

TrainLOC

Podmínky pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti

Workshop:

k projektu "TIRSMD707 Návrh a ověření podmínek pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti"

Setkání členů konsorcia a zainteresovaných externích subjektů, uživatelů a odborné veřejnosti nad výsledky projektu a zpracováním naměřených dat v rámci experimentálního měření ve zkušebním centru Velim.

Řešitelský tým projektu:



5.4.2022

O projektu TIRSMD707

- Název: Návrh a ověření podmínek pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systémů na české železniční síti
- Doba řešení:
 - 1. srpna 2019 – 30. dubna 2022 (prodlouženo)
 - 11 kvartálů
- Zadavatel výzkumné potřeby a konečný uživatel: MD ČR
- Financován se státní podporou TAČR
- Program: TAČR BETA2 (veřejné zakázky pro potřeby státní správy)

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA 2.

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.



Řešitelský tým projektu



TrainLOC

Program

- 9:30 – 10:30 Představení prvního výsledku projektu
- 10:30 – 10:45 Přestávka coffee break
- 10:45 – 11:45 Představení druhého výsledku projektu
- 11:45 – 12:45 Oběd
- 12:45 – 13:45 Představení třetího výsledku projektu
- 13:45 – 15:00 Diskuse závěr

V každém bloku:

Prezentace → získání zpětné vazby od účastníků → otázky & odpovědi

Zúčastněné subjekty

- Ministerstvo dopravy ČR
- Řešitelské konsorcium (GCE, AŽD, UPCE, VUZ)
- Betrian
- BF Logistics
- ČD
- ČD-Telematika
- ČVUT v Praze, FD
- Federace strojnůvců ČR
- H-Comp Consulting
- JERID
- MPO
- Průmyslová střední škola Letohrad
- SIZI
- Správa železnic
- Škoda Digital
- ŽESNAD

Výsledek 1

Certifikovaná metodika pro certifikaci lokalizačních systémů na bázi GNSS pro použití na železnici s ohledem na aspekty železničního prostředí

- Univerzita Pardubice, Fakulta elektrotechnická
- Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.; doc. Ing. Aleš Filip, CSc.

Výsledek 2

Souhrnná výzkumná zpráva o výsledcích měření popisující míru vlivu jednotlivých prvků železničního prostředí na přesnost, dostupnost, integritu a kontinuitu na využití GNSS lokalizace na železnici

- AŽD
- Ing. Lubor Bažant, Ph.D.

Výsledek 3

Doporučené postupy měření kvality příjmu a míry rušení signálu GNSS na české železniční síti

- VUZ, GCE, AŽD
- Ing. Jan Hopp (VUZ); Ing. Jakub Havlíček (GCE);
Ing. Lubor Bažant, Ph.D. (AŽD)

TrainLOC

Podmínky pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti

Workshop:

k projektu "TIRSMD707 Návrh a ověření podmínek pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti"

Setkání členů konsorcia a zainteresovaných externích subjektů, uživatelů a odborné veřejnosti nad zpracováním naměřených dat sebraných v rámci experimentálního měření ve zkušebním centru Velim.

Řešitelský tým projektu:



5. 4. 2022

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Poslání projektu – vytvořit předpoklady pro zavádění GNSS lokalizace na české železniční síti

Možnosti využití zkušeností a znalostí z jiných projektů

- žádný z projektů doposud nestanovil konkrétní metodiku pro stanovení parametrů virtuálních balíz na jednotlivých sítích členských států EU
- zabezpečovací technika musí odrážet způsob organizování a zajištění železničního provozu, který je v jednotlivých zemích EU odlišný, není možné pouze převzít a implementovat navrhované zahraniční řešení

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Výsledek za Univerzitu Pardubice

Certifikovaná metodika pro certifikaci lokalizačních systémů na bázi GNSS pro použití na železnici s ohledem na aspekty železničního prostředí (Nmet)

- metodika má sloužit státní správě jako podklad k provádění postupu certifikace nových lokalizačních systémů na bázi GNSS. Certifikaci bude nutné realizovat při zavádění nového technického řešení ze strany technologických firem, které využijí navržený postup jako návod, na co je potřebné se při procesu certifikace připravit.

Další přínos univerzity pro realizaci projektu

- zajištění technického vybavení pro přesné měření GNSS signálu a rádiový přenos korekcí na testovací vozidlo

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Postup pro přípravu metodiky Nmet

- Průběžné zprávy s popisem certifikačního procesu
- Certifikovaná metodika pro certifikaci lokalizačních systémů na bázi GNSS pro použití na železnici s ohledem na aspekty železničního prostředí
- Průvodní dokument pro orgány státní zprávy

Metodika pro certifikaci lokalizačních systému na bázi GNSS pro použití na železnici s ohledem na aspekty železničního prostředí

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Cíl prezentace – představit metodiku pro certifikaci systému ERTMS s virtuální balízkou detekovanou na základě GNSS/ EGNOS

Obsah prezentace

- Motivace – ERTMS s virtuálními balízi
- Certifikace a schválení řešení ERTMS/GNSS
- Standardy a předpisy bezpečnosti
- Základní rámec procesu certifikace a schválení
- Elementy procesu certifikace
- Přijetí EGNOS-u pro účely ERTMS
- Aktivity na úrovni evropské a národní
- Závěry

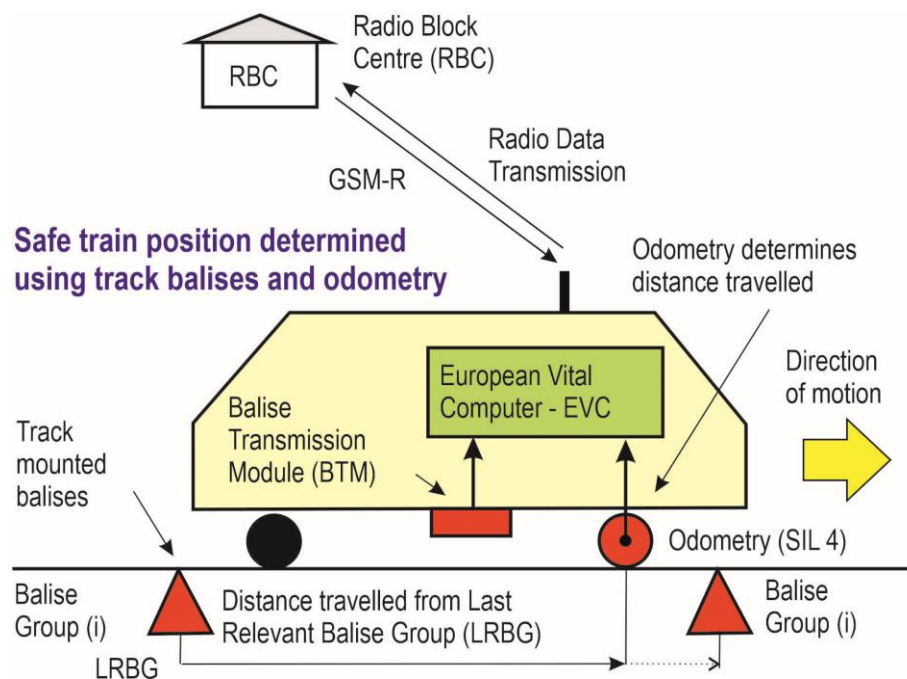
Motivace – ERTMS s virtuálními balízami

- Evropský systém řízení železničního provozu (ERTMS)/ byl vyvinut pro zabezpečení a řízení provozu v Evropě
- Evropský vlakový zabezpečovač (ETCS), který je součástí systému ERTMS, využívá pro bezpečné určení polohy vlaku traťové balízy
- Snahou je tyto fyzické balízy nahradit pomocí tzv. balíz virtuálních (VB)
- Virtuální balízy jsou uloženy v palubním počítači na lokomotivě a rádio blokové centrále (RBC) podél tratí. Záměrem je bezpečně detekovat virtuální balízy na vozidle na základě lokalizace GNSS/ EGNOS (GPS, Galileo)

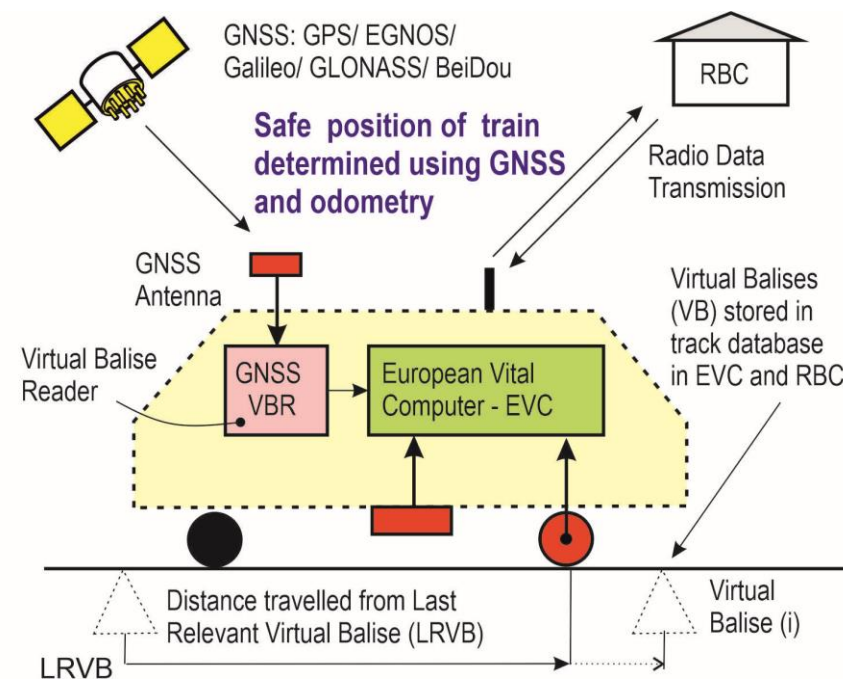
Motivace – ERTMS s virtuálními balízami

Tato významná změna musí projít procesem hodnocení bezpečnosti (dle CENELEC), certifikace (dle TSI), posouzením rizik (dle CSM-RA) a schválení Drážním úřadem.

ERTMS s traťovými balízami



ERTMS s virtuálními balízami



Historie - koncepce virtuální balízy (1998)

in 1998

DRAFT of 8 May 1998

On the Method of Combining GPS and ETCS for Localisation Purposes

by B. J. Sterner

This paper is an expansion of the section 4.9.18 of the
ERRI A200/SRS.04-A5499A1-03.01-960809

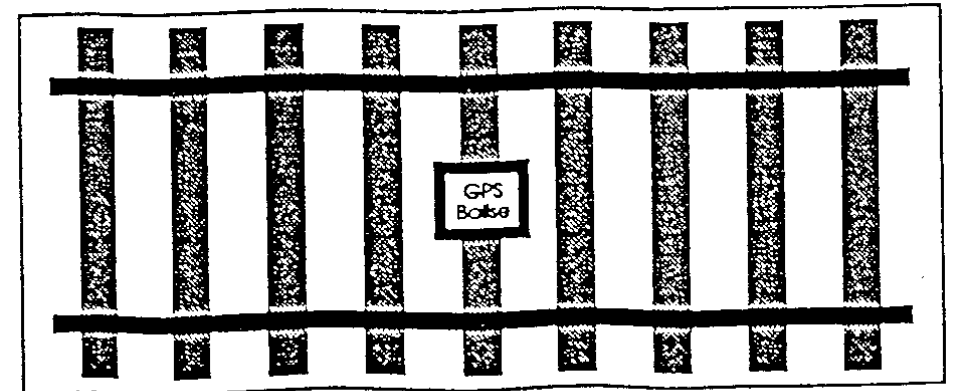


Figure 1 A virtual GPS Balise

Certifikace a schválení řešení ERTMS/GNSS

- ERTMS/ ETCS se skládá z mnoha palubních a traťových zařízení geograficky rozmístěných v různých místech a propojených optickými, metalickými a rádiovými (GSM-R) komunikačními spoji
- Je nutné zajistit požadovanou interoperabilitu mezi palubními a traťovými subsystemy sdílenými různými subjekty, zejména správci infrastruktury a železničními dopravci
- Musí být splněny vysoké požadavky na bezpečnost a spolehlivost ERTMS - také v případech, kdy jsou traťové balízy nahrazeny virtuálními a jsou detekované pomocí GNSS

Certifikace a schválení řešení ERTMS/GNSS

- Proto je nutné zajistit provedení řízení/ hodnocení bezpečnosti (CENELEC), certifikaci (TSI), posouzení rizik (CSM) a schvalovací proces, který poskytne garance, že jsou splněny všechny požadavky na ERTMS/ ETCS – a to i v případě použití virtuální balízy
- Směrnice (EU) 2016/797 (Interoperabilita) rozšiřuje schvalovací proces CCS (řízení a zabezpečení) na celý železniční systém - podporuje koncept „Cross Acceptance“ (vzájemného uznání schválení z hlediska bezpečnosti) jako cestu k interoperabilitě v rámci transevropské sítě
- Snahou je využít koncepci „Cross Acceptance“ i pro zavedení technologie GNSS do ERTMS

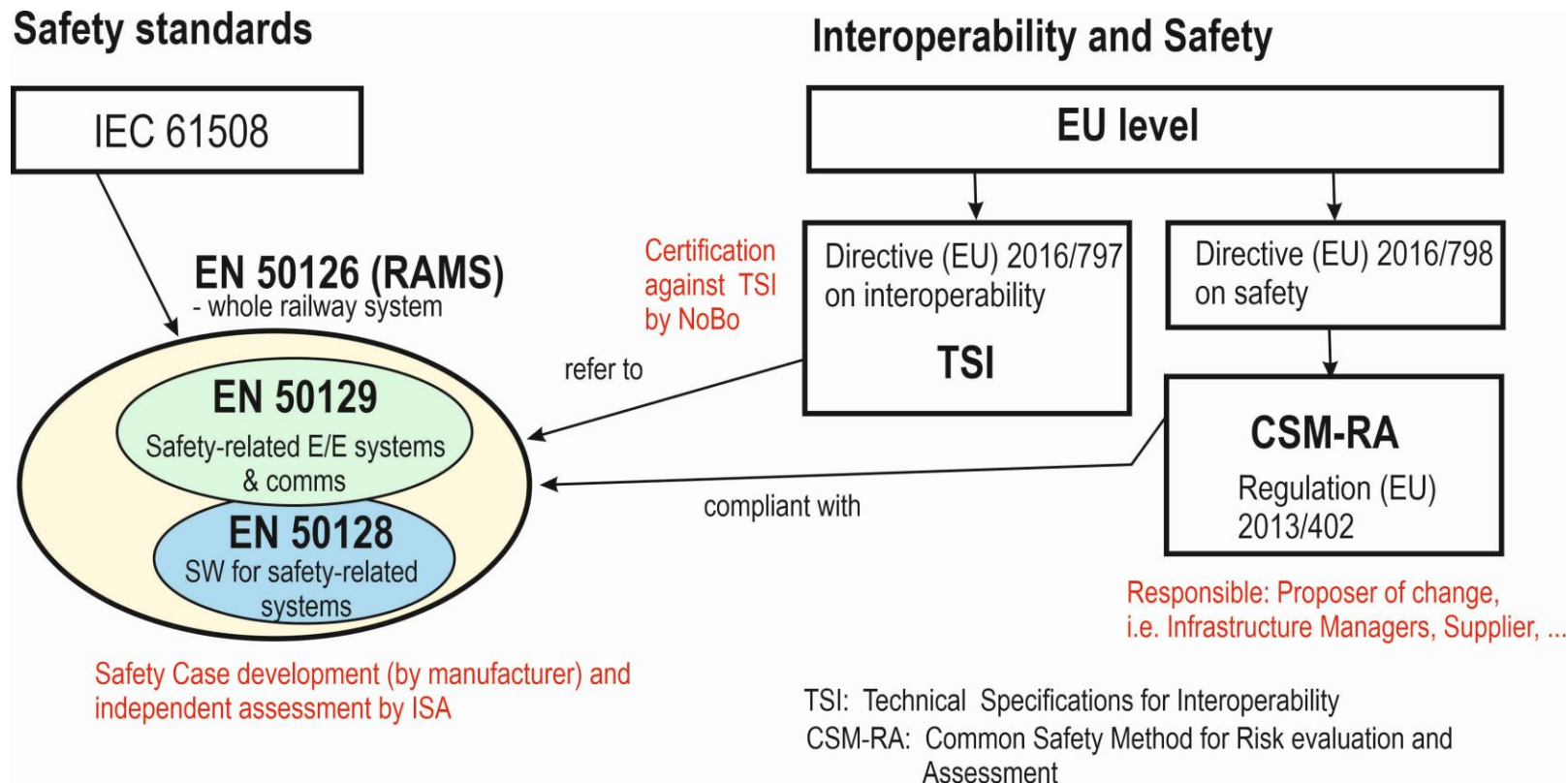
Certifikace a schválení řešení ERTMS/GNSS

Pro přijetí lokalizace na základě GNSS je třeba zajistit

- Bezpečnost (hodnocení bezpečnosti) dle standardů CENELEC (EN 50126, EN 50128, EN 50129, atd.)
- Splnění požadavků na interoperabilitu v souladu s CCS TSI (technické specifikace pro interoperabilitu pro řízení a zabezpečení) dle směrnice (EU) 2016/797
- Aplikaci společné bezpečnostní metody pro vyhodnocení a posouzení rizik (CSM - RA) na úrovni železničního systému dle směrnice (EU) 402/2013 – to vyplývá z bezpečnostní směrnice (EU) 2016/798

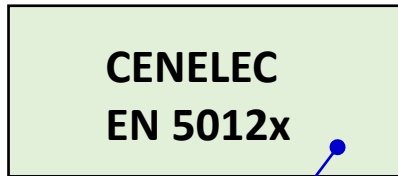
Standardy a předpisy bezpečnosti

ERTMS na základě GNSS musí splnit standardy bezpečnosti, požadavky na interoperabilitu (TSI) a musí být aplikovaná společná bezpečnostní metoda CSM-RA.



Základní rámec procesu certifikace

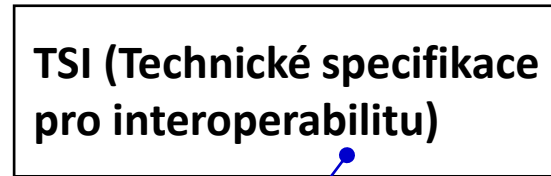
řízení bezpečnosti



odpovědný:
výrobce zařízení a ISA

+

certifikace



odpovědný:
NoBo (oznámený subjekt)

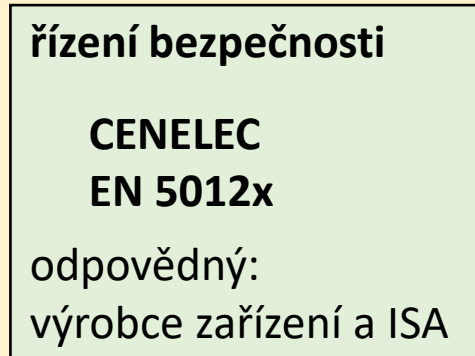
+

nutné aplikovat společnou bezpečnostní metodu pro posouzení rizik CSM-RA

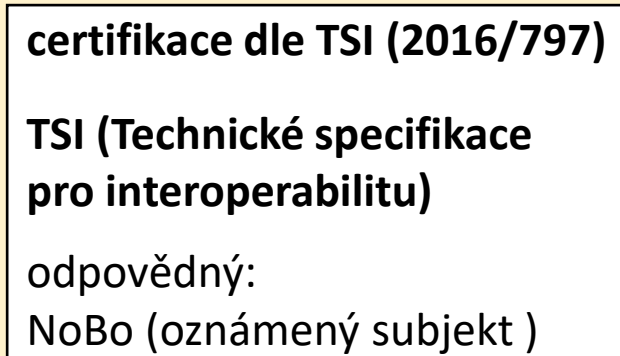
odpovědný : Navrhovatel změny (správce infrastruktury, dopravce, výrobce, atd.)



