

# newsletter

PROJEKTY  
VÝZKUM  
UDÁLOSTI

Akademie věd  
České republiky

ITAM ARCCHIP  
ÚSTAV TEORETICKÉ  
A APLIKOVANÉ MECHANIKY

2 / 2022

## ÚSPĚŠNÉ ZAKONČENÍ PROJEKTU LIVING DANUBE LIMES

### ÚVODNÍK

Milí čtenáři,

krátce po konci turbulentního roku 2022 čtete další číslo zpravodaje Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR. Zpravodaj přináší informace o úspěšném zakončení projektu zaměřeného na římské kulturní dědictví, o řešení jednoho z grantových projektů z oblasti aerodynamiky, který byl dobře hodnocen odbornou komisí a předsednictvem Grantové agentury ČR a také o událostech, které ÚTAM organizoval. Zmíním alespoň významnou mezinárodní konferenci SHATIS'22, uspořádanou v Praze v prostorách Národního technického muzea. V listopadu 2022 jsme v rámci předsednictví ČR v EU rovněž pořádali sympozium o památkové vědě, na které byli pozváni i zástupci vlády a kraje Vysočina. Sympozium se konalo v Telči v prostorách bývalé Jezuitské koleje.

A konečně, po delší pauze jsme přivítali členy mezinárodního poradního sboru. Jednání proběhlo v Centru Telč, bylo velmi pracovně produktivní, ale přitom zbyl čas i na jiná než vědecká témata.

Přeji vám zajímavé čtení!

Stanislav Pospíšil, ředitel ÚTAM



Exkurze v Klimatickém větrném tunelu během schůze Mezinárodního poradního sboru. Foto: J. Novotný



Na konci roku 2022 skončí úspěšný projekt Dunajské nadnárodní spolupráce Living Danube Limes (volně lze přeložit jako Živý Dunajský limes), zaměřený na římské kulturní dědictví v podunajském regionu. Projekt měl 4 hlavní pilíře: kladl si za cíl popsat 600 let trvající římskou přítomnost v Podunají a sebrat všechny dostupné informace o římských památkách v regionu (včetně těch na území dnešní Moravy) a dále propojit muzea a návštěvnická centra v regionu do klastru (za Česko se zapojí Návštěvnické centrum Mušov). Projekt nezapomněl ani na ochranu kulturního dědictví a udržitelnost cestovního ruchu pilotních lokalit. Vyvrcholením pak byla Spojovací plavba lodi Danuvina Alacris z Německa do Rumunska, která probíhala od července do října 2022. Danuvina Alacris je rekonstruovaný hlídkový člun typu lusoria, jehož předloha brázdila vody Dunaje v době, kdy tvořil severní hranici Římské říše. Člun byl vybudován v rámci projektu tradičními nástroji a postupy. Při Spojovací plavbě tvořilo posádku téměř 200 dobrovolníků z různých částí světa (včetně Česka, ale také USA nebo Austrálie), kteří se po etapách na lodi střídali. Loď k sobě přitáhla velký zájem veřejnosti všude, kam připlula. Po skončení projektu bude postupně kotvit ve všech partnerských zemích a pokud se vše podaří, pobude krátce také na Novomlýnské nádrži.

B. Přečková

## PROUDĚNÍ VĚTRU A JEHO VLIV NA VÁLCOVITÉ OBJEKTY VE STAVEBNICTVÍ

V loňském roce u nás byl úspěšně ukončen GAČR projekt nazvaný „Aerodynamická odezva válce s povrchovou drsností v kritickém a přechodovém režimu Reynoldsova čísla“ – projekt s hlavním řešitelem prof. Stanislavem Pospíšilem získal v závěrečném hodnocení stupeň „vynikající“. Jeho hlavním vědeckým přínosem bylo stanovení charakteristik proudění v okolí válce a vyšetření aerodynamického a aeroelastického odezvy v turbulentním proudu v kritickém a přechodovém režimu, tedy za rychlostí obvyklých ve stavební aerodynamice. Výsledky projektu, kromě teoretického poznání, jak probíhají procesy v mezní vrstvě a v oblasti teorie vzniku samobuzených kmitů, najdou uplatnění taktéž v praktických aplikacích při konstrukčních řešeních nebo kodifikaci zatížení staveb. V tomto čísle bychom vám jej rádi přiblížili.

