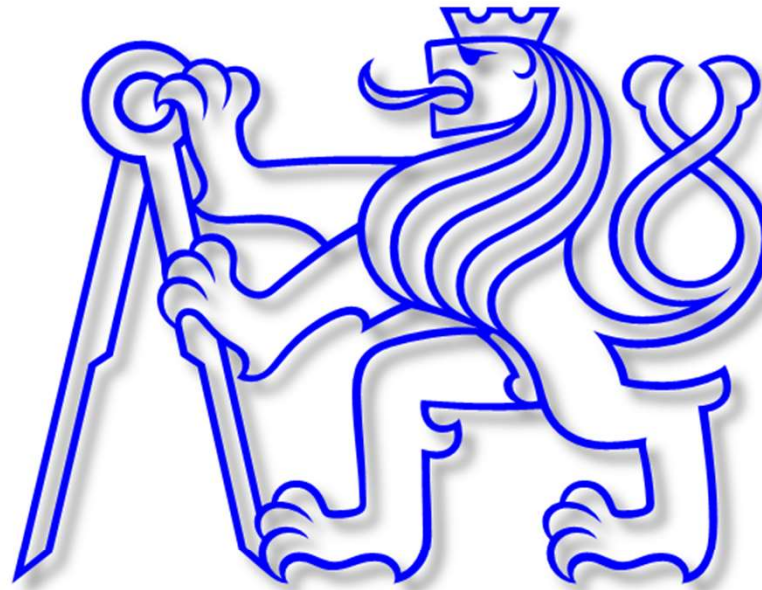


# **Předmět: 132DKBU**

**Úvod, diagnostické systémy, příklady  
monitorování statického a dynamického  
chování stavebních konstrukcí**



**prof. Ing. Michal POLÁK, CSc.**

**Fakulta stavební, ČVUT v Praze**

© 2004 - 2024

# Diagnostika stavebních konstrukcí:

- Postup, kdy se pomocí **experimentálních metod** zjišťuje **skutečný stav určité stavební konstrukce** a na základě zjištěného stavu se navrhuje **opatření** na zajištění její **provozní schopnosti**.

## Diagnostika:

- lékařská diagnostika,
- technická diagnostika,
  - elektrotechnická,
  - strojní,
  - stavební.

# Technická diagnostika:

- **Technická disciplína, která se zabývá:**

- **metodami a**

- **prostředky**

**používanými pro zjištění technického stavu diagnostikovaného objektu.**

# Technická diagnostika - pokračování:

- Zjišťování technického stavu sledovaného objektu zpravidla probíhá:
  - nedestruktivními postupy,
  - bezdemontážními postupy.
- Návrh opatření na základě zjištěného stavu diagnostikovaného objektu.
- Diagnostika stavebních konstrukcí se značně překrývá s **experimentální analýzou konstrukcí.**

# Technická diagnostika - činnosti:

- **diagnóza,**
- **geneze,**
- **prognóza.**

## Diagnóza:

- **Analýza okamžitého stavu objektu.**
- **Vyhodnocení provozuschopnosti objektu za daných podmínek.**
- **Základní úkoly diagnózy:**
  - **detekce** závady nebo poruchy,
  - **lokalizace** závady nebo poruchy.

## **Detekce závady nebo poruchy:**

- Zjištění **existence** závady, částečné nebo úplné poruchy objektu.

## **Lokalizace závady nebo poruchy:**

- Určení **polohy (místa na konstrukci)**, kde se závada nebo porucha diagnostikovaného objektu nachází.

## **Závada:**

- Jev, při kterém je objekt ještě provozuschopný.

## **Porucha:**

- **Závažná závada.**
- Jev, který ukončuje provozuschopnost objektu.

## Poznámka:

- Objekt může být provozuschopný, ale se závadami.

## Geneze:

- Analýza příčin závady nebo poruchy.

## Prognóza:

- Je **extrapolace (odhad)** vývoje technického stavu sledovaného objektu do budoucnosti:
  - Stanovení pravděpodobnosti bezporuchového stavu v následujícím období.
  - Stanovení termínů dílčích nebo generálních oprav.

## **Technický stav (stavebně technický stav):**

- **Schopnost konstrukce vykonávat požadované funkce za stanovených podmínek jejího užívání.**
- **Je dán množinou vybraných vlastností objektu v určitém časovém okamžiku.**
- **Tyto vlastnosti se s časem mění až do okamžiku, kdy elementární prvek svým chováním způsobí poruchu celého objektu nebo jeho části.**



## **Provozuschopnost objektu:**

- **Stav objektu, ve kterém je objekt schopen vykonávat stanovené funkce dle technických podmínek.**

## **Spolehlivost objektu:**

- **Schopnost konstrukce plnit stanovené požadavky po celou předpokládanou dobu životnosti.**
- **Pravděpodobnost, že požadované vlastnosti objektu budou zachovány.**
- **Pravděpodobnost, že objekt bude provozuschopný.**

# Diagnostický systém:

- **Je tvořen:**
  - **diagnostikovaným objektem,**
  - **diagnostickými prostředky:**
    - **technickými zařízeními,**
    - **pracovními postupy,**
  - **obsluhou diagnostických prostředků.**

# Diagnostický systém:

- **Může pracovat v různých režimech:**
  - **On - line:**
    - **Vyhodnocuje technický stav objektu při jeho provozu.**
  - **On – line, monitorovací systém:**
    - **Trvale sleduje technický stav objektu s průběžným vyhodnocováním kritických stavů objektu, při kterých je nutné objekt odstavit.**
  - **Off - line:**
    - **Objekt je mimo provoz při aplikaci diagnostického systému.**

# Údržba objektu:

- **Je realizována:**
  - **údržbou při poruše objektu (je spojena s přerušáním provozu),**
  - **údržbou dle časového plánu (je prováděna buď zbytečně příliš brzy, nebo naopak pozdě),**
  - **údržbou dle skutečného technického stavu objektu (na základě údajů diagnostiky).**

## **Diagnostická veličina:**

- **Veličina, která je nositelem informace o technickém stavu objektu, např.:**
  - **průhyb – tuhost,  $E$ ,  $I$ , vznik trhlin,**
  - **poměrná deformace – přírůstek napětí v sledovaném bodu,**
  - **vlastní frekvence – předpínací síla v lanu.**

## **Problém:**

- **Jeden následek může být způsoben několika příčinami.**
- **Jedna příčina může způsobit několik následků.**

# Diagnostické modely:

- **Modelování – účelové zjednodušení originálu.**
- **Model se používá:**
  - **ke studiu chování diagnostikovaného objektu,**
  - **k simulaci vývoje chování diagnostikovaného objektu.**
- **Typy diagnostických modelů:**
  - **abstraktní, matematické, teoretické modely,**
  - **fyzikální modely.**

# Diagnostické modely:

- **Lze použít např.:**
  - **pro simulaci jednotlivých poruch a následnou analýzu vlivu těchto poruch na chování objektu.**
  - **pro návrh a ověření diagnostických algoritmů.**
  - **pro návrh a ověření diagnostických veličin a zvolených kritérií.**
  - **Pro analýzu vývoje technického stavu objektu – pro prognózu.**

# **Fyzikální model:**

- **Hmotný a reálný objekt zhotovený**
  - **na stejném fyzikálním principu:**
    - **model v měřítku 1:1,**
    - **zmenšený model - nutno zohlednit zákony modelové podobnosti,**
  - **na analogickém fyzikálním principu.**

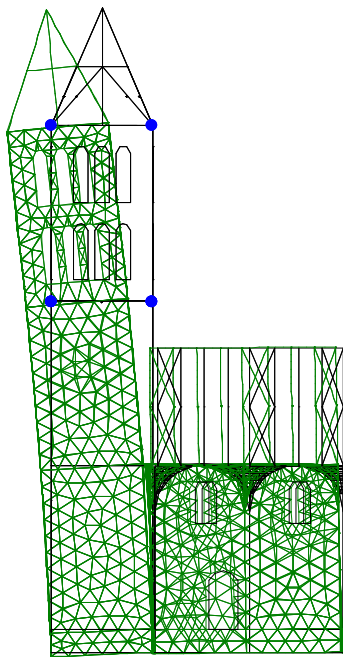


# Abstraktní model, matematický model, teoretický model:

- Chování diagnostikovaného objektu popsané pomocí matematických vztahů.