CSM-RA tvoří základní rámec pro certifikaci ERTMS na základě GNSS



+



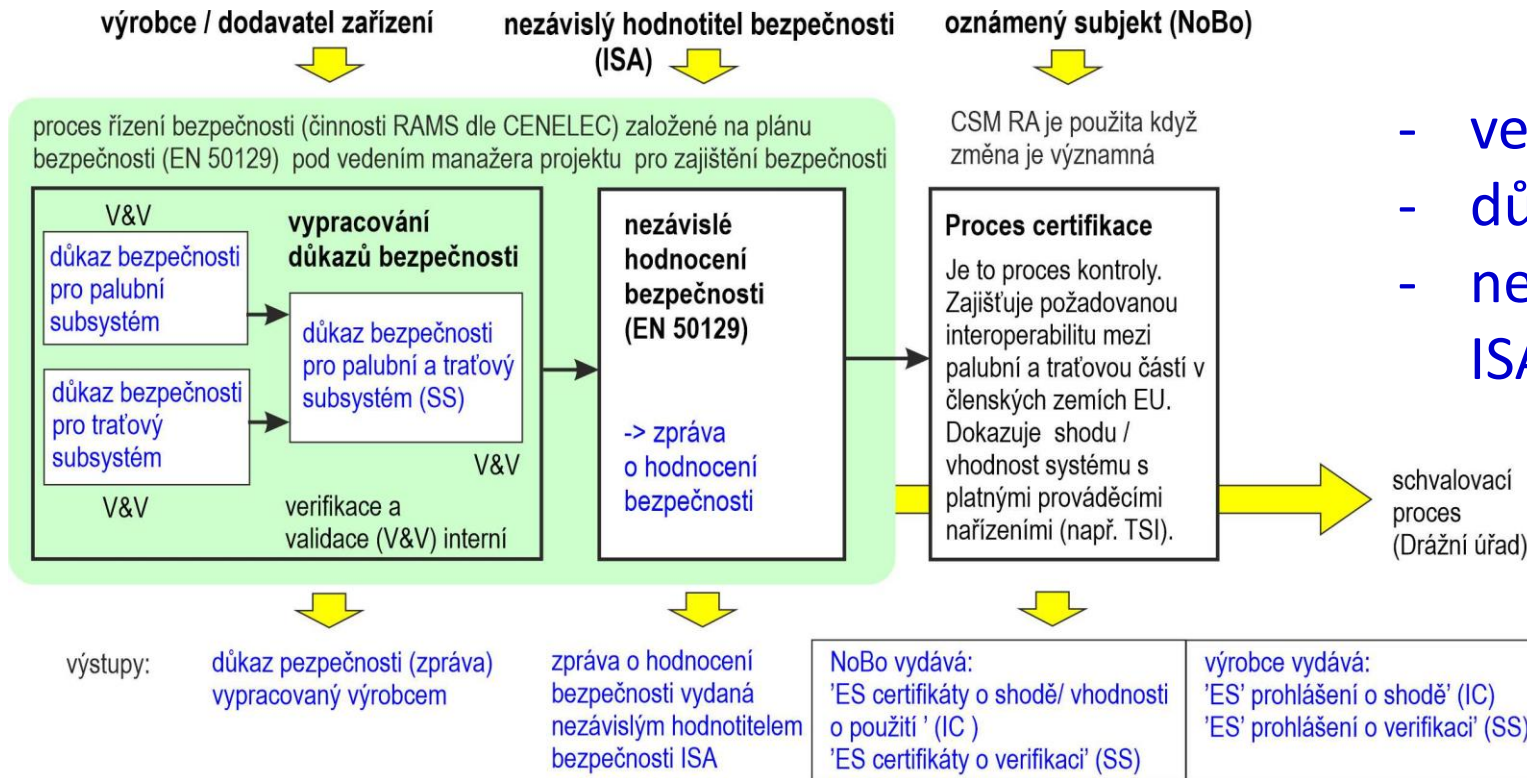
+

CSM-RA: proces řízení rizik

Odovědný za aplikaci CSM-RA je odpovědný navrhovatel změny dle směrnice (EU) 2013/402
Posouzení změny: provádí AsBo (posuzovatel dle CSM-RA)

Elementy procesu certifikace

Řízení/ hodnocení bezpečnosti ve smyslu standardů CENELEC (EN 5012x)

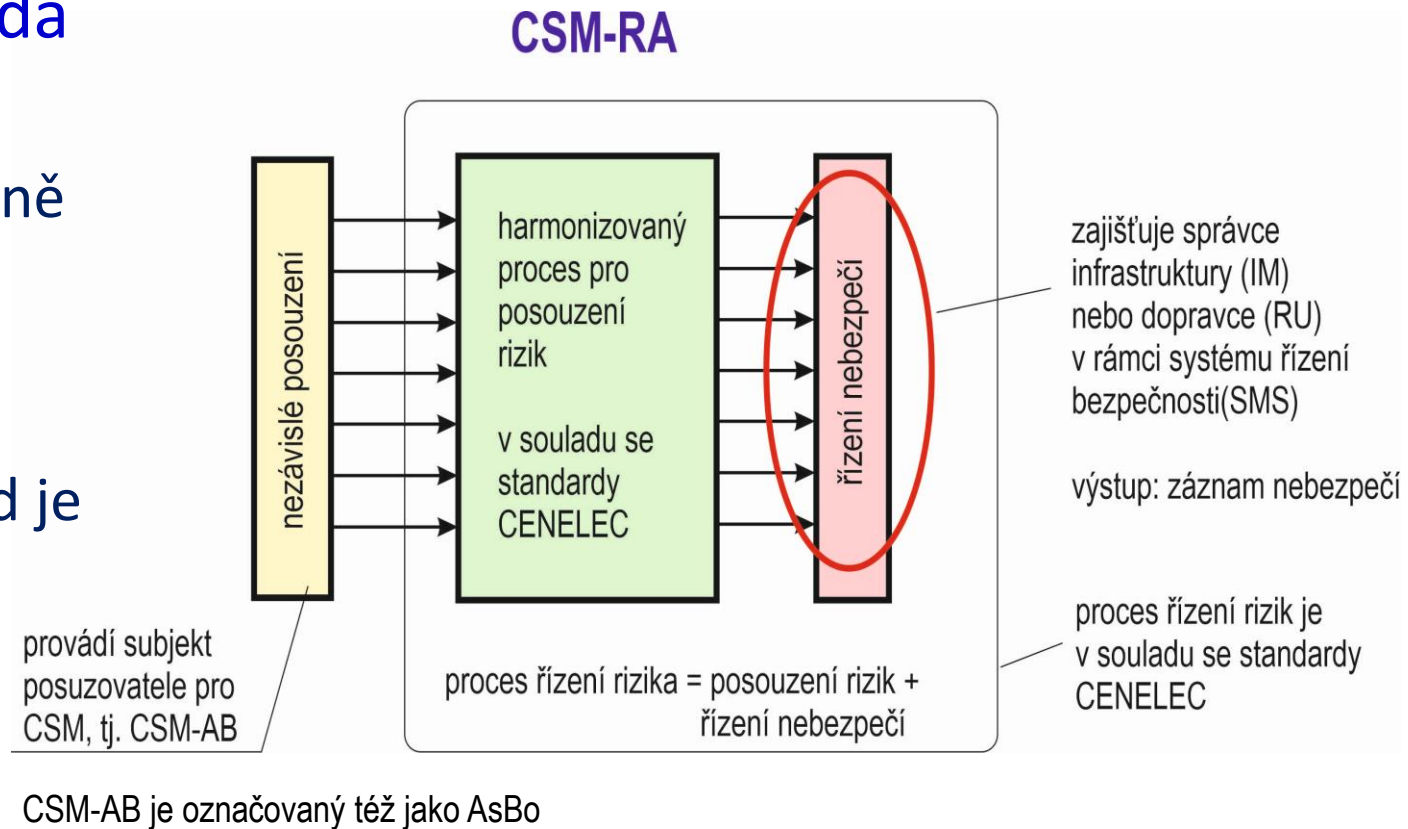


- verifikace a validace (V&V),
- důkazy bezpečnosti
- nezávislé hodnocení ISA (EN 50129)

Elementy procesu certifikace

Společná bezpečnostní metoda (CSM-RA)

- Železniční subjekty musí bezpečně zvládnout změny evropského železničního systému - včetně integrace GNSS s ERTMS;
- CSM-RA musí být použita, pokud je změna systému (souvisejícího s bezpečností) významná;
- To je i případ zavedení GNSS do ERTMS.



Elementy procesu certifikace

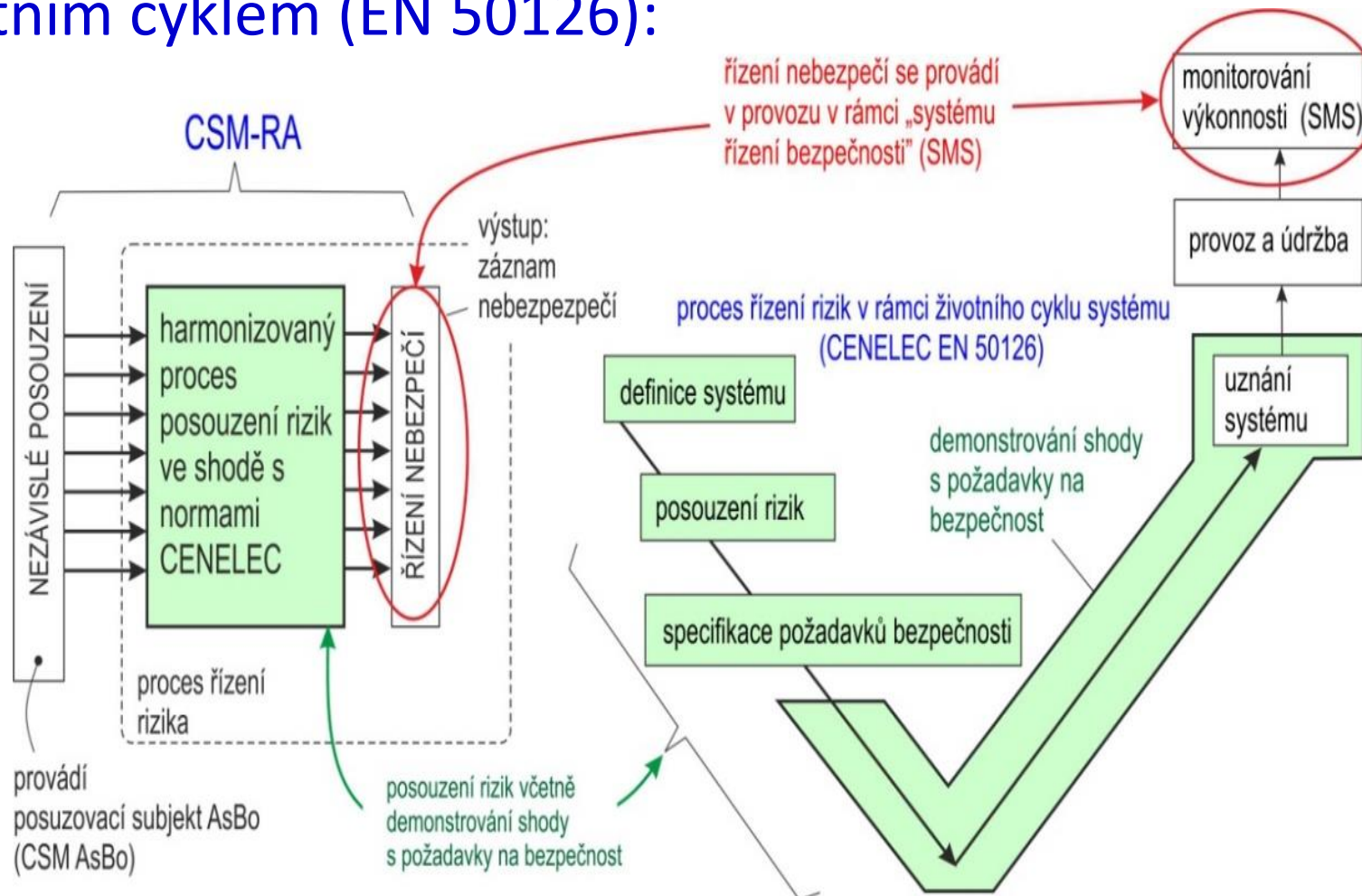
Společná bezpečnostní metoda (CSM-RA)

- CSM-RA pokrývá celý životní cyklus CENELEC;
- Zmíněné činnosti, jako je V&V, vypracování důkazu bezpečnosti, nezávislé posouzení rizik a posouzení shody s ohledem na TSI (tj. certifikace), pokrývají pouze část životního cyklu bezpečnosti podle normy CENELEC EN 50126;
- Sledování bezpečnosti během skutečného provozu systému (řízení nebezpečí) není pokryto činnostmi pro posouzení rizik;
- CSM-RA proto požaduje, aby správce infrastruktury a dopravce provozoval systém řízení bezpečnosti (SMS), aby se vyplnila výše uvedená mezera v životním cyklu.

Elementy procesu certifikace

CSM-RA: shoda se životním cyklem (EN 50126):

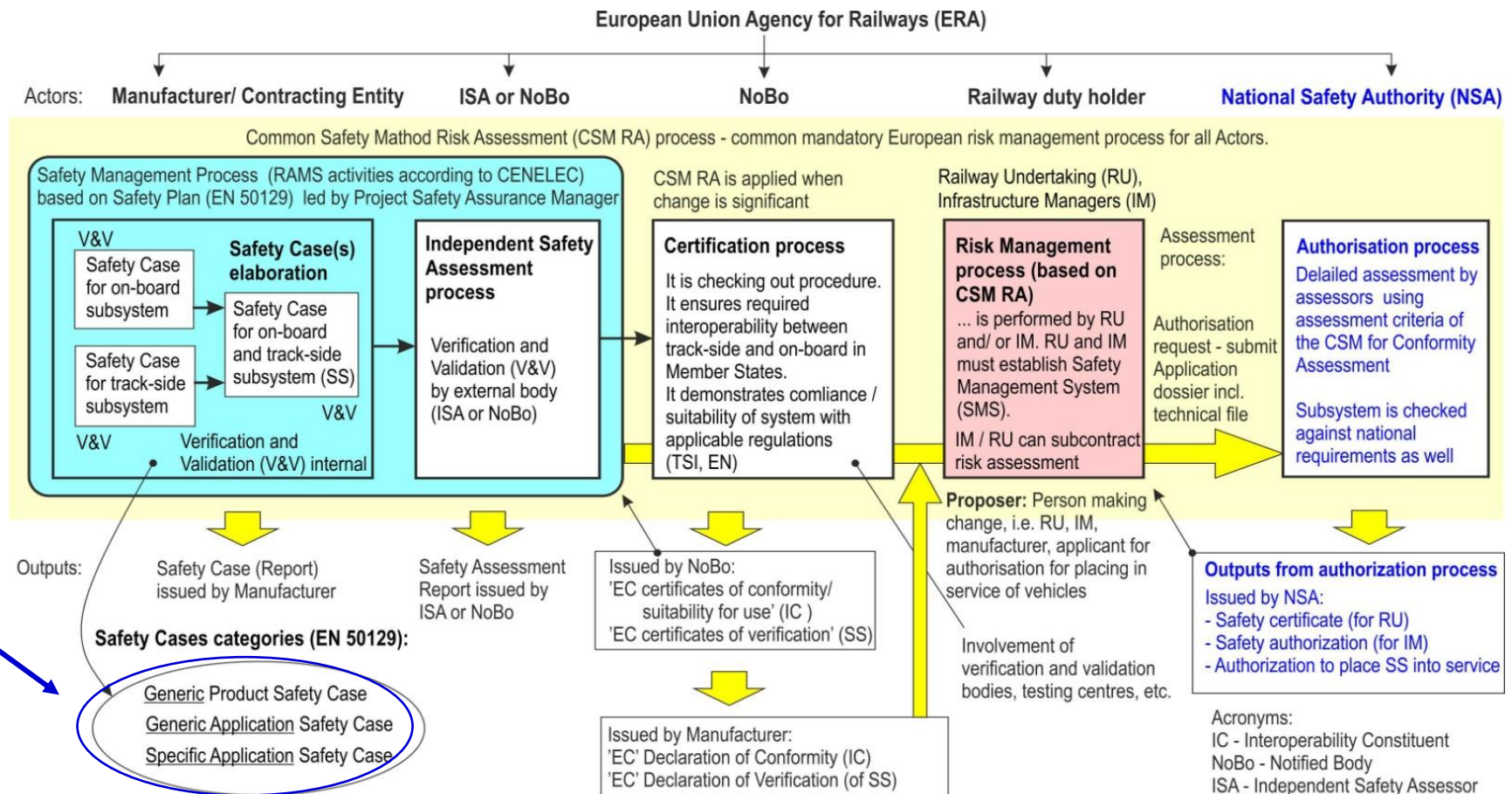
proces řízení rizika
= posouzení rizik + řízení nebezpečí



Elementy procesu certifikace

Řízení bezpečnosti + ISA + certifikace + CSM-RA + schvalování

Vzájemné uznání generických elementů (cross-acceptance) se provádí pomocí generických důkazů bezpečnosti



Certificates are valid in all Member States (MSs) or in a specific MS depending on conditions

Elementy procesu certifikace

- Generické důkazy bezpečnosti (CENELEC) – důležité prvky procesu certifikace, zjednodušují proces schvalování pomocí tzv. modulárního přístupu
 - Důkaz bezpečnosti pro generický produkt (nezávislý na aplikaci)
 - Důkaz bezpečnosti pro generické použití (pro třídu aplikací)
 - Důkaz bezpečnosti pro specifické použití (pro konkrétní aplikaci)
- Příklady použití generických produktů v procesu certifikace ERTMS/ GNSS
 - GNSS přijímač: generický produkt
 - Čtečka virtuální balízy (VB) ; přenosový modul VB : generické použití
- Uvažovalo se i o uznání bezpečnostní služby EGNOS SoL prostřednictvím generického důkazu bezpečnosti. Nebylo to možné, navrženo jiné řešení.

Elementy procesu certifikace

- Bezpečnostní služba EGNOS SoL a důkaz bezpečnosti pro EGNOS byly vyvinuty dle standardů bezpečnosti pro letectví;
- Není možné zpětně vypracovat generický důkaz bezpečnosti pro EGNOS;
- Hledalo se (hledá se) akceptovatelné řešení na evropské úrovni pro 1) splnění požadavků CENELEC a 2) specifikace nových TSI (Change request).

Přijetí EGNOS-u např. formou
“již existujícího“ elementu

proces řízení rizik (CSM-RA)

**přijetí EGNOS-u dle CENELEC
odpovědná ERA**

**nové TSI pro ERTMS/ EGNOS
odpovědná ERA**

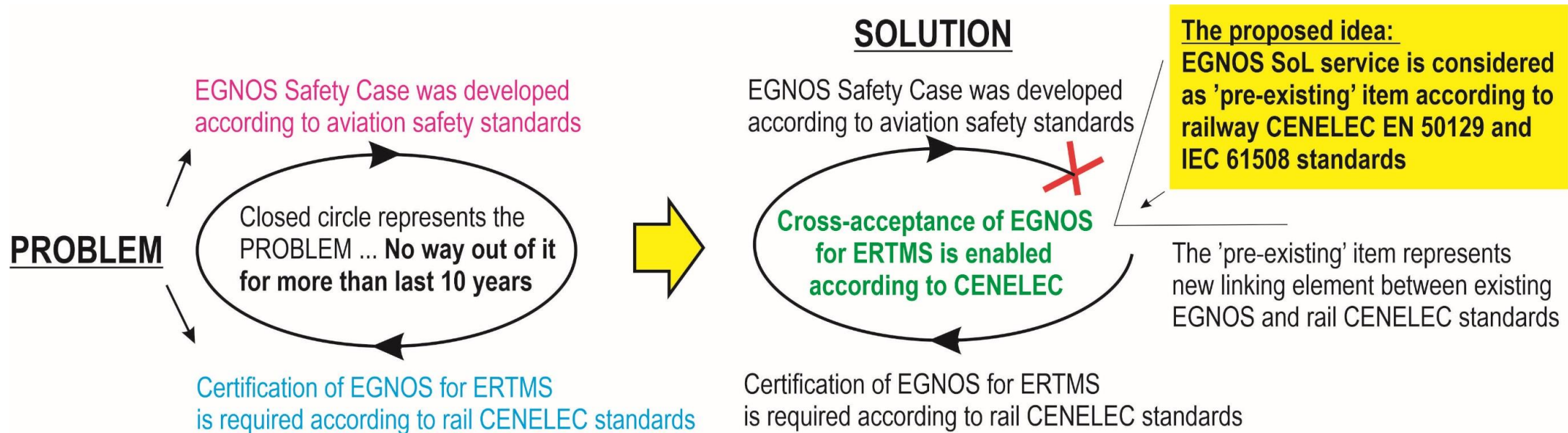
Přijetí služby EGNOS SoL pro ERTMS; specifikace nových TSI pro GNSS přijímač, čtečku virtuální balízy, přenosový modul virtuální balízy, příp. další elementy

Nové TSI pro řešení ERTMS/EGNOS

Na úrovni EU nutné provést tyto aktivity (projekt ESA STEMS):

- Stanovení minimálních požadavků (MOPS) na žel. přijímač GNSS, GNSS anténu, PVT modul a další elementy přenosového modulu virtuální balízy – odpovědná ERA;
- Vypracování nových TSI pro přenosový modul virtuální balízy a další elementy – odpovědná ERA ;
- Specifikace služby EGNOS pro železnice – odpovědná ERA;
- Přijetí služby EGNOS pro účely ERTMS – odpovědná ERA;
- Zajištění poskytované certifikované služby EGNOS SoL pro správce železniční infrastruktury – odpovědná ERA.

