Zpravodaj WTA CZ

číslo 1-4 prosinec 2020

- OPRAVY NOSNÝCH KONSTRUKCÍ PAMÁTKOVÝCH STAVEB
- NEDESTRUKTIVNÍ ANALÝZA ŽELEZOBETONOVÉHO BUNKRU V SEVEROZÁPADNÍCH ČECHÁCH Z ROKU 1937
- OPRAVA ROUBENÉHO DOMU Z ROKU 1714 NA KLATOVSKU
- ALTERNATIVNÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ DRUHOTNÝCH SUROVIN V APLIKACI S EPOXIDOVÝM POJIVEM
- VYSOCE ODOLNÝ POLYMERNÍ SPRÁVKOVÝ KOMPOZIT S OBSAHEM KORUNDOVÉHO PÍSKU
- FOTOAKTIVNÍ STĚRKY SE SAMOČISTÍCÍM POVRCHEM A FOTOAKTIVNÍ PŘÍSADY DO BETONU
- ZESÍLENÍ DŘEVĚNÉHO TRÁMOVÉHO STROPU POMOCÍ HŘEBÍKOVÉ ŽELEZOBETONOVÉ DESKY
- POKLES ÚNOSNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A STAVEB V DŮSLEDKU NEZVLÁDNUTÍ SRÁŽKOVÝCH VOD NA PŘÍKLADECH PORUCH KOSTELŮ BROUMOVSKÉ SKUPINY
- SPOLEHLIVOSTNÍ ANALÝZA KOSTELA SV. BARBORY V OTOVICÍCH
- ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ REKONSTRUKCÍ OBYTNÝCH BUDOV

Histolith

Více než 125 let péče o záchranu historických památek

CAPAROL

V celé Evropě najdete významné historické stavební památky, které byly renovované a probuzené do nové krásy pomocí produktů Caparol. Zachování a ochrana cenného kulturního dědictví jsou pro společnost Caparol trvalou záležitostí už od založení před více než 125 lety.

Braniborská brána, Berlín, Německo

Kostel Panny Marie Bolestné
Dobrá Voda u Českých Budějovic

Secesní plovárna
Darmstadt, Německo

Obsah / Content

ÚVODNÍ SLOVO / INTRODUCTORY WORD
- *Rostislav Drochytka* 2

NEDESTRUKTIVNÍ ANALÝZA ŽELEZOBETONOVÉHO BUNKRU V SEVEROZÁPADNÍCH ČECHÁCH Z ROKU 1937
NON-DESTRUCTIVE ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BUNKER FROM 1937 IN NORTHWEST BOHEMIA
- *Ondřej Holčapek, Pavel Reiterman* 5

ALTERNATIVNÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ DRUHOTNÝCH SUROVIN V APLIKACI S EPOXIDOVÝM POJIVEM
ALTERNATIVE POSSIBILITIES OF USE OF SECONDARY RAW MATERIALS IN APPLICATION WITH EPOXY BINDERS
- *Lenka Mészárosová, Tomáš Žlebek, Viktor Hlavička, Rostislav Drochytka* 9

OPRAVY NOSNÝCH KONSTRUKCÍ PAMÁTKOVÝCH STAVEB
- *Jan Vinař* 13

OPRAVA ROUBENÉHO DOMU Z ROKU 1714 NA KLATOVSKU
- *Bohuslav Vykouk* 29

VYSOCE ODOLNÝ POLYMERNÍ SPRÁVKOVÝ KOMPOZIT S OBSAHEM KORUNDOVÉHO PÍSKU
HIGH RESISTANT POLYMER REPAIR COMPOSITE WITH CONTENT OF CORUNDUM SAND
- *Jakub Hodul, Lenka Mészárosová, Anna Čtvrtečková, Rostislav Drochytka* 32

FOTOAKTIVNÍ STĚRKY SE SAMOČISTÍCÍM POVRCHEM A FOTOAKTIVNÍ PŘÍSADY DO BETONU
- *Pavel Dohnálek, Jaromír Jirkovský, Tereza Sázavská, Jan Šubrt, Václav Pumpr, H. Bíbová, M. Jakubičková, M. Pusztai* 38

ZESÍLENÍ DŘEVĚNÉHO TRÁMOVÉHO STROPU POMOCÍ HŘEBÍKOVÉ ŽELEZOBETONOVÉ DESKY
- *Jiří Gerö* 44

POKLES ÚNOSNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A STAVEB V DŮSLEDKU NEZVLÁDNUTÍ SRÁŽKOVÝCH VOD
NA PŘÍKLADECH PORUCH KOSTELŮ BROUMOVSKÉ SKUPINY
REDUCTION OF MATERIAL'S AND STRUCTURE'S BEARING CAPACITY DUE UNDERESTIMATION
OF RAINWATER FALLS ON EXAMPLES FROM BROUMOV GROUP OF CHURCHES
- *Pavel Kuklík* 48

RELIABILITY ANALYSIS OF HISTORIC BUILDING: A CASE STUDY OF ST. BARBARA'S CHURCH, OTOVICE
SPOLEHLIVOSTNÍ ANALÝZA KOSTELA SV. BARBORY V OTOVICÍCH
- *Chandrashekhar Mahato, Pavel Kuklík* 55

ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ REKONSTRUKCÍ OBYTNÝCH BUDOV
ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF RESIDENTIAL BUILDING RENOVATIONS
- *Karel Struhala* 62

CERTIFIKOVANÉ SANAČNÍ OMÍTKOVÉ SYSTÉMY WTA-Inter 68

CERTIFIKOVANÉ INJEKTÁŽNÍ HMOTY PROTI KAPILÁRNÍ VLHKOSTI 71

ZAJÍMAVOSTI Z ODBORNÝCH ČASOPISŮ 73

Zpravodaj WTA CZ
Vydavatel: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky z.s. (WTA CZ),
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1, IČO: 75088762, tel.: 221 082 397, e-mail: wta@wta.cz, http://www.wta.cz
Vychází: 2 až 4x ročně Číslo vychází: 15. 12. 2020

Redakční rada / Editorial Board: Ing. Jan Mácha (šéfredaktor), prof. Ing. Pavel Kuklík, CSc. (zástupce šéfredaktora), prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, Ing. arch. Karel Doubner, prof. Ing. Tibor Ďurica, CSc., prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht, prof. dr. ir. Dionys Van Gemert, prof. Dr.-Ing. Rolf P. Gieler, doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc., prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer, prof. dr. ir. Luc Schueremans, prof. dr hab. inż. Jacek Śliwiński, Ing. Václav Sokol, CSc., doc. Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.

Litografie a tisk: Expressprint
Registrace povolena na Ministerstvu kultury ČR pod číslem MK ČR E 13411, ISSN 1213-7308

Za obsah a původnost článků odpovídají jejich autoři. Odborné články byly lektorovány. Názory v příspěvcích se nemusejí shodovat s názory redakce.
The authors are responsible for the content and originality of the contributions. The contributions were reviewed. The opinions of editors can be inconsistent with those of the authors.

ÚVODNÍ SLOVO

Vážení a milí kolegové,

dovolte, abych Vás po delší době oslovil a seznámil s důležitými informacemi z činnosti WTA, a to jak WTA International, tak i WTA CZ. S ohledem na stávající epidemiologickou situaci se částečně činnost utlumila, ale podotýkám, že skutečně pouze částečně. Tak jako všude ve společnosti, i v rámci WTA CZ a WTA International bylo nutné přejít na onlinové formy komunikace, onlinové formy různých vystoupení či kontaktování mezi sebou navzájem. Rada WTA CZ se touto formou pravidelně schází v podstatě už od jarních měsíců. Obdobně probíhá i jednání v rámci WTA International, kdy naopak online forma umožňuje častější periodu setkávání se a řešení aktuálních situací.

S některými z řešených témat bych Vás rád seznámil. Začal bych tím, co se děje v Evropě v rámci WTA International, kdy se znovu diskutují některé formy legislativního ukotvení, které jsou však v České republice již vyřešeny a na jejichž základě fungujeme. Dále se v rámci WTA International řeší nové směrnice, zveřejňované na internetových stránkách **www.wta.de**. Některé z těchto směrnic budeme překládat do českého jazyka, aby byly k dispozici našim členům a případně i firmám působícím v této oblasti.

Nejvýznamněji ovlivnila epidemie koronaviru pravidelný WTA-TAG, který měl být uspořádán ve Vídni v březnu letošního roku a na který se chystalo velké zastoupení našich členů. WTA-TAG byl odložen na 5. - 6. listopadu v Lipsku, kde měl současně proběhnout i veletrh Denkmal (Památky). Bohužel i tento velký svátek pro všechny památkáře a odborníky pečující o památky byl zrušen. Pouze dne 6. 11. 2020 proběhla online nevolební valná hromada WTA International.

V rámci činnosti WTA CZ podle mého názoru kulminují dvě témata. Prvním z nich je re-certifikace našich personálních certifikátů v oblasti sanace betonových konstrukcí a sanace vlhkosti staveb. Podotýkám, že s ohledem na epidemiologickou situaci a nemožnost vzájemného setkávání se nové zkoušky nekonají a online formu seminářů a zkoušek nepovažujeme za vhodnou. Druhým kulminujícím cílem měla být konference Sanace a rekonstrukce staveb 2020 a konference CRRB (22nd International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings) v Brně ve dnech 19. - 20. listopadu. Do poslední chvíle jsme nevěděli, zda bude možné tyto akce uskutečnit, protože zejména na konferenci CRRB máme relativně vysoké procento přihlášek ze zahraničí. Nakonec jsme se po dlouhé diskuzi shodli, že Sanace a rekonstrukce staveb 2020 v české podobě připravovat nebudeme a že uskutečníme pouze jednodenní konferenci CRRB, a to formou online. V rámci konference se měla konat i valná hromada, kterou jsme odložili o rok.

Jsem velice rád, že máme kvalitně obsazené toto číslo Zpravodaje WTA CZ odbornými články, které byly zaslány na konferenci Sanace a rekonstrukce 2020 a které budeme částečně uveřejňovat v pořadí, v jakém jsme je obdrželi.

Závěrem mi dovolte, abych Vám všem popřál hodně zdraví, věřím a plně doufám, že tato velice nepříjemná situace pro nás všechny bude brzy za námi a že se budeme v příštím roce potkávat tak, jak jsme byli zvyklí, kdy jsme si mohli předávat řadu informací skutečně face to face a mohli jsme navázat i řadu vzájemně úspěšných setkání.

S pozdravem

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr.h.c.
předseda WTA CZ

INTRODUCTORY WORD

Dear colleagues,

after a long time let me address you and acquaint you with some important information from the WTA activities, both WTA International as well as WTA CZ. Given the current epidemiological situation, the activity has partially subsided but I would like to emphasise that this is only partially. Just like everywhere in society, within WTA CZ and WTA International it was necessary to switch to online forms of communication, online forms of various performances or contacting each other. The WTA CZ Council has been meeting regularly in this form since the spring. Negotiations within WTA International take place in a similar way, when, on the contrary, the online form enables a more frequent period of meetings and solutions to current situations.

I would like to acquaint you with some of the solved topics. I would begin with what is happening in Europe within WTA International, when some forms of legislative anchoring are being discussed again, these have already been resolved in the Czech Republic and on we operate on that basis. In addition, new guidelines are being addressed at WTA International, which are published at **www.wta.de**. We will translate some of these guidelines into the Czech language so that they are available to our members and also possibly to companies operating in this field.

The coronavirus epidemic has most significantly affected the regular WTA-TAG, which was to be held in Vienna in March this year and was planned for a large representation of our members. WTA-TAG was postponed to November 5th - 6th in Leipzig, where the Denkmal (Monuments) trade fair was to take place at the same time. Unfortunately, even this great holiday for all conservationists and experts caring for monuments has been cancelled. The online non-election WTA International general meeting took place only on November 6th, 2020.

In my opinion, two topics culminate in WTA CZ activities. The first of them is the re-certification of our personnel certificates in the field of remediation of concrete structures and remediation of moisture in buildings. I note that due to the epidemiological situation and the impossibility of meeting each other, new exams are not taking place and we do not consider the online form of seminars and exams to be appropriate. The second culminating goal was the Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings 2020 and the conference CRRB (22nd International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings) in Brno on 19th - 20th of November. We did not know whether it would be possible to carry out these events until the last minute, because we have a relatively high percentage of applications from abroad, especially at the CRRB conference. In the end, after a long discussion, we agreed that we will not prepare the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings 2020 in the Czech form and that we will only hold a one-day CRRB conference, in the online form. A general meeting was to be held as part of the conference, which we postponed for a year.

I am very pleased that this WTA CZ Newsletter is a well-filled issue with professional articles that were sent to the Rehabilitation and Reconstruction 2020 conference and which we will partially publish in the order in which we received them.

Finally, let me wish you all good health, I believe and fully hope that this very unpleasant situation will be over soon and for all of us, and that we will meet next year as we used to do, and where we could pass on a lot of information face to face and were able to establish a number of mutually successful meetings.

Kind regards

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr.h.c.
Chairman of WTA CZ

WTA V ČESKÉ REPUBLICE

Činnost je obdobná jako ve WTA, pokrývá 8 odborných referátů a v roce 2021 bude **Rada WTA CZ** pracovat ve složení:

Předseda:
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, VUT v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00 Brno,
tel.: 541 147 500, 608 503 938, e-mail: drochytka.r@fce.vutbr.cz

Členové:
doc. Ing. Eva Burgetová, CSc. - předseda dozorčí rady, ČVUT Praha, FSv, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel.: 224 354 681
Ing. Petr Čeliš, RealSan Group SE, Ruprechtická 732/8, 460 01 Liberec, tel.: 485 246 501-3
Ing. Pavel Dohnálek, Ph.D., Betosan, s.r.o., Na dolinách 28, 147 00 Praha 4, tel.: 602 149 443
Ing. arch. Karel Doubner, Chodská 17, 120 00 Praha 2, tel.: 603 433 611
doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc., ČVUT Praha, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, tel.: 224 353 520
doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., ČVUT Praha, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, tel.: 224 353 537
Ing. Jan Mácha, Jindřišská 8, 110 00 Praha 1, tel.: 774 602 968
prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc., VUT v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 409
Ing. Tomáš Plicka, MC Bauchemie, Skandinávská 990, 267 53 Žebrák, tel.: 311 545 153
Ing. Pavel Šťastný, CSc., Remmers CZ, s.r.o., Kolovratská 1445, 250 01 Říčany u Prahy, tel.: 323 604 877

Dalšími členy Rady WTA CZ jsou níže uvedení vedoucí referátů

Odborné referáty

Referát	Odborné zaměření	Vedoucí referátu	Pracoviště	Telefon / e-mail
Referát 1	Ochrana dřeva	doc. Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.	VUT v Brně, Fak. stavební Veveří 95 602 00 Brno	541 147 514 605 449 831 vanerek.j@fce.vutbr.cz
Referát 2	Povrchové úpravy	Ing. Radka Pernicová, Ph.D.	Kloknerův ústav ČVUT Šolínova 7 166 08 Praha 6	224 353 513 777 683 727 radka.pernicova@cvut.cz
Referát 3	Přírodní kámen	RNDr. Kateřina Krutilová, Ph.D.	Zkušebna kamene a kameniva Husova 675 508 01 Hořice	493 620 177 604 747 968 ao@zkk.cz
Referát 4	Zdivo	Ing. Jaroslav Pánik	Sanace a vysoušení staveb s.r.o. Otická 32 746 01 Opava	553 615 268 603 158 612 info@sanace-staveb.cz
Referát 5	Sanace betonových konstrukcí	Ing. Pavel Reiterman, Ph.D.	Experimentální centrum FS ČVUT Thákurova 7 166 29 Praha 6	224 354 376 pavel.reiterman@fsv.cvut.cz
Referát 6	Fyzikálně - chemické zásady	doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.	VUT v Brně, Fak. stavební Veveří 95 602 00 Brno	541 147 505 603 416 247 bydzovsky.j@fce.vutbr.cz
Referát 7	Statika a dynamika	prof. Ing. Pavel Kuklík, CSc.	ČVUT FSv Thákurova 7 160 00 Praha 6	224 354 486 kuklikpa@fsv.cvut.cz
Referát 8	Hrázděné zdivo	Ing. Bohuslav Vykouk	Projekční kancelář V. ateliér Na Stráži 193 273 02 Tuchlovice	312 520 718 608 367 995 v.atelier@seznam.cz

Sekretariát společnosti:
Ing. Helena Šubrtová, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1, tel.: 221 082 397, e-mail: wta@wta.cz

NEDESTRUKTIVNÍ ANALÝZA ŽELEZOBETONOVÉHO BUNKRU V SEVEROZÁPADNÍCH ČECHÁCH Z ROKU 1937

NON-DESTRUCTIVE ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BUNKER FROM 1937 IN NORTHWEST BOHEMIA

Ondřej Holčapek, Pavel Reiterman

Abstrakt:

Následující příspěvek pojednává o základní nedestruktivní analýze pevnosti v tlaku betonu vojenského pevnostního objektu postaveného před více než 80 roky. Systém československého opevnění byl budován v průběhu 30. let 20. století jako reakce na evropskou politickou situaci a zejména hrozící riziko vojenského útoku ze strany Německa. I přes nedostatek času byla poměrně rozsáhlá část plánovaného opevnění stavebně dokončena a část byla i vyzbrojena technikou a zbraněmi. Tento příspěvek se zabývá nedestruktivní analýzou kvality betonu konkrétního objektu lehkého opevnění, vybudovaného v roce 1937 v obci Mradice. Studovaný objekt představuje nejčastější typ v rámci systému ČS opevnění, tzv. „řopík. Pevnost v tlaku použitého betonu, měřená na vzorcích 200×200×200 mm v roce 1937, dosahovala 41,5 MPa. V rámci průzkumu in-situ byla vizuálně sledována kvalita provedení betonu a rovněž byla v různých místech zjišťována pevnost v tlaku nedestruktivním způsobem. Na základě provedené nedestruktivní analýzy formou Schmidtova tvrdoměru byla zjištěna orientační pevnost v tlaku v rozmezí od 49,4 MPa do 68,5 MPa.

Abstract:

This paper deals with the basic non-destructive analysis of compressive strength of concrete from defensive structure, built before 80 years. The Czechoslovakia defence system was built during the thirties of last century. This system was built as a reaction of European political situation, especially the imminent risk of a military attack by Germany. Despite the lack of time, a relatively large part of the planned fortifications was completed and some of them were armed with equipment and weapons. This paper deals with a non-destructive analysis of concrete quality of a concrete light fortification building, built in 1937 near the village of Mradice. Studied bunker represents the most widespread element of former Czechoslovakia defence system. Compressive strength, measured on samples of 200 × 200 × 200 mm in 1937, reached 41.5 MPa. Based on the non-destructive analysis using a Schmidt hammer, an approximate compressive strength between 49.4 MPa and 68.5 MPa was found.

Key words: *železobeton; pevnost v tlaku; Schmidův tvrdoměr; bunkr; druhá světová válka; řopík*

1. ÚVOD

Jako reakce na zhoršující se politickou situaci v Evropě, především pak vývoj v Německu v průběhu 30. let minulého století, vznikaly v různých státech obranné vojenské linie, odlišného technického řešení, odolnosti a konstrukce. Tehdejší československá vláda rovněž reagovala na riziko přímého vojenského ohrožení. Vzhledem k poválečné orientaci naší zahraniční politiky na Francii se českoslovenští vojenští specialisté, konstruktéři a stratégové inspirovali tamější Maginotovou linií. Konstrukce československého opevnění se však od francouzského vzoru lišila a reflektovala geografická specifika a armádní kapacity. V rámci armádních struktur bylo založeno Ředitelství opevňovacích prací, které mělo na starosti výstavbu systému československého opevnění. Finální zvolená varianta československého opevnění obsahovala především systém lehkých železobetonových bunkrů v několika obranných liniích, které byly v určitých místech doplněny masivními pevnostními stavbami, dělostřeleckými tvrzemi, obvykle s rozsáhlým systémem podzemních chodeb, vzájemně spojujících jednotlivé objekty. Hlavní obranná funkce však spočívala na systému lehkých bunkrů s označením „ŘOP vz. 37“ (rozšířené lidové označení „řopík“). Tyto bunkry byly budovány v různých stupních odolnosti s variantními úpravami, reflektující specifika konkrétního místa či lokality (např. tzv. inundační šachty v lokalitách s rizikem výskytu záplav). Po zabrání pohraničních oblastí, kde se nacházela většina z budovaných a plánovaných obranných linií, byly práce na výstavbě ukončeny. Části opevnění byly dokončeny, část byla rozestavěna a některé linii byly pouze ve fázi projekčních prací. Po okupaci zbývající části Československa a vyhlášení Protektorátu

Obr. 1: Fotografie studovaného bunkru vz. 37 (označení C27/52a/A-140Z), vpravo viditelná inundační šachta

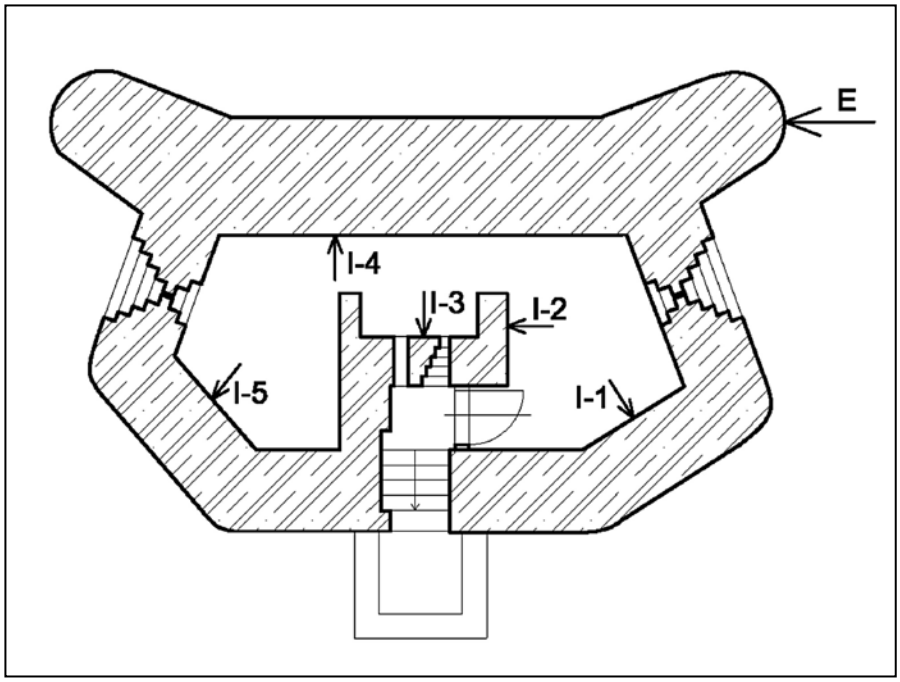
Čechy a Morava byly veškeré zbývající vojenské objekty předány do rukou německé armády. Instalovaná výzbroj byla přemístěna do jiných lokalit a často použita v boji německou armádou. Části vybraných linií byly zcela odstraněny - došlo k odstřelu a zahlazení, některé byly vyřazeny z provozu tak, že jejich vnitřní část byla zalita betonem. Tato opatření činila německá armáda z důvodu obavy, aby tyto stavby nemohly být použity proti jí samotné v případě obratu ve válečné mašinérii. Část bunkrů byla využita jako testovací objekt pro nové zbraně vyvíjené Německem. Zbývající část stavebně dokončených objektů zůstala zachována bez využití. V současné době je dochováno přes čtyři tisíce těchto objektů, většinou ve vlastnictví Armády ČR. Menší množství je pak ve vlastnictví či správě zájmových spolků a klubů vojenské historie, obcí či fyzických osob, které se snaží dané stavby více či méně úspěšně zakonzervovat, odstranit a sanovat případné poruchy, či uvést do historicky věrné podoby z předválečného období.

