



Č e s k ý t e l e k o m u n i k a č n í ú ř a d
se sídlem Sokolovská 219, Praha 9
poštovní přihrádka 02, 225 02 Praha 025

Čj. ČTÚ- 10814/2024-620LES

Praha 19.března 2024

Z P R Á V A

o výsledcích měření pokrytí železničních koridorů sítě TEN-T v ČR
signály mobilních sítí

1. Úvod

Ve spolupráci se společností Správa železnic, státní organizace provedl Český telekomunikační úřad (dále také „Úřad“) na přelomu roku 2023 a 2024 v období měsíců listopadu až února průběžné měření pokrytí tranzitních železničních koridorů a ostatních železničních tratí sítě TEN-T v ČR signály mobilních radiokomunikačních sítí (2G a 4G/5G) za účelem zjištění aktuálního stavu pokrytí uvedených liniových staveb. Měření byla provedena zaměstnanci Odboru kontroly služeb a monitorování rádiového spektra (Oddělení technické podpory Brno).

1.1 Cíle průběžného měření:

- Zjistit stávající pokrytí hlavních železničních koridorů a ostatních železničních tratí v síti TEN-T signálem mobilních radiokomunikačních sítí (2G a 4G/5G) všech mobilních operátorů a tyto informace poskytnout široké veřejnosti.

1.2 Objekt kontrolního měření:

Objektem průběžného měření byla celá síť hlavních tranzitních železničních koridorů na území ČR (mapka měřené železniční sítě je přiložena v kapitole 3.1) a dále všech ostatních železničních tratí v síti TEN-T:

1. tranzitní koridor: Děčín – Praha Holešovice – Pardubice – Brno – Břeclav
2. tranzitní koridor: Petrovice u Karviné – Ostrava Hl. n. – Přerov – Břeclav
3. tranzitní koridor: Cheb – Plzeň – Praha – Přerov – Ostrava – Mosty u Jablunkova
4. tranzitní koridor: Děčín – Praha – České Budějovice – Horní Dvořiště
5. zbylé TEN-T tratě: Český Těšín – Poruba, Hranice – Horní Lideč, Přerov – Brno, Brno – Havlíčkův Brod – Kolín, Ústí nad Orlicí – Lichkov, České Budějovice – České Velenice, České Budějovice – Strakonice – Plzeň, Plzeň – Česká Kubice, Ústí nad Labem – Teplice – Bílina, Ústí nad Labem, Rtyně nad Bílinou – Bílina – Karlovy Vary – Cheb, Ústí nad Labem – Mělník – Lysá nad Labem – Kolín, Lysá nad Labem – Praha

Specifikem pro dostupnost signálů mobilních radiokomunikačních sítí na železničních koridorech není jenom vlastní pokrytí železničního koridoru signálem mobilních sítí (podle podmínek výběrového řízení jsou definovány parametry signálu na střeše vozu, v tomto dokumentu uváděno jako pokrytí „outdoor“), ale významnou roli v dostupnosti signálu pro účastníka-cestujícího mají vlastnosti železničního vozu resp. jeho útlumu, kterým zeslabuje signál uvnitř vozu (v tomto dokumentu uváděno jako pokrytí „indoor“).

2. Měření pokrytí železničních koridorů

2.1 Organizace měření

Pro posouzení aktuálního stavu pokrytí železniční sítě TEN-T v ČR byla provedena následující měření:

- Měření pokrytí signály mobilních sítí za jízdy po železničních tratích sítě TEN-T se záznamem naměřených hodnot rádiových parametrů všech dostupných 2G kanálů v pásmu 900 MHz a 1800 MHz.
- Měření pokrytí signály mobilních sítí za jízdy po železničních tratích sítě TEN-T se záznamem naměřených hodnot rádiových parametrů všech dostupných 4G/5G sítí (frekvenční pásma 700 MHz, 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz).
- Měření pokrytí signály mobilních sítí za jízdy po železničních tratích sítě TEN-T se záznamem naměřených hodnot datových parametrů všech dostupných 4G/5G sítí (frekvenční pásma 700 MHz, 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz).

Pro ověření reálného pokrytí železničních koridorů (obr. 1) a ostatních TEN-T tratí mobilními radiokomunikačními sítěmi byla zvolena varianta měření v celé délce zmíněných liniových staveb, kdy bylo měření prováděno v obou směrech jízdy.

