



# VÝSLEDEK PROJEKTU

## VÝHYBKA 4.0

### CK01000091-V5

Číslo projektu:	<b>CK01000091</b>
Poskytovatel grantu:	Technologická agentura České republiky
Program:	Doprava 2020+
Název výsledku:	<b>DISC-M</b>
Druh výsledku:	<b>Funkční vzorek (Gfunk)</b>
Autoři výsledky:	<b>Jakub Vágner Martin Kohout Aleš Hába</b>
Dosažení výsledku:	31. 12. 2023

**T A**

**Č R**

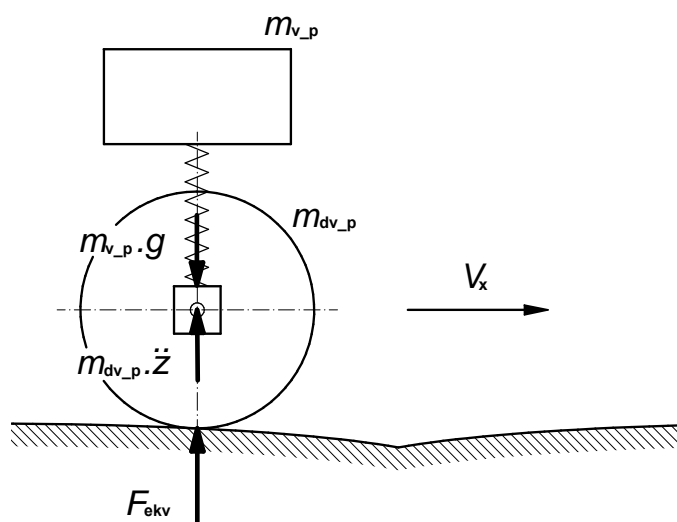
Program **Doprava 2020+**

# 1. Úvod

V rámci řešení projektu TAČR CK01000091 s názvem Výhybka 4.0 byl vyvinut funkční vzorek číslo CK01000091-V5 "Mobilní zařízení pro měření a sběr dat o výhybce DISC-M".

## 2. Návrh funkčního vzorku

Návrh funkčního vzorku vycházel ze zkušeností s měřením a dlouhodobým sledováním dynamické interakce jedoucího vozidla a srdcovkové části výhybek v různém provozním stavu, které vedly k návrhu metodiky měření [1]. Princip sledování dynamické odezvy mezi vozidlem a srdcovkovou částí výhybky je uveden na Obr. 1.



Obr. 1 Princip měření dynamické odezvy na vozidle

Navrhované zařízení muselo být snadno zastavitelné na kolejové vozidlo, fungovat autonomně na provozované železniční síti a pro svůj dlouhodobý provoz mohlo vyžadovat pouze napájení. Novost výsledného návrhu spočívá v cenově dostupném autonomním měřicím zařízení, které je schopno v předem stanovených lokalitách provést za jízdy měření (bez nutnosti osazení výhybek lokalizačními značkami), zaznamenaná data uložit ve vhodném formátu a připojit k těmto datům metadata nezbytná pro zpracování (zejména směr poježdění výhybky, postavení vozu). V případě potřeby data přenést na sdílené úložiště.

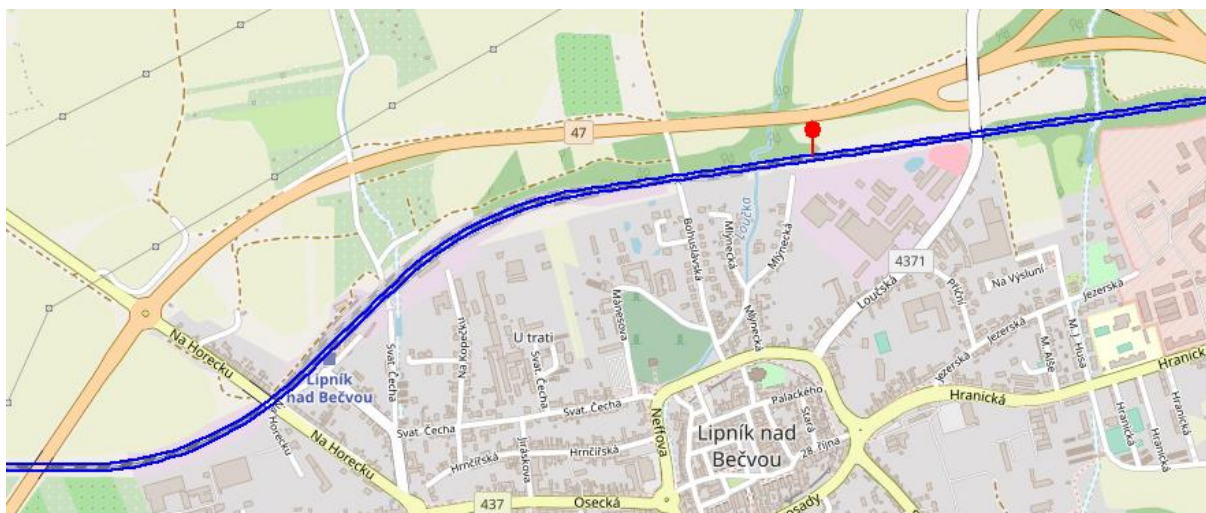
## 3. Výsledná konstrukce funkčního vzorku

V roce 2021 byla dokončena a v provozu nasazena poslední HW verze autonomního zařízení DISC-M, která umožňuje následující funkce:

- **Spolehlivou lokalizaci vozidla a výhybek s využitím GNSS měření.** Autonomní systém měření zařízením DISC-M je nezávislý na vozidle, na kterém je nasazen. Informace o poloze vozidla na trati, a tedy identifikace výhybek v signálu, je proto zcela závislá na přesnosti systému

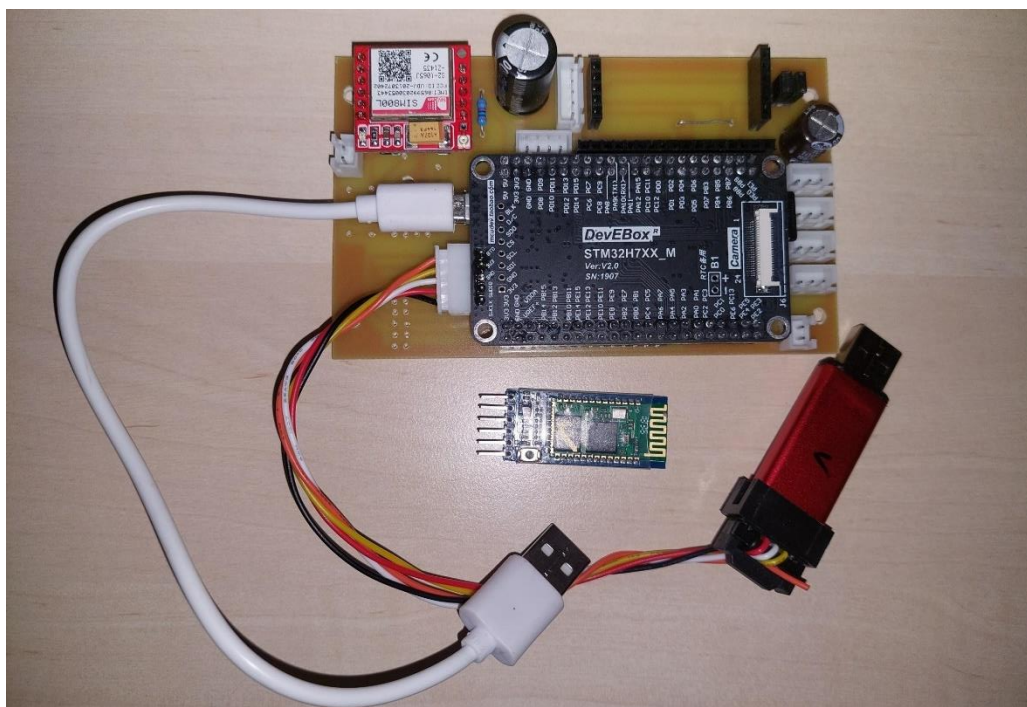
<sup>1</sup> DISC-M je zkratkou *Diagnostics of Switches and Crossings – Mobile*

sledování GNSS. Při hodnocení signálů z měření je výsledná nepřesnost lokalizace výhybek ověřována kontrolními algoritmy polohy.



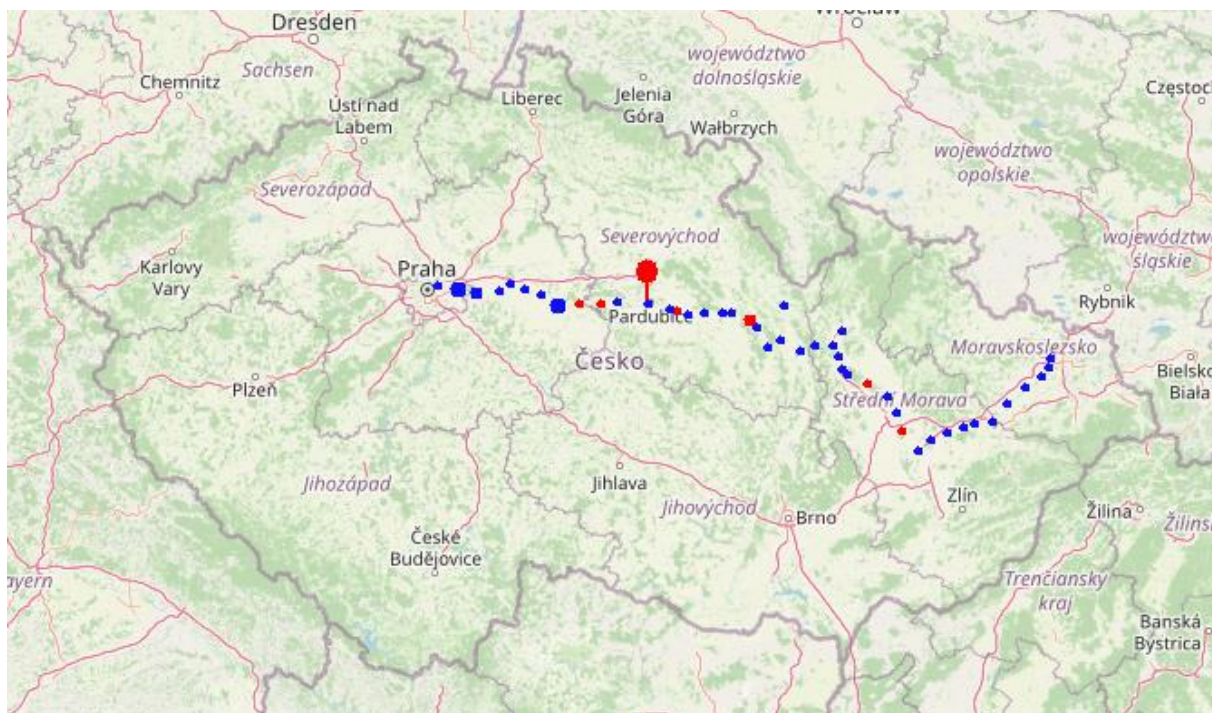
Obr. 2 Příklad trajektorie pohybu vozidla v okolí stanice Lipník n. Bečvou (směr tam a zpět)

- **Efektivní a spolehlivý management měření** (komunikaci s okolím přes mobilního operátora; sledování polohy přes GNSS; trigger měření dle nastavených parametrů, aktuální polohy a natočení vozidla; ukládání dat; autodiagnostika zařízení), což je umožněno měřicí jednotkou, založenou na mikrokontroléru STM32H743 s dostatečnou pamětí, rychlostí procesoru a možnostmi nastavení.

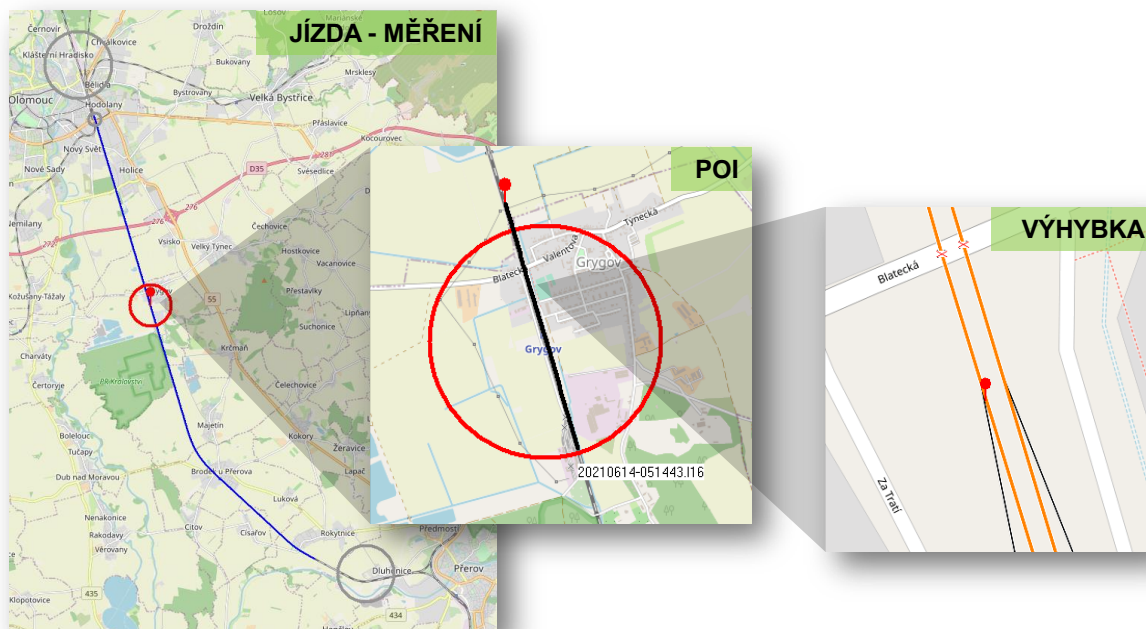


Obr. 3 Základní deska s elektronikou

- **Automatické spouštění měření v definovaných bodech (POI) zájmu na provozované železniční síti.** Sběr dat byl s ohledem na velikost souborů a požadavek na prostor pro ukládání postaven na záznamu dynamické odezvy v místech bodů zájmu (Obr. 4, Obr. 5).



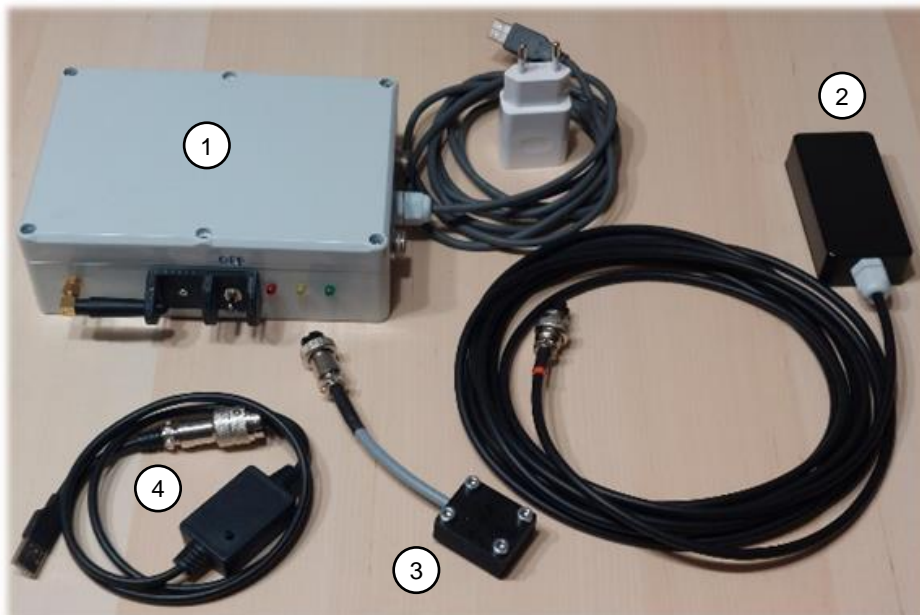
Obr. 4 Příklad mapy automaticky měřených bodů zájmu na trati Bohumín – Praha



Obr. 5 Vztah mezi jízdou vozidla, lokalitou POI a diagnostikovanou výchylkou

- **Základní zpracování dat na vozidle** před přenosem do místa centrálního uložení, které uchovává všechna zdrojová i zpracovávaná data. Pro organizaci dat je zřízena sdílená SQL databáze, která kromě odkazu na data obsahuje všechny potřebné informace popisující podmínky měření (konfiguraci měřicí techniky, provozní data, meteorologická data v místě měření atd.). Před přenesením jsou data ukládána v lokálním uložení (SD karta).

Výsledný vzhled funkčního vzorku před provozním nasazením na vozidlo je na Obr. 6.



**Obr. 6** Měřicí zařízení DISC-M (1), lokalizační zařízení GNSS (2), testovací snímač zrychlení (3) a programovací/diagnostický kabel (4).