Obr. 2: Odlišná kvalita betonu v místě přechodu stěny a stropu

2. TERÉNNÍ ZKOUŠKA SCHMIDTOVÝM TVRDOMĚREM

2.1 Popis studovaného bunkru

Objekt lehkého opevnění studovaný v rámci tohoto příspěvku se nachází v katastrálním území obce Mradice na pravém břehu řeky Ohře. Jedná se o velmi rozšířený ŘOP vz. 37 (plné označení C27/52a/A-140Z) a je vyobrazen na Obr. 1. Číselné označení obsahuje informace o typu, lokaci a odolnosti daného bunkru. „C27“ znamená stavební linii v rámci obraného systému (v tomto případě Lišany), „52a“ je označení bunkru v rámci dané linie, „A“ označuje typ bunkru (v tomto případě nejrozšířenější typ lehkého opevnění), číslo „140“ pak indikuje úhel předpokládané střelby (v závislosti na konkrétních podmínkách byl používán úhel od 120° po 220°) [2]. Písmeno „Z“ v závěru popisu znamená, že studovaný bunkr byl proveden ve variantě se zvýšenou balistickou odolností. Čelní stěna byla vybetonována v tl. 1200 mm, zatímco běžné bunkry, provedené ve standardní balistické odolnosti, mají čelní stěnu v tloušťce 800 mm. Čelní stěna, ze které byl předpokládán postup nepřátelských vojsk, a tedy i největší zátěž, byla navíc chráněna vrstvou kamenné rovnaniny s hlínou, která zároveň plnila maskovací funkci. Zbytky této stěny se na studovaném bunkru dochovaly do dnešních dnů.



Obr. 3: Řez studovaného bunkru vz. 37 (označení C27/52a/A-140Z) s lokalizací míst provedeného měření

Hlavní výzbrojí studovaného bunkru byly dva kulomety na pravé a levé straně. Posádku tvořilo celkem sedm vojáků. Zde je nutné podoktnou, že bunkry typu 37, tzv. „řopíky" nebyly určeny pro dlouhodobý pobyt vojenské posádky. Ta byla v objektu samotném pouze po dobu předpokládaného bojového nasazení. Vnitřní rozměry ani dlouhodobější pobyt posádky neumožňovaly, na rozdíl od rozsáhlejších dělostřeleckých pevností, kde byly budovány prostory pro dlouhodobý pobyt vojenské posádky. Studovaný bunkr, vzhledem k umístění blízko vodního toku řeky Ohře, je vybaven tzv. inundační šachtou, která je rovněž viditelná na Obr. 1. Jedná se o betonovou stěnu realizovanou ve vstupní části, která chrání vchod před zaplavením v případě zvýšené hladiny vodního toku.

Obr. 4: Exteriérová strana v místě kovové střílny, kde jsou patrné zbytky venkovní omítky (vyznačeno šipkou)

2.2 Provedená měření

Předválečné československé opevnění je mezi veřejností známé vysokou kvalitou a pevností betonu, ze kterého bylo postaveno. Soustředěné informace z archivu institucí, které prováděly zkoušky pevnosti v tlaku použitého betonu v průběhu výstavby, uvádějí dosahované tlakové pevnosti v rozmezí cca 40 - 55 MPa. Analýza kvality použitého betonu z 80 let starého vojenského objektu představují hlavní téma tohoto příspěvku. Vzhledem k historické hodnotě daného objektu nebylo přistoupeno k destruktivní analýze, např. ve formě jádrových vývrtů. Z daného důvodu bylo použito Schmidtova tvrdoměru, jakožto nedestruktivní metody [1].

Samotné hutnění probíhalo formou pěchování čerstvého betonu po relativně tenkých vrstvách. Uvedená metoda byla použita z důvodu vysokého stupně vyztužení a na dnešní poměry nízkého vodního součinitele (za použití volně loženého kameniva a cementu s nižším měrným povrchem). Uvedený způsob hutnění spolu s množstvím výztuže a vlastností čerstvého betonu vede rozdílné kvalitě provedení a probetonování v rámci bunkru jako celku. Velmi často se tak objevují místa, kde není beton dostatečně zhutněn viz Obr. 2, případně v místě prutu kovové výztuže chybí úplně a ta pak není chráněna.

Nedestruktivní zkouška Schmidtovým tvrdoměrem probíhala na pěti různých místech v interiéru (na stěnách a stropní konstrukci z interiérové části). Místa, kde tyto zkoušky proběhly jsou ve schématickém řezu na Obr. 3 vyznačeny od I-1 po I-5. Vzhledem k lokálním nehomogenitám betonu bylo v každé části zkoušení provedeno na těch místech, kde byl povrch betonu hladký a umožňoval korektní způsob měření. Vertikální měření proběhlo vždy na třech místech - u paty stěny, v jejím vrcholu a ve střední části. Výsledkem pro danou lokaci (I-1 až I-5) je tedy průměr z cca 45 měření. Obdobný počet měření byl proveden rovněž na stropní konstrukci z interiérové strany.

Finální povrch interiérové strany byl tvořen dřevěnými sámovanými prkny tzv. na sraz. Tato výdřeva se vlivem času či požáru velmi často nedochovala, což je i případ studovaného bunkru, kde po dřevěné výdřevě zůstaly zachovány

pouze kovové spony, které sloužily jako fixace dřevěných prvků k betonové stěně či stropu. Naproti tomu exteriérová část byla opatřena probarvovanou cementovou omítkou, která plnila funkci maskování. Do dnešních dnů se dané omítky velmi často dochovaly (na rozdíl od interiérové výdřevy), ale ztratily svoji barevnost. Z daného důvodu je obtížně proveditelná zkouška Schmidtovým tvrdoměrem na povrchu z exteriérové strany, neboť by se jednalo o zkoušku povrchových omítek a nikoliv samotného betonu. Na zkoumaném bunkru C27/52a/A-140Z bylo provedeno měření Schmidtovým tvrdoměrem pouze v jednom místě exteriérové strany (na Obr. 3 označeno písmenem „E"), kde se původní probarvovaná omítka nezachovala.

2.3 Výsledky

Z hlediska vizuálního hodnocení kvality provedení betonu na jednom konkrétním vojenském objektu z konce 30. let minulého století můžeme pozorovat odlišnou kvalitu v rámci různých míst, které jsou dány především hutněním formou pěchování. Velmi homogenní beton, včetně jeho povrchové vrstvy, se vyskytoval v interiérové části stropní konstrukce. Povrch stěn vykazoval v různých místech velmi odlišnou kvalitu. Převažující část plochy interiéru lze hodnotit jako homogenní s vysokou kvalitou provedení. Na druhou stranu, v interiéru se vyskytovala místa, která vykazovala lokálně velmi špatnou kvalitu provedení, nedostatečné zhutnění či obnaženou (neprobetonovanou) výztuž. Tento jev není ojedinělý a dle zkušenosti autorů z jiných lokalit a terénních průzkumů se jedná o obecný fenomén. Obdobná zjištění, týkající se velmi rozdílné kvality provedení betonu, popsal ve své práci i Pazderka a kol. [3], který studoval bunkr R-S774 a došel k závěru že daný beton vykazuje velmi odlišné hodnoty permeability.

Nedestruktivní metody umožňují provést větší množství měření, což byl případ i popisovaného experimentálního programu. Následující Tabulka č. 1 uvádí průměrné hodnoty pro každé analyzované místo, získané minimálně ze 45 provedených měření. V rámci řešení projektu NAKI II (DG18P02OVV063) byl v archivu Kloknerova ústavu dohledán protokol o provedené zkoušce pevnosti v tlaku betonu odebraného při betonáži studovaného objektu. Pevnost v tlaku, dle zkoušky z roku 1937, činila 41,5 MPa. Je třeba podotknout, že jako zkušební tělesa, odebíraná přímo v terénu při betonáži, byly používány krychle o rozměrech 200×200×200 mm.

3. ZÁVĚR

Nedestruktivní zkoušky mají své nezastupitelné místo ve stavebním zkušebnictví. Při studiu konstrukcí, které nechceme či z různých důvodů nemůžeme porušit, představují vhodnou alternativu k destruktivním zkouškám, které vyžadují odběr vzorků, a tím nevratně poškozuje autenticitu studované konstrukce či objektu. Typickým příkladem jsou i objekty lehkého opevnění studované v rámci tohoto příspěvku. V minulosti se samozřejmě vyskytly různé případy, kdy byly z objektů vz. 37, často velmi necitlivě a nevhodně, odebrány jádrové vývrty. Zjištěné hodnoty pevnosti v tlaku, vyšetřované pomocí Schmidtova tvrdoměru, oscilovaly mezi 49,4 MPa a 68,5 MPa. Nejvyšší pevnost byla identifikována v exteriérové části, kde se však mohl výrazněji projevit vliv karbonatace. Výsledky měření Schmidtovým tvrdoměrem představují orientační hodnoty pevnosti v tlaku, ovšem s přihlédnutím k vlivu karbonatace povrchových vrstev, zejména v případě betonů staršího data. Přesto mají dosažené výsledky svoji vypovídající hodnotu, zejména ve vztahu k historické hodnotě pohraničních pevností či dalších prvků celého systému předválečného opevnění a panující představě mezi veřejností o vysoké kvalitě prvorepublikového betonu.

Tab. 1: Výsledky provedených měření pomocí Schmidtova tvrdoměru

Místo měření	Pevnost v tlaku	
	Schmidt [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Exteriér - E	68,5	± 2,7
Interiér - I-1	57,8	± 5,2
Interiér - I-2	52,9	± 5,4
Interiér - I-3	58,4	± 5,3
Interiér - I-4	58,5	± 4,8
Interiér - I-5	49,4	± 4,7
Interiér - střecha	53,2	± 4,4
Pevnost dle zkoušky provedené v roce 1937	41,5	-

4. LITERATURA

[1] ČSN EN 13 791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích

[2] www.ropiky.net

[3] PAZDERKA J. & kol. Czech WW2 Concrete Fortifications: Corrosion Processes and Remediation Method Based on Crystallizing Coating, Acta Polytechnica Vol. 59, No. 4, 2019

Ing. Ondřej Holčapek, Ph.D.
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Experimentální centrum
ondrej.holcapek@fsv.cvut.cz

Ing. Pavel Reiterman, Ph.D.
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Experimentální centrum
pavel.reiterman@fsv.cvut.cz

Poděkování

Tento výsledek byl realizován za finanční podpory poskytnuté z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva kultury České republiky v rámci projektu NAKI II - DG18P02OVV063 "Vývoj progresivního sanačního postupu pro restaurování a konzervaci vojenských pevnostních objektů z 30. let 20. století".

Článek byl recenzován

ALTERNATIVNÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ DRUHOTNÝCH SUROVIN V APLIKACI S EPOXIDOVÝM POJIVEM

ALTERNATIVE POSSIBILITIES OF USE OF SECONDARY RAW MATERIALS IN APPLICATION WITH EPOXY BINDERS

Lenka Mészárosová, Tomáš Žlebek, Viktor Hlavička, Rostislav Drochytka

Abstrakt:

Příspěvek pojednává o možnostech využití odpadního písku jako plniva drenážní stěrky na epoxidové bázi. Nově vyvíjená hmota by měla sloužit jako alternativa v současnosti používané nopkové fólie, tj. jako drenážní vrstvy a být jednou ze součástí skladebního celku obnovy povrchů balkónů. Podkladní spádovou vrstvu by měl vytvářet extrudovaný polystyren, na který bude drenážní stěrka nanesena. Tato stěrka je určena jako podklad pod keramickou dlažbu. Vstupními surovinami pro drenážní stěrku jsou odpadní frakce křemenného písku, používaného při výrobě škrábaných fasádních omítek a polymerního pojiva na epoxidové bázi. Mezi důležité vlastnosti patří přídržnost k podkladnímu polystyrenu, objemová hmotnost, pevnosti a vodopropustnost.

Abstract:

The paper deals with the possibilities of use of waste sand as a filler of an epoxy-based drainage screed. The newly developed material should serve as an alternative to the currently used studded foil, as a drainage layer, to be one of the components of the balcony renewal composition. The underlying layer should be extruded polystyrene. This trowel is intended as a base layer for ceramic tiles. The input raw materials for the drainage screed are the waste fraction of quartz sand used in the production of scratched façade plasters and an epoxy-based polymer binder. Important properties include adhesion to the underlying polystyrene, bulk density, strength and water permeability.

Keywords: *drainnage screed, water permeability, epoxy resin, waste sand.*

1. ÚVOD

Epoxidové pryskyřice patří mezi reaktoplasty a používají se v celé řadě aplikací, například jako lepidlo na betony, lité epoxidové podlahy, mramorové deskové obkladové prvky, nátěry s vynikající trvanlivostí, tmely, voděodolné epoxidové nátěry. Epoxidy mají vynikající chemickou odolnost, odolnost vůči vodě, roztokům alkálií, kyselin a některým rozpouštědlům. [1] Epoxidy se nejčastěji připravují alkalickou polykondenzací epichlorhydrinu a bisfenolu A. [2] [3]

Využíváním druhotných surovin při vývoji nových stavebních hmot na epoxidové bázi se zabývala řada autorů po celém světě. Zkoumali např. možnosti využití dřevěného odpadu, [6] bambusového a kovového odpadu, [4] slunečnicové plevy, skořápek vlasšských i lískových ořechů, dalších různých odpadů ze zemědělství [5], odpadního skla.

2. POUŽITÉ MATERIÁLY

Pojivová složka je tvořena nízkomolekulovou epoxidovou pryskyřicí připravenou z bisfenolu A, modifikovaná monofunkčním reaktivním změkčovadlem a akcelerátorem vytvrzování.

Plnivová složka. Jedná se o odpadní frakci (1 - 1,4 mm) křemičitého písku, používaného pro výrobu omítkovin. Produkce tohoto odpadu je cca 30 tisíc tun ročně. Pro danou aplikaci je možné jeho použití bez dalších úprav.

Odpadní písek se skládá z 99 % SiO_2, dále obsahuje méně než 0,25 % Fe_2O_3, méně než 0,25 % CaO, pod 0,1 % MgO.

Tab. 1: Vlastnosti pojivové složky

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Hustota (20 °C)	1 100	$kg \cdot m^{-3}$
Viskozita (25 °C)	350	mPa·s

Tab. 2: Vlastnosti plniva

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Sypná hmotnost volně sypaná	1 520	[kg.m^{-3}]
Sypná hmotnost setřesená	1 610	[kg.m^{-3}]
Měrná hmotnost	3 000	[kg.m^{-3}]
Nasákavost	20,3	[%]

Drenážní stěrka musí splňovat několik základních požadavků. Musí být dobře zpracovatelná, aplikovatelná. Musí vykazovat dostatečnou přídržnost k polystyrénovému podkladu, mít vysokou vodopropustnost, dosahovat dostatečných pevností v tlaku a v tahu za ohybu.

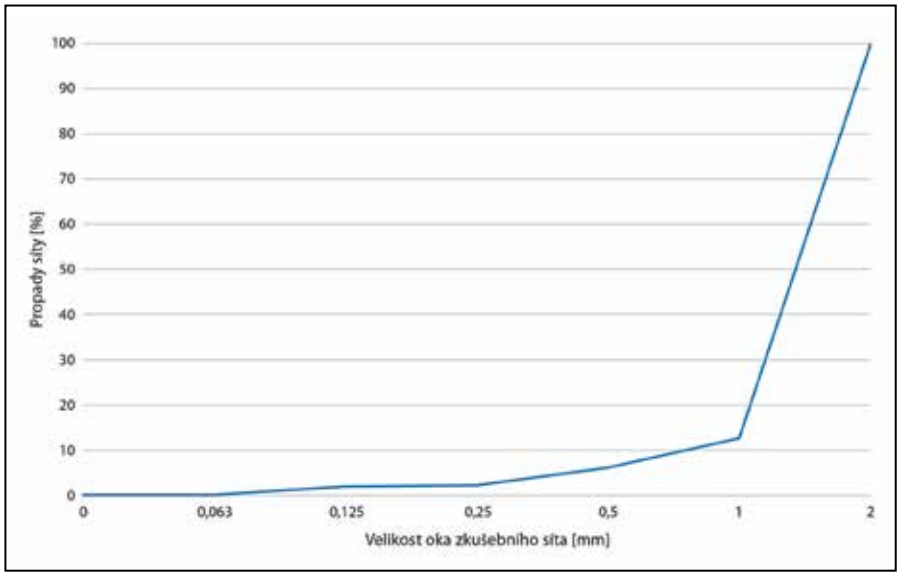
3. POUŽITÉ METODY

Objemová hmotnost, pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku byla stanovována na normových tělesech ve tvaru kvádrů o rozměrech (40×40×160) mm.

Vodopropustnost byla stanovována modifikovanou metodou pro stanovení vodonepropustnosti podle následujícího postupu dle modifikované normy ČSN 73 2578: Zkouška vodotěsnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí. Zkušební zařízení sestává ze skleněného zvonu o známém průměru podstavy a z nálevky o objemu minimálně 2 litry opatřené uzavíratelnou výpustí, kterou je možné připojit ke skleněnému zvonu. Před započetím zkoušky se přiloží skleněný zvon na zkoušený povrch a dokonale se utěsní pomocí silikonového tmelu. Následně se odměří 2 litry vody do nálevky. Vlastní zkouška začíná otevřením výpusti. Měří se čas od prvního styku vody se zkoušeným povrchem do úplného odtoku kapaliny. Z takto získaných hodnot se vodopropustnost povrchu vypočte jako objem vody v litrech vztažený na styčnou plochu v m^2 a čas potřebný k průtoku v hodinách.

4. VÝSLEDKY PROVÁDĚNÝCH ZKOUŠEK

Tato drenážní stěrka musí splňovat několik základních požadavků. Musí být zpracovatelná, aplikovatelná. Musí vykazovat dostatečnou přídržnost k polystyrénovému podkladu, mít vysokou vodopropustnost, dosahovat dostatečných pevností v tlaku a v tahu za ohybu. Podklad pro tuto drenážní vrstvu bude tvořit polystyrén, který bude upraven tak, aby sklon odvodu vody byl 2 %. Stěžejní vlastností, kterou bude muset tato stěrka prokázat je přídržnost k polystyrénovému podkladu. Hlavními úkoly této vrstvy bude regulovat smykové napětí od roztažnosti dlažby, odvod vody, vzdorovat přetlaku vodní páry. Tato stěrka by měla být alternativou pro v současnosti používané nopkové fólie ve skladbě balkónových podlahových konstrukcí.



Obr. 1: Granulometrie - odpadní písek

Zpracovatelnost a aplikovatelnost. Tato stěrka je pojena pomocí epoxidového pojiva. Pro stanovení zpracovatelnosti bylo experimentováno se dvěma typy pojiv (EP1 a EP2). U obou typů epoxidu bylo možné plnit odpadním pískem až do 98 % hmotnostních. Při plnění vyšším už zrna vykazovala velice špatnou soudržnost. I z hlediska aplikovatelnosti bylo možné stěrku plnit až do 98 % hmotnostních. Dolní hranice plnění byla u 89 %, kdy ještě stěrka plnila požadavek poréznosti struktury, nezbytný pro drenážní vrstvu.

Zhodnocení po vytvrzení směsi. Po zatvrdnutí směsi byla na první pohled patrná jeho velice porézní struktura. V případě použití epoxidové pryskyřice EP2 jako pojiva vykazovala tato stěrka nedostatečnou soudržnost zrn, již při mírném zatížení docházelo k poruše struktury, proto bylo toto pojivo vyloučeno z dalších aplikací. Při použití EP1 vykazovala směs dobrou soudržnost jak mezi zrny, tak s podkladem. Z tohoto důvodu byla dále používána jen epoxidová pryskyřice EP1.

Posouzení přídržnosti. Přídržnost u drenážní stěrky byla sledována na polystyrénovém podkladu, na který byla nanesena drenážní stěrka o tloušťce 3 mm ve tvaru kruhu o prům. 100 mm. K tomuto tvaru bylo přistoupeno s ohledem na křehkost podkladního materiálu a možnost porušení při přípravě vzorku na zkoušku přídržnosti. Tato příprava spočívá v naříznutí zkoušeného povrchu v okolí zkušebního terče a současném částečném proříznutí podkladní vrstvy. Toto naříznutí by mohlo porušit podkladní vrstvu natolik, že by mohlo dojít k jejímu celkovému porušení.

Při plnění od 89 % do 91 % hmotnostních vykazovala stěrka přídržnost lepší, než byla kompaktnost polystyrénového podkladu. Při zatížení tahem v místě ošetřeném drenážní stěrkou, došlo k vytržení polystyrénové hmoty.

U plnění nad 92 % hmotnostních začalo docházet při zatížení k odtrhávání epoxidové drenážní stěrky od poly-

Obr. 2: Zkušební vzorek pro přídržnost k polystyrenovému podkladu

styrénového podkladu. Pro sledování dalších vlastností byly proto vybrány epoxidové drenážní stěrky s plněním od 89 % do 92 % hmotnostních.