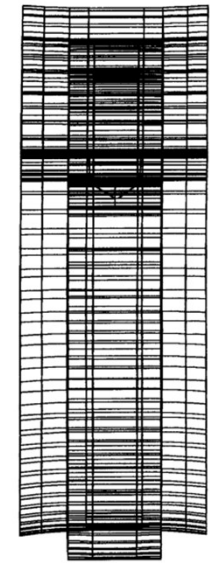
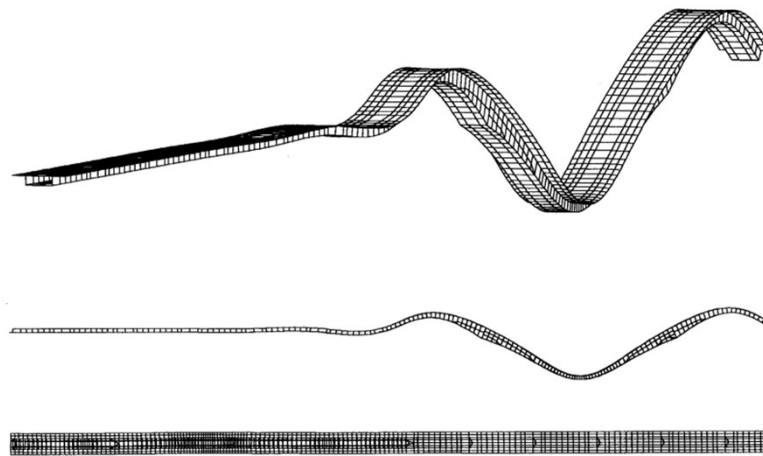
$$[k] \{r(t)\} = \{F(t)\}$$

$$[m] \{\ddot{r}(t)\} + [b] \{\dot{r}(t)\} + [k] \{r(t)\} = \{F(t)\}$$



Most Vepřek

Model 3 1. tvar vlastního kmitání



## **Diagnostika - ideál:**

- **Vytváří se databanka technického stavu každého sledovaného objektu.**
- **Na základě změny technického stavu lze usuzovat na vznik závady, poškození nebo poruchy sledovaného objektu.**

# **Monitorování stavebních konstrukcí:**

- **Periodické nebo soustavné sledování vybraných parametrů nosné konstrukce stavby pomocí experimentálních metod.**
- **Na základě změny sledovaných parametrů se usuzuje na vznik závad nebo poruch konstrukce, případně na snížení únosnosti a životnosti sledované konstrukce.**
- **V některých případech výsledky monitoringu mohou být využity jako podklad k rozhodnutí o nutnosti rektifikace sledované konstrukce nebo jejích částí (např. sledování sil v táhlech lanoplachtových konstrukcí).**

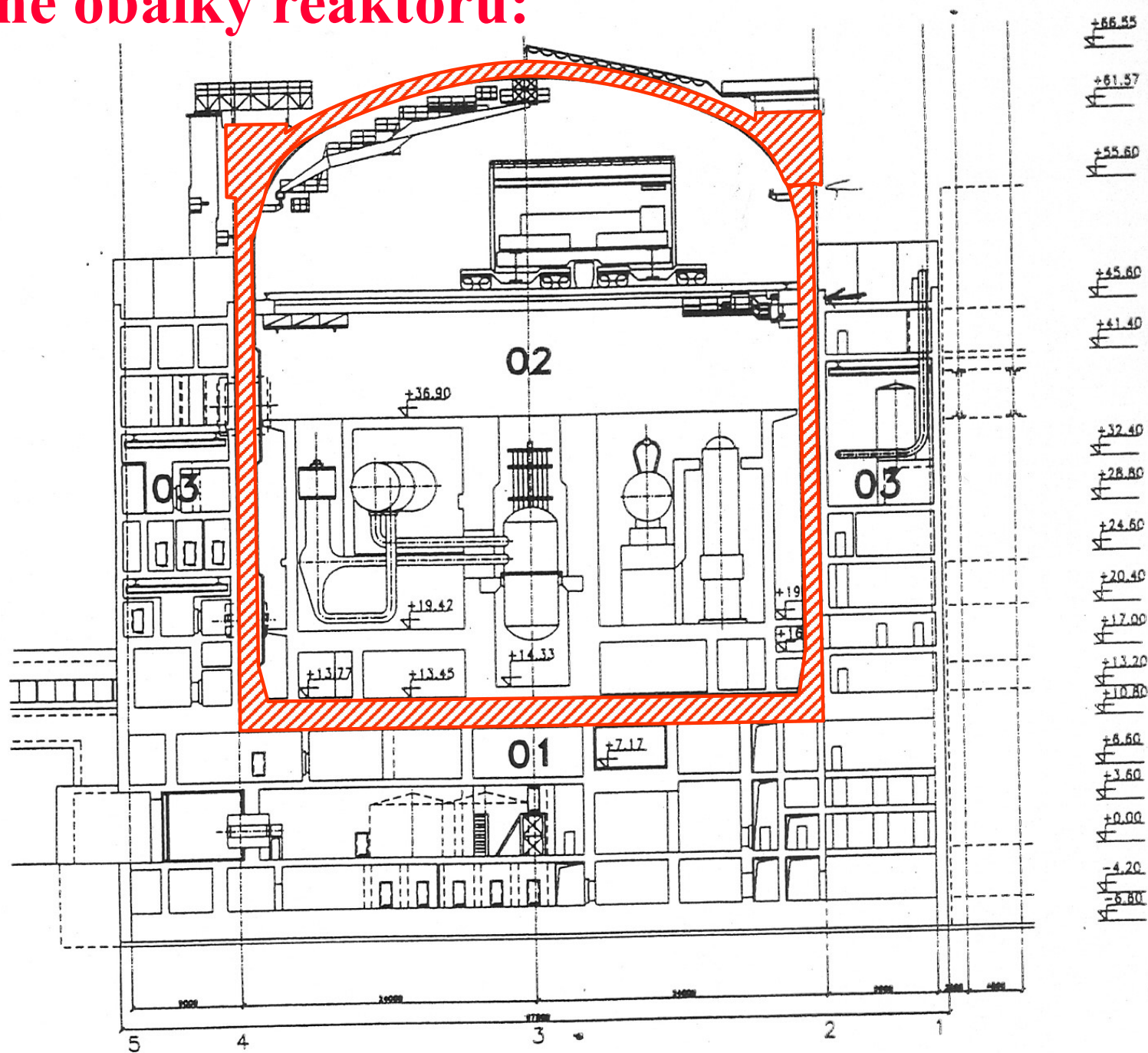
# Monitorování stavebních konstrukcí:

- **Monitoring může být použit i pro kontrolu správné funkce některých částí stavby, zda se chovají v souladu s předpoklady (např. monitorování chování řídicí tyče mostu).**
- **Monitoring může být použit i k objasnění nestandardního jevu (např. nadměrných vibrací závěsů zavěšeného mostu).**
- **Při výstavbě může být monitorování použito pro kontrolu správného postupu výstavby, například:**
  - **monitorování správného nastavení sil v táhlech budovy Amazon Court),**
  - **monitorování polohy mostní konstrukce při výstavbě metodou vysouvání.**

# **Příklady monitorování stavebních konstrukcí:**

- **ochranná obálka reaktoru v Jaderné elektrárně Temelín (JETE),**
- **budovy v nadloží tunelu Mrázovka,**
- **lanoplachtová konstrukce tramvajové zastávky K Barrandovu,**
- **vysílač v Praze na Žižkově,**
- **železniční most u Břeclavi (tzv. Oskar),**
- **most přes Vltavu v Praze Tróji - závěsy,**
- **zavěšený most na Jižní spojnici v Praze – závěsy.**

# JETE – Jaderná elektrárna Temelín – diagnostika stavu ochranné obálky reaktoru:



# **JETE – Jaderná elektrárna Temelín – diagnostika stavu ochranné obálky reaktoru:**

- **Dva diagnostické systémy:**
  - **Strojařský** – zaměřený na provozuschopnost strojní technologie – jaderného reaktoru, primárního okruhu, bezpečnostních systémů.
  - **Stavařský** – zaměřený na provozuschopnost ochranné obálky reaktoru.