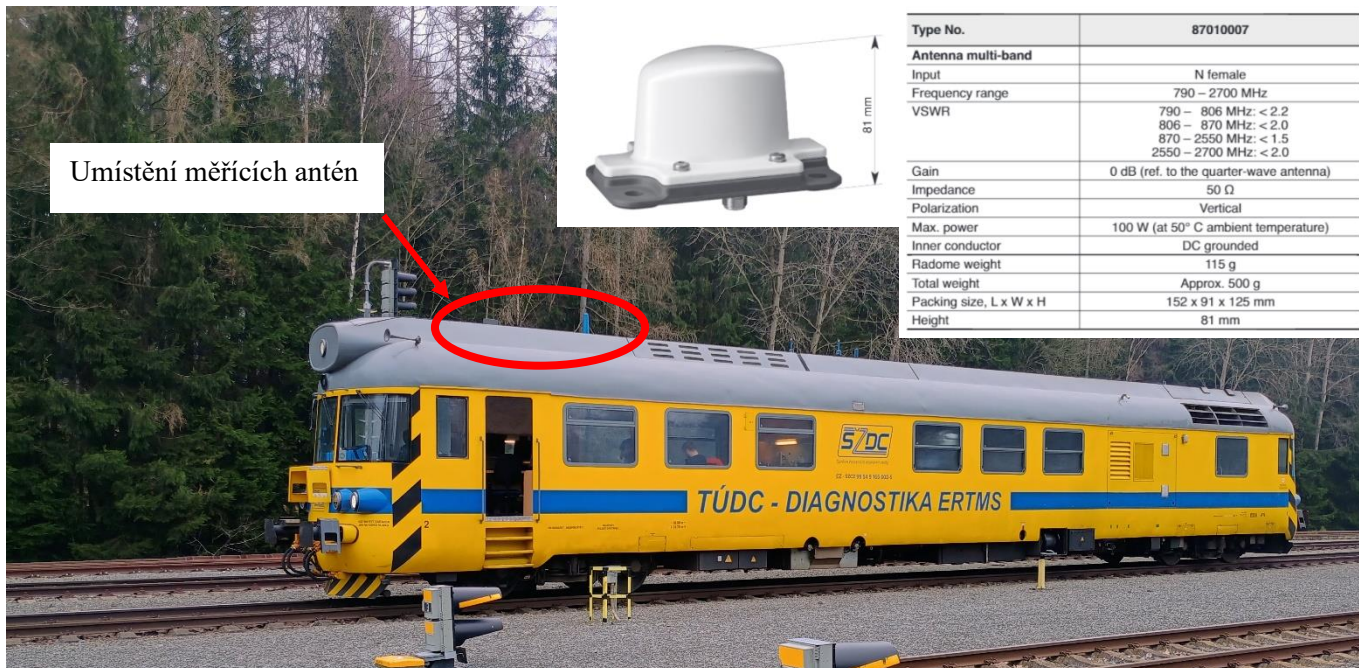


Obr. 1: Měřené železniční koridory TEN-T.

2.2 Průběh měření

Pro vlastní realizaci měření pokrytí železniční sítě TEN-T v ČR bylo zvoleno následující řešení:

- Měřicí souprava byla umístěna v pronajatém železničním motorovém měřicím voze ERTMS.
- Jako měřicí antény byly využity antény pro pásma 2G a 4G/5G (Kathrein Train Antenna 790–2700 MHz), nainstalované na střeše měřicího vozu ERTMS ve výšce 4,5 metru, jinak využívané pro příjem těchto signálů v rámci komunikačního systému pro pokrytí vnitřního prostoru vozu. Technické parametry antén a jejich umístění je na následujícím obrázku č. 2.

