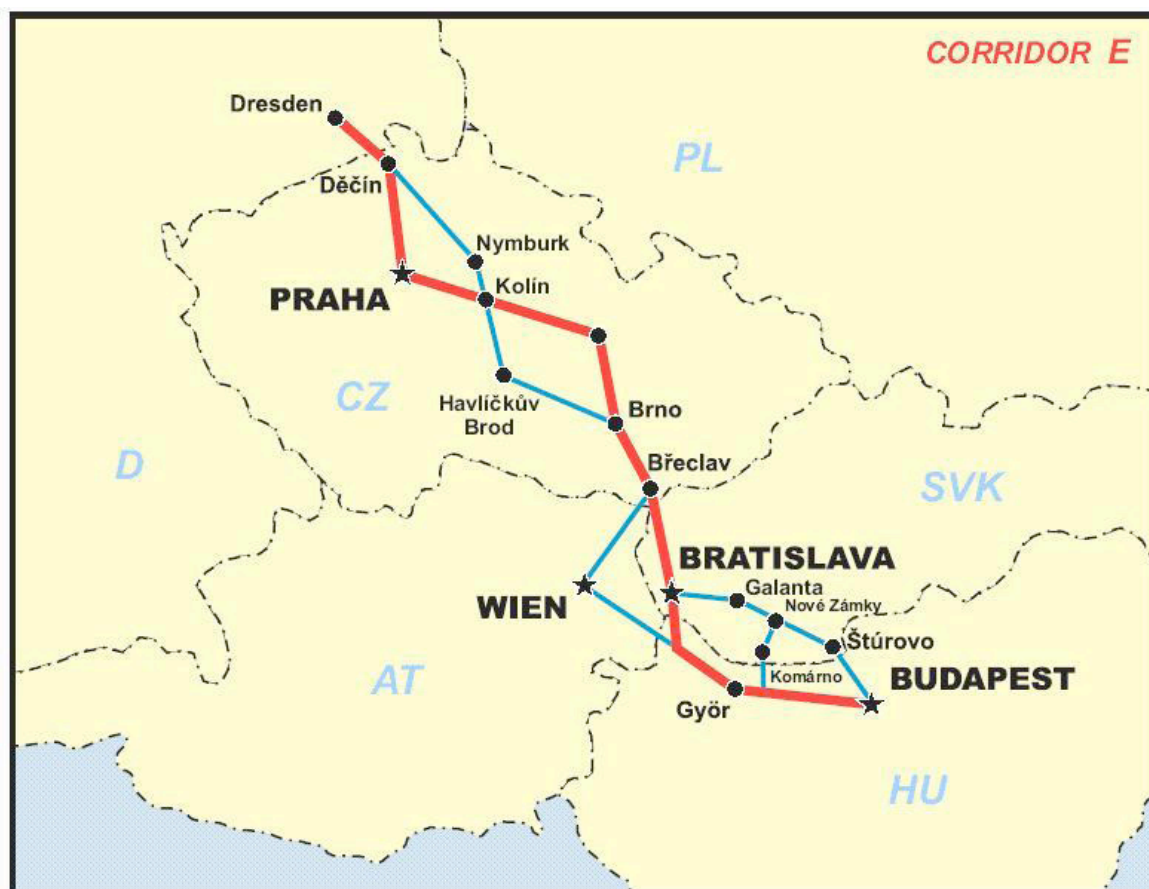
Obrázek 3: Mezinárodní koridory ETCS

Zdroj: www.ertms.com

V dubnu 2006 byl ustanoven “Management Committee”, který spolupracuje s jednotlivými správci železniční infrastruktury v zemích, kde prochází koridor.

Česká republika podala žádosti o spolufinancování vybavení systémem ETCS 1. tranzitní koridor. Stavby jsou finančně rozděleny na části státní hranice SRN – Děčín – Kolín a Kolín – Česká Třebová – Brno – státní hranice SR/A. V druhém případě byla Česká republika úspěšná a v současnosti probíhá příprava stavby. I v druhém případě se očekává kladné posouzení a celý koridor by měl být vybaven systémem ETCS do konce roku 2015. Záměrem je vybavit celý 1. koridor variantou ETCS L2 a dosadit mobilní část na nově dodávaná hnací vozidla řady 380. Do roku 2020 je plánováno dosazení ETCS L2 i na zbývající koridory II., III. a IV.

Slovenská republika pro svoji část koridoru v úseku státní hranice ČR – Bratislava – Štúrovo rovněž požádala Evropskou komisi a předpokládá instalaci verze ETCS L2. Rakouská strana již disponuje trati Vídeň – Budapešť vybavenou verzí ETCS L1 a plánuje doplnit i úsek Vídeň – státní hranice ČR. SRN do roku 2015 neusiluje o instalaci ETCS na svoji část koridoru. Součástí koridoru E je železniční trať procházející ČR v úseku státní hranice SRN – Děčín – Praha – Česká Třebová – Brno – Břeclav – státní hranice SR, která je na obrázku 4.



Obrázek 4: ETCS koridor E

Zdroj: ERTMS National Implementation Plan Czech Republic

Od podepsání smlouvy v roce 2005 do roku 2009 docházelo k přípravám a mapování stavu, během kterého se započalo i s prvními instalacemi ETCS. Český manažer železniční infrastruktury, zastoupen organizací SŽDC, připravil pilotní projekt v úseku Poříčany – Kolín. V tomto úseku došlo k vybavení žel. trati ETCS level 2 a dosazení mobilní části na lokomotivy řady 151, 362 a příměstské jednotky 471. V současnosti probíhají testovací jízdy ověřující projektované parametry. Zkušenosti a výstupy z těchto testovacích jízd budou důležité pro další rozšíření ETCS v ČR.

1.3 Vlakový zabezpečovač LS

Vlakový zabezpečovač LS používají České dráhy od šedesátých let minulého století a v době svého vzniku šlo o kvalitní zabezpečovací zařízení. Ve své traťové části je instalován jako součást autobloku a kód se vysílá kolejnicovými pásy. Signál je na stanoviště strojvedoucího získán pomocí snímače kódu umístěný před první nápravou. Kódují se čtyři návěstní znaky – červená, žlutá, zelená a žluté mezikruží. Z bezpečnostního pohledu je hlídána pouze bdělost strojvedoucího a zábrzdná vzdálenost před hlavními návěstidly omezující jízdu vlaku (žluté mezikruží nebo červená), rychlost vlaku není zařízením nijak omezována. Zařízení vyhovuje a je používáno na mezinárodních koridorech do rychlosti 160 km/h.

Zařízení během své životnosti prošlo několika modernizacemi (verze II, III, IV a 90), kdy v průběhu 80 let došlo k rozhodnutí provést zásadní modernizaci dosaženou kombinací s bodovým zabezpečovačem. V té době se již objevují první zmínky o mezinárodní iniciativě, zastřešené organizací UIC, vyvinout zcela nový panevropský vlakový zabezpečovací systém, který dostává označení ETCS. Vzhledem k tomu, že směr kterým se ubírá vývoj nového systému ETCS se překrývá se záměry modernizace systému LS, je rozhodnuto, přerušit vývoj zabezpečovače LS a připojit se k vývoji systému ETCS.

V devadesátých letech minulého století po ukončení vývoje nového vlakového zabezpečovacího zařízení, se na hnacích vozidlech začínají objevovat prvky sloužící automatizaci řízení vozidel na trati. V kombinaci s poměrně funkčně jednoduchým zabezpečovacím zařízením LS90 je to přínos nejen k bezpečnosti, ale výrazně přispívá k efektivitě provozu a snižuje zátěž strojvedoucího. Automatizační prvky umožňují funkci ručního řízení, automatickou regulaci rychlosti, automatizaci cílového brždění a vedení vlaku. Zařízení je označeno jako CRV&AVV(Centrální Regulátor Vozidla a Automatické Vedení Vlaku). Skládá se z funkční, traťové a datové části a jak bylo uvedeno výše je navázáno na zabezpečovač LS90. V traťové části je zařízení tvořeno traťovými informačními body MIB, které jsou umístěny v kolejišti. Zařízení příznivě ovlivňuje spotřebu trakční energie, optimalizuje jízdu vlaku s využívá maximální dovolené rychlosti, což vede ke zvýšení propustnosti trati a snižuje opotřebení vozidel. Nelze opomenout snížené nároky na obsluhu hnacího vozidla a v důsledku i na bezpečnost železniční dopravy. Dalšího zvýšení kvality vlakových zabezpečovačů je dosaženo až spojením systému ETCS a CRV&AVV.

1.4 ERTMS

ERTMS (European Rail Traffic Management System) je projekt, jehož základním cílem je dosažení interoperability v oblasti komunikačních, zabezpečovacích a řídicích systémů, vybudování jednotného evropského trhu s těmito systémy a zvýšení bezpečnosti a efektivity železniční dopravy. Projekt ERTMS řeší oblasti komunikace, zabezpečení a řízení dopravy a platí následující zápis :

$$\text{ERTMS} = \text{GSM-R} + \text{ETCS} + \text{ETML}$$

ERTMS je tedy projekt s větším rozsahem, který zahrnuje tyto subsystemy:

GSM-R je bezdrátový komunikační kanál, vycházející z technologie GSM a projektu EIRENE, který je navíc rozšířen o některé specifické vlastnosti důležité pro železnici. Je základní komponentou z pohledu interoperability.