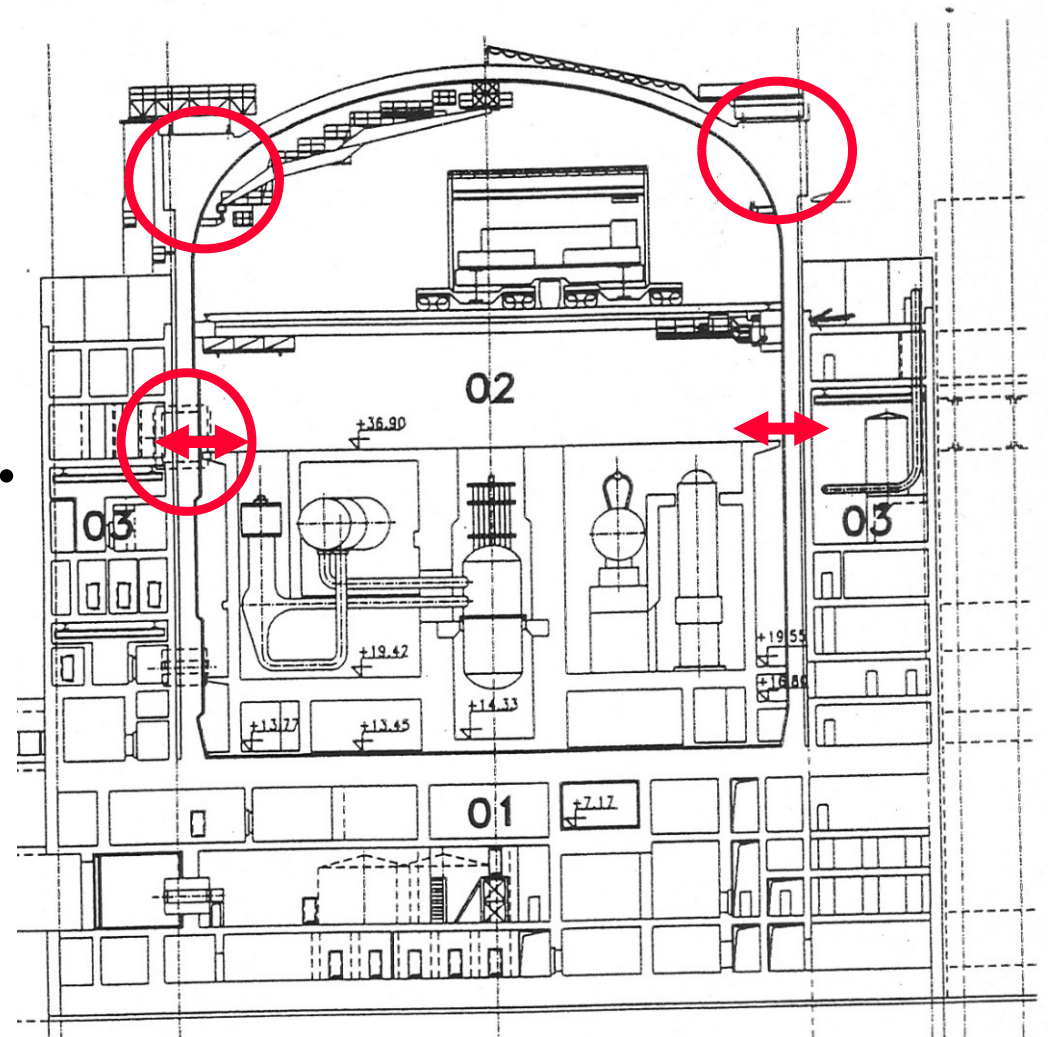
## **Stavařský diagnostický systém:**

- **kontrola technického stavu objektu – ochranné obálky reaktoru (kontejnmentu),**
- **zda je ochranná obálka schopna plnit její ochrannou funkci v případě havárie jaderného reaktoru.**

# JETE – Jaderná elektrárna Temelín – diagnostika stavu ochranné obálky reaktoru:

## Diagnostická veličina:

- Přetvoření ochranné obálky reaktoru:
  - posuny, přemístění (induktivní snímače dráhy),
  - poměrné deformace (strunové tenzometry).





# **JETE – Jaderná elektrárna Temelín – diagnostika stavu ochranné obálky reaktoru:**

## **Diagnóza:**

- **Analýza okamžitého stavu objektu:**
  - **nadměrné deformace nebo posuny => detekce závady nebo poruchy,**
  - **vyhodnocování provozuschopnosti objektu za okamžitých podmínek.**

## **Geneze:**

- **Analýza příčin poruchy:**
  - **pevně doufám, že dosud nebyla potřeba.**

# **JETE – Jaderná elektrárna Temelín – diagnostika stavu ochranné obálky reaktoru:**

## **Prognóza:**

- **Teorie řízeného stárnutí kontejnmentu:**
  - realizována na základě matematických modelů,
  - korekce modelů a jejich parametrů na základě dat měřených diagnostickým systémem.

# **Monitorování budov v nadloží tunelu Mrázovka:**

## **Problém:**

- **Sedání nadloží tunelu při jeho ražbě,**
- **⇒ stávající závady a vznik nových závad budov nacházejících se nad tunelem – poškození trhlinami,**
- **prováděcí firma (Metrostav):**
  - **potřeba kontinuálního monitorování chování vybraných trhlin,**
  - **potřeba včasného zachycení potenciální poruchy vedoucí k destrukci budovy.**

# **Monitorování budov v nadloží tunelu Mrázovka:**

## **Technická diagnostika:**

- **Metody a prostředky pro zjištění technického stavu budov v nadloží:**
  - **osazení snímačů přes trhliny,**
  - **kontinuální monitorování chování trhlin a teploty konstrukce,**
  - **automatické vyhodnocování kritického stavu,**
  - **automatické vyhlášení poplachu při vzniku kritického stavu**
    - **SMS zpráva a následně telefonát zodpovědným osobám.**

# **Monitorování budov v nadloží tunelu Mrázovka:**

## **Diagnostická veličina:**

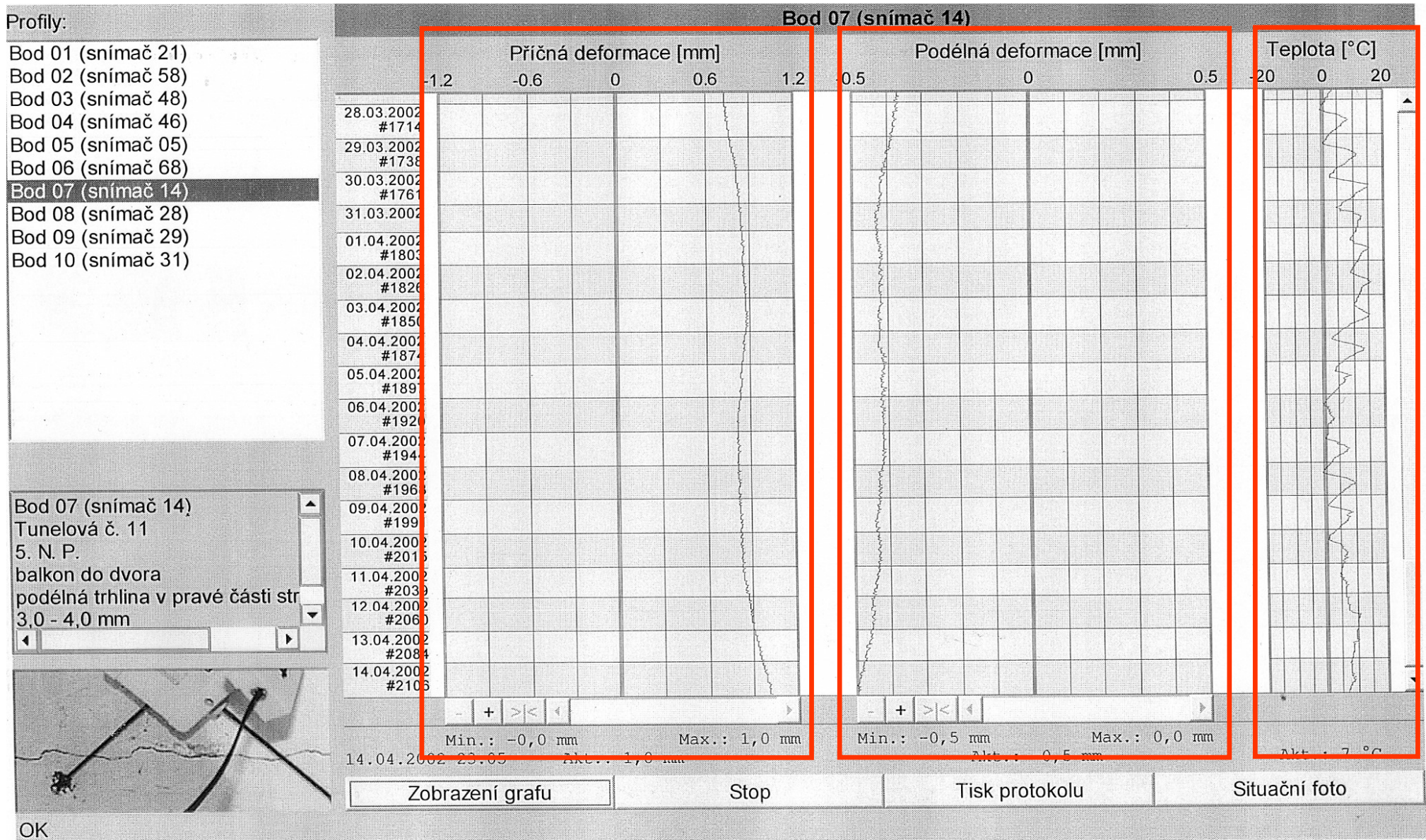
- velikost rozevření trhliny.

