

# newsletter

NOVINKY

PROJEKTY

UDÁLOSTI

VÝZKUM



ITAM ARCCHIP  
ÚSTAV TEORETICKÉ  
A APLIKOVANÉ MECHANIKY

1 / 2020

## MEZINÁRODNÍ PROJEKTY ZAHÁJENÉ V ROCE 2020

V první polovině letošního roku započalo hned několik mezinárodních projektů financovaných z programů Interreg a Horizon2020, do kterých se Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR zapojil jako partner.

Prvním z nich je projekt STRENCH (STRENGTHening resilience of Cultural Heritage at risk in a changing environment through proactive transnational cooperation, program Interreg Central Europe), který navazuje kromě jiných na projekty ProteCHt2save a RUIINS, logicky se tedy také zabývá ochranou a odolností kulturního dědictví vůči přírodním a člověkem způsobeným nebezpečím, které je ohrožují se stále zvyšující se frekvencí. Takové neustále se měnící výzvy vyžadují inovativní přístupy ke konzervaci i ochraně. Projekt STRENCH má za cíl zvýšit kapacity veřejného a soukromého sektoru za účelem zmírnění dopadů změny klimatu a přírodních rizik díky využití modelů změn klimatu, indexů rizik, posouzení zranitelnosti, služeb a produktů vyvinutých, testovaných a používaných v předchozích projektech.

Dalším započatým projektem programu Interreg, tentokrát přeshraniční spolupráce Rakousko-Česká republika, je projekt se zkratkou ImageHeadstart (celým názvem Průlomové aplikace počítačového vidění v mikrosvětě: Konsorcium výzkumných organizací pro průmysl 4.0). Jak název napovídá, cílem projektu je vytvoření konsorcia firem a regionálních výzkumných organizací, v němž budou firmy čerpat ze znalosti výzkumných organizací a tím dosáhnout konkurenceschopnosti a ve specifických oblastech i náskoku v globální konkurenci, konkrétně v oblasti počítačového vidění mikrosvětě. Běžní uživatelé, a to i z oblasti firem, totiž dostávají jen málokdy informaci nakolik použitá metoda snímání a ukládání obrazu zachová nebo zásadně mění základní strukturu obrazu. Abychom získali perfektní obraz, musí být vnímání lidského oka podváděno. To je možné jen zkreslením původního signálu senzoru kamery. Tím je ale výrazně omezena konkurenceschopnost uživatelů obrazových dat, protože ze zkreslených dat nejsou schopni tvořit průlomová algoritmická řešení v navazujících technologických jako je automatické rozpoznávání, měření a podobné aplikace. Ty jsou přitom vstupem pro umělou inteligenci a tím tvoří základ pro vývoj robotizovaných zařízení v celém rozsahu od výroby, přes řízení provozu a ostrahu budov, medicínské aplikace až po asistenční automaty, stručně řečeno celý průmysl 4.0. Díky projektu se k firmám v regionu

dostanou potřebné informace, čímž se zvýší jejich konkurenceschopnost v oboru a následně konkurenceschopnost celého regionu.

Projekt IPERION HS (Integrated Platform for the European Research Infrastructure, Horizon2020) navazuje mimo jiné na přípravný projekt E-RIHS, kterého se ÚTAM AV ČR také účastnil. Projekt v konsorciu sdružuje národní infrastruktury pro výzkum kulturního dědictví. Cílem je vytvoření unikátní výzkumné infrastruktury, v rámci které by bylo možné sdílet a využívat špičkové vybavení a laboratoře, metodologie, data a nástroje napříč Evropou. Také propojování odborníků z různých oborů a států by mělo vést k většímu sdílení znalostí, dalším inovacím a vyššímu stupni poznání v oblasti památkové vědy. Projekt sdružuje partnery z více než 23 zemí.

B. Přechová

## ÚVODNÍK

Milí přátelé vědy,  
nový zpravodaj Ústavu teoretické a aplikované mechaniky, který máte před sebou, se z větší části věnuje oblasti ochrany kulturního dědictví a materiálového výzkumu. To je dobře, aktivity z těchto oblastí vedou k poznávání technologických postupů našich předků, ze kterých lze čerpat i v současnosti. Jeden z mistrů světa v šachu kdysi prohlásil: "Zahájení hry nemusí být nutně nové, stačí, aby bylo dobře zapomenuté". To mne napadá, když sleduji výzkum barokních technik štuku, nebo postup při odhalování tajemství srolovaných olověných plátek s více nebo méně temným prokletím pomocí rozptylu fotonů na mělce vyrytém písmu. Pracovníci Laboratoře rentgenové tomografie z Centra v Telči to dokážou s pomocí zařízení využívající dvouosového rentgenového záření a velkoplošných detektorů sestavy TORATOM.