Přijetí EGNOS-u pro ERTMS dle CENELEC



- **Navržené řešení:** Bezpečnostní službu EGNOS SoL lze uznat a certifikovat jako tzv. “již existující” element ve smyslu IEC 61508 a CENELEC EN 50129;
- Navrhli jsme vypracovat tzv. „**Bezpečnostní příručku pro EGNOS**“, která popíše bezpečnou integraci EGNOS-u s ERTMS ... v souladu s EN 50129.

Přijetí EGNOS-u pro ERTMS dle CENELEC

- Bezpečnostní příručka EGNOS pro železnici spolu s její hodnotící zprávou (IEC 61508 a EN 50129) by byla uvedena v oddíle "Související důkazy bezpečnosti" celkového důkazu bezpečnosti, jak je uvedeno na obrázku níže.

Supporting safety evidence for pre-existing item

Cross-acceptance of EGNOS SoL service for ERTMS according to EN 50129/ IEC 61508 includes:

- EGNOS Safety Manual** - for designers & integrators includes all information on EGNOS SoL service for its integration with Virtual Balise Reader (VBR)/ Virtual Balise Transmission Module (VBTM)
- Assessment Report for EGNOS Safety Manual**

CENELEC Safety Cases (EN 50129)

- Generic Product Safety Case (GPSC)
- Generic Application Safety Case (GASC)
- Specific Application Safety Case (SASC)

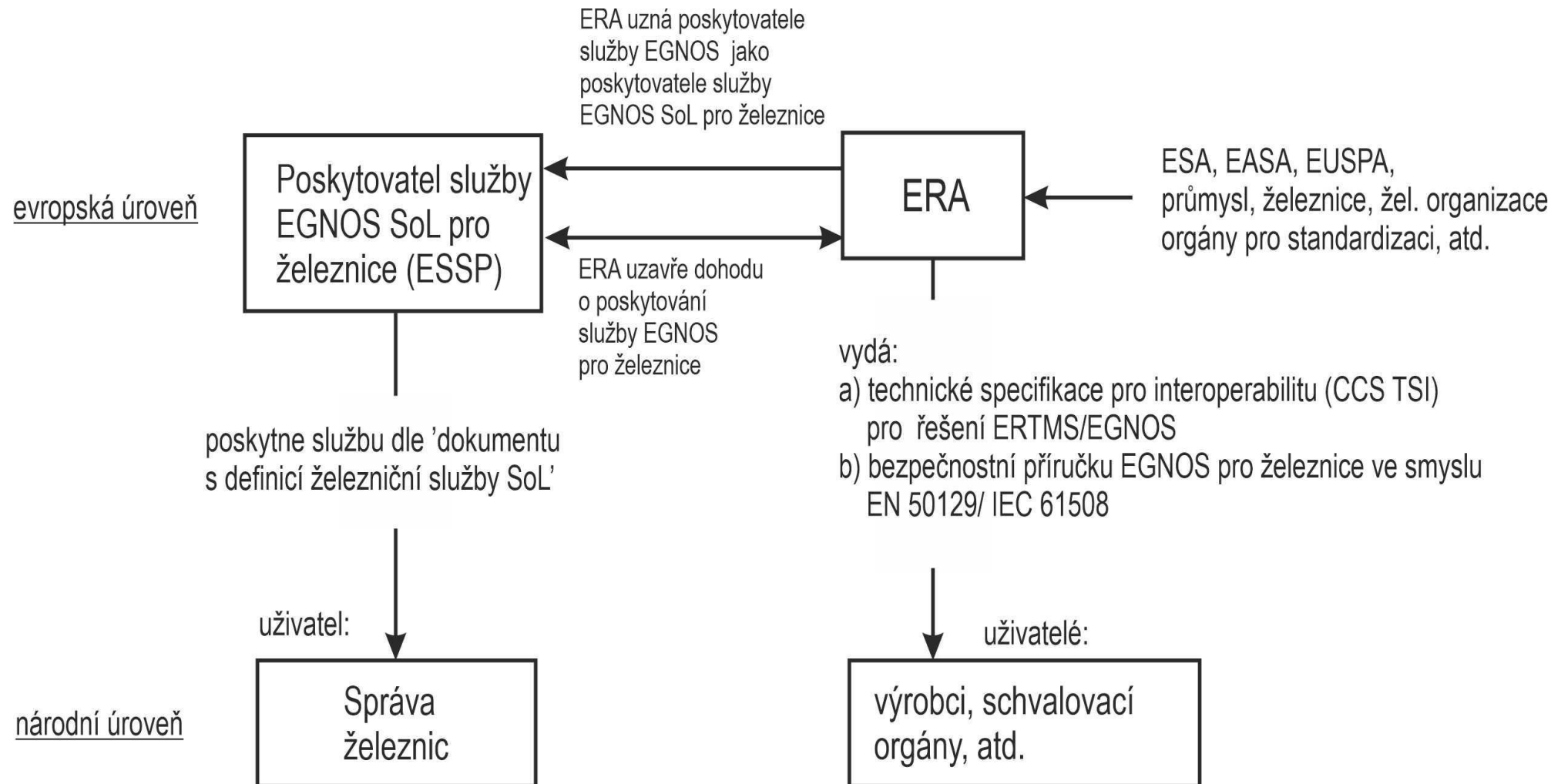
Part 1: Definition of System
Part 2: Quality Management Report
Part 3: Safety Management Report
Part 4: Technical Safety Report
Part 5: Related Safety Cases
Part 6: Conclusion
+ Assessment Report

CENELEC safety standards are highly recommended for Risk Management Process performed within CSM-RA

Common Safety Method for Risk Assessment (CSM-RA): EU Regulation 402/2013

- based on CENELEC Safety Cases & EGNOS Safety Manual

Certifikace ERTMS/EGNOS na evropské úrovni

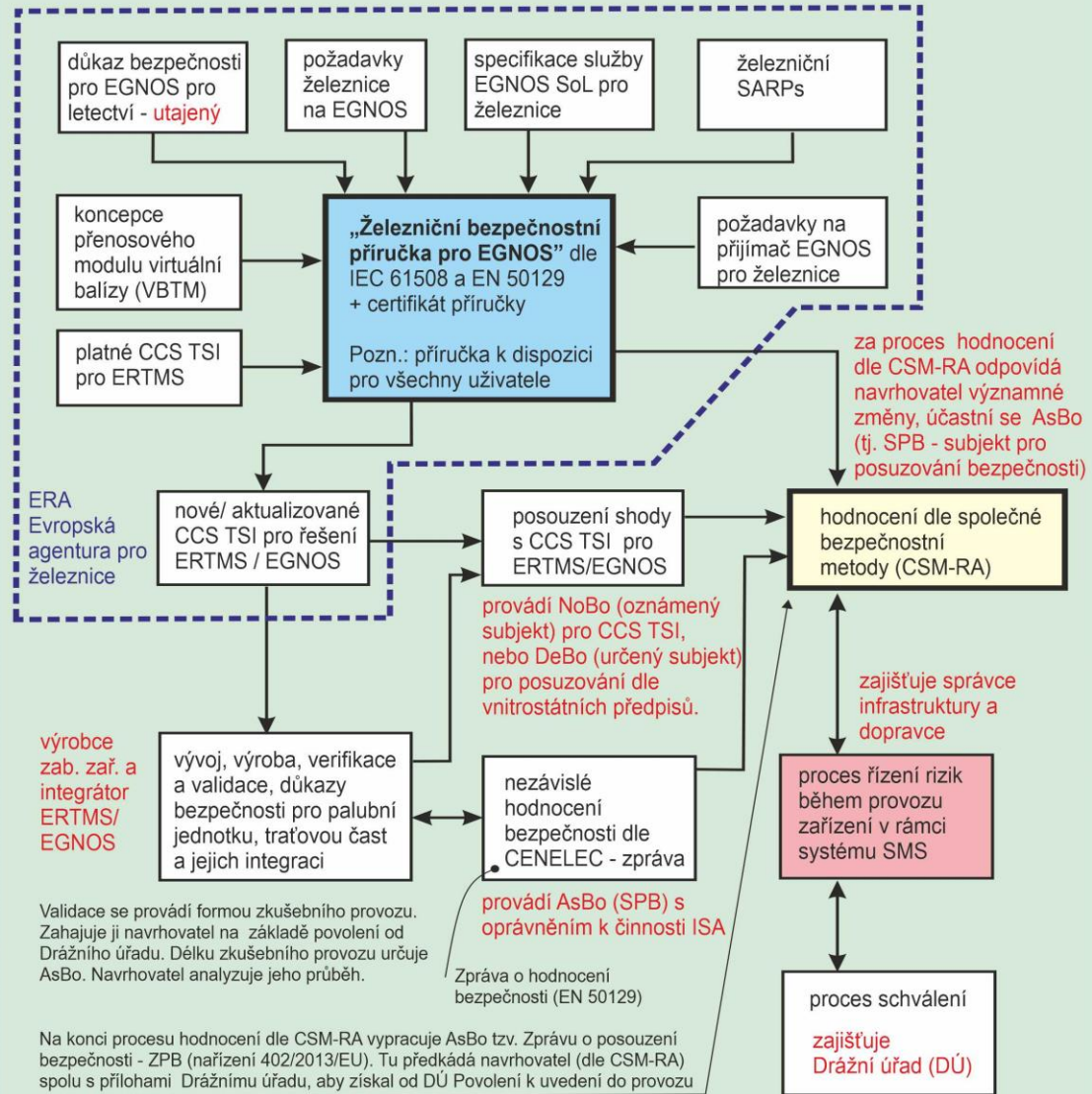




Výsledný proces certifikace řešení ERTMS na základě EGNOS

'Proces řízení rizik' v rámci společné bezpečnostní metody pro hodnocení a posuzování rizik (CSM-RA) dle nařízení (EU) č. 402/2013 - nařízení je platné i v ČR

'Proces řízení bezpečnosti' (aktivity RAMS podle standardů CENELEC)



Národní legislativa související s ERTMS/EGNOS

Řešení a certifikace systému ERTMS na základě GNSS/EGNOS se bude řídit zejména těmito dokumenty:

- Zákon č. 266/1994 Sb. (Zákon o drahách), aktuální znění 01.07.2020-31.01.2022 (verze 32);
- Nařízení vlády č. 133/2005 Sb. (Nařízení vlády o technických požadavcích na provozní a technickou propojenost evropského železničního systému), aktuální znění 22.03.2016-31.01.2022 (verze 5);
- Metodický pokyn pro uplatňování prováděcího nařízení Komise (EU) č. 402/2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik a o zrušení nařízení (ES) č. 352/2009, Drážní úřad, 16.10.2018.

Národní legislativa související s ERTMS/EGNOS

Výchozím zákonem pro aplikace ERTMS s využitím GNSS/EGNOS-u jako prvku interoperability je zákon o drahách č. 266/ 1994 Sb. Část osmá tohoto zákona pojednává o provozní a technické propojenosti evropského železničního systému. V §49a a §49b je mimo jiné uvedeno:

- K zajištění propojenosti drah zařazených na území České republiky do evropského železničního systému musí tyto dráhy odpovídat stanoveným TSI ...

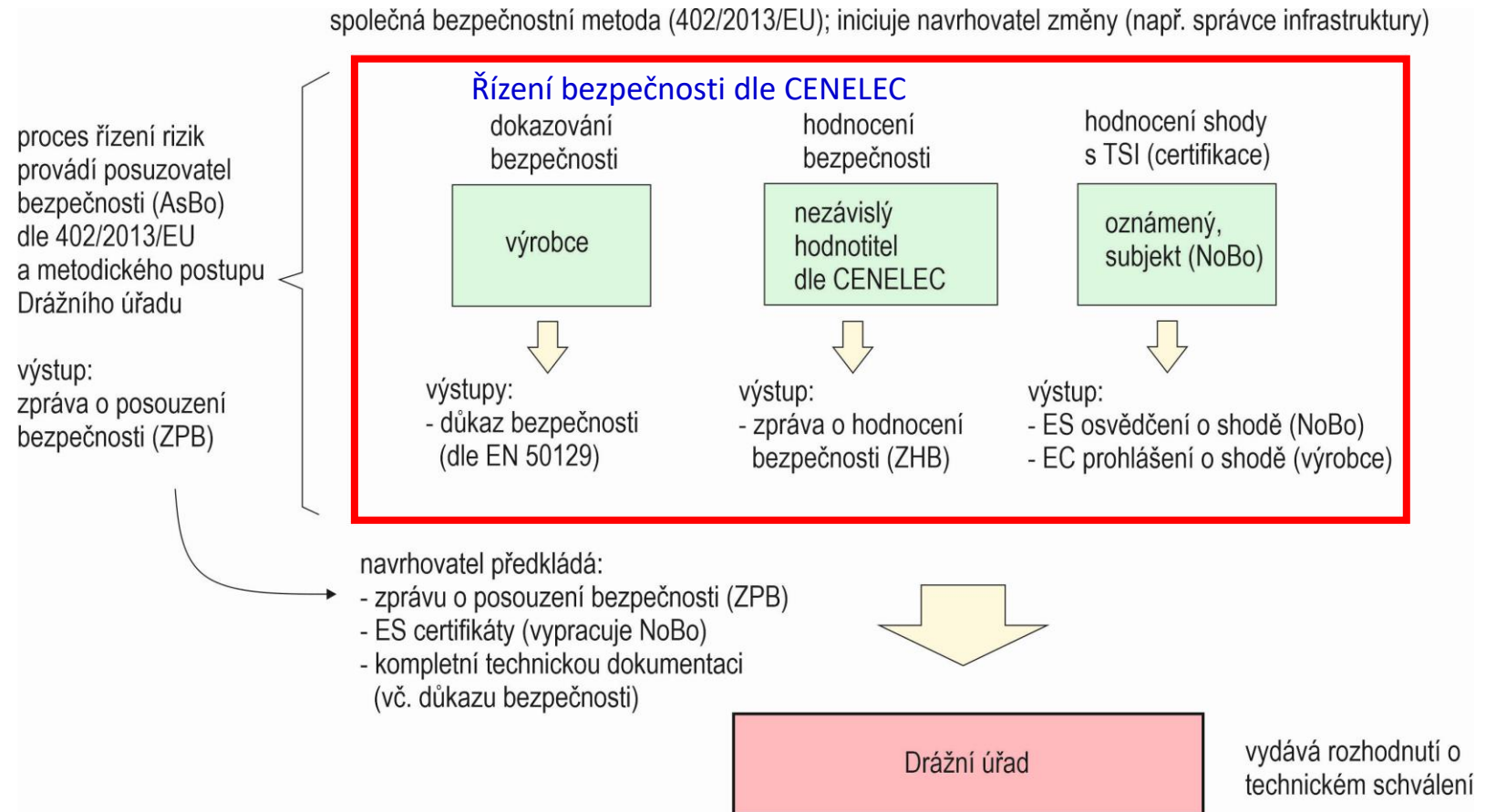
V zákonu o drahách č. 266/ 1994 Sb. je část č. 10 věnovaná státní správě a státnímu dozoru:

- Drážní úřad vykonává působnost orgánu dozoru nad stanovenými výrobky a ostatními výrobky určenými pro provozování dráhy a drážní doprav ...

Drážní úřad bude tedy schvalovat aplikace ERTMS na základě GNSS/ EGNOS-u.

Certifikace ERTMS/EGNOS na národní úrovni

- Zavedení GNSS/EGNOS-u do ERTMS představuje významnou změnu, nutné použít CSM dle metodického pokynu, který vydal Drážní úřad (2018).



Závěry

- Zavedení GNSS/EGNOS-u do ERTMS představuje významnou změnu z hlediska bezpečnosti - je třeba zajistit hodnocení bezpečnosti (CENELEC), certifikaci (TSI), použití CSM-RA a zajistit schvalovací proces;
- CSM-RA lze považovat za základní rámec pro certifikaci ERTMS/EGNOS;
- ERA zajistí uznání služby SoL EGNOS-u pro ERTMS, zajistí vypracování nových TSI pro nové prvky interoperability (GNSS přijímač, ...);
- ERA zajistí uznání služby EGNOS SoL dle CENELEC – např. formou “již-existujícího” prvku dle IEC 61508 a EN 50129;
- Certifikace a schválení řešení ERTMS/EGNOS dle národní legislativy bude probíhat dle zákona č. 266/ 1994 Sb, dalších zákonů a předpisů.

TrainLOC

Podmínky pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti

Workshop:

k projektu "TIRSMD707 Návrh a ověření podmínek pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti"

Setkání členů konsorcia a zainteresovaných externích subjektů, uživatelů a odborné veřejnosti nad zpracováním naměřených dat sebraných v rámci experimentálního měření ve zkušebním centru Velim.

Řešitelský tým projektu:



5.4.2022

Prezentace k výsledku č.2 - Souhrnná výzkumná zpráva o výsledcích měření popisující míru vlivu jednotlivých prvků železničního prostředí na přesnost, dostupnost, integritu a kontinuitu na využití GNSS lokalizace na železnici, včetně vytipování vhodných tratí pro prvotní nasazení v ČR

Obsah:

- Cíl výsledku č.2
- Postup řešení k dosažení výsledku č.2
- Dosažené výstupy

Cíl výsledku č. 2

- Efektivní využití GNSS pro bezpečnou lokalizaci vlaků (analýza nákladů a přínosů v projektu STARS - snížení nákladů na údržbu infrastruktury, ochrana před vandalismem, atd.)
- Negativní lokální vlivy pro příjem GNSS signálů - vícecestné šíření signálů, RF rušení, omezený výhled na oblohu – způsobují menší přesnost a dostupnost (pohotovost) bezpečného odhadu polohy
- Návrh a ověření metod vhodných pro detekci a potlačení negativních lokálních vlivů
- Cílem výsledku č.2 je připravit podklady pro návrh metodiky pro měření kvality příjmu a míry RF rušení GNSS signálu (výsledku č. 3) - v doporučeních budou začleněny opatření potlačující negativní lokální vlivy i způsob predikce výkonnostních parametrů (tj. přesnost a pohotovost bezpečného odhadu polohy)

Postup řešení k dosažení výsledku č.2

- Příprava a realizace měřicí kampaně
- Předzpracování měřených dat
- Analýzy měřených dat
- Vyhodnocení výsledků analýz
- Predikce výkonostních parametrů

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Aktivity vykonané v rámci přípravy a realizace měřicí kampaně:
 - Specifikace parametrů pro posouzení negativních vlivů (MP, RF rušení, omezení viditelnosti družic)
 - Specifikace podmínek měření pro posouzení negativních vlivů
 - Výběr měřicích zařízení
 - Výběr vhodných tratí a vozidel
 - Příprava a instalace měřicího systému na vozidla včetně schvalovacího procesu
 - Zaměření osy kolejí
 - Měření horizontálního reliéfu
 - Instalace referenčních značek polohy na vybraných tratích
 - Plánování harmonogramu
 - Realizace měření
 - Ukládání dat
 - Demontáž systému z vozidel

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Vybrané parametry pro posouzení negativních vlivů (vícecestné šíření signálu, RF rušení, omezení viditelnosti družic):
 - Vícecestné šíření signálu
 - Parametry přijímaných signálů z GNSS přijímače: pseudovzdálenost, fáze nosné vlny, Dopplerův posuv, C/No, parametry drah družic
 - Doplnující parametry z GNSS přijímače: poloha družic, indikátor přítomnosti vícecestného šíření
 - RF rušení
 - Parametry přijímaných signálů z GNSS přijímače: C/No
 - Doplnující parametry z GNSS přijímače: poloha družic, indikátor přítomnosti RF rušení
 - Spektrální výkonová hustota, histogramy (z I/Q vzorků RF signálu)
 - Omezení výhledu na oblohu
 - Prostorová informace o nestíněném výhledu na oblohu (horizontální reliéf, určený ze panoramatických snímků a bodových polí z laser-skenového měření)

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Výběr podmínek pro posouzení negativních vlivů (vícecestné šíření signálu, RF rušení, omezení viditelnosti družic):
 - Různé podmínky železničního prostředí
 - Okolní prostředí - venkovská krajina, lesy, průmyslové objekty, městská zástavba
 - Napájecí soustava - tratě s elektrickou trakcí DC, AC nebo bez elektrické trakce
 - Rychlost vozidla - nízká (regionální tratě), vyšší (hlavní tratě), vysoká (trať pro vysokou rychlost)

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Výběr měřících zařízení

- GNSS přijímače různých výrobců a GNSS antény
- Zařízení pro záznam I/Q vzorků RF signálu
- Kamera pro pořízení panoramatických snímků
- Systém odometrie s využitím RFID a optických značek absolutní polohy
- Průmyslový počítač pro řízení systému a záznam dat



- Měřicí systém byl převzat z projektu STARS a provedeny úpravy:

- vylepšení měřících schopností zařízení (vyšší kvantizace I/Q vzorků RF signálů v zařízení pro záznam signálu)
- doplnění o vzdálené spouštění systému, restart, konfiguraci zařízení, zapínání a vypínání záznamu
- výměna RFID čtečky za novější a spolehlivější model
- doplnění reflexních optických závor pro zpřesnění času průjezdu vlaku místem se značkou

