

Analýza hysteretního chování vertikálního nastavování světlometu automobilu

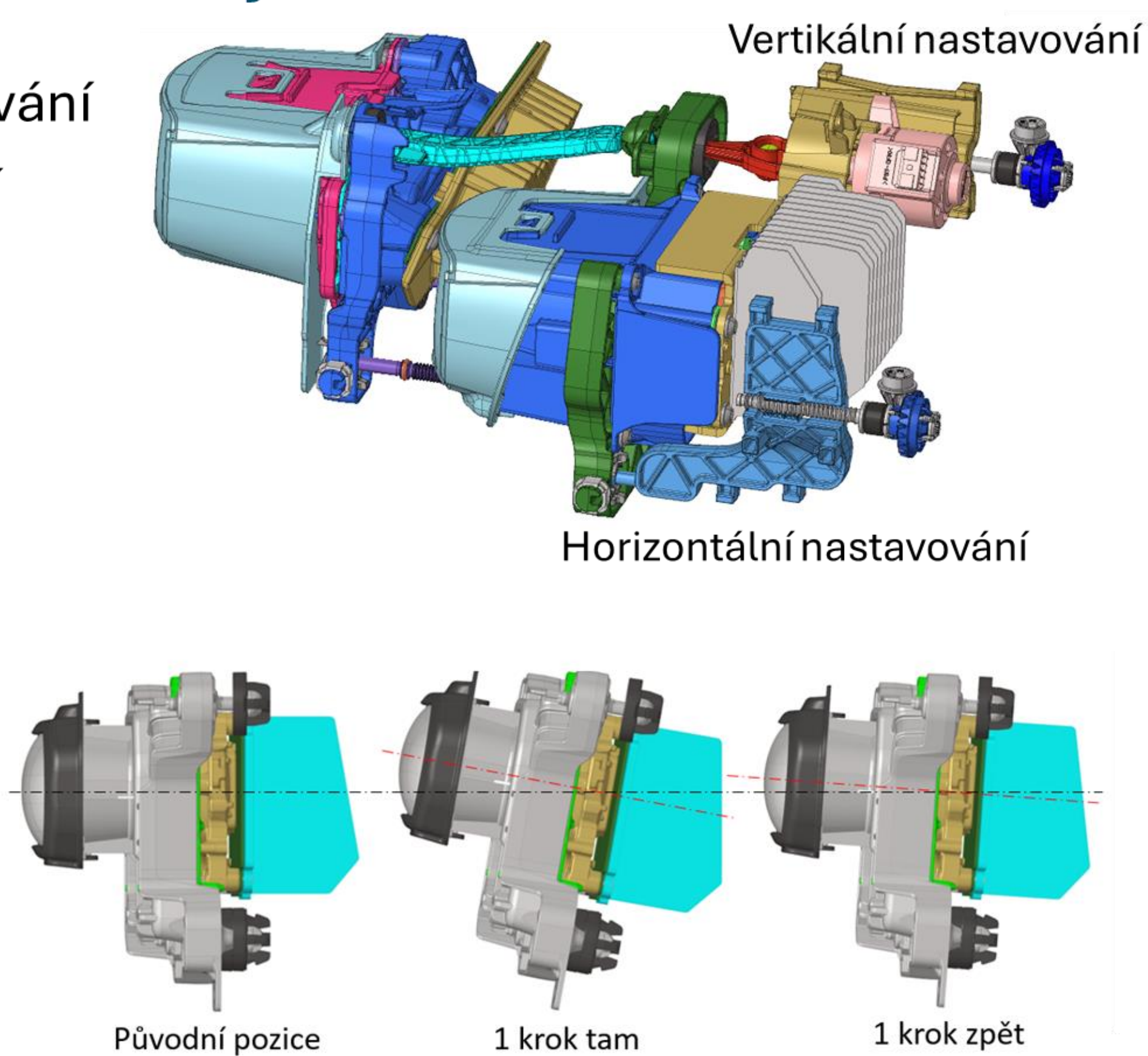
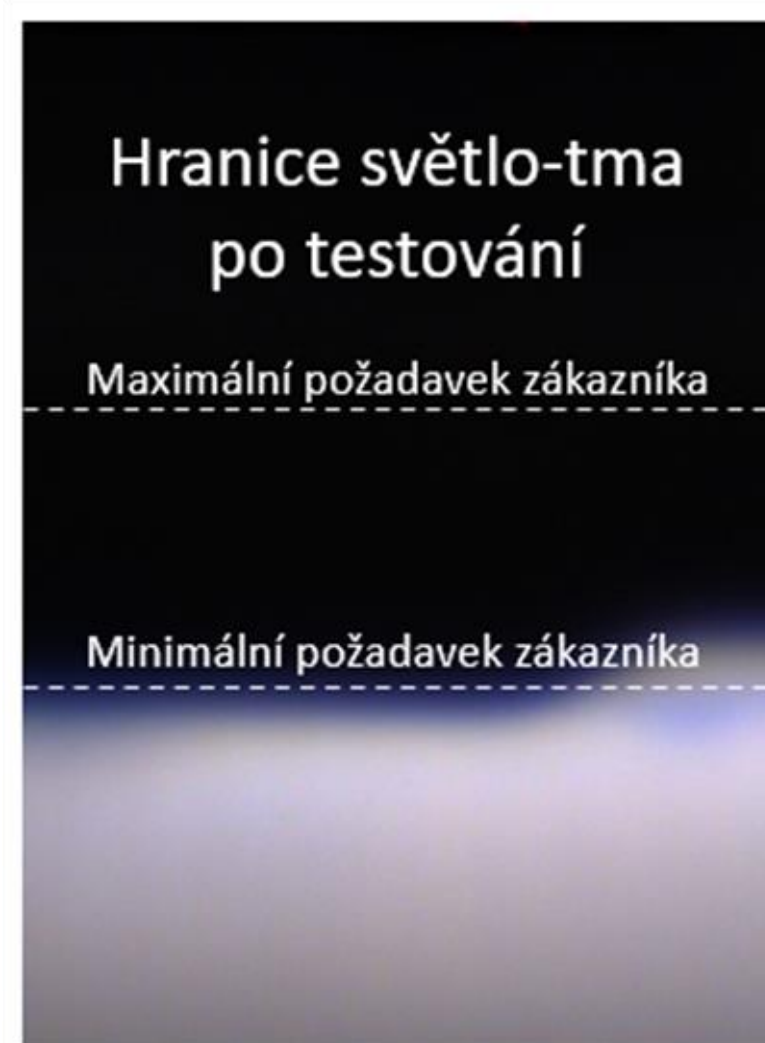
Radek Holec