Aerodynamika, jeden z pilířů výzkumu na ÚTAM AV ČR, je širokým vědním oborem, ve kterém se studuje proudění vzduchu a jeho působení na stavební objekty. Vítr a jeho statické působení jsou jednoznačně významnými faktory při návrhu konstrukcí a škody, které vítr každoročně způsobí, jsou značné a důvodem alarmujících titulků v novinách. Méně je známo, že nezanedbatelná část škod vzniká v případech, ve kterých je hlavním příčinou dynamické působení větru a odezva, ke které nemusí docházet pouze za extrémních rychlostí větru, ale naopak za poměrně běžných, a dokonce nečekaných okolností. Je to dáno také tím, že rychlost větru je možné popsat jako kompozici střední hodnoty a flukuační složky, kterou je možné pro běžné rychlosti považovat za tzv. stacionární a ergodický náhodný proces s charakteristickým frekvenčním spektrem. Statické a dynamické účinky větru rozlišujeme podle druhu odezvy a převažujících frekvencí, přičemž mnohdy dochází k jejich kombinacím a ke vzniku nových a neprobádaných jevů u kterých právě fluktuace mohou mít rozhodující vliv.



Obr. 1: Příklad námrazy a poškození lana od aeroelastického kmitání.

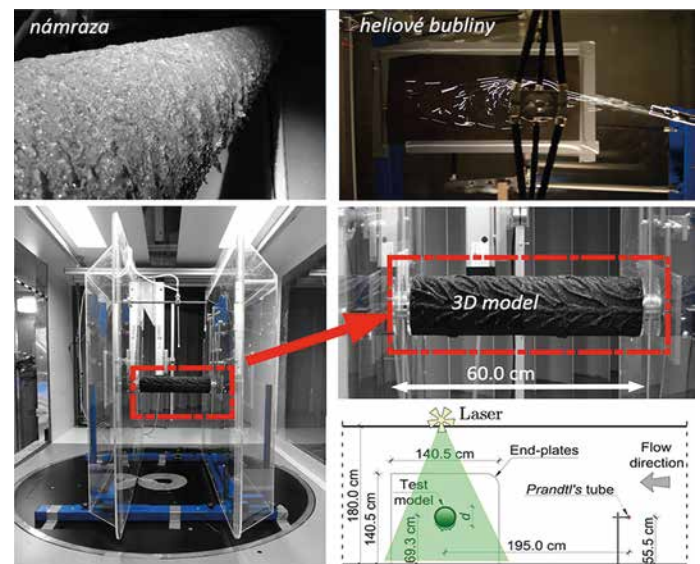


Stavební aerodynamika není důležitá jen u větších stavebních celků, ale také u konstrukčních detailů a nosných prvků, jako jsou například mostní lana a závěsy různých tvarů, které

podstatně ovlivňují režimy obtékání. Řešitelský tým projektu nasměroval své úsilí na výzkum aerodynamiky a aeroelasticity válce s kruhovým průřezem s různou povrchovou drsností, která vzniká v různých klimatických nebo technologických podmínkách a která právě režim obtékání silně ovlivňuje. Příkladem je námraza na laně nebo jeho trvalý defekt vzniklý při výrobě, případně během používání.

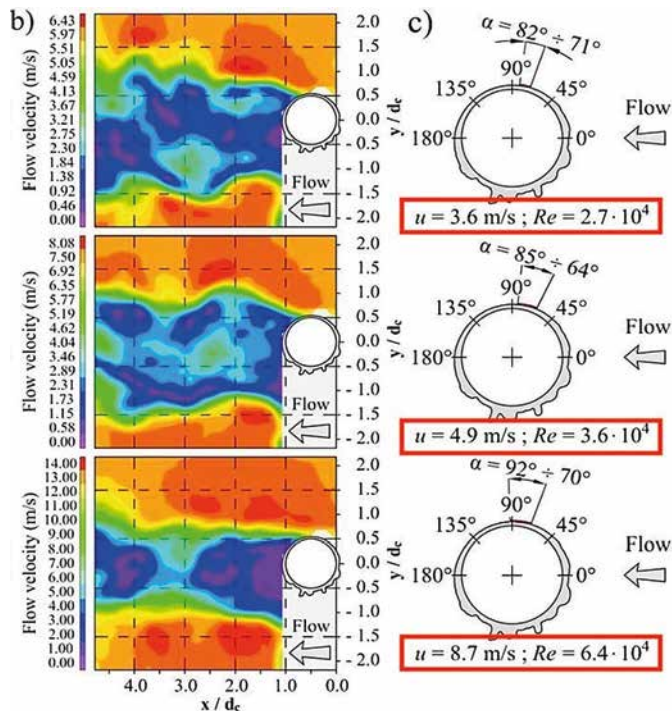
Při obtékání tělesa vznikají na jeho povrchu poruchy ve stabilitě proudu, tvoří se tzv. smykové vrstvy pokračující do úplavu. Dochází k odtrhávání a tvorbě vírů a k prudkým změnám tlaků, které pak způsobují oscilace v určitém frekvenčním pásmu charakterizovaném bezrozměrným Strouhalovým číslem. Takto vytvořená odezva s amplitudou, která závisí na útlumu a tzv. Scrutonově čísle, může za určitých okolností trvat velmi dlouhou dobu.