Kromě těchto nesmírně zajímavých příspěvků přináší nové vydání Zpravodaje také informaci o výzkumu chemické degradace betonu, který byl publikován v prestižním světovém časopise a také informaci o činnosti oddělení Památkové vědy na workshopu SCOLA TELCZ.

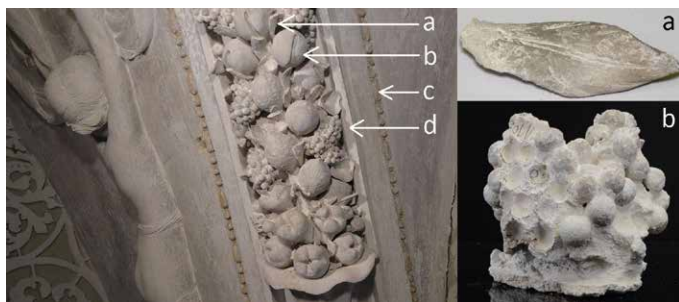
Aktivity z oblasti ochrany památek jsou výsledkem již řadu let úspěšného angažmá ÚTAM v mezinárodním kontextu, především v programech Interreg a Horizon2020. Na domácí půdě ÚTAM uspěl s projektem propojujícím přístupy technických, přírodních a společenských věd v rámci Strategie AV21. O výsledcích projektu bude pojednávat příští vydání Zpravodaje. Máte se snad na co těšit.

Stanislav Pospíšil, ředitel ÚTAM

## VÝZKUM BAROKNÍ TECHNIKY ŠTUKU POMOHL OBNOVIT VZNEŠENOST VELKÉHO SÁLU ZÁMKU ČERVENÁ LHOTA

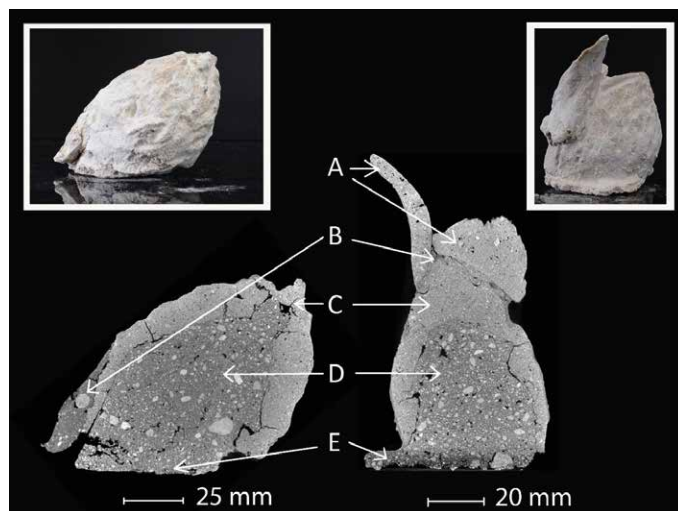
Restaurátoři se ve své praxi setkávají s širokou škálou historických materiálů a původních technologií, které nemohou z pochopitelných důvodů do hloubky poznat. Jejich znalost by se měla stát jedním ze základních kamenů při návrhu jakéhokoli opravného zásahu, zejména pokud se jedná o předchozími opravami nezměněné originální dílo. Této problematice se věnuje projekt NAKI DG16P02H012 Vápenné materiály pro restaurování a konzervování (2016-2020), který se zaměřuje na technologickou podporu restaurátorů. Projekt se zabývá vývojem vápenných omítek, které svým složením, kvalitou a zpracováním odpovídají originálům, a zároveň návrhem správných aplikačních postupů. Jednou z příkladových studií je raně barokní štuková výzdoba Tencallova sálu na zámku Červená Lhota.

Restaurování maleb, štuků a omítek tohoto sálu započalo v roce 2017, kdy byly odebrány první vzorky pro detailní materiálovou studii. Vzhledem k rozsahu štukových dekorací se výzkumná činnost soustředila na výzdobu klenebních žebér. Na obr. 1 vidíme, že žebra jsou pokryta drobnými tvary (lístky, kalíšky, třešněmi) a většími prvky, které jsou souhrnně označeny jako ovoce. Díky podrobnému analytickému přístupu byly charakterizovány dvě základní maltové směsi, které byly k vytvoření vysoce plastických dekorů použity. Jsou to jemná vápenná směs a sádro-vápenná směs. Kromě dvojího druhu pojiva použili štukatéři také písek místní provenience, který upravili v závislosti na modelovaném prvku, obr. 2. V maltách byly detekovány stopy kolagenu, což ukázalo na využití klišové vody jako modifikátoru tuhnutí sádry. Důležitou součástí této fáze výzkumu byla spolupráce napříč odděleními ÚTAM.