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky



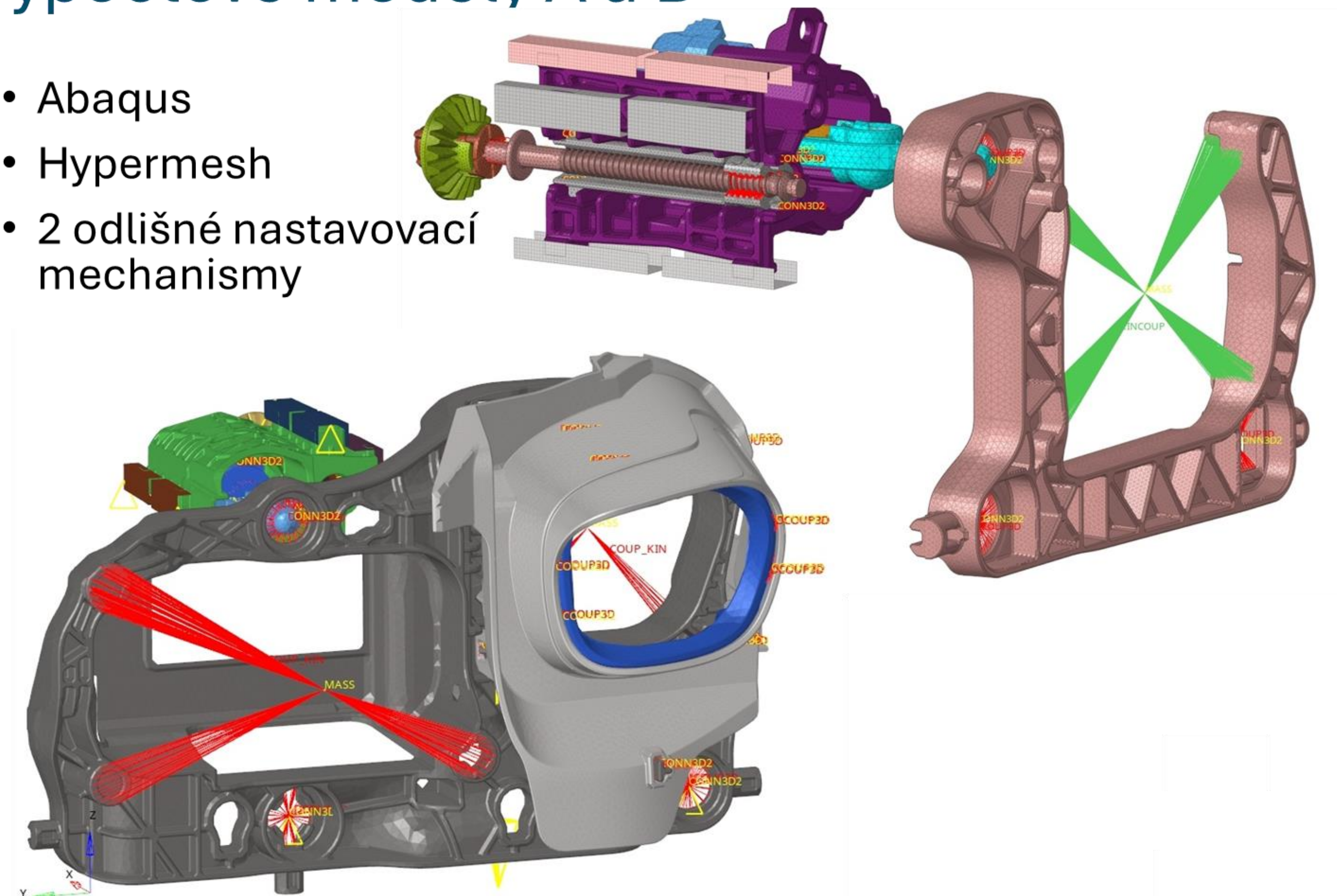
Úvod do problematiky

- Motorové nastavování