K zajímavému průběhu kmitání dochází, když při určité rychlosti větru dojde k rezonanci. Pokud výchylka překročí jistou hranici, interakce proudění a tělesa vede ke změně frekvence odtrhávání vírů, a ta se začne přizpůsobovat vlastní frekvenci oscilátoru. Tento jev je znám jako uzamčení a je projevem nelineárních oscilací v tzv. limitním cyklu. Kmity se odehrávají za velkých výchylek vedoucích k poškozením, jak je patrné na obrázku 1d).



Obr. 2: Uspořádání experimentu v aerodynamickém tunelu.

Vzduch může proudit za nízkých i vysokých rychlostí, tj. v různých režimech, ve kterých jsou jeho vlastnosti rozdílné. V důsledku změny režimu obtékání vznikají různě veliké víry, mění se jejich frekvence, a tudíž i frekvence působících aerodynamických sil. Rychlostní pole se kvantifikuje měřením rychlostí proudu v jeho jednotlivých bodech. Používá se metoda konstantní termické anemometrie (žhaveného drátku), případně metoda založená na laserovém osvětlování a kamerovém snímání rychlostního pole částic. Schéma uspořádání se znázorněním této metody je uvedeno na obrázku 2. Tři režimy proudění jsou pak vyobrazeny na vrstevnicových mapách na obrázku 3, z kterých lze určit rozměry vírů, jejich vzdálenosti a také například odporové síly, které proud na tělese vytváří. Je patrné, že se skutečně mohou významně lišit v závislosti na povrchu. Výsledkem pak je, že například odpor hladkého tělesa klesne na poloviční hodnotu v případě více turbulentního proudu. Jiný případ sil vzniká na válci s námrazou; roste jeho odpor, na druhé straně však vede přítomnost námrazy k nárůstu síly příčné a změně momentu a k možnému vzniku nestabilního kmitání.



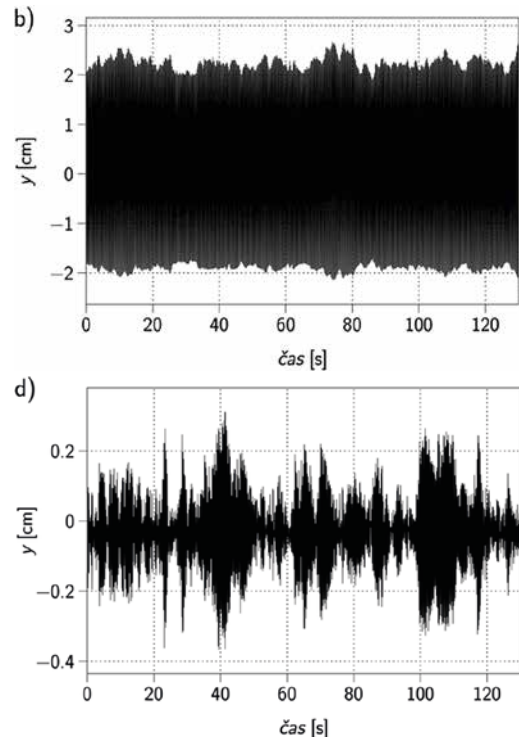
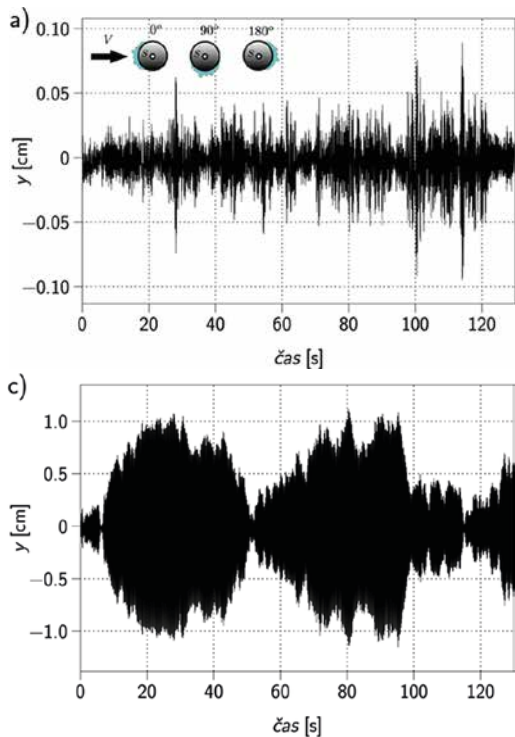
↑ Obr. 3: Vrstečnicové mapy pro různé režimy obtékání válce s námrazou

