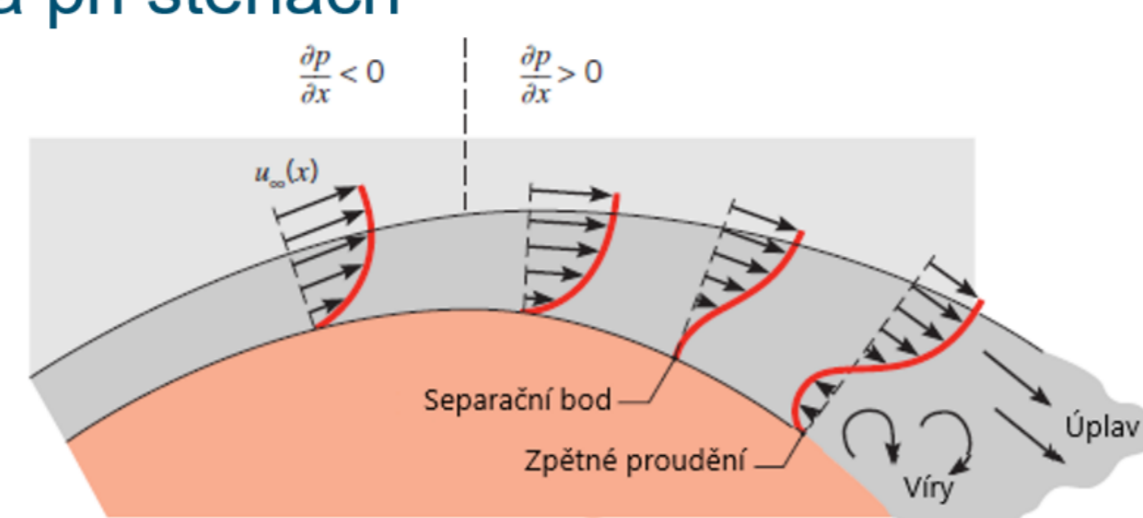


PŘÍČINA VZNIKU VIBRACÍ



- Proudění viskózní kapaliny → mezní vrstva při stěnách
- Separace mezní vrstvy → vznik úplavu
- Závislost na Reynoldsově čísle
- Karmánova vírová stezka
- Odporová a vztlaková síla funkcí času

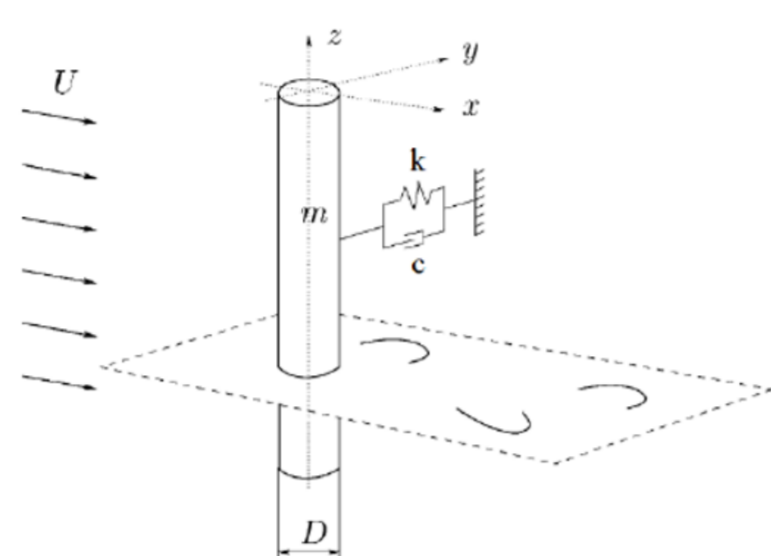


Tokem buzené vibrace

- Nežádoucí jev
- Rezonanční stavy, cyklické namáhání
- Obtížné či nemožné měření (hydraulické stroje)

Cíle práce:

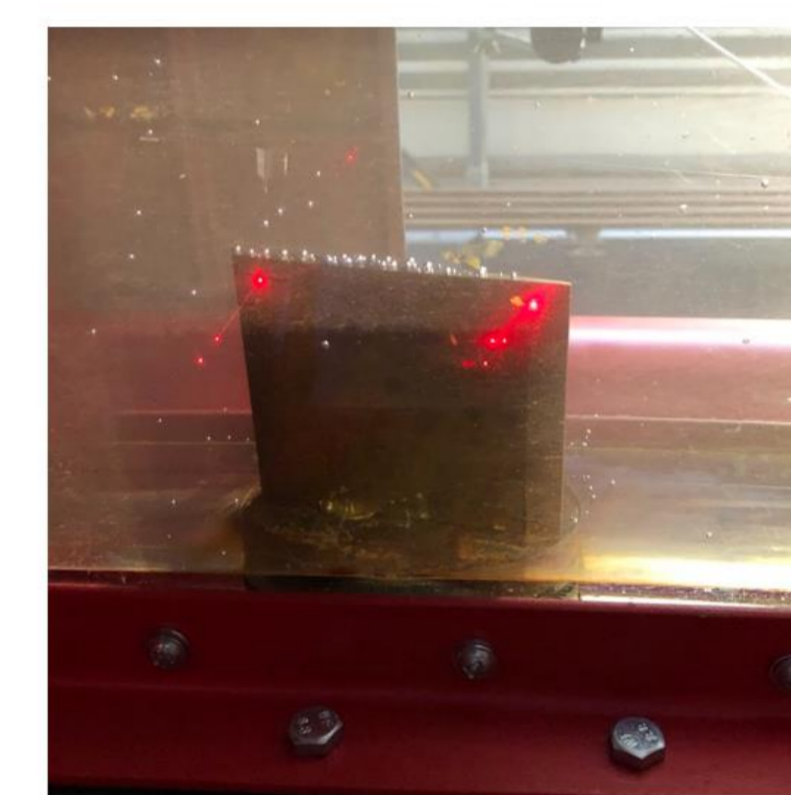
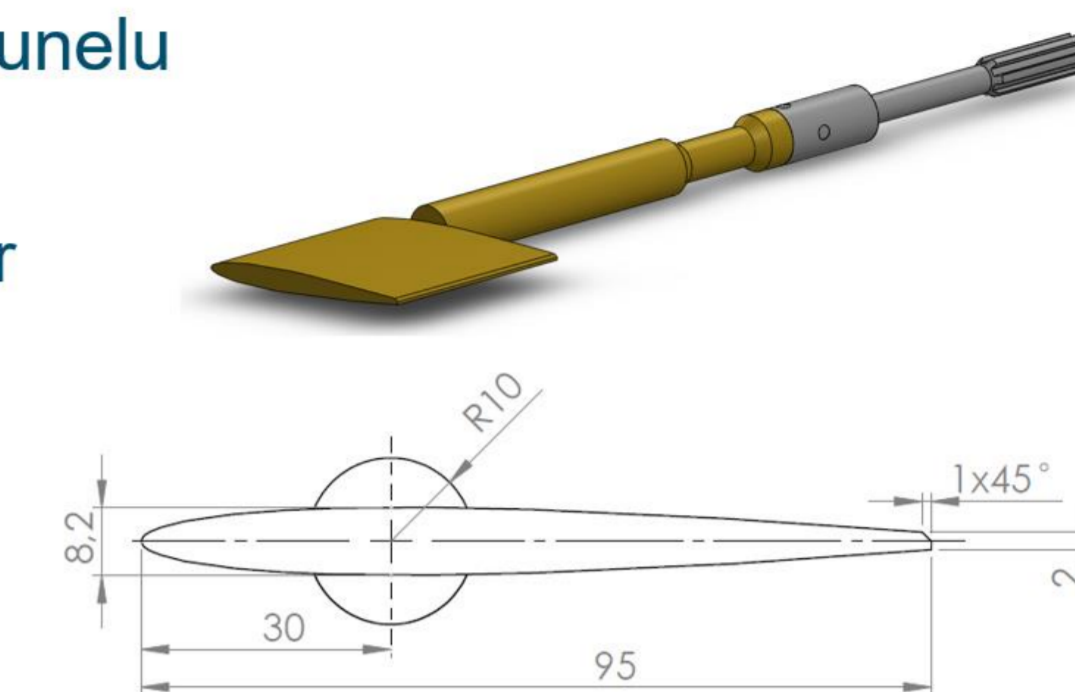
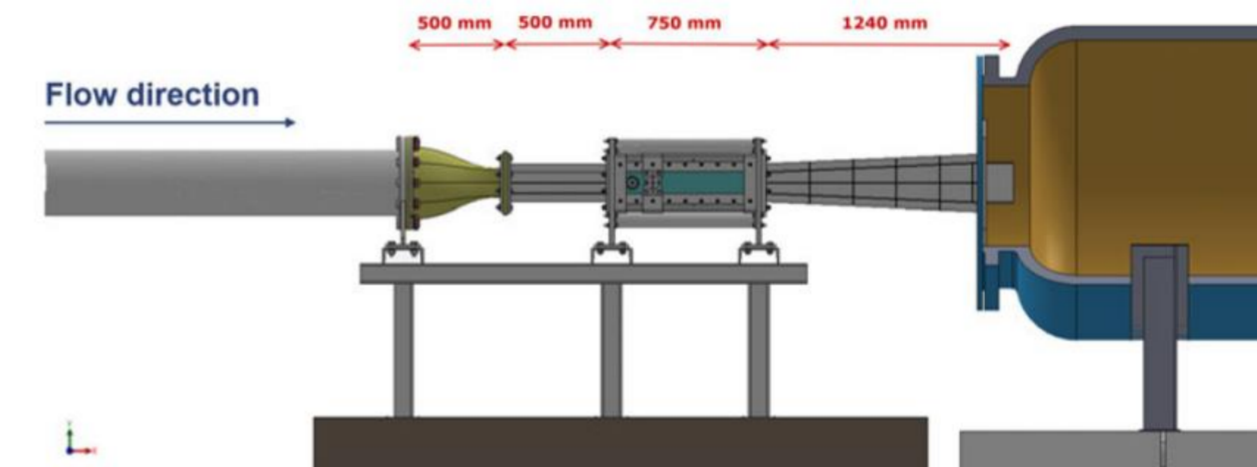
- Návrh experimentu
- Vyhodnocení vibrací a tlakových pulzací
- Pokusit se o vyhodnocení nejistot měření dynamických jevů