**Obrázek 1:** Detail štukové výzdoby Tencallova sálu. a – malé tvary (např. lístky), b – ovoce (např. hroznové víno), c – perlavec, d – žebro.

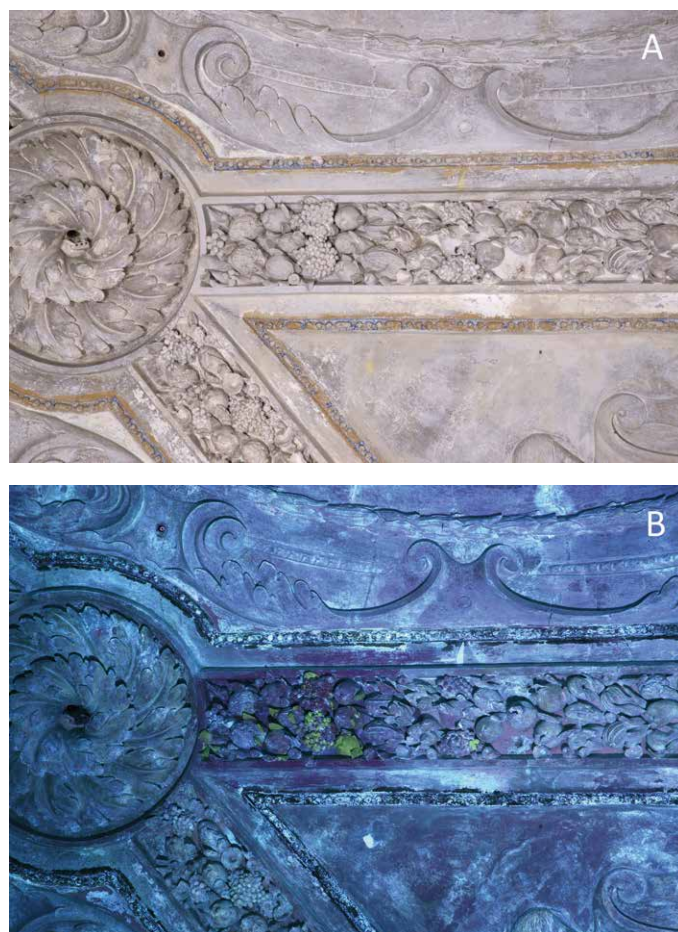
Na základě zjištěných charakteristik proběhl průzkum dostupných materiálů. K výběru surovin pro výrobu vápna poskytla informace databáze Calcarius (vytvořená v předchozím NAKI projektu, <http://www.calcarius.cz/gis-calcarius/>), která nasměrovala zpětnou prospekci do lokality Chýnov, 25 km severně od zámku. Ložisko vhodné čisté suroviny ve formě krystalického vápence zde bylo nalezeno a získaný materiál byl vypálen v experimentální peci v Solvayových lomech a dále zpracován způsobem odpovídajícím tehdejšímu postupům. Použité plnivo je podle mineralogického složení místní říční písek, který se nachází mimo jiné přímo v podloží rybníku okolo zámku. Větším výzkumným oříškem se ukázala otázka provenience a zpracování sádry. Nejbližší ložiska sádrovce jsou v Opavské pánvi (CZ a PL), v Severních vápencových Alpách (A) a v Zechsteinu (D). Podařilo se získat a analyzovat vzorky z českých Kobeřic a rakouského Preinsfeldu. Na základě analýzy stabilních



**Obrázek 2:** CT snímky a fotografie citronu (vlevo) a mandle (vpravo). A – lístky (V, < 1 mm), B – jemná lepicí malta (SV, < 1 mm), C – vnější štuková vrstva (V, < 1 mm), D – vnitřní jádrová malta (SV, < 8 mm), E – hrubá lepicí malta (SV, < 8 mm). Rozdílná barevnost pojivové matrice může naznačit také odlišnou hustotu malty (rozdíl mezi D a E). Viditelné jsou též trhliny, póry, větší zrna plniva či pojivových kusů. V – vápenná malta, SV – sádro-vápenná malta.

izotopů síry a stroncia byl vyloučen sádrovec z Kobeřic. Získaná surovina byla experimentálně vypálena při nízké a při vysoké teplotě postupem popsaným v traktátu z přelomu 17. století.