## **Diagnostické prostředky:**

- technická zařízení:
  - snímače,
  - zesilovače,
  - měřicí ústředna.
- pracovní postup:
  - program pro záznam a vyhodnocení měřených dat,
  - kontrolu překročení limitních hodnot a
  - automatické vyhlášení poplachu.

# Monitorování budov v nadloží tunelu Mrázovka:

Převzato z: [www.volny.cz/tun/demo](http://www.volny.cz/tun/demo):



# Monitorování budov v nadloží tunelu Mrázovka:

## Diagnostický systém:

- **Pracoval v režimu On – line:**
  - **kontinuální odečítání rozevření trhlin za provozu sledovaných objektů,**
  - **fáze provozu objektu.**

## Diagnóza:

- **Analýza okamžitého stavu objektu:**
  - **sledování úrovně rozevření trhlin,**
  - **sledování, zda rozevření trhlin nepřekročilo nastavenou limitní hodnotu,**
  - **⇒ detekce potenciální poruchy.**

# Monitorování budov v nadloží tunelu Mrázovka:

## Geneze a prognóza:

- **Analýza příčin poruchy a**
- **odhad vývoje technického stavu objektu:**
  - **okamžité zastavení ražby,**
  - **shromáždění zodpovědných osob,**
  - **rozbor situace, návrh opatření.**



# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci: Zastřešení tramvajové zastávky „K Barrandovu“:



# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:

## Problém:

- **Nosná konstrukce je mnohokrát staticky neurčitá konstrukce.**
- **Před 1. etapou byly nejasné síly v kotevních a spojovacích lanech,**
- **zhotovitel jejich nastavenou velikost během výstavby nesledoval a ani po jejím dokončení je nezkontroloval.**
- **Během prvotní vizuální prohlídky byla patrná nejméně dvě spojovací lana, ve kterých byla nulová síla.**
- **Cílem diagnostiky bylo dosáhnout vyrovnaného namáhání jednotlivých kotevních a spojovacích lan.**

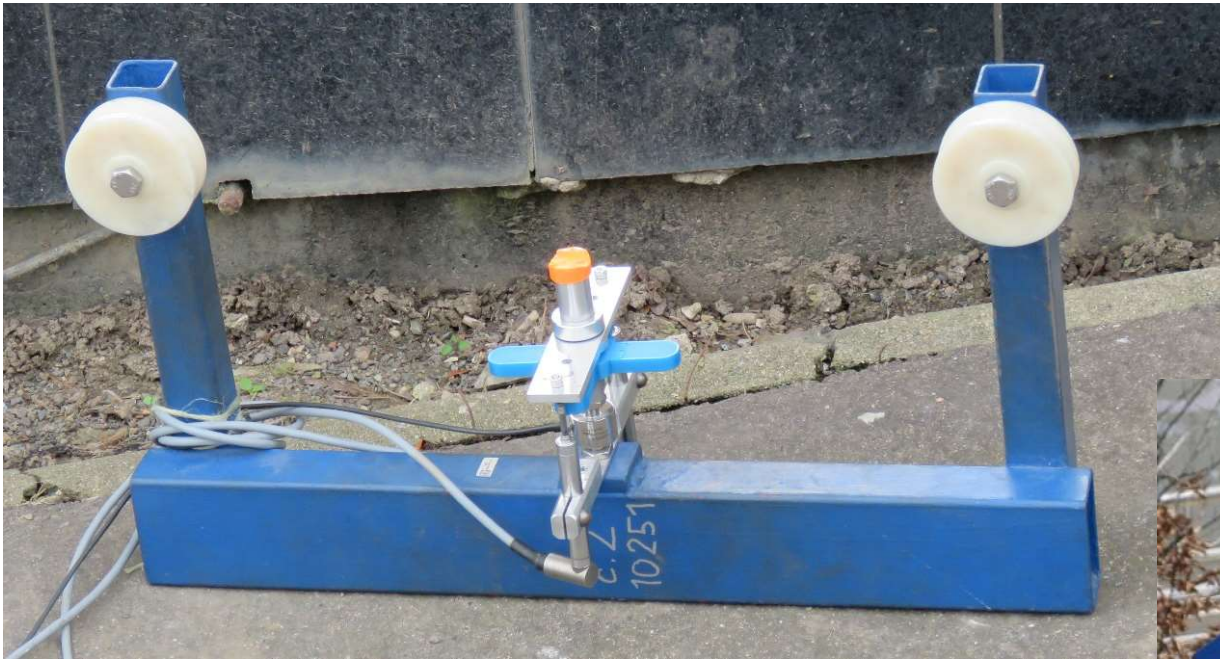
# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:

## Technická diagnostika:

- **Metody a prostředky pro zjištění technického stavu lanoplachtové konstrukce:**
  - speciální přípravek se snímačem síly a dvěma induktivními snímači dráhy,
  - vztah mezi silou ve struně  $N$  a příčnou silou  $F_p$  nutnou k jejímu příčnému vychýlení  $\Delta w$ ,
  - závislost mezi silou v laně  $N$ , příčnou silou  $F_p$  a příčným vychýlením  $\Delta w$  stanovená na základě experimentální analýzy provedené v laboratoři pro různé průměry lan zohledňujících jejich tuhost,
  - monitorování síly v dopínaných lanech.

# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:

## Princip měření síly v táhlech lanoplachtové konstrukce:



$$N = \frac{F_p}{2} \sqrt{\left(\frac{L}{2 \cdot \Delta w}\right)^2 + 1}$$



# **Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:**

## **Diagnostická veličina:**

- **velikost síly v jednotlivých lanech.**

## **Diagnostické prostředky:**

- **technická zařízení:**
  - **speciální přípravek pro měření síly v lanu,**
  - **snímač síly a dva indukční snímače dráhy,**
  - **měřicí ústředna.**
- **pracovní postup:**
  - **program pro záznam a vyhodnocení měřených dat,**
  - **znalost o velikosti síly v laně během dopínání lana.**

# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:

## Diagnostický systém:

- **Pracoval v režimu Off – line:**
  - **okamžitá znalost o velikosti síly ve vyšetřovaném laně,**
  - **kontinuální odečítání velikosti síly v laně během jeho dopínání,**
  - **ale diagnostikovaný objekt byl v režimu Off – line, provoz na tramvajové trati byl zastaven.**

# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:

## Příklad výsledků – kotevní lana:

Táhlo	Síla v táhle		
	2013 [kN]	2018 [kN]	2021 [kN]
1z	30.1	26.0	38.8
2z	13.6	10.9	6.5
3z	18.8	19.8	25.6
4z	14.5	14.0	17.2
5z	9.5	13.2	15.5
6z	13.5	9.7	17.1
7z	10.5	8.1	11.1

Táhlo	Síla v táhle		
	2013 [kN]	2018 [kN]	2021 [kN]
1'z	25.8	24.0	27.3
2'z	23.6	16.9	19.1
3'z	17.2	21.3	22.1
4'z	10.5	9.6	12.9
5'z	20.0	20.8	24.6
6'z	5.2	4.7	5.5
7'z	7.5	7.2	6.4

- Táhlo 6'z nelze dopnout, napínáky jsou na maximu rozsahu.
- Návrhová únosnost kotevních lan je  $N_d = 280$  kN.

# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:

## Příklad výsledků – spojovací lana:

Táhlo	Síla v táhle		
	2013 [kN]	2018 [kN]	2021 [kN]
<b>Av</b>	1.8	5.8	4.0
<b>Bv</b>	0.7	3.3	7.1
<b>Cv</b>	1.2	6.4	8.1
<b>Dv</b>	5.5	13.8	16.1
<b>Ev</b>	5.3	10.0	x
<b>Fv</b>	3.7	9.2	12.5
<b>Gv</b>	5.2	9.6	8.5
<b>Hv</b>	9.2	2.8	4.0
<b>Iv</b>	12.7	18.4	18.7

Táhlo	Síla v táhle		
	2013 [kN]	2018 [kN]	2021 [kN]
<b>A'v</b>	4.5	7.2	4.7
<b>B'v</b>	1.4	3.5	5.8
<b>C'v</b>	0.0	2.7	6.1
<b>D'v</b>	7.3	13.2	15.4
<b>E'v</b>	7.3	8.7	x
<b>F'v</b>	4.9	9.8	12.4
<b>G'v</b>	7.0	13.5	13.0



# Periodické sledování sil v lanoplachtové konstrukci:

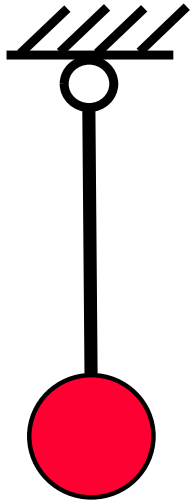
## Diagnóza:

- **Analýza okamžitého stavu objektu:**
  - stanovení sil v jednotlivých kotevních a spojovacích lanech,
  - příliš malá síla v lanu nebo příliš veliká síla v lanu,
  - $\Rightarrow$  detekce závady.