EXPERIMENT



- Hydraulický profil umístěný do kavitačního tunelu
- Průtoky 8 až 150 l/s, úhly natočení 0 až 20°
- **Mechanické vibrace:** 2x laserový vibrometr
- **Tlakové pulzace:** piezoelektrický tlakoměr
- Průtokoměr, snímač akustické emise



Očekávání

- Buzení od Karmánových vírů pro 0° až xx° + lock-in
- Samobuzené kmitání pro vyšší úhly

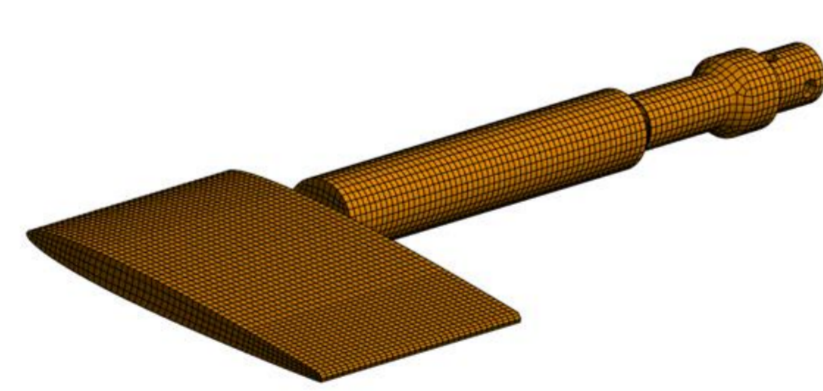
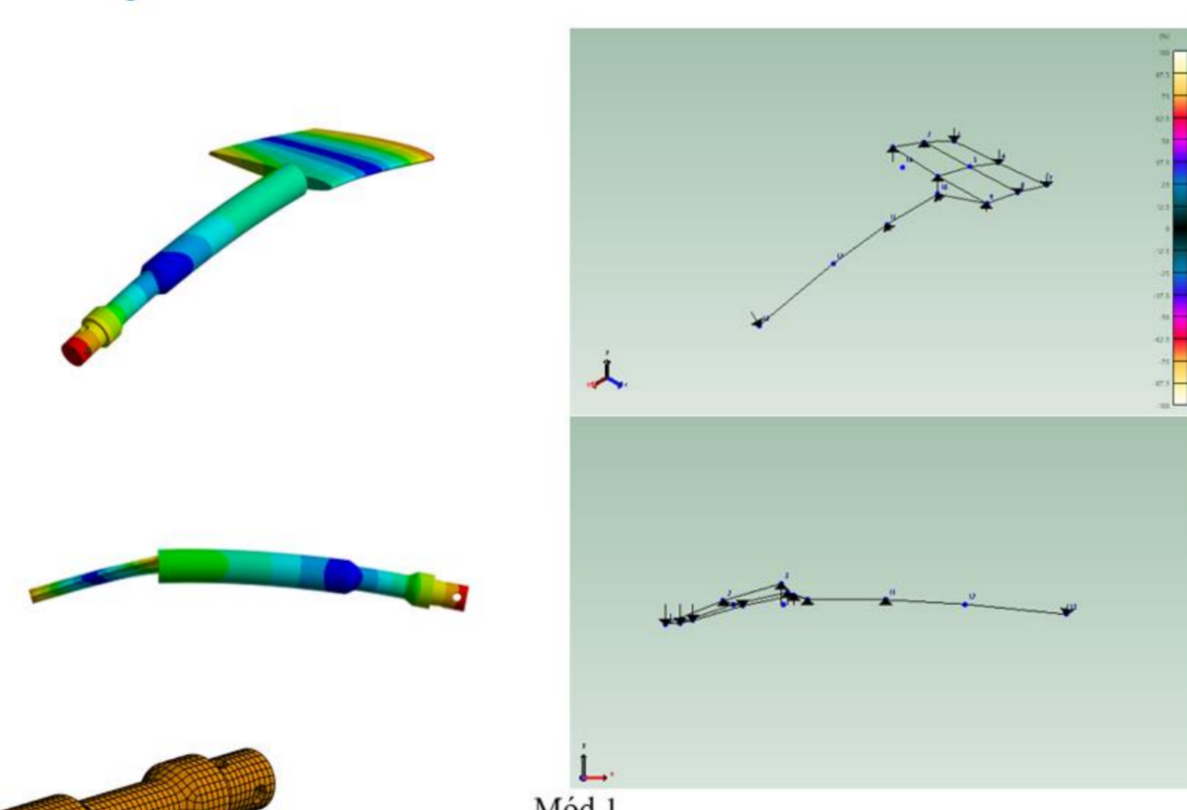
MODÁLNÍ ANALÝZA LOPATKY



- **Numerická modální analýza:** ANSYS Mechanical Modal/Modal Acoustic
- **Experimentální m. a.:** modální kladívko, piezoelektrický akcelerometr, BK Connect

1) Volně uložená lopatka – ověření výpočtů experimentem

Mód	Frekvence BK Connect [Hz]	Frekvence ANSYS [Hz]
1	684	671
2	791	790
3	1448	1457
4	1942	1947
5	1994	2045
6	2583	2612,1