Po přípravě materiálů následovalo ověření jejich funkčnosti pomocí praktického testování společně s restaurátory. V



**Obrázek 3:** Celkový pohled na část s přilepenými transfery a doplňky v denním světle (A) a v UV světle (B). Do nových doplňků byla přimíchána zinková běloba, která fluoreskuje zeleně.

experimentálním centru v Solvayových lomech proběhlo několik workshopů, na kterých byla postupně ustanovena metodika postupu vytvoření kopie studovaných štuků. Díky detailním analýzám a praktickému ověření způsobu práce s autentickými materiály bylo možné navrhnout maltové směsi a technologické postupy pro opravu štukové výzdoby sálu. Úspěšně se podařilo zpětně osadit transferované ovoce s využitím navržených lepicích malt a chybějící části nahradit materiálovou a technologickou kopií originálů, obr. 3. Celý proces návrhu materiálové a technologické kopie je zpracován v Památkovém postupu, výzkum byl publikován v odborných časopisech a na konferencích.

Na tomto místě bychom chtěli poděkovat všem kolegům, kteří se na této studii podíleli. Věřím, že využití zjištěných informací v praxi je pro nás všechny příjemnou odměnou. Na realizaci památkového postupu jsme spolupracovali s restaurátorkami Mgr. J. Waisserovou a MgA. Z. Wichterlovou.

**Související publikace:** Válek, J., Skružná, O., Kozlovce, P., Frankeová, D., Mácová, P., Viani, A., Kumpová, I. *Composition and technology of the 17th century stucco decorations at Červená Lhota Castle in Southern Bohemia. International Journal of Architectural Heritage. 2020. ISSN 1558-3058. Doi: 10.1080/15583058.2020.1731627.*

O. Skružná, J. Válek

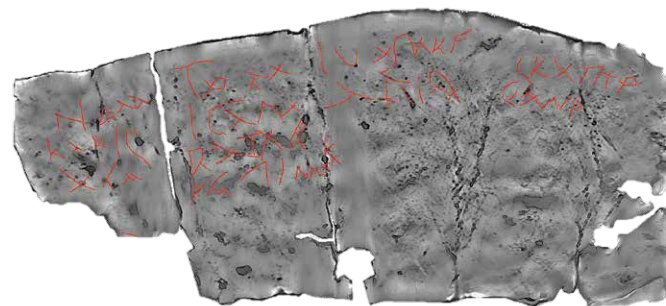
## PROKLÍNACÍ TABULKY: RENTGENOVÁ MIKRO-TOMOGRAFIE TEXTU SKRYTÉHO V OLOUVU

Téma proklínacích tabulek, označovaných jako defixe nebo tabellae defixionis, budilo v uplynulých letech velký zájem odborné veřejnosti v mnoha zemích. Úkolem těchto tabulek ve formě tenkých olověných listů s vyrytým textem, pevně složených, válcovaných a často propíchaných, bylo ovlivnit nadpřirozenými prostředky život lidí a zvířat proti jejich vůli. Obvykle byly uloženy na místech jako jsou hroby předčasně nebo násilně zemřelých, fontány nebo studny, svatyně a amfiteátry, kde se očekávala přítomnost chthonických božstev či démonů smrti, jež měli splnit přání pisatele kletby. Proklínací tabulky byly objevovány po celá staletí, ale mnohé z nich byly poškozeny (mechanicky či korozí) nebo byly po dlouhou dobu uloženy v depozitářích a dnes jsou nečitelné, takže jejich temné poselství zůstává záhadou. V Panonii je dokumentováno pouze 10 takových mimořádných a cenných nálezů. Dva exempláře nalezené v Savarii (dnes Szombathely) byly zkoumány v Laboratoři rentgenové tomografie CET ve spolupráci s Výzkumným ústavem lingvistiky Maďarské akademie věd a Ústavem klasických studií Masarykovy univerzity v Brně.