- Ruční nastavování
- *Aiming, Leveling*
- Hystereze



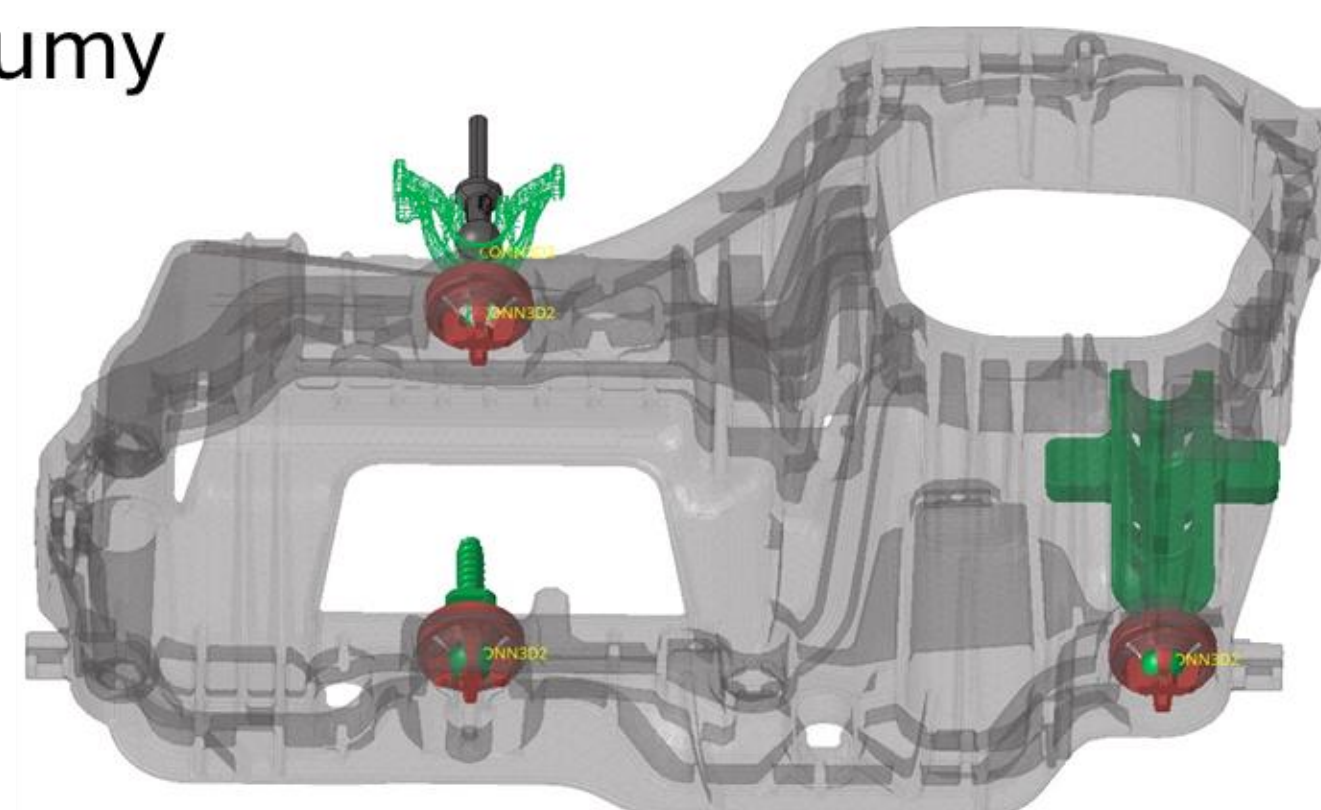
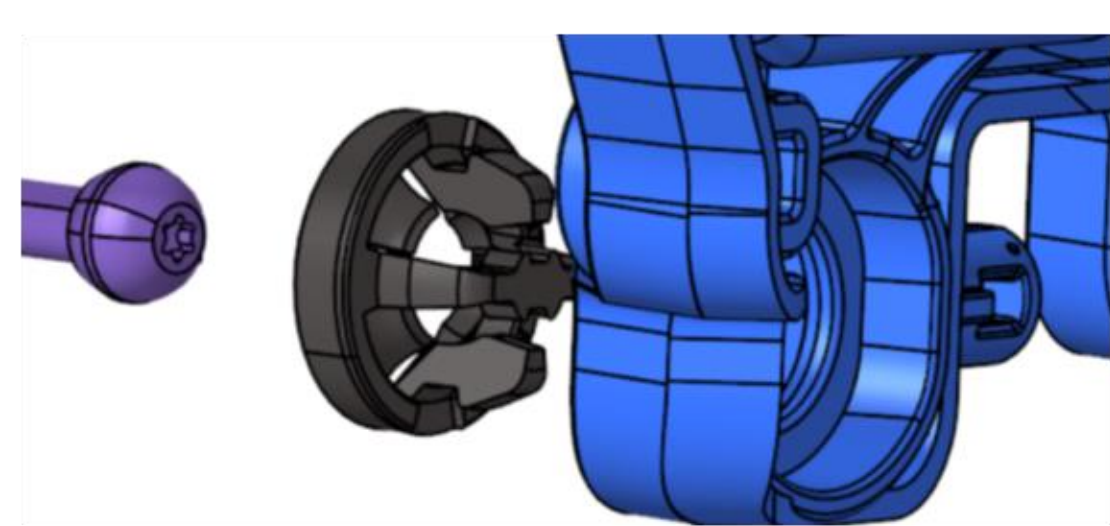
Výpočtové modely A a B

