

newsletter

NOVINKY

OCENĚNÍ

VÝZKUM

 Akademie věd
České republiky

 ITAM ARCCHIP
ÚSTAV TEORETICKÉ
A APLIKOVANÉ MECHANIKY

1 / 2021

MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ V MĚSTSKÉ ZÁSTAVBĚ

Oddělení dynamiky a aerodynamiky ÚTAM AV ČR ve spolupráci s Ústavem informatiky AV ČR (ÚI AV ČR) připravuje v rámci programu Strategie AV21 – program č. 23 „Město jako laboratoř změny: Stavby, kulturní dědictví a prostředí pro bezpečný a hodnotný život“ měření lokálních směrů proudění na fyzických modelech části Prahy-Dejvic a centra Telče. Model Prahy-Dejvic pokrývá oblast mezi ulicemi Jugoslávských partyzánů, Terronská, Náměstí Interbrigády a Verdunská. Model Telče pokrývá historické jádro Telče okolo Náměstí Zachariáše z Hradce až po ulice Svatoanenská a Na Baště. Oba modely byly vyrobeny technologií 3D tisku plastu v měřítku 1:300. Poskytovatelem digitálních dat pro model části Prahy-Dejvic byla společnost Operátor ICT, a.s. s využitím dat Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy (IPR Praha).

Připravované měření lokálních směrů proudění ve vybraných bodech na obou modelech proběhne v klimatickém tunelu Vincence Strouhal v Centru Telč, ÚTAM AV ČR. Experimentální modelování proudění ve větrném tunelu s využitím fyzických modelů bývá nazýváno fyzikální modelování proudění. Výsledky měření budou sloužit pro validaci a ověření výsledků matematického modelu zabývajícího se klimatem ve městské zástavbě, který je vyvíjený na Ústavu Informatiky AV ČR ve skupině environmentální informatiky Dr. J. Reslera. Tento matematický model umožňuje modelovat klimatické parametry v městské zástavbě v čase, a to proudění, teplotu, tepelné toky, emise z dopravy a další parametry. Nedostatkem matematických modelů je ověření správnosti a přesnosti vypočtených hodnot při omezených vstupních datech (počátečních

a okrajových podmínkách). V této situaci je stále nezastupitelná úloha fyzikálního modelování ve větrných tunelech, kde je možné při kontrolovaných podmínkách simulace (rychlosti a směru větru, intenzity turbulence atd.) provést měření lokálních rychlostí a směrů proudění, případně dalších parametrů ve vybraných bodech na fyzickém modelu. Spolupráce ÚTAM AV ČR a ÚI AV ČR přispívá k vývoji klimatického modelu, který umožňuje zkoumat vliv změn klimatu, efekt tzv. městského tepelného ostrova, šíření emisí z dopravy a dalších jevů, které negativně ovlivňují život obyvatel ve městech.

Datový podklad © IPR Praha, www.geoportalpraha.cz

Licence CC BY-SA 4.0

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

P. Michálek

ÚVODNÍK

Vážení čtenáři,

také v posledním poněkud ospalém půlroce řešili pracovníci Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR řadu zajímavých úloh. O některých z nich pojednává vydání zpravodaje, které držíte před sebou.

Zajímavým projektem, který spadá do aktivit programu Strategie AV21 s názvem „Město jako laboratoř změny; stavby, kulturní dědictví a prostředí pro bezpečný a hodnotný život“ je modelování proudění v městské zástavbě. K tomu slouží dva vybrané modely zástavby, z nichž jedna je historická. V ní bude sledováno proudění větru z hlediska jeho možného vlivu na šíření požárů, které v minulosti ovlivnily život ve městě.

ÚTAM využívá na svém detašovaném pracovišti v Telči světově unikátní tomografické zařízení TORATOM s nastavitelnou geometrií, umožňující zkoumat širokou škálu objektů, ať již historických artefaktů, nebo materiálů pod zatížením. Pracovníci oddělení biomechaniky společně s oddělením památkové péče přikročili k dalšímu vylepšování tohoto zařízení a zkonstruovali přídatný modul, který umožňuje vylepšení zobrazování nitra větších plošných objektů.

