

# Moderní mobilní komunikace na železnici

Bc. Ondřej Borovský MBA  
Vedoucí oddělení

18. 10. 2023, Pardubice

# Druhy rádiových spojení

- **Základní rádiové spojení**

- Rádiové spojení, které na trati vybavené příslušnou rádiovou infrastrukturou umožňuje s předepsanou kvalitou plnohodnotnou hlasovou komunikaci mezi strojvedoucím a dispečerem a mezi strojvedoucími navzájem.

- **Náhradní rádiové spojení**

- Rádiové spojení, které musí umožnit uskutečnění rádiového spojení strojvedoucího s dispečerem z převážné většiny míst tratí v jím řízené oblasti. K náhradnímu spojení se smí používat pouze stanovené typy rádiových zařízení. Druh a typ rádiového zařízení určuje provozovatel dráhy.
- **Náhradní rádiové spojení nesmí být trvale používáno místo základního rádiového spojení.**

- **Nouzové rádiové spojení**

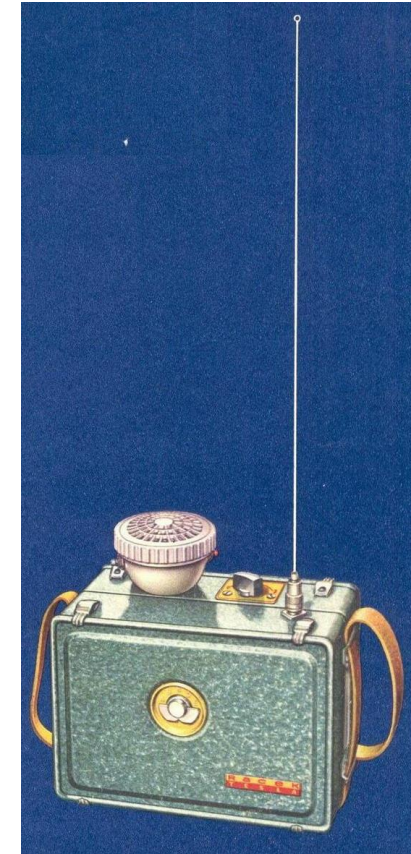
- Jakékoliv rádiové spojení, které umožňuje uskutečnění nouzového spojení strojvedoucího s dispečerem příslušné řízené oblasti v případě vzniku poruchy nebo mimořádnosti v průběhu jízdy hnacího vozidla, a to pouze do doby odjezdu vozidla.
- **Nouzové rádiové spojení nesmí být nikdy použito jako náhrada základního nebo náhradního rádiového spojení.**

# Současné rádiové sítě

- **Traťové rádiové spojení v pásmu 450MHz (SRD)**
  - Zajišťuje hlasovou komunikaci dispečera, strojmistra případně dalších osob zúčastněných na řízení a organizování drážní dopravy a jejím provozování se strojvedoucím a přenos kódovaných informací.
  - Umožňuje jen jeden probíhající hovor
- **Rádiová síť v pásmu 150 MHz (SRV a MRS)**
  - Systém simplexního spojení v traťových a místních rádiových sítích v pásmu 150 MHz zajišťuje hlasovou komunikaci dispečera se strojvedoucím v dosahu základnové radiostanice umístěné v příslušné železniční stanici a spojení strojvedoucího s dalšími osobami zúčastněnými na provozování drážní dopravy.
  - SRV – traťová
  - MRS – místní (pouze pro stanici a okolí)
- **Digitální rádiový systém GSM-R**
  - Zajišťuje hlasovou komunikaci a přenos dat mezi terminály a pevnými účastnickými zařízeními a spojení s jinými sítěmi elektronických komunikací. Odvozeno z 2G (GSM)