ETCS je systém evropského vlakového zabezpečovacího systému, který komunikuje prostřednictvím kanálu GSM-R

ETML se zabývá řízením provozu v nadnárodním rozsahu, na podkladě údajů získaných ze systému ETCS. Systém tak obsahuje data získána od všech správců infrastruktury a operátorů.

1.5 Interoperabilita

Jedním z momentů, který podnítl vznik nového VZ jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách, je snaha o interoperabilitu. Ta je jednou z priorit dopravní politiky EU a ve směrnici 2008/57/ES ze dne 17.června 2008 je definována jako:

“Schopnost železničního systému umožňovat bezpečný a nepřerušovaný pohyb vlaků, dosahujících stanovených úrovní výkonnosti na jeho tratích. Tato schopnost závisí na všech předpisových, technických a provozních podmínkách , které musí být dodrženy v zájmu splnění základních požadavků”

Jde především o zvýšení konkurenceschopnosti železniční dopravy na dopravním trhu, usnadnit, zlepšit a dále rozvíjet mezinárodní služby železniční dopravy v rámci Evropské unie a s dalšími zeměmi mimo společenství zemí EU. Z technického pohledu jde mimo jiné

o schopnost mobilní části VZ spolupracovat s různými traťovými částmi.

Celou oblast standartizace legislativně zastřešuje Evropská komise, která svými rozhodnutími určuje podmínky zavádění systému ETCS. Základní verze rozhodnutí Komise nese označení 2006/679/ES ze dne 28.března 2006 a stanovuje provádění technické specifikace pro interoperabilitu subsystému pro řízení a zabezpečení transevropského konvenčního železničního systému. V příloze A je obsažen seznam povinných specifikací jednotlivých subsystému ETCS zajišťujících interoperabilitu pro systémy třídy A. Do třídy A patří integrovaný interoperabilní systém uvedený v příloze A specifikací TSI CCS CR, v oblasti komunikace je to systém GSM-R a v oblasti vybavení zabezpečovacím zařízením systém ETCS. Ostatní národní specifické systémy spadají do třídy B a v případě ČR jde o radiový komunikační systém TRS a zabezpečovací zařízení LS.

Poslední aktualizace přílohy A směrnice 2006/679/ES ze dne 19. října 2009 stanoví pod indexem č.4. SUBSET-026 jako povinnou verzi SRS (System Requirement Specification) verze 2.3.0 pro budoucí implementace ETCS. S aktuální verzí SRS 2.3.0. nastává problém se stávajícími instalacemi ETCS používající verzi 2.2.0. se kterou není nová specifikace kompatibilní. V následujících letech se předpokládá uvedení verze 3.0.0, která již bude řešit zpětnou kompatibilitu s verzí 2.3.0.

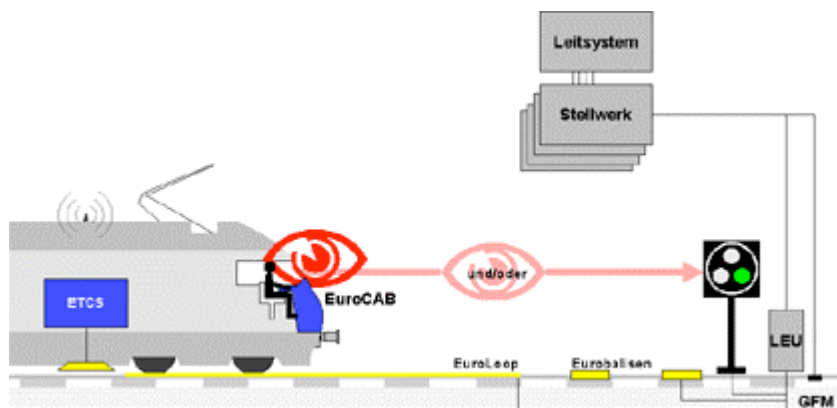
1.6 Aplikační úrovně

S ohledem na složitost celého procesu implementace jednotného zabezpečovacího systému na jednotlivé železniční systémy, jsou definovány tři základní úrovně (L - Level) ETCS (3).

ETCS L1

Aplikační úroveň 1 je určena jako doplněk stávajících národních vlakových zabezpečovačů. Vlak získává statické a proměnné informace z balíz umístěných v kolejišti. Balízu lze chápat jako bodové přenosové zařízení. Statické informace slouží především jako informace o poloze a jsou tak referenčním bodem z kterého se odvozuje poloha na trati. Proměnné informace jako povolení k jízdě se předávají prepínatelnou balízou. Balízy jsou připojeny k rozhraní LEU, které převádí informace z klasického zabezpečovacího zařízení. Řídicí počítač umístěný na hnacím vozidle průběžně zpracovává data z balíz a podle toho hlídá maximální povolenou rychlost a kalkuluje brzdnu křivku. Pro častější přenos informací

na lokomotivu je možno zvýšit počet balíz v kolejišti a vložit další balízy tzn. Infill balízy.

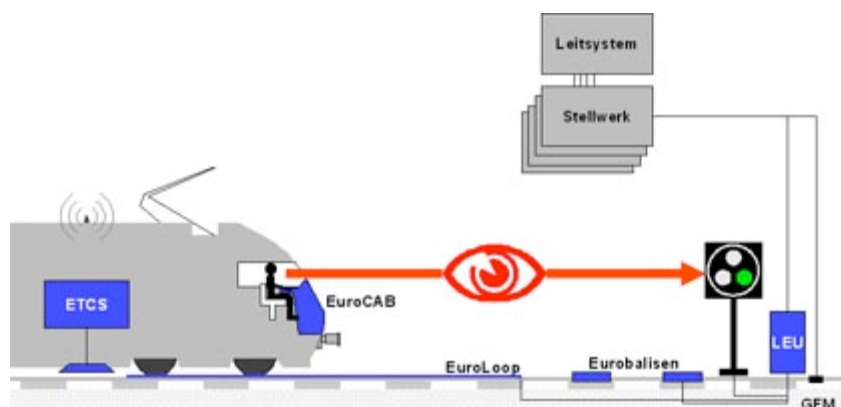


Obrázek 5: ETCS Level 1

Zdroj: <http://www.etcs.eu/>

ETCS L1 LS – Limited Supervision

V tomto případě je princip podobný s úrovní ETCS L1. Změna se týká možnosti škálovat stávající úroveň vybavení a dosadit na signální místo různé druhy kontroly rychlosti a zabezpečení. Hlavním záměrem je snížit vysoké investice a tak na žádost některých železničních správ došlo k modifikaci úrovně L1 a “omezená technika dozoru” je zahrnuta do specifikací ETCS.



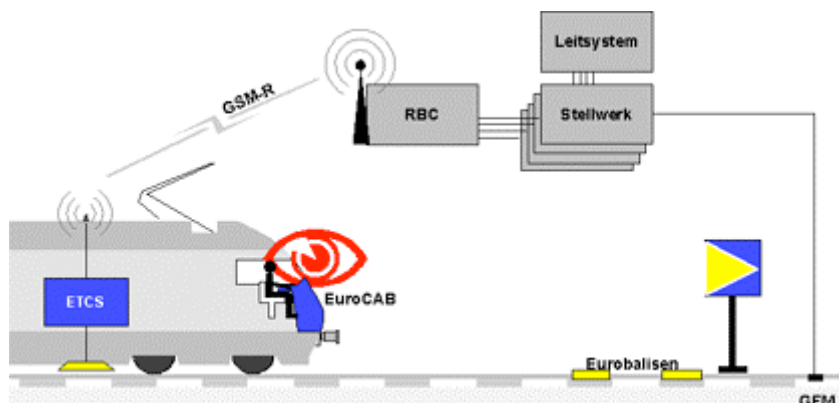
Obrázek 6: ETCS Level 1 LS

Zdroj: <http://www.etcs.eu/>

ETCS L2

V aplikační úrovni 2, se jako komunikační kanál používá pouze GSM-R. Odpadá tím nutnost vést kabelizaci k balízám. Balízy slouží pouze jako referenční bod pro určení polohy na trati a následně pro synchronizaci odometru. Všechny časově proměnné informace, jako

povolení k jízdě, jsou předávány přes GSM-R kanál. Všechny informace jsou zpracovány v radioblokové centrále (RBC) a ve spolupráci se stavědly dochází k stavění vlakové cesty a zjišťování volnosti. Zařízení je vhodné pro nově budované trati a při rozsáhlé rekonstrukci. Lze jej taktéž provozovat i se stávajícími VZ. Zařízení nevyžaduje stabilní signální zařízení, ale pevné oddíly s traťovým zařízením hlášení volné tratě je stále používáno.