V návaznosti na tyto výsledky statických hodnot sil a frekvencí vírů pokračoval tým prof. Pospíšila ve studii vzniku kmitání na oscilátoru reprezentovaném úsekovým modelem mostního závěsu s různou technologickou drsností a s námrazou. Zaměřil se na analýzu „rezonančních“ křivek a amplitud kmitů. Prokázal se fakt, že při zvyšování rychlosti větru dochází k oscilacím zásadě ve čtyřech experimentálních režimech, které se vědeckému týmu podařilo identifikovat ve shodě s teoretickými analýzami nelineárního oscilátoru Van der Polova typu.

V předkritickém stavu znázorněném na obrázku 4a) je odezva určena náhodně se oddělujícími víry v poměrně širokém frekvenčním pásmu. Při zvýšení rychlosti nastává krátký úsek rezonance v oblasti Strouhalova čísla. Tehdy je frekvence oddělování vírů velmi blízká vlastní frekvenci oscilátoru (obrázek 4b). Z tohoto stavu se přechází do tzv. kvaziperiodického režimu, vznikajícího při efektu uzamčení. V tom dochází k záněm synchronizaci mezi frekvencemi výchylky a vírů, které jsou si blízké (obrázek 4c). Při dalším zvýšení rychlosti větru již přechází soustava do pokritického režimu, ve kterém se odehrávají již běžné oscilace od fluktujícího větru.

S. Pospíšil

↓ Obr. 4a-d: Odezva válce při interakci proudění a tělesa, která vede k fyzikálnímu jevu „uzamčení“ a která je výsledkem nelineárních oscilací v tzv. limitním cyklu.



## ANALÝZA DAT Z METEOSTANICE KOPISTY

V oddělení Dynamiky a aerodynamiky připravujeme ve spolupráci s Ústavem fyziky atmosféry AV ČR a ČHMÚ analýzu dat z meteorologické stanice Kopisty u Mostu. Meteostanice Kopisty u Mostu se nachází v silně industrializované krajině severních Čech zasažené povrchovou těžbou hnědého uhlí (Mostecká hnědouhelná pánev). V blízkosti stanice se také nachází velký areál petrochemického podniku. Oba tyto faktory silně ovlivňují kvalitu ovzduší v této lokalitě – stanice Kopisty byla postavena v šedesátých letech právě z důvodu monitorování podmínek šíření exhalací. Stanice je vybavena

sonickými anemometry na stožáru ve výškách 20, 40, 60 a 80 m k měření rychlosti a směru větru a dalšími meteorologickými přístroji pro měření srážek, slunečního svitu, oblačnosti atd. Jedná se o jednu ze dvou lokalit v ČR, ve kterých jsou měřeny vlastnosti atmosféry po výšce. Sdílení meteorodat mezi ÚFA ÚTAM přispěje k porozumění proudění v této lokalitě a ze „stavařského“ hlediska k porozumění proudění v mezní vrstvě atmosféry v krajině silně poznamenané činností člověka. Můžeme díky tomu namodelovat speciální mezní vrstvu ve větrném tunelu (pomocí modelování terénu) a výsledky bude možné využít také v numerickém modelování (jako okrajové podmínky).

P. Michálek

## MEZINÁRODNÍ KONFERENCE SHATIS'22 O DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍCH

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i. pořádal v září 2022 mezinárodní konferenci zaměřenou na dřevěné konstrukce SHATIS'22 - International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures. Akce proběhla ve spolupráci s Univerzitním centrem energeticky efektivních budov ČVUT v Praze (UCEEB) a za podpory Národního památkového ústavu (NPÚ) a Národního technického muzea (NTM).