Objemová hmotnost byla stanovena na normových tělesech ve tvaru hranolu (40 × 40 × 160) mm. Se zvyšujícím se množstvím plniva, klesá objemová hmotnost v důsledku velice pórovité směsi. Toto nastává díky tomu, že je použita velice úzká frakce kameniva, která nevytváří spojitou křivku zrnitosti a nevyplňuje prostor dokonale. To je ale u této drenážní stěrky žádoucí.

Se zvyšujícím se množstvím plniva se snižuje pevnost v tahu za ohybu. Při plnění 89 % hm. dosahovala drenážní stěrka pevnosti 10,5 MPa, při 1% nárůstu plniva se pevnost snížila na 9,5 MPa, s dalším přídavkem plniva se snížila tahová pevnost na 8,5 MPa a při plnění 92 % hm. byla pevnost 6,5 MPa.

Se snižujícím se množstvím pojiva se snižovala tlaková pevnost drenážní stěrky. Když bylo použito 89 % hm. plniva, dosahovala pevnost v tlaku hodnot 32 MPa, s přídavkem 1 % plniva se snížila pevnost na 26,5 MPa. Když byla směs plněna 91 % hm., byla pevnost v tlaku 22,0 MPa, při 92 % plniva byla pevnost 17,0 MPa.

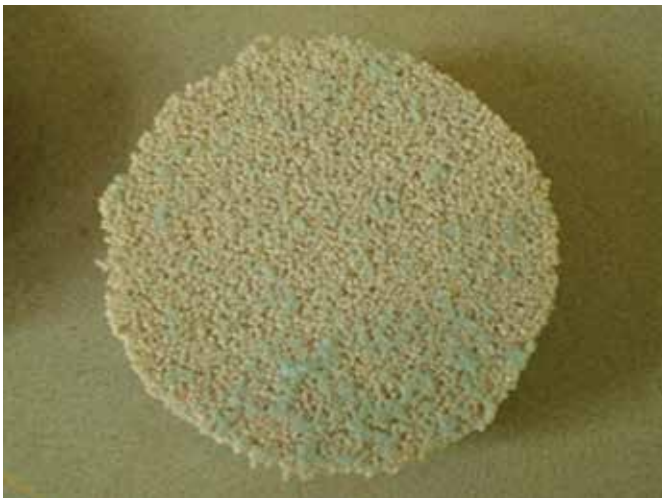
Vodopropustnost. Se zvyšujícím se množstvím plniva rostla i vodopropustnost drenážní stěrky, jak už bylo popsáno výše, nastává to díky použití monofrakce (1 - 1,4) mm. Ve struktuře není dostatek jemných podílů k tomu, aby vytvořily kompaktní strukturu, vzniká struktura mezerovitá, která je velice vhodná pro použití jako drenážní stěrka.

Pomocí modifikovaného postupu byla sledována rostoucí vodopropustnost drenážní stěrky v závislosti na množství použitého plniva. Zkoumané vzorky byly schopny odvádět (600 - 750) $l \cdot m^{-2} \cdot hod^{-1}$ vody.

5. ZÁVĚR

Drenážní stěrku plněnou odpadní frakci křemičitého písku bylo možné z hlediska zpracovatelnosti plnit až do 98 % hm. Z hlediska ostatních požadovaných vlastností, zejména přídržnosti k polystyrenovému podkladu bylo možné pouze plnění do 92 % hm. Při tomto plnění vykazovala stěrka k polystyrénovému podkladu přídržnost lepší, než byla soudržnost podkladní vrstvy. Při plnění vyšším už toto neplatilo.

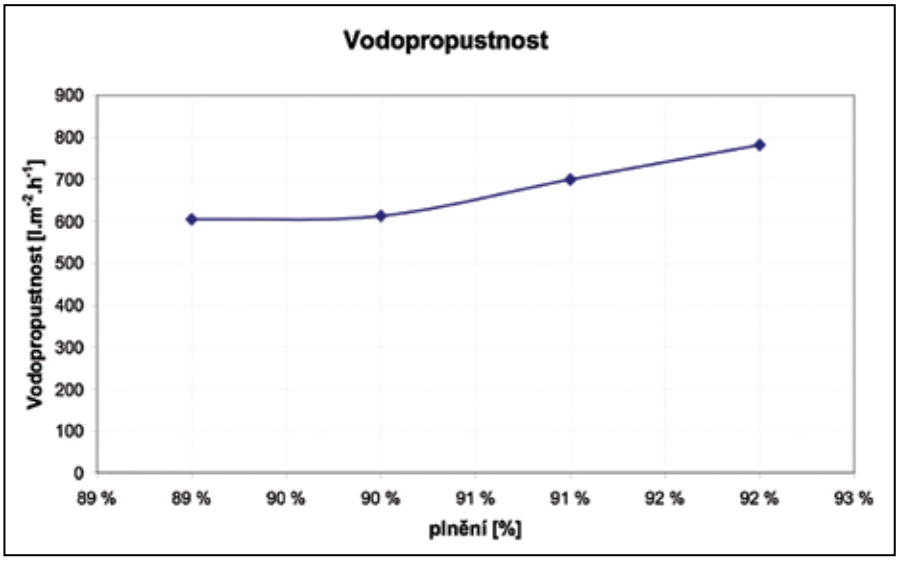
Obr. 3: Způsob porušení při zkoušce přídržnosti epoxidové drenážní stěrky při plnění do 92 %



Obr. 4: Způsob porušení při zkoušce přídržnosti epoxidové drenážní stěrky při plnění nad 92 %

Tab. 3: Objemová hmotnost, pevnost v tlaku a pevnost v tahu za ohybu

Označení	Plnění	Objemová hmotnost [kg/m³]	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]
I0	89 %	1 565	32,0	10,5
I1	90 %	1 525	26,5	9,5
I2	91 %	1 500	22,0	8,5
I3	92 %	1 430	17,0	6,5



Obr. č. 5: Závislost vodopropustnosti na množství plniva

Pro další zkoumání byly vybrány vzorky s množstvím plniva 89 až 92 % hm., s postupným krokem po 1 % hm. S rostoucím množstvím plniva se snižovala objemová hmotnost stěrky. Při plnění 89 % byla objemová hmotnost 1 565 kg/m^3, při zvýšení plnění o 3 % klesla objemová hmotn. na 1430 kg/m^3. Velice důležitou charakteristikou této stěrky je vodopropustnost. Se zvyšujícím se plněním se zvyšovala i vodopropustnost. Při plnění 89 % hm. byla vodopropustnost přibližně 600 l/m^2/h, při zvýšení plnění o 3 % byla vodopropustnost přibližně 780 l/m^2/h. Pevnost v tahu za ohybu u této drenážní stěrky byla při 89 % plnění 10,5 MPa, s rostoucím plněním se pevnost snižovala. Při plnění 92 % klesla pevnost v tahu za ohybu na 6,5 MPa. Drenážní stěrka dosahovala při 89 % plnění pevnosti 32 MPa. S rostoucím plněním se tyto pevnosti snižovaly, při 92 % dosahovala stěrka pevnost 17 MPa. Ukazuje se, že odpadní frakce křemičitého písku může být vhodným plnivem pro drenážní stěrku na epoxidové bázi.

6. LITERATURA

[1] Ducháček V.: Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2.vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. ISBN 80-7080-617-6 Drochytka, R., Plastické látky (Polymer materials), Brno Universtity of Technology, Faculty of Clvil Engineering. 2007. Brno

[2] Working with Epoxy Resin Systems in Construction. 2008. CPWR - The center for construction research and training

[3] Borsaikia, A. C., Kumar, A., Raj, A., Dixit, U. S. (2018). Development of Epoxy Based Composites Using Bamboo and Waste Metal Chips. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11172-5

[4] Barczewski, M., Sa, K., Szulc, J. (2019). Application of sun fl ower husk , hazelnut shell and walnut shell as waste agricultural fi llers for epoxy-based composites : A study into mechanical behavior related to structural and rheological properties, 75 (January), 1-11. https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.01.017

[5] Souza, A. M., Nascimento, M. F., Almeida, D. H., Lopes Silva, D. A., Christoforo, A. L., Lahr, F. (2018). Wood-based composite made of wood waste and epoxy based ink-waste as adhesive: A cleaner production alternative. Journal of Cleaner Production, 193, 549-562. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.05.087

[6] Hameed, A. M., Hamza, M. T. (2019). Characteristics of polymer concrete produced from wasted construction materials. Energy Procedia, 157, 43-50. https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2018.11.162

[7] Bourguiba, A., Ghorbel, E., Cristofol, L., & Dhaoui, W. (2017). Effects of recycled sand on the properties and durability of polymer and cement based mortars. Construction and Building Materials, 153, 44-54. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.07.029

[8] Ashish, D. K. (2018). Feasibility of waste marble powder in concrete as partial substitution of cement and sand amalgam for sustainable growth. Journal of Building Engineering, 15, 236-242. https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2017.11.024

[9] Bhardwaj, B., Kumar, P. (2017). Waste foundry sand in concrete: A review. Construction and Building Materials, 156, 661-674. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.09.010

Ing. Lenka Mészárosová, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců
meszarosova.l@fce.vutbr.cz

Poděkování

Tento výsledek byl realizován za finanční podpory projektu FAST-S-19-5779 s názvem "Problematika efektivního využití druhotných surovin v oblasti silikátových a nesilikátových kompozitů".

Článek byl recenzován

OPRAVY NOSNÝCH KONSTRUKCÍ PAMÁTKOVÝCH STAVEB

Jan Vinař

Abstract:

The main goal of the article is the recommendation such a process of preparation and realization the restoration historical bearing structures which respects all the qualities of the monument and is effective, durable and economic. This process must be based on a complete knowledge of all structures of the building, their principles and functions, structural failures and causes of failures. The significance of rigidity and friction in the assessment of historical bearing structures is documented in several cases.

1. ÚVOD

Kvalifikované posuzování historických nosných konstrukcí, které tvoří podstatnou část hmoty stavby, mají kromě funkce statické řadu dalších funkcí (prostorotvornou, architektonickou, výtvarnou, izolační, ochrannou…) a jsou významnou částí památkové hodnoty, je zvláště důležité.

Technologie, materiály i konstrukce historických staveb se mnohdy výrazně liší od technologií, které užívá současné stavitelství.

Péče o stavební památky je komplexní činnost, která vyžaduje úzkou spolupráci specialistů mnoha oborů. Klade nároky na znalosti projektanta, které nejsou vždy dostatečné, protože výuka historických staveb na stavebních školách je okrajová, projektanti sbírají zkušenosti v praxi.

V návrhu oprav historických staveb se vyskytují chyby, které historické stavby mohou poškodit.

Typické nedostatky předkládaných návrhů zásahů do nosných konstrukcí památek:

- projektování bez stavebně historického průzkumu (Př. Zámek I).
- neznalost historických konstrukcí (Př. Kostel I, Zámek I)
- nedostatečný průzkum a dokumentace poruch (Př. Kostel I, Zámek I, Praha, vilová čtvrť, Kamenný most I, II)
- průzkumy nejsou koordinované (Př. Zámek I, Stodola)
- průzkum poškodí stavbu (sondy, osekávání dřevěných prvků),
- špatná interpretace příčin poruch (Př. Zámek I, Praha, vilová čtvrť, Kostel I, II, Stodola)
- nepřiměřené využívání náročných nebo novodobých technologií bez řádného zdůvodnění (Př. Kostel II, Zámek II, Stodola)
- nedostatečná (nebo žádná) spolupráce architekta se statikem (Př. Zámek I)
- nerespektování památkové hodnoty nosných konstrukcí - nepřiměřené využití historického objektu, které neodpovídá jeho možnostem (Př. Kamenný most I, II)
- nekvalifikovaný návrh a postup stavby (Př. Praha, Nové Město, Hospodářská budova)

Ve svém příspěvku se dotknu několika témat:

A. Doporučený postup při návrhu opravy nosných konstrukcí
B. Možnosti zvýšení únosnosti zdiva
C. Tuhost historických staveb
D. Několik poznámek k opravám kleneb

Zásady přístupu k památkovým objektům a principy fungování konstrukcí, které uvádím, vycházejí ze zkušeností a praxe. Nejde o žádné objevy, pro ty, kdo v oboru pracují, jsou samozřejmé. Protože však v návrhu i v provedení oprav stále dochází k chybám, považuji za účelné znovu opakovat i věci samozřejmé. Důvodem je především skutečnost, že každé poškození památky je ztráta, která se nedá nahradit.

2. POSTUP PŘI NÁVRHU OPRAVY NOSNÝCH KONSTRUKCÍ HISTORICKÝCH BUDOV

Projektování opravy nebo obnovy památek se od projektování novostaveb liší v tom, že za novostavbu je odpovědný jen autor, kdežto zásah do památky podléhá schválení památkovou péčí, která za schválený návrh přejímá svou část odpovědnosti. Proto je nutné volbu koncepce a návrh opravy doložit a zdůvodnit. Návrh musí být zpracován tak, aby bylo možné jeho posouzení a ověření východisek.

Aby bylo možno těmto požadavkům vyhovět a aby se vytvořily podmínky pro kvalitní opravu historické stavby, je žádoucí při zpracování návrhu opravy dodržet tento **postup**:

I. ***průzkum*** nosných konstrukcí (stavebně statický průzkum) - podrobně viz níže,
II. ***analýza*** a interpretace zjištěných skutečností - určení **příčin** poruch,
III. ***variantní koncepce řešení*** - je nutné probrat **všechny možnosti** řešení, nevyřazovat apriorně metodu, která se zdá neekonomická nebo obtížná,
IV. ***posouzení a hodnocení řešení*** - zvažují se **kritéria**: statické (na základě statického výpočtu), materiálové, technologické, památkové (rozsah zásahů do památky), architektonické, ekonomické, bezpečnostní, realizační (postup stavby) atd., je třeba určit jejich závažnost a priority,
V. *volba koncepce* - měla by být schválena **před** rozpracováním projektu,
VI. ***návrh řešení*** - projekt.

Tento postup se může zdát zdlouhavý, ale jedině takto je možno se vyhnout komplikacím při schvalování projektu a překvapením a zvýšeným nákladům při jeho realizaci. Uvedený postup odpovídá doporučení ICOMOS[1)].

Návrh opravy nebo obnovy stavební památky je **teamová práce**, která vyžaduje spolupráci všech účastníků, zejména architekta a statika, specialistů (požární ochrana, vytápění, instalace, izolace, organizace výroby), ale také stavebního historika, technologa, restaurátora a památkáře, případně geologa a archeologa. A pochopitelně investora.

Statici se mnohdy specializují na konstrukce ocelové, železobetonové nebo na zakládání, účelná je i specializace na historické stavby.

Východiskem návrhu je ***stavebně statický průzkum*** stavby (**I.**), který zjišťuje, **dokumentuje** a posuzuje:

1. konstrukční systém a jeho změny (registruje druhotně použité prvky, zjišťuje prvky a doklady starších konstrukčních systémů), spolupůsobení konstrukcí,
2. parametry, dimenze, spoje a uložení konstrukcí a prvků,
3. materiály (druh, složení, vlastnosti, narušení, příp. zdroje materiálu),
4. kvalitu návrhu a provedení stávající stavby, správnost a efektivitu konstrukčních systémů i dílčích konstrukcí, vhodnost a kvalitu použitých materiálů,
5. vady:
   a) chyby konstrukčního systému,
   b) chybějící prvky,
   c) vady materiálu (nedostatečná kvalita, poškození, skryté vady),
6. poruchy, zejména:
   a) trhliny, lomy (dokumentuje směry, šířky, průběh), je třeba rozlišovat:
      i. tahové, smykové, ohybové, tlakové…,
      ii. trhliny ve směru konstrukcí (podélné, příčné) jsou systémové - jsou obvykle projevem vady nebo poruchy konstrukce (špatné založení, nevhodný konstrukční systém, atd.),
      iii. trhliny šikmé (ve svislé rovině) nebo diagonální (v rovině vodorovné) jsou projevem lokální poruchy (podmáčení, pokles, povolení podpory, porucha táhla),
      iv. trhliny dilatační, vzniklé při tepelném nebo dynamickém namáhání,
      v. trhliny smršťovací, trhliny vzniklé při dotvarování,
      vi. od trhlin je nutno rozlišovat otevřené (zvětralé) spáry a pracovní spáry,
   b) deformace: průhyby, poklesy, pootočení, výklony, vybočení, posunutí, boulení, vzpěr…,
   c) propady, destrukce,
7. narušení materiálu, konstrukcí a povrchů a jeho příčiny:
   a) změny stavby a jejího užívání (změny zatížení, přetížení, opravy, přístavby, nástavby, přestavby, rekonstrukce, změny funkce, ztrátu funkce, opuštění stavby, devastace, vandalismus, stavby v sousedství, změny terénu…),
   b) vlhkost ve stavbě (zdroj, místo a intenzita vlivu, rozsah narušení, tepelné mosty, vznik rosných bodů) a stav odvodnění,
   c) klimatické vlivy (mráz, sluneční záření, větrná eroze, proudící voda, příboj…),
   d) chemické vlivy (salinita, koroze…),
   e) tepelné namáhání,
   f) dilatace (tepelné, dynamické),
   g) smrštění materiálu, konsolidace základové půdy, dotvarování zdiva,
   h) dynamické namáhání (doprava, zemětřesení, bouřky, vichřice, odstřely v lomu…),
   i) biotické napadení (hmyz, řasy, plísně, houby…),
   j) působení vegetace,
   k) mimořádné vlivy (povodně, požáry, havárie, války, apod.),
8. závažnost vad a poruch, je třeba zjistit havarijní stavy (u památek je havarijním stavem kromě ohrožení bezpečnosti a možnosti vzniku dalších poruch i ohrožení památkové hodnoty) a navrhnout opatření pro odstranění nebo zajištění havarijních stavů,
9. trvání příčin poruch, historii poruch a jejich oprav,
10. možnosti a reálnost záměrů využití objektu.

Stavebně statický průzkum probíhá obvykle v několika fázích:

1. *Předběžný průzkum* je jedním z prvních kroků přípravy stavebního zásahu. V případě potřeby se zpracuje *předběžný statický výpočet*. Cílem předběžného průzkumu je:
   a) posouzení stávající stavby:
      i. v případě vzniku havarijního stavu,
      ii. pro zjištění nutnosti a rozsahu oprav,
      iii. pro ověření investičního záměru,
   b) zjištění **reálnosti záměru** a odhad nákladů,
   c) vytvoření podkladu pro další kroky procesu přípravy.
2. *Standardní statický* průzkum je jedním z podkladů pro analýzu (**II.**), která využije i všech ostatních průzkumů stavby (stavebně technický, stavebně historický, architektonický…), volbu koncepce (**V.**) a projekt (**VI.**).
   U objektů v havarijním stavu, při každém zásahu do nosných konstrukcí (včetně změn otvorů v nosných stěnách, zásahů do komínů apod.), při zvýšení stálého nebo užitného zatížení (včetně změn příček), při přístavbách, nástavbách a vestavbách podkroví, při zásahu do základů, při zřizování nových podzemních prostor je **nutnou** součástí standardního průzkumu **statický výpočet**. Statický výpočet musí být v rozsahu uvedeném v dalším odstavci zpracován pro analýzu (**II.**) a před schválením koncepce řešení (**V.**).
   Cíle standardního průzkumu:
   a) definice konstrukčních systémů stávající stavby, zjištění jejich funkce a závad,
   b) zjištění příčin poruch a posouzení možností jejich odstranění,
   c) posouzení stávajících konstrukčních systémů,
   d) posouzení záměrů stavebních úprav vzhledem k možnostem objektu a jeho nosných konstrukcí,
   e) posouzení nutnosti a možností doplnění nebo změny konstrukčních systémů a **důsledků** těchto změn pro zachování autenticity a památkové hodnoty stavby.

---

1) Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage, ICOMOS, International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage.

3. *Detailní* (doplňkový) průzkum se provádí v průběhu projektování (**VI.**) pro upřesnění detailů konstrukcí (například vyhodnocení sond ve stropech, průzkum napadení dřeva, kopané sondy apod.). Podmínkou sondáže v památkově chráněném objektu je schválení koncepce (**V.**) a souhlas památkových orgánů.
4. *Průzkum při realizaci* se provádí po zahájení stavby na základě projektu (**VI.**) a se souhlasem a v koordinaci se zhotovitelem. Průzkum má vazbu na stavební práce, často jde o průzkum plošný. Cílem je:
   a) ověření charakteru a stavu konstrukcí zjištěného předchozími fázemi průzkumů,
   b) **ověření předpokladů** podoby, stavu a funkce nosných konstrukcí,
   c) ověření předpokladů statického výpočtu,
   d) dokumentace **skutečného stavu** konstrukcí,
   e) dokumentace skutečného **rozsahu** stavebních úprav.

   Plošný průzkum má zásadní význam pro zjištění a dokumentaci **památkových hodnot** stavby a rozsahu stavebních úprav, proto musí být sledován a dokumentován v kooperaci všech účastníků stavební akce (zhotovitele, dozoru investora, dozoru projektanta a památkového dozoru, případně i zpracovatele stavebně historického průzkumu).

Statický výpočet je nezbytnou součástí posouzení nosných konstrukcí stávající stavby a návrhu stavebních úprav. U památkově chráněných staveb je zpracování statického výpočtu předpokladem kvalifikované analýzy poruch (**II.**) a jejich příčin a **zdůvodněného návrhu** opravy/obnovy nosných konstrukcí (**V.**), proto je orgány památkové péče požadováno.

Statický výpočet je ve všech fázích procesu opravy/obnovy památky základním dokumentem a podkladem pro posouzení a schválení dílčích kroků, proto musí být zpracován přehledně a takovým způsobem, aby byla možná jeho verifikace. Součástí statického výpočtu, který je spolu s dokumentací předkládán ke konzultaci nebo schválení, musí být **vždy** komentář, ve kterém se uvedou východiska a závěry.

Pro efektivní a památkové hodnotě stavby přiměřený návrh opravy nebo stavebních zásahů do nosných konstrukcí je nutná ***analýza*** (**II.**) průzkumu stavebně statického (**I.**) a využití zjištění průzkumů ostatních.

