

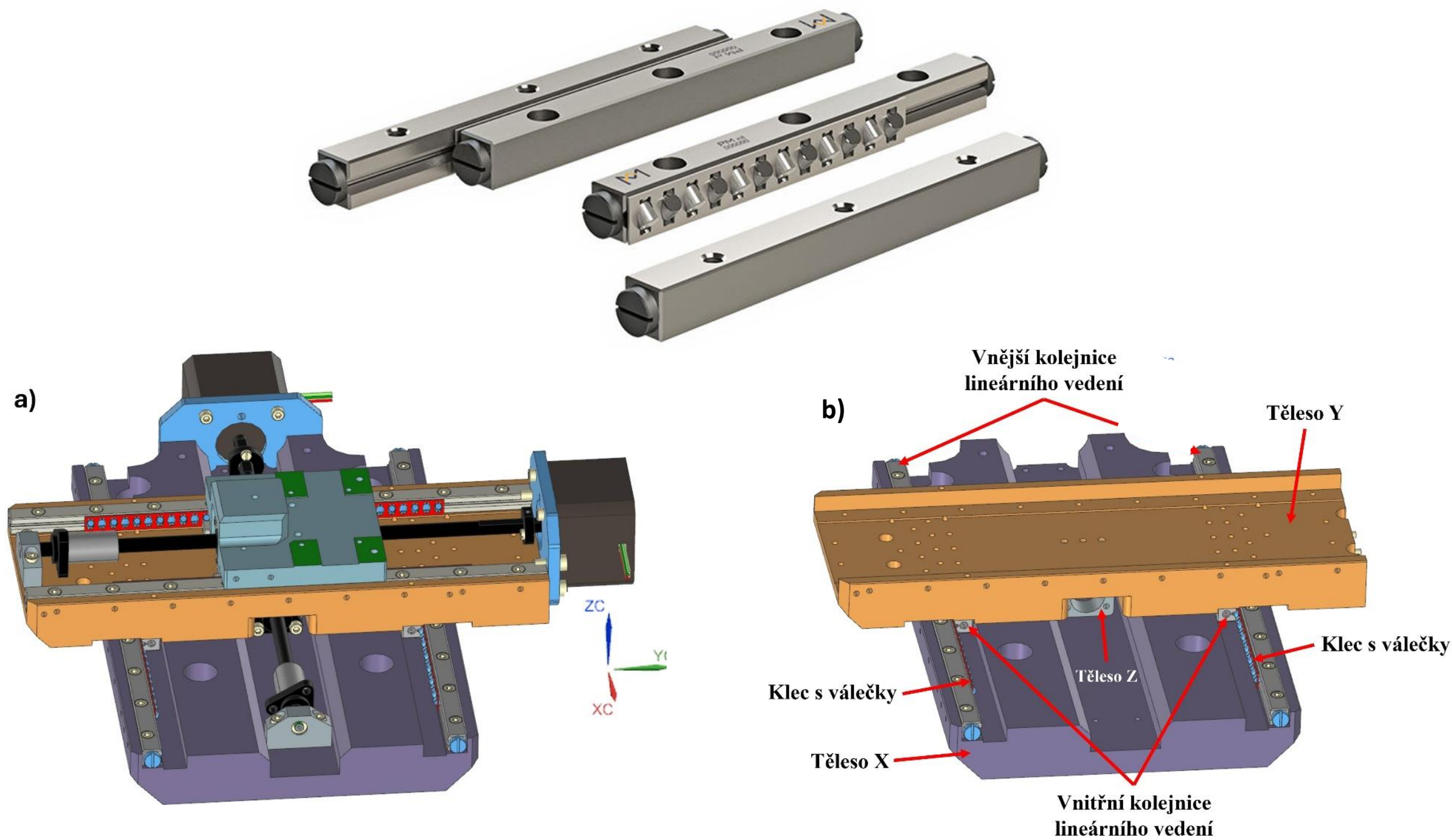
# Výpočtové modelování lineárního vedení manipulátoru elektronového mikroskopu