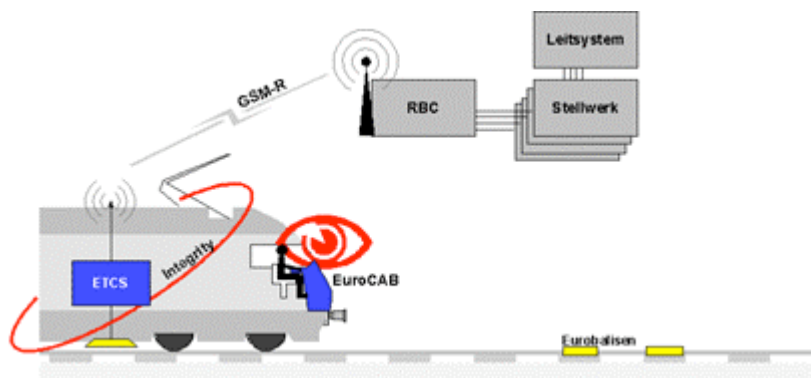


Obrázek 7: ETCS Level 2

Zdroj: <http://www.etcs.eu/>

ETCS L3

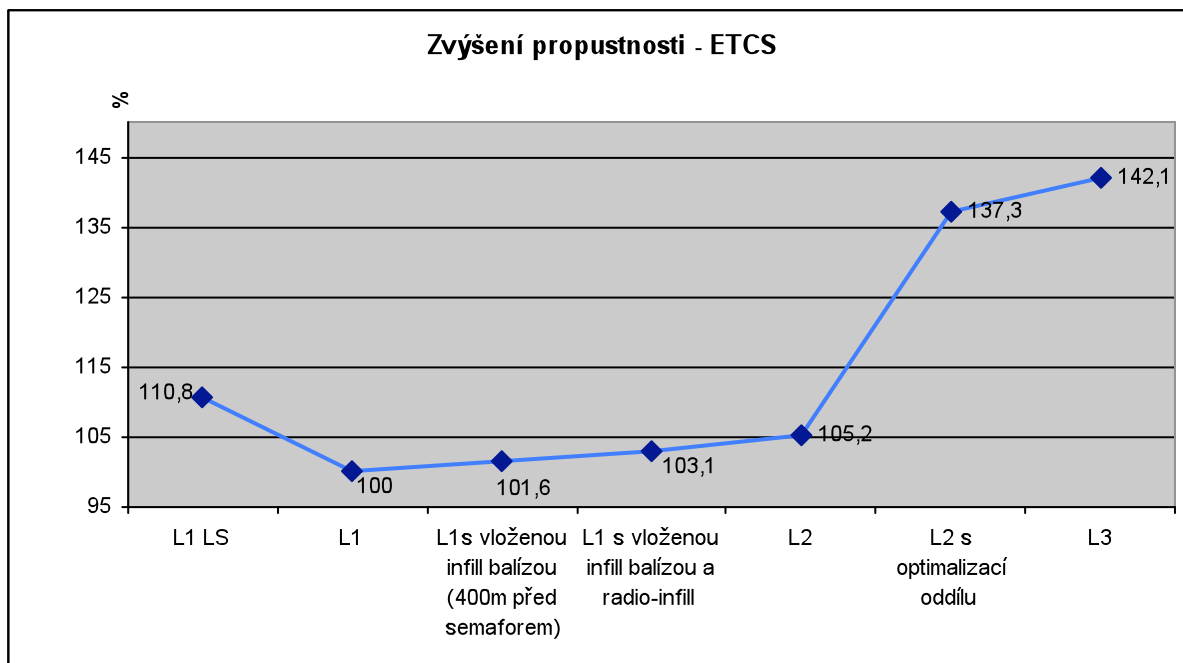
V této úrovni je plně nahrazeno stabilní signální zařízení a traťové zařízení hlášení volné tratě. Poloha vlaku je odvozena z informace odometru a je předávána RBC přes GSM-R kanál. Vzhledem k tomu, že v této úrovni se nepoužívají pevné oddíly, lze optimalizovat rozestupy vlaku na trati a optimalizovat propustnost trati. Jde o finální optimální řešení. Zásadním problémem je kontrola celistvosti vlaku a proto jde v současnosti o teoretické řešení.



Obrázek 8: ETCS Level 3

Zdroj: <http://www.etcs.eu/>

Obrázek č.9 zobrazuje teoretické zvýšení propustnosti podle použité úrovně ETCS na modelovém příkladu dvojkolejné trati s délkou oddílu 3 km a maximální rychlostí 160 km/h. Takový teoretický model odpovídá přibližně parametrům národních železničních koridorů ČR, kde je použita délka oddílu 1 km. Podstatného zvýšení propustnosti je dosaženo úpravou prostorových oddílů jak dokládají poslední dvě hodnoty grafu. V úrovni L3 pevné oddíly nejsou definovány a místo nich jsou použity “fiktivní” oddíly, které závisejí na rychlosti a zábrzdné vzdálenosti vlaku.



Obrázek 9: Teoretické zvýšení propustnosti trati podle použité úrovně ETCS

Zdroj: Global Perspectives for ERTMS

2 Aplikační nastavby nad systémem ETCS v mobilní i traťové části

System ETCS nabízí celou škálu různých možností rozšíření a nastaveb. Mezi telematické aplikace s výrazným přínosem postavené na spolupráci zabezpečovače ETCS nebo jeho komunikačního kanálu postaveného na GSM-R jsou např. elektronický jízdní řád, systém zpoplatnění dopravní cesty, poloha vlaku s možností využití satelitní navigace, měření a regulace spotřeby elektrické energie nebo traťové a staniční poměry, diagnostika vozidel.

Elektronický jízdní řád

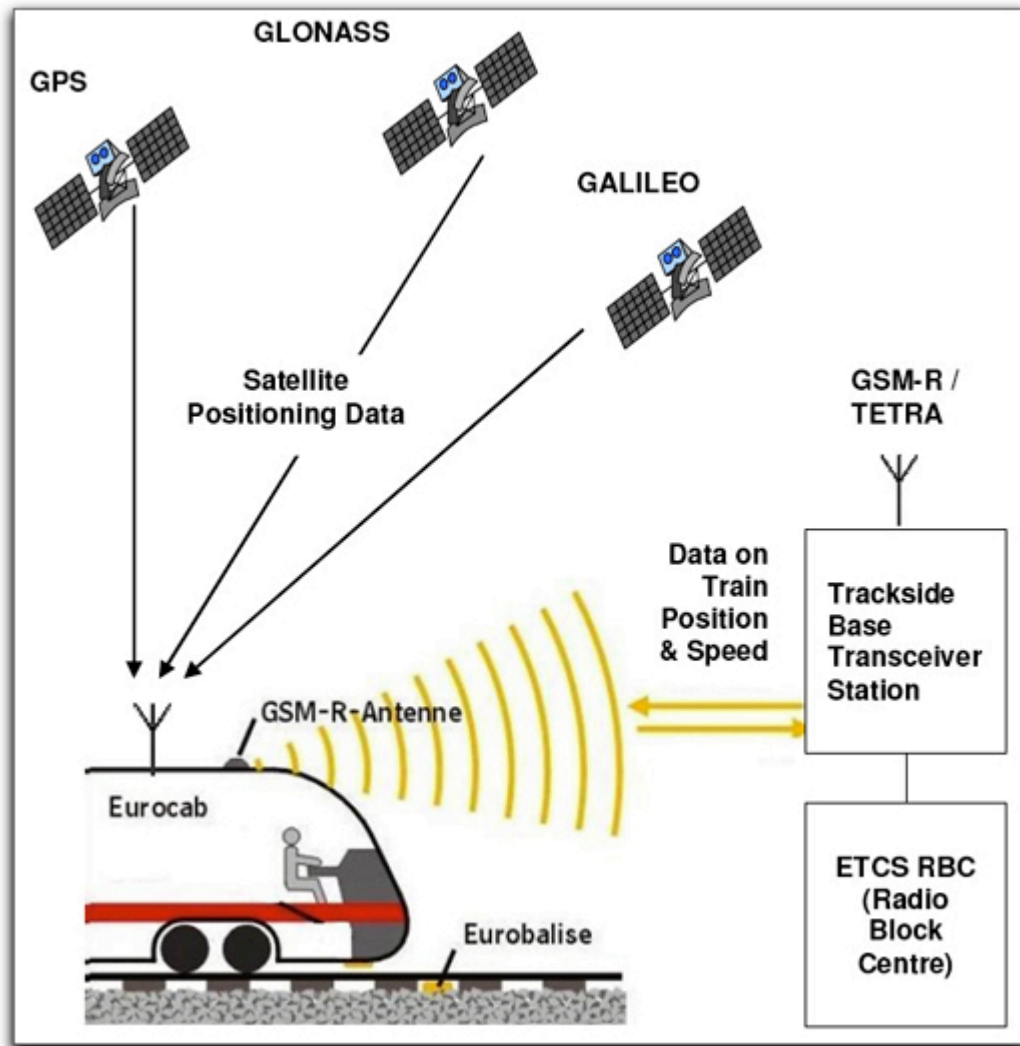
Cílem je využití informací o poloze vlaku na trase k zobrazení jízdního řádu JŘ na display a nahrazení stávající knižní formy. K technologickým informacím z JŘ lze zobrazovat informace získané z centrálního řídicího systému o pomalých jízdách a písemných rozkazech. Komfort zobrazení může být dále zvýšen například možností automatického rolování podle polohy.