Poruchy historické stavby, zejména *trhliny a deformace*, představují velmi významný doklad o působení sil ve stavbě.

Při analýze poruch je třeba si uvědomit, že různé příčiny se někdy projevují podobně. Proto je vždy třeba důsledně rozlišovat trhliny *statické* (jejichž příčinou je působení statického zatížení) od trhlin způsobených *dynamickým* zatížením, trhlin *dilatačních* (jejichž příčinou je působení tepelného a dynamického zatížení), trhlin *smršťovacích* (které vznikají při vysychání/tvrdnutí materiálů - omítky, beton, dřevo), trhlin v klenbách, které působí jako trojkloubový oblouk, případně trhlin způsobených mrznutím promočeného zdiva, korozí železa či krystalizací solí. Od trhlin je třeba odlišit otevřené spáry, které nevznikly silovým působením, ale degradací maltové výplně.

Jako trhliny v omítkách se projevují *spáry* mezi jednotlivými etapami stavby. Pracovní spáry mezi částmi stavby rozdílné tuhosti, mají funkci spar dilatačních, ve kterých dochází k pohybu při tepelném namáhání a otřesech (od dopravy, zemětřesení a dalších vlivů). Velikost pohybu v dilatační spáře je závislá na tom, jak byla spára vyplněna - velikost pohybů v dokonale vyplněné spáře je malá a trhlina je dlouhodobě stabilní. Pokud byla pracovní spára mezi dílčími etapami stavby vyplněna nedokonale, může se projevit relativně brzo, k narušení omítky může dojít například i při migraci vlhkosti podél spáry (jako trhlina se proto mohou projevovat i spáry mezi dílčími etapami omítek). Trhlinami se mohou projevovat i nedokonale provedené zazdívky otvorů.

Ve všech uvedených případech dojde k překročení pevnosti materiálu (zdiva nebo omítky) v tahu nebo smyku, příčiny jsou však zcela odlišné. Některé trhliny narušují pouze omítky nebo povrch konstrukce, trhliny, které jdou do hloubky, ovlivňují nosnou funkci konstrukce.

Je třeba určit příčinu **vzniku každé** poruchy (i poruch konstrukcí, které nemají nosnou funkci). Poruchy doplňkových konstrukcí a povrchů (které mají nízkou pevnost a relativně malou tuhost) často signalizují deformace nosných konstrukcí, které se (zatím) neprojevily. Například trhliny v podhledech nebo v příčkách dokládají deformace stropů, případně pokles či odklon nosných zdí. Trhliny v klenbách vznikají při deformaci nebo povolení patek kleneb, poklesu nebo pootočení v základech i výklonem zdiva působením vodorovné reakce v uložení krovu nebo klenby.

Z charakteru trhliny je možné určit směr a případně i působiště síly, proto je nutné směry a šířky trhlin **pečlivě dokumentovat.** Důležité je rozlišit trhliny *lokální*, způsobené místní poruchou nebo závadou a trhliny *systémové*, jejichž příčinou je vada nebo narušení některé konstrukce nebo konstrukčního systému stavby. Stejně pečlivě je třeba sledovat, interpretovat a dokumentovat *deformace* konstrukcí.

Z uvedeného je zřejmé, že při analýze poruch nosných konstrukcí je třeba zkoumat stavbu a její prostředí jako celek, není možno se omezit jen na konstrukce, které mají poruchy. Vždy je nutné zkoumat všechny nosné konstrukce, které u historických staveb téměř vždy tvoří stavebně i funkčně propojený systém. Je nutné posuzovat **skutečnou podobu** konstrukčního systému stavby, nikoliv podobu ideální. Důležité to je zejména při posuzování *tuhosti* konstrukčního systému, která je u historických staveb dána nejenom tuhostí jednotlivých konstrukcí, ale i jejich vzájemným provázáním. K tuhosti masivní stavby (schopnosti odolávat působení vodorovných sil - například od krovu nebo klenby) významně přispívá tření vyvozené velkou hmotností stavby, nemusí být nutné zajištění táhly nebo věnci. Analýza stavby musí v tomto případě prokázat statickým výpočtem, zda tuhost původní stavby byla dostatečná, případně, zda došlo ke zhoršení stavu (například narušením krovu v uložení nebo vyřazením autentického táhla klenby z funkce). (*Př. Město Touškov*) V žádném případě není možno bez průkazu výpočtem argumentovat, že „tuhost je nedostatečná, protože stavba nemá táhla ani věnce".

Každý zásah do historické památky musí být důkladně zvážen a musí být doložena jeho **nezbytnost** a **účelnost**. Je proto nutné dokumentovat všechny konstrukce, jejich funkci, současný stav a poruchy a zjistit příčiny poruch. (**II.**) Teprve potom je možno vypracovat koncepci opravy (**V.**) a po jejím schválení navrhnout odstranění příčin a opravu poruch (**VI.**). Volba konkrétního řešení nosných konstrukcí **musí být schválena** již v koncepci (**V.**), projekt by měl schválený koncept rozpracovat.

Při každé opravě nebo zásahu do nosných konstrukcí stavební památky je třeba důsledně respektovat následující postup určení **priority** řešení, která je dána autenticitou a stavem konstrukcí:

1. *konzervace* současného stavu, pokud jsou zachovány všechny funkce konstrukce,
2. *obnovení* autentického stavu (opravou, případně výměnou poškozených částí), pokud jsou některé funkce narušeny,
3. *doplnění* konstrukčního systému, pokud měl původní systém vady nebo došlo ke změně podmínek stavby,
4. *náhrada* původního konstrukčního systému, pokud autentický systém není obnovitelný.

Při opravě/obnově památkových objektů mají někdy velký podíl *restaurátorské práce*, které se prolínají s pracemi stavebními. Koncepce řešení obnovy (**V.**) by měla určit vzájemný vztah prací stavebních (včetně zásahů do nosných konstrukcí) a restaurátorských. Osvědčuje se, když jsou v projektu opravy/obnovy navrženy práce stavební i restaurátorské a je vybrán zhotovitel, který je schopen zajistit obojí.

Principiální význam má *odstranění příčin* poruch zjištěných analýzou statického stavu (**II.**), které musí být řešeno přednostně. Odstranění příčin poruch se může týkat nejenom vlastní stavby (narušená krytina, nedostatečné odvodnění), ale i jejího širšího okolí. Jde zejména o poruchy způsobené vysokou hladinou podzemní vody, které je třeba koncepčně řešit v předstihu před obnovou vlastní stavby. Tyto problémy **musí** být rozpoznány a řešeny už při zpracování koncepce opravy/obnovy (**V.**).

V případě, že realizace opravy/obnovy stavby bude probíhat delší dobu, je třeba už v koncepci (**V.**) řešení navrhnout sled prací (přizpůsobený konkrétním podmínkám), například:

1. provizorní statické zajištění,
2. provizorní restaurátorské zajištění,
3. odstranění příčin poruch,
4. oprava/obnova havarijních konstrukcí (včetně nezbytných restaurátorských zásahů),
5. oprava/obnova ostatních konstrukcí.

3. POSUZOVÁNÍ ZDIVA A MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ JEHO ÚNOSNOSTI

Mechanické vlastnosti zdiva určuje pevnost staviva a malty, ale především vazba, která je dána tvarem a velikostí staviva, opracováním jeho ložných a styčných ploch a pečlivostí provázání. Vzhledem k tomu, že pevnosti malty jsou řádově menší než pevnosti staviva, je velmi důležité, jaká je tloušťka spáry. Pevnost staviva se nejlépe využije, když je spára co nejtenčí - proto může být výhodné suché zdivo, kde dosedají plochy tvárnic přímo na sebe. Tento princip se uplatnil u přesně opracovaných ploch kamene monumentálních staveb (např. v Machu Picchu), je to také důvod jejich mimořádné trvanlivosti.

Nejvyšší pevnosti je možno docílit u *kamenického zdiva* z velkých přesně opracovaných kamenných kvádrů zděných na tenkou spáru. V tomto případě se může uplatnit kámen vysoké pevnosti. Využití celé ložné plochy a pevnosti kamene se u exponovaných kamenných prvků (gotické fiály) dosahuje osazením na tenkou spáru, která se zalije olovem.

U zdiva z přesných kvádrů je *pevnost v tlaku* několikanásobně vyšší než u zdiva lomového - důvodem je právě menší vliv malty a malá tloušťka ložné spáry.

U *zdiva lomového* musí mít spára takovou tloušťku, aby byl zajištěn rovnoměrný přenos zatížení z jednoho kamene na druhý. Pokud není u zdiva z nepravidelného kamene tloušťka spáry dostatečná, vznikne ve spáře soustředěné zatížení, které může porušit i velmi pevný kámen smykem. (*Př. Zlenice*). Ze srovnání tabulkových hodnot je zřejmé, že u lomového zdiva nejsou podstatnější rozdíly v pevnosti zdiva z kvalitního nebo méně kvalitního kamene. Rovněž rozdíly v pevnosti malty ovlivní pevnost lomového zdiva jen omezeně.

Zkoušky staviva a malty mohou poskytnout spolehlivější podklad pro zjištění pevnosti pouze u zdiva kvádrového a cihelného. Kvádrové zdivo starších staveb má ovšem často jádro ze zdiva lomového, takže mechanické zkoušky budou spolehlivé pouze při posuzování zdí, které jsou z kvádrů vyzděny v celé tloušťce.

U zdiva lomového, které u historických staveb převažuje, je pro pevnost zdiva rozhodující vazba. Vlastnosti lomového zdiva závisí na petrologii kamene, která je určující nejenom pro jeho pevnost a trvanlivost, ale i pro způsob těžby (nebo sběr), možnosti opracování, velikost, tvar a ložné plochy staviva i pro způsoby zdění.

Pevnost lomového zdiva závisí na těchto faktorech (zpravidla v uvedeném pořadí):

- vazba staviva,
- tvar a velikost staviva,
- přesnost opracování ložné plochy,
- tloušťka ložné spáry,
- pevnost malty,
- pevnost staviva.

Ze způsobu zdění zpravidla nelze usuzovat na vlivy dobové nebo slohové. Způsob zdění je téměř vždy určen druhem a charakterem kamene, zjištěné shody jsou obvykle regionální - ze stejného kamene se zdilo stejně v různých dobách. To je třeba si uvědomit při dnešních opravách - zedníci se musí způsob zdění z místního kamene naučit na staré stavbě (při opravách *řádkového* lomového zdiva je velmi praktické vyznačit původní řádky šňůrou).

Ve zdivu každé stavby vznikají kromě tlakového napětí i napětí *tahová a smyková*, kterým zdivo s vodorovnými ložnými sparami špatně odolává. K namáhání zdiva příčným tahem od svislého zatížení dochází zejména na nárožích stavby, u pilířů, při vzpěru. Tahová a smyková napětí vznikají ve zdivu při namáhání vodorovnými reakcemi kleneb nebo šikmých nosníků, při tepelných dilatacích, při poruchách způsobených poklesy nebo pootočením

základů, v důsledku nekvalifikovaně prováděných přestaveb, při dynamickém zatížení.

Pevnost zdiva v tahu a ve smyku je velmi nízká, je dána pouze pevností malty - při posuzování stavby nemá praktický význam.

Po zjištění a dokumentaci charakteru a stavu zdiva je nutné provést **analýzu poruch** - to znamená určit příčiny poruch a příčiny *degradace* zdiva (fyzikální, chemické vlivy; zatékání, vzlínavá vlhkost). (viz. kap. 2)

Často působí více příčin najednou, jejich projevy jsou podobné, někdy byla příčina, která poruchu způsobila, již odstraněna. Příčiny poruch, které konstrukci stále ovlivňují, je třeba **vždy** odstranit (například závada v krovu nebo podmáčení základů).

Řada poruch stavby souvisí se zvýšenou vlhkostí, proto je třeba současně s průzkumem konstrukcí sledovat *odvodnění* stavby, jeho nedostatky a závady, *zvýšenou vlhkost* v konstrukcích, v okolí stavby i v podloží a příčiny (i historii) tohoto stavu.

Možnosti zvýšení pevnosti zdiva jsou omezené.

Pro obnovení původní kvality zdiva má zásadní význam vyplnění narušených spar a trhlin a případně i injektáž trhlin, které do jisté míry obnoví homogenitu zdiva a zajistí spolupůsobení všech jeho částí. Pokud jsou spáry narušeny do hloubky větší než 30 mm, je hloubkové spárování účelné, hloubkové spárování trhlin je vhodné provést **vždy**.

Podstatnějšího zvýšení pevnosti *injektáží* je možno dosáhnout pouze u narušeného lomového zdiva, které má velký objem mezer - zde je možno po plošném proinjektování, při kterém vyplníme alespoň polovinu mezer, uvažovat s vyšší třídou pevnosti malty. U zdiva s malým objemem mezer ke zvýšení pevnosti injektáží **nedojde**, proto plošná injektáž nemá smysl.

U zděných pilířů je možno zvýšit jejich únosnost sepnutím ocelovými třmeny - způsoby výpočtu uvádí literatura.

Zesilování zděného pilíře betonovou nebo železobetonovou objímkou je u stavebních památek vzhledem k neprodyšnosti betonu, jeho nižší životnosti a neodstranitelnosti **nežádoucí**.

Vzhledem k tomu, že exaktní zjištění pevnosti zdiva je problematické a možnosti zvýšení únosnosti jsou omezené, je nutné stavební úpravy navrhovat tak, aby **únosnost zdiva nebyla překročena**. Statický výpočet proto musí vyčíslit napětí ve zdivu pro několik stavů stavebního vývoje:

a) původní stavba,
b) rozhodující fáze přestaveb,
c) navrhované úpravy.

Posuzuje se, k jakým změnám napětí došlo v průběhu historie stavby, zda v důsledku navrhovaných úprav dojde ke zvýšení zatížení a zda je navrhované přitížení **přípustné**.

Pokud je únosnost zdiva nedostatečná, je nutno hledat takové řešení, aby k přitížení nedošlo (změnit dispozici, vylehčit konstrukci stropů a příček apod.). Aby nedošlo ke změnám zatížení zdiva, je třeba **při řešení dispozice** památkových objektů v maximální míře **vycházet z dané polohy** nosných zdí a z rozmístění otvorů, které odpovídá rozhodujícím fázím vývoje stavby. Při záměru zbudování dalšího patra nebo využití podkroví je u chráněné památky nedostatečná únosnost nosného zdiva **limitujícím** faktorem.

V jednotlivých případech, kdy je nosné zdivo silně narušeno trhlinami, značně degradováno nebo přetíženo, je možno narušené zdivo přezdít z pevnějšího materiálu nebo nahradit jinou konstrukcí (např. ocelovým sloupem), přetížené zdivo je možno zesílit přizdívkou. U chráněné památky by takový postup měl být uplatněn jen výjimečně, a proto musí být **zdůvodněn** a doložen statickým výpočtem.

Při posuzování nosného zdiva je nutné vždy přesně zjistit, dokumentovat a posuzovat každé *oslabení* otvory a nikami (i zazděnými), komínovými průduchy, drážkami, prostupy apod. Návrh zřízení nových otvorů, drážek, prostupů apod. musí být při projektování pečlivě koordinován mezi jednotlivými profesemi a posuzován z hlediska únosnosti konstrukcí.

Každý zásah do nosného zdiva (přezdívání, bourání, zřizování otvorů, osazení překladů,) musí být v projektu detailně popsán, včetně **postupu** a provizorní výdřevy. Zásahy do nosného zdiva musí provádět **kvalifikovaný** pracovník pod dohledem **stavbyvedoucího**. (Př. Praha N. Město)

Pevnost zdiva narušeného trhlinami

Trhliny ve zdivu vznikají při jeho namáhání tahem nebo smykem. K porušení dojde především v maltě, jejíž smyková a tahová pevnost je velmi nízká.

Je vždy nutné zjistit příčiny vzniku trhlin, které je nutné hledat ve statickém působení souvisejících konstrukcí a tahové a smykové síly eliminovat nebo vhodným způsobem zachytit (táhla, kotvy, opěrné pilíře apod.).

Velmi nebezpečné jsou *vodorovné* tahové trhliny vzniklé poklesem. Příčina je ve zdivu pod trhlinou nebo v základech - nutné je odstranění příčiny poruchy (například narušený nosník, na kterém je zeď založena) nebo podchycení základů. Vkládání výztuže pro zachycení tahu je **neúčinné** - tahem, který výztuž přenáší, není možno zatížit zdivo nad trhlinou ani pod ní.

Tahovou sílu v šikmých trhlinách ve zdivu způsobených poklesem je možno zajistit osazením ocelových prutů do vrtů vedených kolmo přes trhlinu (je nutno dodržet kotevní délky) v případě, že jde o lokální příčinu (například porušený překlad pod trhlinou), **nikoliv o pokles v základech**, a pokud bude síla přenesena do místa stabilizovaného. Ocelové pruty většího průřezu (ø 20) jsou vhodnější než měkká šroubovicová výztuž, protože zachytí i namáhání momentem. Ocelové pruty je nutno posoudit statickým výpočtem.

Efektivním využitím zainjektovaných prutů může být prokotvení trhliny nebo otevřené spáry mezi obvodovou zdí a zdí příčnou v případě, že došlo k odklonu vnější zdi působením vodorovných sil od narušeného krovu, od klenby nebo i při pootočení nebo poklesu základu vnější zdi.

Naopak většinou není účelné pomocí zainjektovaných kotev nebo spínáním ocelovými táhly zvyšovat tuhost stavby.

Ve všech těchto případech je samozřejmě nutné odstranění příčiny vzniku poruchy (oprava krovu, klenby, podchycení základu).

K porušení zdiva trhlinami může také dojít působením příčných tahových sil při *přetížení*. U štíhlých okrajů zdiva oddělených trhlinami se může následně uplatnit vzpěr. V tomto případě je nutné posoudit možnosti zvýšení únosnosti, protože tahové trhliny jsou dokladem toho, že mez únosnosti v tlaku byla překročena. Injektáž trhlin je nezbytná, pro zvýšení únosnosti bude patrně nutná přídavná konstrukce (opásání ocelovými třmeny, vložení únosného prvku - ocelový sloupek), zesílení zdiva nebo jeho přezdění.

Cílem hloubkového spárování a injektáže trhlin a otevřených spar není zachytit tahové nebo smykové síly působící ve zdivu, ale především omezit pohyby v trhlinách způsobené statickým, dynamickým nebo tepelným zatížením a zabránit migraci vlhkosti ve zdivu. Z těchto důvodů je třeba trhliny (zejména trhliny široké) vyplnit co nejdokonaleji.

Zvlášť významné je hloubkové vyspárování narušených spar a trhlin v **tlačených konstrukcích**, zejména v klenbách a záklencích.

Při injektování trhlin je třeba zkoumat, jestli nemají funkci dilatačních spar. **Dilatační spáry** nebyly v historických stavbách záměrně zřizovány a vznikaly samovolně v místech nejmenší tuhosti stěn, často ovšem v trhlinách statických - vyvolaných konstrukční chybou nebo zhoršením stavu konstrukce (například poklesem základu). **Prokotvení** trhliny, ve které stavba dilatuje, by **mohlo způsobit** přesunutí dilatační trhliny do jiného místa - tedy **poškození stavby**.

Vyplnění trhliny (i trhliny dilatační) je však důležité pro omezení velikosti pohybů vyvolaných tepelným či dynamickým zatížením, protože při pohybu v otevřené trhlině dochází k propadávání písku, úlomků malty i zdiva, trhlina se klínuje a rozšiřuje.

V běžných případech postačí hloubkové spárování, u trhlin širších než 30 mm je vhodné vyklínování a následná injektáž, aby se trhlina vyplnila do maximální hloubky. Trvanlivost takové opravy dilatační trhliny je samozřejmě omezená, ale je v zásadě stejná jako trvanlivost povrchů stavby (omítek), tedy řádově 30 let.

4. TUHOST HISTORICKÝCH STAVEB

Tuhost historických staveb je dána především jejich relativně velkou hmotností (ve srovnání se stavbami novodobými) vyvozující tření, které bylo v běžných případech schopno zajistit dostatečnou únosnost a stabilitu. V některých případech sice poruchy dosud zachovaných historických staveb vznikly v důsledku konstrukční chyby, většinou však byly způsobeny dodatečnými změnami stavby a zhoršením jejího stavu. Je proto třeba opět zdůraznit nutnost důkladné **analýzy statického stavu a historie poruch** a odstranění **příčin poruch** na základě této analýzy (**II.**).

Zvýšení tuhosti sice může zlepšit odolnost stavby vůči působícím vlivům, většinou však znamená nepřiměřený zásah do historické stavby, a obvykle neřeší odstranění příčiny poruch

4.1. TŘENÍ

Odolnost historických staveb proti namáhání vodorovnými silami je dána především *třením* v ložné spáře. Tření je funkcí svislého zatížení, u zdiva je možno uvažovat součinitel tření min. f - 0,5 (i u vlhkého zdiva), to znamená, že tření v ložné spáře zachytí vodorovnou sílu, jejíž velikost je rovna polovině svislého zatížení. To je poměrně vysoká hodnota, která dává historickým stavbám, pokud jsou dostatečně masivní, vyhovující bezpečnost.

Tření ve vodorovné ložné spáře dokáže zachytit vodorovnou složku reakce klenby nebo šikmého nosníku, pokud tato reakce působí pod úhlem odpovídajícím přeponě pravoúhlého trojúhelníka o základně=1 a výšce=2 (tedy tzv. „gotickému trojúhelníku") - to je jeden z principů geometrické konstrukce opěrných systémů (nejenom gotických) staveb. (*Př. Mykény, Katedrály*)

4.2. ARMOVÁNÍ NÁROŽÍ

Největší vodorovné síly jsou při nárožích, proto se *nároží armují* mohutnými kvádry - ve spáře je velké tření, které dokáže vodorovné síly od zatížení zachytit i v případě, že je spára částečně narušená. Pro stabilitu stavby a její trvanlivost je žádoucí, aby kameny v nároží, které zajišťují tuhost celé stavby, byly velké, pravidelné, měly dobře opracované ložné plochy a byly dobře provázány se zdivem stěn. Kde tyto zásady nebyly dodrženy, dochází snáze k narušení nároží. (*Př. Hrad Bezděz*)

5. OPRAVY KLENEB

Klenba je konstrukce namáhaná převážně tlakem. Nosnou funkci zděné klenby zajišťuje **kontakt staviva** (cihel, klenáků), proto musí být všechny spáry dokonale vyplněny maltou.

