

**DT - Výhybkárna a strojírna, a.s.**

Kojetínská 4750/6, 796 01 Prostějov, Czech Republic  
www.dtvs.cz

EN ISO 9001  
EN ISO 3834-2  
EN ISO 14001  
ISO 45001



## Vývoj autonomní diagnostiky výhybek a její praktické využití



20. – 22. 11. 2024

Železniční dopavní cesta 2024

Ing. **Lukáš Raif**, Ph.D.  
*Oddělení Výzkum a vývoj*

Na přípravě příspěvku se dále podíleli:

Ing. **P. Navrátil**, Ing. **M. Vyhlídal**, Ph.D., doc. Ing. **O. Plášek**, Ph.D., doc. Ing. **P. Hradil**, Ph.D., Ing. **M. Kohout**, Ph.D.



## Vývoj chytré výhybky v DT

T A  
Č R

Program **Doprava 2020+**

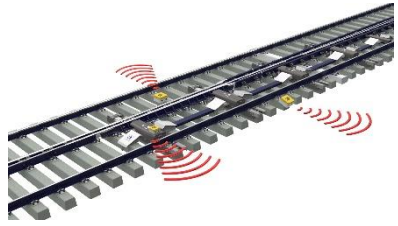
Program **Doprava 2030**

- První myšlenky a první kroky v rámci **mezinárodního projektu S-CODE** (2016 – 2019).
- Následně řešen **národní projekt TAČR „Výhybka 4.0“** (2020 – 2024), činnosti přizpůsobeny českému prostředí a zaměřeny čistě na chytrou diagnostiku.
- Nyní v přípravě tematicky navazující **národní projekt TAČR „Chytrá diagnostiky pohyblivých částí výhybek“** (2025 – 2027).
- Dlouhodobě **spolupracující organizace:**
  - Vysoké učení technické v Brně
    - Fakulta stavební
    - Fakulta strojního inženýrství
  - Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera
  - RETIA, a.s.