Robert Bolek  
Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky



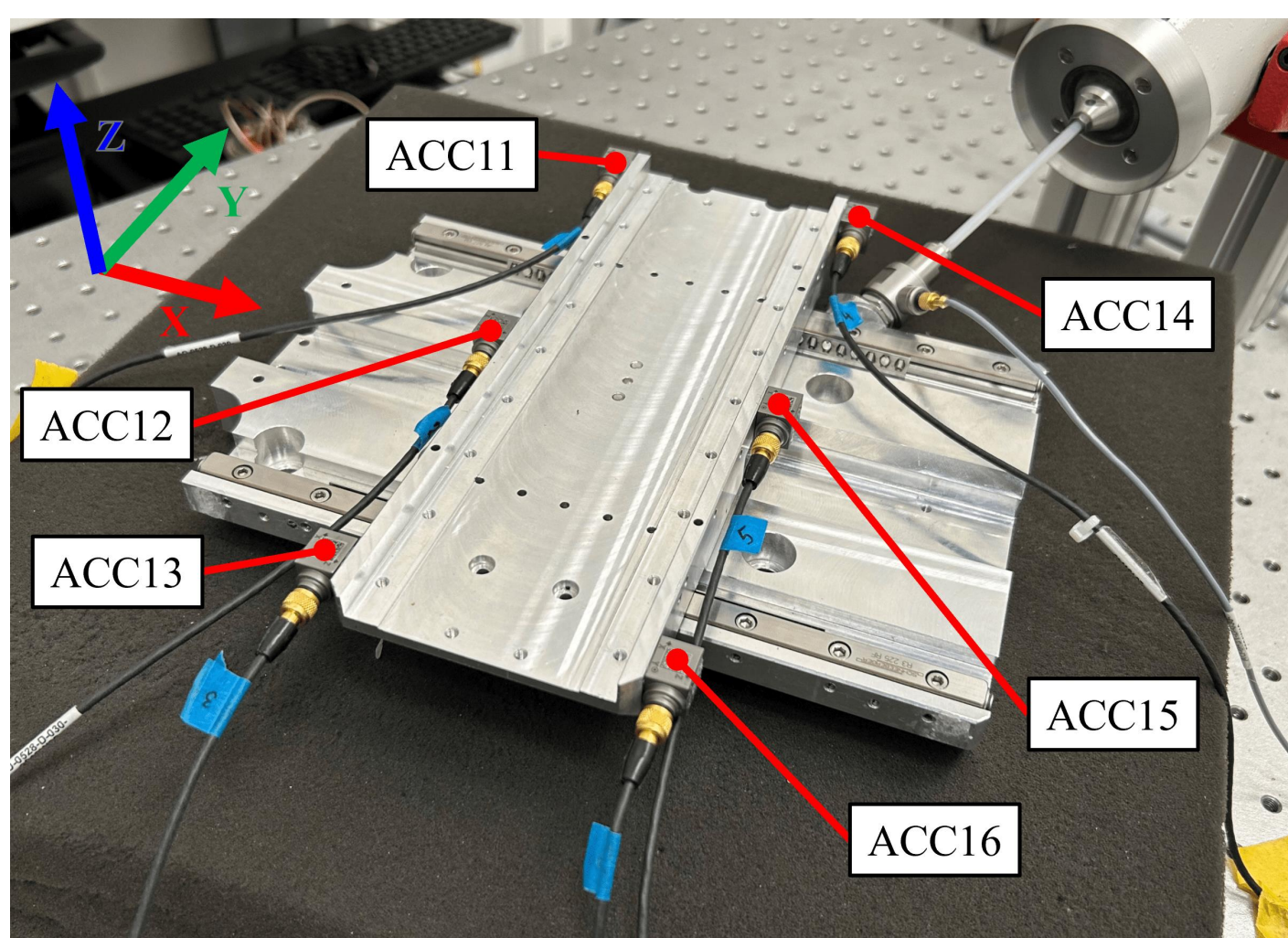