**Obrázek 1:** Umístění krabičky s proklínací tabulkou v tomografu TORATOM.

V minulosti byly tyto tabulky mechanicky rozloženy ve snaze přečíst vyrytý text. To však bylo možné jen částečně kvůli přítomnosti záhybů a korozních produktů na povrchu olověné fólie. Defixe „Iseum“ (rozměry 150 × 55 mm, přibližně 1. století n. l.) byla nalezena u zdi muzea v blízkosti jantarové stezky vedoucí přes Savarii. Na této tabulce jsou čitelná některá jména vojáků a důstojníků, což je u proklínacích tabulek velmi zřídka doloženo. Podstatná část tabulky však není čitelná. Defixe „Bartók Terem“ (rozměry 75 × 35 mm, přibližně 4. století n. l.) byla nalezena na opačné straně jantarové stezky na římském hřbitově. Jsou známa pouze první slova „moji nepřátelé“, zbytek textu nelze přečíst či interpretovat kvůli přítomnosti koroze. Proto byla studována možnost využití rentgenové mikro-tomografie k poskytnutí obrazové informace dostatečné kvality pro rozpoznávání rytého textu. Schopnost dešifrovat text bez nutnosti mechanického rozkladu nebo použití destruktivních metod může v budoucnu napomoci zachovat podobné artefakty v jejich autentické podobě.



**Obrázek 2:** Fotografie defixe „Bartók Terem“ (nahore) a příklad odhalování čitelných písmen po zpracování tomograficky získaných dat (dole).

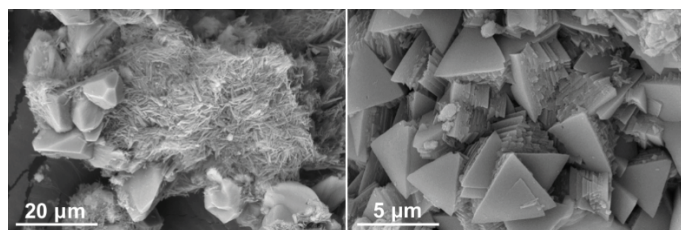
Pro skenování tabulek bylo použito patentovaného zařízení TORATOM. Rentgenové zobrazování a tomografie těchto objektů je však náročným úkolem, protože nápisy jsou ve srovnání s celkovou tloušťkou tabulek poměrně mělké a tenké a olovo je velmi účinným absorberem rentgenového záření. Ačkoli byly parametry použitého rentgenového záření, včetně filtrování, nastaveny nejlepším způsobem, jaký zařízení TORATOM umožňuje, po rekonstrukci byl text jen těžko rozpoznatelný. Hlavním důvodem byla kombinace velmi mělkého textu a rozptýlu fotonů. Přestože jsou tabulky mechanicky rozloženy, nejsou zcela rovinné, takže přední a zadní strana nemohou být snadno virtuálně odděleny. Navíc mechanické poškození kolem záhybů znemožňuje vizualizaci v těchto oblastech. Proto bylo nutné dešifrovat jednotlivá písmena z jednotlivých tomografických řezů po jejich dalším zpracování formou zaostření a zvýšení lokálního kontrastu.

Tato práce byla představena na konferenci 10th Conference on Industrial Computed Tomography, Wels, Rakousko (iCT 2020), [www.ict-conference.com/2020](http://www.ict-conference.com/2020).

I. Kumpová

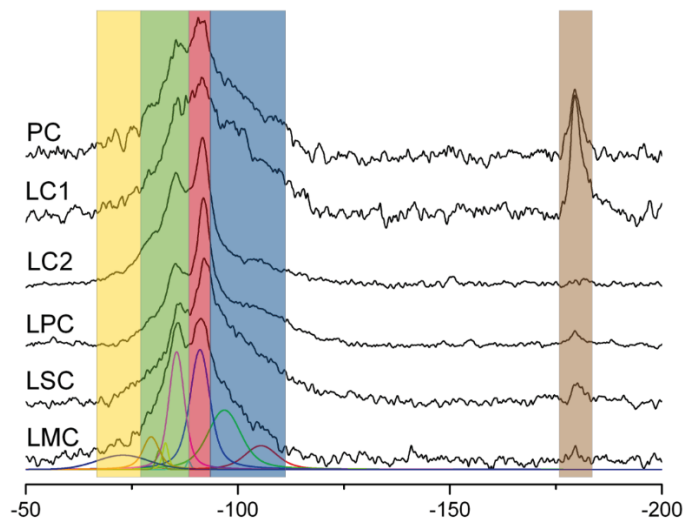
## BETON V AGRESIVNÍM PROSTŘEDÍ

Skupina z Oddělení materiálového výzkumu nedávno zveřejnila studii v prestižním recenzovaném časopise (Cement and Concrete Research) týkající se chemické degradace mikrostruktury betonu na bázi Portlandského cementu s přísadou vápence v dlouhodobém časovém horizontu. Konstruktivní beton používaný zejména do základů budov, jako cementobetonový kryt vozovek, případně jako spojovací matrice (malta) ve zdivu jsou během životnosti stavby vystaveny působení okolního prostředí. Studená podzemní voda kontaminovaná síranovými ionty vytváří vysoce agresivní prostředí, které při přímém kontaktu s betonovou konstrukcí postupně ničí cementovou matici vzájemně spojující kamenivo a ocelovou výztuž, a současně s tím také výrazně snižuje pevnost betonu.