- Abaqus
- Hypermesh
- 2 odlišné nastavovací mechanismy

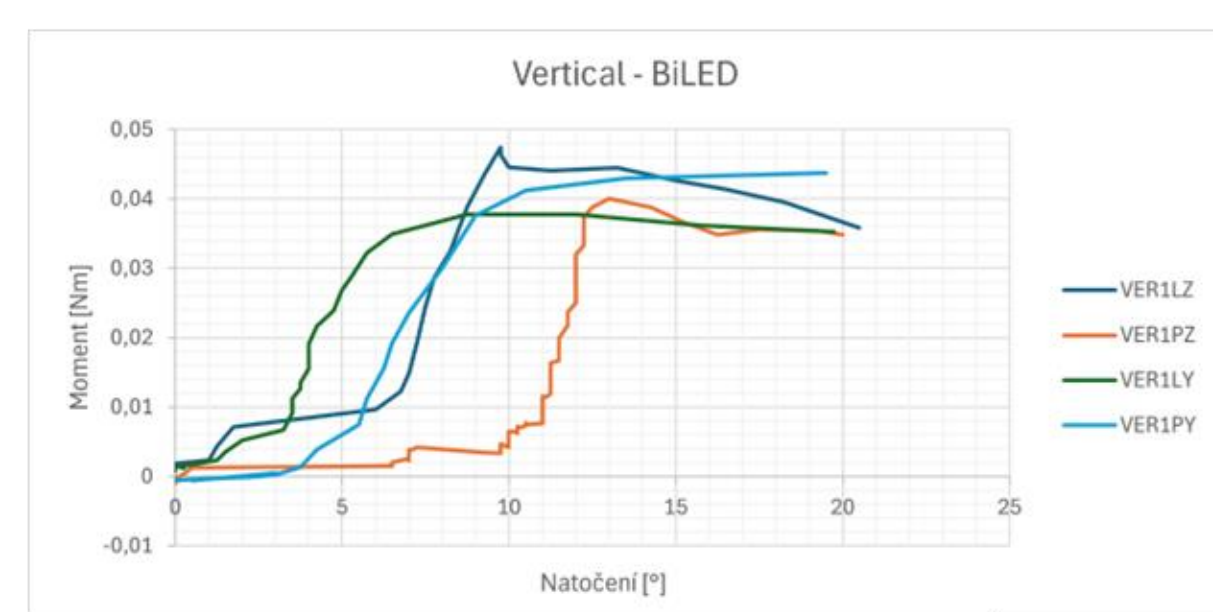


Tvorba konektorů a měření parametrů

- Nahrazení vedlo k výraznému zrychlení výpočtů (z dnů na hodiny)
- Kulové vazby, šrouby a těsnící gumy