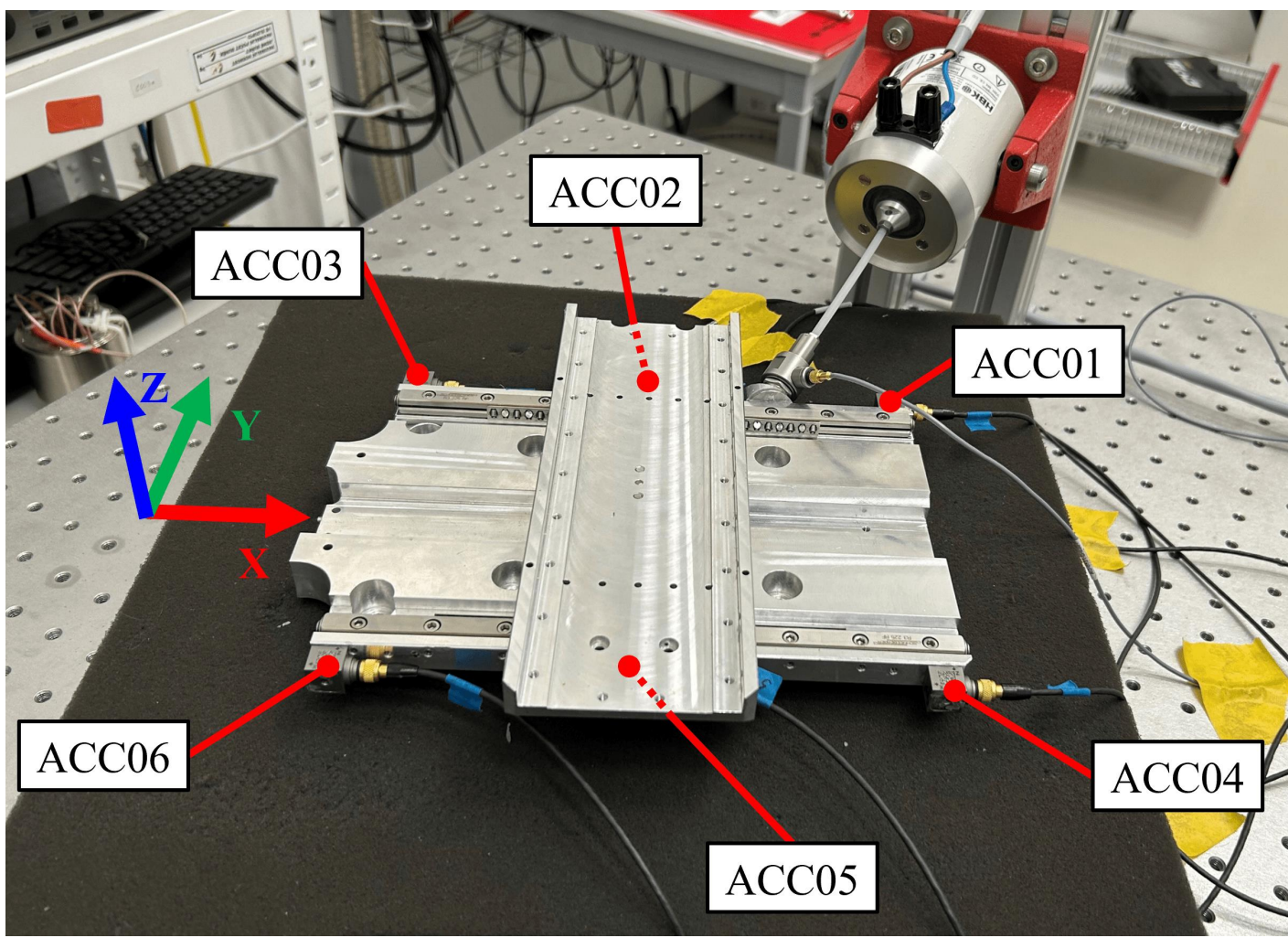
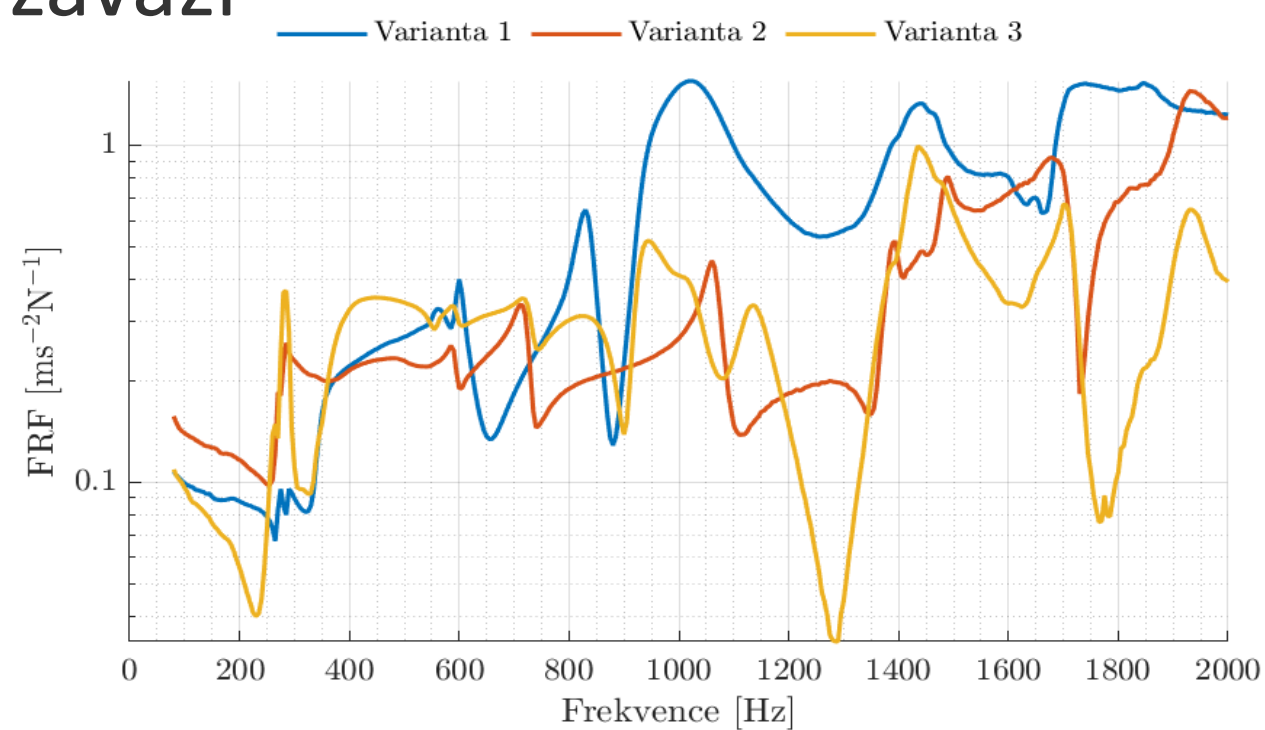
## CHARAKTERISTIKA PROBLEMATIKY