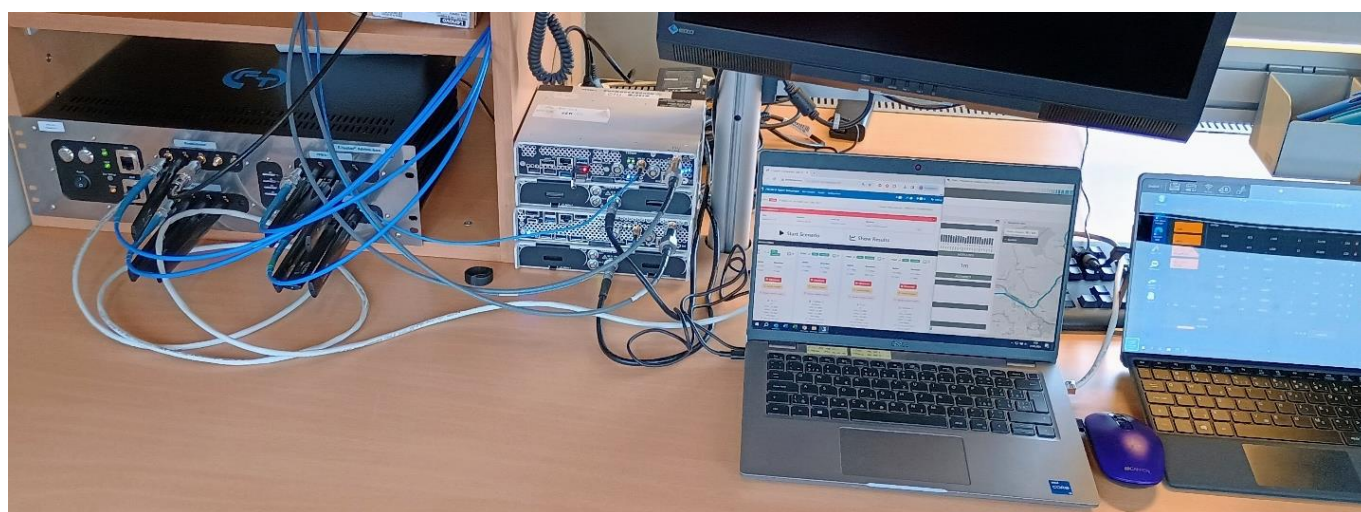
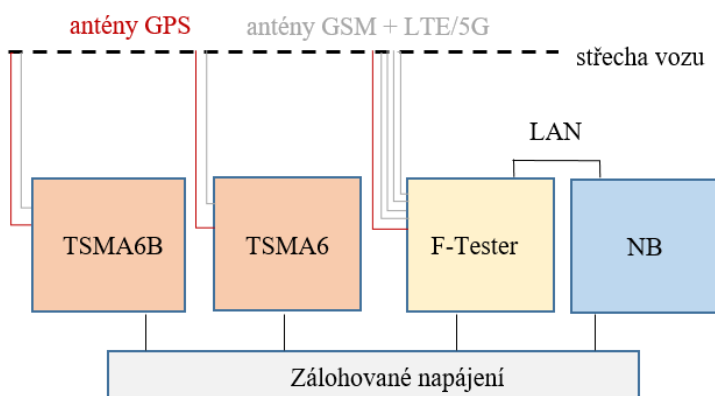


Umístění měřících antén

Type No.	87010007
Antenna multi-band	
Input	N female
Frequency range	790 – 2700 MHz
VSWR	790 – 806 MHz: < 2.2 806 – 870 MHz: < 2.0 870 – 2550 MHz: < 1.5 2550 – 2700 MHz: < 2.0
Gain	0 dB (ref. to the quarter-wave antenna)
Impedance	50 Ω
Polarization	Vertical
Max. power	100 W (at 50° C ambient temperature)
Inner conductor	DC grounded
Radome weight	115 g
Total weight	Approx. 500 g
Packing size, L x W x H	152 x 91 x 125 mm
Height	81 mm

Obr. 2: Motorový měřící vůz ERTMS s použitými anténami.

- Vlastní měřící soupravu, umístěnou v měřícím voze ERTMS tvořili dva analyzátory mobilních sítí R&S TSMA6 a TSMA6B se softwarem NESTOR 22.3 a Argo v1.146, F-Tester 4drive-box pro měření datových parametrů, notebook pro vzdálené ovládání měřících souprav a zálohované napájení viz obr. 3.



Obr. 3: Zapojení měřících přístrojů (dole), propojení antén na střechu vozu (nahore vpravo), blokové schéma zapojení měřící soustavy (nahore vlevo).

- V případě 2G sítí byla brána jako stěžejní hodnota PSCH (úroveň signálu) a současně C/I (odstup signál/šum). Pro posouzení pokrytí daného úseku koridoru 2G sítí byly při zpracování brány v úvahu vždy kanály s nejvyšší naměřenou hodnotou.
- V případě sítí 4G/5G byl brán při zpracování v úvahu parametr RSRP (úroveň signálu) a současně parametr SINR (odstup signál/šum + interference).
- Četnost měření byla zvolena s periodou 1 vteřina, tzn. při maximální rychlosti měřicí soupravy 120 km/hod byly měřicí body od sebe vzdáleny cca 33 m, při průjezdu v obou směrech jízdy pak došlo k jejich vzájemnému proložení.