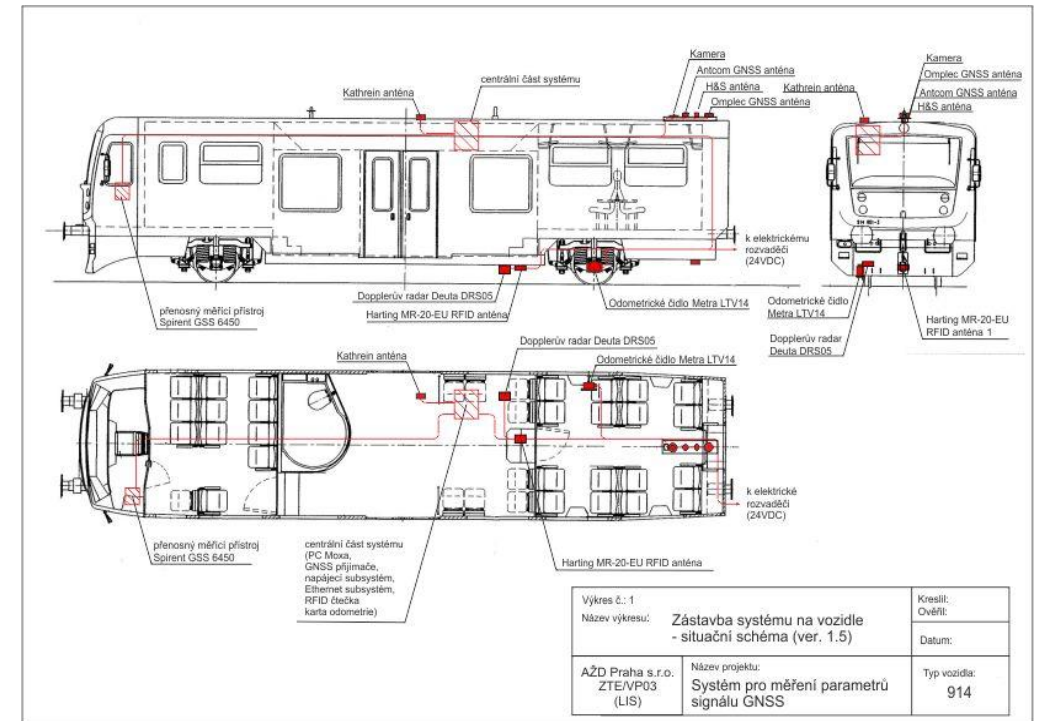
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Výběr vhodných tratí a vozidel
 - Úsek Žďárec u Skutče – Havlíčkův Brod na trati č. 238
 - Motorová jednotka 814/914-019 (pro dlouhodobé výzkumné měření)
 - Souprava dieselelektrická lokomotiva 749.039 + plošinový vůz (pro laser-skenové měření horizontálního reliéfu okolí tratě)
 - Úsek Brno hl. n. – Tišnov na trati č. 250
 - AC/DC elektrická lokomotiva 362.165 (nezpracovaná data z měření provedených v minulosti)
 - Železniční zkušební okruh VUZ
 - Souprava vícesystémová elektrická lokomotiva Siemens Vectron ř. 383 + měřicí vůz VUKV + plošinový vůz (pouze pro laser-skenové měření)
 - DC elektrická lokomotiva 124.601-6 pro poruchu trakčního motoru nebyla využita

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Příprava a instalace měřicího systému na vozidla

- Řídící vůz 914-019 jednotky 814/914
 - Projednání instalace s majitelem vozidla ČD, a.s.
 - Příprava technické dokumentace
 - Zajištění schvalovacího procesu u Drážního úřadu
 - Instalace systému na řídící vůz 914.019
 - Ověření funkčnosti systému
 - Prohlídka a zkouška UTZ-E a zápis do PZ vozidla



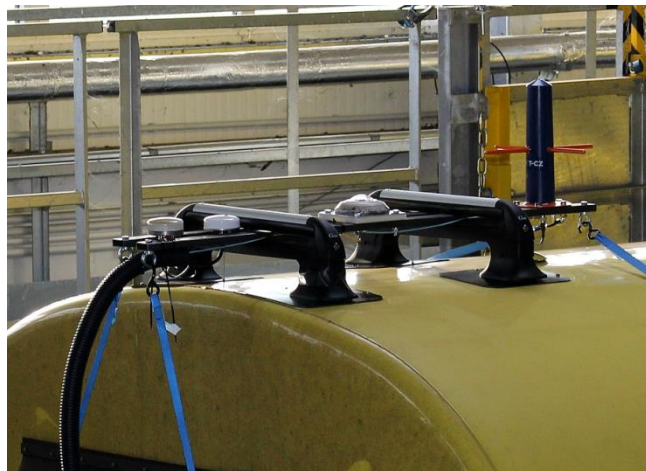
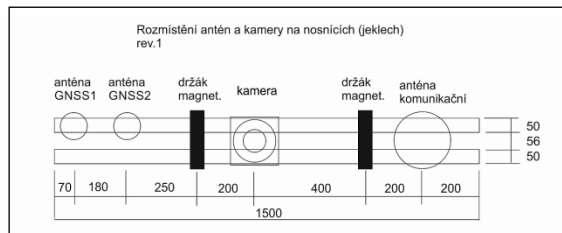
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Příprava a instalace měřicího systému na vozidla
 - Souprava dieselelektrická lokomotiva 749.039 + plošinový vůz
 - Nakládka, vykládka a upevnění silničního vozidla s aparaturou pro laserové skenování na plošinovém voze



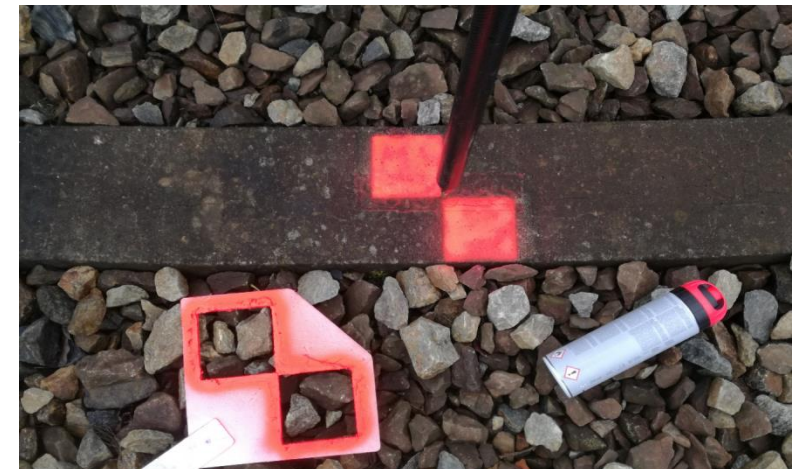
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Příprava a instalace měřicího systému na vozidla
 - Souprava Siemens Vectron ř. 383 + měřicí vůz VÚKV + plošinový vůz
 - Návrh a výroba konzole pro antény a kameru a její upevnění na měřicí vůz
 - Instalace RF svodů a redukováného měřicího systému (bez odometrie) na měřicí vůz
 - Nakládka, vykládka a upevnění silničního vozidla s aparaturou pro laserové skenování na plošinovém voze



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Zaměření osy kolejí, informačních bodů a vlíčovacích bodů
 - Zajištění smlouvy o měření se Správou železnic, s. o.
 - Zajištění subdodávky u subdodavatele
 - Osa kolejí zaměřena na širé trati i na všech dopravních kolejích v dopravných
 - Informační body - RFID/optické značky, výhybky (bod odbočení)
 - Vlívovací body - značky pro laser-skenové měření pro prostorové „usazení“ naměřených mračen bodů

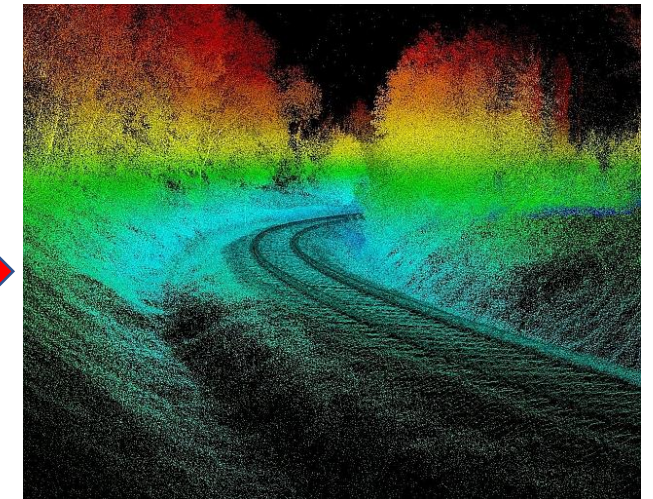


Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Měření horizontálního reliéfu

- Snímkování panoramatickou kamerou na komerčně provozované motorové jednotce ř. 814/914 (rozsah měření i pro větší vzdálenosti)

- Laserové skenování na soupravách pro jednorázové měření (omezený dosah v desítkách metrů, nelimitováno světelnými podmínkami)



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Instalace referenčních značek absolutní polohy na vybrané trati
 - Úsek Žďárec u Skutče – Havlíčkův Brod na trati č. 238
 - RFID značky - 184 kusů (celý úsek, včetně dopravních kolejí v dopravnách)
 - Optické značky - 28 kusů (ve vybraných místech)
 - Oblast depa kolejových vozidel v Pardubicích
 - Cca 20kusů RFID i optických značek pro testy systému



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Plánování harmonogramu měření
 - Na trati č.238 v úseku Žďárec u Skutče - Havlíčkův Brod: výzkumné měření probíhalo dle nasazení vozidla 814/914 s měřicím systémem na obsluhu vhodných vlaků
 - Měření se vzdálenou obsluhou nebo s obsluhou systému na vozidle
 - Častá aktualizace z provozních důvodů (výluky, odstávky vozidel) a po změnách grafikonu
 - Na trati č.238 v úseku Žďárec u Skutče - Havlíčkův Brod: laser-skenové měření plánováno s ohledem na jízdy denních vlaků a možnosti křížování v dopravnách
 - Nezastavování soupravy pro správnou funkci inerciálního subsystému laserového skenování
 - Na Železničním zkušebním okruhu VUŽ: v jeden den realizovat více měření, cca 1000km
 - Měření s rušičkami GNSS signálu pro různé rychlosti a způsoby RF rušení
 - Laserové skenování
 - Měření výskytu RF rušení vlivem napájecí trakční soustavy a rychlosti vozidla

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Realizace měření
 - Na trati č.238 v úseku Žďárec u Skutče - Havlíčkův Brod s vozidlem ř. 814/914 a s měřicím systémem a soupravou ř. 749.039 + plošinový vůz
 - na Železničním zkušebním okruhu VUŽ

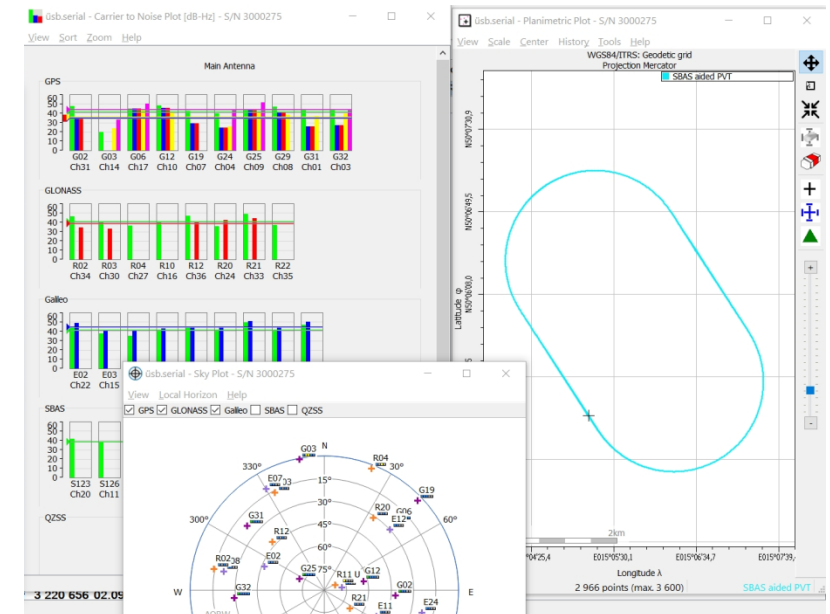


Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – měřicí kampaň

- Přenos a ukládání dat
 - Velký objem dat z měření (desítky TB, především I/Q vzorky signálu a obrázky z panoramatické kamery)
 - Záznam dat v měřicím systému na výměnné SSD disky
 - Trvale uložená data NAS RAID 5 s adresářovou strukturou vhodnou pro další automatizované zpracování dat
- Demontáž měřicího systému z vozidel
 - 814/914 - provedena v depu Havlíčkův Brod (po nehodové události)
 - Měřicí vůz VUKV - v areálu VUZ ŽZO následující den po měření

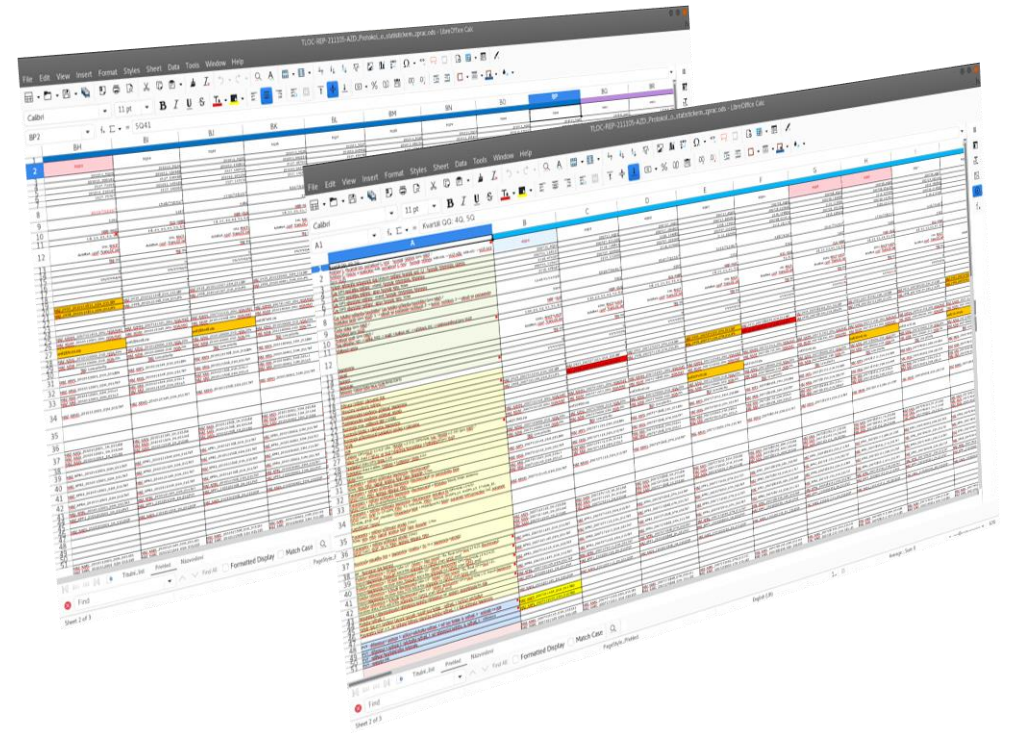
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – předzpracování měřených dat

- Účel předzpracování - dekodování a kontrola binárních dat, roztřídění dat
- Výběr nástrojů pro předzpracování měřených dat
 - Nástroje vyvinuty v jiných projektech nebo byly vytvořeny jinými subjekty (např. RTKLib, SBF Converter, JPS2RIN, ...)
 - Kontrola a testy vhodného nastavení, doplnění/modifikace skriptů pro Matlab/Octave
- Příklad funkcí vybraných nástrojů
 - Konverze binárních dat, slučování a kontrola dat
 - Extrahování hodnot parametrů do souborů a roztřídění do adresářů dle jednotlivých jízd a parametrů
 - Extrahování čísel RFID značek pro identifikaci kolejí v jízdě
 - Sestavení mapy os kolejí pro konkrétní jízdu vlaků
 - ...
- přehled všech nástrojů je uveden v tabulce v souhrnné technické zprávě



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – zpracování měřených dat

- Účel zpracování dat – výpočty hodnot a charakteristik vybraných parametrů
- Výběr nástrojů pro zpracování měřených dat
 - Použity nástroje z jiných projektů a nově vytvořené nástroje
 - Doplnění / modifikace skriptů Matlab/Octave
- Příklad funkcí vybraných nástrojů
 - Zpracování a analýza dat C/No
 - Analýza dat Code-minus-Carrier
 - Výpočet PSD a histogramů I/Q vzorků RF signálu
 - Výpočet ref. polohy a odchyly odhadu
 - ...
- Přehled všech nástrojů je uveden v tabulce v souhrnné technické zprávě



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – zpracování měřených dat

- Zpracování RF vzorků signálu
 - Cíl: detekce a analýza RF rušení
 - Doplnuje měření GNSS přijímačem s funkcí detekce a potlačení RF rušení
- Technické prostředky pro záznamu
 - Zařízení uzpůsobeno pro dlouhý záznam signálu
 - Záznam GNSS pásem: L1 a L5
 - Bitové rozlišení I a Q vzorků: 4 nebo 16 bitů
 - f_{vz} : 30.69MHz
- Techniky detekce a analýzy rušení
 - Histogram vzorků signálu
 - Výkonové spektrum
 - PAPR (Peak to Average Power Ratio)
 - Analýza demodulovaného GNSS signálu



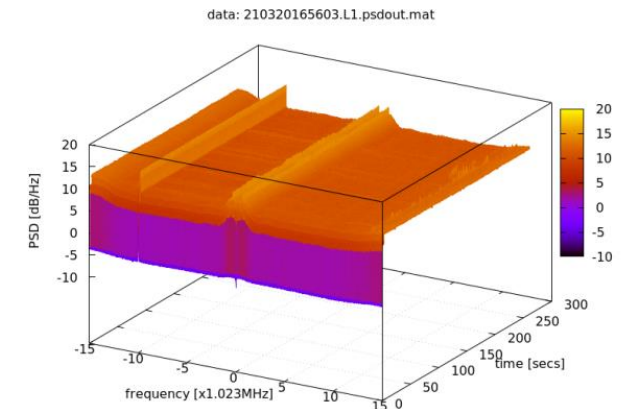
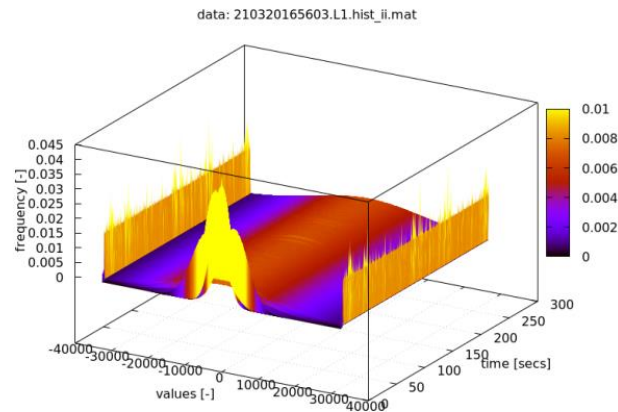
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- Vyhodnocení analyzovaných parametrů pro zjištění výskytu negativních vlivů na GNSS signál na železnici v různých podmínkách
- Porovnání výstupů z analýz dat z dlouhodobých měření s informacemi o zastínění družic překážkami (detekce pouze odraženého signálu, detekce lokalit s větším výskytem vícecestného šíření GNSS signálu) umožní
 - pro predikci výkonnostních parametrů na dané trati nahradit dlouhodobá měření jedním měřením
 - vyhodnotit výkonnostní parametry pro celou periodu konstelace družic (na pravidelných vlacích vzniknou data jen v určitých částech dne)

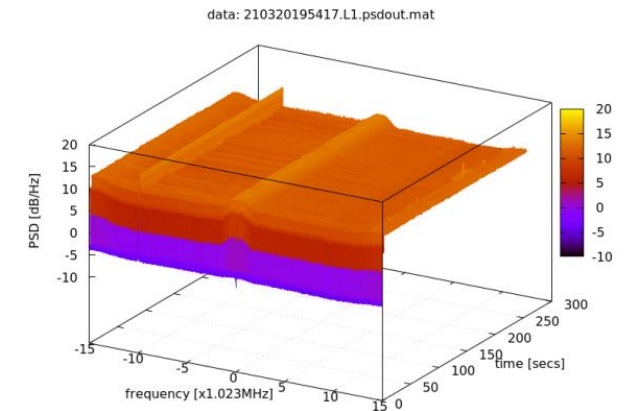
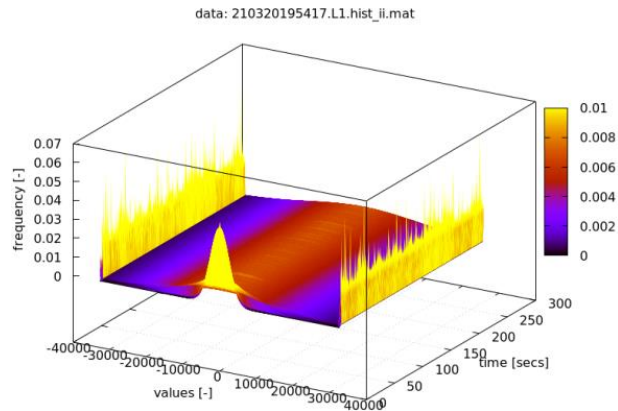
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- RF rušení – vliv trakce při různých rychlostech: histogram a PSD (GPS L1)