- Práce ve spolupráci s firmou Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o.
- Problém s odhadem dynamických vlastností manipulačních stolců.
- Hlavní cílem bylo nalezení vhodné náhrady lineárního vedení.



## EXPERIMENTÁLNÍ MODÁLNÍ ANALÝZA

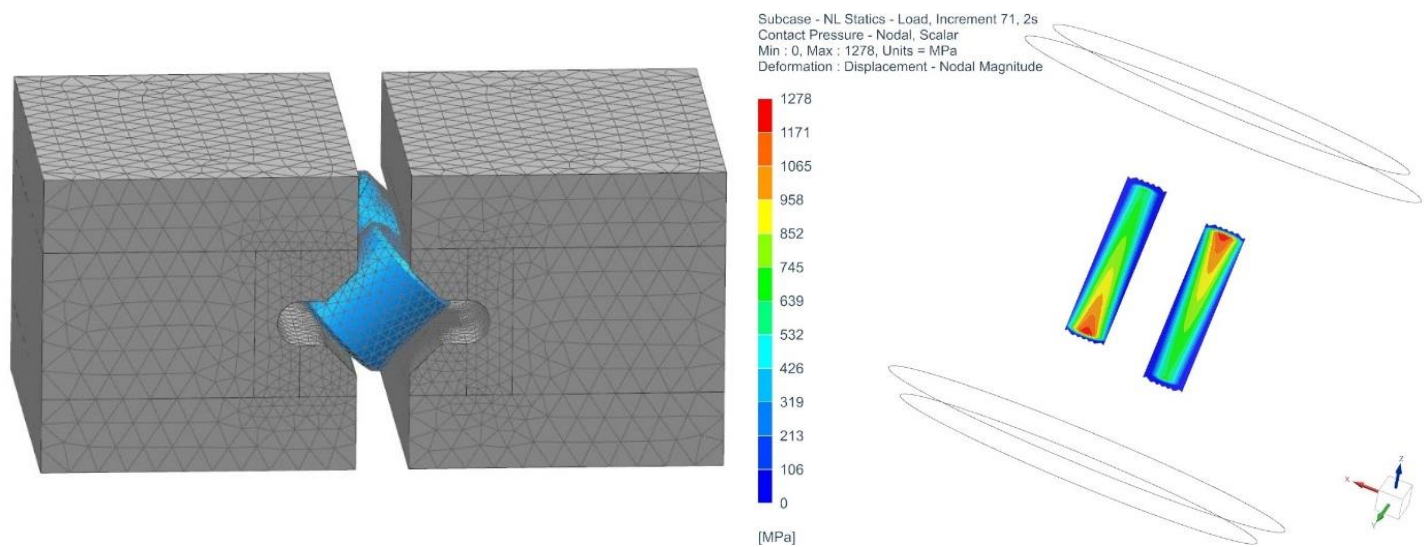
- 3 měřené varianty – změna předpětí, závaží
- 12 měřených bodů
  - 6 tříosých akcelerometrů
- Harmonické buzení vibrátorem
  - Rozsah 80 - 2000 Hz, krok 5 Hz