**Obrázek 1:** Snímky z elektronového mikroskopu zobrazující krystaly vzniklé vlivem síranové koroze: jehlicové krystaly thaumasitu obklopující krystaly kalcitu (vlevo), a krystaly brucitu (vpravo).

Tato studie, podpořena výzkumným grantem GAČR 18-26056Y, byla provedena s využitím lokálně dostupných surovin v kombinaci s pokročilou technikou nukleární magnetické rezonance pevné fáze (ssNMR). Experimenty ssNMR byly provedeny ve Středisku pro magnetickou rezonanci Státní univerzity v Petrohradu (Rusko) ve spolupráci s naším místním partnerem. Měření na přístroji ssNMR bylo možné díky rámcové



**Obrázek 2:** Si NMR spektra získaná pro různá betonová složení. Žlutá: nezreagovaný slínek; zelená: hydráty křemičitanu vápenatého; červená: zesíťené silikátové struktury s Al; modrá: zesíťené křemičitanu a silikagel; hnědá: thaumasit.

dohodě o spolupráci podepsané mezi oběma výzkumnými pracovišti. Použitá metodologie umožnila popis nově vzniklých krystalických produktů při procesu degradace betonu a získání podrobných informací o stavu amorfního pojiva. Výsledky mohou dopomoci k porozumění způsobu a míry degradace betonových konstrukcí a k případné optimalizaci návrhu betonové směsi pro specifické aplikace.

**Související článek:** K. Sotiriadis, P. Mácová, A.S. Mazur, A. Viani, P.M. Tolstoy, S. Tsvilís. Long-term thaumasite sulfate attack on Portland-limestone cement concrete: A multi-technique analytical approach for assessing phase assemblage. *Cement and Concrete Research* 130 (2020) 105995. DOI: 10.1016/j.cemconres.2020.105995.

K. Sotiriadis

## SCOLA TELCZ 2020 – BUDOVU SLOUŽÍCÍ DŘÍVE K SOCIÁLNÍMU BYDLENÍ DOPORUČILI STUDENTI ZACHOVAT

**Zimní workshop SCOLA TELCZ patří v Telči již k tradičním únorovým událostem, na kterých náš ústav participuje. Ten letošní byl v pořadí čtvrtý a probíhal od 9. do 15. února.** Hlavním tématem letošního ročníku byl dům čp. 15 v ulici 9. května, který je v současné době ve vlastnictví města Telče. Dvě skupiny studentů, které se zabývaly budoucností domu, nejprve provedly vstupní analýzu historických a památkových hodnot domu a také jeho urbanistického a společenského významu pro okolí. V dalších návrzích se studenti shodli na tom, že je třeba hledat cesty pro zachování stavby.

„Řešený objekt je v kontextu okolní předměstské zástavby výjimečný, jde o jeden z prvních vícepodlažních bytových domů v Telči. Součástí terénních průzkumů byla archivní rešerše od památkářů z telčské pobočky NPÚ, a také dendrochronologické datování konstrukce krovu od specialistů z Centra Telče. To potvrdilo, že ke stavbě domu došlo už v roce 1827 či 1828, tedy velmi pravděpodobně v souvislosti s hospodářským oživením vyvolaným činností soukenické továrny Jakuba Langa, která

stávala při dnešní Hradecké ulici,“ říká jeden z lektorů letošního workshopu SCOLA TELCZ Jiří Bláha, který je jinak vědeckým pracovníkem Centra Telče našeho ústavu. „Oba okruhy návrhů se potkávaly v tom, že pro objekt situovaný při frekventované ulici, a zároveň disponující zahradou s menším hospodářským zázemím, by bylo vhodné kombinovat funkci bydlení s jednou či více drobnými provozovny zaměřenými na drobnou řemeslnou činnost, případně opravy,“ dodává. Město Telč se již dalším osudem objektu rovněž zabývá.

J. Novotný