Traťové a staniční poměry

Aplikace zprostředkuje přes grafické rozhraní informace o traťových a staničních poměrech, především polohy návěstidel, rozmístění a délky kolejí, sklonové poměry, poloměry obloků a rychlostní limity, limity zatížení a průjezdné profily.

Poloha vlaku s možností využití satelitní navigace

Pro systém ETCS je důležitý údaj bezpečné polohy vlaku na trati. Pro přesné určení pozice je systém vybaven odometrem, který se kalibruje vždy po projetí referenčního místa, což je tvořeno balízou umístěnou v kolejišti. Tato metoda sebou nese chybu a proto se kalkuluje s bezpečnostní rezervou minimálně 5%. Doplněním satelitní navigace jako redundantního prvku tak může přispět ke snížení bezpečnostní rezervy za cenově přijatelných nákladů. Satelitní navigace v současnosti není součástí systému ETCS, ale předpokládá se jeho implementace do ETCS v podobě tzv. virtuálních balíz. V současnosti jsou v provozu systémy GPS a GLONASS a v přípravě je projekt Evropské komise GALILEO, pro který je již dnes zpracovává integrace do systému ETCS (viz. Obrázek 10).



Obrázek 10: Satelitní navigace v systému ETCS

Zdroj: <http://www.satmagazine.com>

System zpoplatnění dopravní cesty

System umožní zjednodušit zadávání informací pro výpočet poplatku za použití dopravní cesty. System nabídne vstupní formulář pro zadání důležitých parametrů pro výpočet ceny jako hmotnost soupravy, trakce, počet náprav atd. a z údajů o poloze a tedy o projeté trase lze vypočítat koncovou cenu poplatku. Polohu lze získat z aplikace určování polohy vlaku pomocí satelitní navigace. Výstupem není pouze koncová cena, ale lze získat i cená data pro statistiky, výkazy, informace pro regulaci a kontrolu. Manažerovi dráhy umožňuje pomocí přesných údajů zkvalitnit proces rozhodování o investicích do infrastruktury, optimalizovat a stimulovat dopravu po vybraných tratích volbou variabilního zpoplatnění.

Měření a regulace spotřeby elektrické energie

Diagnostická aplikace umožní získat detailní přehled o spotřebě trakční energie a slouží jako výstup pro účtování odběru.

Diagnostika vozidel a infrastruktury

Přínosem tohoto systému je včasné informování servisních pracovníků o vzniklých závadách. Zásadním přínosem je zvýšení efektivity oprav. Systém shromažďuje naměřená data a ty odesílá do informačního systému. Diagnostika infrastruktury má důležitý význam pro předcházení poruchových stavů.

Rozhraní systému ETCS nabízejí další možnosti realizace nadstaveb z oblasti dopravní telematiky, takzvaných Inteligentních dopravních systémů (ITS). Patří zde systémy dálkového ovládání, automatické stavění jízdních cest na podkladě grafikonu, systémy centralizovaného řízení dopravy, automatizovaná podpora řešení konfliktních situací a automatizované vedení dopravního deníku.

3 Zavádění a zkušenosti se zaváděním ETCS v ČR a v zemích EU

3.1 Postup implementací v jednotlivých zemích

Česká republika

Pilotní projekt Poříčany – Kolín

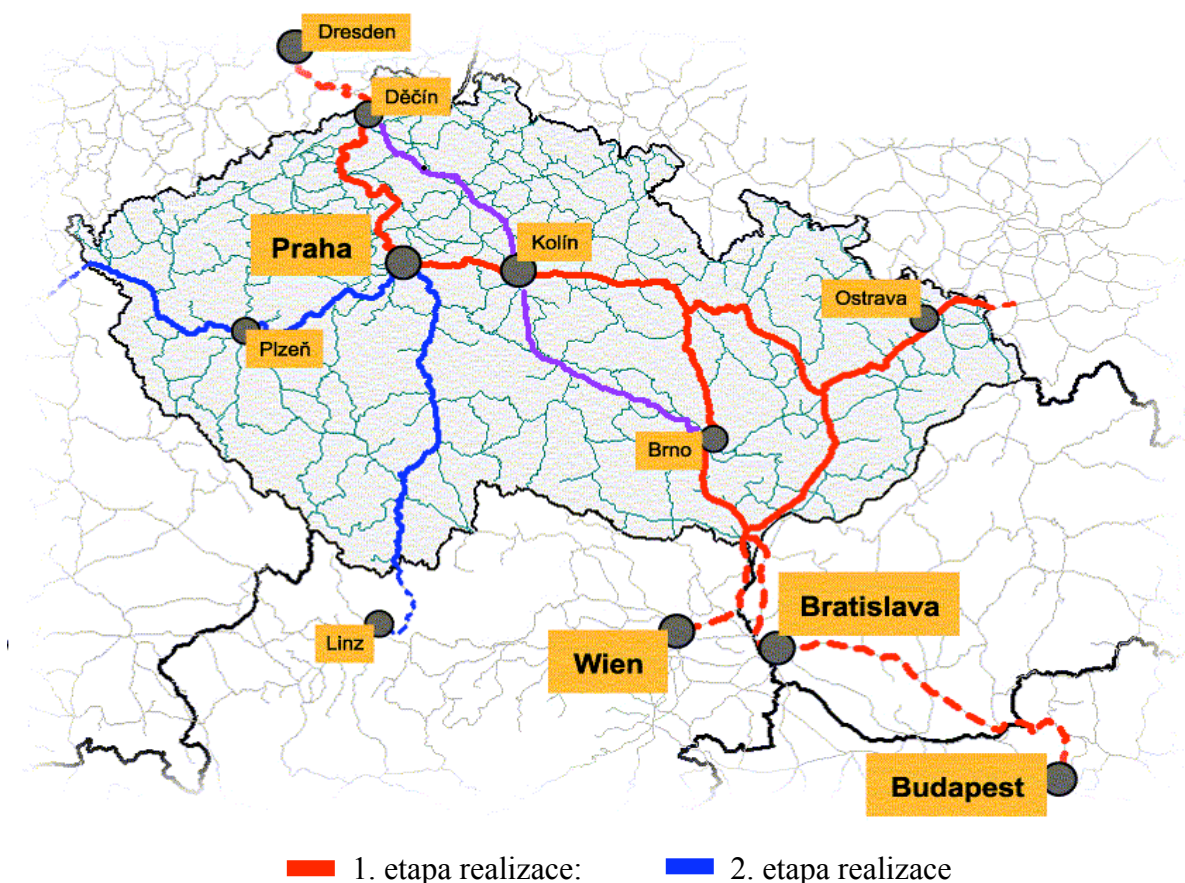
Po neúspěšném záměru vybavit úsek Ústí nad Labem – Drážďany ETCS L1, byl pro druhý pilotní projekt vybrán úsek Poříčany – Kolín, který se nachází na I. národním tranzitním koridoru. Úsek byl vybrán záměrně s ohledem na přítomnost testovacího železničního okruhu a Výzkumného železničního ústavu ve Velimi. Ve vybraném úseku se nacházejí tři stanice Velim, Pečky a Poříčany. V roce 2003 bylo evropskou komisí schváleno finanční memorandum a odsouhlaseno čerpání 75% všech nákladů z fondu ISPA. V následujícím roce byla schválena dokumentace k výběrovému řízení a vyhlášeno výběrové řízení, které bylo ukončeno v roce 2005 podpisem smlouvy mezi SŽDC, s.o. a společností Ansaldo STS Italia pro traťovou část a Ansaldo STS France pro mobilní část ETCS. Hlavním subdodavatelem je společnost AŽD a.s. Realizační práce začaly 1.7.2005 s cílem ukončit pilotní provoz v roce 2010 a předáním do ověřovacího provozu.

Cílem pilotního projektu je implementovat ETCS L2 ve verzi SRS 2.3.0. do podmínek železnice v ČR. Dotčený úsek je pokryt signálem GSM-R vyhovující pro rychlost do 220km/h. V traťové části je úsek obsluhován jednou RBC umístěnou na zkušební okruhu, která je připojena ke staničním zabezpečovacím zařízením. Použity jsou nepřepínatelné balízy. Mobilní část je dosazena na hnací vozidla řady 151 a 362 a jednotku řady 471. Součástí mobilní části je STM modul pro vlakový zabezpečovač LS90. Vozidla jsou vybavena na různých úrovních a z pohledu hnacího vozidla pokrývá různé generace vozidel. V případě lokomotivy 151 jde o hnací vozidlo s odporovou regulací a poměrně jednoduchým řídicím systémem bez elektronických prvků. ETCS ovládá pouze provozní a nouzovou brzdu. Samotné řízení a optimalizace jízdy závisí pouze na strojvedoucím a ETCS hlídá překročení maximální dovolené rychlosti. Lokomotiva 362 je modernější vozidlo s pulzní regulací a analogovým regulátorem rychlosti. Komplikovaná vazba na analogový regulátor vedla k modernizaci řídicího systému a dosazení systému CRV&AVV, na který je systém ETCS navázán a přes který probíhají povely na užití provozní brzdy. Systém AVV v tomto provedení komunikuje s ETCS, z kterého získává informace o poloze balíz a nepotřebuje tak ke své funkci traťovou část v podobě magnetických informačních bodů. Nejmodernější vozidlo

použité pro pilotní testy je elektrická jednotka 471/971, na kterou bylo zařízení ETCS dosazeno již v průběhu výroby. Vozidlo poslední generace s asynchronními motory, střídačem a digitálním řídicím systémem, systémem CRV&AVV je pro logické navázání systému ETCS vhodnou variantou.