## VÝPOČTOVÉ MODELOVÁNÍ

Určení tuhosti valivých prvků vedení

- Statické numerické analýzy

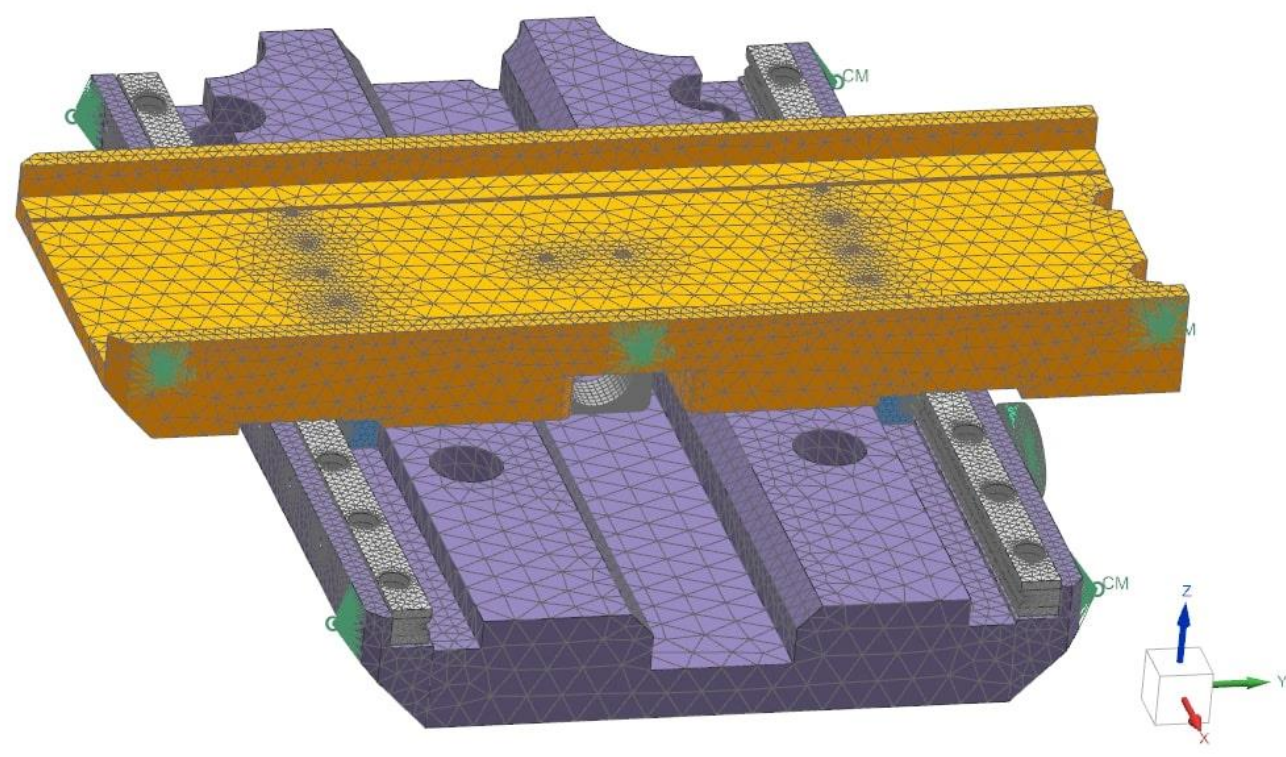


- Analytické řešení
  - Hertzova teorie kontaktních tlaků

| Tuhost – analyticky<br>[Nmm <sup>-1</sup> ] | Tuhost – MKP<br>[Nmm <sup>-1</sup> ] |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| 23 356                                      | 71 742                               |

Dynamické analýzy

- Modální
  - Volné kmitání
- Harmonické
  - Tlumení z experiment
  - Buzení jako u experimentu



## NÁHRADY LINEÁRNÍCH VEDENÍ

- Náhrada 1 – CBUSH + RBE2
  - Tuhost z MKP
  - Tuhost analyticky
- Náhrada 2 – CBUSH1D + RBE2
  - Tuhost z MKP
  - Tuhost analyticky
- Náhrada 3 – RBE2 přes celé vedení (referenční)
- Náhrada 4 – RBE2 každý váleček