Zděné klenby historických budov nejčastěji působí jako **trojkloubový oblouk** - uložení v patce umožňuje pootočení, při pootočení ve vrcholu dojde u větších rozpětí k překročení pevnosti malty v tahu a ke vzniku trhliny. Pokud jsou patky trojkloubového oblouku neposuvné, je konstrukce stabilní, i když má ve vrcholu tahovou trhlinu.

Vodorovná reakce klenby je zachycena třením vyvozeným svislým zatížením v patce, opěrákem nebo táhlem. Táhlo může být umístěno viditelně v patce, na rubu klenby nebo je do klenby zazděné (*Př. Město Touškov*); bývá dřevěné, železné, případně kombinované. Táhlo klenby často spolupůsobí s konstrukcí krovu. Táhlo je účinné, pokud je přiměřeně napnuté, napnutí zajišťuje klínový nebo šroubový napínač - je nutná pravidelná kontrola.

K *poruchám* klenby dochází v důsledku:

- poddimenzování,
- narušení zdiva (například zatékáním),
- přetížení (zatížení plošné nebo lokální),
- posunutí podpor (pokles, výklon, boulení zdiva),
- narušení funkce táhla nebo opěrného systému.

Při průzkumu a posuzování klenby je nutno konstrukční systém vždy spolehlivě identifikovat a zjistit funkci a stav jeho prvků. Posouzení klenby *statickým výpočtem* je nutné v případě, že je porušena nebo má být přitížena. Statický výpočet musí vzít v úvahu tvar a dimenze klenby (žebra, rubové pasy, nadezdívky), všechny **spolupůsobící konstrukce** (táhla, zdivo, opěrné pilíře, případně i spolupůsobící prvky krovu - vazné trámy s táhlem) a působení vnějších

příčin (pokles v základech, výklon zdiva). Ve složitých případech je nutný 3D model konstrukčního systému a sondy pro zjištění podoby konstrukcí.

Analýza průzkumu a statický výpočet jsou podkladem pro zjištění příčin poruch klenby. Po odstranění vnějších příčin poruch klenby je především nutné obnovit její statickou funkci - tedy zajistit **přenos sil tlakem** mezi jednotlivými klenáky. To znamená vyplnit všechny trhliny a otevřené spáry *hloubkovým vyspárováním* (odstranit starou maltu a nahradit ji novou v celé tloušťce klenby). Trhliny širší než 3 cm vyklínovat přiřezanými cihlami (vhodnější než dubové klínky, které se užívaly v minulosti).

Při hloubkovém spárování se musí odstranit veškerá narušená malta ze spar, aby se tlaky mezi klenáky přenášely kvalitní maltou. Pokud použijeme maltu vyšší pevnosti, mohli bychom v tomto případě únosnost klenby i zvýšit. V praxi k tomu však nedojde, protože obvykle bývá narušena jen část spar v místech, kde zatékalo, nebo kde byla klenba deformována. Při opravě a spárování značně narušené klenby, bývá někdy možné (po podepření klenby výdřevou) postupným klínováním korigovat její deformace bez rozebírání.

Při *opravě* poruch klenby má **vždy** přednost obnova **původního konstrukčního systému** (pokud byl dobře navržen). Zesílení, doplnění nebo nahrazení autentických konstrukcí je u chráněných památek přípustné jen v případě, že autentický systém měl vážné závady, které **prokázal statický výpočet**. Stavební úpravy a využití objektu by měly vycházet z možností stávajícího nosného systému a měly by být pokud možno navrženy tak, aby nebylo nutné autentické konstrukce zesilovat nebo doplňovat.

Tahové a smykové *trhliny* jsou projevem narušení nosné funkce klenby - způsob narušení a jeho příčiny se určí z umístění a směrů trhlin, z deformací a průzkumu souvisejících konstrukcí.

Po odstranění příčin poruch se trhliny v klenbě **vždy** vyspárují. Spárování běžnou maltou je vhodné i u trhlin dilatačních - zmenší velikost pohybu, dilataci však nezabrání, je nutno počítat, že trhlina se časem obnoví.

Spínání trhlin v klenbě (statických a **zejména** dilatačních) výztuží vloženou do spáry, kotvami nebo třmeny je (v převažující většině případů) **nežádoucí** z těchto důvodů:

- pro odstranění příčin poruch (zachycení vodorovné reakce klenby nebo posunu patek, zvýšení únosnosti přetížené klenby) je **nedostatečné**,
- u systémové trhliny (trojkloubový oblouk) by ztužení kloubu způsobilo **přesunutí trhliny** do jiného místa - tedy poškození klenby.

Klenba, jejímž základem je půlkruhový oblouk, má přibližně v jedné třetině rozpětí *nebezpečný průřez*, kde se tlaková čára odchyluje od střednice a kde je klenba namáhána kromě tlaku i smykem a ohybem. Historické klenby proto mívaly ve spodní třetině větší tloušťku, případně byly na rubu přitíženy nadezdívkou nebo kamennou rovnaninou. Je proto **nepřípustné** nadezdívku nebo rovnaninu na klenbě (která je součástí nosné konstrukce) odstraňovat. Rovněž nežádoucí je plošné odstraňování podlah a násypů na klenbách. Důvodem je (kromě výše uvedené funkce přitížení patky) především to, že násyp je, stejně jako všechny součásti stavby, nositelem informací - je tedy součástí *památkové hodnoty* stavby.

Každý zásah do konstrukcí na rubu klenby je proto nutné řádně zdůvodnit a předem schválit příslušným památkovým orgánem. Pokud z analýzy konstrukčního systému stavby vyplyne řádně zdůvodněná nutnost zásahu do konstrukcí *nad klenbou*, je nutné zajistit stavebně historický průzkum a případně i archeologický výzkum tohoto prostoru.

Klenba je konstrukce, která má vysokou únosnost. Únosnost historických kleneb je v naprosté většině dostatečná, zesílení klenby je nutné zpravidla pouze v případě, kdy byla dodatečně přetížena, deformována nebo narušena vnějšími vlivy. Pokud je nutné zvýšit únosnost klenby, mají vždy přednost způsoby, které navazují na historické konstrukční principy – tedy zesílení klenby rubovými pasy, případně nadezdívkou v exponované části nad patkami. Pro spojení nového zdiva klenby se zdivem stávajícím je účelné využití nerezové šroubovicové výztuže, která má dobrou soudržnost s maltou, může být vkládána do spar a snadno tvarována. (*Př. Plasy*)

Pokud je pro zachycení vodorovné reakce klenby nutné opravit nebo doplnit staré táhlo, má přednost navázání na autentickou konstrukci železnou nebo dřevěnou. Pokud to není možné, má vždy přednost táhlo ocelové především proto, že navazuje na autentická řešení, je možno snadno kontrolovat jeho funkci, jsou možné opravy, případně i náhrada nebo odstranění a nevyžaduje velký zásah do historických konstrukcí.

Zesilování kleneb železobetonovými konstrukcemi, které se v zejména v 70. letech u historických staveb provádělo ve velkém rozsahu, je možno u památkově chráněných objektů připustit jen ve **zcela výjimečných** případech. Hlavním důvodem je nepřiměřený zásah do autentické konstrukce a životnost neodpovídající podstatě památky.

Některé navrhované způsoby uplatnění železobetonových konstrukcí („zavěšení" klenby na železobetonové nebo ocelové nosníky) (*Př. Zámek I*) jsou v rozporu s působením klenby, degradují ji na pouhý podhled, z hlediska zvýšení její únosnosti jsou neefektivní, a proto je není možno doporučit ani u kleneb, které nejsou v památkově chráněných objektech.

Ing. Jan Vinař
Národní památkový ústav,
generální ředitelství
Valdštejnské nám. 3
118 01 Praha1 - Malá Strana
vinarjan@npu.cz

Článek byl recenzován

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA

01 - Praha, vilová čtvrť

Zahájená demolice objektu (001) zdůvodněná existencí statických trhlin ve všech fasádách a degradací zdiva. V převážné většině šlo o smršťovací trhliny v cementových omítkách z 1. poloviny 20. století, které neměly dilatace (002, 003 - svislá trhlina, 006, 007). Pouze několik trhlin má statický charakter - byly způsobeny závadami v zaústění dešťových svodů (003 - šikmá trhlina, 004, 005). Objekt byl nedostatečně udržován, k degradaci velmi kvalitních cihel došlo v místě, kde bylo zdivo kryté silnou vrstvou cementové omítky vystaveno povětrnosti (008).

Foto_001

Foto_003

Foto_002

Foto_004

Foto_005

Foto_006

Foto_007

Foto_008

02 - Praha, Nové Město

Nekvalifikované bourání bez provizorního podepření, s těžkou mechanizací v patře (009) - vyklonila se dvorní zeď, klenby se usmykly v patkách, došlo k částečnému zřícení stavby (010).

Foto_009

Foto_010

03 - Zámek I

Existencí šikmých trhlin ve fasádě (014) a příčných táhel v chodbách přiléhajících ve všech patrech k průčelí byla zdůvodněna nutnost statického zajištění a „vyvěšení" kleneb chodeb na ocelové nosníky (015). Projekt byl zpracován bez stavebně historického průzkumu, v patrech byly v průběhu stavby „překvapivě" zjištěny dřevěné renesanční stropy (016). Po prohlídce stavby a provedení několika sond bylo zjištěno, že v celém rozsahu dvorní fasády jsou dodatečně zazděné renesanční arkády, zachovaly se zazděné sloupky s hlavicemi a patkami (011, 012, 013), příčná táhla jsou součástí původního řešení, šikmými trhlinami se projevují zazděné oblouky. Navržené zajištění bylo zbytečné.

Foto_011

Foto_012

Foto_013

Foto_014

Foto_015

Foto_016

04 - Zámek II

Při nekvalifikovaném strojním výkopu rýhy pro velmi problematický způsob „odvlhčení stavby“ (017) se zřítila celá boční stěna (018).

Foto_017

Foto_018

05 - Kostel

Jako doklad výklonu věže kostela a nutnost jejího podchycení tryskovou injektáží (019) se uvádělo, že mezera mezi dřevěným sloupkem krovu a jeho otiskem v omítce se směrem vzhůru zvětšuje. Ve skutečnosti šlo o deformaci podélné vazby krovu, která je viditelně prohnutá (020).

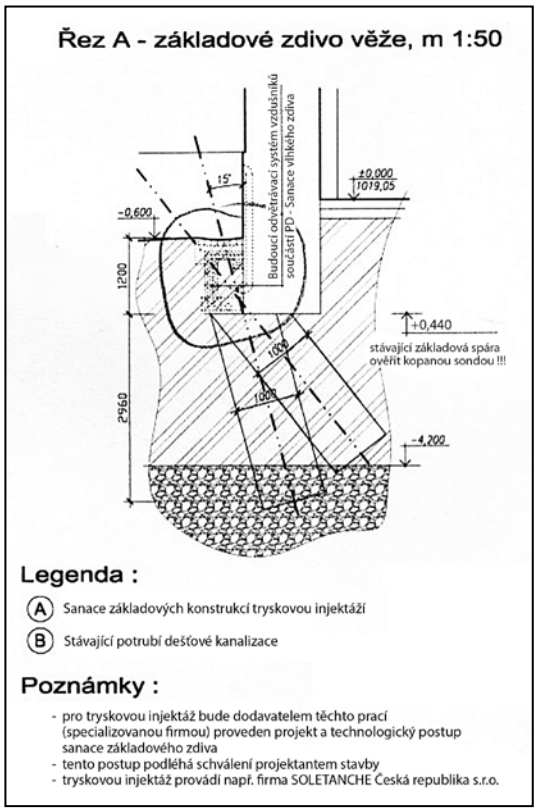


Foto_019

Foto_020

07 - Kamenný most I

Úplná přestavba kamenného mostu (021) je zdůvodněna nedostatečně dimenzovanou konstrukcí, která není schopna odolávat zemnímu tlaku násypu. Z fotografií je zřejmé, že dochází k degradaci zdiva vodou zatékající do zdiva „odvodňovacím" rigolem, zemní tlak se neuplatňuje, příčinou poruchy je špatně vyřešené odvodnění. (022, 023, 024)

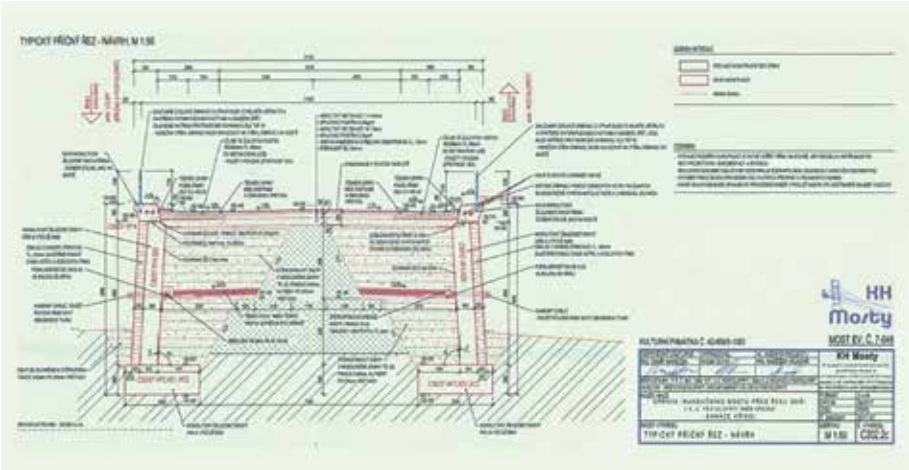


Foto_021

Foto_022

Foto_023

Foto_024

08 - Kamenný most II

Demolice mostu byla zdůvodněna jeho špatným statickým stavem. Poruchy velmi kvalitní stavby byly způsobeny závadami v odvodnění a zanedbáním údržby. (025, 026, 027)

Foto_025

Foto_026

Foto_027

09 - Stodola z nepálených cihel

Stěny stodoly jsou deformovány působením vodorovné složky reakce krovu, která není zachycena vaznými trámy. Deformovaná stěna byla ztužena mohutnou svařenou konstrukcí, uložení krovu nebylo opraveno. (028, 029)

Foto_028

Foto_029

10 - Hospodářská budova

Při opravě krovu napadeného ve zhlaví houbou, nebyly odstraněny zbytky napadeného dřeva, vazné trámy byly podle projektu do poloviny výšky zasypány keramzitem (030, 031). Dva roky po „opravě" bylo vyměněné a zasypané dřevo napadeno.

Foto_030

Foto_031

11 - Město Touškov

Součástí plochých kleneb hospodářských budov z 19. století, je vždy táhlo skryté v konstrukci segmentových pasů a na fasádách ukončené závlačemi. Pokud táhlo přestane plnit svoji funkci, velká vodorovná reakce způsobí vážnou poruchu stavby. Zdivo vnější stěny chléva je narušené větrnou abrazí, došlo k uvolnění závlače - původní závlač je v drážce, závlače dodatečných táhel jsou rovněž uvolněné (032). Pod klenbou jsou dodatečná táhla (033), která však také neplní svoji funkci - dvorní stěna je narušena trhlinami (034).

Foto_032

Foto_033

Foto_034

12 - Hrad Zlenice

Soustředěné zatížení může ve zdivu z lomového kamene porušit smykem i velmi pevný kámen (035). Při nárožích je zdivo s nepravidelnou vazbou namáháno příčnými silami od svislého zatížení - vznikají trhliny (036). Protože nebyl k dispozici kámen vhodný na nárožní kvádry, jsou nároží zlenického hradu oblá. Rovnoměrné roznášení zatížení v nepravidelném zdivu měly zajistit zazděné dřevěné trámy (037).

Foto_035

Foto_036

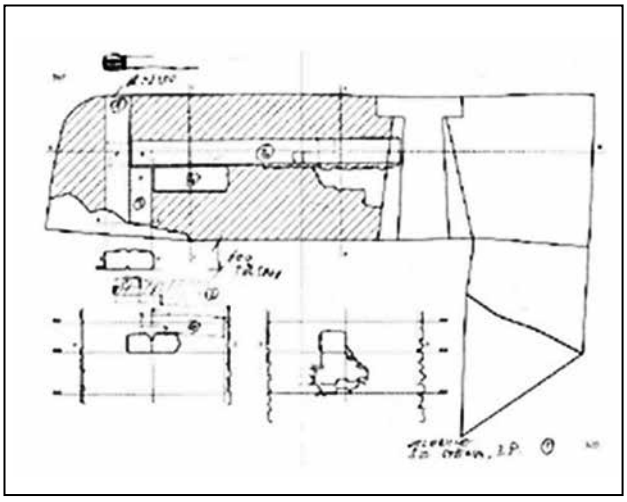


Foto_037

13 - Mykény

Strmé přečnělkové klenby ze suchého zdiva jsou stabilní (038).

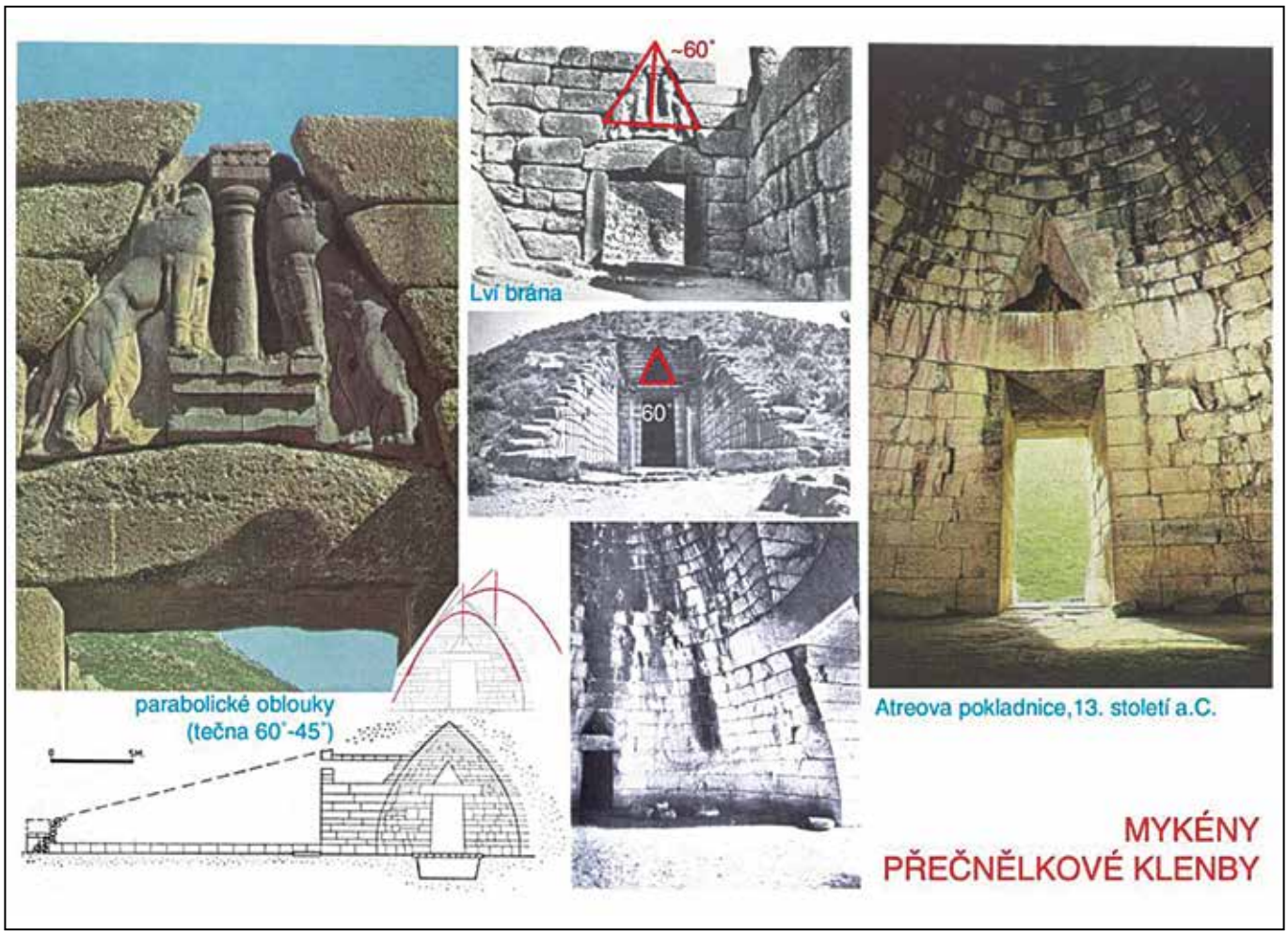


Foto_038

14 - Katedrály

Tzv. „gotický" trojúhelník je geometrickým vyjádřením součinitele tření ve zdivu (039). V kompozici gotických katedrál se uplatňuje rovnostranný trojúhelník (= triangulace), patky kleneb jsou zděné přečnělkově (s vodorovnými sparami) bez podpory ve sklonu gotického trojúhelníku (040). Opěrné oblouky sledují směr působení sil (041, 042).