Plán implementace

Zavádění ETCS v ČR kopíruje polohu národních tranzitních železničních koridorů – NTŽK, společně s koridorem E, který trasy koridoru rozšiřuje o větve Děčín – Nymburk – Kolín – Havlíčkův Brod - Brno. V první etapě, v období 2007 - 2013, dojde k vybavení 1.NTŽK systémem GSM-R (7). Tabulky předpokládaných staveb a předpokládaného časového harmonogramu je uvedena v příloze A.



Obrázek 10. Rozsah plánované implementace ETCS do roku 2020

Zdroj: <http://www.cd rail.cz/>

Slovensko

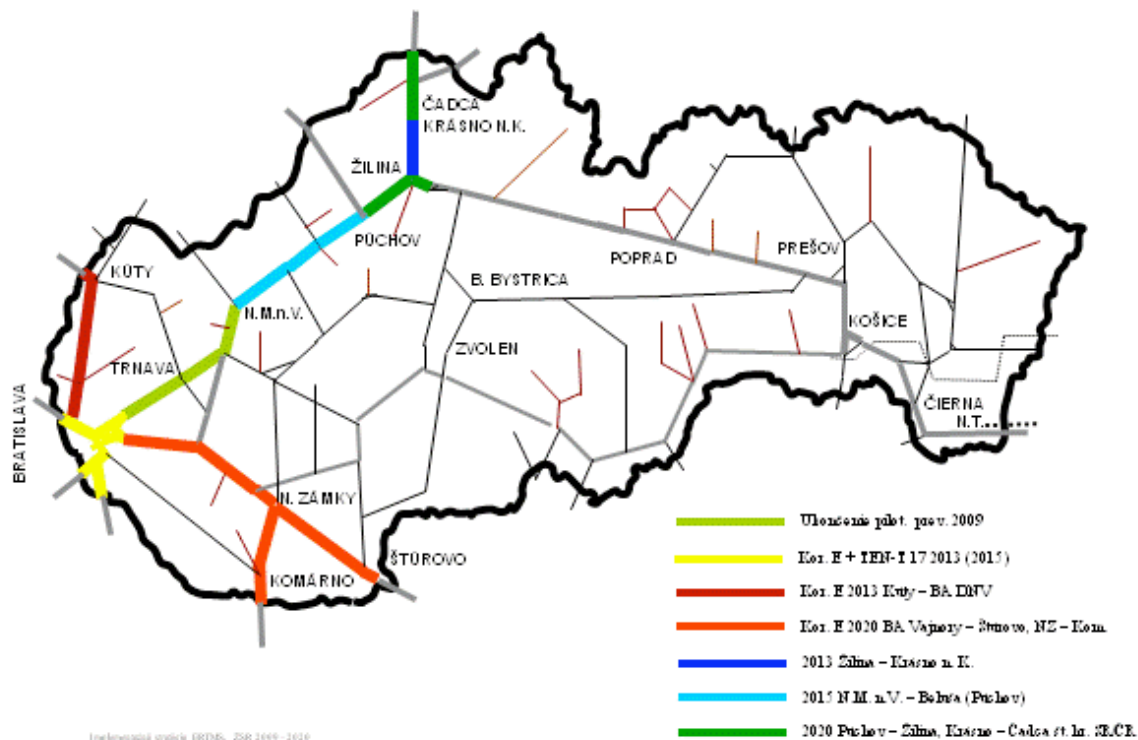
V rámci modernizace V. tranzitního koridoru Bratislava – Žilina – Košice, byla v úseku Bratislava Rača – Nové Mesto nad Váhom trať vybavena ETCS L1. Od roku 2009 je ETCS v provozu a chce-li dopravce využít maximální dovolenou rychlost v tomto úseku 160km/h, musí být hnací vozidlo vybaveno mobilní částí ETCS L1. Proto národní operátor ŽSSK vyhlásil v roce 2009 výběrové řízení na dovybavení lokomotiv řady 350 mobilní částí ETCS. Zakázku vyhrála společnost Thales a ke konci února 2010 byl zabezpečovač dosazen na první lokomotivu 350.006.

V průběhu roku 2009 zveřejnila společnost ŽSR své další záměry s vybavením tratí VZ ETCS. Výhledový stav do roku 2020 je na obrázku č.9. Na zbývající části koridoru V. bude v úseku Nové Mesto nad Váhom – Žilina – Poprad – Košice – Čierna nad Tisou pokračovat projekt ETCS L1. V případě koridoru IV., který na Slovenském území kopíruje koridor E, je plánováno dosadit ETCS L2 v případě úspěšného schválení úrovně L2 na Slovensku. Vzhledem k tomu, že modernizace této části je plánována až po roce 2015, bude před samotnou modernizací v rámci projektu ETCS L2 provedeno vybavení trati optickými kabely a nahrazení stávající zabezpečovací techniky moderním elektronickým stavědlem (9).

Tab.1 : Plánované náklady vybavení ERTMS na tratích SR (v mil.€)

	Elektronické st.	GSM-R	ETCS	Celkem
Koridor IV. (E)	80,8	24	74,2	179
Koridor V.	100,8	38,4	31,2	170,4
Koridor VI.	10	11,6	11,4	33

Zdroj: Železnice Slovenskej republiky



Obrázek 11: Plánovaný stav vybavení ETCS na tratích SR

Zdroj: Železnice Slovenskej republiky

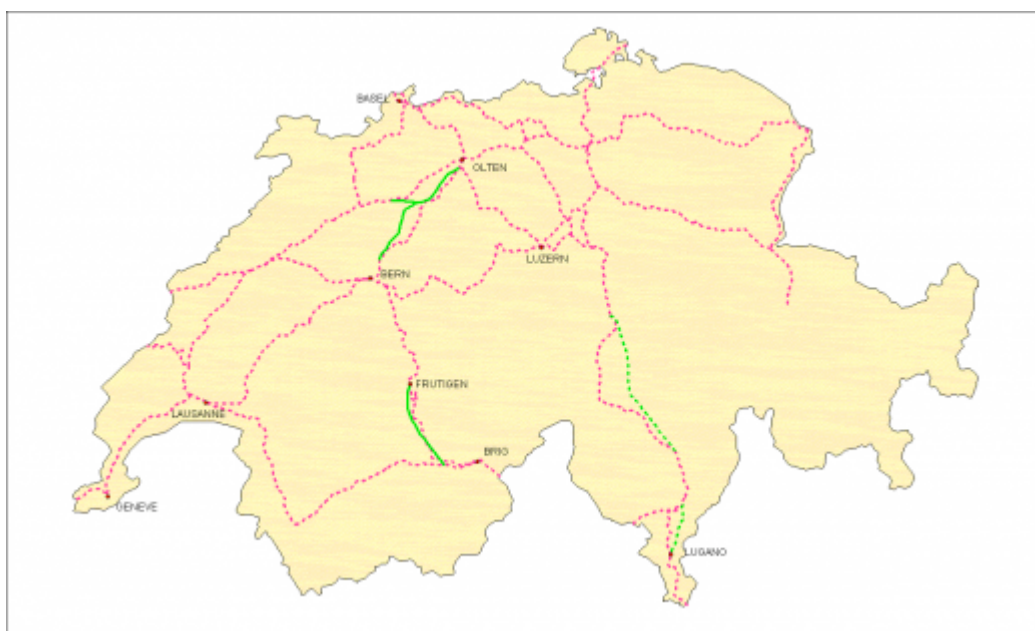
Švýcarsko

Od roku 2006 je v komerčním provozu trať Mattstien – Rothrist v délce 45km vybavená ETCS L2 s možností přechodu (fallback) na národní zabezpečovací systém. Úsek Mattstien – Rothrist se nachází na spojnici měst Bern a Zurich a byla jednou z hlavních priorit v rámci modernizace Švýcarské žel. Sítě pod názvem “Rail 2000” Od 29.7. 2007 je trať homologována pro rychlost 200 km/h a denně je pojížděna 242 soupravami. Dodavatelem technologie se staly společnosti Alstom (RBC, mobilní část) a Alcatel. Vzhledem k tomu, že šlo o novostavbu, byla projektována pouze s ETCS L2 se SRS ve verzi 2.2.2. bez přítomnosti národního VZ ZUB/SIGNUM. Po počátečních komplikacích bylo rozhodnuto dovybavit trať rovněž národní verzí VZ. V mobilní části byla dosazena mobilní část ETCS na 468 lokomotiv.

Další trať vybavená ETCS L2 je od konce roku 2009 Lötschbergský základnový tunel o délce 35 km pojížděný rychlostí 250 km/h.