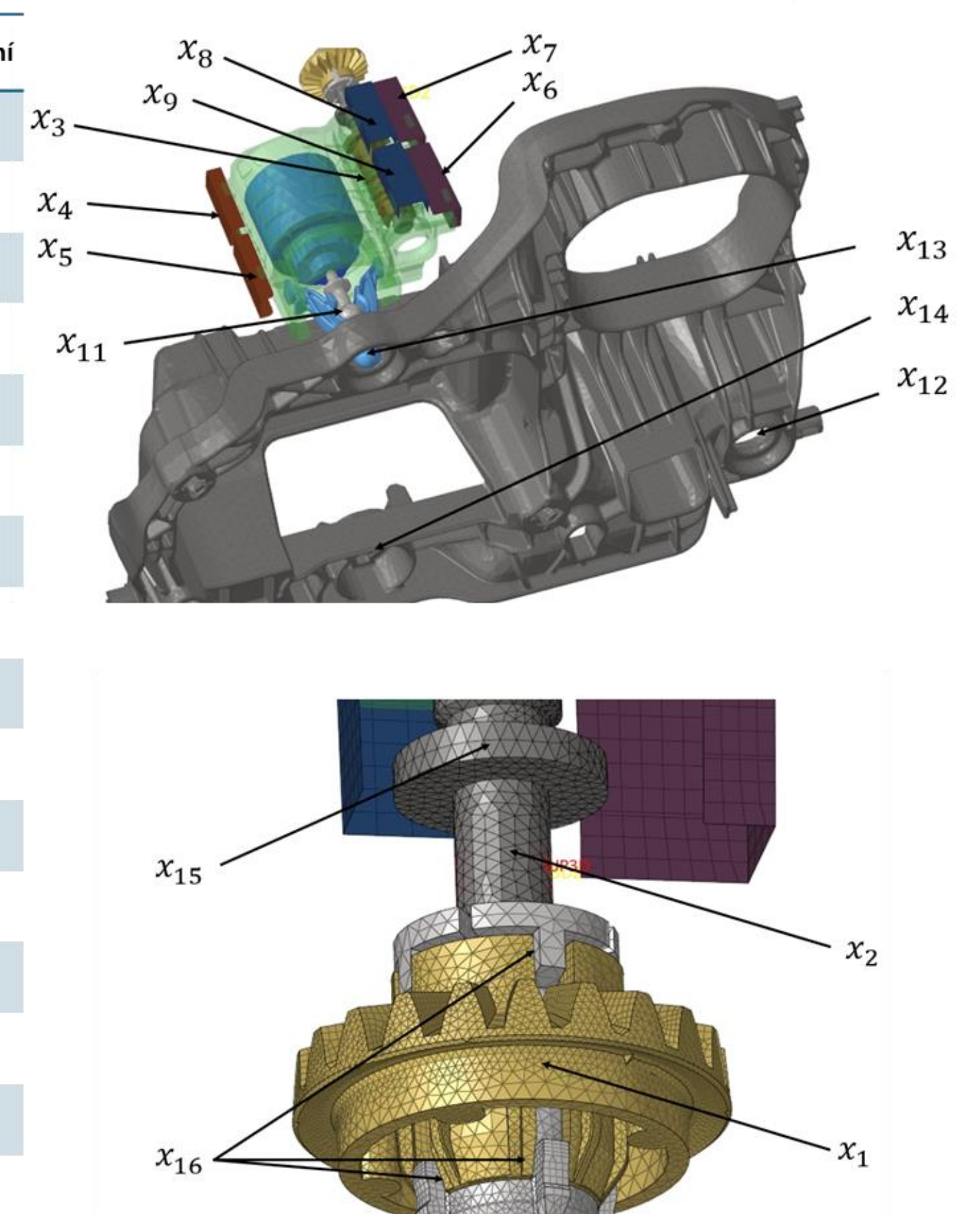


- Měření hodnot pro nastavení jednotlivých konektorů



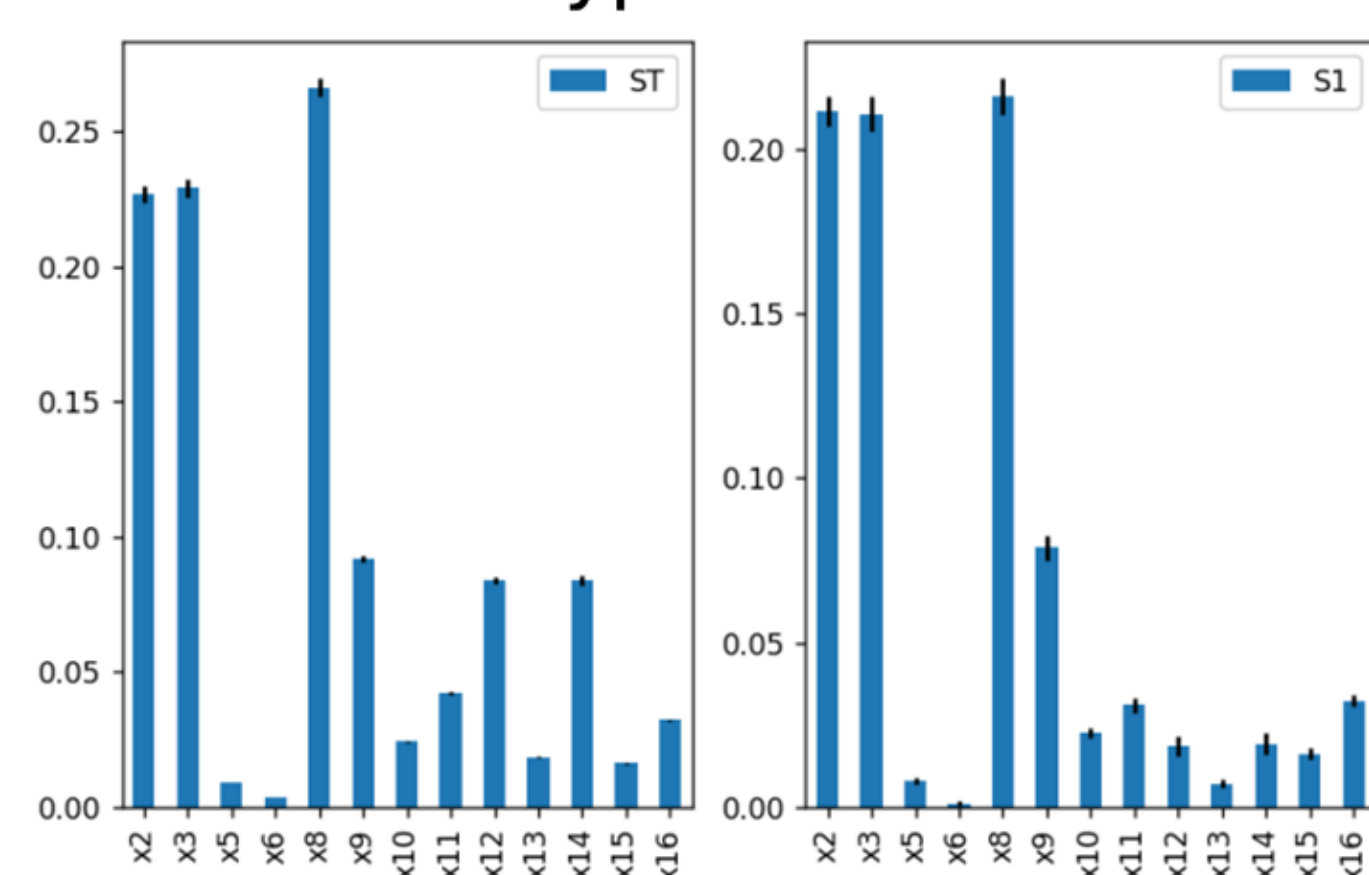
Jednotlivé proměnné s vlivem na hysterezi

| Parametr | Min | Výchozí hodnota | Max | Označení |
|---|-----------|-----------------|-------------|----------|
| Koeficient tření trans. el. × ozubené kolo (válcová plocha) | 0 | 0,15 | 0,3 | x_1 |
| Odporový třecí moment těsnící gumy | 10 Nmm | 200 Nmm | 400 Nmm | x_2 |
| Odporový třecí moment nast. šroubu | 10 Nmm | 100 Nmm | 200 Nmm | x_3 |
| Vůle pouzdro × LWR, levý zadní | 0 mm | 0,05 mm | 0,1 mm | x_4 |
| Vůle pouzdro × LWR, levý přední | 0 mm | 0,05 mm | 0,1 mm | x_5 |
| Vůle pouzdro × LWR, pravý zadní | 0 mm | 0,05 mm | 0,1 mm | x_6 |
| Vůle pouzdro × LWR, pravý přední | 0 mm | 0,05 mm | 0,1 mm | x_7 |
| Vůle pouzdro × LWR, horní zadní | 0 mm | 0,05 mm | 0,1 mm | x_8 |
| Vůle pouzdro × LWR, horní přední | 0 mm | 0,05 mm | 0,1 mm | x_9 |
| Koeficient tření pouzdro × LWR | 0 | 0,1 | 0,4 | x_{10} |
| Odporový třecí moment omega el. bod | 10 Nmm | 50 Nmm | 200 Nmm | x_{11} |
| Odporový třecí moment horizont. bod | 10 Nmm | 50 Nmm | 200 Nmm | x_{12} |
| Odporový třecí moment vertikální bod | 10 Nmm | 50 Nmm | 200 Nmm | x_{13} |
| Odporový třecí moment fixační bod | 10 Nmm | 50 Nmm | 200 Nmm | x_{14} |
| Modul pružnosti E nastavovací šroubu | 5 000 MPa | 12 000 MPa | 200 000 MPa | x_{15} |
| Vůle trans. el. × ozubené kolo (drážky) | 0 mm | 0,1 mm | 0,2 mm | x_{16} |