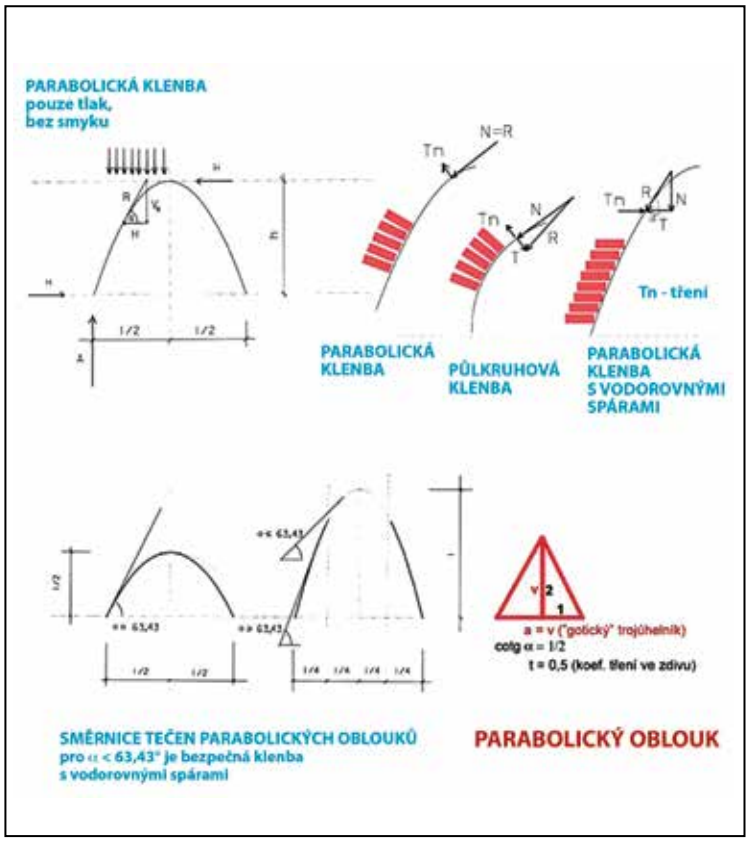


Foto_039

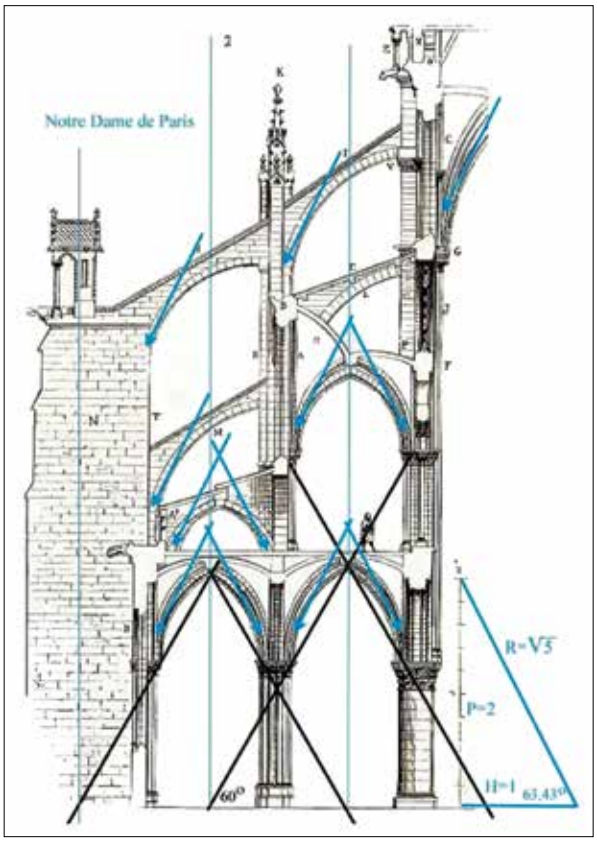


Foto_040

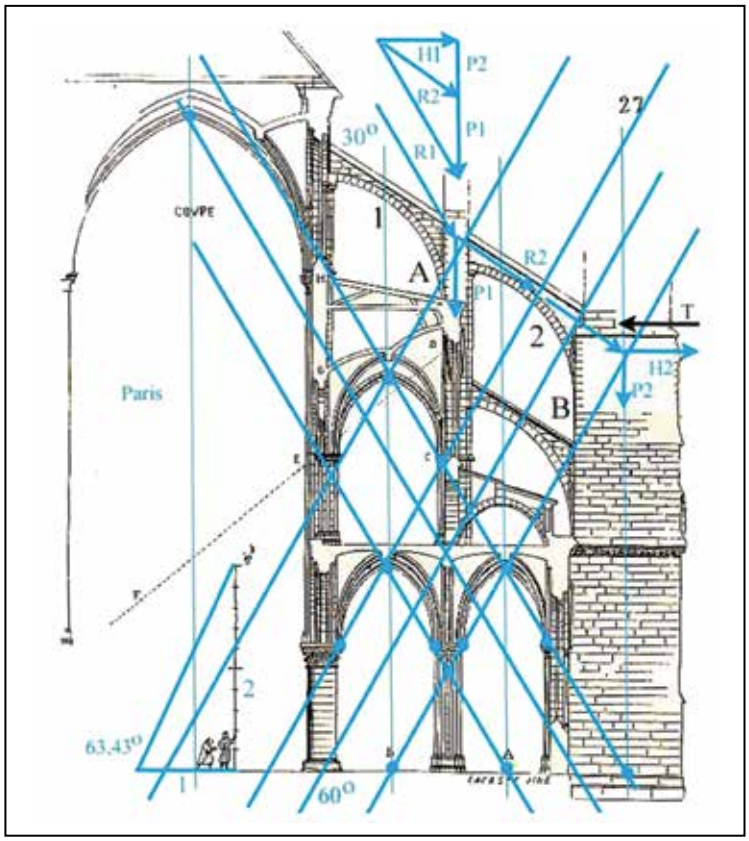


Foto_041

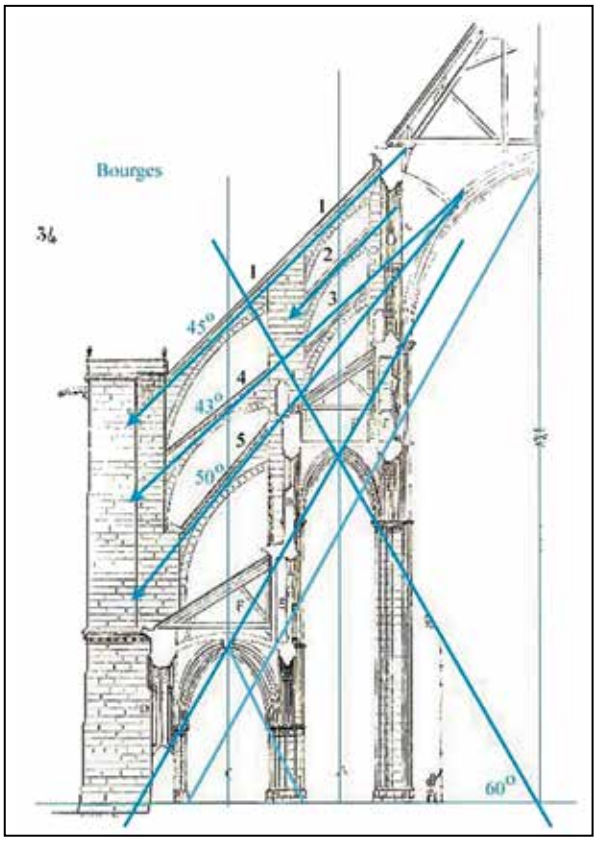


Foto_042

15 - Hrad Bezděz

Nárožní kameny kaple i po 750 letech spolehlivě plní svoji funkci (043), naproti tomu nedokonale provázané a nepravidelné kvádry pozdější stavby vypadly ze zdiva (044).

Foto_043

Foto_044

16 - Plasy, klášterní kostel

Kvůli zatížení novými varhanami bylo nutné zvýšit únosnost klenby kruchty. Klenba byla zesílena nadezdívkou patek spojenou spirálovou nerezovou výztuží s původním zdivem. (045, 046).

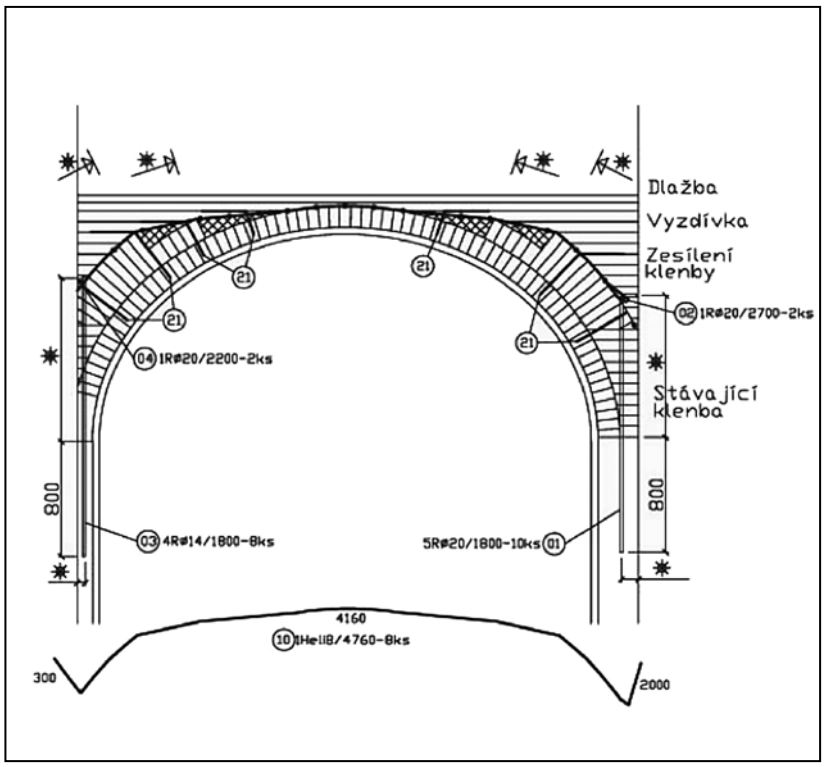


Foto_045

Foto_046

OPRAVA ROUBENÉHO DOMU Z ROKU 1714 NA KLATOVSKU

Bohuslav Vykouk, František Ungr

Abstrakt:

Příspěvek popisuje opravu venkovského domu západočeského typu v obci Strašín na Sušicku. Předmětem opravy vč. historického, materiálového a dendrochronologického průzkumu, byla zejména roubená část domu. Úpravy respektují zachování původních prvků vč. vzhledu domu a možnost současného využití domu k bydlení soukromým vlastníkem.

1. IDENTIFIKACE OBJEKTU

Venkovský dům č.p. 29 se nachází v obci Strašín v okrese Klatovy v plzeňském kraji. Objekt je situování na stavební parcele č. 33 v k.ú. Strašín u Sušice. Jedná se o menší obec s 333 obyvateli, která je historicky připomínaná již v roce 1254.

Stavení stojí uprostřed svažité návsi zvané „Rathaus" pod žulovou kašnou. Náves je lemována štítově orientovanými zemědělskými usedlostmi, hmotově dosud hodnotnými.

Objekt je od 3.5. 1958 registrován jako kulturní památka s rejstříkovým č. ÚSKP 15799/4-3303. Doba jeho výstavby je určena na roky 1714 - 1715. To lze doložit dostupnými historickými regionálními prameny a dendrochronologickým průzkumem. V databázi dendrochronologicky datovaných objektů jsou pod položkou č. 6033 uvedeny původní kuláče stropu a stěn domu.

2. POPIS OBJEKTU

Dispoziční řešení:

Původně byl dům postaven jako dvojdílný s roubenou světnicí na vysoké kamenné podezdívce. Kromě roubené světnice byla v domě situována černá kuchyň a komora. Tyto části byly vyzděny kamenným zdivem. Dodatečně byl dům rozšířen o zděný chlév, síň a sýpku. Tím vzniká trojdílný dům komorového typu.

Dům je orientován štítem jihovýchodním směrem. Vstup je ze severu do síně. Vlevo ze síně je roubená světnice, proti vstupu černá kuchyně s komorou a vpravo vstup do chléva, který má ještě samostatný vchod ze dvora.

Stavební a materiálové řešení:

Dům je obdélníkového půdorysu na kamenné podezdívce. Podsklepen je pod obytnou světnicí. Dřevěnými povalovými stropy je objekt rozdělen na přízemí, patro a půdu. Střecha domu je polovalbová, krytá dvojitě loženou šindelovou krytinou. Ve střeše je jednou okno - volské oko. Střecha symetricky přesahuje oba boky domu. Přesahy jsou podepřeny sloupky. Přesah u vstupu kryje zápraží, na protilehlé straně slouží pro skladování dřeva.

Zdivo podezdívky a zděných částí domu je kamenné z místních zdrojů s jílovým pojivem. Světnice je sroubená z částečně přitesaných kuláčů, a to ve spojích a styčných plochách. Spoje rybinové. Strop je plochý z kuláčů - povalů.

Celý objekt je opatřen hliněnnou omítkou na dřevěných klíncích. Okna jsou dřevěná špaletová.

3. POSTUP OPRAV

Přípravné práce pro opravu objektu byly zahájeny přípravou materiálu. Na základě průzkumu mykoložky Ing. Ivany Horové byly určeny části roubení nutné k výměně. V tomto případě šlo o zajištění kulatiny na roubení stěn. Byla vybrána modřínová kulatina ze zimní těžby z místní lokality. Dále byla zajištěna smrková kulatina na výrobu dlabaných okapních žlabů a na lokální opravy povalového stropu. Větve na výrobu okapních háků. Celkem bylo dodáno 5 m^3 dřeva.

Pro opravu podezdívky a zdiva byl zajištěn kámen z místních zdrojů a použit zdravý kámen z vybouraných konstrukcí. Pro vyzdívání a omítky bylo dodáno 3000 kg jílu.

Roubená část - původní stav

Podepření stropu a vyvěšení kuláčů

Protéza s hákovým plátem a klínem

Vkládání nových kuláčů

Vyplnění spár mechem

Nároží a doplnění podezdívky

Nová kamenná podezdívka

Obnova štítu

Dřevěné žlaby a háky

Konečný stav po rekonstrukci

Strašín - roubená chalupa

Jako doplňkové prvky byly dodány stovky dřevěných klínků do spár a pod omítku, prkna na opravu štítu a šindel na lokální opravy střechy.

V první fázi bylo nutno snížit terén v okolí domu na původní úroveň. Postupným dlouholetým zvyšováním úrovně návsi, dosahoval terén až do úrovně parapetů oken.

Pro opravu roubených stěn bylo provedeno podepření stropu. Následně byly upínacími popruhy „přikurtovány" nepoškozené kuláče ke stropu. Byla vybourána podezdívka z kamenné rovnaniny a vyřezány poškozené a napadené kuláče roubené stěny. Kuláče jsou částečně přitesané ve spáře a v rohových spojích. Rohové spoje jsou na rybinu s přesahujícím zhlavím ve vyšších partiích srubu. Dva kuláče byly protézovány protézou na hákový plát s klínem. Ostatní poškozené byly nahrazeny novými modřínovými. Výměna kuláčů probíhala od shora a nové prvky byly postupně přitahovány upínacími popruhy k podepřené konstrukci stropu.

Při demontáži oken bylo zjištěno, že spodní část rámů špaletových oken je poškozena a bylo nutné je lokálně opravit.

Po výměně dřevěných prvků roubení byla vyzděna nová podezdívka z místního kamene a jílu. Spáry mezi kuláči byly vyplněny mechem a připraveny pro hliněnou vymazávku. Pro udržení hliněné malty ve spáře byly natlučeny dřevěné klínky (cca po 15 cm). Po vyspárování roubené stěny z vnější strany a dokončení opravené podezdívky byl proveden finální venkovní nátěr vápnem.

Pro vnitřní omítky bylo provedeno „naježkování" stěn dřevěnými klínky. Vnitřní omítky hliněné se slaměnou řezankou byly nanášeny rukama, aby bylo dosaženo původního vzhledu a křivosti omítek. Při postupném vysychání omítek a po vzniku prasklin byly omítky přemazány hliněnou kaší. Po vyschnutí byly povrchy přebíleny vápnem.

Z dalších vnějších oprav domu bylo provedeno:

- lokální opravy šindelové krytiny
- oprava prkenného štítu
- provedení okapních dřevěných dlabaných žlabů ze smrkové kolatiny osazených na dřevěných hácích z větví. Výroba dlabaných žlabů proběhla částečně na setkání tesařů 2019 na faře v Mrtníku.

Realizace opravy proběhla v termínu léto 2019 - léto 2020.

4. ZÁVĚR

Při opravě kulturní památky roubenky ve Strašíně bylo dosaženo obnovení dobrého stavebního stavu výměnou poškozených prvků při zachování původního vzhledu exteriéru i interiéru domu. Dům tak může plnohodnotně sloužit k bydlení nebo rekreaci majitele.

Tento stav byl dosažen díky vstřícnému přístupu majitele objektu pana Jiřího Nováka, který zachraňuje tuto roubenku pro příští generace. Veškeré práce na opravě domu provedla profesionálně tesařská firma pana Františka Ungra - Skřítkové tesaři ze Zaječova.

5. POUŽITÉ ZDROJE

[1] Novák Jiří - Co na sebe prozradila chalupa č.p. 29 ve Strašíně Klub Augusta Sedláčka 2013, Sb. str. 108 - 112

[2] Databáze NPÚ + fotodokumentace objektu

[3] Databáze - Dendrochronologické datování, pol. č. 6033

[4] Popis realizace a fotodokumentace firmy Skřítkové tesaři - František Ungr

Ing. Bohuslav Vykouk
autorizovaný inženýr pro pozemní stavby ČKAIT 0003861
V.atelier Tuchlovice s.r.o.
Referát „Roubené a hrázděné stavby" WTA CZ
v.atelier@seznam.cz

František Ungr
Skřítkové tesaři, Zaječov
fandaungr@gmail.com

Článek byl recenzován

VYSOCE ODOLNÝ POLYMERNÍ SPRÁVKOVÝ KOMPOZIT S OBSAHEM KORUNDOVÉHO PÍSKU

HIGH RESISTANT POLYMER REPAIR COMPOSITE WITH CONTENT OF CORUNDUM SAND

Jakub Hodul, Lenka Mészárosová, Anna Čtvrtečková, Rostislav Drochytka

Abstrakt:

Příspěvek se věnuje možnostem přípravy vysoce odolného správkového kompozitu na polymerní bázi (s použitým pojivem na bázi epoxidové, polyesterové a vinylesterové pryskyřice), s podílem vysoce abrazivního plniva s vysokou tvdostí ve formě korundového písku. Čláenk je zaměřen především na porovnání fyzikálních a mechanických vlastností, jako jsou například zpracovatelnost, objemová hmotnost, pevnost v tahu za ohybu, pevnost v tlaku, soudržnost s podkladem, odolnost proti obrusu, tvrdost a odolnost proti vysokým teplotám v závislosti na druhu použitého pojiva se dvěmi variantami podílu plnovové složky.

Abstract:

This paper deals with the possibilities of preparation of the highly resistant polymer-based repair material (using epoxy-, unsaturated polyester- and vinylester-based resins), with the high content of very abrasive filler with high hardness in the form of corundum sand. The paper is focused mainly on the comparison of physical and mechanical properties, such as workability, bulk density, flexural strength, compressive strength, cohesion with concrete, abrasion resistance, hardness, high temperature resistance, depending on the type of polymer binder, and two variants of proportion of filler are used.

Key words: *corundum sand; polymer resin; repair material.*

1. ÚVOD

Nově vyvíjený polymerní kompozit je určen pro použití především jako reprofilační a správková hmota v oblasti sanace konstrukcí. Účelem správkových hmot obecně, je obnova povrchu konstrukčních prvků, tak aby bylo docíleno původního tvaru a vzhledu. Především pak slouží k obnovení jejich trvanlivosti a životnosti. Správkovou hmotou tedy rozumíme hmotu na vhodné materiálové bázi, splňující základní požadavky, mezi které patří mimo jiné soudržnost s podkladem, pevnost v tlaku, modul pružnosti atd. Polymerní správkové hmoty vykazují obecně vyšší odolnost a dlouhodobou trvanlivost než hmoty na silikátové bázi, avšak problém může být někdy jejich vyšší cena. Jelikož má být tato hmota určena také k obnově poškozených čedičových dlaždic, je zapotřebí, aby se materiál co nejvíce přiblížil vlastnostem původního podkladu, tzn. měl vynikající fyzikální i mechanické vlastnosti, především měl vynikající odolnost proti obrusu a vysokou tvrdost. Z tohoto důvodu byl jako plnivo vybrán korundový písek. Korund se získává z bauxitu, který obsahuje přibližně 50 % Al_2O_3. Vyznačuje se vysokou tvrdostí (stupeň 9 dle Mohse) a odolností vůči vysokým teplotám. Při použití do polymerních kompozitů zvyšuje díky svým vlastnostem mechanickou odolnost a odolnost proti abrazi [1,2]. Oblast využití je primárně mezi brousícími prostředky, používá se při výrobě brusných kotoučů z umělé pryskyřice a brusiva, nachází využití ve formě žáruvzdorných výrobků i prostředků pro tryskání zamokra a zasucha [3].

2. POUŽITÉ MATERIÁLY

Byl zkoumán vliv různých pojiv na polymerní bázi: epoxidové pryskyřice (EP1, EP2), nenasycené polyesterové (UP) a vinylesterové (VES) pryskyřice. Byly využívány dva typy epoxidové pryskyřice (jejich vlastnosti jsou uvedeny v Tab. 1.). První typ epoxidové pryskyřice (EP1) je na bázi oxiranu, formaldehydu, oligomerních reakčních produktů s 1-chlor-2, 3-epoxypropanem a fenolem s použitým tvrdidlem na bázi trisphenolu, benzylalkoholu, methyleneoxid polymeru s benzenaminem, hydrogenovaným 4, 4-Methylenebis. Druhý typ epoxidové pryskyřice (EP2) na bázi oxiranu, formaldehydu, oligomerních reakčních produktů s 1-chlor-2, 3-epoxypropanem a fenolem, s použitým tvrdidlem složeným z mastných kyselin, tallového oleje, benzylalkoholu, isoforondiaminu.

Tab. 1: Technické údaje použitých epoxidových pryskyřic

Označení	EP1	EP2
Popis	Nízko viskózní, transparentní, 2komponentní epoxidová hmota	Nízko viskózní, transparentní, 2komponentní epoxidová hmota
Mísící poměr A : B (hmot.)	1,8 : 1	1,5 : 1
Zpracovatelnost (při 20 °C)	20 minut	20 minut
Pevnost v tlaku	45 MPa	83 MPa
Pevnost v ohybu	37 MPa	66 MPa

Tab. 2: Technické údaje polyesterové a vinylesterové pryskyřice

Označení	UP	VE
Popis	Nízko viskózní nenasycená polyesterová pryskyřice	Nízko viskózní vinylesterová hmota
Mísící poměr	Akcelerátor (2 % z hmot. pojivové složky)	100 : 1,5
Přísada	-	Parafín (2 % z hm. pojivové složky)
Zpracovatelnost (při 20 °C)	20 minut	20 - 40 minut

Tab. 3: Mechanické vlastnosti a chemické složení korundového písku F30

Vlastnosti	Mechanické vlastnosti	Chemické složení	Zastoupení (hm. %)
Objemová hmotnost	3100 kg/m^3	Al_2O_3	95,2
Pevnost v tlaku	1 300 MPa	TiO_2	2,9
Zrnitost	500 - 710 μm	SiO_2	1,3
Barva	Černo-hnědá	Fe_2O_3	0,2
Tvrdost dle Mohse	9	CaO + MgO	0,4

Další použité pryskyřice byly na bázi vynilesteru a polyesteru (základní vlastnosti těchto pojiv jsou uvedeny v Tab. 2.