V přípravě jsou stavby Gotthardského základnového tunelu o délce 57 km, který by měl být předán do provozu v roce 2017. Jde o důležitou spojnici nacházející se mezinárodním koridoru Švýcarsko – Itálie s plánovaným vysokým zatížením 300 vlakových souprav za 24hodin. Maximální rychlost je projektována na 250 km/h a vybaven bude opět ETCS L2.

Další stavbou je Ceneri základnový tunel v délce 15km s rychlostí 250 km/h a plánovaným zatížením 280 souprav během 24 hodin. Všechny lokomotivy operátora SBB byly vybaveny modulem ETM (reverzní STM modul) a jsou schopny číst informace z Eurobalíz. SBB plánují využít výhod omezené verze ETCS L1 LS (Limited Supervision), která nahradí národní vlakový zabezpečovač ZUB/SIGNUM a v plánech do roku 2016 je vybavení touto variantou celou železniční síť (viz. Obrázek 12).



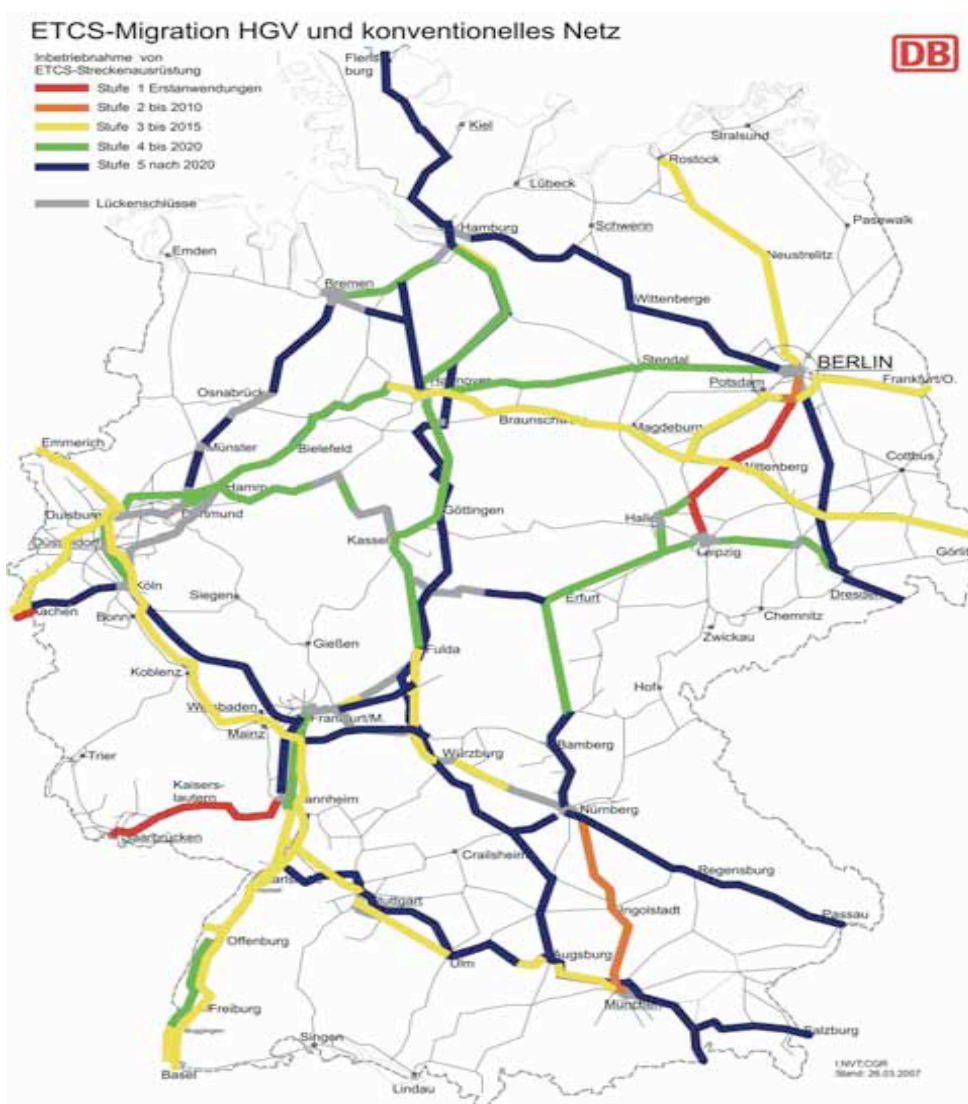
Obrázek 12 : Plánovaný stav vybavení ETCS - Švýcarsko

Zdroj: www.sbb.ch

Německo

Německé dráhy (Deutsche Bahn) provozují v současnosti dva zabezpečovací systémy, bodový PZB a liniový LZB. Zabezpečovač LZB (*Linienzugbeeinflussung*) je provozován od šedesátých let 20.století a byl instalován na tratě s provozem v rychlostním režimu nad 160 km/h, kam spadá i provoz vysokorychlostních jednotek ICE. Je instalován na cca 3000 km tratí. Zabezpečovač LZB předává informace strojvedoucímu přes rozhraní MFA, které zprostředkovává informace o aktuální rychlosti, požadované rychlosti, údaje o řízení jízdy vlaku a stavu samotného zabezpečovače. Nadstavbou nad tímto zabezpečovačem je systém AFB, který je obdobou systému AVV provozovaného u ČD a který z údajů z LZB ovládá brzdu a akceleraci vozidla. Podstatnou vlastností je přítomnost informace o následujících oddílech a podle verze konstrukční rychlosti jsou zobrazeny informace do maximální vzdálenosti 4000 m pro vozidla do 160 km/h, 7000 m pro vozidla do 200 km/h a až 12000 m pro rychlosti nad 250 km/h. Jde o moderní vlakový zabezpečovač v mnoha funkcích.

podobný systému ETCS, proto hlavní motivací zavádění ETCS na Německou železniční síť je dosažení interoperability.



Obrázek 13: Plán implementace ETCS v NSR

Zdroj: ERTMS Platform 2 Focus

První zkušenosti s ETCS byly získány na trati Stuttgart – Mannheim, kde probíhaly první testy od roku 1999. Během modernizace trati Jüteborg– Halle – Leipzig na rychlost 200km/h byl instalován ETCS L2. Od roku 2005 je tento úsek v komerčním provozu. Přes území Německa prochází jeden z prioritních ERTMS koridorů pod označením A, vedoucím z Rotterdamu do Benátek o celkové délce 1400 km. Je jedním z nejvíce zatížených mezinárodních tras a na území Německa prochází městy Köln – Mannheim – Offenburg – Basel. Na trase koridoru A jsou v současnosti použity 4 nekompatibilní zabezpečovací zařízení. V Německé části dojde k dosažení verze ETCS L2 na 448 km a ETCS L1 na

zbývajících 227 km. Dosazením verze L1 LS na 35% trasy dojde podle propočtů k úspoře v celkových nákladech ve výši 500-600 mil. €. Tabulka s harmonogramem instalace ETCS na Německých tratích je uvedena v příloze B.

Rakousko

V současnosti provozuje jednu z prvních ETCS trati statní hranice s Maďarskem - Nickelsdorf - Vídeň o délce 67 km vybavené verzi L1. Ve výstavbě je část pokračující větev (tzv. WestBahn) z Vídně do Salzburgu s odbočkou do Passau opět vybavená verzi L1. Na nově budované trati Vídeň - St. Pölten se instaluje verze L2.

Železniční operátor ÖBB plánuje vybavit mezi roky 2010 a 2014 mobilní části ETCS L2 449 hnacích vozidel, z toho 332 řady 1016/1116, 50 vícesystémových 1216 a 67 řídicích vozů jednotek RailJet. Součástí ETCS dodávky bude STM modul (1).

Francie

V roce 2007 byla zprovozněna LGV-Est mezi Paříží a městem Baudrecourt, kde je instalována ETCS L2 a je pojížděna jednotkami TGV POS francouzského dopravce SNCF a ICE 3MF německého dopravce DB s maximální rychlostí 320 km/h. Jde tedy o jednu z prvních mezinárodních relací, která je plně interoperabilní i za cenu enormních nákladů. Rekonstrukce jedné soupravy ICE 3MF stála přibližně 8 mil. €. Mezi lety 2010 až 2018 plánuje manažer infrastruktury RFF dosadit traťovou část ETCS úrovně L1 na přibližně 2200 km železničních tratí, převážně mezinárodní nákladní koridory. V následujících letech proběhne dosazení mobilní části ETCS na 217 vozidel, jehož součástí bude STM modul pro zabezpečovač TVM430 (2).

Itálie

V roce 2005 začal provoz na nově vybudované vysokorychlostní trati Řím – Neapol vybavené ETCS L2 bez možností přechodu na národní zabezpečovací systém (tzv. fall-back). Délka úseku je 220 km s projektovanou maximální rychlostí 300 km/h a předpokládanou maximální propustností 24 vlaků za hodinu. V závěru roku 2009 byly zprovozněny další úseky vysokorychlostní trati mezi městy Turín – Milán – Bologna – Florencie – Řím – Neapol – Salerno. Celková délka je 1000 km a trať je vybavená ETCS úrovni L2 bez možnosti fall-back. Vysokorychlostní jednotky jsou vybaveny ETCS L2 a STM moduly pro mezinárodní provoz (13).