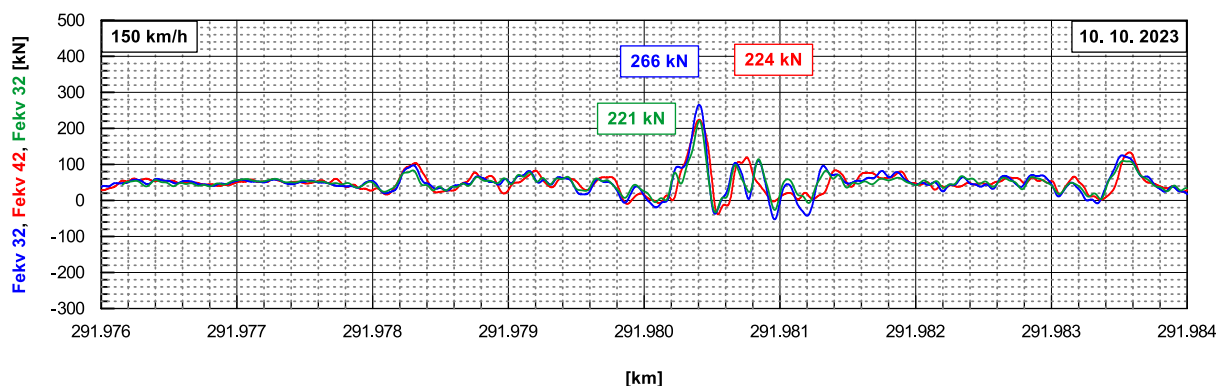
V rámci provozního nasazení byly k zařízení připojeny snímače s technologií MEMS i piezo s napěťovým výstupem a stabilizací napájecího napětí. Pouzdro snímačů je modifikovatelné podle konstrukce pojezdu vozidla, na němž bude instalováno. Příklad instalace snímačů na měřicím voze během provozu je na Obr. 7.



**Obr. 7** Snímače různého provedení pouzdra a měřicí technologie během testování na měřicím voze

## Ověření funkčnosti zařízení v provozních podmínkách

Zařízení je nasazeno na měřicím voze Správy železnic od roku 2020. Příklad porovnání výsledků s přenosnou laboratorní technikou je na Obr. 8



**Obr. 8** Příklad porovnání průběhů ekvivalentního zatížení zjištěného měřením na obou dvojkolích laboratorní technikou (modrá a červená barva) a zařízením DISC-M (zelená barva) při průjezdu sledovanou výhybkou

## Technické parametry

Funkční vzorek DISC-M byl fyzicky realizován a nasazen při mnoha měřicích kampaních během řešení projektu a dosahuje následujících parametrů:

- jednodeskový mikroprocesorový systém s aktivním řízením spotřeby,
- přenos dat přes GSM,
- autonomní způsob provozu, tj. start, ukončení a uložení měřených signálů zrychlení pouze v místech zadané lokalizace výhybek na trati,
- záznam až 4 kanálů snímačů zrychlení (vzork. frekvence 10 kHz/kanál, 16 bit. ADC),
- určení polohy vozidla na trati (GNSS), včetně orientace a směru jízdy (interní snímač s algoritmem vyhodnocení),
- záznam diagnostických dat zařízení, metadat měření a jejich odeslání přes GSM (v případě datového připojení) do databáze k dalšímu zpracování,
- volitelný bateriový režim (minimálně 6 hodin),
- rozměry 180 x 120 x 50 mm.

## Ekonomické parametry

Funkční vzorek DISC-M umožňuje jedoucím kolejovým vozidlem provádět autonomní sběr diagnostických dat o stavu srdcovkové části všech pojižděných výhybek v delší časové řadě bez nutnosti obsluhy zařízení. Zásadním ekonomickým přínosem jsou uspořené údržbové náklady dané detailní condition based diagnostikou srdcovek s budoucím přechodem k prediktivní údržbě, což je klíčový nástroj také z pohledu zvýšení kapacity dopravní cesty. V případě nasazení na běžně provozovaná vozidla má použití zařízení DISC-M výrazný přínos k bezpečnosti provozu průběžným monitoringem stavu srdcovek (kritického prvku infrastruktury) v časově krátkém sledu více instrumentovaných vozidel.

## 4. Závěr

Na základě dosažených výsledků z dlouhodobého provozního nasazení lze konstatovat, že ověření vlastností funkčního vzorku „*Mobilní zařízení pro měření a sběr dat o výhybce DISC-M*“ bylo úspěšné a výsledkem je měřicí systém, který umožňuje jedoucím kolejovým vozidlem provádět autonomní sběr diagnostických dat o stavu srdcovkové části všech pojížděných výhybek v delší časové řadě bez nutnosti obsluhy zařízení. Takto získaná data, v kombinaci se systémem DISC-S (Stacionární zařízení pro měření a sběr dat ve výhybce), mohou být využita algoritmy strojového učení, což umožní provozovateli přechod k preventivní údržbě konstrukčně problematického prvku infrastruktury.

## 5. Literatura

[1] ZELENKA, J., HÁBA, A. a M. KOHOUT: *Stanovení ekvivalentního zatížení srdcovkové části železniční výhybky při průjezdu vozidla prostřednictvím postupů uvedených v EN 14363*. Certifikovaná metodika 95/2014-710-VV/1 ze dne 11. listopadu 2014.