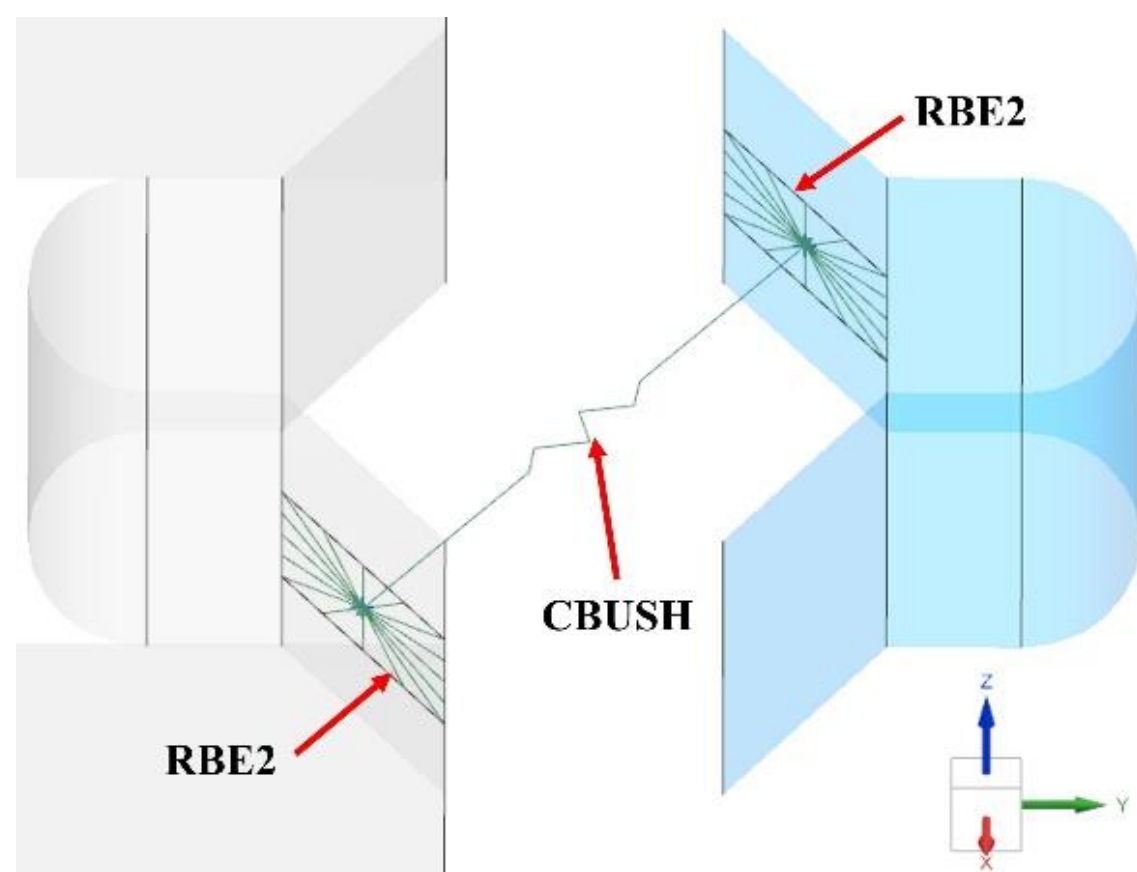
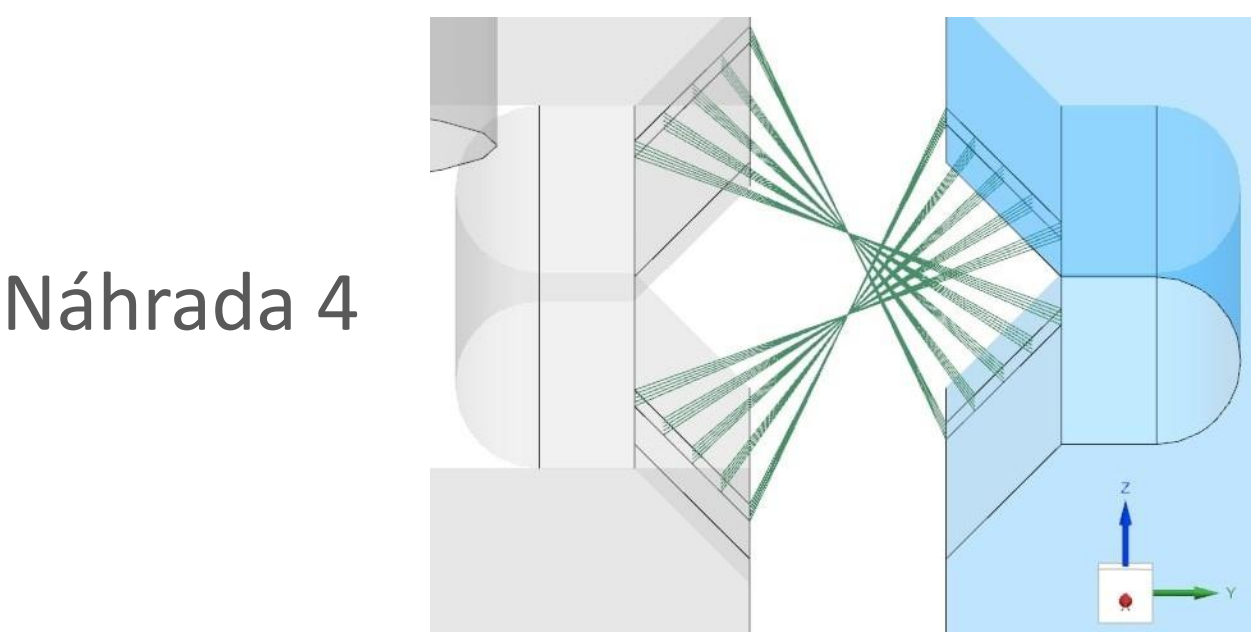