## Základní princip fungování autonomní diagnostiky





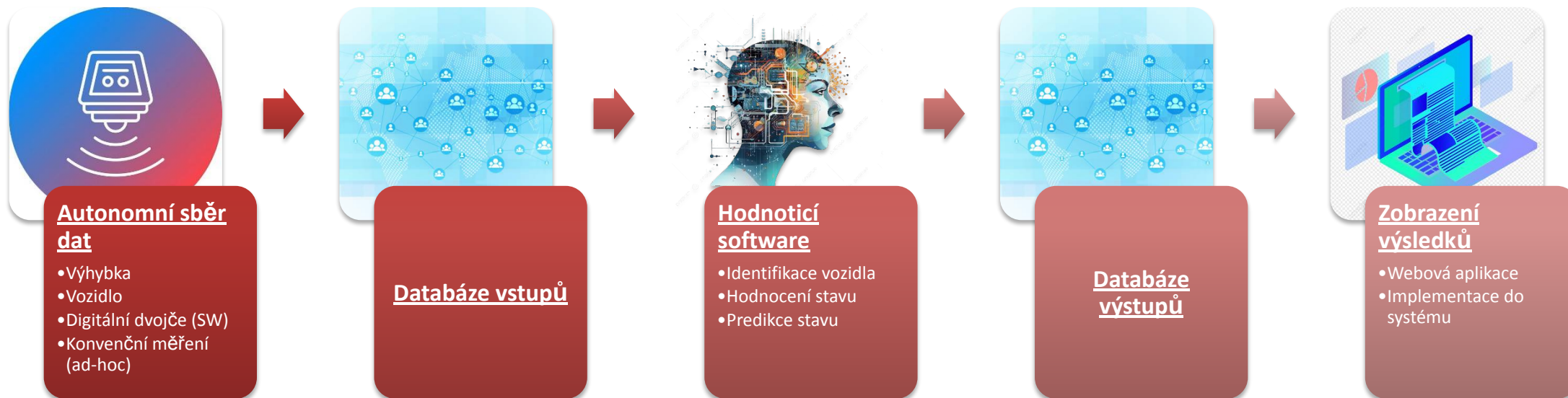
CENTRUM TECHNICKÉ A DIAGNOSTIKY



IG DATA  
ANALYSIS  
LET STARTED



## Architektura systému a tok dat



## Sběr dat na výhybce – snímače

### Analogový akcelerometr

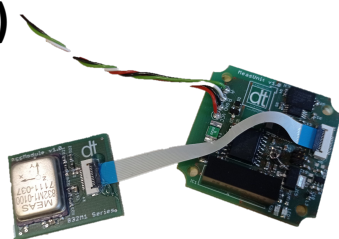
Třiosý



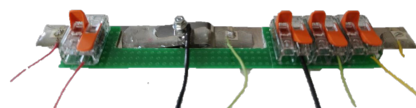
Jednoosý



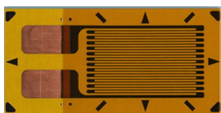
### Digitální akcelerometr (třiosý)



### Piezovrstvy



### Tenzometry



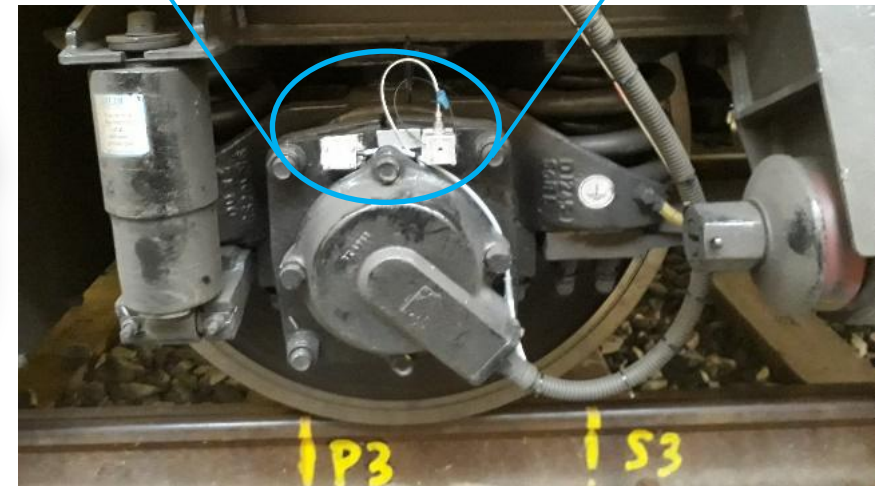
## Sběr dat na výhybce – autonomní systém

- Solární panel
- Trakční baterie
- Nabíjecí regulátor
- Datový koncentrátor
- LTE modem