Trakce: 25kV AC
Rychlost: 200 km/h



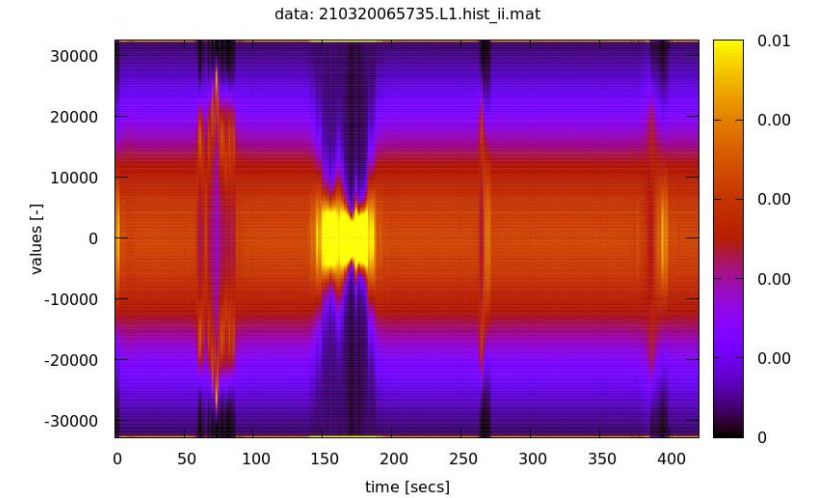
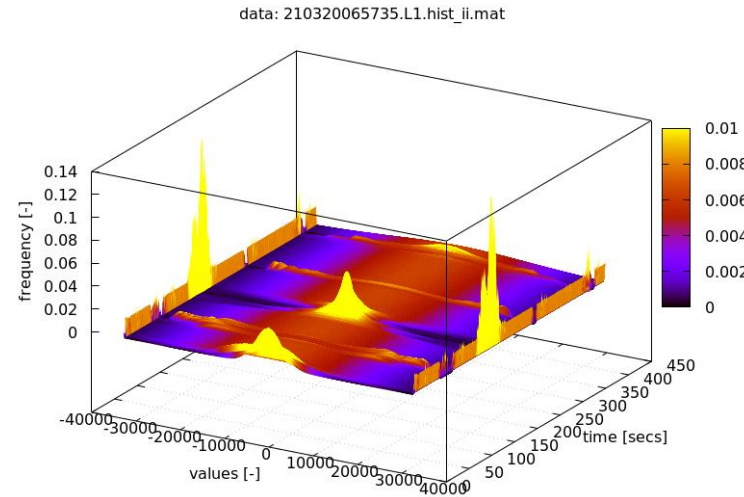
Trakce: 3kV DC
Rychlost: 200 km/h



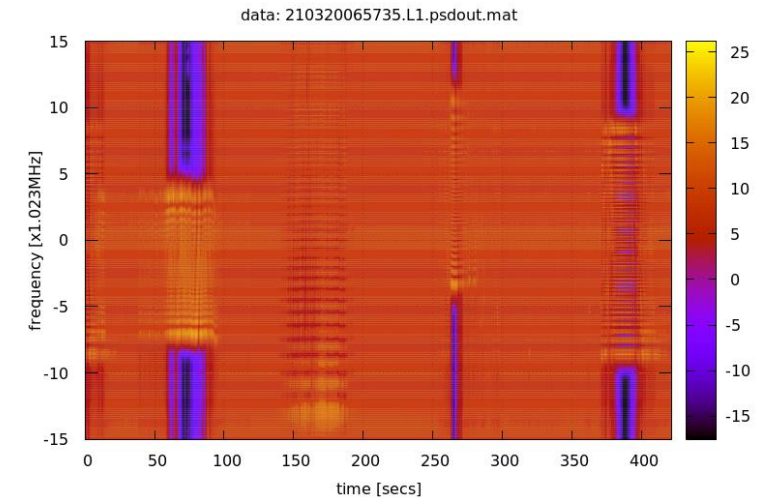
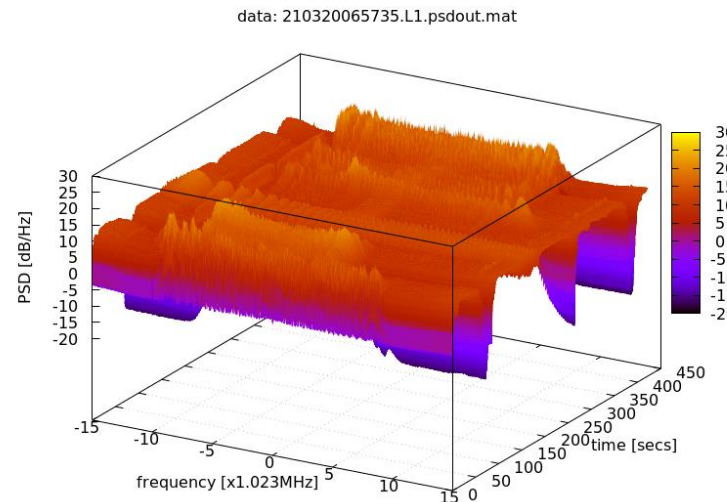
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- RF rušení – záměrné rušení (GPS L1)

Histogram



Výkonové spektrum

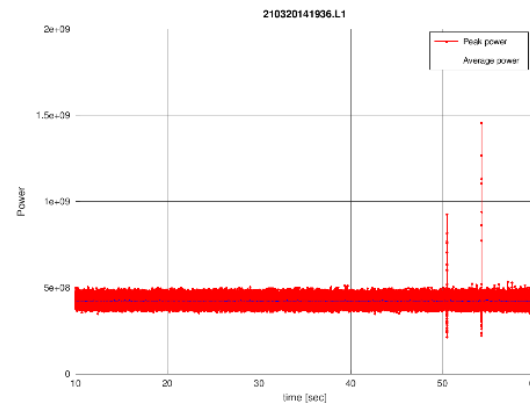


Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

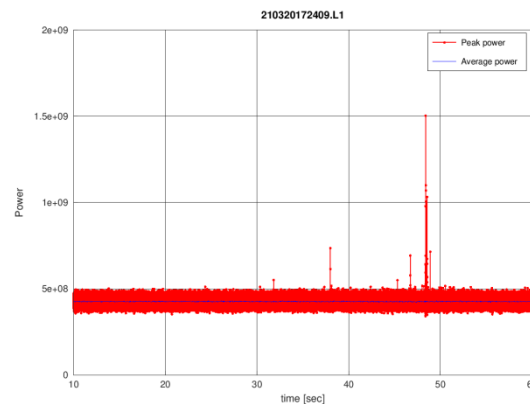
- RF rušení – vliv trakce při různých rychlostech: PAPR (GPS L1)

Trakce: 25kV AC

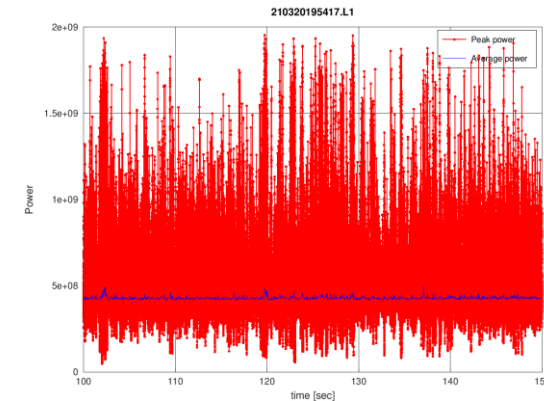
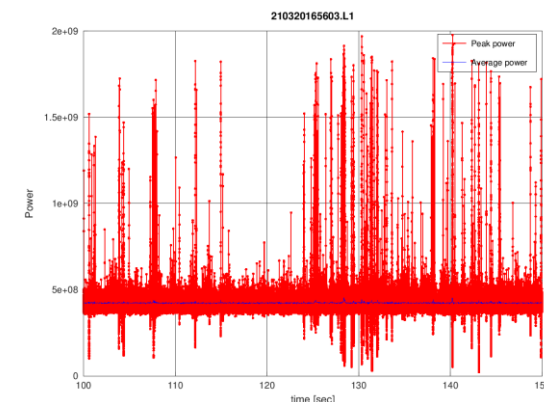
Rychlost: 0-40 km/h



Trakce: 3kV DC

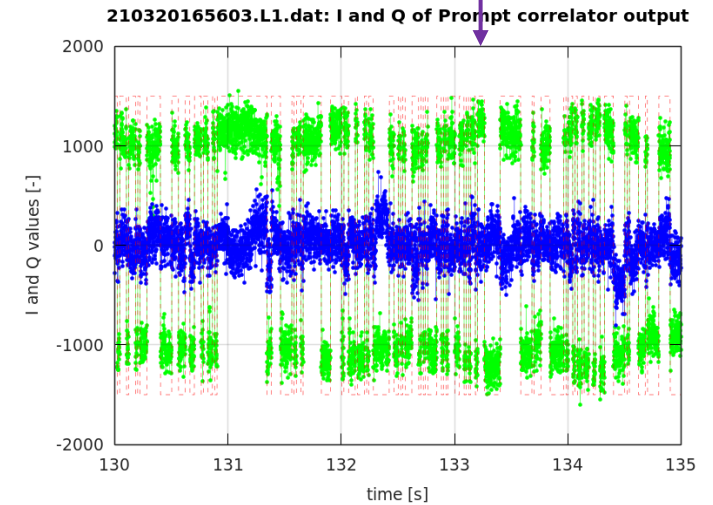
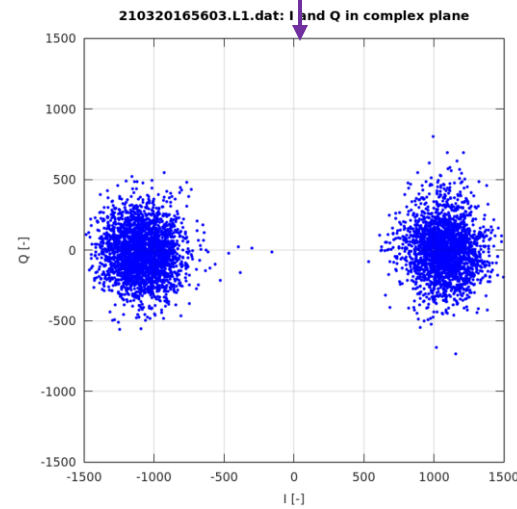
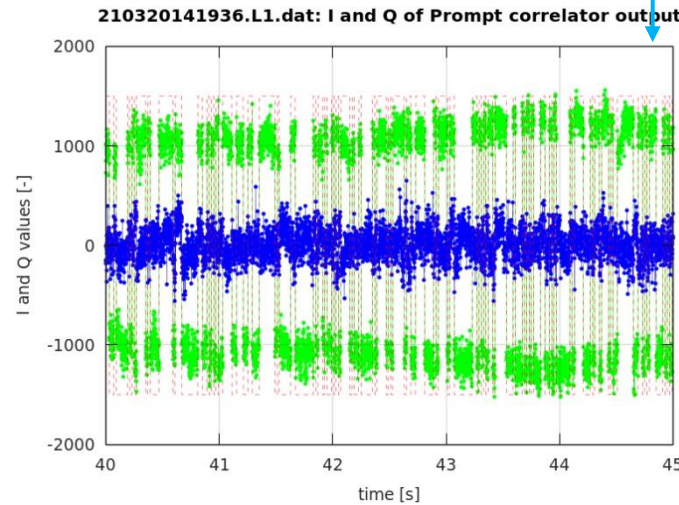
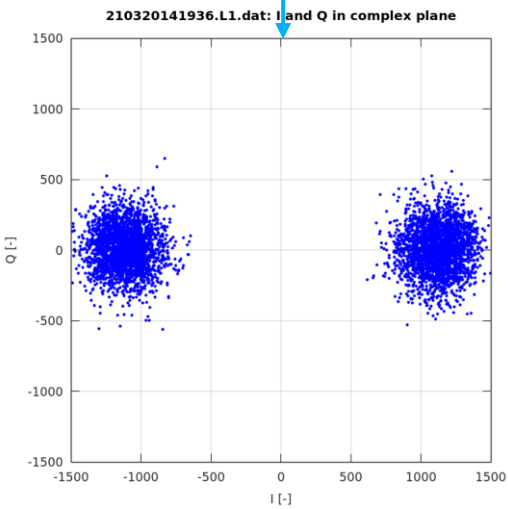
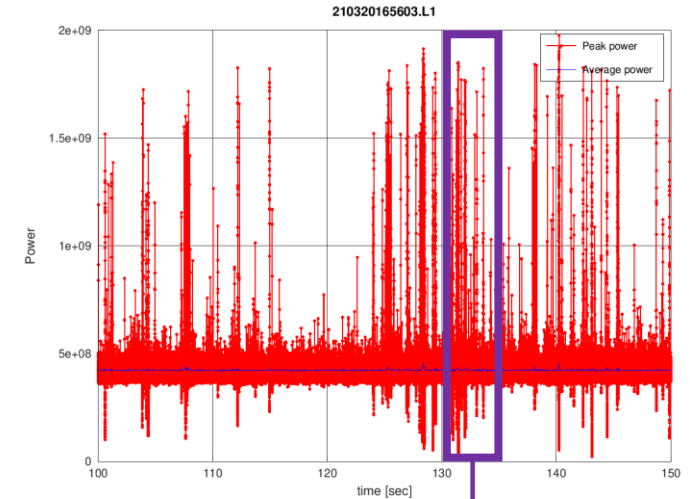
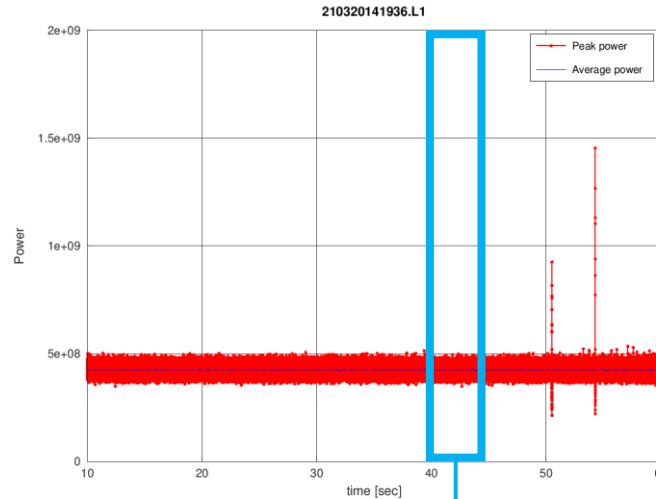


Rychlost: 200 km/h



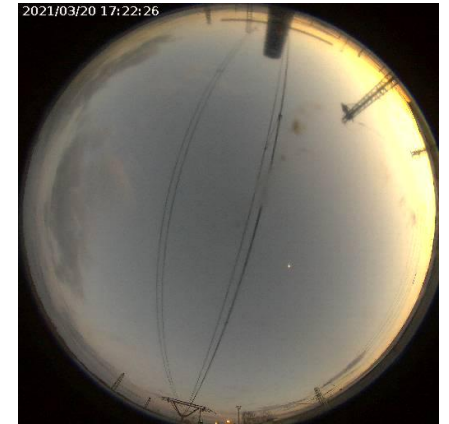
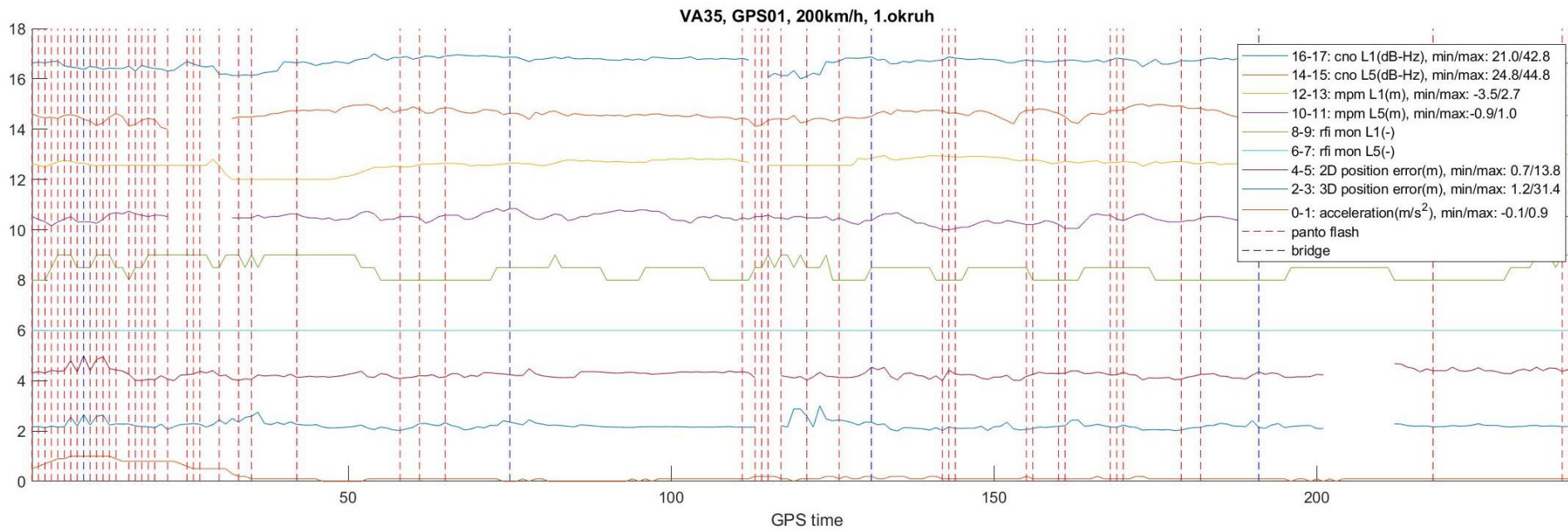
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- RF rušení – vliv trakce 25kV při rychlostech 0-40km/h a 200 km/h na demodulovaný GNSS signál



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- RF rušení – vliv rychlosti, napájecí trakční soustavy



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- RF rušení – lokální výskyt (žst. Hlinsko v Č.)