# Historie

- **1951** – první pokusy u ČSD o vývoj rádiového zařízení pro spojení výpravčích a dispečerů se strojvedoucími v pásmu 80 MHz, ukončeno 1958
- **1959** – přenosná radiostanice RACEK VXV050 (TESLA Pardubice), pásmo 80 MHz
- **1960** – vozidlová radiostanice DMZ 11-S a další (TESLA Hloubětín), duplexní provoz se selektivní volbou v pásmu 80 MHz nebo 160 MHz
- **1969** – stuhová síť TESLA SELEX, duplexní provoz se selektivní volbou v pásmu 150 MHz, trať Plzeň – Cheb, vozidlové radiostanice VXN110 a přenosné radiostanice VXW020, VXW100
- **70. a 80. léta** – radiostanice řady TESLA SELEKTIC, základnové radiostanice ZR20, ZR21 a ZR24, vozidlové radiostanice VR20 a přenosné radiostanice PR11 a PR21



Radiostanice RACEK

# Analogové sítě pásma 150 MHz

- Rozhodnutí CEPT (Evropské konference poštovních a telekomunikačních správ) o určení kmitočtů pásma 150 MHz pro účely železniční dopravy
- Zásady Mezinárodní železniční unie (UIC) ke kmitočtové koordinaci mezi jednotlivými železnicemi
- **1975** – rozhodnutí Federálního ministerstva spojů o přidělení úseků pásma 150 MHz pro potřeby ČSD
- **1977** – oborová norma ON 34 2858 „Železniční rádiové sítě“
  - Nově také stanovení typů sítí podle účelu použití
- **2012** – opatření obecné povahy Českého telekomunikačního úřadu PV-P/1/03.2012-3, kterým se vydává část plánu využití rádiového spektra pro kmitočtové pásmo 146 – 174 MHz
  - Nově přidělené kmitočty pásma 150 MHz pro účely železniční dopravy

| Úsek A                | Úsek B                |
|-----------------------|-----------------------|
| 148,200 – 149,050 MHz | 152,800 – 153,660 MHz |

# Tratové rádiové systémy v pásmu 450 MHz

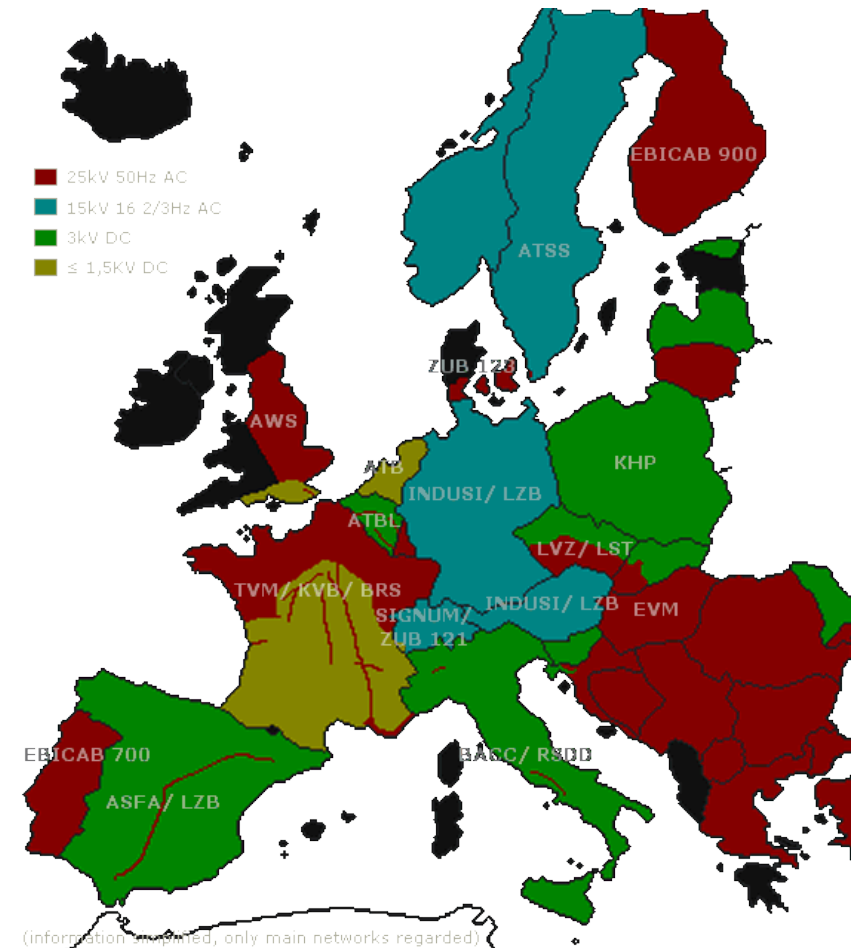
- **1979** – Doporučení UIC č. 751-3 „Technical regulations for international ground-train radio systems“
  - kmitočty z úseků 457,380 – 458,480 MHz / 467,380 – 468,480 MHz
  - kmitočtové čtveřice – kanály A, B a C pro vysílání základnových radiostanic, kanál D pro vysílání vozidlových radiostanic
  - definované provozní tóny (volný kanál = 2280 Hz, sledovací = 1960 Hz, pilotní = 2800 Hz, upozorňovací = 1520 Hz)
  - duplexní provoz, selektivní volba
- **1993** – tratový rádiový systém TRS z produkce společnosti TESLA Pardubice
  - založen na doporučení UIC č. 751-3
  - selektivní volba vlaku jeho šestimístným číslem, zkrácená jednotlačítková volba dispečera, skupinová volba výpravčího
  - možnost přenosu až deseti hlášení nebo příkazů v kódované formě krátkých zpráv FFSK
  - možnost dálkového zastavení jízdy vlaku (i VNPN) – „Generální stop“ a „Adresný stop“
- Systém je interoperabilní jako národní systém třídy B podle rozhodnutí Komise č. 2006/679/ES ze dne 28. března 2006 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému pro řízení a zabezpečení transevropského konvenčního železničního systému (TSI CCS)
- Vybaveno 4200 km tratí