2.3 Vyhodnocení naměřených dat

Naměřená data byla zpracována standardním způsobem v tabulkové formě a pro informaci jsou v obrazové příloze uvedeny příklady statické vizualizace výsledků měření. Tabulka č. 1 udává procento pokrytí železničních koridorů ve formě jednotlivých úseků rozdělených po 250 metrech. Do každého takového úseku spadá větší počet bodů, z nichž je počítán průměr a dle výsledných hodnot (rádiových limitů) je úsek považován za pokrytý nebo nepokrytý.

Tab. 1 Souhrnné výsledky pokrytí úseků železničních koridorů ČR signály 2G a 4G/5G sítí (vně a uvnitř vozu)

	2G						4G/5G					
	O2		T-Mobile		Vodafone		O2		T-Mobile		Vodafone	
	Outdoor % pokrytí	Indoor % pokrytí	Outdoor % pokrytí	Indoor % pokrytí	Outdoor % pokrytí	Indoor % pokrytí	Outdoor % pokrytí	Indoor % pokrytí	Outdoor % pokrytí	Indoor % pokrytí	Outdoor % pokrytí	Indoor % pokrytí
Koridor 1	100	92,78	100	91,27	100	90,3	100,00	79,98	100,00	82,12	99,92	82,15
Koridor 2	100	92,38	100	91,18	100	86,03	100,00	73,84	100,00	78,97	100,00	74,86
Koridor 3	100	89,21	100	89,22	100	84,15	99,77	69,49	99,81	75,97	99,77	73,19
Koridor 4	100	94,16	100	94,16	100	89,74	100,00	75,40	100,00	81,64	99,93	81,22
Zbytek TEN-T	100	86,52	100	86,63	100	81,55	99,81	65,60	99,90	70,51	99,44	70,70

Komentář k tabulce:

- **parametr pokrytí Outdoor (4G/5G):**
Limitní hodnota RSRP (výkon referenčního signálu) pro pokrytí železničních koridorů dle Přílohy 5 k Vyhlášení výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400-3600 MHz je stanovena na hodnotu -114 dBm pro kmitočtová pásma 700 MHz, 800 MHz a 900 MHz, pro kmitočtová pásma 1800 MHz a 2100 MHz na hodnotu -113 dBm, pro kmitočtové pásmo 2600 MHz na hodnotu -112 dBm a pro kmitočtové pásmo 3400 – 3800 na hodnotu -109 dBm, kdy je předpokládána výška antény 4,5m. Pro výpočet procentuálního pokrytí byl brán v úvahu i parametr SINR, jehož velikost má určující vztah ke skutečnému pokrytí (limitní hodnota pro všechna pásma je -5 dB).
- **parametr pokrytí Indoor (4G/5G)**
Pro stanovení pokrytí uvnitř železničních vozů byl u naměřené hodnoty RSRP započítán útlum 31 dB (střední útlum železničního vozu 25 dB a dále korigováno pro výšku terminálu 1,5 m (6 dB)). Jedná se o hodnotu stanovenou v dotačním titulu NPO 1.3 Digitální vysokokapacitní síť v subkomponentě 1.3.4 Dokrytí 5G koridorů a podpora rozvoje 5G. Stanovený útlum bude také nastaven u nových přidělů v pásmu 900 MHz a v pásmu 1800 MHz. V případě pokrytí interiéru železničního vozu přistupují mimo vlastní útlum vozu další degradující podmínky, často rapidně snižující možnost využití mobilní sítě. Skutečná dostupnost mobilních služeb je velmi závislá na typu vozu. Rovněž je nezanedbatelné postavení železničního vozu vůči směru na základnovou stanici mobilní sítě (BTS, NodeB, eNodeB), kdy průchodem přes několik překážek (stěn a vnitřních konstrukcí železničních vozů) může dojít k podstatnému zvýšení útlumu signálu a jeho kolísání při jízdě vlaku.
- **parametr pokrytí Outdoor (2G):**
Limitní hodnoty úrovně signálu (PSCH) v pásmu 900 a 1800 MHz pro pokrytí koridorů jsou pro tento případ stanovena na -95 dBm resp. -94 dBm (outdoor 4,5 m). Tato mezní hodnota signálu GSM je převzata z Metodiky měření pro účely kontroly pokrytí území a obyvatel, která bude nově nastavena u nových přidělů v pásmu 900 MHz a v pásmu 1800 MHz.