200727_4Q01



200728_4Q05



200729_4Q08

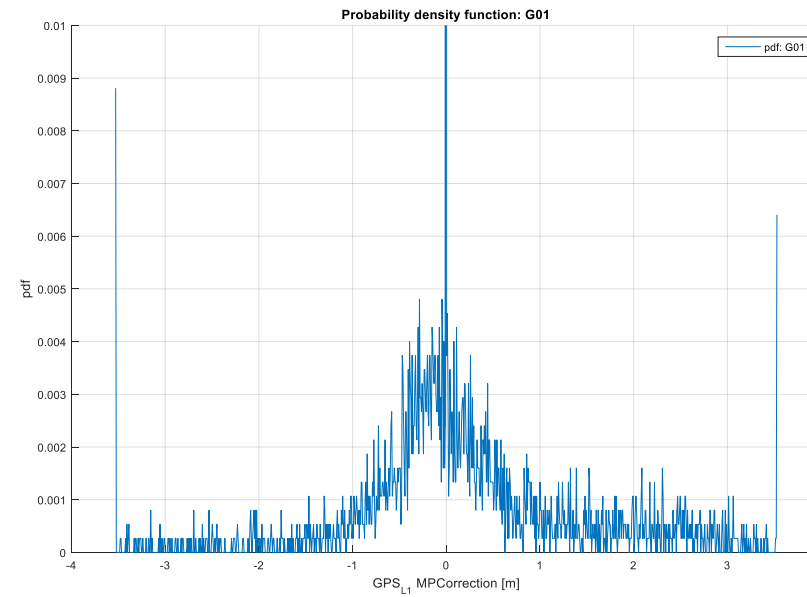
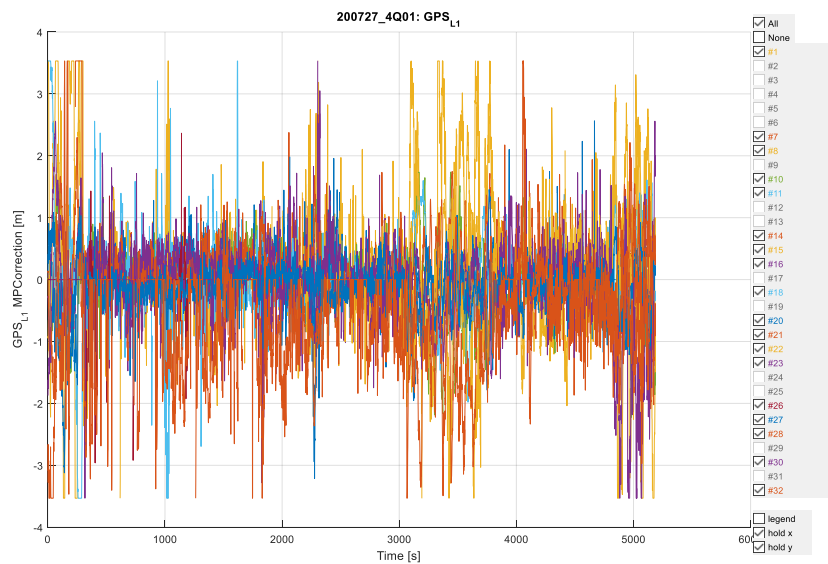


200729_4Q9



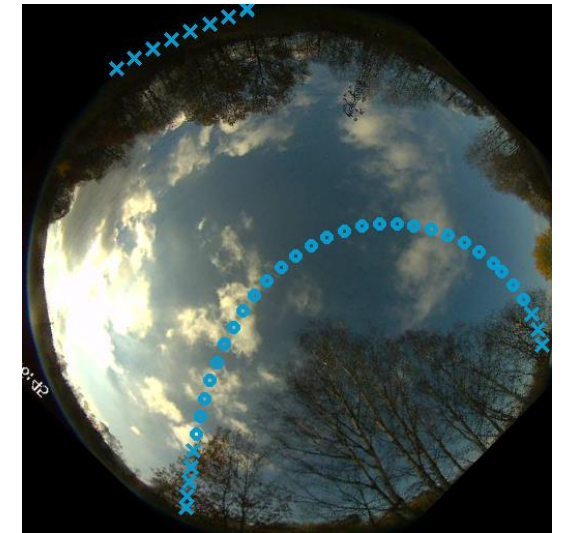
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- Vícecestné šíření - výskyt dle podmínek lokality a polohy družice, bude nutné vliv zohlednit v celkovém error budgetu a použít vhodně navrhnuté korelátoři v přijímačích



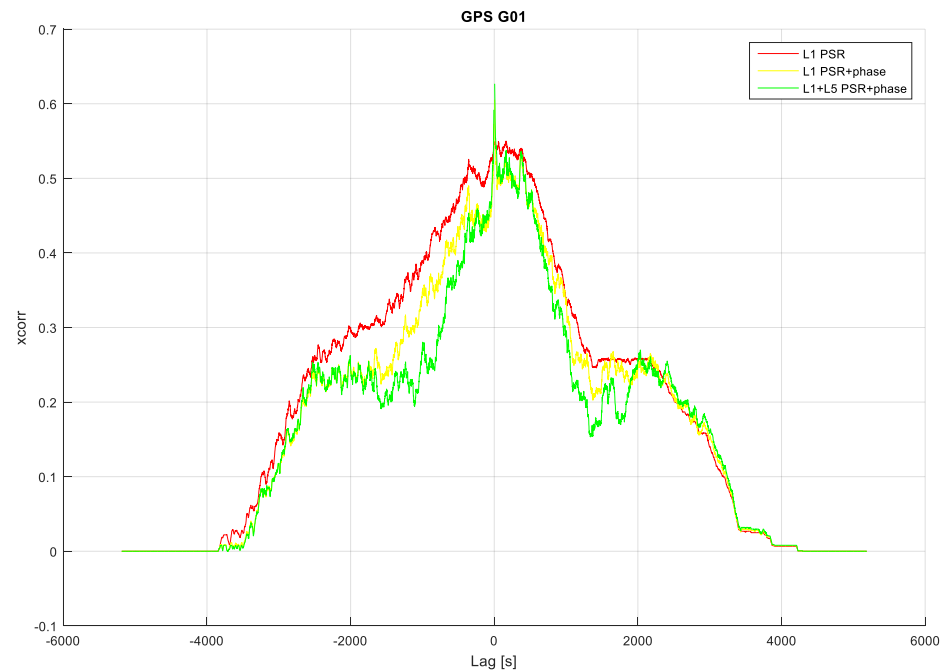
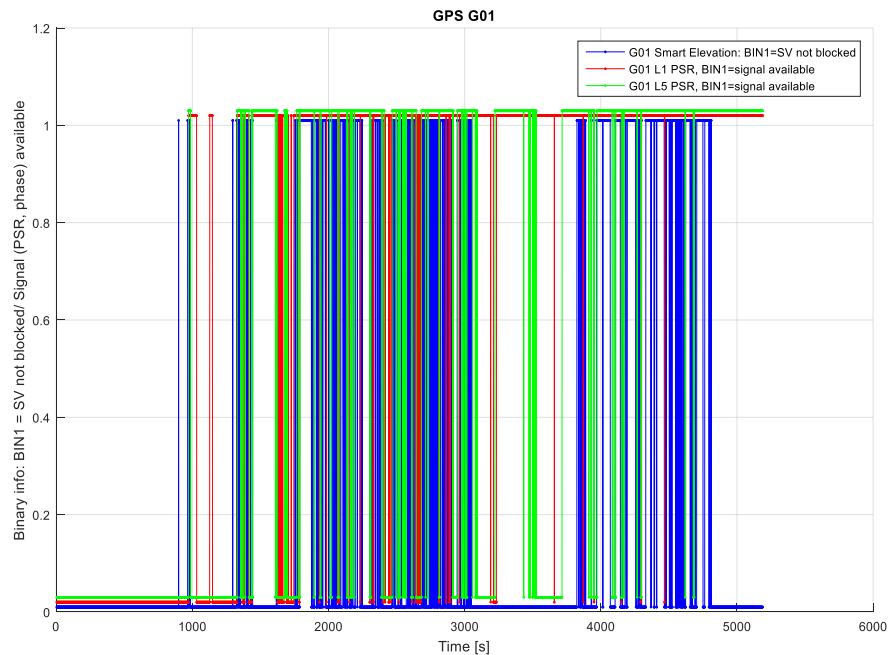
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- Vyhodnocení výskytu negativních vlivů na GNSS signál na železnici v různých podmínkách – zastínění výhledu na oblohu



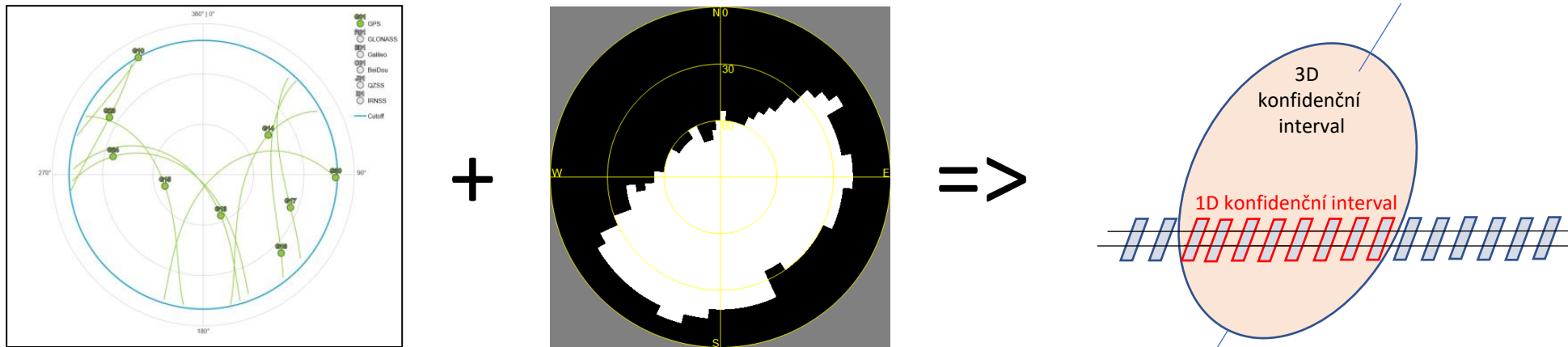
Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – vyhodnocení analyzovaných parametrů

- Vyhodnocení zastínění výhledu na oblohu - korelace reálně přijímaných signálů přijímačem a predikovaným příjmem dle masky viditelnosti družic (GPS G01)



Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – predikce výkonnostních parametrů

- Princip predikce - kombinace masky viditelnosti a nástroje pro simulaci konstelací družic



- Cíl predikce - určení přesnosti a pohotovosti bezpečného odhadu polohy vlaku

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2 – shrnutí dosažených výstupů

- V rámci měřicích kampaní byly provedeny instalace různých systémů na různá vozidla
- V kampaních byla naměřena data v různých podmínkách
- Naměřená hrubá data z měření byla vhodně upravena pro další zpracování
- Vybrané parametry byly analyzovány různými metodami
- Analyzované parametry byly vyhodnoceny
- Z vyhodnocení měřených dat plyne, že:
 - nepříznivé vlivy mají víceméně lokální charakter -> lze predikovat na základě měření a využít při projektování systému s využitím GNSS
 - GNSS algoritmus pro odhad polohy bude pracovat v prostředí s lokálními vlivy, musí tedy obsahovat vhodná opatření -> lze využít apriorní informaci o příjmu signálu pro vybraná opatření
- Více informací v souhrnné výzkumné zprávě.

Postup řešení k dosažení výsledku č. 2

Děkuji za pozornost!

Ing. Lubor Bažant, Ph.D.
Ing. Petr Kačmařík, Ph.D.
Ing. Hynek Mocek
Ing. Martin Boháč

AŽD Praha s.r.o.
Závod Technika
Výzkum a vývoj, Pracoviště VP03
Email: bazant.lubor@azd.cz
www.azd.cz

TrainLOC

Podmínky pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti

Workshop:

k projektu "TIRSMD707 Návrh a ověření podmínek pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti"

Setkání členů konsorcia a zainteresovaných externích subjektů, uživatelů a odborné veřejnosti nad zpracováním naměřených dat sebraných v rámci experimentálního měření ve zkušebním centru Velim.

Řešitelský tým projektu:



5.4.2022

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA 2.

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.



Prezentující: Ing. Jan Hopp



VÝZKUMNÝ
ÚSTAV
ŽELEZNIČNÍ, a. s.

TrainLOC

Obsah prezentace:

- Popis infrastruktury experimentu
- Výběr vozidla vhodného pro experiment
- Experiment na ZC Velim v číslech
- Experiment s cíleným rušením GNSS (GCE)
- Představení dokumentu: „Doporučený postup měření a metody identifikace úseků s vhodnými podmínkami pro aplikaci GNSS“
- Diskuze

Zkušební centrum Velim

- Velký zkušební okruh
 - Délka 13,276 km
 - 2x oblouk R = 1 400 m
 - $V_{\max} = 200 \text{ km.h}^{-1}$



Zkušební centrum Velim

- Malý zkušební okruh
 - Délka 3,951 km
 - Oblouky R = 300; 450; 600 a 800 m
 - $V_{\max} = 80/115 \text{ km.h}^{-1}$



Zkušební centrum Velim

- Napájecí soustavy:
 - Stejnoseměrná:
 - **3 kV SS**
 - 1,5 kV SS
 - 0,75 kV SS
 - Střídavá:
 - **25 kV, 50 Hz**
 - 15 kV 16,66 Hz



Výběr zkušebního vozidla – Škoda 362.156 - 3



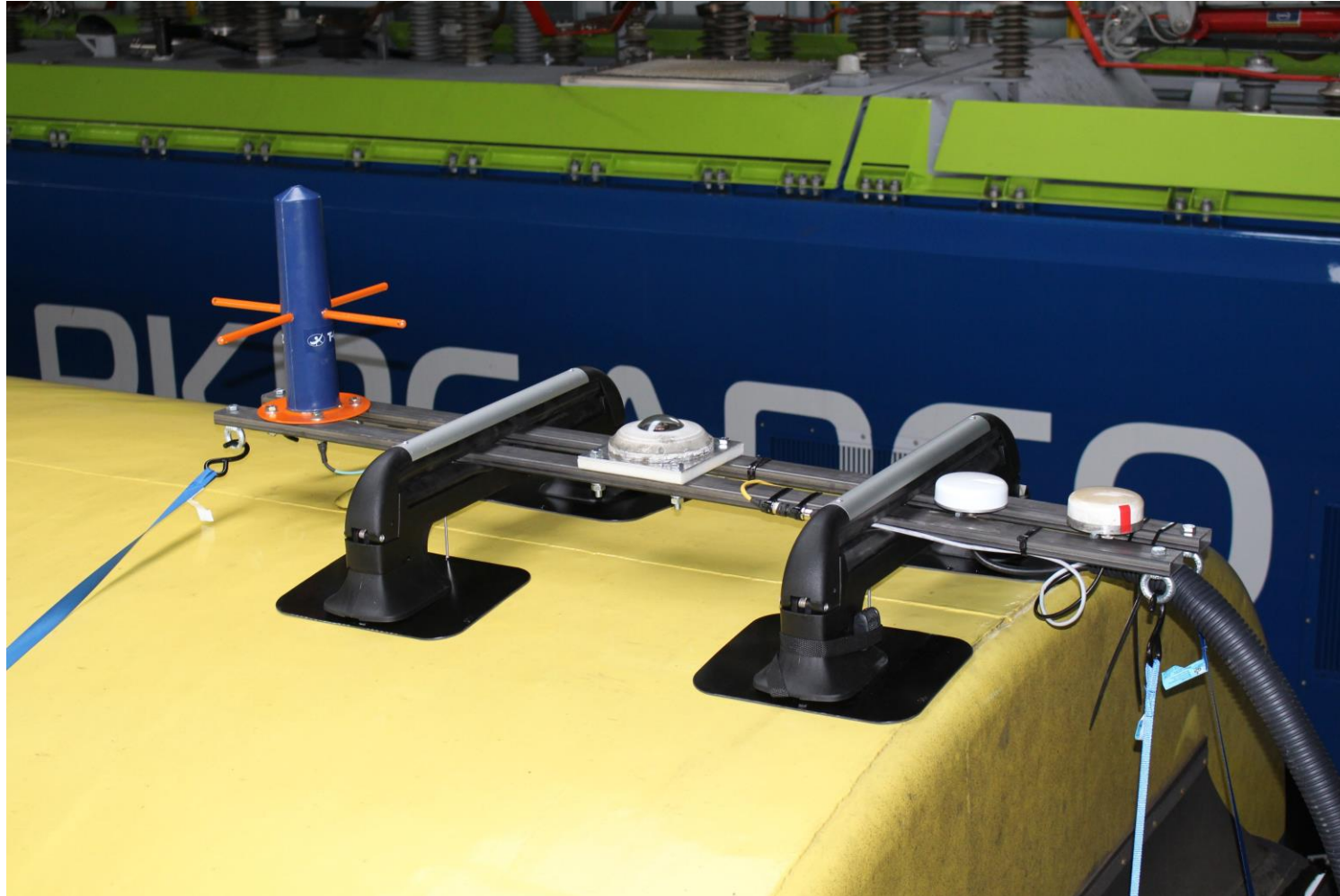
Výběr zkušebního vozidla – Škoda 124.601 - 6



Výběr zkušebního vozidla – Siemens 383 060-4 Vectron



Výběr zkušebního vozidla – měřicí sestava



Výběr zkušebního vozidla – pohled do měřícího VOZU



Příprava laser-skenové sestavy na plošinový vůz



Výběr zkušebního vozidla



Výběr zkušebního vozidla



pořadí	ujetých VO	ujetých MO	ujetých km	začátek	trvání [h]	konec	popis činností	denní světlo	vůz	kdo
1	6	1	83,607	6:00	1:00	7:00	přistavení lokomotivy, servisní průjezd 30km/h			VÚŽ
2	7		92,932	7:00	0:58	7:58	GCE Sc1b (v tomto pořadí 1x zrychlení (15min), 2x200, 1x zpomalení (5min), 1x120, 1x zpomalení (10min), 1x60)	ano	Vectron + měřicí vůz	GCE
3	15		199,14	7:58	1:59	9:57	(navazuje bez zastavení vlaku) GCE Sc1a (v tomto pořadí 4x60, 1x zrychlení (10min), 4x120, 1x zrychlení (5min), 4x200, 1x okruh zpomalení (8min))	ano	Vectron + měřicí vůz	GCE
4*				9:57	0:05	10:02	(*pokud bude malý okruh k dispozici) plynule nájezd na malý okruh		Vectron + měřicí vůz	VÚŽ
5*		5	19,755	10:02	0:30	10:32	(*pokud bude malý okruh k dispozici) GCE Sc3 (40 km/h)	ano	Vectron + měřicí vůz	GCE
6*				10:32	0:05	10:37	(*pokud bude malý okruh k dispozici) návrat na velký okruh		Vectron + měřicí vůz	VÚŽ
7				10:37	0:25	11:02	odinstalování detektorů + rezerva (10)			GCE
8				11:02	0:20	11:22	odpřažení Vectrona od měř. vozu + zapřažení k soupravě LiDAR			VÚŽ
9	4		53,104	11:22	1:12	12:34	LiDAR + zároveň instalace detektorů na budově VÚŽ	ano	Vectron	AŽD
10				12:34	0:20	12:54	odpřažení Vectrona od soupravy LiDAR + zapřažení k měř. vozu			VÚŽ
11				12:54	0:10	13:04	nástup člena GCE do měřicího vozu + rezerva			GCE
12	14		185,864	13:04	1:55	14:59	GCE Sc2 (4x60, 4x120, 1x zrychlení (5min), 4x200, 1x okruh na zastavení (8min)), (ideálně, aby vlak začínal zrychlovat až v cca 1/4 okruhu)	ano	Vectron + měřicí vůz	GCE
13				14:59	0:10	15:09	výstup člena GCE z měřicího vozu + rezerva			GCE
14				15:09	0:10	15:19	rezerva (10)			VÚŽ
15	19		252,244	15:19	2:48	18:07	AŽD DC trakte 19 okruhů na 200 (vč. 1 na dobrždění)	ne	Vect+mv	AŽD
16		1	3,951	18:07	0:50	18:57	přepnout trakci (20) + 1 malý okruh na otočení Vectrona (20) + rezerva (10)			VÚŽ
17	19		252,244	18:57	2:48	21:45	AŽD AC trakte 19 okruhů na 200 (vč. 1 na dobrždění)	ne	Vect+mv	AŽD
18				21:45	0:45	22:30	čas na stažení dat z disku UPce			UPce
19				22:30	7:30	6:00	okruhy libovolnou rychlostí a trakci PosiTrans	ne	Vect+mv	UPce

Experiment na ZC Velim v číslech

- Trakce 3 kV SS
- 25 kV 50 Hz
- 14 hodin
- Ujeto přes 1100 km
 - 78 velkých okruhů, 7 malých + posun v rámci stanice

Aktivity GNSS Centre of Excellence

- Prezentující: Ing. Jakub Havlíček
- Část specializovaných experimentů na okruhu
- Scénáře **testování odolnosti GNSS** signálu



RAIL

Legend

EO application

GNSS application

Synergetic application
(combined use of EO and GNSS)

Attractiveness enhancement

- Passenger information systems
- Public Transport – Tram and Light Rail

Maintenance improvement

- Condition-based maintenance¹
- Infrastructure monitoring²
- Predictive maintenance¹

Safety related

- Enhanced Command & Control Systems
- Trackside personnel protection systems

Train driving optimisation

- Driver Advisory Systems (DAS)
- Fleet management¹

EUSPA EO & GNSS report

GNSS na železnici

- Začíná se využívat jakožto zdroj PNT
- Některé non-safety critical aplikace
- Především implementace a bezpečnost
- **Co ale odolnost systémů proti nezákonnému rušení GNSS?**

Porovnání s GNSS v letectví

- GNSS se využívá již desetiletí
- Fáze implementace vyřízená
- Nyní především ochrana GNSS