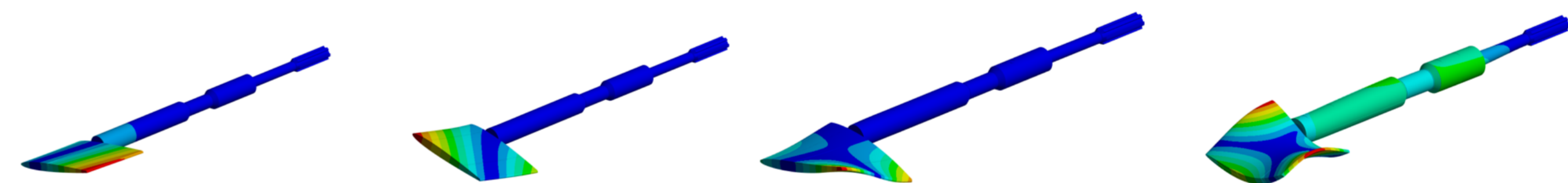
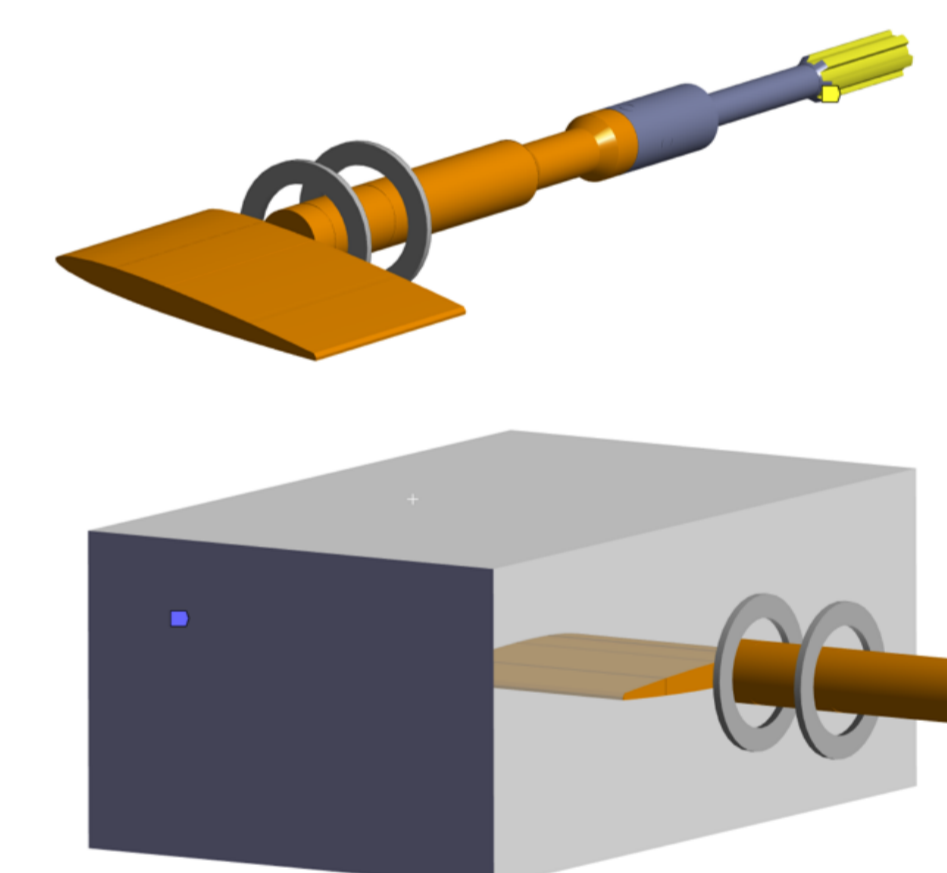
MODÁLNÍ ANALÝZA LOPATKY



2) Lopatka v trati bez/s okolní vodou – stanovení odezvy a přídavných účinků od kapaliny, měřitelné módy pomocí LDV

Mód	Frekvence bez vody [Hz]	Frekvence s vodou [Hz]	Pokles [Hz]
1	244	172	72
2	499	401	98
3	698	696	2
6	1935	1516	419
7	1947	1930	17
8	2384	2179	205