Citlivostní a regresní analýza, DOE

- Lineární regresní analýza pomocí programu R s polynomickými a interakčními členy
- Citlivost – Sobolovy koeficienty
- DOE – hledání možných interakcí
- Celkem 400 výpočtů



| Závislé proměnné: | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Hystereze [vCOL (mm/10m wall)] | | | |
| x_2^2 | 1,071e-04*** (1,95e-05) | x_2^3 | -1,863e-07*** (4,815e-08) |
| x_3 | 2,772e-02*** (4,264e-03) | x_9 | -2,781e+01*** (5,282e+00) |
| x_{10} | 4,014e+00** (1,243e+00) | x_{12} | 1,840e-02*** (4,483e-03) |
| x_{14} | 1,900e-02*** (4,508e-03) | x_{15} | -7,709e-06* (4,119e-06) |
| x_{16} | 1,021e+01* (9,800e+00) | $(x_2 x_3)^2$ | -9,880e-15*** (2,961e-15) |
| $x_5 x_8$ | 1,168e-01* (4,749e-02) | $x_5 x_8$ | -1,024e+02* (3,970e+01) |
| $x_5 x_{10}$ | -2,527e+01* (1,302e+01) | $x_6 x_8$ | 8,727e+01* (4,147e+01) |
| $x_6 x_{10}$ | 3,050e+01* (1,384e+01) | $x_6 x_{13}$ | -6,173e-02* (2,665e-02) |
| $x_8 x_9$ | 4,467e+02* (1,816e+02) | $(x_6 x_9)^2$ | -2,146e+07* (1,084e+07) |
| $(x_4 x_9)^2$ | 1,897e+11* (9,717e+10) | $x_9 x_{12}$ | 2,580e-01*** (4,434e-02) |
| $x_8 x_{13}$ | -9,270e-02** (3,236e-02) | $x_8 x_{14}$ | 2,561e-01*** (4,433e-02) |
| $x_{11} x_{12}$ | -7,598e-05** (2,704e-05) | $x_{12} x_{13}$ | 4,825e-05* (2,716e-05) |
| $x_{11} x_{14}$ | -7,260e-05** (2,698e-05) | $x_{12} x_{14}$ | -3,986e-04*** (1,001e-04) |
| $(x_{12} x_{14})^2$ | 2,729e-13*** (4,703e-14) | $(x_{12} x_{13} x_{14})^2$ | -1,371e-20*** (1,577e-21) |
| Konstanta | 1,175e+00 (1,104e+00) | | |
| Pozorování | 380 | | |
| R ² | 0,802 | | |
| Adjusted R ² | 0,786 | | |
| Residual Std. Error | 1,898 (df = 369) | | |
| F Statistic | 53,230*** (df = 28; 369) | | |

Poznámka: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Shrnutí výsledků práce

- Vytvoření výpočtového modelu, který je schopen stanovit hodnotu hystereze, která se shoduje s měřením
- Zjištění vliv jednotlivých parametrů u konkrétního nastavovacího mechanismu
- Stanoveny základní příčiny hystereze
- Při porovnání výsledků modelu A a B se ukázalo, že výsledky nejsou přenositelné z jednoho modelu na druhý
- Z tohoto důvodu je nutná tvorba modelu pro každý nastavovací mechanismus zvlášť

| Parametr u výpočtového modelu A | Měření | Výpočet |
|---------------------------------|------------|---------|
| Hystereze [vCOL(mm/10 m wall)] | 10 až 20 | 10,42 |
| Moment na vstupu [Nmm] | 300 až 600 | 301,8 |