Jako plnivo do vysoce odolných správkových kompozitů byl vybrán korundový písek, který je běžně dostupný na trhu a má vysoké užitné vlastnosti. Mechanické vlastnosti a chemické složení použitého korundu jsou uvedeny v Tab. 3.

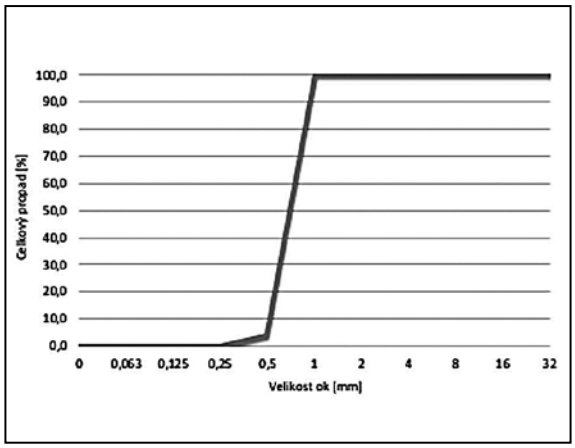
Z křivky zrnitosti korundového písku (Obr. 1) je patrné, že se jedná o jemnozrnný materiál, který má maximální velikost zrna 1 mm. Na základě RTG analýzy (Obr. 2) byla z mineralogického hlediska zjištěna přítomnost pouze korundu bez známek znečištění.

Jedná se o sypký materiál s kovovým leskem na povrchu, nepravidelným tvarem zrn a s ostrými štěpnými plochami (Obr. 3 - 5).

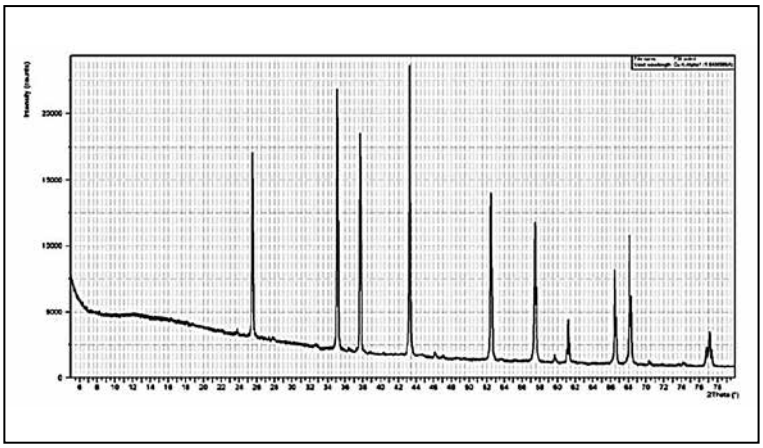
Cílem práce bylo prozkoumat především vliv použitého pojiva na vlastnosti kompozitu na polymerní bázi s plnivem z korundového písku. Na základě prvotních zkoušek zpracovatelnosti byly zvoleny následující poměry plnění jednotlivých pryskyřic korundovým pískem: 75 a 80 % hm. Graficky znázorněné složení receptur je na Obr. 6.

3. VÝSLEDKY ZKOUŠEK

Konzistence a zpracovatelnost polymerní směsi byla stanovována v souladu s normou *ČSN EN 1015-3 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střásacího stolku)*. Konzistenci je možné definovat jako odpor proti



Obr. 1: Křivka zrnitosti korundového písku



Obr. 2: Záznam z RTG - korund F30

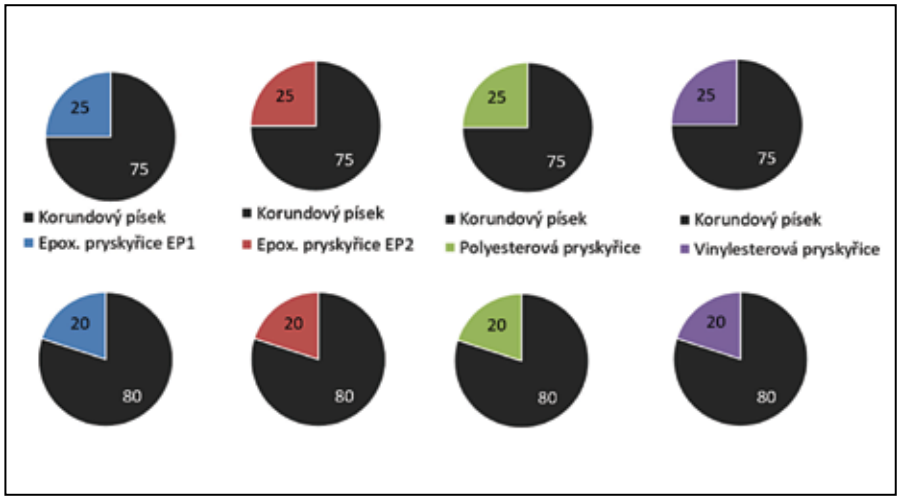
Obr. 3: Korundový písek makroskopicky

Obr. 4: Korundová zrna při zvětšení 50×

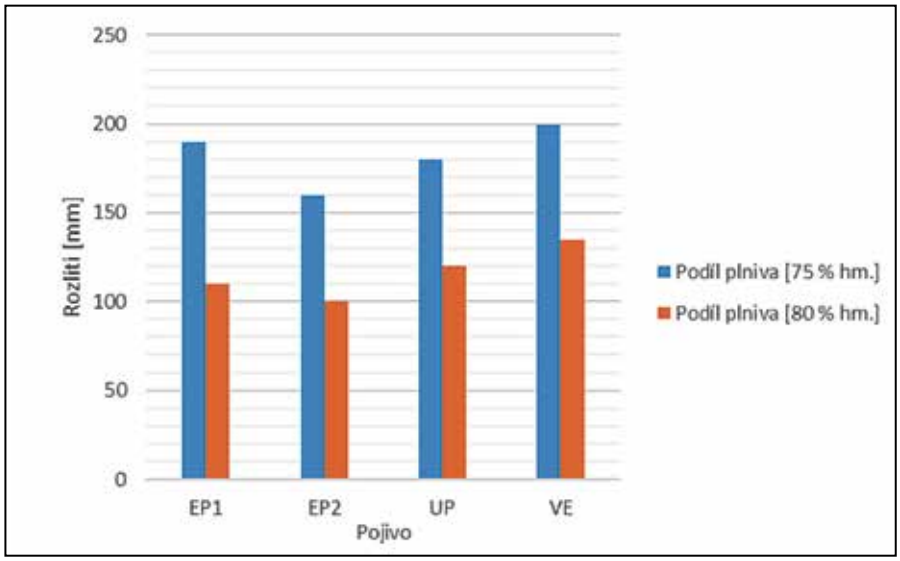
Obr. 5: Korundová zrna při zvětšení 100×

přetváření, Z výsledků stanovení konzistence je patrné, že zvýšení dávky plniva má za následek zhoršení zpracovatelnosti (jak je patrné z Obr. 7).

Objemová hmotnost ve zpolymerovaném stavu byla stanovována dle normy *ČSN EN ISO 845 Lehčené plasty a pryže - Stanovení objemové hmotnosti*. Jak je patrné z výsledků stanovení objemové hmotnosti ve zpolymerovaném stavu (Obr. 8), u většiny pryskyřic dochází s narůstajícím podílem plnivové složky ke zvyšování objemové hmotnosti, jediná se vymyká tomuto trendu polyesterová pryskyřice, u které došlo s nárůstem podílu plniva ke snížení objemové hmotnosti ve zpolymerovaném stavu (zrna nebyla dostatečně obalena pryskyřicí, co mělo za následek zvýšenou pórovitost). Druh použité pryskyřice má však jen velmi malý vliv na objemovou hmotnost. Všechny hodnoty se totiž pohybují v rozmezí 2 150 až 2 380 kg/m^3.



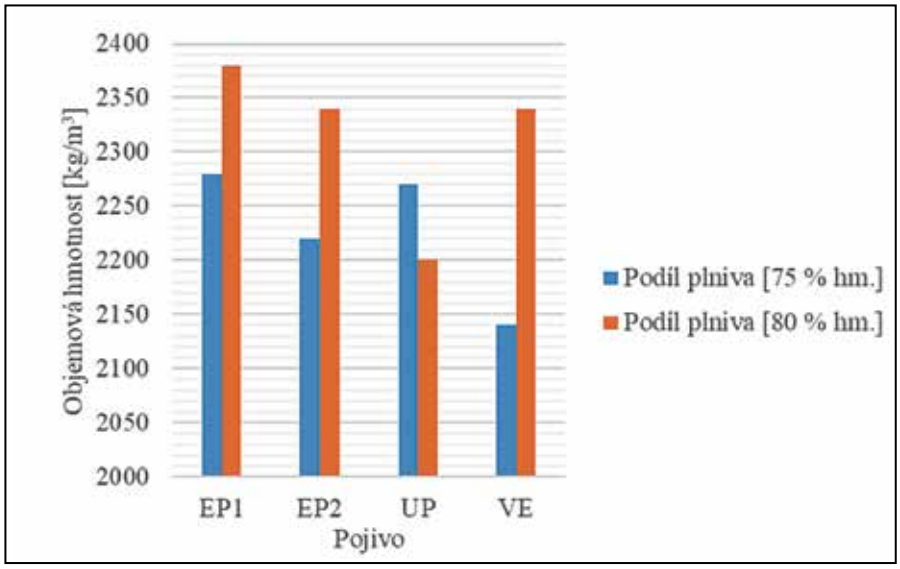
Obr. 6: Receptury jednotlivých hmot



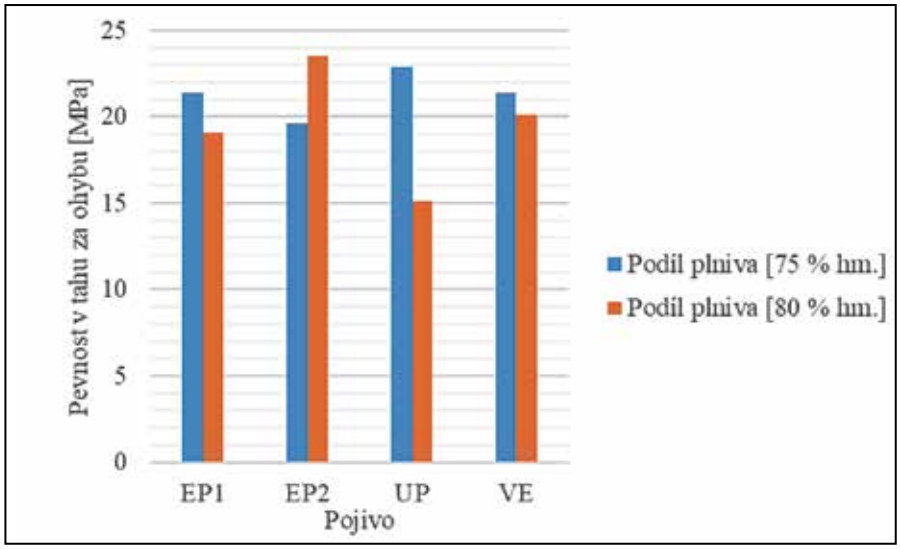
Obr. 7: Vliv použitého pojiva a dávky plniva na konzistenci správkového kompozitu

Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku byly stanovovány v souladu s normou *ČSN EN 13892 - Zkušební metody potěrových materiálů - Část 2: stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku*. Pevnosti zkoumaných vzorků se pohybovaly v rozmezí 15 až 23 MPa u pevnosti v tahu za ohybu a 66 až 94 MPa u pevnosti v tlaku zkoumaných vzorků. U většiny zkoumaných vzorků polymerního kompozitu došlo s nárůstem podílu plniva ke snížení pevností, pouze u EP2 došlo k mírnému nárůstu. Tato skutečnost byla pravděpodobně způsobena nedostatečným obalením zrn korundového písku pryskyřicí, což mělo za následek slabší kontaktní zónu a zvýšenou pórovitost, která obecně snižuje pevnosti.

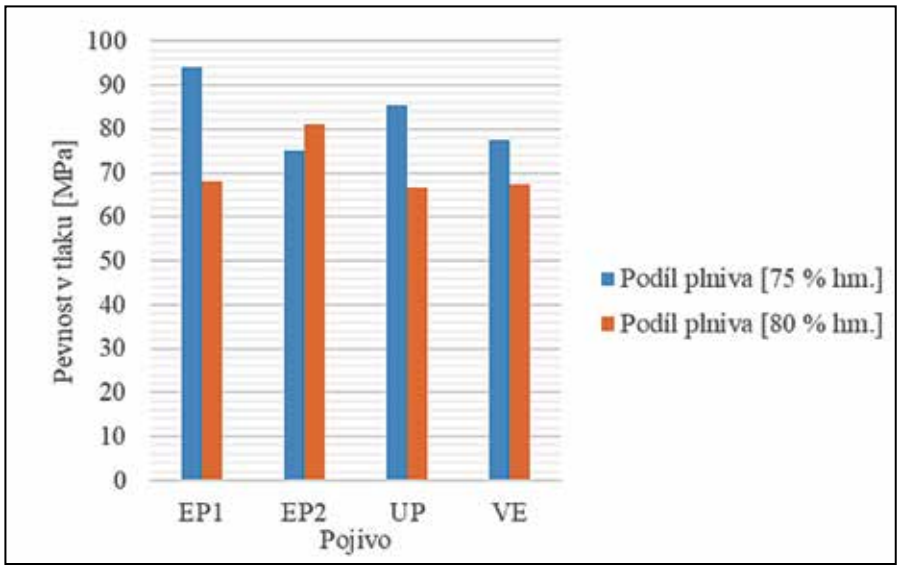
Stanovení soudržnosti s taveným čedičem byla prováděna v souladu s *ČSN EN 1542 - Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou*. Na základě výsledků stanovení soudržnosti zkoušených polymerních hmot s taveným čedičem (Obr. 11) se ukazuje, že nejvhodnějším pojivem je epoxidová pryskyřice, která ve všech zkoumaných případech dosahuje přídržnosti s podkladem v podobě čedičové dlažby, více než 6 MPa. Pojivová složka na bázi nenasycené polyesterové pryskyřice (UP) má přídržnost větší než 2 MPa a jako absolutně nevyhovující se ukázalo



Obr. 8: Vliv použitého pojiva a dávky plniva na objemovou hmotnost ve zpolymerovaném stavu správkového kompozitu.



Obr. 9: Vliv použitého pojiva a dávky plniva na pevnost v tahu za ohybu správkového kompozitu



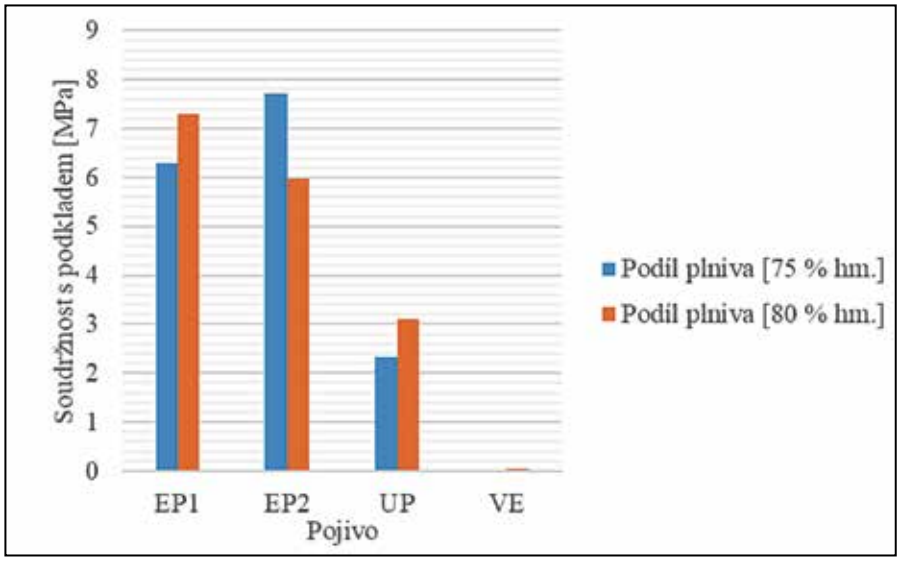
Obr. 10: Vliv použitého pojiva a dávky plniva na pevnost v tlaku správkového kompozitu

pojivo na bázi vinylesteru, které mělo téměř nulovou přídržnost k podkladu z taveného čediče, kde téměř ve všech případech došlo k oddělení od podkladu již při ořezávání terčů. Požadavek na minimální soudržnost pro správkové hmoty se statickou funkcí třídy R4 je 2 MPa. Tuto podmínku nesplňují hmoty s použitou vinylesterovou pryskyřicí jako pojivem. Tuto sníženou přídržnost způsobuje skelný povrch čedičové dlažby a z toho důvodu je potřeba při použití správkové hmoty na bázi vinylesterové pryskyřice předupravit povrch, a to buď mechanicky nebo chemicky.

Stanovení tvrdosti polymerních kompozitů probíhalo tak, že zkušební vzorky byly namáhány ocelovým tělesem vysoustruženým z hlavňové oceli ve tvaru kužele s podstavou o průměru 20 mm a výšce 40 mm (Obr. 12). Rychlost zatěžování činila 5 mm/min a hrot kužele byl zatlačován až do hloubky 2 mm (Obr. 13). Po dosažení požadované hloubky byla odečtena a zaznamenána hodnota dosažené síly. Na závěr se stanovila průměrná síla odpovídající stlačení 2,0 mm ze tří měření. Na některých vzorcích bylo prováděno i sledování zatlačení hrotu kužele pod optickým mikroskopem za účelem zjištění stupně porušení hmoty (Obr. 14). Přídavek korundového plniva má pozitivní vliv na tvrdost, s vyšším podílem korundového písku ve směsi dochází k nárůstu tvrdosti materiálu - viz Obr. 15. Je to způsobeno vysokou tvrdostí korundového písku, který má na Mohsově stupnici tvrdost 9.

Další zkoušky (odolnost proti obrusu a odolnost vůči vysokým teplotám) byly prováděny pouze na vybraných vzorcích s větším podílem plnivové složky, které dosahovaly vyšších hodnot pevností a tvrdosti.

Odolnost proti obrusu byla stanovována v souladu s normou ČSN EN 13892 Zkušební metody potěrových materiálů - Část 3: Stanovení odolnosti proti obrusu metodou Böhme. Nejvyššího úbytku došlo u vzorků s použitým pojivem z polyesterové pryskyřice. Nejnižšího úbytku bylo dosaženo při použití epoxidové pryskyřice EP1. Úbytek u vzorků z vinylesterové pryskyřice a epoxidové pryskyřice EP2 byly srovnatelné. Konkrétní výsledky zkoušky jsou uvedeny na Obr. 16.



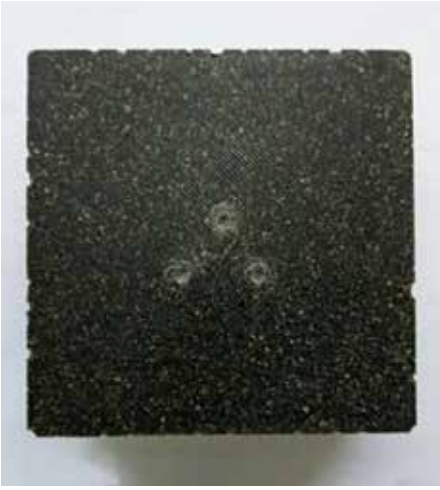
Obr. 11: Vliv použitého pojiva a dávky plniva na soudržnost správkového kompozitu s taveným čedičem

Odolnost proti vysokým teplotám byla stanovována pomocí zařízení DMA 2980 (pro dynamicko-mechanickou analýzu), kde byl vzorek zatížen sinusovým namáháním při tříbodovém ohybu o frekvenci 1 Hz a amplitudě deformace 5 μm. Na základě výsledků stanovení teploty skelného přechodu (Obr. 17) je možné usoudit, že při porovnání s epoxidovou pryskyřicí (teplota skelného přechodu 82 °C), odolává kompozit na bázi vinylesterové pryskyřice vyšším teplotám (167 °C).