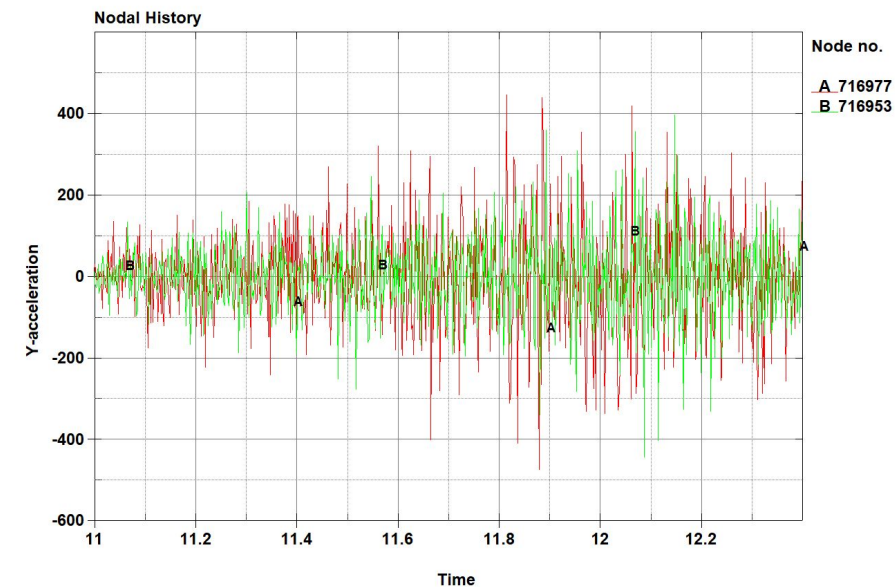
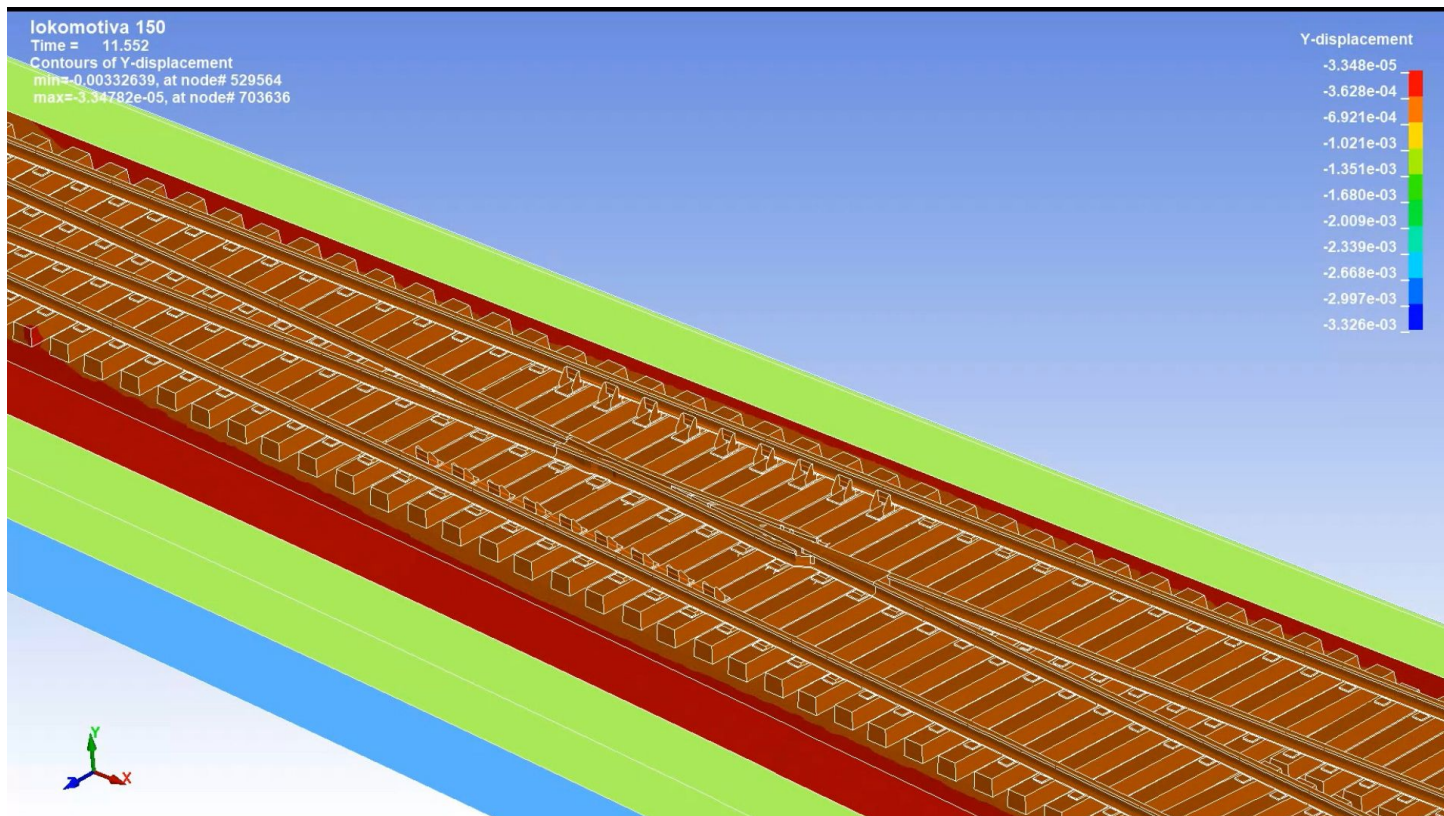
## Sběr dat na vozidle