## Geneze a prognóza:

- **Analýza příčin závady a**
- **odhad vývoje technického stavu objektu:**
  - rozbor výsledků,
  - doporučení pro dopnutí (zvýšení síly) ve vybraných lanech.

# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:



- **Projekt**
  - zahájení 1984
- **Výstavba**
  - 1985 až 1992
- **Uvedení do provozu**
  - 1992

# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:

## Problém:

- **Závada (nikoliv porucha):**
  - **při vyšších rychlostech větru nesprávná funkce pohlcovače,**
  - **vyšší úroveň vibrací  $\Rightarrow$  poruchy televizního vysílání,**
  - **stížnosti obsluhy na vyšší úroveň vibrací.**

# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:

## Technická diagnostika:

- metody a prostředky pro zjištění technického stavu vysílače,
  - osazení snímačů kmitání do vrcholu věže pro kontinuální monitorování dynamického chování věže.

## Diagnostická veličina:

- časové průběhy kmitání vrcholu věže,
- frekvence vlastního kmitání věže.

# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:

## Diagnostické prostředky:

- **Technická zařízení:**
  - snímače,
  - zesilovače,
  - měřicí ústředna ovládaná řídicím programem s triggerem, který měření spustil pouze v situaci, kdy věž kmitala výrazněji.
- **Pracovní postup:**
  - program pro vyhodnocení měření zahrnující
  - statistické zpracování naměřených dat a
  - zpracování pomocí rychlé Fourierovy transformace ( FFT ).

# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:

## Diagnostický systém:

- **Pracoval v režimu On – line:**
  - **kontinuální odečítání kmitání věže – monitoring,**
  - **záznam naměřených dat spuštěn automaticky při překročení nastavené hranice kmitání,**
  - **fáze provozu objektu.**
- **Zpracování dat v režimu Off – line:**
  - **Vyhodnocování neprobíhalo průběžně,**
  - **zaznamenaná data byla vyhodnocena dodatečně v laboratoři.**

# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:

## Diagnóza:

- **Analýza okamžitého stavu objektu:**
  - **stanovení úrovně kmitání při vyšších rychlostech větru,**
  - **stanovení skutečné hodnoty základní frekvence vlastního kmitání věže,**
  - **stanovení středu otáčení věže při kmitání v buzeném vlastním tvaru (základním vlastním tvaru),**
  - **stanovení míry únavového namáhání.**
- **Detekce závady – nadměrné kmitání věže.**

# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:

## Geneze:

- **Analýza příčin poruchy:**
  - špatné naladění pohlcovače,
  - nepřesnost ve výpočtu vlastní frekvence věže (1984).

## Prognóza:

- **Konstrukce pohlcovače byla na změnu naladění připravena.**
- **Dokud nedojde ke změně naladění pohlcovače, situace se nezmění.**
- **Termín opravy – co nejdříve.**
- **Po opravě naladění pohlcovače se kmitání věže sníží.**



# Diagnostika - televizní vysílač na Žižkově:

- Po opravě naladění pohlcovače bylo v diagnostice pokračováno.

## Diagnóza:

- Stanovení úrovně kmitání při vyšších rychlostech větru.
- **Porovnání: Po úpravě < Před úpravou.**
- → závada odstraněna,
- → monitorování bylo ukončeno.

# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:

- Poloha mostu u Břeclavi – trať Hohenau - Přerov
- Mostní objekt - dva samostatné mosty,



Obr. převzaty z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) a [www.google.cz/maps/](http://www.google.cz/maps/)

# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:

- Poloha mostu u Břeclavi – trat' Hohenau - Přerov
- Mostní objekt - dva samostatné mosty,
- Nosná konstrukce - „Sít'ovaný oblouk“,
- Uložení hlavních nosníků je šikmé.
- Rozpětí nosné konstrukce: 97,500 m.



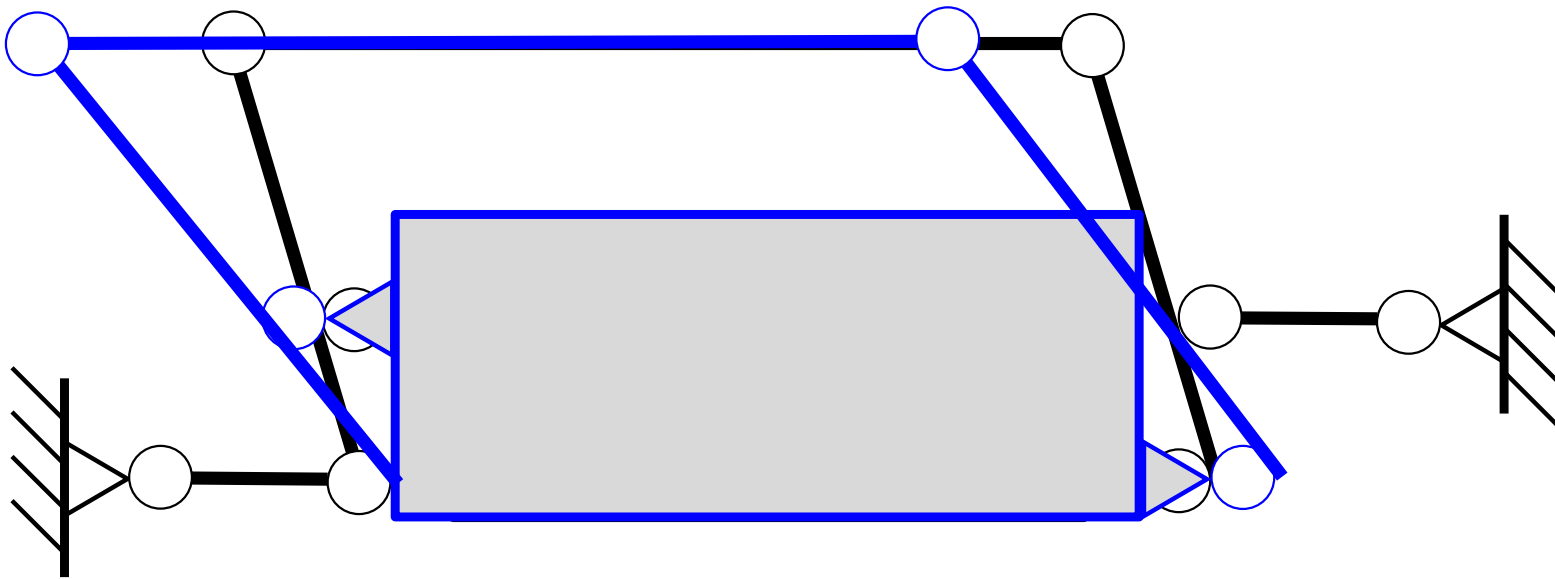
# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:



Realizace experimentu:  
K134, K132,  
Experimentální centrum,  
Fakulta stavební, ČVUT  
v Praze

# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:

- Uložení mostů na opěrách – posuvné v podélné ose,
- Podélné účinky teploty a zatížení zachycuje „Systém Řízení Dilatace Mostu (SŘDM nebo tzv. řídicí tyč).



# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:

Použity dvě měřicí ústředny EMS DV 803 :



**Základní důvody pro použití tohoto typu ústředen:**

- relativně nízká cena,
- velký počet kanálů (2 x 32 kanálů),
- individuální přístup výrobce (Ing. Miroslav Pohl),
- speciální funkce,
- vzhled nepřitahující pozornost.

# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar: Ústředny trvale umístěny in situ:



# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:





# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar: Ústředny trvale umístěny in situ:



# **Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:**

## **Základní důvody pro dlouhodobé monitorování mostu:**

- **Atypická konstrukce mostu:**
  - velké rozpětí mostní konstrukce,
  - táhla oblouku bez možnosti rektifikace,
  - šikmost mostu – vliv na dynamické chování,
  - most bez pevného ložiska s řídicí tyčí.
- **Nedostatek znalostí o skutečném chování konstrukce mostu při interakci s:**
  - řídicí tyčí,
  - kolejovým ložem a
  - bezstykovou kolejí.

# **Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:**

## **Diagnostické veličiny:**

- **Poměrné deformace:**
  - **mechanické napětí ve sledovaném bodu**
    - **nosné konstrukce mostu,**
    - **bezstykové koleje.**
  - **normálová síla ve vybraných závěsech mostu,**
  - **změna normálové síly v řídicí tyči.**
- **Zrychlení:**
  - **svislé zrychlení mostovky.**

# **Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:**

## **Diagnostické veličiny:**

- **vodorovné posuny:**
  - **nosné konstrukce mostu vůči opěrám,**
  - **bezстыkové koleje vůči nosné konstrukci mostu,**
  - **řídící tyče vůči nosné konstrukci mostu.**

# **Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:**

## **Diagnostické prostředky:**

- **odporové tenzometry zapojené:**
  - **do plného mostu,**
  - **do polomostu,**
  - **do čtvrtmostu,**
- **snímače zrychlení,**
- **snímače posunů:**
  - **potenciometrické snímače dráhy,**
  - **induktivní snímače dráhy,**
- **snímače teploty,**
- **dvě měřicí ústředny a program umožňující jejich**  
**dálkové ovládání a stahování dat.**

# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:

## Odporové tenzometry:



- Normálové napětí v kolejnicích bezstykové koleje
- Normálové napětí v řídicí tyči

# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:

## Snímače dráhy:



- Posun bezstykové koleje vůči konstrukci mostu
- Posun konstrukce mostu vůči opěře

# Dlouhodobý monitoring železničního mostu Oskar:

## Snímače dráhy:



- Posun řídicí tyče vůči nosné konstrukci mostu.



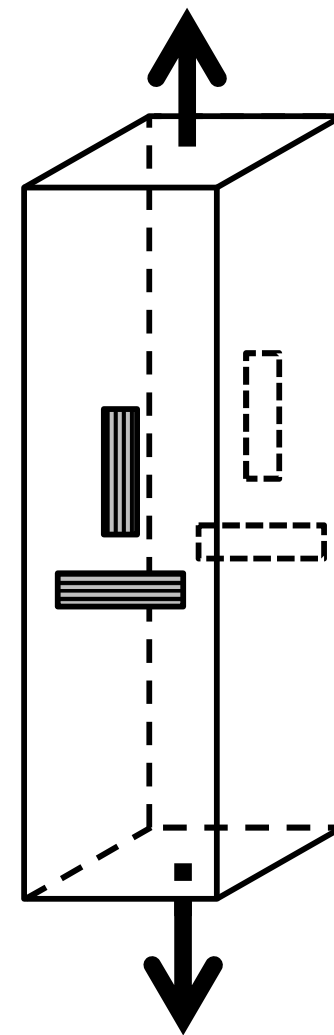
# **Dva diagnostické systémy pro monitorování sil v závěsech mostu v průběhu výstavby:**

## **Nároky:**

- **okamžitá informace o síle ve všech sledovaných táhlech mostu,**
- **dlouhodobá stálost a přesnost měřené veličiny,**
- **tenzometrické měření.**

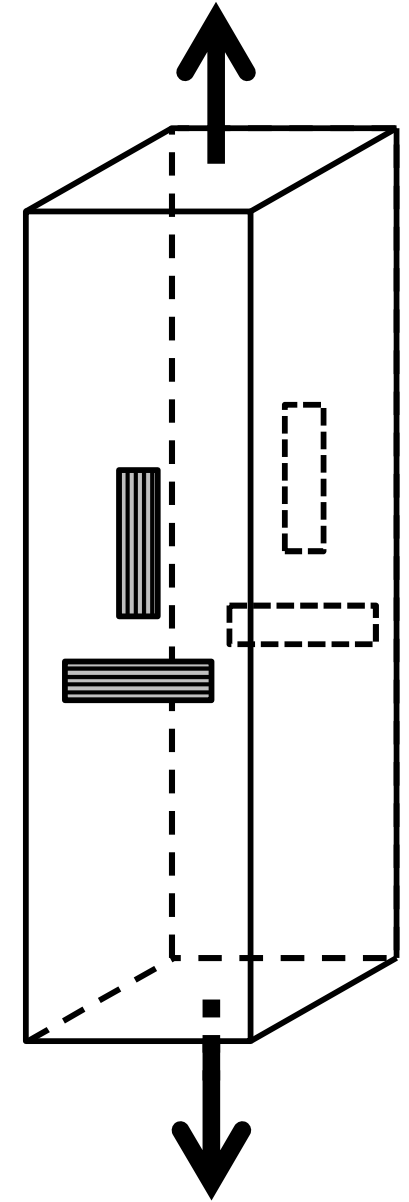
# Monitoring osových sil v závěsech při výstavbě železničního mostu u Břeclavi – tzv. Oskara:

## Realizace monitoringu – K134, Experimentální centrum



# Monitoring osových sil v závěsech při výstavbě mostu přes Vltavu v Praze - Troji:

Realizace monitoringu - firma PONTEx



# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojně:



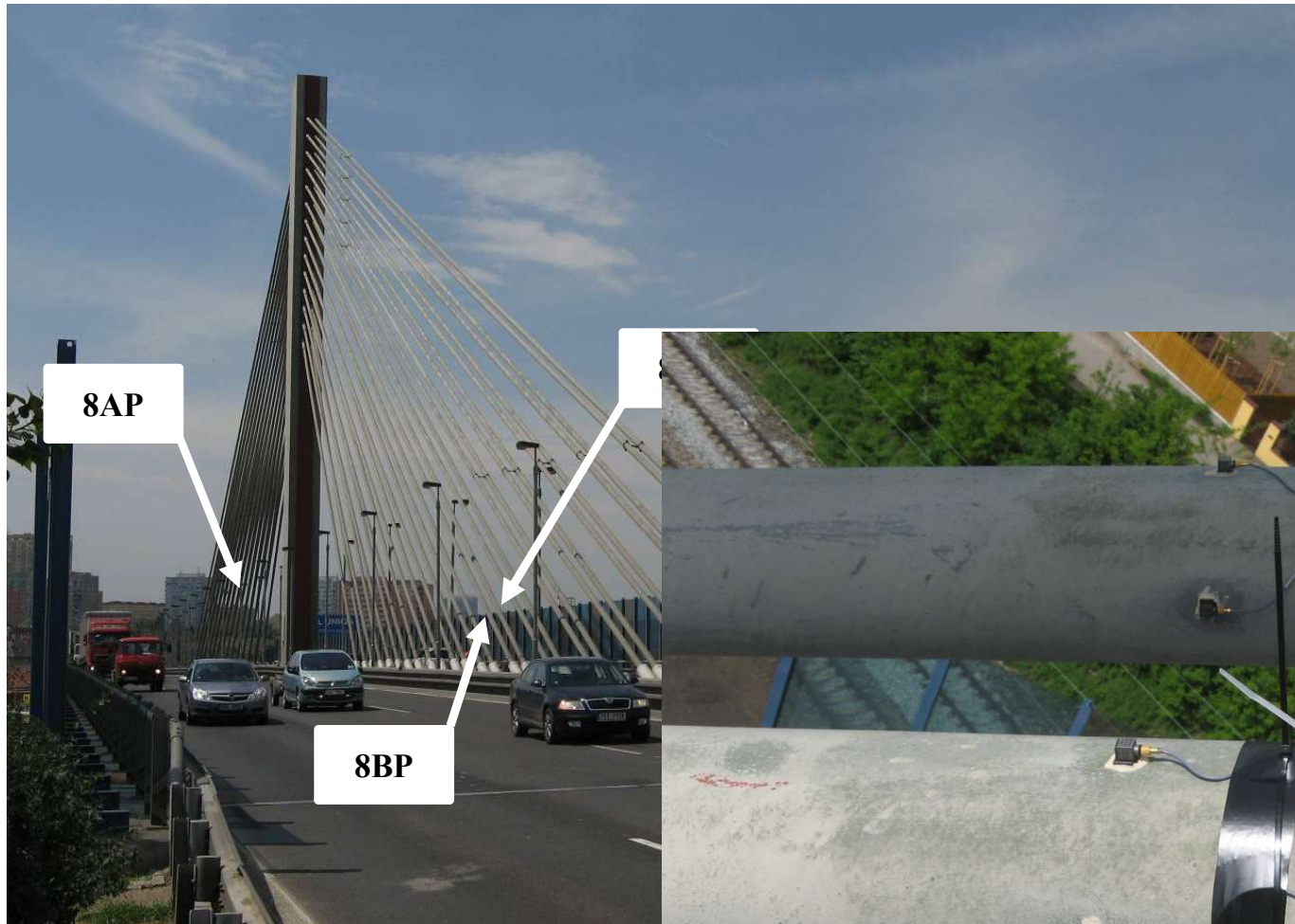
Realizace experimentu:  
Pontex spol. s r.o.,  
K132, Fakulta stavební,  
ČVUT v Praze

# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojce:

## Důvody pro monitoring vibrací závěsů mostu:

- **Očítý svědek pozoroval nadměrné kmitání několika závěsů.**
- **Popsal ho jako ustálené kmitání závěsů ve vertikální rovině s amplitudou kolem 15 cm v tvaru vynuceného ustáleného kmitání, který byl blízký 1. tvaru vlastního kmitání.**
- **Byl připraven experiment, při kterém byly sledovány vibrace vybraných závěsů mostu.**
- **Byly sledovány kontinuálně po dobu 10 dnů a následně 3 měsíců.**

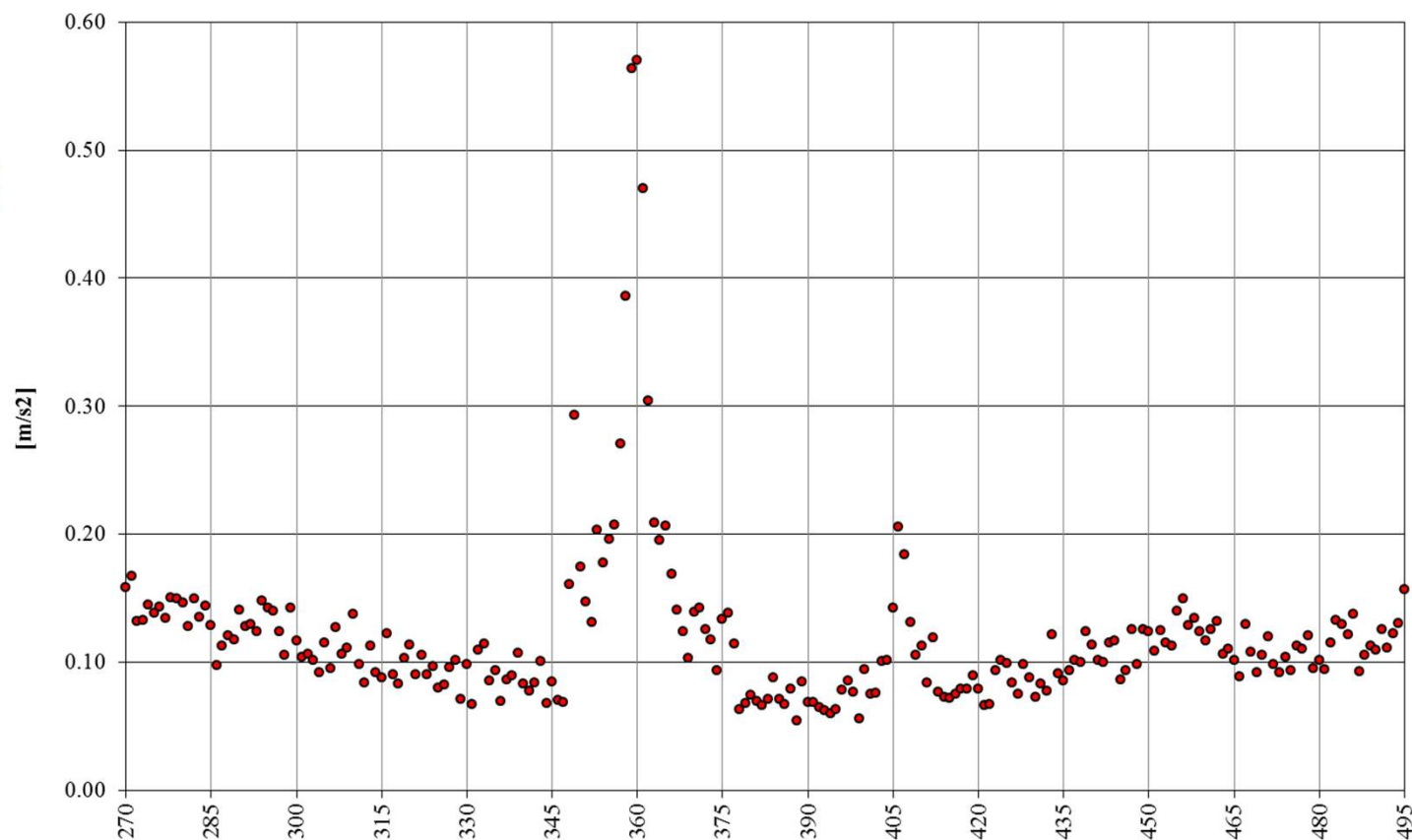
# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojce:



# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojnici:

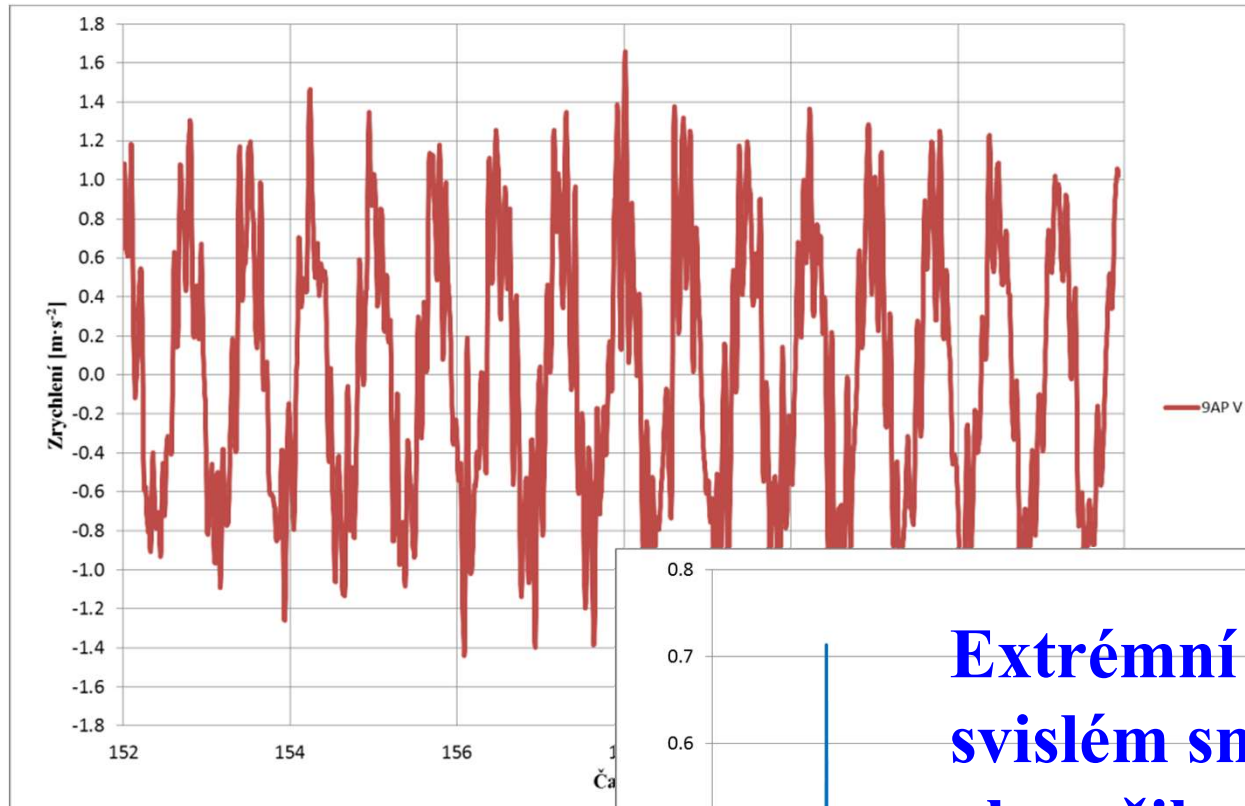
Den experimentu	Sledovaný závěs a směr vibrací							
	8AP V	8AP H	8AL V	8AL H	7AP V	9AP V	8BP V	8BL V
	[m·s <sup>-2</sup> ]							
Čtvrtek 7.5.	0.09	0.08	0.06	0.13	0.10	0.16	0.19	0.16
Pátek 8.5.	0.06	0.05	0.07	0.13	0.07	0.15	0.11	<b>0.22</b>
Úterý 12.5.	<b>0.44</b>	<b>0.12</b>	0.07	0.15	<b>0.17</b>	<b>0.57</b>	<b>0.36</b>	0.19
Středa 13.5.	0.37	0.11	0.07	0.16	0.12	0.47	0.23	0.18
Čtvrtek 14.5.	0.13	0.08	0.07	0.13	0.10	0.16	0.19	0.16
Pátek 15.5.	0.10	0.08	0.06	0.13	0.07	0.15	0.11	0.22
Sobota 16.5.	0.15	0.08	0.06	0.13	0.07	0.15	0.11	0.22
Neděle 17.5.	0.15	0.07	0.06	0.13	0.07	0.15	0.11	0.22
Pondělí 18.5.	0.09	0.08	<b>0.08</b>	0.13	0.07	0.15	0.11	0.22
Úterý 19.5.	0.10	0.07	0.08	0.13	0.07	0.15	0.11	0.22