# Co je to ERTMS?

- **ERTMS (European Rail Traffic Management System)**
  - je jednotný evropský systém řízení železniční dopravy
  - skládá se dvou základních součástí:
- **ETCS (European Train Control System) – evropský vlakový zabezpečovací systém**
  - Zabezpečení jízdy vlaků na současné úrovni techniky, odstranění množství národních zabezpečovacích systémů, umožnění interoperability železničních vozidel, zvýšení propustnosti tratí, zvýšení traťových rychlostí
- **GSM-R (Global System for Mobile Communication for Railways) – globální systém pro mobilní komunikace na železnici**
  - GSM-R je bezpečná platforma pro datovou komunikaci mezi hnacím vozidlem a radioblokovou centrálou zabezpečující jízdu vlaku a pro hlasovou komunikaci mezi provozními zaměstnanci železnic, jako jsou strojvedoucí, dispečeri, výpravčí, posunovači,...

# Proč ERTMS?

- Různorodost zabezpečovacích systémů
  - využívající liniové zdroje informací
    - kódované kolejové obvody (ČR, SR)
    - vyzářovací vedení v koleji = LZB Německo
  - využívající bodové zdroje informací s elektromagnetickým přenosem na vozidlo
    - Německo, Rakousko, Slovinsko,... = PZB Indusi
    - Švýcarsko = Signum nebo ZUB
    - Itálie = SCMT
    - Velká Británie = ATC
  - nebo s elektromechanickým přenosem na vozidlo
    - Francie, Belgie, Lucembursko = Crocodile
- ⇒ Existence cca 20 typů vlakového zabezpečovače
- Různorodost rádiových komunikací pro železniční provoz
  - Místní rádiové sítě v pásmech 80 MHz, 150 MHz, 450 MHz
  - Traťová rádiová spojení v pásmech 150 MHz, 380 MHz, 450 MHz