- Autonomní zařízení pro sběr dat (opakovatelnost, on-line dohled S&C)
- Umístění snímačů na **ložiskové skříní vozidla** (nedestruktivně).
- **Automatické spuštění** pouze ve sledovaných lokalitách (redukce dat).
- Základní zpracování dat na vozidle (metadata).
- Vzdálený dohled funkce zařízení.
  
- Korelace výsledků s údržbovými zásahy.





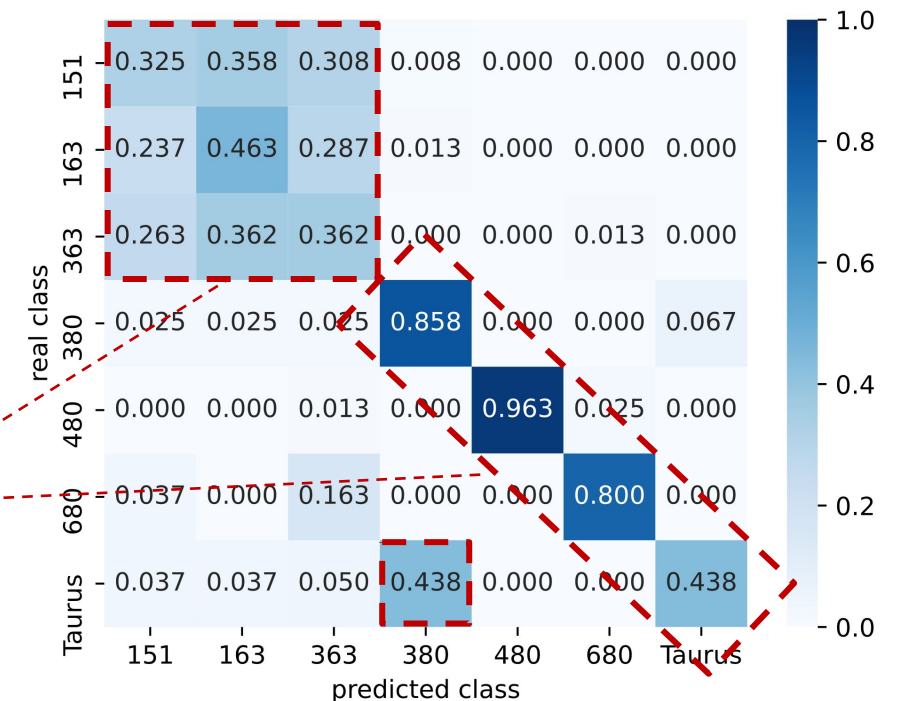
## Digitální dvojče



- Doplnění měřených dat z testovacích výhybek
- Lze simulovat poruchy a zkoumat změnu v odezvě signálu