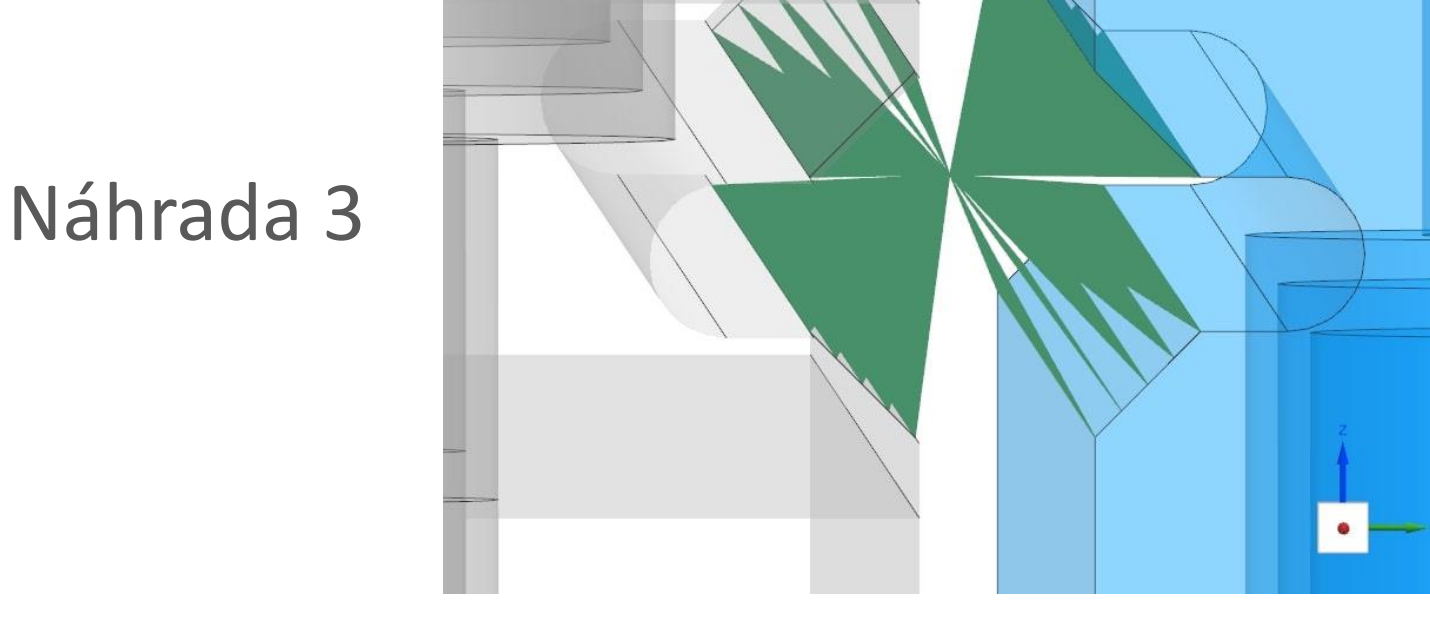