# GSM-R

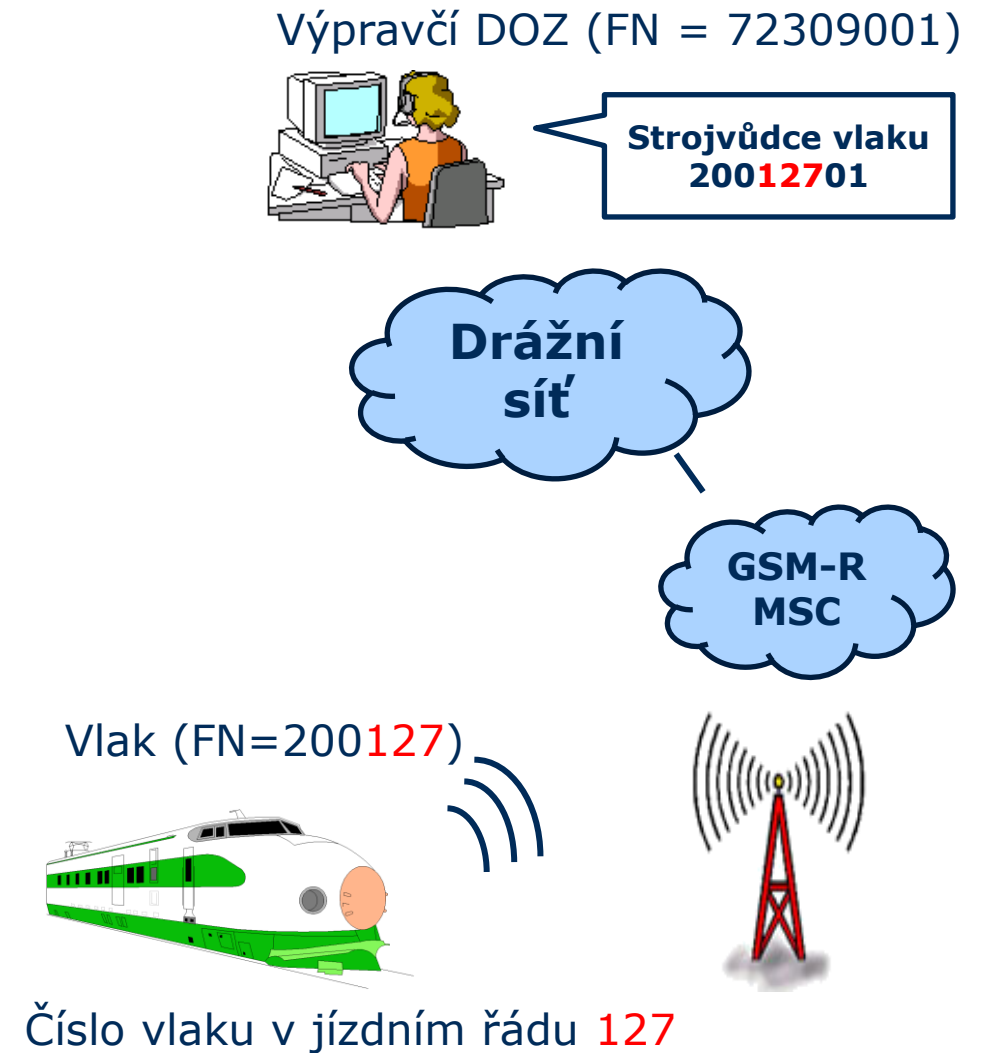
- Jediný interoperabilní rádiový systém, který je možné budovat
- GSM-R standardizován od roku 2004 po současnost
- Jedná se o technologii 2G na bázi komerčního GSM
- Ověřená technologie
- Interoperabilita v rámci celé Evropy/světá
- Jednotné specifikace UIC a kompatibilita
  - **EIRENE SRS (systémové) 16.0.0 a FRS (funkční) 8.0.0**
- Společné a jednotné frekvenční spektrum
- Vývoj stále pokračuje a probíhá
- Národní aplikace GSM-R STOP (možnost zastavení vlaku přes GSM-R), která má vazbu i na VNPN
- Podpora systému minimálně do roku 2030

# Specifické funkce GSM-R

- Specifické drážní funkce:
  - **Priority ve volání**
  - **Skupinová volání**
  - **Funkční adresování**
  - **Prezentace funkčního čísla**
  - **Přístupová matrice (Access Matrix)**
  - **Adresování v závislosti na poloze**
  - **Posunový mód**
  - **Nouzová volání**
- ASCI (advanced speech call items)
- eMLPP, Enhanced Multi-level Precedence and Pre-emption (volání s prioritou)
- VBS, Voice Broadcast Service (jednosměrná volání)
- VGCS, Voice Group Calling Services (skupinová volání)

# Funkční adresování

- Funkční adresování umožňuje, aby účastníci GSM-R sítě byli dosažitelní pomocí čísla, které vyjadřuje jejich funkční zařazení a není svázáno s konkrétním terminálem (např. dle čísla vlaku).
- Prezentování funkčního čísla umožňuje, aby při volání pomocí funkčních čísel byla tato funkční čísla zobrazena na terminálech.
- Funkční číslo je přeneseno pomocí end – to – end supplementary services UUS1 (user-to-user signaling).



# Nouzová volání

- Jedná se o skupinový hovor aktivovaný v dané geografické oblasti pro všechna hnací vozidla, dispečery a další zahrnutý personál o nebezpečné situaci.
- Jsou dva typy nouzových volání:
- Vlakové nouzové volání (Train emergency call) Group ID 299
- Nouzové volání posunu (Shunting emergency call) Group ID 599



# ROAMING

## Roaming v provozu:

- Německo
- Rakousko
- Nizozemí
- Slovensko
- Maďarsko
- Slovinsko
- Itálie
- Švýcarsko

## Roaming v přípravě:

- Polsko



# Rozdíly mezi GSM a GSM-R

|  | GSM   |                              | GSM-R   |                    |
|--|---|------------------------------|---|--------------------|
| Síť  | Veřejná síť<br>Standardy ETSI   |                              | Neveřejná síť<br>Standardy ETSI a specifikace EIRENE  |                    |
| Kmitočty BTS                               | Uplink / vysílání   | Downlink / příjem:           | Uplink / vysílání:  | Downlink / příjem: |
|  | 890–915 MHz<br>1710–1785 MHz  | 935–960 MHz<br>1805–1880 MHz | 876–880 MHz   | 921–925 MHz        |
|  | Celkem 124 + 300 kanálů   |                              | Celkem 19 kanálů  |                    |
| Pokrytí                                    | Celoplošné<br>Podmínka licencí veřejných operátorů: pokrytí 95 % území státu a 98 % populace, úplné pokrytí všech dálnic a silnic I. třídy. |                              | Liniové<br>Podmínka: pokrytí 95 % místa a času tratě v každém 100 m úseku s úrovní min. -95 dBm pro ETCS lev. 2 při rychlosti do 220 km/h, resp. s úrovní min. -98 dBm pro pouze hovorové spojení. Problémy s pokrytím ve stanicích a železničních uzlech |                    |
| Služby                                     | Hovor (E2E, konference, PTT),<br>Data (přepojování, okruhů, GPRS, EDGE)<br>SMS,<br>MMS  |                              | Hovor, data, SMS<br>ASCI (železniční) funkce:<br>Skupinové volání, Nouzové volání, Funkční čísla, Místně závislá adresace (LDA), Prioritizace spojení, Posun (Shunting mode)  |                    |
| Handover                                   | Vzdálenost BTS ~ 10 km<br>Doba předání: < 800 ms  |                              | Vzdálenost BTS ~3 – 8 km podle terénu<br>Doba předání: < 300 ms   |                    |
| Četnost spojení<br>(na jednu BTS a hodinu) | Až řádově 10 <sup>4</sup> hovorů<br>Až řádově 10 <sup>2</sup> datových relací (mimo SMS)  |                              | Řádově 10 <sup>1</sup> hovorů<br>Až řádově 10 <sup>3</sup> datových relací (při ETCS)   |                    |

# Požadavky na kvalitu GSM-R pro ETCS

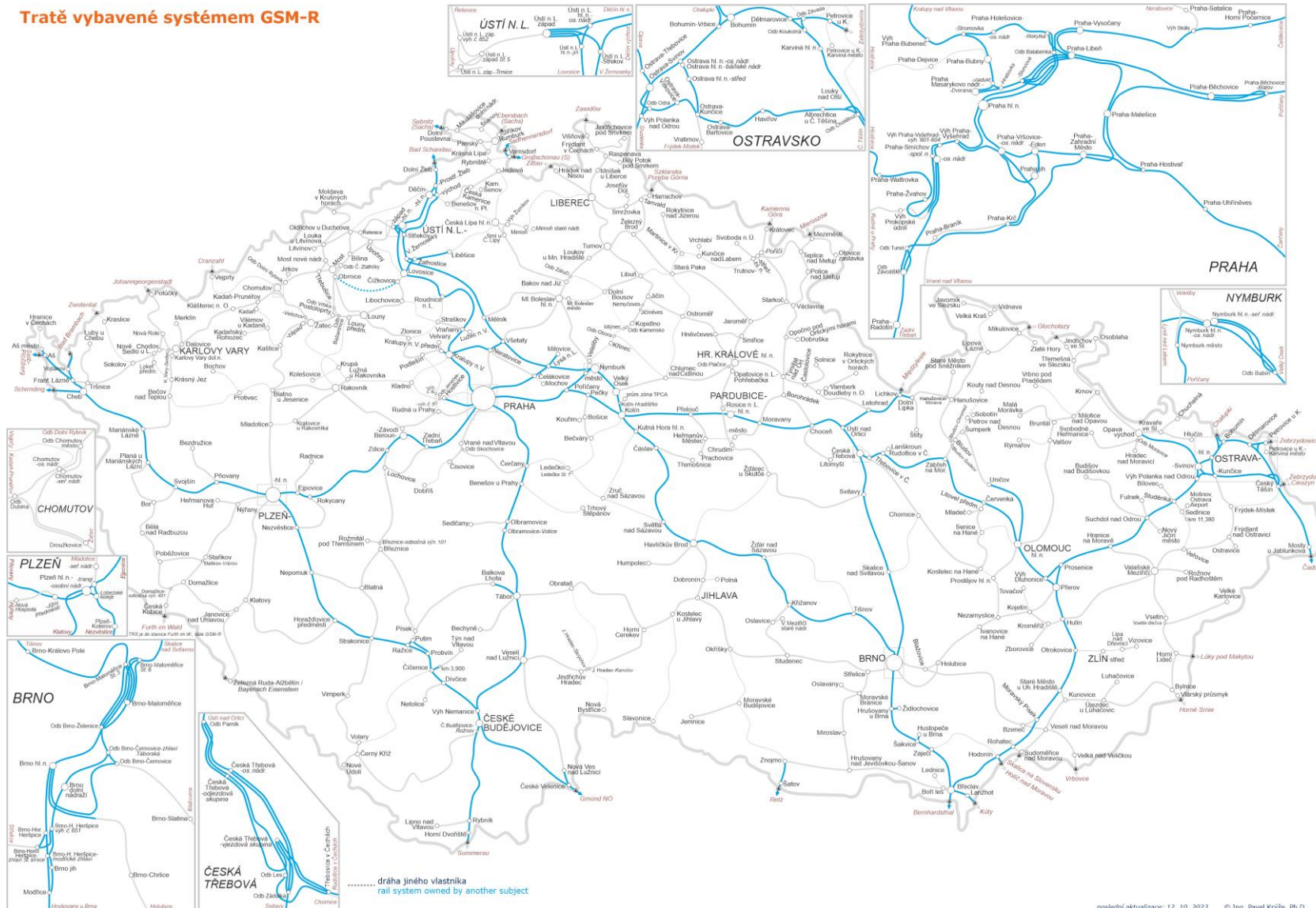
- Subset 093 definuje požadavky ETCS na GSM-R (TSI CCS, Annex A)
- Ve srovnání s hlasovou službou aplikace ETCS vyžaduje:
  - Lepší pokrytí zájmové oblasti signálem s vyšší kvalitou
  - Záložní řešení pro případ výpadku (např. dvojité pokrytí tratě, národní roaming do veřejných mobilních sítí)
  - Vyšší redundance systému (tzv. „Disaster recovery plan“)

| QoS Parameter   | Value (see 6.3)                     |
|---|-------------------------------------|
| Connection establishment delay of mobile originated calls | < 8.5s (95%), ≤10s (100%)           |
| Connection establishment error ratio                      | <10 <sup>-2</sup>                   |
| Maximum end-to-end transfer delay (of 30 byte data block) | ≤ 0.5s (99%)                        |
| Connection loss rate                                      | ≤ 10 <sup>-2</sup> /h               |
| Transmission interference period                          | < 0.8s (95%), <1s (99%)             |
| Error-free period   | >20s (95%), >7s(99%)                |
| Network registration delay                                | ≤30s (95%), ≤35s (99%), ≤40s (100%) |