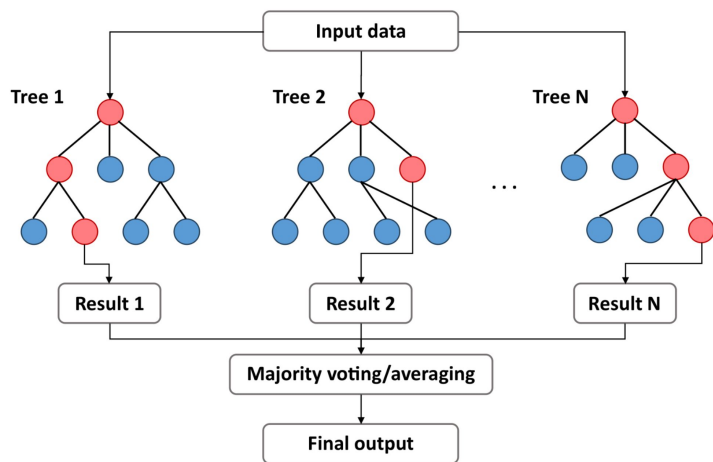
## Hodnoticí software – identifikace vlaku

- **Identifikace vozidla** nezbytná pro hodnocení stavu výhybky:
  - Řada lokomotivy (hmotnost, charakteristika uspořádání podvozku)
  - Rychlost, směr pojezdění a čas projíždějícího vozidla
- Informace je přiřazena do databáze ke konkrétnímu signálu
- Vytvořen software pro ořez signálu lokomotiv
- Řešeno pomocí end-to-end přístupu
  - složitější modely, pomalejší, přesnější
  - hluboké konvoluční neuronové sítě (CNN)
- **Software validován** metodou bootstrappingu – vizualizace pomocí **matic záměn**
  - Geometrie podvozku je nejdůležitější charakteristika pro přesnost klasifikace:
    - podobná (třídy 151, 163 a 363)
    - odlišná (třídy 380, 480, 680 a Taurus)
  - Vhodné je rovněž rozdělení do skupin dle rychlostí

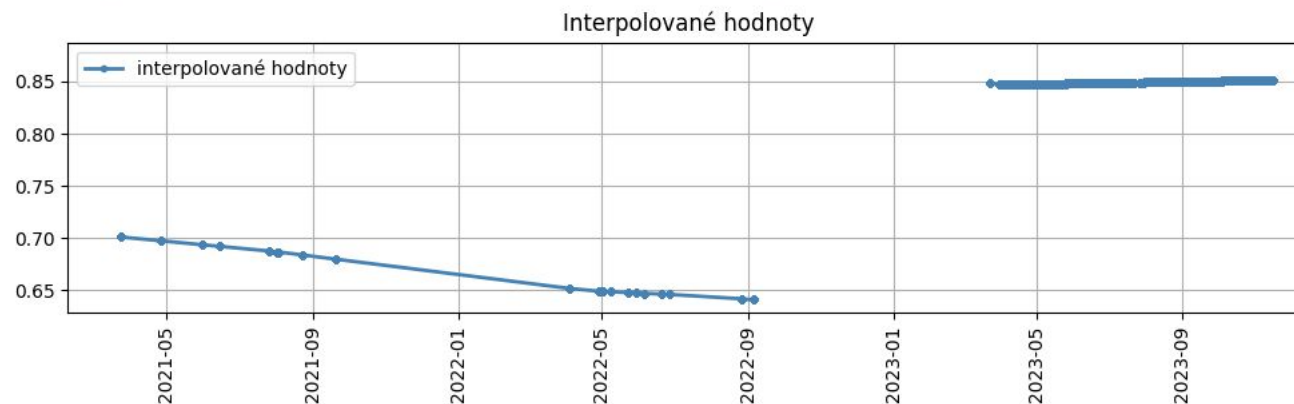


## Inteligentní SW modul iDIMASC – hodnocení stavu výhybky

- Predikce stavu výhybky na základě naměřených signálů pomocí AI
- Regresní model **náhodného lesa (Random Forest)** – metoda ML, která kombinuje velké množství rozhodovacích stromů pro vytvoření finálního klasifikátoru:
  - metody baggingu (bootstrap aggregating), kdy každý strom v lese je trénován nezávisle na náhodně vybrané podmnožině trénovacích dat;
  - možnost získání vah pro jednotlivé vstupní parametry, což pomáhá při interpretaci modelu a jeho predikci.