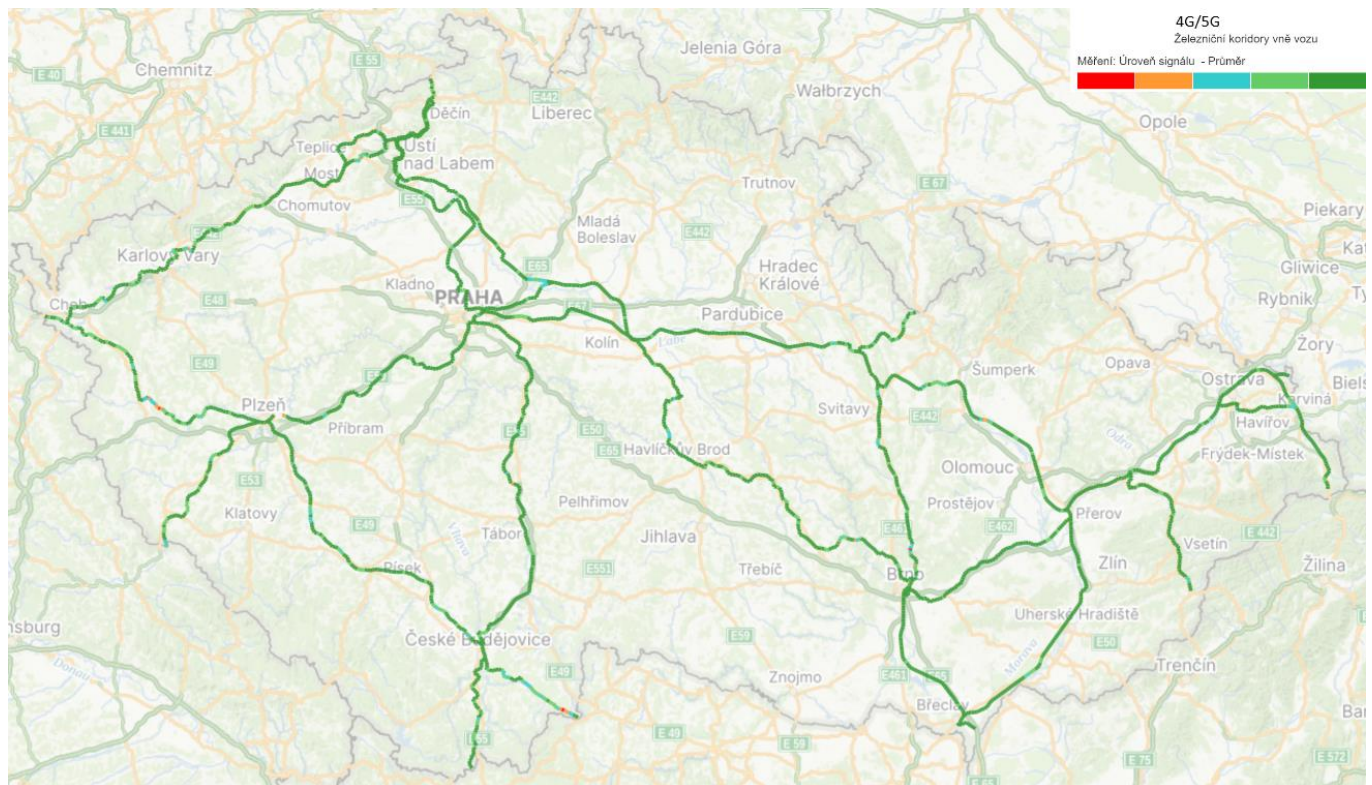
- **parametr pokrytí Indoor (2G)**

Pro stanovení pokrytí uvnitř železničních vozů platí totéž jako pro parametr Indoor (4G/5G).