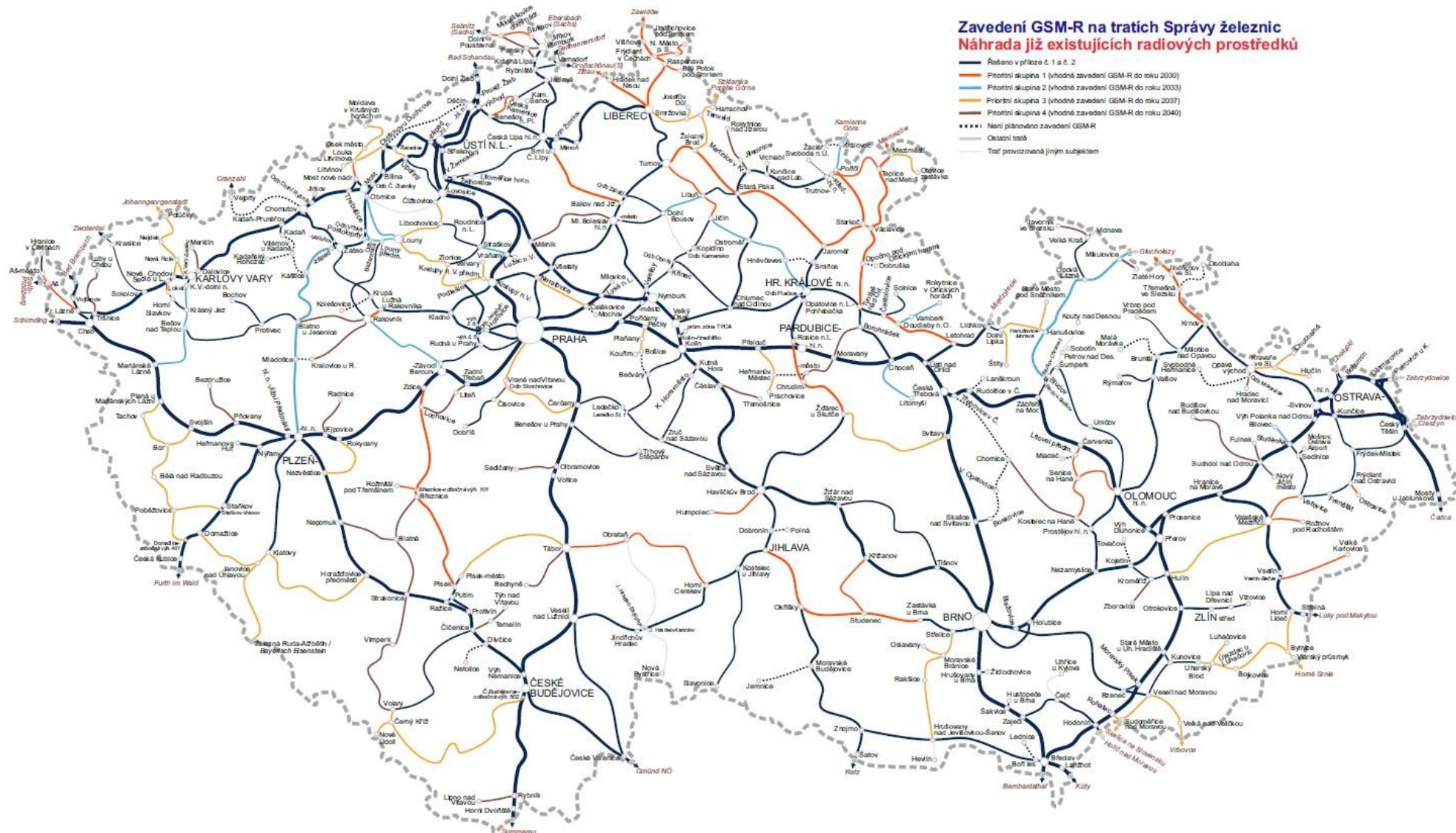
# GSM-R v České republice (2159km)