RMS hodnoty zrychlení - závěs 9 A P - směr V



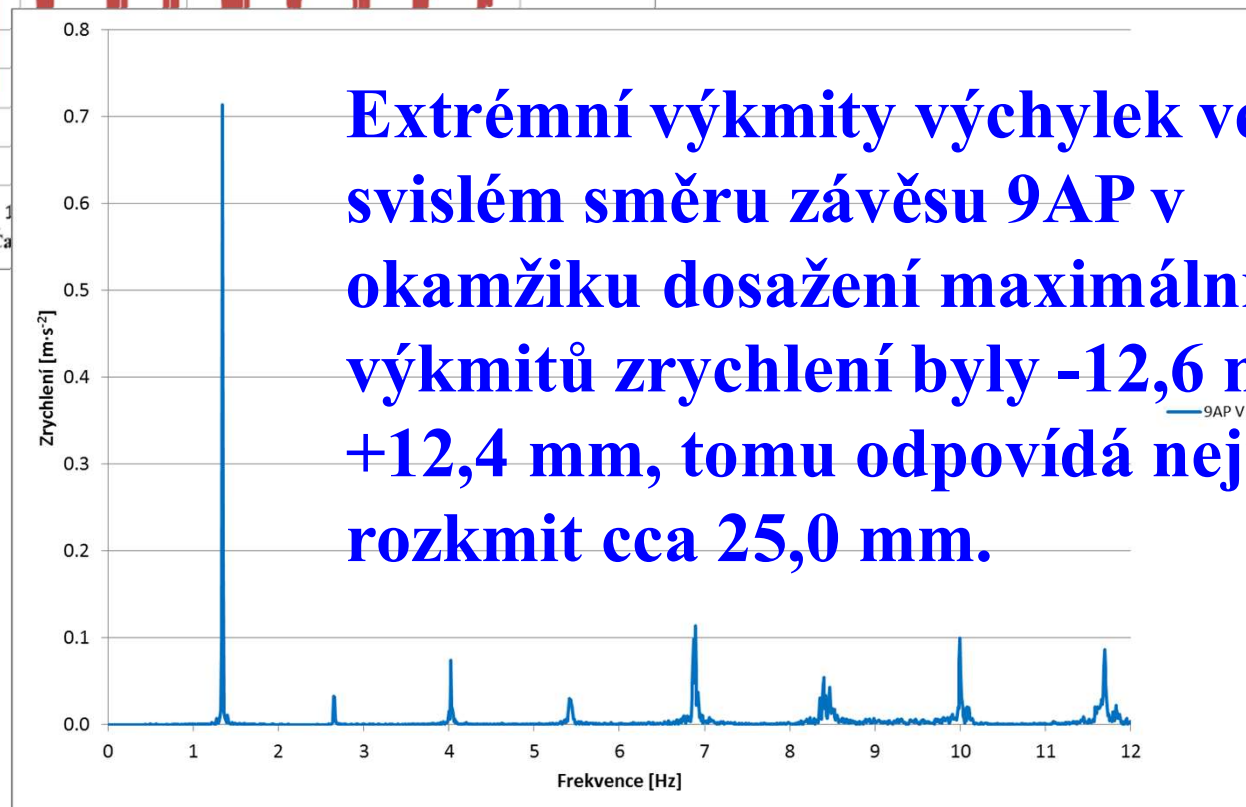
**Doba trvání  
cca 40 minut.**

# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojnici:



**Maximální zachycené kmitání závěsu 9AP.**

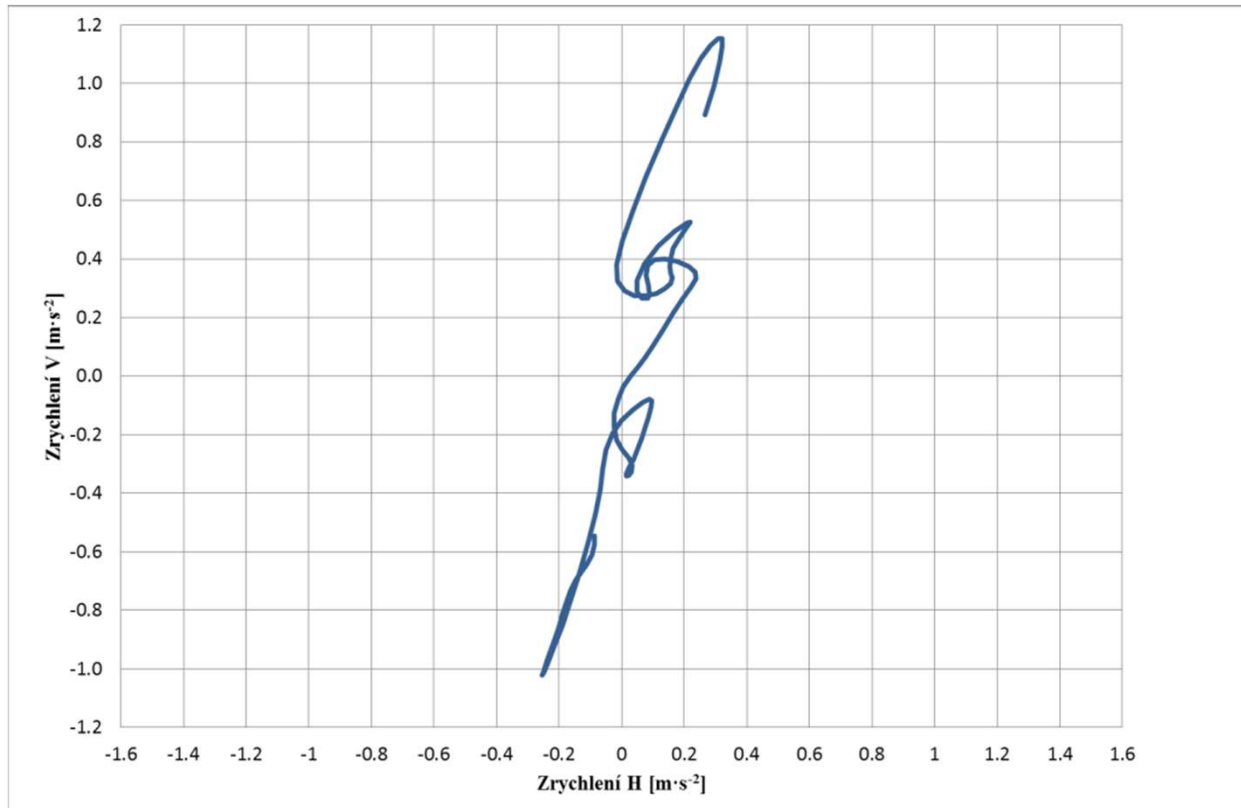
**Frekvenční analýza.**



**Extrémní výkmity výchylek ve svislém směru závěsu 9AP v okamžiku dosažení maximálních výkmitů zrychlení byly -12,6 mm a +12,4 mm, tomu odpovídá největší rozkmit cca 25,0 mm.**



# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojce:



**Trajektorie  
sledovaného  
průřezu na  
závěsu 8AP.**

# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojce:

## Závěrečná doporučení:

- **Všechny jevy, které jsou zařazovány mezi ztráty aerodynamické stability, jsou ovlivňovány útlumem kmitání závěsů.**
- **Bylo doporučeno vyšetřit útlum kmitání závěsů, zda není příliš nízký, případně prověřit, zda tlumiče závěsů neztratily svojí funkčnost.**
- **Interferenční galloping (i zbývající jevy ztráty aerodynamické stability) je možné odstranit vzájemným propojením problematických závěsů tak, jak to bylo provedeno u nejdelších závěsů mostu. Bylo doporučeno spojit i zbývající závěsy mostu.**

# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojce:

## Závěrečná doporučení:



# Monitoring vibrací závěsů mostu na Jižní spojce:

## Závěrečná doporučení:



**Konec**