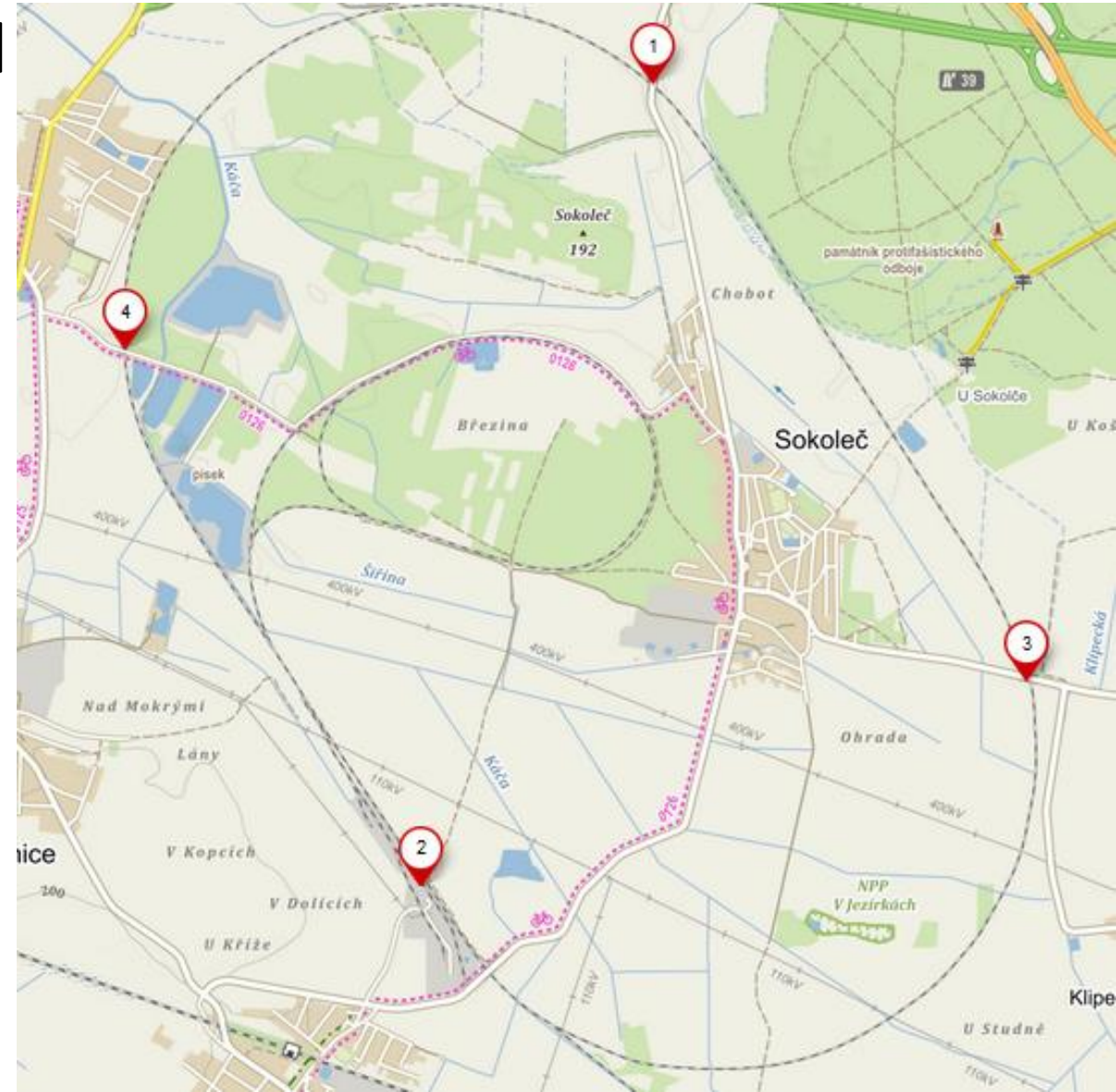
Použité technologické vybavení

- 3 typy detektorů GNSS rušení



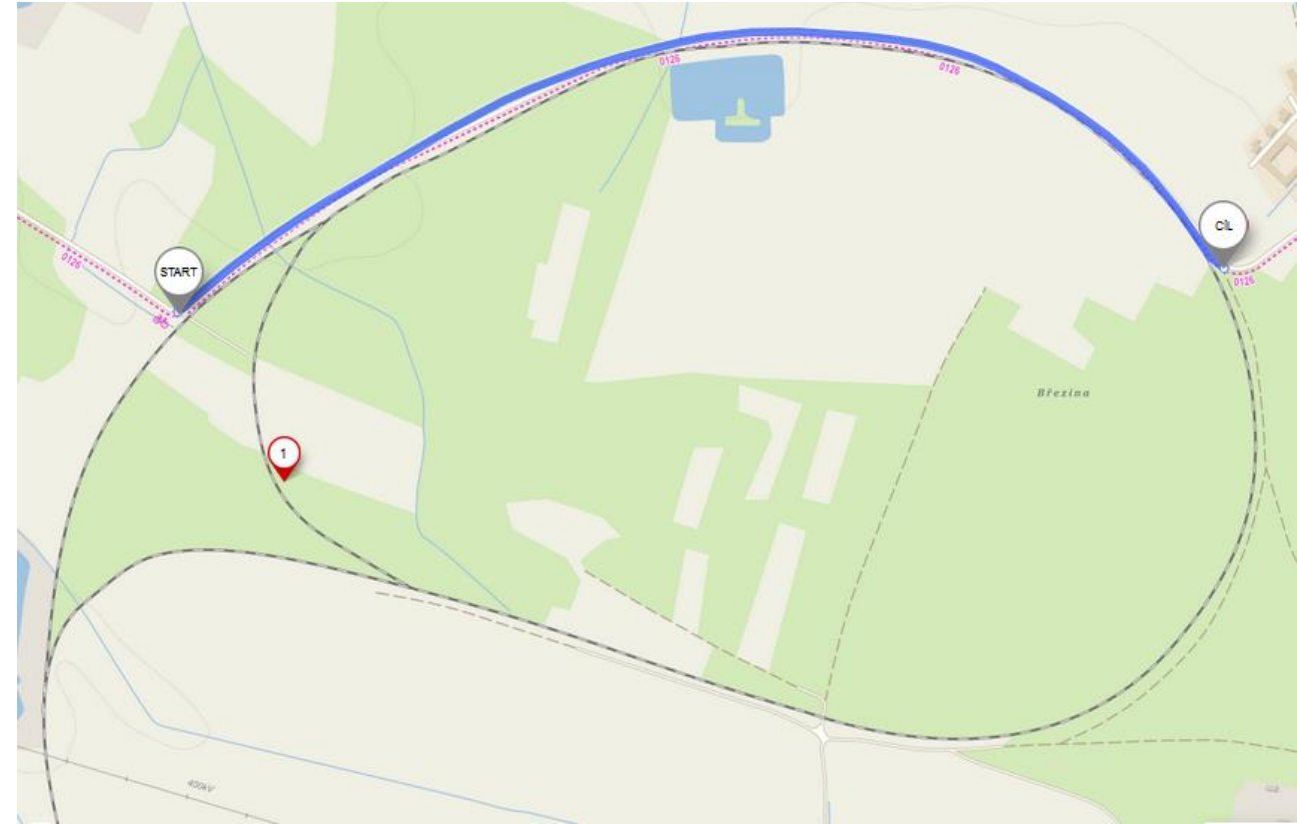
Scénáře na velkém okruhu

- Instalace detektorů na měřícím voze nebo na statickém místě v okolí trati
- Rušičky staticky v okolí trati nebo dynamicky na palubě vozu
 - spuštěny postupně nebo současně
- Rychlosti:
60 km/h, 120 km/h, 200 km/h
- Simulace reálného scénáře



Scénář na malém okruhu

- Instalace detektorů na měřícím voze
- Rušičky dynamicky na palubě automobilu
 - spuštěny postupně
- 40 km/h měřící vůz,
30 km/h automobil



T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní
podporou Technologické agentury ČR v rámci
Programu BETA 2.

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.



Fotodokumentace Scénáře na malém okruhu



T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA 2.

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

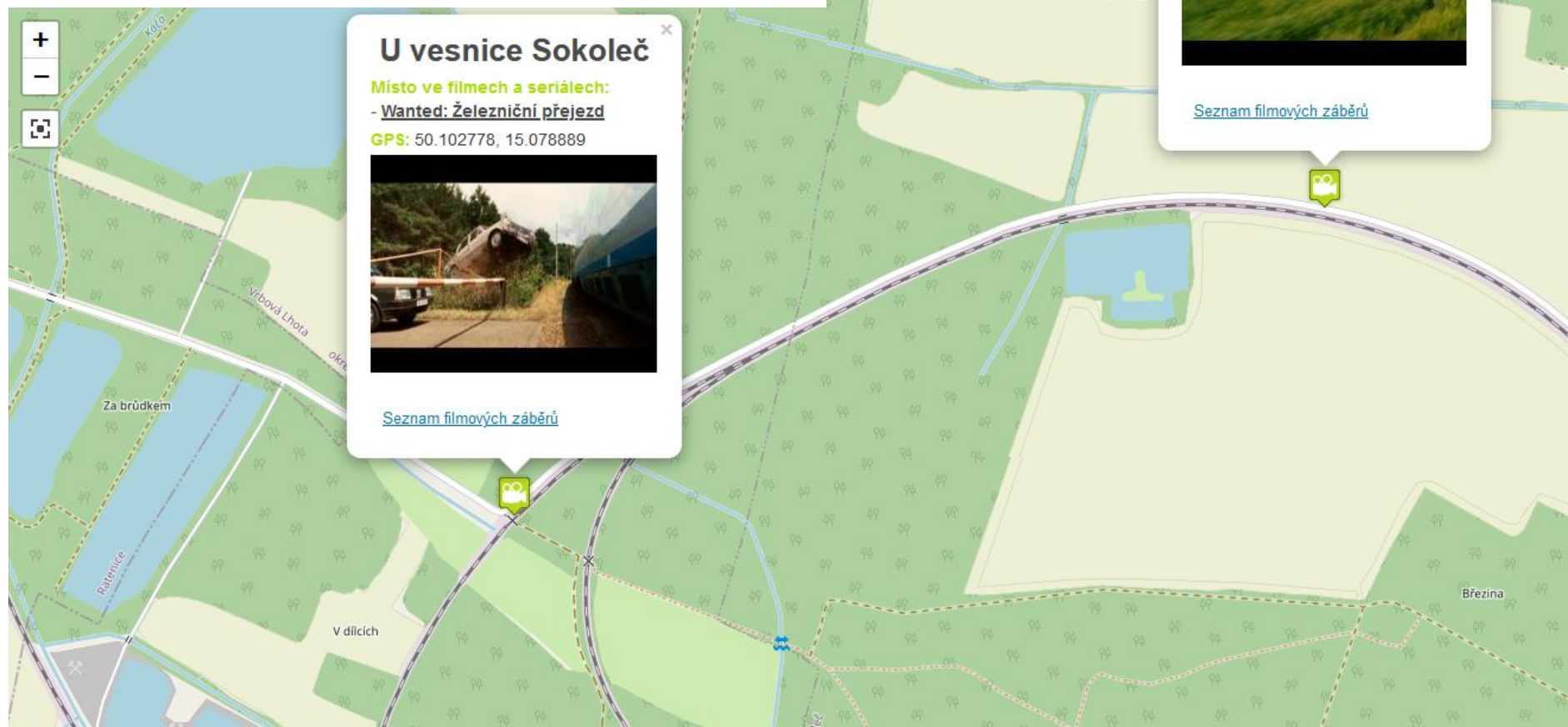


Fotodokumentace Scénáře na malém okruhu

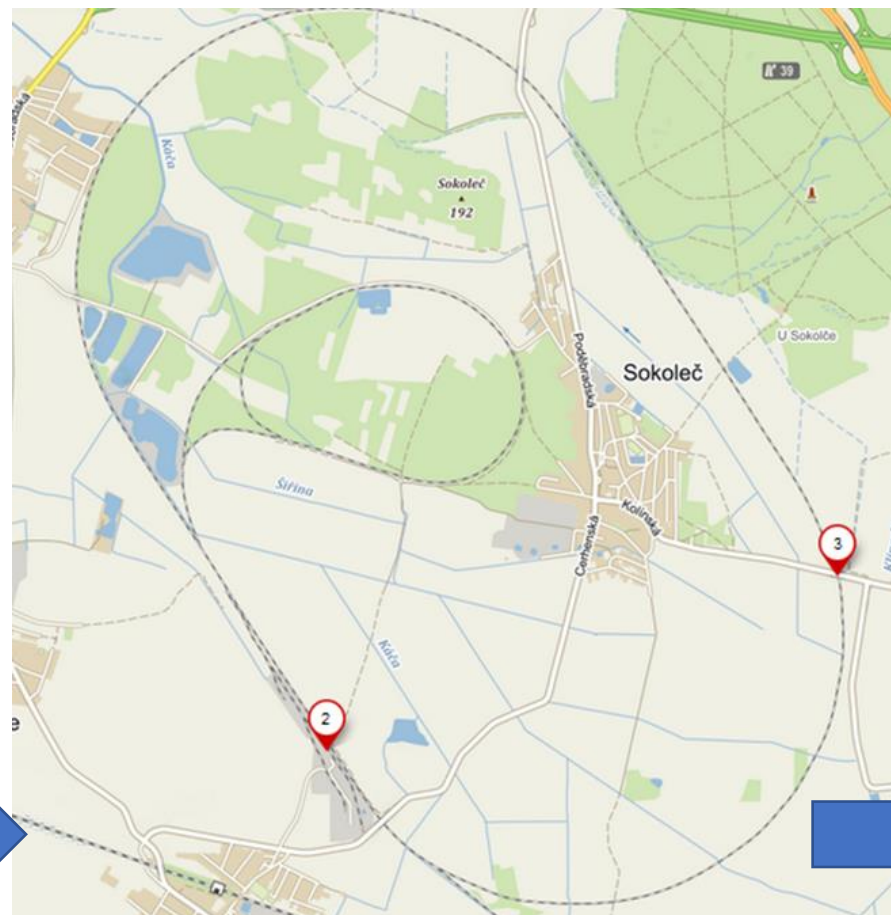
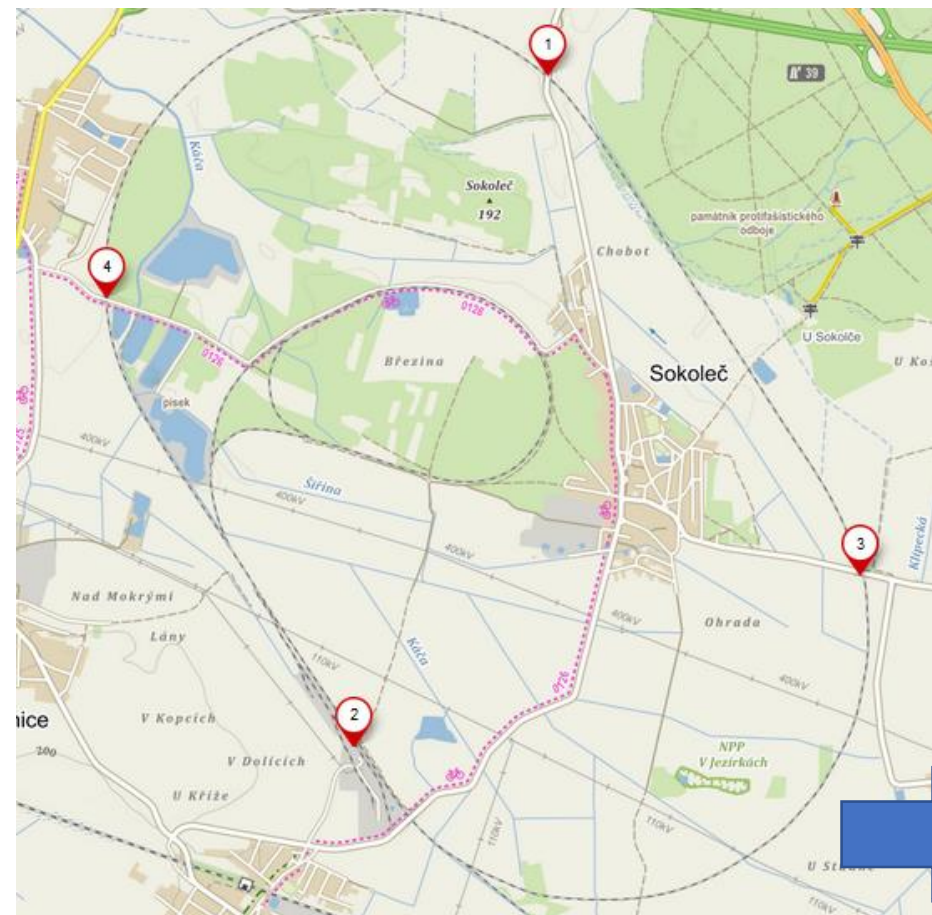


Jistě že ne, jen filmové místo

- Wanted (2008)



Návaznost scénářů



- 1 měřicí vůz
- 2 automobily
- 3 detektory
- 4 rušičky
- 5 účastníků experimentu
- 6 vysílaček

Malý okruh (Sc3)

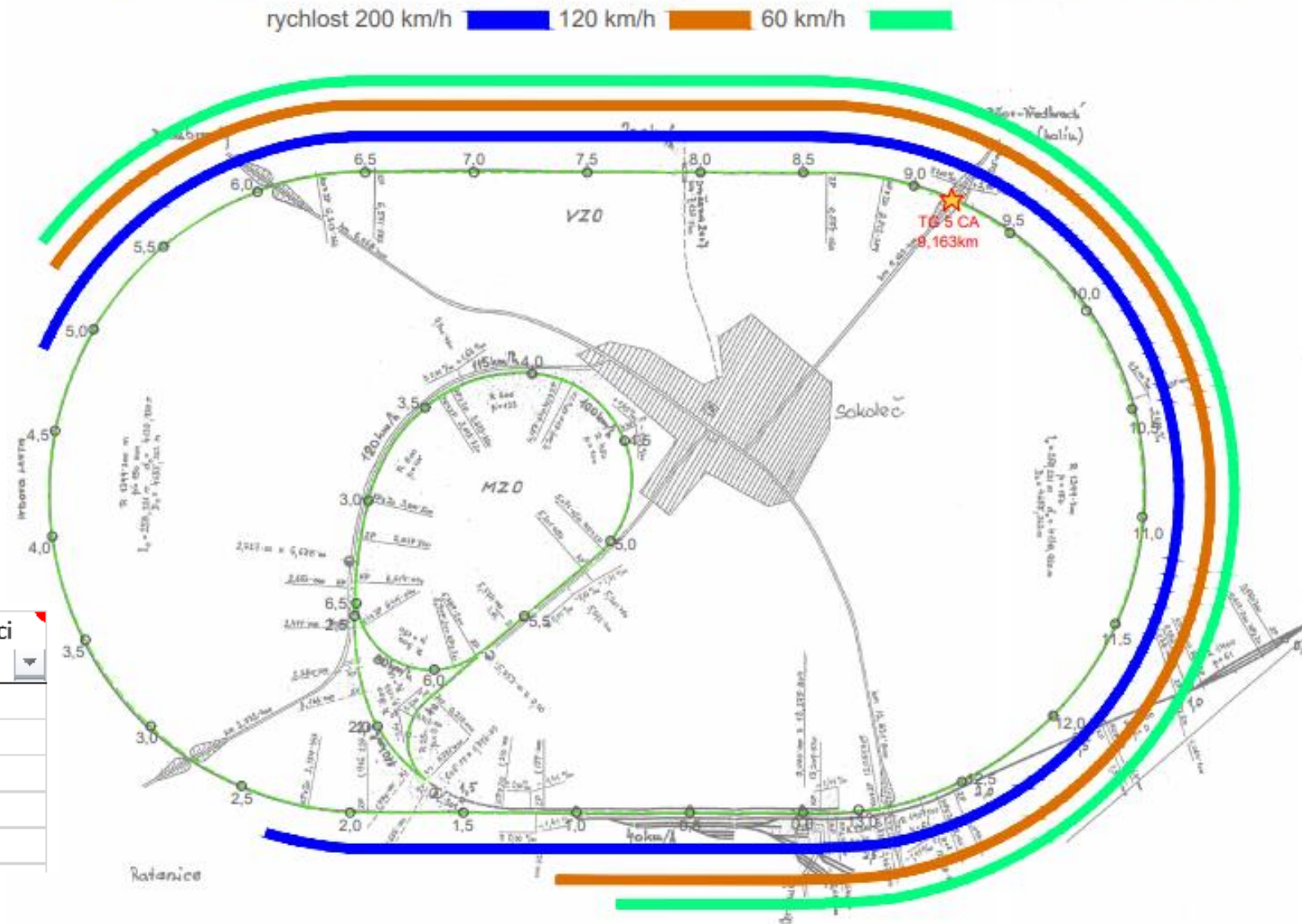
Výstupy měření

- Číselné vyjádření
- Grafické znázornění

Detektor	Scénář	Rychlost [km/h]	Rušička
GIDAS	1a	60	1260A
GIDAS	1a	120	1260A
GIDAS	1a	200	1260A
GIDAS	1a	60	GP01
GIDAS	1a	120	GP01

Vzdálenost od rušičky při začátku detekce [m]	Vzdálenost od rušičky při konci detekce [m]
50	-217
67	-100
111	-111
33	-33
33	-33

Scénář 1a : Detekované dosahy rušičky TG 5 CA detektorem GSS100D



Závěry měření

- Poznatky týkající se:
 - Detekčních schopností detektorů
 - Chování rušiček a detektorů při vysokých rychlostech
 - Nesprávné funkce jednoho z detektorů
 - Vlivu reliéfu a objektů v okolí

- Způsob měření do výstupu 3

Tímto projektem to nekončí

- Pokračování v testování odolnosti GNSS železničních systémů
- Budoucí testování výkonnosti GNSS aplikací

Doporučený postup měření a metody identifikace úseků s vhodnými podmínkami pro aplikaci GNSS

Obsah:

- Cíl výsledku č.3
- Návrh postupů měření pro traťovou část (AŽD Praha s.r.o.)
- Návrh postupů měření týkající se kolejových vozidel



VÝZKUMNÝ
ÚSTAV
ŽELEZNIČNÍ, a. s.