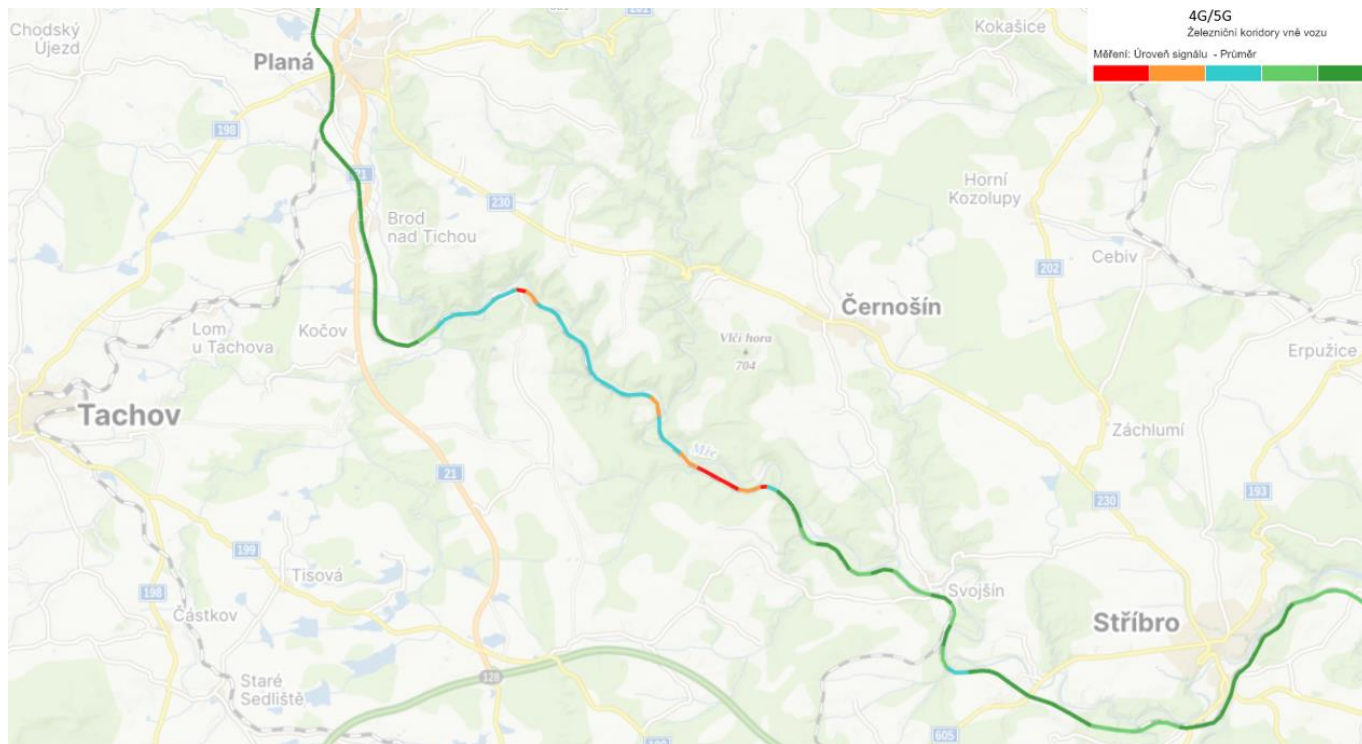
3. Závěr

V souhrnné tabulce naměřených hodnot je uveden výsledek pokrytí signálem 4G/5G na tranzitních železničních koridorech I. až IV. a zbylých TEN-T tratích jednotlivých mobilních operátorů. Pokrytým úsekem železničních koridorů se rozumí provozování veřejné sítě elektronických komunikací s využitím vlastních přidělů rádiových kmitočtů v pásmech 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz nebo 2600 MHz, která je schopna poskytovat službu vysokorychlostního přístupu k internetu požadovanou rychlostí 5 Mbit/s. Mimo pokrytí obydlených území (obyvatelé s trvalým bydlištěm) je požadována dostupnost uvedené služby pro tranzitní železniční koridory I-IV a ostatní TEN-T tratě. Pro přesnější vyhodnocení bylo přistoupeno k použití liniových úseků o délce 250 metrů, na které byly koridory pro účely výpočtu pokrytí rozděleny.

Pro prezentaci a vizualizaci výsledků byly naměřené veličiny zpracovány v aplikaci, která je veřejná a dostupná na stránkách: <http://vportal.ctu.cz/>. Detailním rozbořením naměřených výsledků lze identifikovat úseky obsahující nepokryté body. V případě rychlých střídání těchto úseků dochází k tomu, že účastnický terminál (mobilní telefon) nemá dostatek času k přihlášení do sítě, takže subjektivní posouzení pokrytí uvnitř železničních vozů může být nižší než stanovené měření. Přístup ke službám mobilních sítí uvnitř železničních vozů bude bez dalších technických řešení značně omezen.



Obr. 4: Příklad vizualizace výsledku měření pokrytí železničních koridorů v ČR (březen 2024)



Obr. 5: Přiblížení úseku železničního koridoru č.3, kde jsou viditelná nepokrytá místa