ERTMS/ETCS mimo EU

Ačkoli je ERTMS/ETCS převážně Evropský projekt, je v současnosti polovina ze všech investic do ERTMS uskutečněna v zemích mimo Evropu. V současnosti je v provozu mimo Evropu 2000 km tratí a 10000 km ve výstavbě. Evropská síť tratí ERTMS v provozu dosahuje délky 2700 km s předpokladem 24000 km v roce 2020. Od roku 2007 je na Taiwanu v provozu 1200 km tratí se systémem ETCS L1. Jižní Korea od roku 2004 užívá 240 km tratí s ETCS L1 a dalším 400km se připravuje k realizaci. Čína jako jediná země modifikovala systém ETCS a ve spolupráci s evropským průmyslem si standartizovala vlastní verzi CTCS (Chinese Train Control System). CTCS level 2 je funkčně podobný ETCS L1 a CTCS level 3 odpovídá ETCS L2. V současnosti je v Číně v užívání trať Beijing-Tianjin se systémem CTCS level 2 o délce 116 km. Dalších 3800 km je ve výstavbě s termínem realizace do roku 2014 (6).

3.2 Zkušenosti s implementací ETCS

Během jednotlivých pilotních projektů bylo shromážděno množství informací a zkušeností. Negativní zkušenosti a problémy s kterými se potýkají jednotlivé počáteční implementace lze rozdělit do dvou skupin:

- Faktory ovlivňující management projektů, kam patří především ceny komponent a změny související úpravami specifikací SRS,
- Technické faktory, které reflektují výstupy jednotlivých testování, složitá integrace do stávajících národních zabezpečovacích systému.

Změny specifikací SRS

Projekt od svého počátku prochází postupnou evolucí a každá nová verze zohledňuje poznatky získané z jednotlivých projektů instalace ETCS. Zásadní problém je zpětná kompatibilita. Nejnovější verze 3.0.0. jsou zpětně kompatibilní s verzí 2.3.0. a umožní jednodušší přechod na novou verzi. Přechod z verze 2.2.2, která byla použita v pilotním projektu Poříčany – Kolín, na verzi 2.3.0d (d - debugged) přinesla komplikace z důvodu nekompatibility. Změny přinášejí producentům komponent ETCS vyšší náklady a proto ceny komponent ETCS mají tendenci zůstat na stejné úrovni.

Cena ETCS

Cena je poměrně zásadní parametr ovlivňující rychlost akceptace a instalace jednotlivými správci infrastruktury. Původní předpoklady postupného snižování ceny komponent ETCS se nenaplnily. Důvod je nastíněn v předchozím odstavci. Dalším faktorem ovlivňujícím cenu je růst systémové složitosti způsobené požadavky jednotlivých uživatelů, což přímo reflektují právě aktualizace SRS specifikací.

V následující tabulce jsou zachyceny přibližné ceny vybavení jednoho hnacího vozidla ETCS L2 podle Švýcarského operátora SBB (10).

Tab.2 : Plánované náklady vybavení ERTMS na tratích SBB (v tis.€)

	Průměrné náklady [tis. €]	Konkurenceschopná cena [tis. €]
Nové vozidla	640	128
Vozidla vybavená z výroby	1.160	135
Dovybavení – s místem pro instalaci	280	217
Dovybavení – bez místa pro instalaci	310	324

Zdroj: SBB, The Swiss Railway

Náklady na prototyp a homologací se pohybují v rozmezí 2-10 mil. € a jsou obtížně akceptovatelné pro menší dopravce s malou flotilou vozidel. Evropská komise ve své dotační politice zaměřené na podporu rozšíření ETCS přispívá do výše 100 tis. € uznatelných nákladů na jednu instalaci ETCS. Jednou z možností je podpora těch vlastníků vozidel, kteří přistoupí k dovybavení vozidel v počátcích celého migračního procesu, aby byli potlačeny zvýšené náklady z důvodu většího rizika. Po standartizaci SRS verze 3.0.0. se předpokládá, že v následujících verzích již nebude docházet k zásadním změnám a nové verze budou obsahovat pouze rozšíření verze 3.0.0.

Závěr

Vlakový zabezpečovací systém ETCS je bezpochyby úspěšný projekt, který začal svou třetí dekádu, ve které se podle dosavadního vývoje dočká nasazení. Mimo výrazné zvýšení bezpečnosti a rychlosti bezpochyby přispěje i k zjednodušení podmínek v mezinárodní dopravě. Pro Českou republiku, zemi v samém centru evropského kontinentu, znamená zachování ekonomicky významné pozice v tranzitní dopravě. Systém GSM-R jako radiokomunikační prostředek nahradí starší traťový rádiový analogový systém TESLA TRS a společně se systémem ETCS nabízí základnu pro poměrně široké spektrum aplikačních nadstaveb.

Mezi zápory patří finanční náročnost zavádění ETCS, která je však částečně eliminována dotacemi Evropské komise.

Mezi klady jednoznačně patří výrazné zvýšení bezpečnosti železniční dopravy a téměř úplné vyloučení chyb strojvedoucího.

ETCS je koncipován tak, aby nabídnul jistou míru škálovatelnosti a dovolil manažerům infrastruktury volit technologicky vhodnou a zároveň finančně akceptovatelnou variantu.

Moderní VZ s vlastnostmi ETCS je jednou z nutných podmínek pro zvyšování rychlostí na železniční síti ČR nad současnou hranici 160 km/h.

Seznam použité literatury

- [1] *Global Perspectives for ERTMS, ETCS and GSM-R*. Paris: Marti Media AG, 2007.
- [2] *Oficiální stránky projektu ERTMS* [online]. Dostupé z WWW: <http://www.ertms.com/>
- [3] Chudáček, V. - Lochman L. *Vlakový zabezpečovací systém ERTMS/ETCS. Vědeckotechnický sborník ČD*, Dostupé z WWW: <http://www.ceskedrahy.cz/tiskove-centrum/magaziny-a-periodika/vedeckotechnicky-sbornik-cd/-1893/>
- [4] Varadinov P. Stav projektu ERTMS/ETCS u ČD In *Sborník z konference Aplikace ERTMS/ETCS v ČR*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. s. 25-29. ISBN 80-7194-699-0
- [5] Varadinov P. Pilotní projekt ETCS L2 v České republice In *Vědeckotechnický sborník ČD č. 28/2009* [online] Dostupé z WWW: <http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/vts28/2802.pdf>
- [6] *The newsletter of ERTMS* [online], Dostupé z WWW: http://ec.europa.eu/transport/rail/interoperability/ertms/doc/016_signal_2010_01_en.pdf
- [7] *Národní implementační plán ERTMS* [online], Praha, září 2007, Dostupé z WWW : http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/11F76641-C975-4FFB-A17C-E2DF0580AC73/0/czech_republic_nip_ERTMS2010.pdf
- [8] *Plán implementace v NSR* [online] Dostupé z WWW: http://fahrweg.dbnetze.com/site/shared/de/dateianhaenge/infomaterial/netz/etcs__streckenausruestungen__netz__ag.pdf
- [9] *Implementační strategie ERTMS na síti ŽSR* [online]. Dostupé z WWW: http://ec.europa.eu/transport/rail/interoperability/ertms/doc/edp/national_deployment_plans/slovakia_ndp.pdf
- [10] *Oficiální stránky SBB - ERTMS* [online]. Dostupé z WWW: http://www.etcs.eu/en/etcs_home.htm
- [11] <http://www.uic.org/html/ertms-conference2007/conferences/2003/docs/elia.pdf>
- [12] *Atlas of ERTMS Worldwide implementation*. Paris: Marti Media AG, 2007. 84s.
- [13] Senesi, F. – Marzilli, E.. *European Train Control System, Development and implementation in Ital.*, Rome: CIFI – College of Italian Railway Engineers, 2007. 317s.
- [14] ETCS Website UIC [online]. Dostupné z http://etcs.uic.asso.fr/pilot_projects.html

Seznam obrázků

Obrázek 1: Národní vlakové zabezpečovače	10
Obrázek 2 : Komerčně používané tratě ETCS	13
Obrázek 3 : Mezinárodní koridory ETCS	15
Obrázek 4: ETCS koridor E.....	16
Obrázek 5: ETCS Level 1.....	20
Obrázek 6: ETCS Level 1 LS.....	20
Obrázek 7. ETCS Level 2.....	21
Obrázek 8. ETCS Level 3.....	22
Obrázek 9: Teoretické zvýšení propustnosti trati podle použité úrovně ETCS.....	22
Obrázek 10: Satelitní navigace v systému ETCS.....	24
Obrázek 10. Rozsah plánované implementace ETCS do roku 2020.....	27
Obrázek 11: Plánovaný stav vybavení ETCS na tratích SR.....	29
Obrázek 12 : Plánovaný stav vybavení ETCS – Švýcarsko.....	30
Obrázek 13: Plán implementace ETCS v NSR.....	31