TrainLOC

Cíl výsledku č. 3

- Ověřit použitelnost a využití v oblasti zab. zař.
- Cílem výsledku č. 3 je připravit metodiku s doporučenými postupy pro měření kvality příjmu a míry rušení signálu GNSS na české železniční síti
- Vytvořit metodiku testování a ověřování vlastností kolejových vozidel

Struktura dokumentu

- Úvod do GNSS
- Doporučený postup měření a vyhodnocení dat s cílem stanovit výkonnostní parametry GNSS na železniční trati
- Doporučený postup měření pro ověřování požadovaných zařízení a aplikací využívajících GNSS na drážním vozidle
- Závěrečná doporučení
- Doporučení pro budoucí práce



Cílová skupina dokumentu

- Zástupci ministerstva dopravy (NIP)
- Správci infrastruktury
- Výrobci/Průmysl zab. zař.
- Odborná veřejnost – vysoké školy
- **Dokument bude zveřejněn na stránkách MD ČR, bude volně přístupný**

Návrh doporučených postupů měření pro traťovou část

- Cílem navrženého postupu je získat dostatečné informace o dané trati, aby bylo možné stanovit (predikovat) očekávané výkonnostní parametry GNSS lokátoru na dané trati.
- Proces získávání takových informací je označen jako „před-projekční měření“, předchází vlastnímu projektování zabezpečovacího systému pro danou trať
- Před-projekční měření nemá charakter dlouhodobé měřicí kampaně (v práci označováno jako „výzkumné měření“)
- Navržené doporučení a postupy odpovídají zjištěným poznatkům v řešení výzkumné části projektu TrainLOC
- Navržené doporučení a postupy jsou v souladu s vyvíjeným řešením bezpečné lokalizace vlaků s využitím GNSS v evropských projektech X2Rail-2 a X2Rail-5

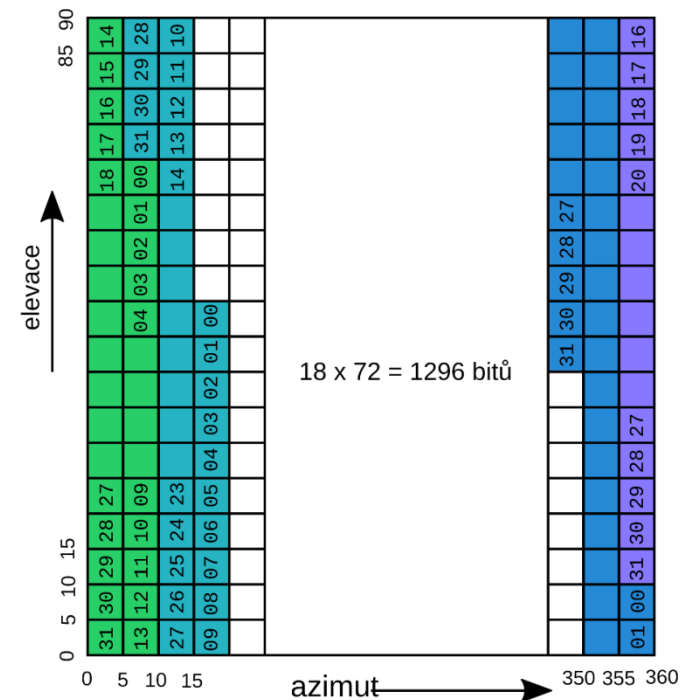
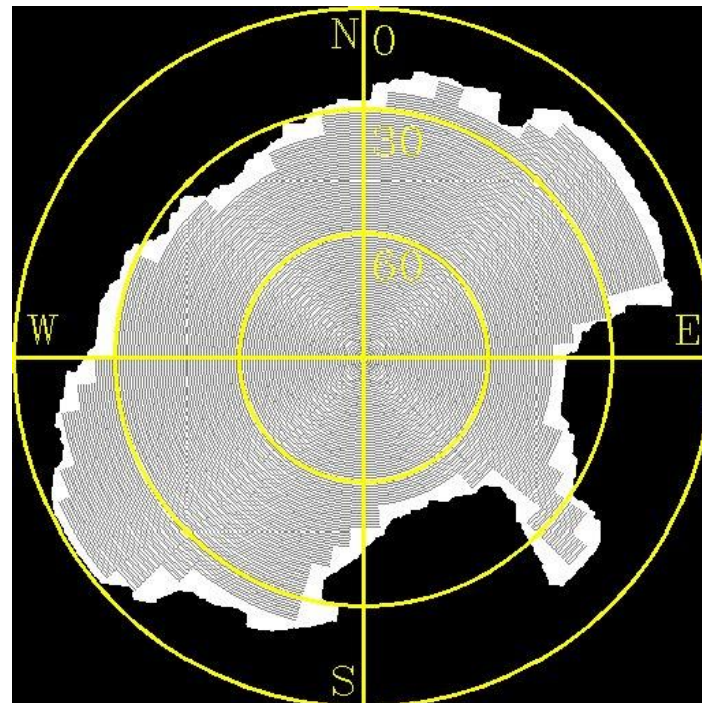
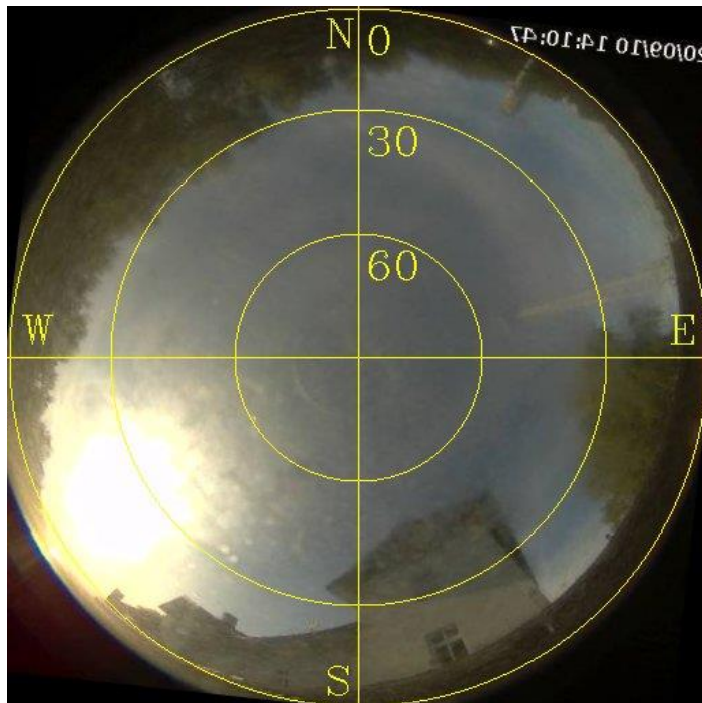
Návrh doporučených postupů měření pro traťovou část

- Doporučený postup zahrnuje aktivity:
 - Geodetické zaměření osy koleje
 - Měření horizontálního reliéfu okolí tratě, tj. získání informace o zastínění výhledu na oblohu podél tratě
 - Měření RF rušení
 - Stanovení výkonnostních parametrů GNSS pomocí simulačních nástrojů
 - Vytvoření rozšířené mapy tratě (databáze) s osou koleje, popisem zastínění oblohy podél tratě, i s vyznačením úseků s potenciálně silným RF rušením

Měření horizontálního reliéfu okolí tratě

- Měření poskytne informace o zastínění výhledu na oblohu pro:
 - Stanovení výkonnostních parametrů GNSS (přesnosti a dostupnosti bezpečného odhadu polohy) jako součást před-projekčního měření
 - Přímě použití v OBU v rámci GNSS lokátoru jako jedno z protiopatření řešící lokální vlivy prostředí (odstranění NLOS signálu z řešení odhadu polohy na vozidle)
- Doporučený způsob vyjádření zastínění výhledu na oblohu v datovém souboru
 - Vhodným formátem pro uložení informace o zastínění, který byl v rámci projektu odzkoušen a používán, jsou masky viditelnosti generované v ekvidistantním kroku

Měření horizontálního reliéfu okolí tratě



Postup vytvoření bitové masky viditelnosti

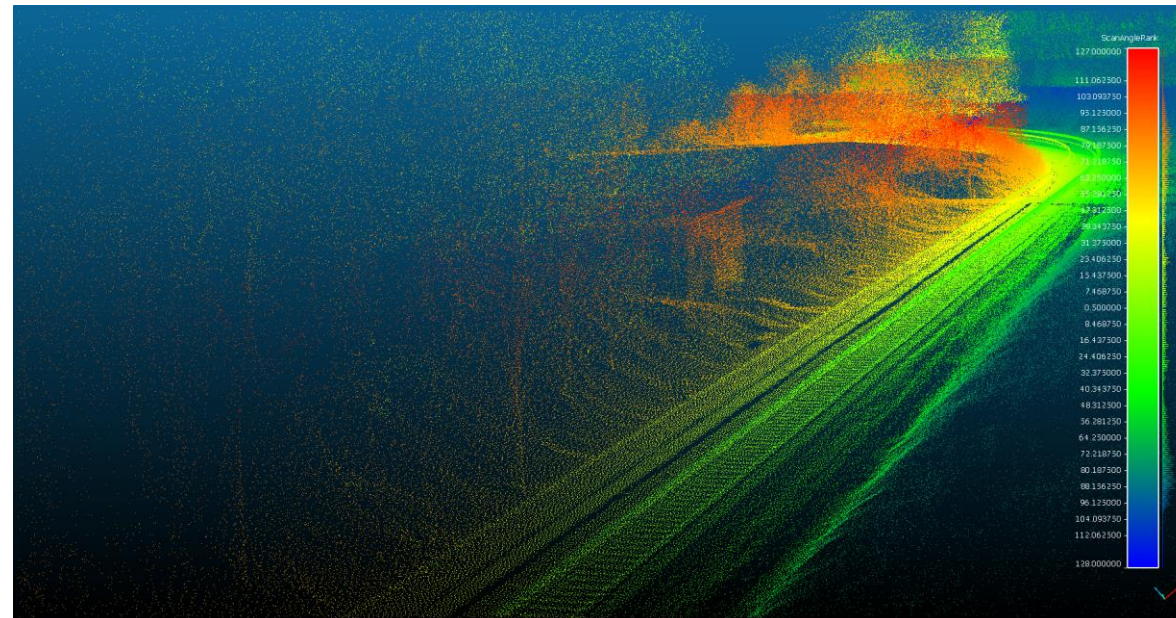
Měření horizontálního reliéfu okolí tratě

- Doporučený způsob měření - panoramatické snímkování a současně laser-skenové měření, odstraňuje se nedostatek z obou měření
 - Laser-skenové měření limituje dosah laserového paprsku (desítky metrů)
 - Snímkování panoramatickou kamerou je náchylné ke špatným světelným podmínkám (osvětlení sluncem)



Měření horizontálního reliéfu okolí tratě

- Měření musí být synchronizováno s polohou snímacího zařízení (rotační laser/ panoramatická kamera)
- Měření je doporučeno realizovat při rychlostech vozidla přibližně 50km/h pro získání dostatečně hustého bodového pole a dostatečného počtu snímků z kamery



Vyhodnocení výkonnostních parametrů GNSS

- Pro stanovení výkonnostních parametrů se předpokládá:
 - Použití obdobného nástroje vyvinutého a používaného v letectví - System Volume Simulator - počítá z počtu družic nad horizontem a jejich rozmístění na obloze pro celou periodu konstelace družic parametr tzv. zředění hustoty přesnosti polohy přijímače (DOP - Dilution of Precision) a odhad velikosti a tvaru konfidenčního intervalu (3D elipsoid)
 - Takový nástroj je potřeba rozšířit o:
 - Aplikování masky viditelnosti na set družic nad horizontem
 - Výpočty DOP parametru koleje na ose koleje pro každé místo s maskou viditelnosti
 - Výpočty odhadu velikosti 1D konfidenčního intervalu z průniku 3D konfidenčního intervalu s osou koleje pro každé místo s maskou viditelnosti
- Získané výkonnostní parametry použít pro projektování zabezpečovacího systému s využitím GNSS

Měření RF rušení

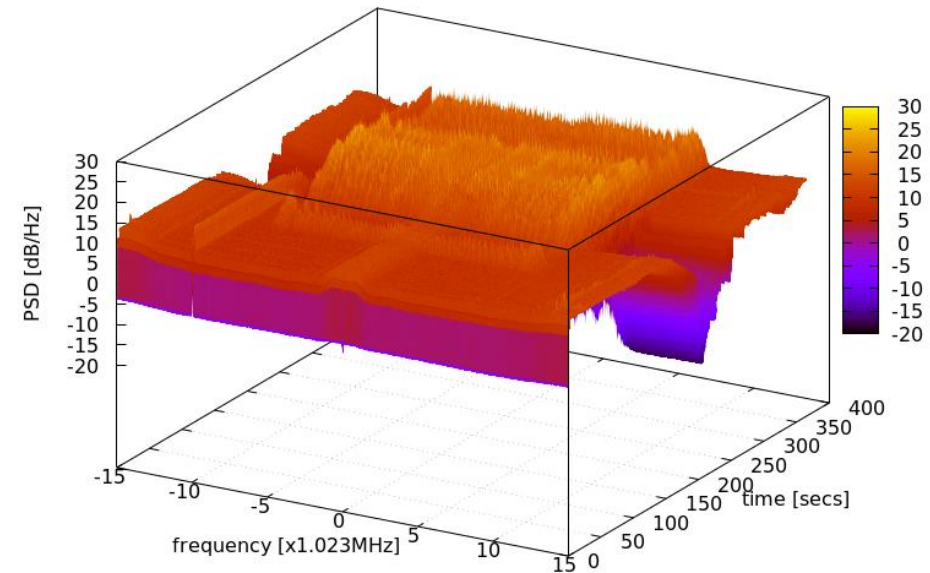
- Očekávané druhy RF rušení
 - Úmyslné – jamming (silný šumový signál), spoofing (podvržený signál), meaconing (znovu přehraný signál)
 - Neúmyslné - HF vysílače, interakce trakčního vedení a sběrače, vojenská a letištní rádiová technika, vedení vvn atd.
 - Stacionární zdroj RF rušení - vysílače GSM nebo TV sítě, radiolokátory, rádiové majáky atd., ale i záškodník na vozidle vybaveném GNSS přijímačem
 - Pohyblivý zdroj rušení - vysílač rušivého signálu na vozidle pro zamezení sledování polohy vozidla
 - Trvalé vysílání rušivého signálu - letištní rádiová technika, rádiové vysílače se silným signálem v blízkosti pásma GNSS
 - Občasné vysílání rušivého signálu - vojenská technika, nestálá porucha na vysílačích, elektrický oblouk u sběrače vozidla (např. námraza trakčního vedení)

Měření RF rušení

- Pro měření RF rušení je navrženo:
 - Měřit spektrální výkonovou hustotu v GNSS frekvenčních pásmech L1, E1 a L5, E5a, tj. v rozsahu 1563-1588MHz a 1164-1188MHz, výstup porovnat se spektrální maskou specifikovanou v předpisech pro letectví RTCA DO-229, RTCA DO-373.
 - V případě RF rušení s vysokou výkonovou úrovní mimo tato pásma měřit i v okolí pásem GNSS (RF rušení může částečně proniknout do přijímače kvůli konečné selektivitě jeho vstupních RF obvodů)
 - Použít zařízení pro měření spektrální výkonové hustoty nebo pro záznam I/Q vzorků a průběh spektrální výkonové hustoty určit off-line
 - Použít aparaturu vybavenou samostatnou anténou pro každé frekvenční pásmo a měřicí zařízení s více RF vstupy nebo s širokopásmovou anténou společnou pro obě pásma a měřicí zařízení s jedním širokopásmovým RF vstupem

Měření RF rušení

- Pro projektové a periodické měření používat anténu(y) s přibližně hemisférickým vyzařovacím diagramem, umístěnou na střeše kolejového vozidla
- Pro diagnostické a poruchové měření používat směrovou anténu pro určení směru ke zdroji RF rušení.



Měření RF rušení

- Navržené způsoby zjištění RF rušení
 - Průzkum mapových a obrazových zdrojů
 - V rámci projektování a konfigurace zabezpečovacího systému s využitím GNSS
 - Identifikace potencionálních zdrojů RF rušení (např. souběh se silniční komunikací)
 - Projektové měření
 - V rámci projektování a konfigurace zabezpečovacího systému s využitím GNSS
 - Poskytne informace o výskytu RF rušení na dané trati nebo její části, kde bude systém instalován
 - Periodické měření
 - Po dobu životnosti a provozu systému dle směrnice SŽDC č.35 se měření provede 1x za dva roky.
 - Tato měření slouží k cyklickému ověření (aktualizaci) výskytu RF rušení, detekci nových zdrojů RF rušení a přijetí odpovídajících opatření.

Měření RF rušení

- Navržené způsoby zjištění RF rušení (pokračování):
 - Diagnostika a diagnostické měření
 - Diagnostika - vyhodnocování a analyzování důvodů zvýšené nepohotovosti systému v určitém úseku tratě. Lze využít integrované funkce GNSS přijímačů detekce RF rušení.
 - Diagnostické měření - k identifikaci zdroje RF rušení, provede se, pokud je z diagnostiky určeno RF rušení jako příčina omezené funkčnosti systému.
 - Pro měření v omezené lokalitě s RF rušením použít vhodnou přenosnou měřicí aparaturu. Lze použít i specializovaná zařízení - detektory RF rušení, umožňující zjistit charakter RF rušení ve frekvenčních pásmech GNSS.
 - Poruchové měření
 - Měření po realizaci opatření přijatého na základě diagnostického měření nebo periodického měření
 - Měření se provede kontrola, že opatření bylo provedeno a splnilo svůj účel, tj. odstranilo zdroj RF rušení. Lze provést opět lokálně pomocí vhodné přenosné aparatury.

Vytvoření rozšířené mapy tratě (databáze)

- Rozšířená mapa tratě (databáze) obsahující informaci o zastínění oblohy a místa s potenciálním výskytem RF rušení se využije při projektování zabezpečovacího systému s využitím GNSS
- Rozšířená mapa tratě (databáze) se dále bude aktivně používat při výpočtu odhadu polohy z GNSS v OBU na vozidle
- Předpokládá se, že rozšířená mapa tratě (databáze) bude uložena v RBC a potřebná podmnožina informací bude zaslána na vozidlo před udělením povolení k jízdě
- Předpokládá se, že udržovat aktuálnost rozšířené mapy tratě (databáze) bude úloha správce infrastruktury

Návrh doporučených postupů ověření funkčnosti na vozidlové části

- Stávající BTM doplnit o tzv. VBR
- Funkční zkouška pro detekci virtuálních balíz
- Sledovat RF rušení, umět odolat určité intenzitě, a reagovat v případě jeho detekce
- Vytvoření sady testů pro výrobce a/nebo integrátora – VBR jako součást stávajícího prvku interoperability palubního zařízení ETCS x vznikne samostatný nový prvek?
- Z hlediska TSI: Národní doplňková funkce?

Návrh doporučených postupů ověření funkčnosti na vozidlové části

- Požadavky možnosti předcházení „zbytných“ zdrojů rušení (pro projektanty vozidel)
- Úprava SW jednotlivých RBC

Doporučení pro budoucí práci

- Popsané úlohy pro jednotlivé instituce
 - Ministerstvo dopravy
 - Aktualizovat NIP ERTMS (2017)
 - Zvážit variantu mimo TSI
 - Správce infrastruktury
 - Provést měření jednotlivých tratí
 - Zaměřit geometrickou osu koleje a ověřit kvalitu GNSS signálu
 - Sestavit databázi garantovaných dat, která budou v určitém horizontu aktualizována
 - Zvážit české prostředí a jeho potenciální specifičnost

Doporučení pro budoucí práci

- Průmysl
 - Připravit funkční prototyp, na kterém lze ověřit navržené parametry
 - Vytvořit návrh specifikace testů
 - Připravit zařízení na certifikační a schvalovací procesy (NoBo, DeBo, AsBo, případně ESC) a testy

TrainLOC

Podmínky pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti

Workshop:

k projektu "TIRSMD707 Návrh a ověření podmínek pro nasazování bezpečných vlakových lokátorů na bázi GNSS systému na české železniční síti"

Setkání členů konsorcia a zainteresovaných externích subjektů, uživatelů a odborné veřejnosti nad zpracováním naměřených dat sebraných v rámci experimentálního měření ve zkušebním centru Velim.

Řešitelský tým projektu:



5.4.2022