Pivo Bernard patří objektivně mezi kvalitní nápoje. Vyrábí se v Humpolci v rodinném pivovaru, jehož komín vyčnívá nad město i nad okolní krajinu. Této dominanty se chopili inženýři z firmy Excon a.s. a navrhli konstrukci rozhledny, která komín obepíná. Jedná se o ocelovou příhradovou věž se schodištěm. Problémem ovšem bylo, že vyhlídková věž kmitá ve větru. Pracovníci oddělení dynamiky a aerodynamiky navrhli speciální absorber vibrací, který kmitání pohlcuje. Více ovšem až ve zpravodaji. Letní čtení bude, doufejme, opět poučné...

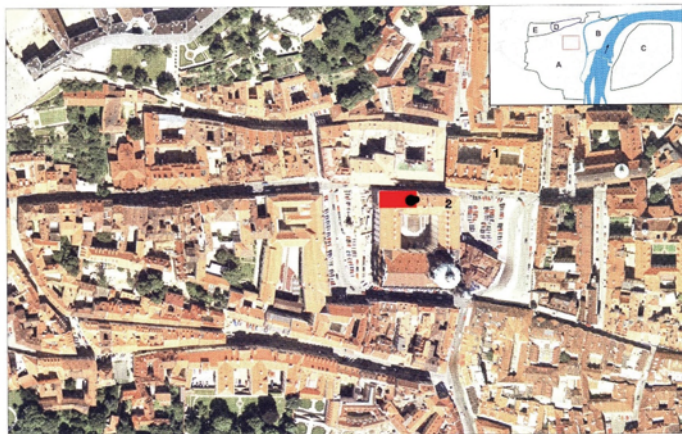
Stanislav Pospíšil, ředitel ÚTAM

3D model města Telče.
Foto: B. Přečková

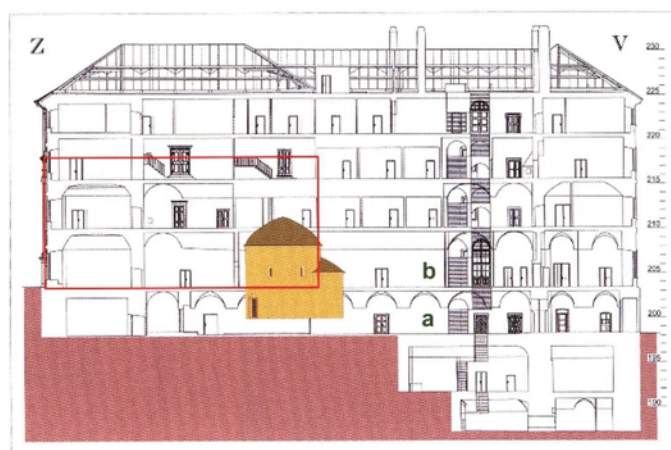
WWW.ITAM.CAS.CZ

MALOSTRANSKÁ ROTUNDA SVATÉHO VÁCLAVA V PRAZE – PRŮZKUM VNITŘNÍ OMÍTKY S NÁSTĚNNOU MALBOU

V roce 2004 učinili archeologové z Národního památkového ústavu při záchraně historických terénů na pražské Malé Straně mimořádně cenný objev: odkryli základové a nadzemní zdivo rotundy, která byla vystavěna na konci 11. století. Raně středověké rotundy byly i ve své době výjimečné stavby a okolnosti jejich vzniku zůstávají dodnes často zastřené, rovněž u malostranské rotundy se nedochovaly písemné zprávy o jejím založení. Dobu vzniku rotundy určili archeologové na základě datace dlažby vyšehradského typu na podlaží. Založení rotundy bylo vztaženo k období vlády Vratislava II. Stavba rotundy realizována podle projektu elitního matematika neznámého původu¹ odpovídá jeho ambicím povzbuzeným získáním královského titulu roku 1085 a následnou korunovaci v roce 1086.

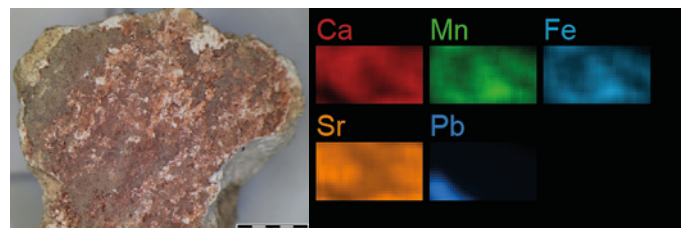


Obr. 1. Lokalizace rotundy v objektu profesního domu (Malostranské nám. čp. 2/III), červeně barokní kostel, černě rotunda¹.



Obr. 2. Řez budovou čp. 2/III s vyznačeným výškovým situováním zdiva rotundy. Rekonstrukce J. Čiháková a M. Müller¹.

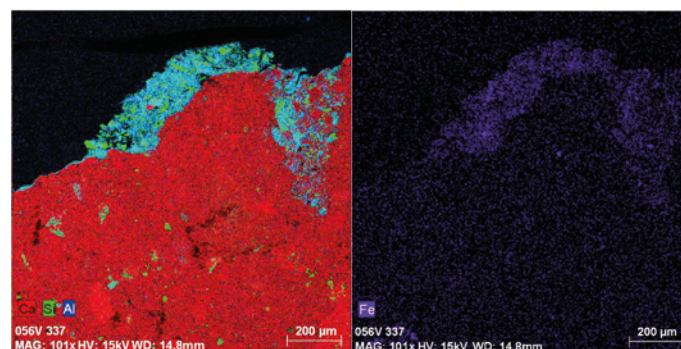
Na části nadzemního zdiva rotundy se dochoval fragment omítky s červenohnědou malbou, který reprezentuje jedinečný doklad původní povrchové úpravy interiéru stavby. Vzhledem k dokumentační hodnotě stavebního materiálu a jeho dekorativní úpravy bylo rozhodnuto o průzkumu chemického složení neinvazivní XRF metodou a o mikrostrukturním studiu metodami vyžadujícími jen minimální objem odebraného a studovaného vzorku. Cílem laboratorního průzkumu bylo zjistit technologii provedení malby na podklad a identifikovat použité materiály včetně pigmentů v barevné vrstvě.



Obr. 3. Fragment omítky s malbou. Optický mikroskop, odražené světlo. Foto: P. Mácová

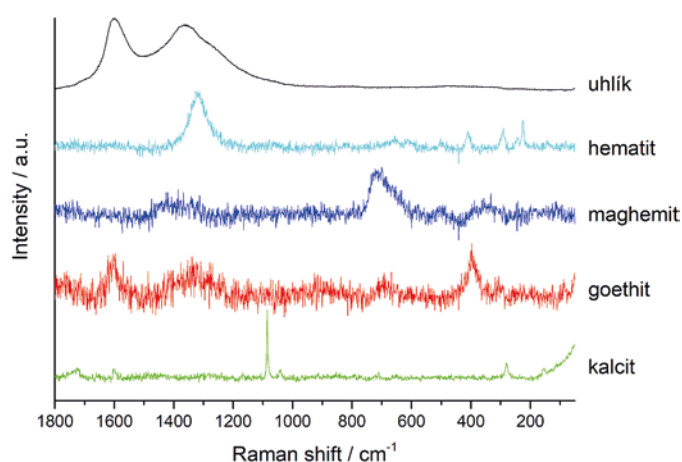
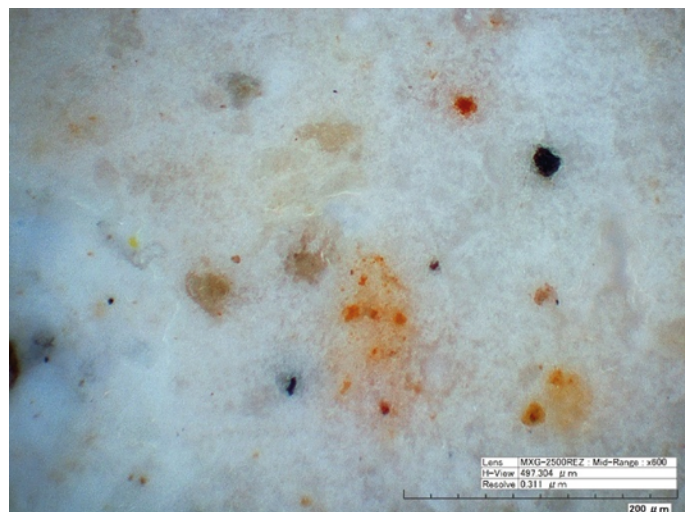
Obr. 4. XRF nedestruktivní analýza povrchu malby přístrojem Spectro Midex (M. Fikrle). Prvkové mapy s využitím kolimátoru 0,3 mm.

Neinvazivní metodou XRF byla získána distribuce chemických prvků na povrchu. Výsledkem analýzy je soubor prvkových map povrchu (obr. 4). Z malých odebraných vzorků velikosti několika mm byly dále připraveny leštěné nábrusy pro studium materiálu pod optickým mikroskopem a ve skenovacím elektronovém mikroskopu s detektorem EDS (obr. 5). Pigmenty byly určeny především Ramanovou mikroskopií a spektrometrií (obr. 6).



Obr. 5. SEM-EDS prvkové mapy zobrazující různé chemické prvky v materiálu v příčném řezu (kolmo k povrchu): červenou barvou vyznačeny vápenaté sloučeniny (vápený podklad pod malbou), zelenou barvou křemičité sloučeniny (zrnka křemene), modro-zelenou barvou hliníto-křemičity (živce, jílové minerály), fialovou barvou (obr. vpravo) vyznačeny pigmenty na bázi oxidů železa.

Analýzy vedly ke zjištění, že materiál považovaný za omítku na zdivu je tvořen pouze vápennou hmotou bez obsahu písku, na kterou je nanášena povrchová barevná vrstva na bázi železité hlinky. Vápenná vrstva je tvořena uhličitánem vápenatým, vzniklým karbonací vyhašeného vzdušného vápna a je silná až 8 mm. Zjištěné prvkové složení vápenné vrstvy na základě SEM-EDS analýzy je 96% CaO a 2-3% SiO₂, z čehož odvozujeme, že vápenec použitý pro výrobu vápna byl z hlediska obsahu uhličitánu vápenatého vysoce čistý, v minimální míře znečištěný hliníty, křemičitými nebo železítými příměsí. Mikrostruktura vápenatého pojiva je nehomogenní, na snímcích z elektronového mikroskopu můžeme pozorovat kousky vápenného pojiva uzavřené v jemnozrnné vápenné matici, a také ostrohranná zrna vápence různé velikosti, od drobných prachových částic velikosti 0,05 mm po větší klasty. Zrna vápence tvoří plnivo vápenné hmoty, ale pravděpodobně se nejedná o přídavek vápencové drti do vápna, ale o zbytky nedostatečně vypálené a hašením nerozpadlé vápencové suroviny, která byla v duchu dobové technologie ponechána v hašeném vápně jako složka produktu. Ze SEM snímků lze odhadnout plošný poměr zkarbonatovaného vápenatého pojiva a zbytků vápence na 1:0,4. Vápenná hmota obsahuje malé kousky hlinky (domníváme se, že jde o znečištění vápna při omítání a výmalbě). Hlinka obsahuje tyto pigmenty a minerály: hematit, magnetit, maghemit, goethit, perovskit, rutil, albit



Obr. 6. Pigmenty pozorované ve vápenném podkladu pod malbou: žluté částice – goethit, červené – maghemit, tmavě červené – hematit, černé – uhlík (uhlíkatá čerň). Nahoře: snímky nábrusu z 3D digitálního mikroskopu Hirox KHX-7700, odražené světlo, zvětšení 600x). Dole: spektra pigmentů a kalcitu (uhlíčan vápenatý) naměřená disperzním Ramanovým mikroskopem Nicolet DXR.

a muskovit. Barevnost fragmentu malby přibližuje obr. 3.: odstíny barvy jsou červené až hnědočervené, v části vzorku se vyskytuje na povrchu tmavá barva s odstínem do šedozelené. Pod barevnou malbou prosvítá bílá vápenná vrstva. Železitá hlinka, přítomná ve formě rozptýlených drobných nečistot ve vápenném podkladu, tvoří na povrchu vápenné vrstvy hlavní složku vrstvy malby. Železité sloučeniny (pigmenty) v hlince pravděpodobně obsahují malou příměs manganu. Ve fragmentu malby byl prokázán také fosfor, což naznačuje příměs kostní černě do hlinky.

Materiálový průzkum tedy přinesl doklady o tom, že omítnutí zdíva v interiéru malostranské rotundy bylo provedeno nanesením silné vrstvy hašeného vzdušného vápna a malba byla provedena na tvrdnoucí vápenný nátěr s využitím přírodních těžených zemitéch pigmentů tzv. hlinek a uhlíkaté černě. Související publikace Malostranská rotunda svatého Václava v Praze získala Cenu Josefa Hlávky za rok 2020 v oblasti věd o neživé přírodě.

¹Čiháková, J.; Müller, M. Malostranská rotunda svatého Václava v Praze. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Praze, 2020 - (Čiháková, J.; Müller, M.), Archeologické prameny k dějinám Prahy, 8. ISBN 978-80-87220-17-7.

Z. Slížková, P. Mácová, A. Viani, M. Fikrle, J. Čiháková

CENA PROF. BAŽANTA UDĚLENA PROF. MIROŠI PIRNEROVI

Cenu Prof. Z. P. Bažanta uděluje každý rok Česká společnost pro mechaniku význačné osobnosti za mimořádný přínos rozvoji mechaniky. Za rok 2020 bylo toto vysoké ocenění uděleno dne 19. ledna 2021 vědeckému pracovníku ÚTAM AV ČR prof. Ing. Miroši Pímerovi, DrSc.

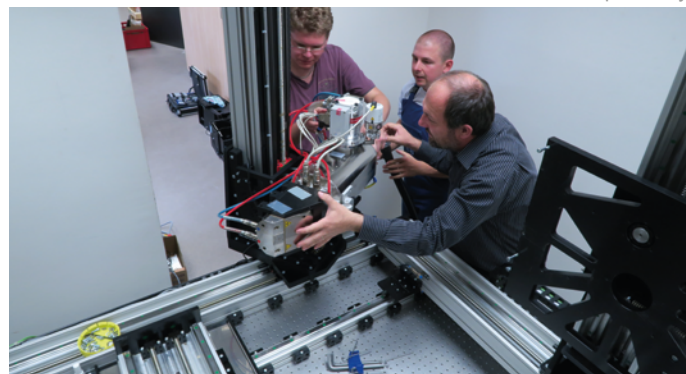
Prof. Miroš Pímer je světově uznávaným odborníkem s mimořádně vysokým morálním kreditem. Je zakladatelem české školy aeroelasticity inženýrských staveb, která má v současnosti mnoho úspěšných pokračovatelů. Světové renomé si získal již v sedmdesátých letech minulého století. V roce 1976 se stal členem redakční rady nově zakládaného časopisu (Elsevier) Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. Byl autorem několika specializovaných aerodynamických tunelů vybudovaných v ČR. Jako první popsal několik aeroelastických jevů důležitých pro bezpečnost konstrukcí. Řadu experimentálních postupů, které vytvořil, bylo převzato do zahraničí.

J. Náprstek

VYLEPŠENÍ TOMOGRAFU TORATOM V CENTRU TELČ UMOŽNÍ TOMOGRAFIE VYSOKÝCH PŘEDMĚTŮ

Na tomograf TORATOM v laboratoři rentgenové tomografie v Telči byly nainstalovány nové zvedáky rentgenových zdrojů, vyvinuté na oddělení biomechaniky. Tomograf TORATOM je unikátní mimo jiné tím, že jeho geometrie je nastavitelná v širokém rozmezí. To umožňuje jednak výrazně měnit rozlišení tomografií, jednak je možné vytvořit dostatek prostoru pro vložení poměrně velkých objektů, což je užitečné například při rentgenovém zkoumání obrazů. Velkým omezením byl donedávna nedostatečně dlouhý a robustní zdvih obou rentgenových zdrojů – méně než 20 cm. Tento problém byl však vyřešen instalací nových pevných zvedáků o zdvihu téměř 100 cm, které jejich konstruktér Tomáš Fíla z oddělení biomechaniky pojmenoval ToraLift. S tímto vylepšením je nyní možné mnohem jednodušeji provádět plošné scany plochých objektů (zejména obrazů) a vytvářet tomografie vysokých předmětů (typicky mečů, menších soch apod.) V plánu je také vývoj řídicího software, který by umožnil tzv. spirální tomografii. Ta by dále zjednodušila měření vysokých objektů tím, že by nebylo nutné skládat několik virtuálních objektů vzniklých jako individuální tomografie v různých výškách do jednoho výsledného objektu.

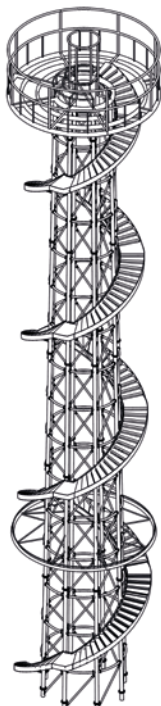
M. Vopálenský



Instalace zvedáku ToraLift na tomograf Toratom v Telči. Zleva Václav Rada, Tomáš Fíla a Michal Vopálenský

KYVADLOVÝ POHLCOVAČ KMITŮ ROZHLEDNY PIVOVARSKÉHO KOMÍNA

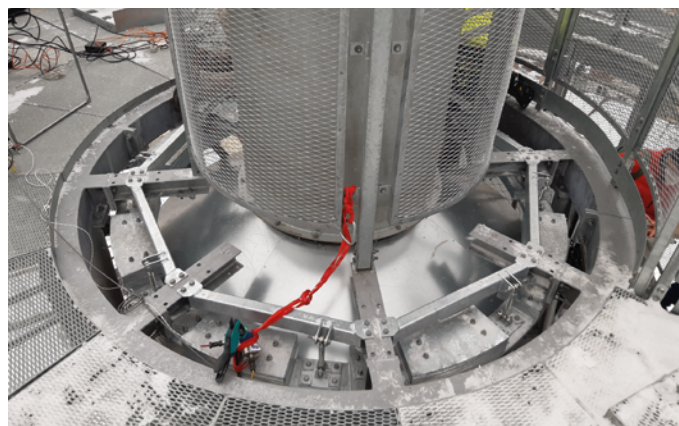
Komín Rodinného pivovaru Bernard v Humpolci na Vysočině je díky své výšce přes 30 m místní dominantou. Od letošního roku se návštěvníkům pivovaru naskytne možnost této úctyhodné výšky využít a rozhlédnout se z 32,5 m vysoké vyhlídky na vrcholu samonosné kovové konstrukce rozhledny, která zdánlivě „objímá“ komín pivovaru, aniž by se jej dotýkala. Z ochozu je možné zahlédnout třeba zříceninu hradu Orlík, hrad Lipnici nebo dálniční most na Vystrkově.



Obr. 1. Samonosná osmiboká rozhledna pivovaru Bernard a její 3D model. Foto: S. Hračov

Ještě před zpřístupněním však bylo nutné změřit dynamické charakteristiky celé konstrukce, případně navrhnout a instalovat pohlcovač kmitů. To bylo důležité, protože u výškových staveb, jako je rozhledna Bernard, mohou vlivem působení větru nebo pohybu osob vznikat nežádoucí vibrace, které ovlivňují pohodu osob nacházejících se na konstrukci – pobývat na vyhlídkové plošině 30 m nad zemí, která se „houpe“, není nic příjemného.

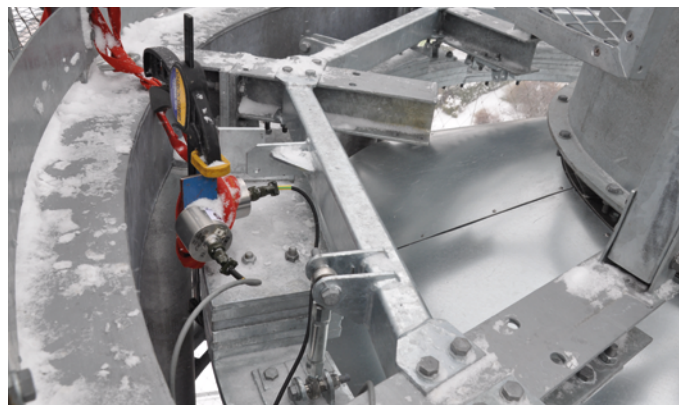
Při dynamických zkouškách konstrukce, které provedli kolegové z ÚTAM AV ČR pod vedením Shoty Urushadze, se zjistilo, že vyhlídková plošina konstrukce bez jakéhokoliv pohlcovače kmitů vykazuje nadlimitní odezvu vyvolanou pohybem osob nacházejících se na konstrukci věže. Bylo tedy nutné nainstalovat vhodný pohlcovač (absorbér) kmitů, který by efektivně snížil úroveň vibrací konstrukce. Kyvadlový pohlcovač navržený pro rozhlednu Bernard má podobu velkého kovového prstence umístěného okolo komína, váží tunu a je připevněn na nosnou konstrukci vyhlídkové plošiny na osmi závěsech (obr. 2). Závěsy a s nimi celý pohlcovač se mohou pohybovat do všech směrů. Kyvadlový pohlcovač funguje tak, že se kinetická energie vibrující konstrukce rozhledny přenáší na pohlcovač, který se následně také rozkmitá. Působí tak „proti“ pohybu konstrukce



Obr. 2. Prstencový pohlcovač s již rozmístěnými čidly. Foto: S. Hračov

rozhledny, čímž tlumí její vibrace. Část kinetické energie je zároveň pohlcena třením v závěsech.

Pohlcovač kmitů navrhl vedoucí Oddělení dynamiky a aerodynamiky Stanislav Hračov a instalovala firma Excon, a.s. Měření dynamických charakteristik konstrukce, tentokrát s pohlcovačem, se opět ujali kolegové z ÚTAM. Ještě před tím ověřili funkčnost závěsných prvků a hmoty v Centrální laboratoři ÚTAM. Na vyhlídkovou plošinu bylo rozmístěno celkem šest čidel (akcelerometrů), která snímala zrychlení konstrukce při různých druzích buzení (vítr, chůze osoby po schodišti, pohyb osob po plošině, vandalismus – úmyslné rozkmitání plošiny atd.) s aktivním i zablokovaným pohlcovačem. Důležitým úkolem zkoušek totiž bylo ověřit funkčnost a chování pohlcovače při všech těchto aktivitách. Akcelerometry byly umístěny na různých místech plošiny vždy ve dvojicích, které snímaly odezvu vždy ve dvou vzájemně kolmých vodorovných směrech.



Obr. 3. Detail závěsů a jedné dvojice čidel. Foto: B. Přečková

Měření prokázala, že v porovnání se stavem před montáží absorbéru došlo k mírnému poklesu nejnižší rezonanční frekvence. Zároveň instalace pohlcovače do konstrukce rozhledny vedla k výraznému snížení úrovně vibrací a při rozkmitávání rozhledny lidskou silou s aktivním pohlcovačem byl znát odpor pohlcovače, který bránil snadnému dosažení rezonančního stavu i jeho delšímu udržení. Z rozboru odezvy vyplynulo, že efektivní hodnoty při nuceném kmitání klesly sedmkrát, maximální šestkrát. Bylo tak možné konstatovat, že s aktivním pohlcovačem kmitů je rozhledna vhodná k bezpečnému provozu. Pohlcovač si je možné při návštěvě po vystoupení všech 191 schodů prohlédnout.

B. Přečková