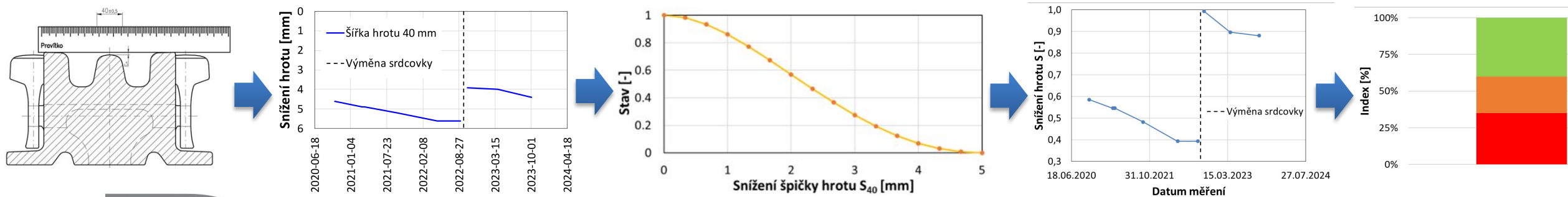


Princip modelu náhodného lesa pro hodnocení stavu výhybky



## Interpretace výsledků v aplikaci

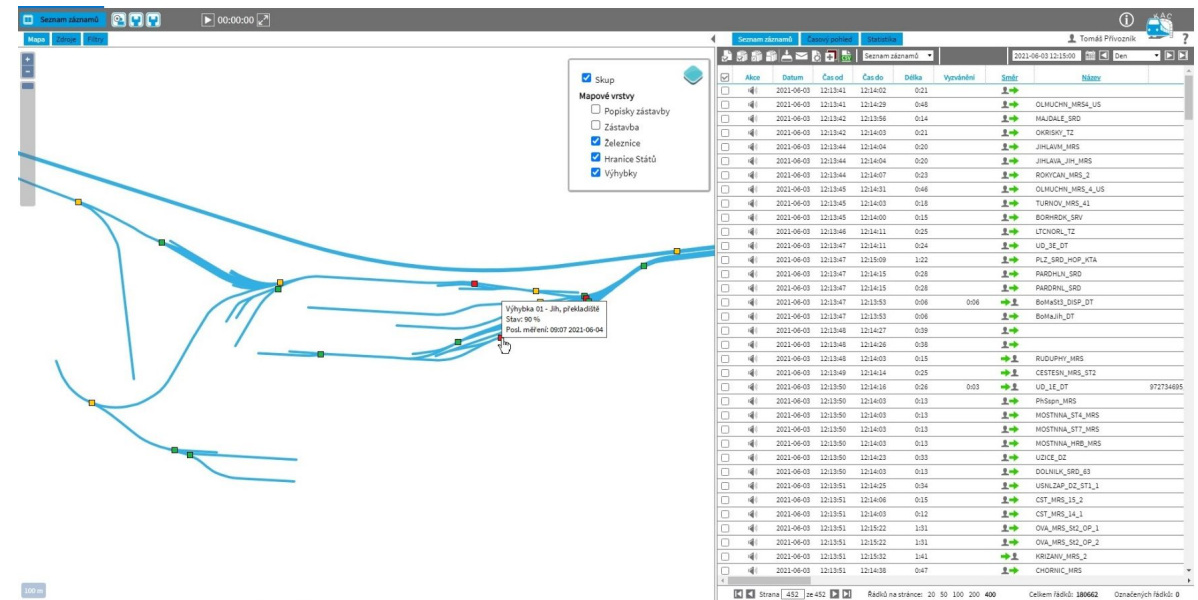
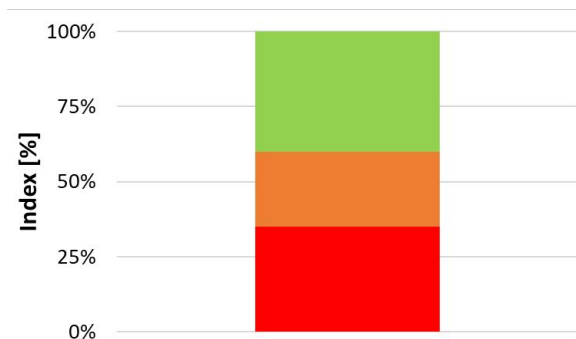
- Za účelem sjednocení hodnocení všech byla zavedena jednotná **kvantifikace provozních parametrů**
- Zavedeny **známky kvality**:
  - Každý parametr nabývá hodnot 0 – 1 (0 až 100 %)
  - Globální známka kvality za výhybku – ze všech zjišťovaných provozních parametrů – výsledek expertního hodnocení
  - Jednotlivé známky kvality za provozní parametry:
    - Ojetí pojižděných ploch (ojetí srdcovky)
    - Vodící míry v srdcovce
    - Odchytky rozchodu koleje
    - Odchytky převýšení koleje
    - Zborcení koleje
    - Míra sedání dané oblasti
- Vytvořena **metodika převodu** číselné hodnoty konkrétních parametrů na známku kvality:



## Rozhraní s uživatelem

- Vytvořen **demonstrátor aplikace** pro zobrazení stavu
- Zobrazení výhybek vybavených systémem na mapě
- V první fázi pouze **globální známka kvality** stavu výhybku
- Lze vkládat údržbové zásahy a další poznámky vztahující se k příslušné výhybce

ID	Název	Adresa	Poslední měření	Akce
IDKB_ASDASD_0	Hradec Králové H. n	Riegrovo nám.	31. 8. 2022 9:33:02	DETAIL UPRAVIT
IDKB_ASDASD_1	Nádraží Náchod	Kladská	31. 8. 2022 9:33:02	DETAIL UPRAVIT
IDKB_ASDASD_2	Paroubice	nám. Jana Pernera 2561	31. 8. 2022 9:33:02	DETAIL UPRAVIT



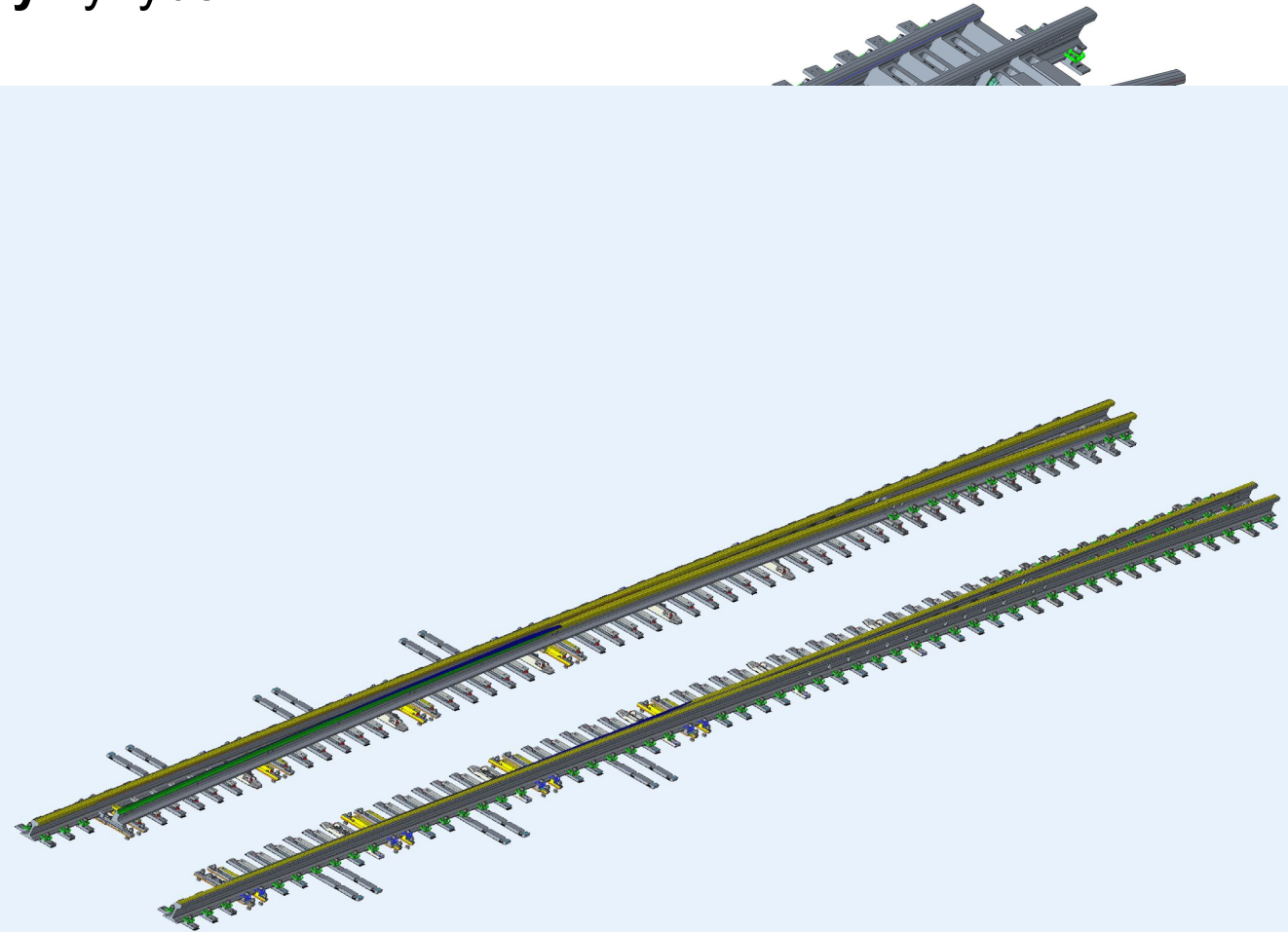
## Shrnutí

- Vyvinuto zařízení pro **hodnocení a sběr dat pevných částí výhybek**.
- Proběhla **demonstrace funkčnosti** zařízení.
- Zatím není připraveno k obchodnímu využití.
- Pro přesnější hodnocení je nezbytný **kontinuální sběr dat** na testovacích výhybkách.
- Nezbytná spolupráce správce infrastruktury, včasná **informace o údržbových zásazích**.
- Větší množství **testovacích výhybek**.
- Výhybky v různém **provozním stavu** a různých **provozních podmínkách**.
- Vyřešení kybernetické bezpečnosti.



## Další činnost – navazující projekt

- Rozšíření **diagnostiky na pohyblivé díly** výhybek:
  - Diagnostika výměnové části výhybky
  - Diagnostika PHS
  - Snímač rozřezu
- Odladění **hodnoticího softwaru**
  - Nutnost sběru dat na více testov
  - Rozšíření hodnocení na pohybliv
  - Zavedení predikace do budoucn
- Vylepšení **uživatelského rozhraní**
  - Grafické vylepšení aplikace
  - Příprava na implementaci do sta





# Děkuji za pozornost!

Ing. **Lukáš Raif**, Ph.D.

*Oddělení Výzkum a vývoj*

*[raif@dtvs.cz](mailto:raif@dtvs.cz)*

Ing. **Petr Navrátil**, Ing. **Michal Vyhlídal**, Ph.D.; *DT - Výhybkárna a strojírna, a.s.*

doc. Ing. **Otto Plášek**, Ph.D., doc. Ing. **Petr Hradil**, Ph.D.; *Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně*

Ing. **Martin Kohout**, Ph.D. a kol.; *Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice*