



**KLOKNERŮV  
ÚSTAV  
ČVUT V PRAZE**

# **G<sub>FUNK</sub> – FUNKČNÍ VZOREK**

**ZAŘÍZENÍ PRO MODÁLNÍ ANALÝZU PAMÁTKOVĚ CENNÝCH  
NENOSNÝCH DETAILŮ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ ZATÍŽENÝCH  
VIBRACEMI Z DOPRAVY**

## Identifikační údaje:

### Gfunk – Funkční vzorek:

**Zařízení pro modální analýzu památkově cenných nenosných detailů mostních konstrukcí zatížených vibracemi od dopravy**

Technická dokumentace

Poskytovatel: **Česká republika – Ministerstvo kultury**

Maltézské náměstí 1

118 11 Praha 1

Program: **Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016 až 2022 (NAKI II)**

Projekt: **Technologie a postupy pro ochranu historických betonových mostů**

Identifikační kód projektu: **DG20P02OVV005**

Příjemce: **České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav**

Šolínova 1903/7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

Autorský tým:

prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

MgA. Josef Červinka

MgA. Aleš Hvizdal

Ing. arch. MgA. Petr Tej, Ph.D.

Ing. arch. Michael Gabriel

Mgr. Roman Kocourek

Ing. arch. Oto Melter

Ing. Vítězslav Vacek, CSc.

Ing. David Čítek, Ph.D.

Rok uplatnění výsledku: 2022

**Adresa uložení výsledku:** České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav

Šolínova 1903/7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

Technická dokumentace:

Webové stránky Kloknerova ústavu ČVUT v Praze.

### Odkaz na výzkumnou aktivitu:

Tato práce byla podpořena z programu Ministerstva kultury České republiky na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016 až 2022 (NAKI II), grantový projekt " Technologie a postupy pro ochranu historických betonových mostů ", č. DG20P02OVV005.

## **OBSAH:**

<b>1 ZAŘÍZENÍ PRO MODÁLNÍ ANALÝZU PAMÁTKOVĚ CENNÝCH NENOSNÝCH DETAILŮ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ ZATÍŽENÝCH VIBRACEMI OD DOPRAVY .....</b>	<b>4</b>
1.1 Účel .....	4
1.2 Měření .....	4
1.3 Data .....	4
1.4 Napájení .....	4
1.5 Princip měření .....	5
1.6 Popis konstrukce .....	5
1.7 Schéma .....	6
1.8 Fotodokumentace .....	8
1.9 Provedené měření .....	9

# **1 ZAŘÍZENÍ PRO MODÁLNÍ ANALÝZU PAMÁTKOVĚ CENNÝCH NENOSNÝCH DETAILŮ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ ZATÍŽENÝCH VIBRACEMI OD DOPRAVY**

## **1.1 Účel**

Měřicí zařízení získává data pro modální analýzu památkově cenných nenosných detailů mostních konstrukcí zatížených vibracemi od dopravy. Zařízení je konstruováno s ohledem na krátkodobé zkoušky na povrchu in-situ staveb. Upřednostněna je možnost rychlého získání dat přímo na místě měření. Unikátnost zařízení je v získávání dat z měření vibrací spolu s videozáznamem. Jedná se o kvalitativní měření, které může sloužit ke zjištění příčiny vibrací podle směru pohyb. Z měření bylo zjištěno, že různé konstrukce reagují na určitý pohyb dopravních prostředků odlišným způsobem. Díky dvěma a více zdrojům měření je možno identifikovat vztah mezi pohyby různých částí mostní prvků a tím i analyzování spolupůsobení částí mostu v závislosti na zdroje vibrací z dopravy. Součástí je i software, který generuje videozáznam, přímo s neměřenými hodnotami. Tím je možno vyhodnotit měření i mimo místo měření. Výhodou tohoto zařízení je propojení videozáznamu a naměřených hodnot akcelerometrů v reálném čase spolu s jejich záznamem a tím je umožněno naměřené hodnoty analyzovat i po měření.

## **1.2 Měření**

Zařízení je přenositelné a tím je možno měřit vibrace na více místech zároveň. Na každý jednotlivý kontrolér mohou být připojeny 1-3 snímače. V případě měření je možno rozmístit i více těchto jednotek a společně zaznamenávat data. Měření se provádí přiložením snímače na místo měření v přesné poloze k ose snímaného předmětu, tak aby byly jasně definované směry pohybu. Doba měření je závislá jen na době nabití baterií, které jsou součástí zařízení. Je také možné nahrávat získaná data přímo do počítače. Tím bude doba měření závislá na nabití akumulátoru v připojeném počítači. Snímače se připevní oboustrannou gelovou lepicí páskou k měřenému povrchu, tak aby byl snímač celou plochou přitisknutý k povrchu. Snímání vibrací je synchronizováno i s videozáznamem, který v reálném čase zaznamenává stav dopravy. V rámci měření nejde o zjištění přesných frekvencí, ale o směr pohybu podle zdroje a tím předcházet možným kombinacím vibrací, které v určitých případech mohou mít vliv na statiku menších prvků na mostě. Např. prvky zábradlí a jiných detailů stavby. Jedná se o kvalitativní měření, které může sloužit ke zjištění příčiny vibrací podle směru pohybu.

## **1.3 Data**

Pomocí laptopu nebo jiným zařízením se připojíme přes WIFI na VNC server zařízení a stáhneme naměřená data. Díky dvěma a více zdrojům měření je možno identifikovat vztah mezi pohyby různých částí mostní prvků a tím i analyzování spolupůsobení částí mostu v závislosti na zdroje vibrací z dopravy.

## **1.4 Napájení**

Zařízení je napájeno akumulátorem. Pro jeho nabití připojíme vhodnou nabíječku na terminály baterie.

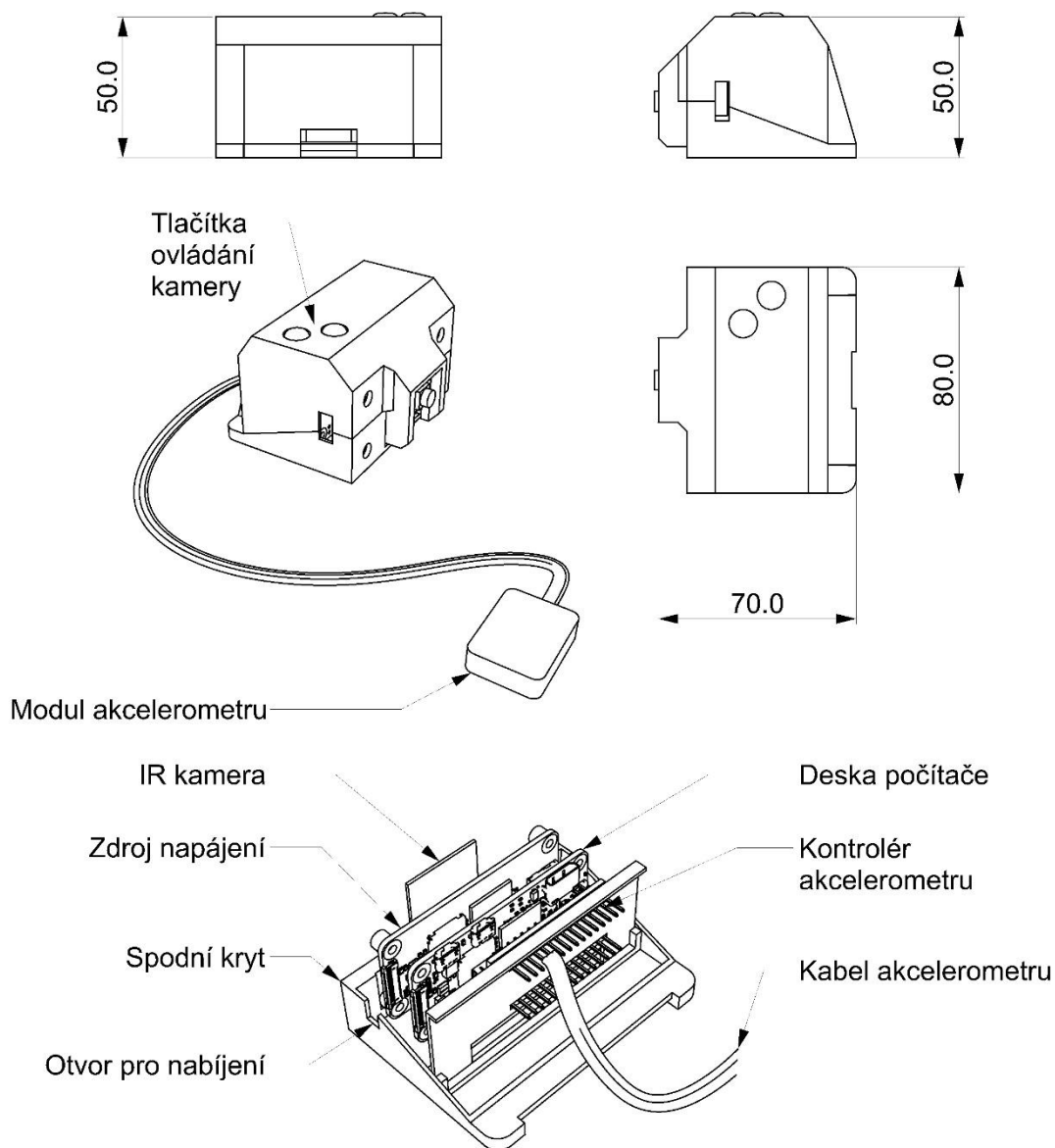
## **1.5 Princip měření**

Akcelerometr umístěný na měřeném bodě snímá změny stavu hybnosti v osách X, Y a Z, které jsou relativní k tělesu akcelerometru. Naměřené hodnoty jsou zapisovány v podobě grafu do videozáznamu snímaného kamerou, tím získáváme záznam událostí korelující s naměřenými hodnotami.

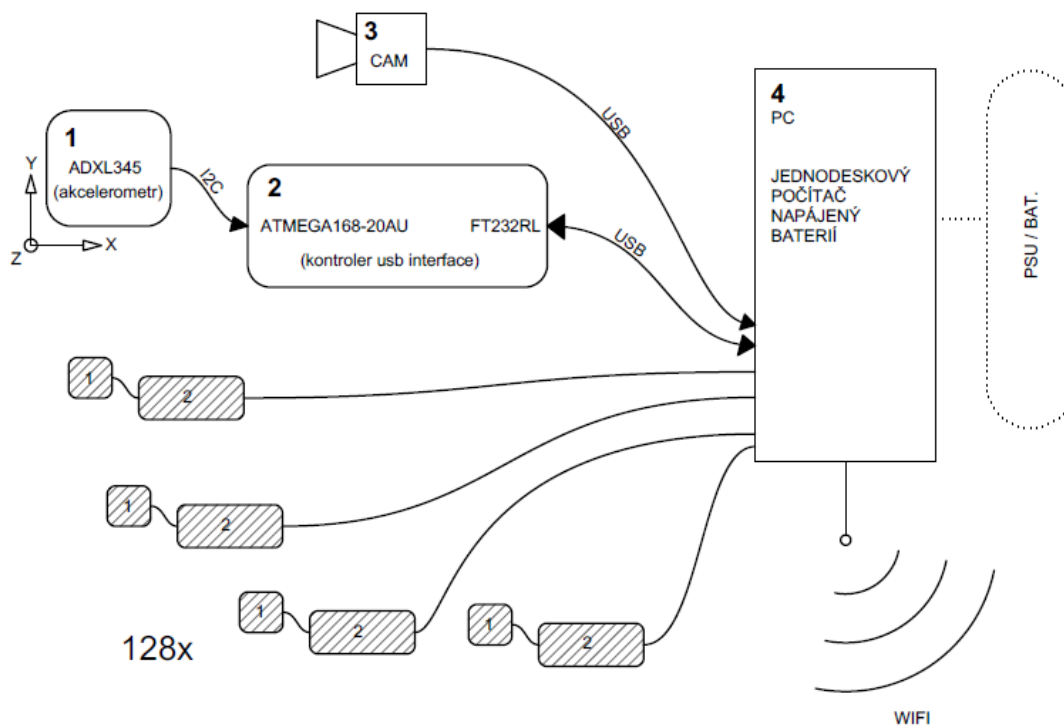
## **1.6 Popis konstrukce**

Zařízení se sestává ze dvou součástí. Jsou jimi kontrolér s kamerou a snímače. Počet snímačů se může pohybovat mezi 1–3 kusy. Možnost rozšíření počtu snímačů je možná využitím více modulů s kontrolérem. Součástí kontroléru je videokamera, která zaznamenává stav dopravy v reálném čase měření vibrací. Dalším prvkem je vstup pro USB datový a nabíjecí kabel. Další vstup je pro paměťovou kartu, na kterou budou nahrávána pořízená data z měření. Součástí snímačů je destička s plochou pro nalepení oboustranné gelové lepící pásky, která je po každém měření sejmuta a nahrazena novou.

## 1.7 Schéma



1:2



#### 1 ADXL345

-Akcelerometr pro měření pohybu konstrukcí. Pohyb je měřen zrychlením v osách X, Y a Z.  
 rozsah měření:  $\pm 16 \text{ g}$   
 komunikační protokol: I2C: 0x53  
 rozlišení: 10bitové pevné rozlišení se zvyšuje s nárůstem rozsahu g, až 13 bitů při  $\pm 16 \text{ g}$   
 spotřeba energie: když VS = 2,5 V (typické), v režimu měření pouze 23  $\mu\text{A}$  a v záložním režimu jen 0,1  $\mu\text{A}$   
 I / O rozsah napětí: 1,7 V do VS  
 provozní teplota:  $-40^\circ \text{C}$  to  $+85^\circ \text{C}$   
 čistá hmotnost: 4 g  
 celková hmotnost: 16 g

#### 2 ATMEGA168-20AU

mikrokontrolér AVR  
 EEPROM: 512B  
 SRAM: 1kB  
 Flash: 16kB  
 taktování: 20MHz  
 Pracovní teplota:  $-40...85^\circ \text{C}$   
 Napájecí napětí: 1.8...5.5V DC  
 Rozhraní: debugWIRE, I2C, SPI x2, UART  
 rezonátor 32 kHz pro RTC

#### 3 Webkamera

-Přijímá vizuální informace - provoz, klimatické podmínky atd..  
 -Možno použít víc kamer.

#### 4 PC

-zápis naměřených dat do logu s časovou značkou.  
 -Případně jednodeskový počítač napájený z baterie pro dlouhodobé měření in situ.

SBĚR DATOVÝCH LOGŮ DO  
OSOBNÍHO POČÍTAČE PŘES  
WIFI

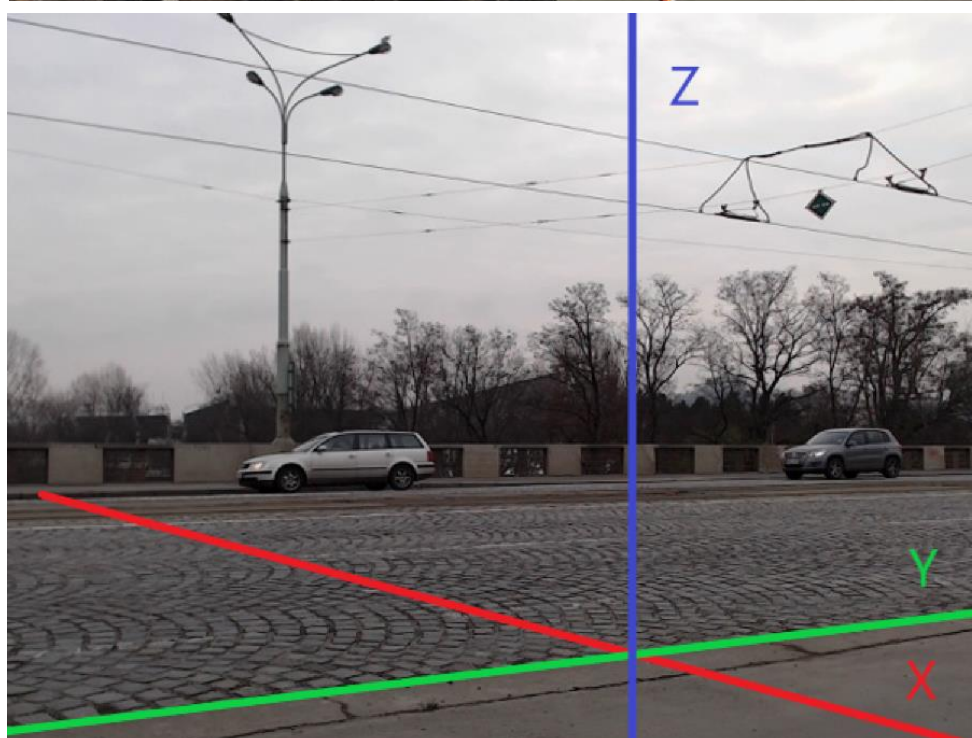
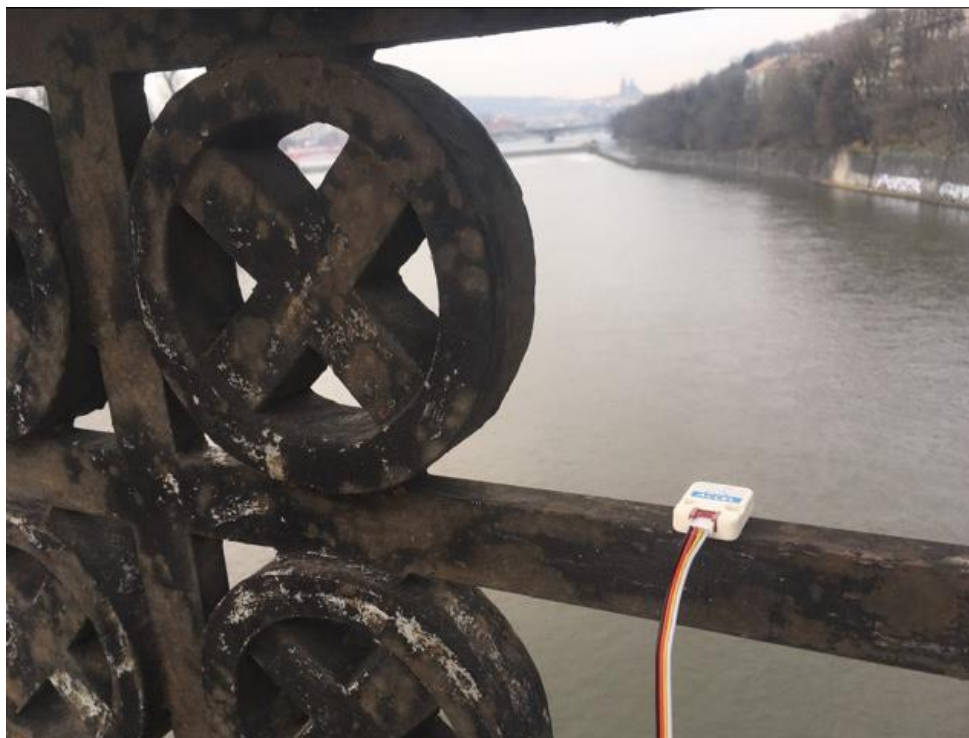
## 1.8 Fotodokumentace

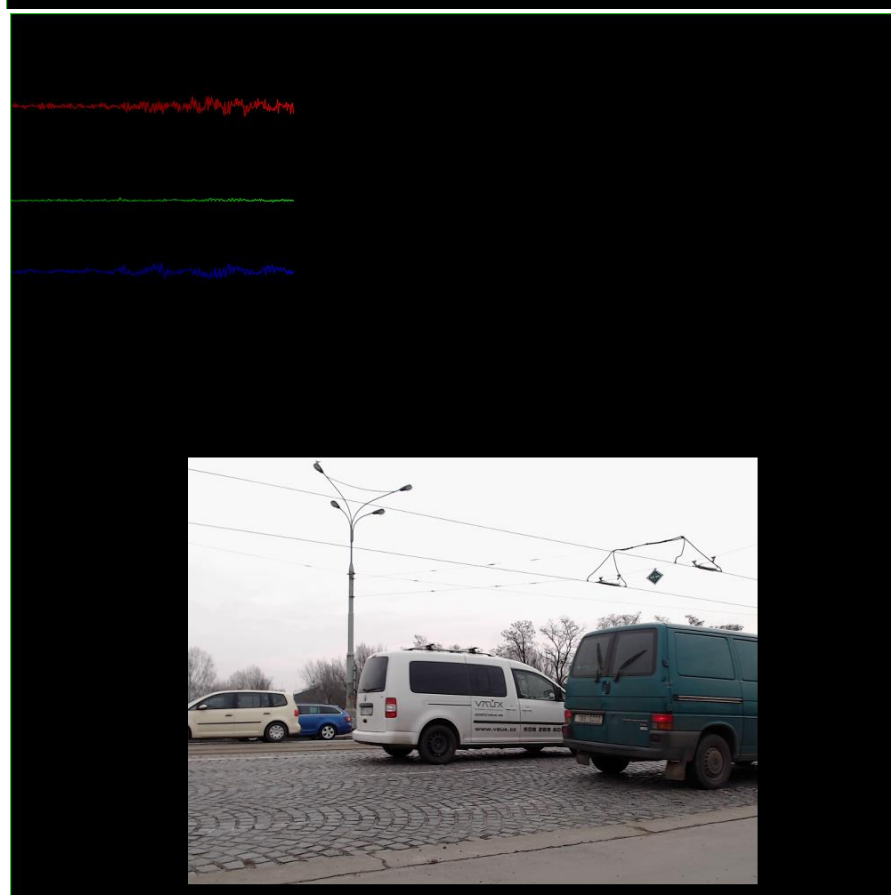


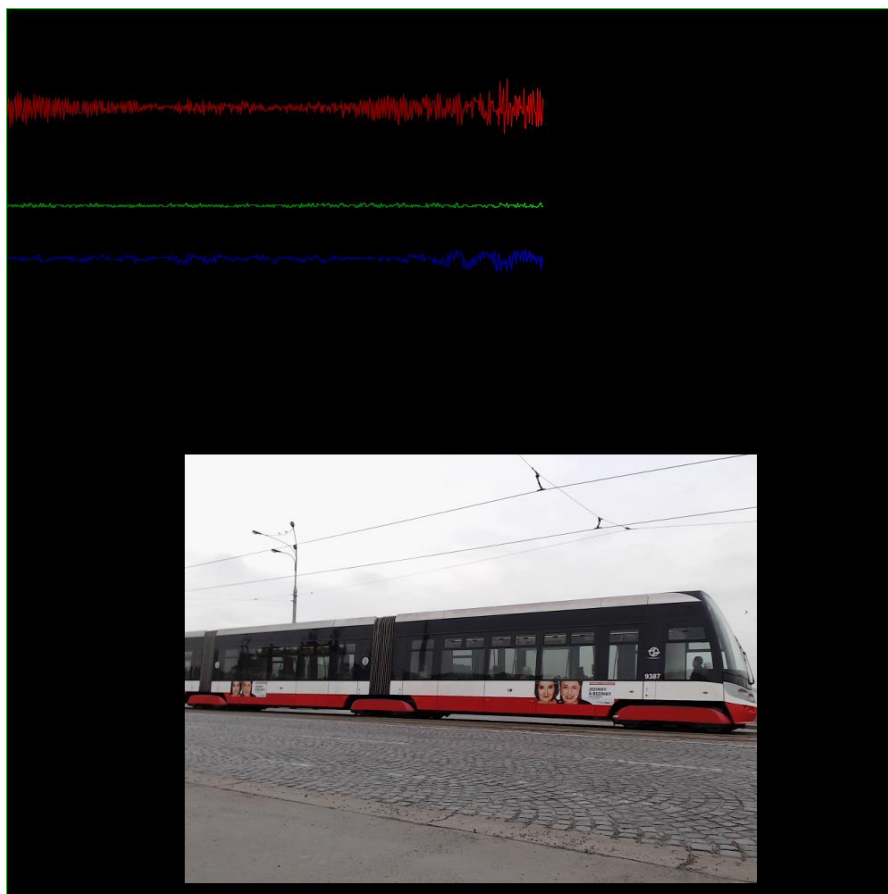


## 1.9 Provedené měření

Záznam z provedeného měření na Hlávkově mostě v Praze. Měření bylo prováděno na výplni zábradlí.







Záznamy z měření (grafy jsou barevně rozdělené podle os pohybu)