Příspěvky byly rozděleny do 5 hlavních sekcí:

- Základy navrhování dřevěných konstrukcí
- Vlastnosti dřeva
- Monitoring a průzkum dřevěných konstrukcí
- Konstrukční zásahy
- Případové studie; výzkum & praxe

Úspěšnost konference tkví v setkávání výzkumníků s odborníky z praxe a v otevřenosti, se kterou přistupují k diskuzím nad aktuálními tématy spojenými s dřevěnými konstrukcemi, moderními i historickými. To se potvrdilo i v letošním ročníku, který přitahoval více než 70 účastníků z celého světa (nejdále z USA, Chile nebo Japonska). Zvané přednášky prezentovali Jorge M. Branco z University of Minho („Structural assessment of timber structures. Knowns, known unknowns, and unknown unknowns.“) a Václav



Prohlídka krovu Týnského chrámu. Foto: M. Piazza

Sebera z Mendelovy univerzity („Who talks about wood?“). Akce probíhala v prostorách NTM a v rámci společenských akcí účastníci navštívili památník na Vítkově nebo Ledeburské zahrady. Součástí programu konference byla také návštěva krovů vybraných historických objektů, která měla mimořádný ohlas. Účastníci měli možnost si prohlédnout prostory pod střechou Vladislavského sálu na Pražském hradě, kostela Panny Marie před Týnem a Staroměstské mostecké věže. Nadcházející ročník v roce 2024 proběhne v chorvatském Záhřebu. Více na [shatis22.itam.cas.cz](http://shatis22.itam.cas.cz).

H. Hasníková

## SYMPOZIUM O PAMÁTKOVÉ VĚDĚ V TELČI



ÚTAM AV ČR ve spolupráci s Univerzitním centrem Telč Masarykovy univerzity uspořádal 7. - 8. listopadu 2022 symposium „Památková věda: Interdisciplinarita, internacionalita a infrastruktury“. Akce se konala v širším rámci českého předsednictví Rady Evropské unie a pod záštitou Kraje Vysočina. Akci slavnostně zahájili 1. náměstkyně hejtmanky Kraje Vysočina Hana Hajnová, starosta města Telče Vladimír Brtník, představitelka evropské výzkumné infrastruktury pro památkovou vědu E-RIHS Vania Virgili, ředitel ÚTAM AV ČR Stanislav Pospíšil a ředitel UCT MUNI Jaroslav Makovec.

V posledních dvou desetiletích se památková věda (Heritage Science) zformovala do samostatné vědecké disciplíny spojující humanitní, sociální, přírodní a technické vědy. Dvoudenní symposium formou prezentací odborníků na památkovou vědu z významných domácích institucí demonstrovalo potenciál památkové vědy při řešení současných sociálních, kulturních,

ekonomických, politických a ekologických výzev. Účastníci symposia, které bylo otevřené i široké veřejnosti, se tak během dvou dnů seznámili s památkovou vědou v její rozmanitosti i jednotě, od regionální až po evropskou i globální působnost. Zvláštní důraz byl věnován roli výzkumných infrastruktur v oblasti památkové vědy. Akce také navázala na symposium „Heritage for the Future, Science for Heritage: A European Adventure for Research and Innovation“, které se konalo během francouzského předsednictví Rady Evropské unie v březnu 2022 v Louvru. Symposium bylo podpořeno Akademií věd České republiky v rámci Strategie AV21.

J. Novotný

## NÁVŠTĚVA Z RWE

V září 2022 jsme na našem ústavu v Praze přivítali významnou návštěvu, jejímž důvodem byl probíhající komerční projekt cíleně řešící problematiku spojenou s rozvojem vodíkových technologií v plynárenském sektoru. (Řešeno také v rámci programu Strategie AV21 – Udržitelná energetika.) Náš ústav navštívil pan Andreas Frohwein, technický ředitel RWE Gasspeicher GmbH/ innogy Gas Storage NWE/ RWE Gas Storage West GmbH, v doprovodu českých kolegů z RWE Gas Storage a spoluřešitelů z Technoparku Kralupy – VŠCHT.

S našimi kolegy diskutovali zejména o otázkách a rizicích spojených s materiálovou a lomově materiálovou charakteristikou ocelí použitých v technologii plynových zásobníků ve spojení s vodíkovou expozicí v rámci plánovaného přimíchávání vodíku do zemního plynu v evropské plynárenské soustavě (P2G - Power to Gas). Poté následovala krátká exkurze do ústavních laboratoří.

M. Šperl