Schéma náhrad 1 a 2



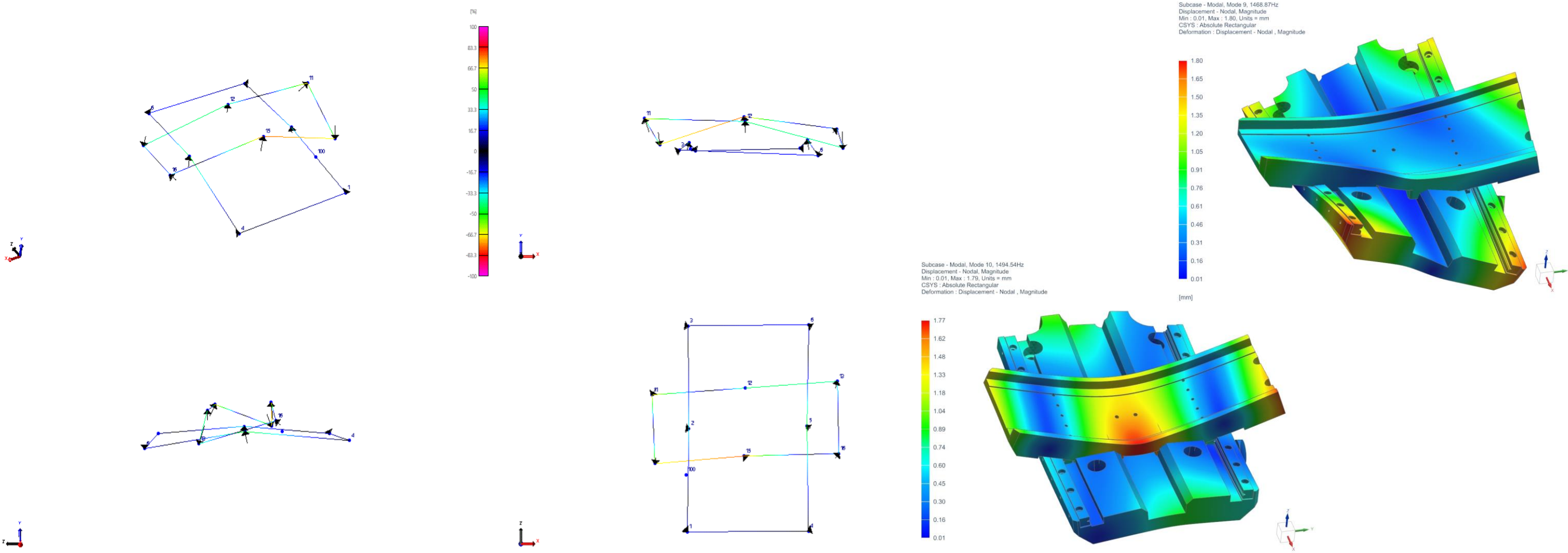
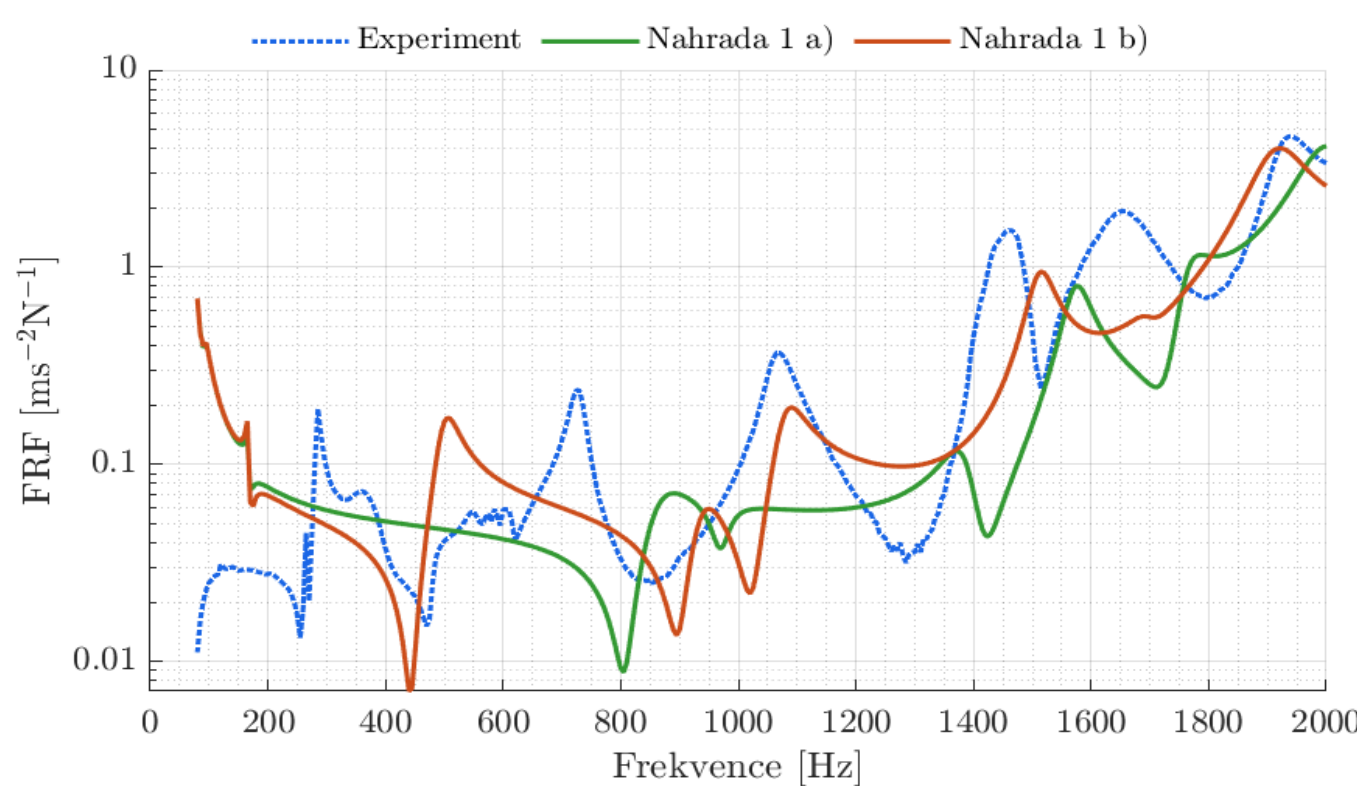
Náhrada 4



Náhrada 3

## SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZ A MĚŘENÍ

- Odezvy
  - Frekvenční odezvosvá funkce (FRF)
- Tvary vlastního kmitání
- Hodnoty vlastních frekvencí



## SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ PRÁCE

- Nalezena vhodná náhrada valivých prvků lineárního vedení.
  - Výrazné zpřesnění výsledků a zkrácení výpočetního času o více než 50 %
- Vytvořen praktický postup pro aplikaci této náhrady.
- Podány konkrétní návrhy pro další možnosti zlepšení náhrady.
  - Tlumení, frekvenčně závislé parametry, metody strojového učení

| Mód | EMA<br>Frekvence [Hz] | Náhrada 1 a)<br>Frekvence [Hz] | Rozdíl   | Náhrada 1 b)<br>Frekvence [Hz] | Rozdíl  |
|-----|-----------------------|--------------------------------|----------|--------------------------------|---------|
| 1   | 283                   | 952                            | +236,4 % | 543                            | +91,9 % |
| 2   | 549                   | –                              | –        | –                              | –       |
| 3   | 729                   | –                              | –        | –                              | –       |
| 4   | 1064                  | 1410                           | +32,5 %  | 1133                           | +6,5 %  |
| 5   | 1474                  | 1518                           | +3,0 %   | 1469                           | -0,3 %  |
| 6   | –                     | 1605                           | –        | 1495                           | –       |
| 7   | –                     | 1756                           | –        | 1690                           | –       |