

Centrum techniky a diagnostiky

# Problematika diagnostiky GSM-R

Ing. Jiří Šustr

Vedoucí střediska rádiových systémů

Konference SZT Olomouc 2023

L2

# Cíl prezentace

**Diagnostika GSM-R – obecně široký pojem - mnoho rozhraní, v rámci této prezentace jen diagnostika rádiového rozhraní:**

## **Rádiové rozhraní**

Vlastnosti rádiového rozhraní a jeho diagnostika.

## **Prostředky CTD pro diagnostiku**

Vozový park CTD pro diagnostiku RS a typy prováděných měření.

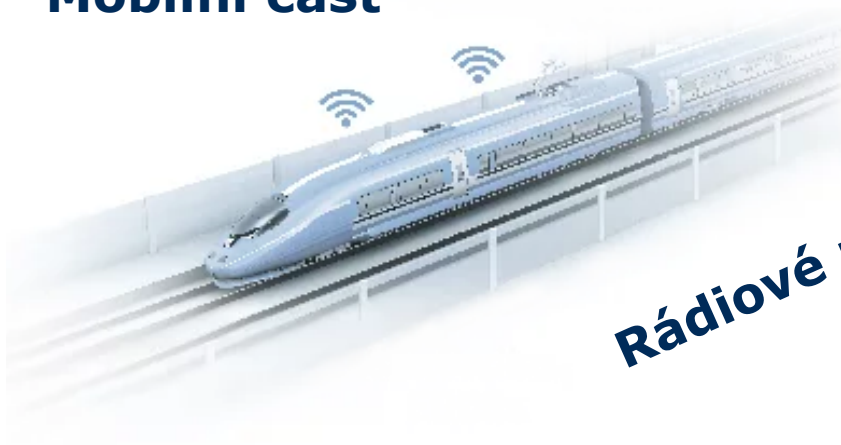
## **Měření antén na HV dopravců**

všesměrovost vyzařování, HO jak funguje a co může být problém.

# Základní části GSM-R

System GSM-R poskytuje mobilní datovou komunikaci pro ETCS v aplikační úrovni 2 a vyšší

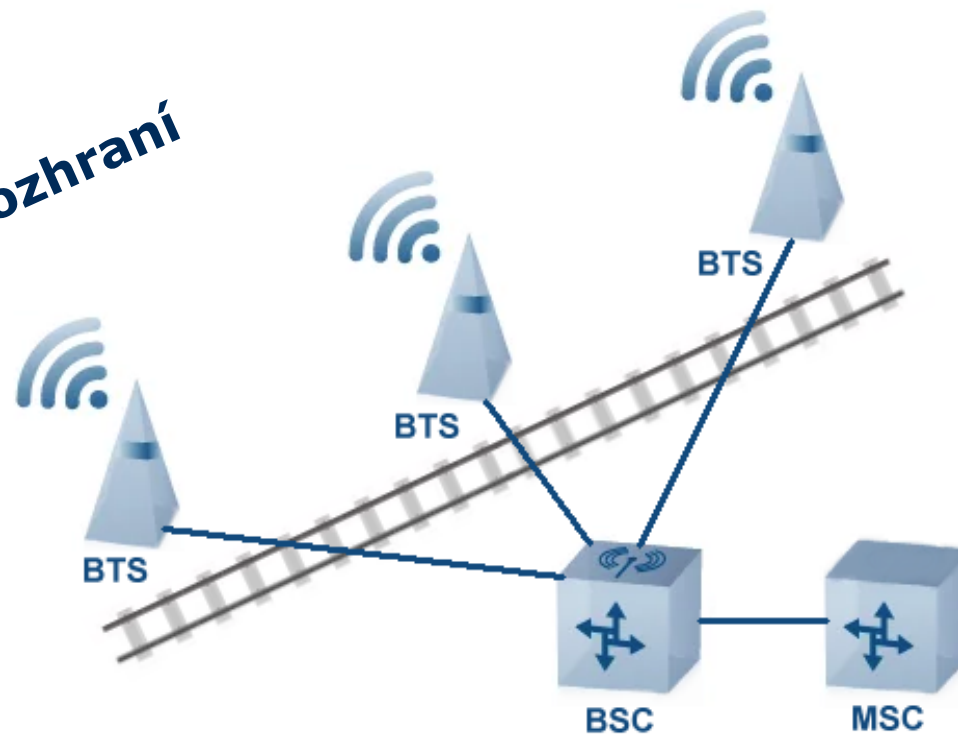
## Mobilní část



*Rádiové rozhraní*

Dnes přenos dat pomocí CS do budoucna PS (GPRS)

## Rádiový segment GSM-R



# Rádiové rozhraní

Základní rozhraní každého rádiového systému představující prostor mezi infrastrukturní a mobilní stranou systému na kterém jsou definovány základní úroňové a kvalitativní parametry.

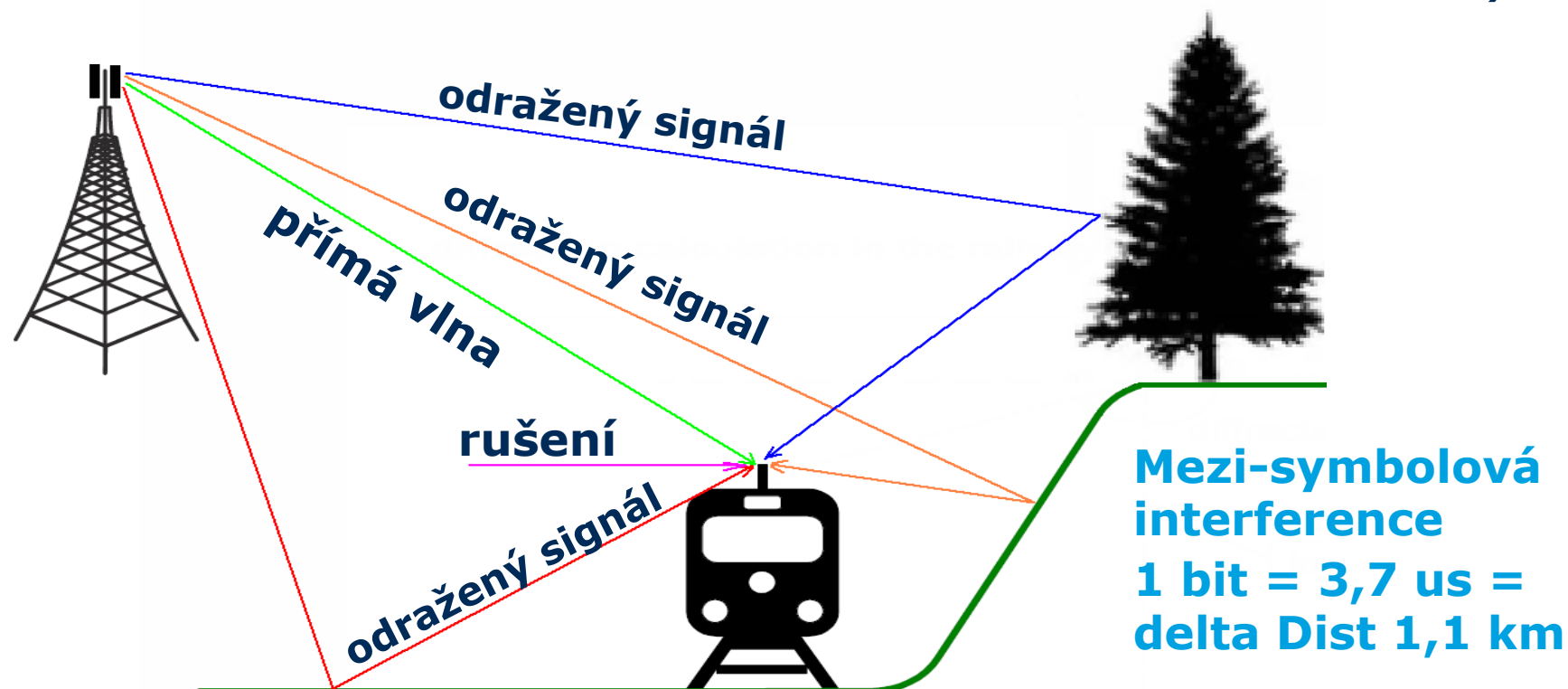
## Hlavní vlastnosti a s čím je potřeba počítat

- Vlastnosti šíření závislé na vlnové délce
- Ve volném prostoru úroveň klesá s kvadrátem vzdálenosti
- Únik - pomalý únik (Log Normal) a rychlý únik (Multipath)
- Vnější rušení (postupně se zhoršující situace)

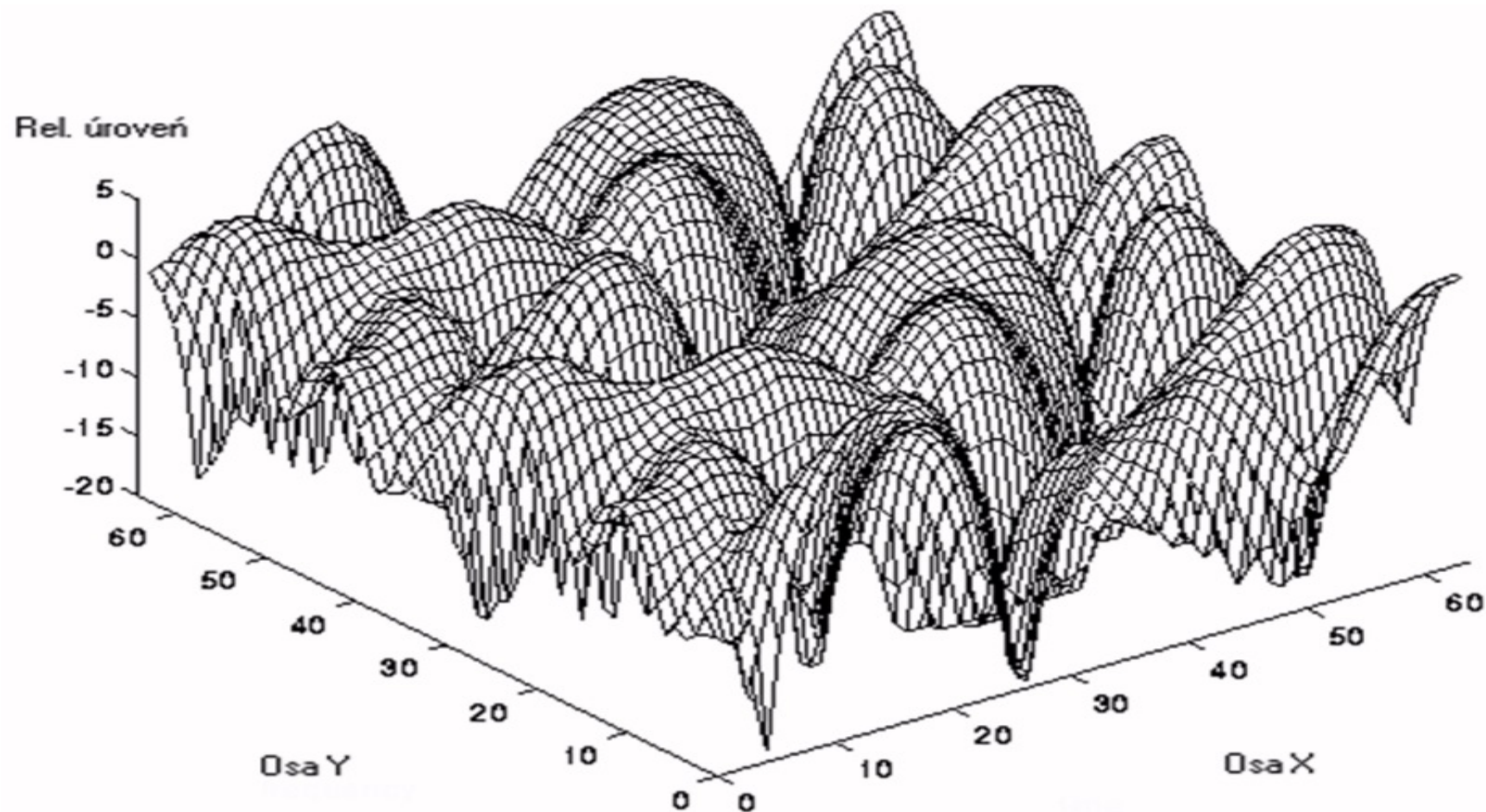


## Vícecestné šíření (multipath)

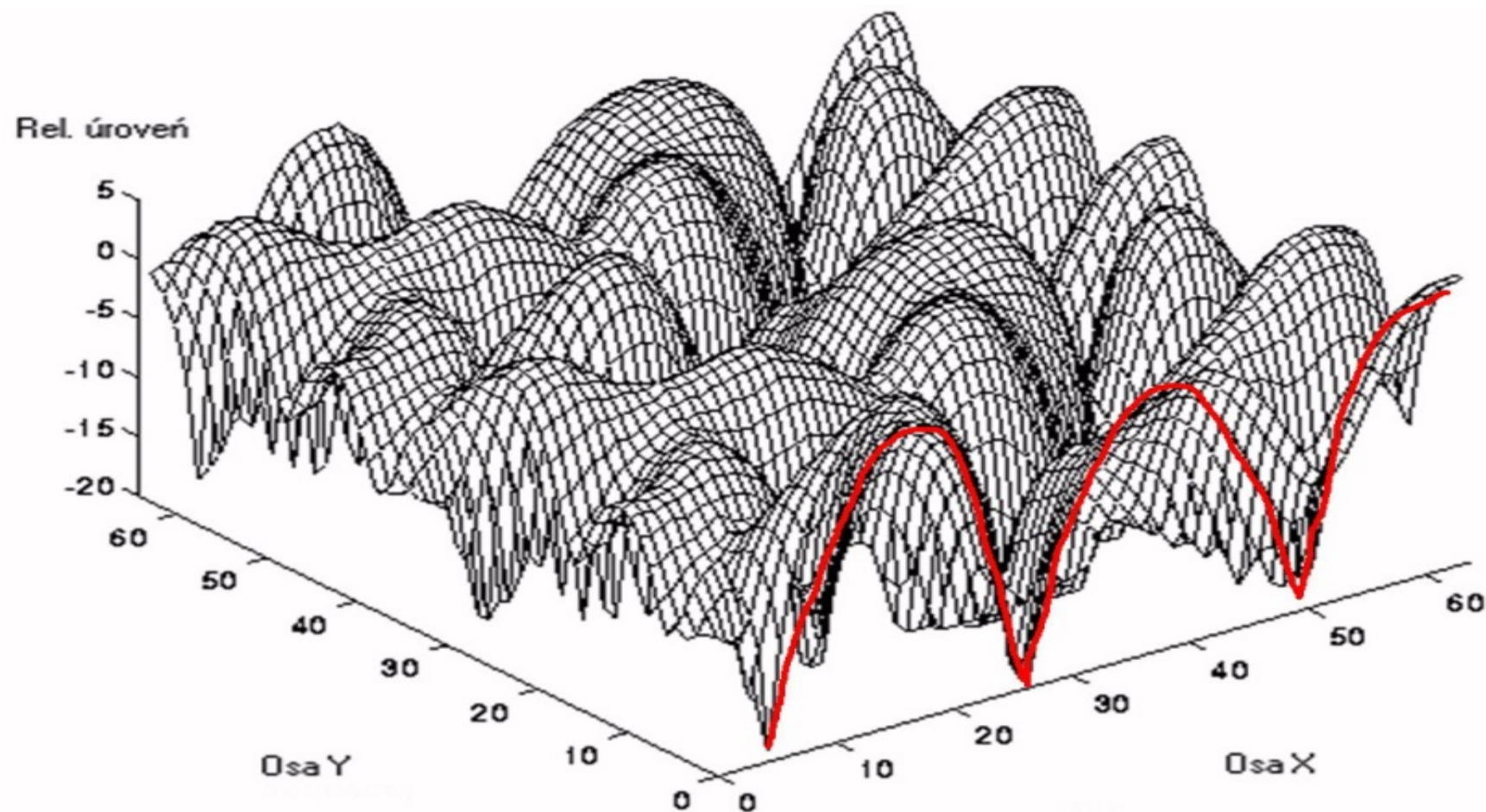
V každém bodě vektorové sčítání přímého a nekonečného počtu odražených signálů (zpožděný signál s různou úrovní a fází)



# Rozložení signálu v prostoru

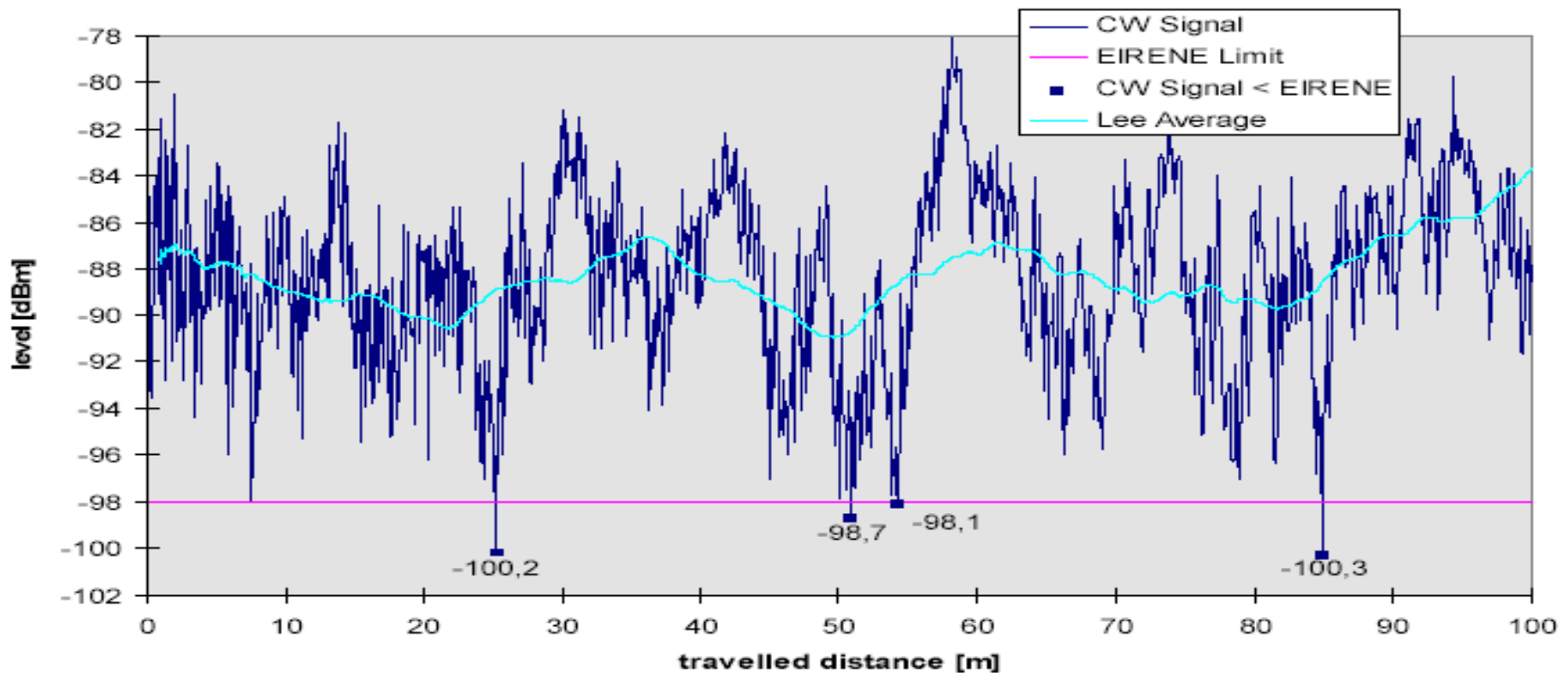


# Rozložení signálu při pohybu



# Úroveň signálu - vyhodnocení

Pro možnost vyhodnocení je nezbytné signál velice rychle vzorkovat (Lee kritérium), měřit a ukládat pro možnost statistického vyhodnocení. Eirene pro ETCS L2 do 220 km/h požaduje úroveň -95 dBm v každém 100 m úseku s pravděpodobností 95 % (zde pro hlas -98 dBm)





# Prostředky CTD pro diagnostiku rádio

## Motorový vůz

vznikl v roce 2014  
přestavbou  
motorového vozu  
řady 851  
s maximální  
povolenou rychlostí  
120 km/h



# Prostředky CTD pro diagnostiku rádio

## Tažený vůz

vznikl v roce 1995  
přestavbou  
poštovního vozu  
řady POST-W  
s maximální  
povolenou rychlostí  
160 km/h



# Prostředky CTD pro diagnostiku rádio

## Mobilní BTS

nový prostředek pro diagnostiku rádiových systémů (r. 2022).  
Výška stožáru 30m,  
podvozek Volvo.



# Měření dle účelu a fáze života RS

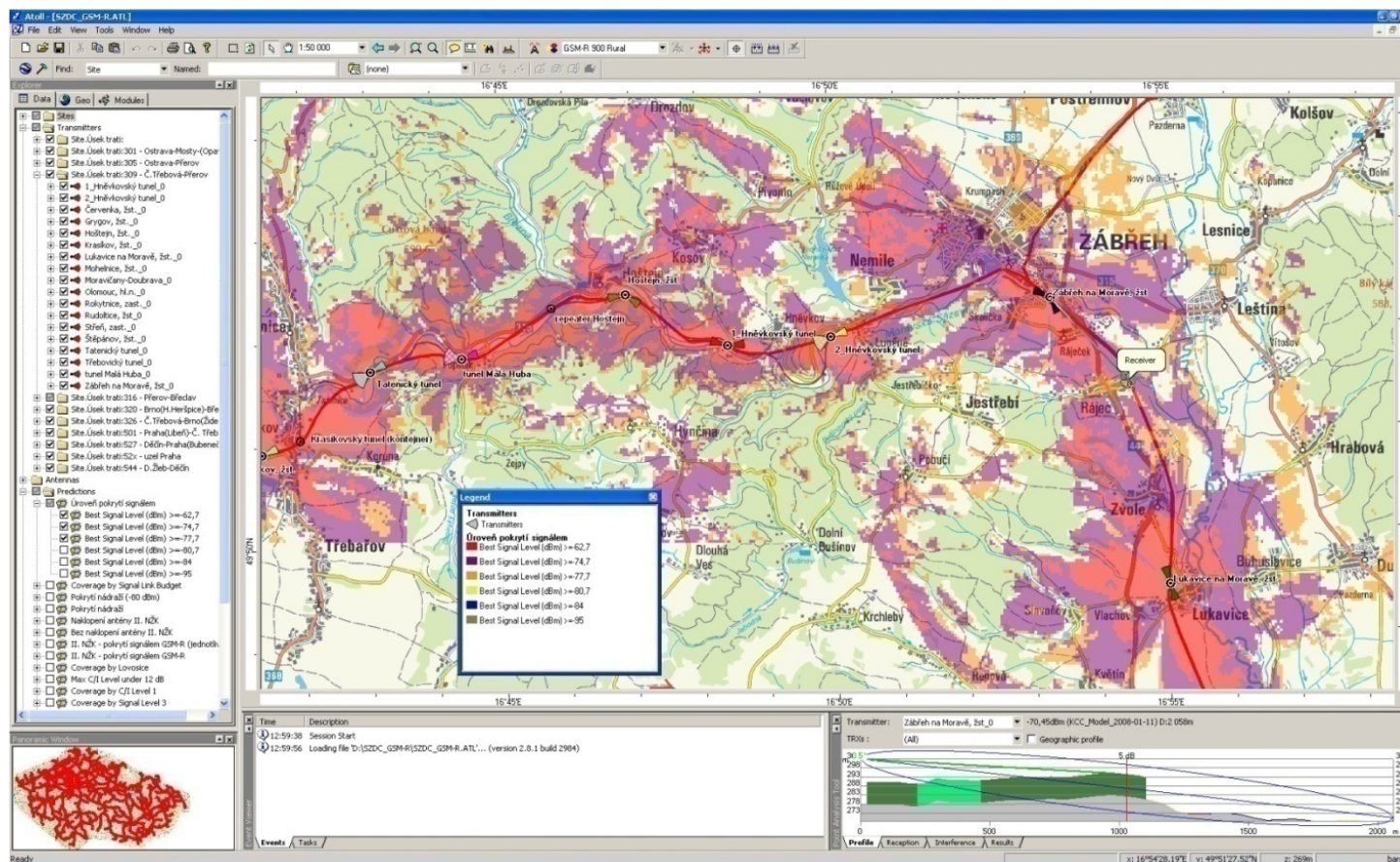
**Cíl měření - zajistit dodržení základních úrovnových a kvalitativních parametrů KPI QoS GSM-R** jako základního předpokladu bezproblémové a spolehlivé komunikace a průkazné doložení souladu se závaznými mezinárodními požadavky SRS, FRS Eirene, Subsetu 093 a O-2475 pro KPI QoS a na národní úrovni pak splnění požadavků směrnice SŽDC č. 35, kterou se stanovují technické specifikace traťových rádiových systémů.

- **Předprojektové měření**
- **Akceptační měření**
- **Periodické měření**
- **Poruchové měření**
- **Optimalizační měření**
- **Ostatní měření**



# Předprojektové měření

V rádiově problematických lokalitách ověřuje SW simulaci pokrytí zájmového území rádiovým signálem pro proces radiového plánování stavby. Ověřuje tedy správnost SW návrhu místa výstavby BTS, potřebnou výšku stožáru, směrování, klopení a typ anténního systému, vyzářený výkon BTS atp.



# Akceptační měření

Dokumentuje skutečné pokrytí a kvalitu signálu na rádiovém rozhraní dokončené stavby. Slouží jako podklad pro proces předání stavby i jako důležitá reference pro následné periodické či poruchové měření. **Probíhá ve dvou na sebe navazujících fázích:**

## Úroveň pokrytí dle EIRENE



### PROTOKOL O ZKOUŠCE

evidenční číslo: 23-GSMR-003

**Zhotovitel:** Sítňedsko rádiových systémů CTD, Malletova 10/2363, Praha 9 - Libeň  
se sídlem Malletova 10/2363, Praha 9 - Libeň

**Zákazník:** Kontrola Transportation s.r.o.  
Ke Šváncům 656/3  
186 00 Praha 8

**Název zkoušky:** Akceptační měření úrovně signálu GSM-R

**Zkoušené zařízení:** Rádiové rozhraní stavby "GSM-R Chomutov - Cheb"

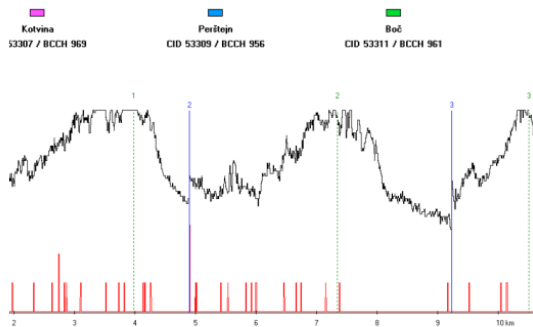
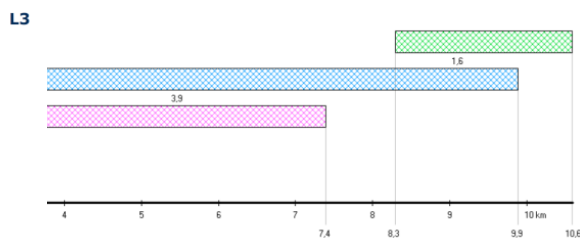
**Místo a termín zkoušky:** Úseky trati výše uvedené stavby v termínu 13. - 16. 5 a 11. - 13. 7. 2023

**Protokol zpracoval:** Ing. Jiří Sustr

**Počet stran protokolu:** 39  
**Počet příloh / listů příloh:** bez příloh / 0  
**Číslo výstupu:** 1 z celkového počtu 1 výstupu  
**Datum vydání:** 28. 7. 2023

**Schválení:** Ing. Jiří Sustr  
vedoucí odborné skupiny GSM-R  
tel.: 972 228 735, mobil: 602 758 480  
email: sustrj@spravazeleznic.cz

Správa železnic, státní organizace  
státní organizace  
Technická ústředna dopravní cesty  
Malletova 10/2363, 190 00 Praha 9 - Libeň  
IČ: 70964234, DIČ: CZ70964234  
datum, podpis schvalujícího, razítko



HL	Dist. km	BCCH	Cell ID	Území nad BTS
1	184	962 → 963	53309 → 53307	Káňčenská nad Ústí → Kotvína
2	407	968 → 966	53307 → 53309	Kotvína → Perlejšky
3	927	956 → 961	53309 → 53311	Perlejšky → Boč



Správa železnic, státní organizace  
Centrum techniky a diagnostiky  
Malletova 2363/15  
190 00 Praha 9 - Libeň

## Akceptační měření QoS rádiového rozhraní stavby GSM-R Chomutov - Cheb



Zpracoval: Ing. Jiří Sustr

říjen 2023

## Kvalita služeb QoS dle Subsetu 093

S tímto výsledkem:

KPI QoS parameter	Value (Avg)	Samples	Min (DK)	Max (ND)
Connection loss rate [1/h]	0,000	61,789 h		[0]
DL packets [k]		2269200	(2266148)	(3052)
DL Interference period [sec]	(0,453) s	841	0,096 s	1,392 s
TI < 0,8 sec [%] required 95 %	100 %	840		
TI < 1 sec [%] required 99 %	100 %	840		
DL Recovery period [sec]	(242,630) s	915	4,719 s	2015,408 s
EF > 20 sec [%] required 95 %	99 %	906		
EF > 7 sec [%] required 99 %	99 %	910		
UL packets [k]		2269126	(2267031)	(2095)
UL Interference period [sec]	(0,338) s	857	0,196 s	1,667 s
UL < 0,8 sec [%] required 95 %	100 %	853		
UL < 1 sec [%] required 99 %	100 %	853		
UL Recovery period [sec]	(236,601) s	921	0,784 s	2016,301 s
EF > 20 sec [%] required 95 %	99 %	921		
EF > 7 sec [%] required 99 %	99 %	926		

Na základě 2 269 200 přenesených testovacích DL paketů a 2 269 126 UL paketů bylo pro DL i UL přenosovou cestu prokázáno splnění všech požadavků QoS pro DI:

- TI periody < 0,8 s pro 95 % hodnot
- TI periody < 1,0 s pro 99 % hodnot
- EF periody > 20 s pro 95 % hodnot
- EF periody > 7 s pro 99 % hodnot

Současně těchto 74 souborů přispělo k navýšení kumulativní doby volání pro vyhodnocení CLR o 61,788 hodin. Během testů prokazujících splnění DI bylo kumulativně ujeté přes 3 250 km na kterých bylo rozprostřeno přes 4,5 milionů UL a DL paketů.

Z hlediska validity statistiky je požadováno dosažení alespoň 1 500 vzorků na km pro UL i DL. Pro DL bylo dosaženo 20 629 vzorků na km a pro UL 20 628 vzorků na km.

Požadavky QoS pro DI byly splněny v plném rozsahu.

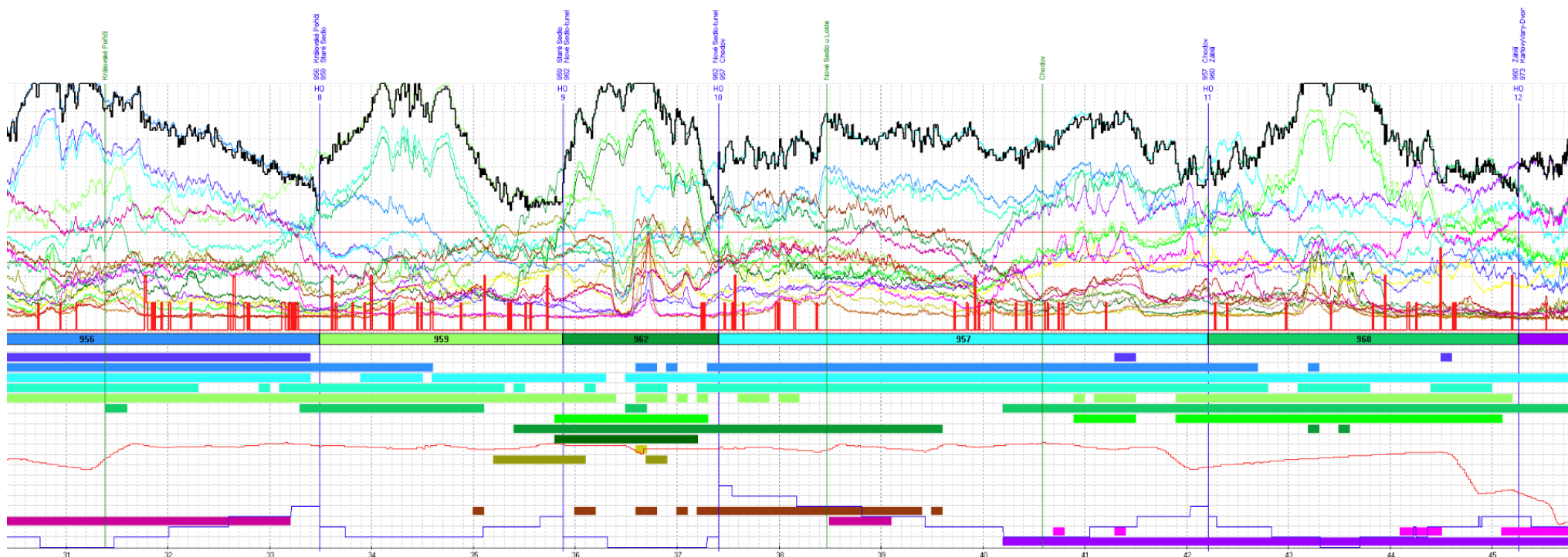


Konference SZT Olomouc 2023

# Periodické měření

Pravidelně ověřuje a dokumentuje stav parametrů rádiového rozhraní a umožňuje sledovat jeho vývoj v čase a navrhnout případná nápravná opatření. GSM-R dle sm. 35 každé 2 roky.

**Autonomní měřicí systémy** - zásadní zkrácení periody, zvýšení objemu a dostupnosti dat.





## Další druhy měření

**Poruchové měření** - ověřuje stav rádiového rozhraní po opravě poruchy traťového rádiového systému na jeho rádiové části.

**Optimalizační měření** - poskytuje podklady pro optimalizaci traťového rádiového systému, resp. ověřuje výsledky změn jeho konfigurace.

**Ostatní měření** související s rádiovým rozhráním, např:

- rádiové rušení – vyhledávání a odstraňování příčin rušení,
- vliv synchronizace SDH na QoS GSM-R pro ETCS,
- **vyzařování GSM-R antén na vozidlech dopravců.**

# Proč zkoumat GSM-R antény na HV dopravců ?

Problémy se zaváděním výhradního provozu ETCS na trati Olomouc - Uničov a hypotéza, že část problémů by mohla být způsobena instalací GSM-R antén na vozidlech dopravců.



# Všesměrové vyzařování – proč je zásadní u HV

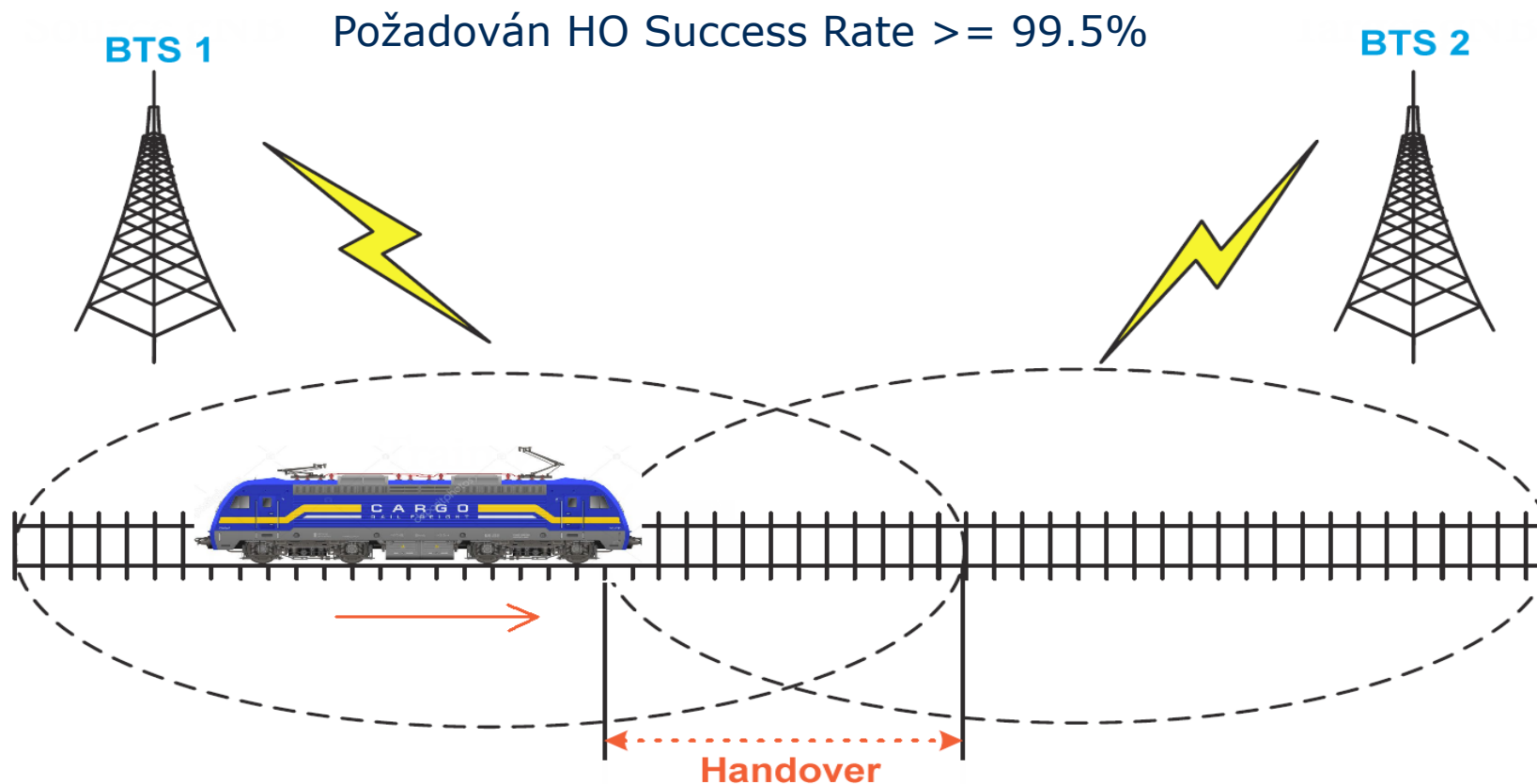
**Legislativa** – Eirene SRS v.16.0 vyžaduje všesměrovou (izotropní) anténu na vozidlech jako vlastnost povinnou pro interoperabilitu (MI).

**Princip fungování sítě GSM-R** - způsob řízení mobility v síti GSM-R předpokládá a vyžaduje, aby vyzařovací charakteristika vozidlových antén byla striktně všesměrová.

**Všesměrový vyzařovací diagram nainstalovaných antén na HV v horizontální rovině je klíčový parametr pro bezproblémovou komunikaci v rámci sítě GSM-R a spolehlivost datové konektivity pro potřeby systému ETCS.**

# Co je to předání hovorů u GSM-R

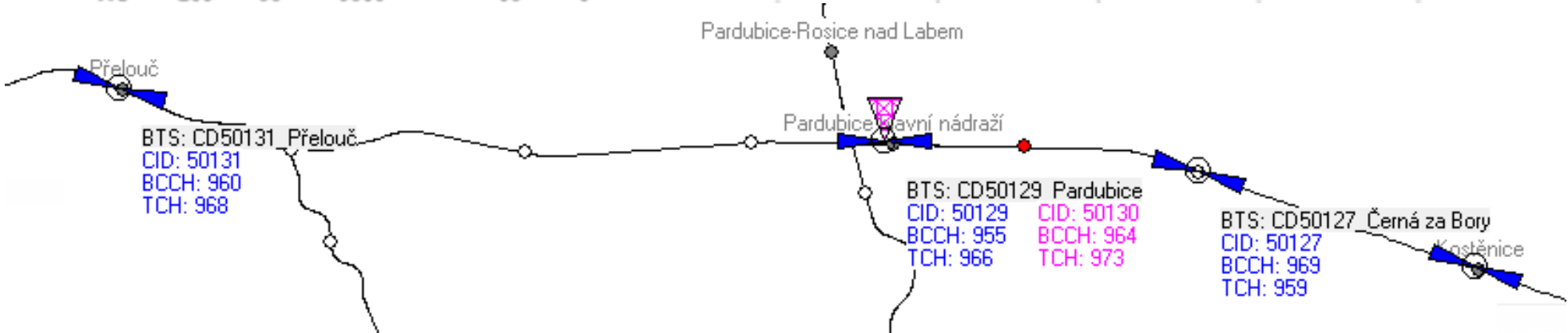
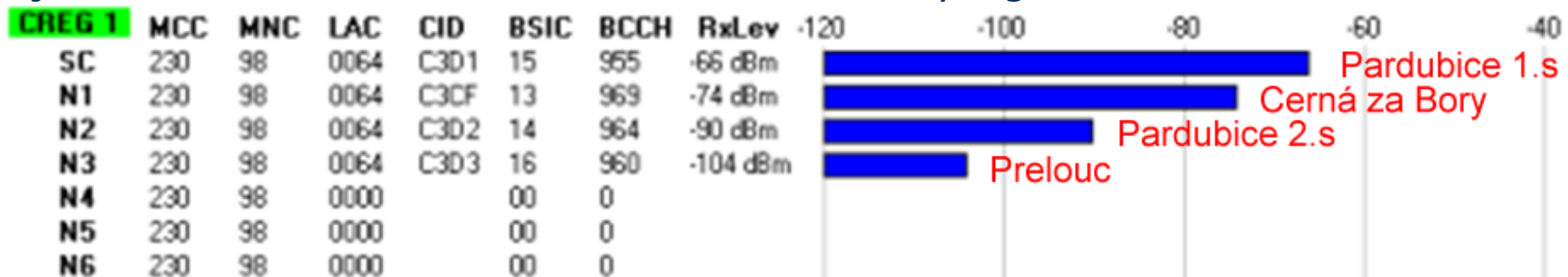
Úkolem HO je udržet sestavené volání při pohybu MT v síti GSM-R (HO z BTS1 na BTS2)



# Jak funguje předání hovorů u GSM-R

GSM-R používá MAHO (Mobile Assisted Hand Over) - MT asistuje síti při rozhodování o HO.

HO je řízen sítí na základě měření úrovně a kvality signálu na mobilní a BTS straně.





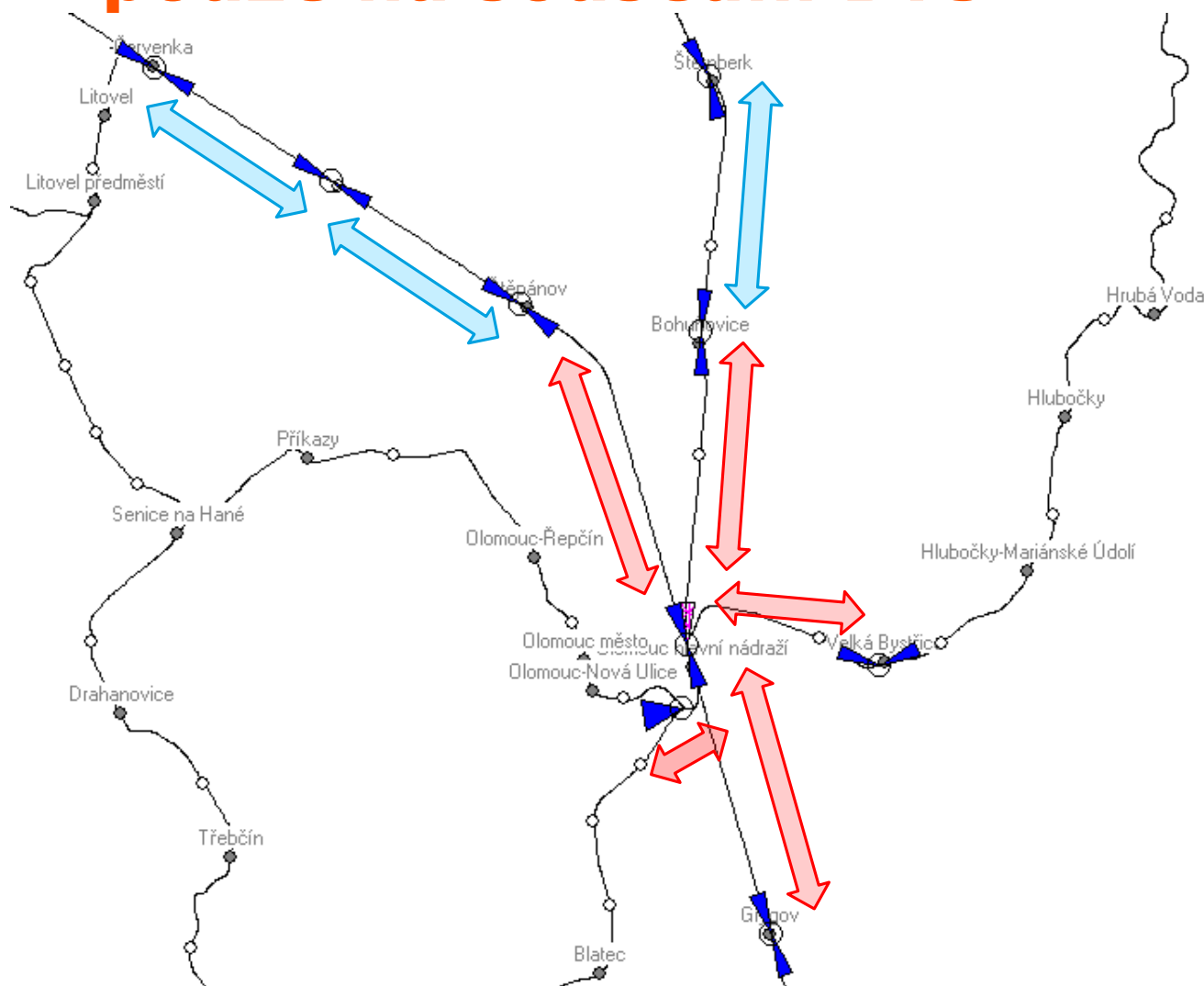
# Předání hovoru – pouze na sousední BTS

HO je možný pouze na sousední BTS (sousedství).

**MT** měří **DL** Lev všech sousedních BTS a Qual SC.

**Síť** měří **UL** Lev všech sousedních BTS a Qual SC.

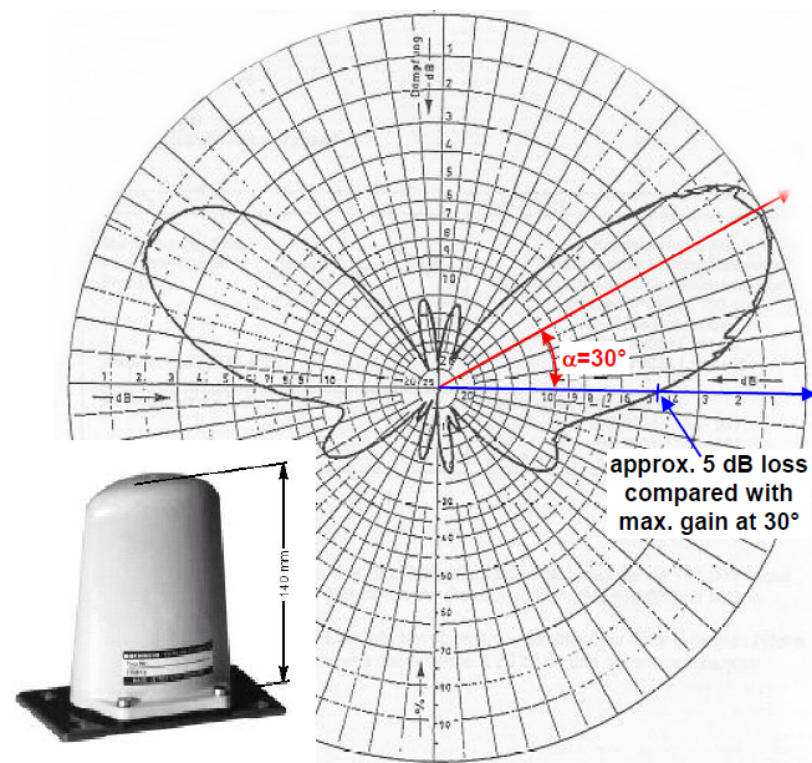
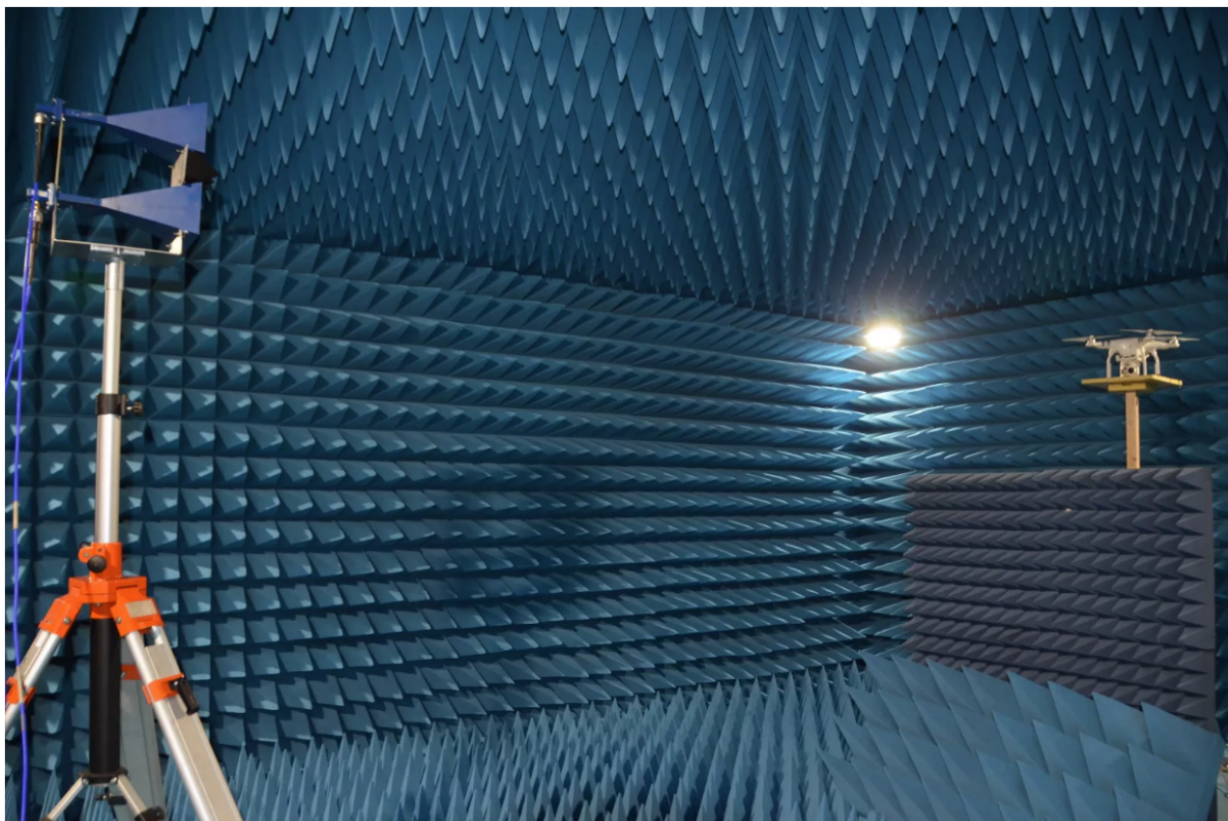
**Směrování hovoru v síti GSM-R (algoritmus HO) závisí na všesměrovém diagramu vozidlové ant.**





# Standardně – měření v bezodrazové komoře

Parametry vyzařování antén v H a V rovině standardně měřeny v bezodrazové komoře  
**Nedostupné pro HV a drážní vozové jednotky (RegioPanter)**





# Použitá metodika měření

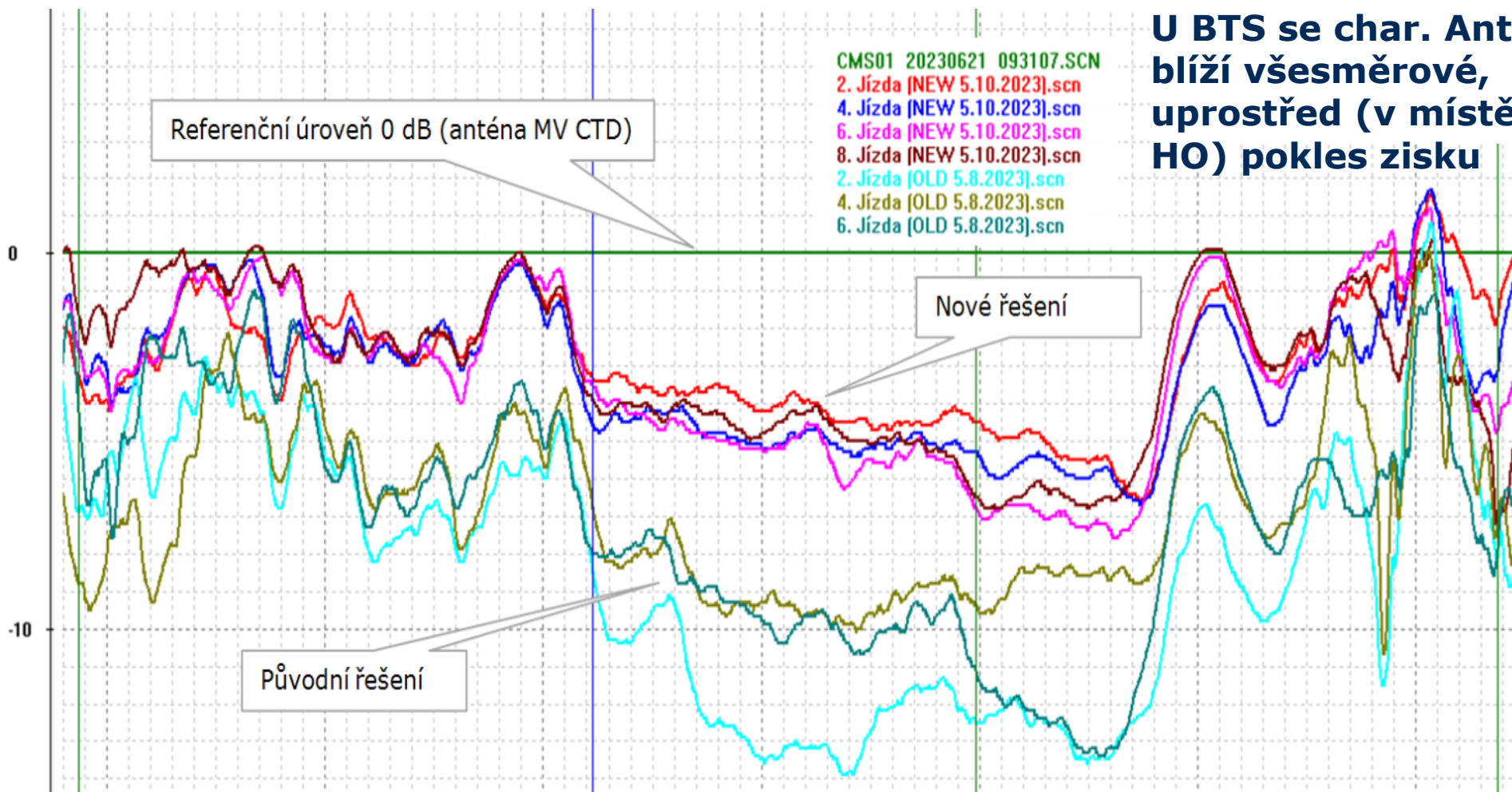
Srovnávací měření úrovně signálu posuzovaných antén navzájem i vzhledem k referenční úrovni signálu zdokumentované za srovnatelných podmínek pomocí měřicího vozu CTD.



# Měřeny dva způsoby instalace



# Dosažené výsledky posuzovaných antén



**U BTS se char. Ant  
blíží všesměrové,  
uprostřed (v místě  
HO) pokles zisku**



## Závěr z měření

- Nový způsob instalace ETCS antén na RP je ve většině provozních situací na trati Olomouc - Uničov podstatně lepší než původní řešení.
- V blízkosti BTS se vyzařování antén blíží požadovanému všesměrovému diagramu.
- Při vzdalování od BTS dochází většinou k propadu zisku předozadním směru vyzařování (zvýhodnění bočního směru).
- Velká citlivost na způsob a provedení instalace antén HV (malá změna má velký vliv).
- Zásadní vliv - problematiku je potřeba podrobit další důkladné investigaci, nejlépe pomocí certifikovaných měření v širším kontextu možných vlivů (např. možnost rušení).
- Postupné spouštění – systematicky jen ověřené prvky (omezení neznámých).

## Shrnutí podstatného

- Způsob a provedení instalace antén na HV má zásadní vliv na výsledně dosažené parametry a charakteristiky vyzařování vozidlových antén.
- Všesměrová charakteristika je klíčová pro bezproblémovou komunikaci v rámci sítě GSM-R a spolehlivou datovou konektivitu pro systém ETCS.
- Způsob řízení mobility v síti GSM-R předpokládá a vyžaduje, aby vyzařovací charakteristika vozidlových antén byla striktně všesměrová.
- Legislativou je všesměrová (izotropní) anténa na vozidlech vyžadována jako vlastnost povinná pro interoperabilitu (MI).
- Pro možnost dosažení legislativou požadovaných vlastností je potřeba volný výhled antén (azimut 0-360°).
- Nutno vytvořit podmínky - umožnit, aby alespoň aktivní část antény mohla zasahovat do průjezdného profilu sběrače (většina HV má technologií plně obsazen průjezdný profil).





# Děkuji za pozornost

**Ing. Jiří Šustr**

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

© Správa železnic, státní organizace  
Centrum techniky a diagnostiky  
Malletova 2363/10, 190 00 Praha 9

[www.spravazeleznic.cz](http://www.spravazeleznic.cz)