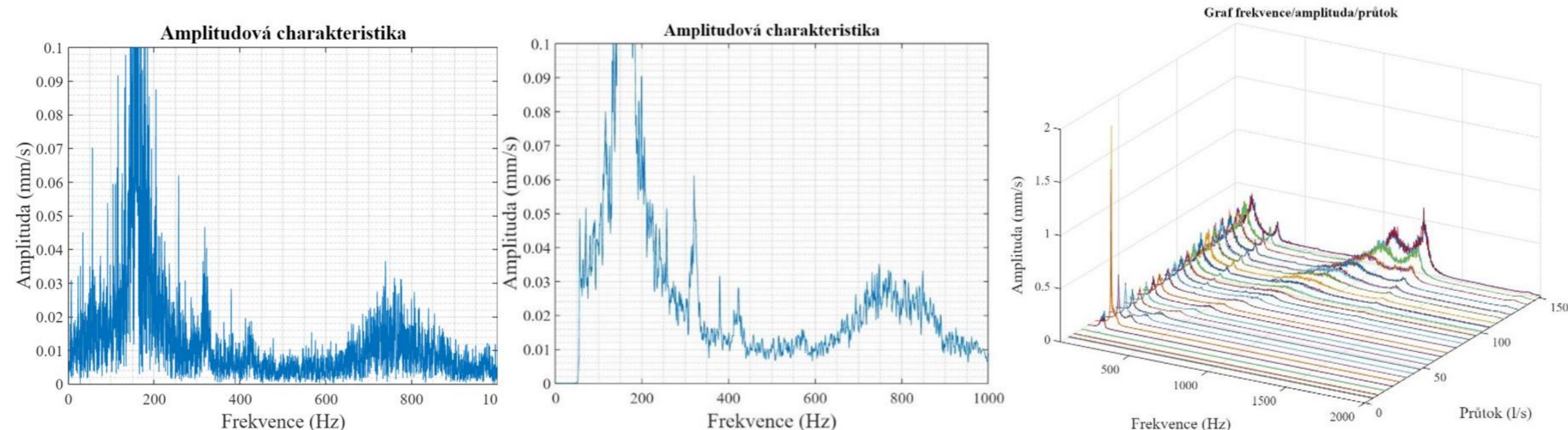
- Měřitelné vl. tvary: 1, 2, 6, 8



VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU



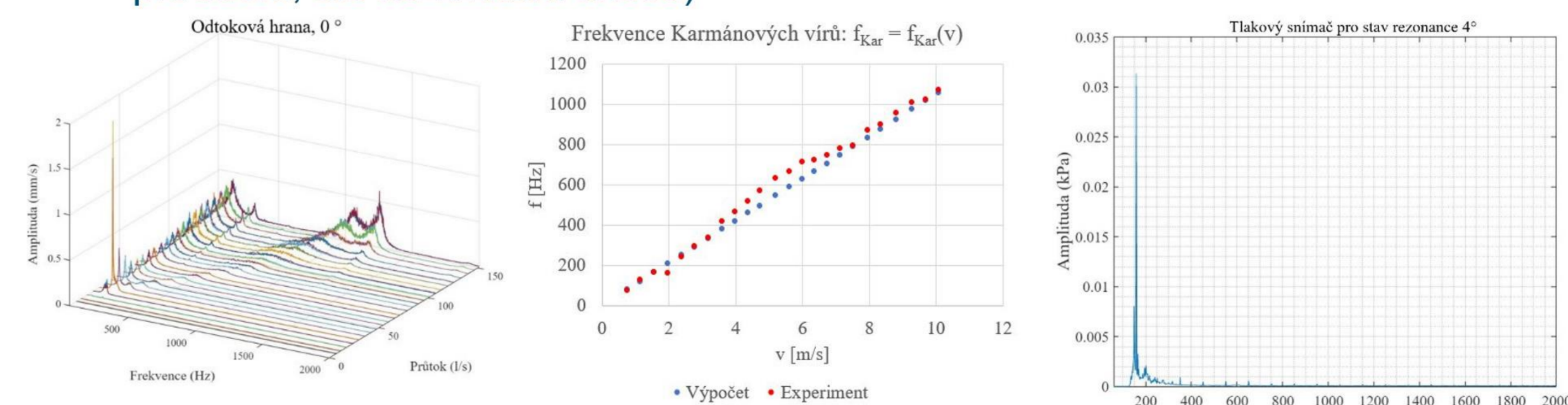
- **Měření:** pro každý provozní bod 3 záznamy o délce 4 s a vzorkovací frekvenci 50 kHz
- Frekvenční spektra pro náběžnou/odtokovou hranu (LDV) a piezoelektrický tlakoměr
- Velký šum
 - Zprůměrování 3 měření pro daný průtok, každé rozděleno na 4x1s = 12 úseků
 - Časové okno typu Hanning
 - Bandpass filtr 60 – 3000 Hz



VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU



- 0° až 12° viditelné vlastní frekvence + buzení od Karmánových vírů, rezonance, lock-in režim (= frekvence tvorby vírů nezávisí na rychlosti proudění, ale na kmitání tělesa)



- 14° až 20° dominance 1. a 6. vlastní frekvence

Nejistota měření

- **Problém:** předpoklad statického měření, konstantní veličina
- První zmínka v pokynech ohledně dyn. měření 2020
- Diskretizace spojitého signálu, signal processing a teorie systémů
- Dílčí nejistoty: digitální filtry, přenosové charakteristiky, FFT