Seznam tabulek

<i>Tab.1 : Plánované náklady vybavení ERTMS na tratích SR (v mil.€).....</i>	<i>28</i>
<i>Tab.2 : Plánované náklady vybavení ERTMS na tratích SBB (v tis.€).....</i>	<i>34</i>

Seznam použitých zkratek

A	Austria
AVV	Automatické vedení vlaku
CCS	Control-Command and Signalling (řídící příkazy a signalizace)
CRV	Centrální Regulátor Vozidla
ČR	Česká Republika
EIRENE	European Integrated Radio Enhanced Network (rozšířená evropská integrovaná rádiová síť)
ERTMS	European Rail Traffic Management Systém (evropský systém řízení železniční dopravy)
ETCS	European Train Control System (evropský systém kontroly jízdy vlaku)
ETML	European Rail Traffic Management Layer (jednotné evropské řízení žel. dopravy)
ERRI	European Rail Research Institute (evropský institut pro železniční výzkum)
EU	Evropská Unie
EUROSIG	European Special Interest Group (sdružení dodavatelů železniční zabezpečovací techniky, předchůdce UNISIG)
EVC	European Vital Computer (evropský palubní počítač)
FRS	Functional Requirements Specifications (specifikace funkčních požadavků)
DB	Deutsche Bahn
DMI	Driver Machine Interface (rozhraní mezi strojvedoucím a EVC)
GLONASS	Global Navigation Satellite Systém (globální družicový polohový systém, Rusko)
GPS	Global Positioning Systém (polohový družicový systém, USA)
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway (Globální systém pro mobilní komunikaci pro železnici)
ICE	InterCityExpress
ISPA	Instrument for Structural Policies for Pre-Accession (Nástroj předvstupních strukturálních politik)
LEU	Lineside Electronic Units (palubní elektronická jednotka)
LZB	Linienzugbeeinflussung (německý liniový vlakový zabezpečovač)
RBC	Radio Block Center (radiobloková centrála)
RFF	Réseau Ferré de France (Francouzský manažer železniční infrastruktury)

SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SNCF	Société Nationale des Chemins de fer français
SR	Slovenská Republika
SRN	Spolková republika Německo
SRS	System Requirement Specifications (specifikace systémových požadavků)
STM	Specific Transmission Module (specifický překládací modul)
TEN-T	Trans-European Transport Network (transevropská dopravní síť)
TSI	Technical Specifications for Interoperability (technické specifikace interoperability)
UIC	Union Internationale des Chemins de fer (mezinárodní železniční unie)
UNISIG	Union Industry of Signaling (sdružení dodavatelů železniční zabezpečovací techniky)
VZ	Vlakový zabezpečovač

PŘÍLOHY

Příloha A: Časový harmonogram implementace ERTMS v České Republice

Příloha B: Časový harmonogram implementace ERTMS v SRN

Příloha A: Časový harmonogram implementace ERTMS v České Republice

Priorita	Trať	Délka (km)	Příprava	Realizace	Pozn.
1	1. TŽK	478			LS
	Kolín - Břeclav - st. hr. A/SK	277	2008 – 2009	2010 – 2011	LS
	Kolín - Praha - Děčín st. hr. D	201	2010 – 2011	2012 - 2013	
2	2. TŽK + Č. Třebová - Přerov	316			
	Břeclav - Přerov	100	2013 – 2014	2015 - 2016	LS
	Přerov - Petrovice u K - st. hr. PL	106	2014 – 2015	2016 - 2017	LS
	Č. Třebová - Přerov	110	2015 – 2016	2017 - 2018	LS
3	3 TŽK	312			
	Praha - Plzeň	114	2016 – 2017	2018 – 2020	LS
	Plzeň - Cheb	106	2016 – 2017	2018 – 2020	LS
	Dětmorovice - Mosty u J.	53	2014 – 2015	2016 – 2017	LS
	Polanka n.O. - Český Těšín	39	2015 – 2016	2017	LS
4	4. TŽK	226			
	Praha - České Budějovice	169	2016 – 2017	2018 – 2019	LS
	Č. Budějovice - H. Dvořiště - st. hr. A	57	2017 – 2018	2019 – 2020	bez LS
	Celkem	1332			

Zdroj: ERTMS National Implementation Plan Czech Republic

Příloha B: Časový harmonogram implementace ERTMS v SRN

Strecke/Streckenabschnitte *	ETCS Level/Mode der realisiert wird	nach SRS Version ***	parallele, weiterhin nutzbare, Zugbeeinflussungssysteme	vsl. Inbetriebnahme **	zu beachtende Besonderheiten !
2600 ABG Aachen – Landesgrenze Deutschland/Belgien	ETCS Level 2 oder L1 Limited Supervision	Baseline 3	PZB und Crocodile (Zulassung Crocodile läuft 12.2011 aus)	wird noch festgelegt	<p>Im Rahmen der Projektrealisierungen werden die Strecken mit Balisen ausgerüstet. Das kann bei Fahrzeugen, die diese Strecken während der Realisierungsphase mit aktiver Balisenleseantenne befahren, zu Fahrzeugreaktionen führen !</p> <p>Um Rückwirkungen auszuschließen ist in diesen Fällen schon im Bauzustand der Strecke die Konformität des Fahrzeugerätes erforderlich.</p>
3231/3250/3280 POS Nord Saarbrücken Ludwigshafen	ETCS Level 2	2.3.0 d	PZB	12.2012	
NIM Nürnberg – Ingolstadt - München	ETCS Level 2	2.3.0 d	PZB/LZB	12.2013	
B – L Berlin Teltow – Leipzig	ETCS Level 2	2.3.0 d	PZB/LZB	12.2011	
Oberhausen – Emmerich	ETCS Level 2	Baseline 3	PZB	wird noch festgelegt	
Katzenbergtunnel	ETCS Level 2	Baseline 3	PZB/LZB	wird noch festgelegt	
3. Gleis Stelle – Lüneburg	ETCS Level 2	Baseline 3	PZB	wird noch festgelegt	
Rostock - Berlin	ETCS Level 2	Baseline 3	PZB	wird noch festgelegt	

Strecke/Streckenabschnitte *	ETCS Level/Mode der realisiert wird	nach SRS Version ***	parallele, weiterhin nutzbare, Zugbeeinflussungssysteme	vsl. Inbetriebnahme **	zu beachtende Besonderheiten !
Deutscher Anteil des EU Korridors A Emmerich - Basel	ETCS Level 2/ Level 1 LS	Baseline 3	PZB, abschnittsweise LZB	wird noch festgelegt	<p>Im Rahmen der Projektrealisierungen werden die Strecken mit Balisen ausgerüstet. Das kann bei Fahrzeugen, die diese Strecken während der Realisierungsphase mit aktiver Balisenlesantenne befahren, zu Fahrzeugreaktionen führen!</p> <p>Um Rückwirkungen auszuschließen ist in diesen Fällen schon im Bauzustand der Strecke die Konformität des Fahrzeuggerätes erforderlich.</p>
Deutscher Anteil des EU Korridors F Aachen - Frankfurt/Oder - Horka	ETCS Level 2/ Level 1 LS	Baseline 3	PZB, abschnittsweise LZB	wird noch festgelegt	
Teilstück vom Deutschen Anteil des EU Korridor B München - Kiefersfelden	ETCS Level 2/ Level 1 LS	Baseline 3	PZB	wird noch festgelegt	
VDE 8.1 Ebensfeld - Erfurt	ETCS Level 2	Baseline 3	keine	2017	
VDE 8.2 Erfurt - Gröbers	ETCS Level 2	Baseline 3	keine	2015	
NBS Wendlingen - Ulm	ETCS Level 2	Baseline 3	keine	2019	

Strecke/Streckenabschnitte *	ETCS Level/Mode der realisiert wird	nach SRS Version ***	parallele, weiterhin nutzbare, Zugbeeinflussungssysteme	vsl. Inbetriebnahme **	zu beachtende Besonderheiten !
Stuttgart 21	ETCS Level 2	Baseline 3	PZB	wird noch festgelegt	<p>Im Rahmen der Projektrealisierungen werden die Strecken mit Balisen ausgerüstet. Das kann bei Fahrzeugen, die diese Strecken während der Realisierungsphase mit aktiver Balisenleseantenne befahren, zu Fahrzeugreaktionen führen !</p> <p>Um Rückwirkungen auszuschließen ist in diesen Fällen schon im Bauzustand der Strecke die Konformität des Fahrzeuggerätes erforderlich.</p>
Rhein/Main – Rhein/Neckar	ETCS Level 2	Baseline 3	keine	wird noch festgelegt	
3./4. Gleis Karlsruhe - Basel	ETCS Level 2	Baseline 3	teilweise PZB	wird noch festgelegt	

* teilweise mit Streckenkurzbezeichnung

** Die fahrplanwirksame Inbetriebnahme (in der Regel Dez.) wird frühzeitig bekanntgegeben

*** Gibt die System Requirements Specification (SRS) Version an (Bestandteil der TSI ZZS), nach der die ETCS Streckenausrüstung realisiert wurde

Zdroj: DB Netz AG, ETCS Migrationsprojekte