Tratě vybavené systémem GSM-R





# GSM-R v České republice v roce 2040



# FRMCS (Future railway mobile communication system)

- Jediný budoucí železniční interoperabilní komunikační systém na železnici
- První jednání na UIC v roce 2010 (železnice a interoperabilita je složitá věc)
- Kompletně na technologii IP (rozhodnuto již v roce 2010)
- Jedná se o součást 5G a takto se s tím pracuje
- Implementace drážních funkcí do vznikajících standardů v rámci 3GPP
- Úzká spolupráce v rámci UIC s ETSI a 3GPP

# ECC decision (20) 02 – důležitý milník FRMCS

- Závěrečná zpráva CEPT 76 a rozhodnutí ECC (20) 02 o RMR
- Zpráva CEPT 76 „Posoudit nejlepší volbu pro dlouhodobý rozvoj FRMCS a vypracovat harmonizované technické podmínky EU“ a rozhodnutí ECC (20) 02 o RMR = „Harmonizované využívání frekvenčních pásem 874,4-880,0 MHz a 919,4- 925,0 MHz a kmitočtového pásma 1900-1910 MHz pro železniční mobilní rádio (RMR) “ **příděl kmitočtů byl schválen!**
- Rozhodnutí ECC (Electronic Communications Committee) (20) 02 se zabývá harmonizovaným označením kmitočtových pásem 874,4-880,0 MHz a 919,4-925,0 MHz a kmitočtového pásma 1900-1910 MHz, které se má používat pro železniční mobilní rádio (RMR) na základě CEPT .
- Rozhodnutí ECC (20) 02 a zprávy CEPT jsou reakcí na mandát Evropské komise pro CEPT, týkající se posouzení požadovaného spektra, určení vhodných pásem spektra, studium technické proveditelnosti a vývoj harmonizovaných technických podmínek pro FRMCS

# Migrace z GSM-R na FRMCS

- Pracovní skupina: FRMCS Migration scenarios (FMS)
- Migrace musí probíhat postupně obdobně jako tomu bylo u GSM-R, ale bez většího ovlivnění provozu ETCS
- Nutná souběžná montáž a funkce infrastruktury (není možná výměna „za jeden den“ celé sítě, nutno po postavení přeměřit)
- Tvorba požadavků na více systémová cab-rádia a OBU (ETCS)
- Úprava BTS pro další systém? Prověřování možností např. CEF Digital (Brno – Bratislava)
- Ze začátku bude datová rychlost postačovat jen pro potřeby řízení provozu (hlas a ETCS)
- Nepočítá se s komerční konektivitou (internet do vlaků)

# Závěr [1]

- Koncepce GSM-R Správy železnic (2023)
  - **Plány a specifikace výstavby GSM-R**
  - **IP řešení pro GSM-R jako příprava pro FRMCS**
  - **Plány pro FRMCS a migraci z GSM-R**
- FRMCS není přesně specifikováno a proto není možné vyžadovat výstavbu FRMCS v současných projektech, ale plánujeme potřebu rezerv pro zlevnění budoucí výstavby FRMCS
- Přípravou pro FRMCS je také doplnění seprátní IP/MPLS technologie již v rámci výstavby GSM-R

## Závěr [2]

- Pro správné fungování železnice je potřeba komunikace, jak hlasová, tak datová
- Jelikož se jedná o bezpečnost (lidí a materiálu) je potřeba se ke všem systémům takto také chovat (bezpečnost a spolehlivost především)
- Využívání projektů CEFdigital a RRF pro výstavbu 5G infrastruktury a její využití pro GSM-R a FRMCS
  - **5G Brno – Bratislava**
  - **5G Praha – Ostrava/Brno**

## Moderní mobilní komunikace na železnici

Bc. Ondřej Borovský MBA  
Vedoucí oddělení

[borovsky@spravazeleznic.cz](mailto:borovsky@spravazeleznic.cz)