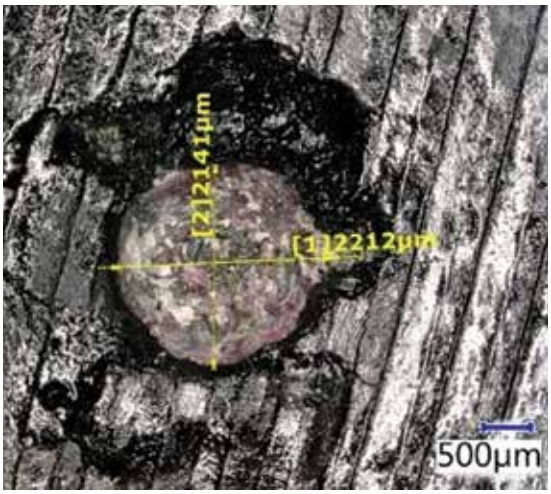
4. ZÁVĚR

Pro odolný správkový kompozit byly navrženy a experimentálně prověřeny dva druhy epoxidové pryskyřice (EP1, EP2), dále nenasycená polyesterová

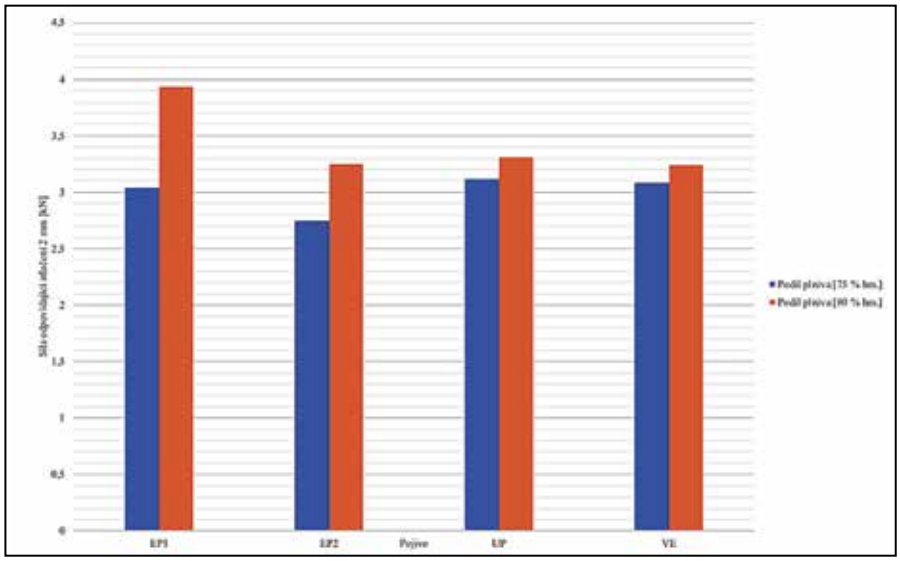
Obr. 12: Zkušební zařízení pro zkoušku tvrdosti



Obr. 13: Stopa po vtisku vnikajícího tělesa

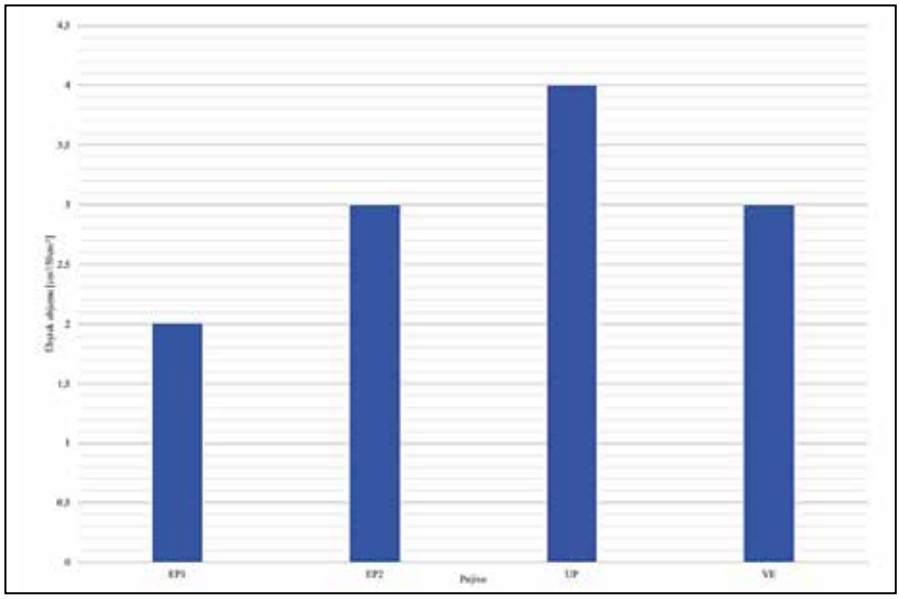


Obr. 14: Průměry vpichu po zkoušce tvrdosti snímek z optického mikroskopu (zvětšení 50×)

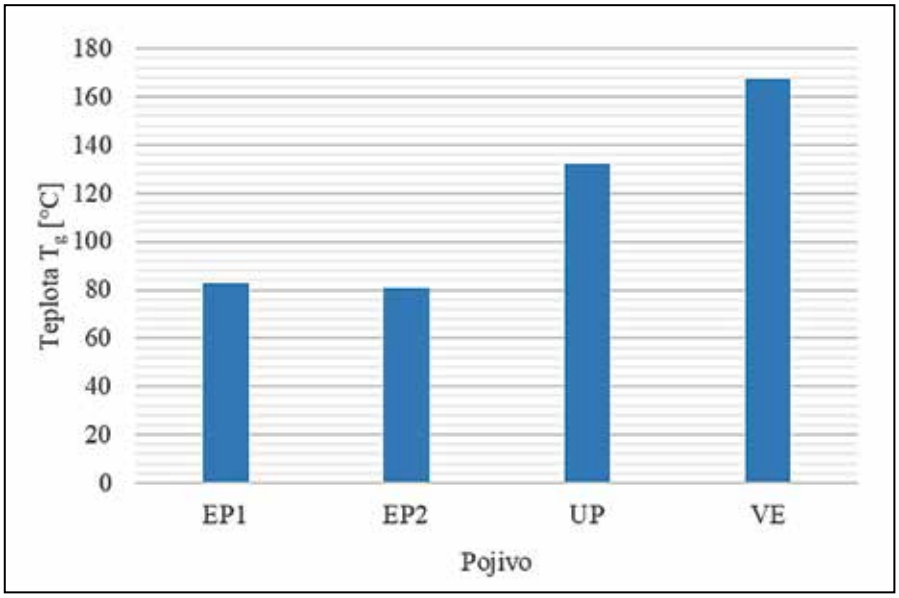


Obr. 15: Vliv použitého pojiva a dávky plniva na tvrdost správkového kompozitu

pryskyřice (UP) a vinylesterová pryskyřice (VE). Byly porovnány základní parametry - konzistence, objemová hotnost, pevnosti, soudržnost s podkladem a tvrdost. Na základě posouzení některých výsledků (odolnost proti vysokým teplotám) se jeví jako vhodnější použití vinylesterové pryskyřice jako pojiva pro polymerní správkový kompozit. S ohledem na odolnost proti obrusu, tvrdost a soudržnost s podkladem je vhodnější použití epoxidové pryskyřice. Při použití vinylesterové pryskyřice s ohledem na nízké výsledky přídržnosti k čedičovému podkladu se musí před aplikací vhodně předupravit povrch pro zvýšení soudržnosti. Na pevnost v tlaku, pevnost v tahu za ohybu, konzistenci a objemovou hmotnost nemá druh



Obr. 16: Vliv použitého pojiva na odolnost proti obrusu metodou Böhme (při plnění 80 % hm.) správkového kompozitu



Obr. 17: Teplota skelného přechodu (Tg) správkového kompozitu (při plnění 80 % hm.)

použité pryskyřice zásadní vliv, stanovené hodnoty jsou srovnatelné. Větší dopady má množství použitého plniva ve směsi, s větším množstvím pliniva dochází ke zhoršování zpracovatelnosti, zvyšování objemové hmotnosti, ale současně dochází i k nárůstu pevností, tvrdosti. Negativní vliv má přídavek korundového písku na přídržnost hmoty k podkladu, v tomto případě tavenému čediči. Využití zkoušených polymerních kompozitů, především na bázi epoxidových pryskyřic, jako správkových a reprofilačních hmot s vysokou odolností se jeví jako velice vhodné.

LITERATURA

[1] ČTVRTEČKOVÁ, Anna. Návrh vysoce odolného kompozitu s vysokým podílem druhotných surovin jako plniv určeného pro rekonstrukci objektů z taveného čediče. Brno, 2018, 93 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební.

[2] KRENÍKOVÁ, Věra. Odpady a druhotné suroviny II. Ústí n. L.: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-871-2.

[3] Karbid křemíku, bílý korund a hnědý korund [online] korUTec [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: http://www.korutec.com.

[4] ČSN EN 1015-3 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střásacího stolku).

[5] ČSN EN ISO 845 Lehčené plasty a pryže - Stanovení objemové hmotn.

[6] ČSN EN 13892 - Zkušební metody potěrových materiálů - Část 2: stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku.

[7] ČSN EN 1542 - Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou.

[8] ČSN EN ISO 868 - Plasty a ebonit - Stanovení tvrdosti vtlačováním hrotu tvrdoměru (tvrdost Shore).

[9] ČSN EN 13892 Zkušební metody potěrových materiálů - Část 3: Stanovení odolnosti proti obrusu metodou Böhme.

Ing. Jakub Hodul, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců
hodul.j@fce.vutbr.cz

Ing. Lenka Mészárosová, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců
meszarosova.l@fce.vutbr.cz

Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr.h.c.
Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců
drochytka.r@fce.vutbr.cz

Ing. Anna Čtvrtečková
Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců
anna.ctvrteckova@vutbr.cz

Poděkování

Tento výsledek byl realizován za finanční podpory z projektu FAST-S-20-6136 s názvem „Studium inkorporace nebezpečných odpadů a druhotných surovin v polymerní matrici speciálních kompozitních materiálů".

Článek byl recenzován

FOTOAKTIVNÍ STĚRKY SE SAMOČISTÍCÍM POVRCHEM A FOTOAKTIVNÍ PŘÍSADY DO BETONU

Pavel Dohnálek, Jaromír Jirkovský, Tereza Sázavská, Jan Šubrt, Václav Pumpr, Hana Bíbová, Michaela Jakubičková, Martin Pusztai

Abstrakt:

Článek představuje v tomto roce dokončený vývoj fotoaktivních cementem pojených stěrek pro finalizaci betonových povrchů. Povrch vyvinutých stěrek disponuje samočistící funkcí na základě fotokatalytické reakce při osvitu UV zářením. Hlavním vyvinutým typem materiálu je fotokatalyticky aktivní stěrka na cementové bázi v bílé a šedé variantě pro aplikaci zejména na betonové podklady. Druhým vyvinutým typem materiálu je fotokatalyticky aktivní přísada do betonu v práškové formě, která umožňuje přípravu betonových povrchů s fotokatalytickou funkcí. U těchto inovativních materiálů se předpokládá aplikační využití zejména v exteriéru pro samočistící úpravu plášťů budov, dále pro ošetření povrchů různých konstrukcí v dopravních stavbách, např. mostů, protihlukových bariér, svodidel, tunelů. Vyvinuté materiály je možné při osvícení UV-LED svítidly efektivně aplikovat i v interiérech, kde mohou najít uplatnění především ve zdravotnictví a potravinářství.

1. ÚVOD

Inovativní fotoaktivní stěrky se samočistícím povrchem a obdobné přísady do betonu byly vyvíjeny v rámci projektu „Inovativní fotokatalytické stěrky a přísady do betonu." Cílem projektu bylo propůjčit výsledným povrchům těchto nově vyvinutých materiálů samočistící funkci na základě fotokatalytické reakce při osvitu UV zářením. Nicméně samočistící funkce povrchů není jediným přínosem vyvíjených materiálů, z pohledu praxe můžeme uvést celkem tři přínosy:

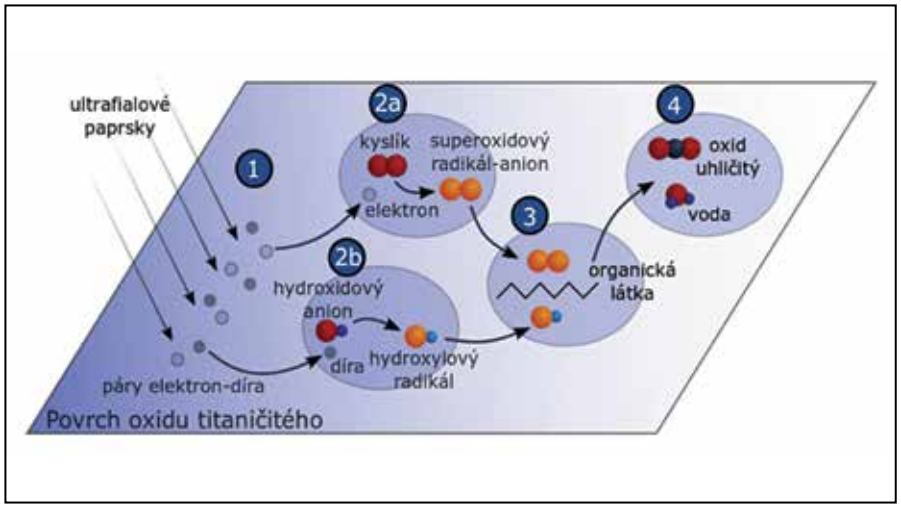
1. Samočištění - udržování betonových povrchů dlouhodobě čistých - estetické hledisko.
2. Antimikrobiální funkce - likvidace bakterií, virů, plísní, řas - zdravotní hledisko.
3. Snížení škodlivin z ovzduší - ekologické hledisko.

Vývoj těchto materiálů byl v letošním roce dokončen v rámci projektu podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR, v programu TRIO ve spolupráci BETOSAN s.r.o., Technické univerzity v Liberci, Ústavu anorganické chemie AV ČR a Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského, AV ČR.

Prvním vyvinutým typem materiálu je fotokatalyticky aktivní stěrka na cementové bázi pro aplikaci zejména na betonové podklady pod komerčním označením **DENSOFIX FAG** (šedá varianta) a **DENSOFIX FAW** (bílá varianta). Druhým vyvinutým typem materiálu je fotokatalyticky aktivní přísada do betonu v práškové formě, která umožňuje přípravu betonových povrchů s fotokatalytickou funkcí. Přísada byla vyvinuta ve dvou verzích, jako celoobjemová varianta pod komerčním označením **DENSOCRETE FA** a jako podlahový vsyp s označením **DENSOTOP FA**. Předpokládá se především aplikační využití v exteriéru pro samočistící úpravu plášťů budov, dále pro ošetření povrchů různých konstrukcí, např. mostů, protihlukových bariér, svodidel, tunelů. Vyvinuté materiály je možné za určitých podmínek (nasvícení pomocí UV LED) aplikovat i v interiérech, kde by měly najít uplatnění především ve zdravotnictví a potravinářství.

2. HETEROGENNÍ FOTOKATALÝZA

Funkčním principem umožňujícím dosažení výše uvedených samočistících vlastností nově vyvíjených materiálů je heterogenní fotokatalýza (Obr. 1). Heterogenní fotokatalýza je jedním z pokročilých oxidačních procesů (AOP), aplikovatelných pro desinfekci a čištění vody, vzduchu a pevných povrchů. Jejím působením dochází na fotokatalyzátoru vystaveném ultrafialovému záření, např. na ozařovaných částicích či vrstvách fotoaktivní formy oxidu titaničitého, k postupné oxidativní degradaci toxických plynů jako jsou oxidy dusíku nebo tzv. VOC (Volatile Organic Compounds), např. formaldehyd. Také dochází k rozkladu ostatních organických látek, včetně mikroorganismů. Nakonec se i ty nejsložitější organické molekuly přemění na neškodné jednoduché anorganické sloučeniny, jimiž jsou oxid uhličitý, voda a příslušné minerální kyseliny. Tyto děje jsou založeny na pohlcování fotonů fotokatalyzátorem, čímž se v jeho polovodičové elektronové struktuře vytvoří dvojice oddělených kladných a záporných nábojů. Tyto se z části zachytí na povrchu fotokatalyzátoru, kde poté buď přímo dochází k oxidaci resp. redukci adsorbované molekuly, nebo se transformují na vysoce reaktivní radikály, které následně atakují organické látky ve svém okolí. Těmito primárními redoxními ději fotogenerovaných nábojů se zahájí složitý sled radikálových reakcí, které za významné účasti molekulárního



Obr. 1: Schéma fungování fotokatalýzy [1]

kyslíku přítomného ve vzduchu postupně přemění přítomné organické sloučeniny až na zmíněné konečné anorganické produkty.

Fotokatalyticky upravené povrchy jsou působením slunečního svitu (konkrétně UV záření) průběžně zbavovány organických komponent adsorbovaných ze vzduchu. Jde např. o všudypřítomné zplodiny spalování, které na běžných površích tvoří lepkavý povlak, na němž pevně ulpívají prachové částice, jež povrch špiní. V případě fotokatalytické úpravy k tomu nedochází a povrch zůstává i v exponovaných lokalitách dlouhodobě čistý.

I když funkčnost fotokatalýzy je známa delší dobu a byla laboratorně opakovaně prokázána, její praktické nasazení často naráží na dílčí problémy v rovině technické, legislativní i ekonomické. Řešením těchto problémů se systematicky od samého začátku spoluřešitelé projektu zabývají. V omezené, spíše experimentální míře byl doposud pouze aplikován bílý fotoaktivní cement TX Active od firmy Italcementi, která je součástí Heidelberg Cement Group. Na Obr. 2 můžeme vidět stavbu kostela „Dives in Misecordia" v Římě v Itálii a na Obr. 3 pak stavbu „Cité de la Musique" v Chambery ve Francii, které můžeme považovat za jedny z nejznámějších pilotních aplikací fotoaktivních přísad v cementem pojených výrobcích.

3. ROZDĚLENÍ ÚKOLŮ MEZI JEDNOTLIVÁ VÝZKUMNÁ PRACOVIŠTĚ

Dokončený vývoj výše popsaných fotoaktivních materiálů byl v posledních třech letech prováděn v rámci projektu podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR, v programu TRIO ve spolupráci BETOSAN s.r.o., Technické univerzity v Liberci, Ústavu anorganické chemie AV ČR a Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. Výhodou takto široce rozkročeného vývojového týmu byl velmi rozsáhlý záběr znalostí, zkušeností a laboratorního vybavení v rámci týmu, kde se jednotlivá pracoviště vhodně doplňovala.

3.1. Představení části projektu řešené BETOSAN s.r.o.

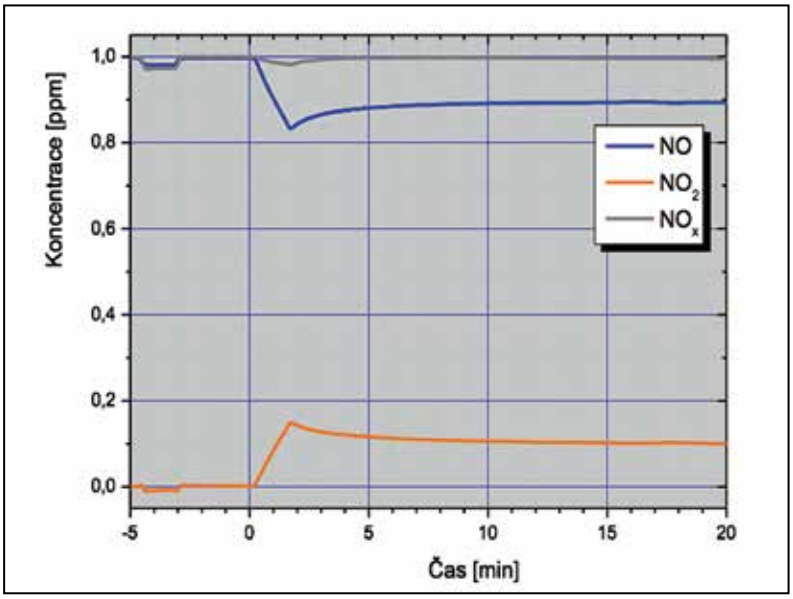
Hlavní náplní pracovníků BETOSAN s.r.o. v rámci finální fáze vývoje fotoaktivních materiálů byla zejména formulace receptur fotoaktivních cementem pojených povrchových stěrek ve dvou barevných variantách – šedá a bílá. A dále dvou přísad do betonu a ověření jejich výsledných vlastností a parametrů, jednak z pohledu technologického, tj. především zpracovatelnosti materiálů v čerstvém stavu a dále pak základních fyzikálních a mechanických parametrů jako jsou objemová hmotnost, pevnosti v tahu za ohybu, pevnost tlaku a přídržnost k podkladu.

V případě fotoaktivních stěrek **DENSOFIX FAG** (šedá varianta) a **DENSOFIX FAW** (bílá varianta) se jedná o modifikované receptury polymercementových stěrek pro sanace železobetonu, které jsou určeny k převrstvení různých typů cementem pojených povrchů (zejména beton a sanační malty), běžně ve vrstvě od 3 do 5 mm, jedná se tedy o sjednocující (tzv. egalizační) nebo i vyhlazující funkci, kde stěrky budou finální vrstvou na povrchu konstrukce.

Obr. 2: Kostel „Dives in Misericordia, Řím, Itálie [2]

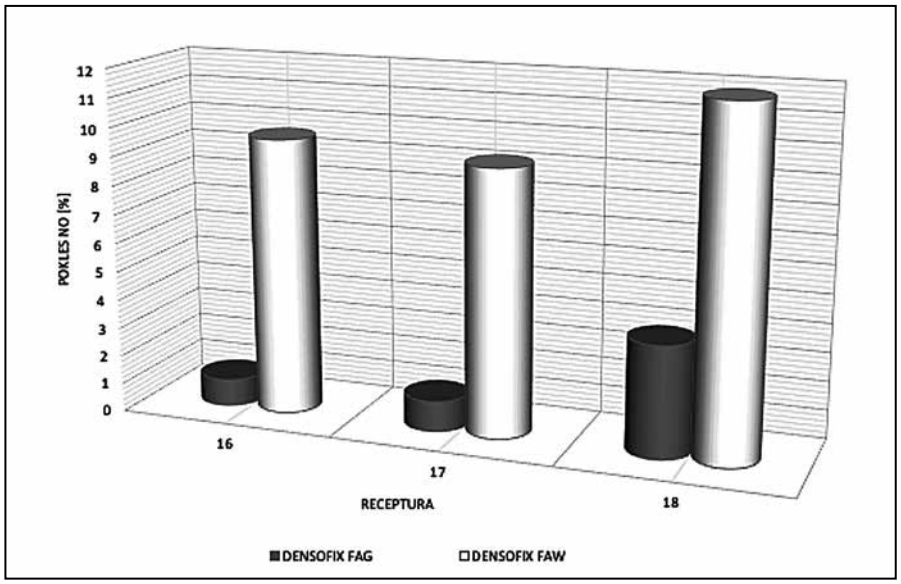
Obr. 3: Budova Cité de la Musique, Chambery, Francie [3]

Obr. 4: Průtočný reaktor s uvnitř umístěným vzorkem fotoaktivního materiálu s nasvícením UVa výbojkou



Obr. 5: Časový průběh koncentrací reakčních komponent, tj. oxidu dusnatého (NO) jako reaktantu a oxidu dusičitého (NO_2) jako produktu, a jejich sumy (NOx) během testovaní fotokatalytické aktivity vrstvy fotokatalyzátoru TiO_2 A, „předozařované" přes noc, dle standardní metody ISO 22197-1/2007; UV ozařování bylo zahájeno v čase 0 min

Dále byla finalizována a zkouškami ověřena receptura tzv. podlahového vsypu s komerčním názvem **DENSOTOP FA**, která je určena k aplikaci pouze na povrch betonu (nikoliv do celého objemu) a to zejména v případě podlahových konstrukcí, kde je možné přísadu zapracovat do povrchové vrstvy podlahy a následně povrch tzv. „vyleštit" rotační hladičkou do vysoce lesklého povrchu se současnou vysokou odolností obrusu. Nebo lze vyvíjenou přísadu použít pro aplikaci do forem prefabrikovaných dílců před vlastní betonáží, kde tudíž není nutné přísadou modifikovat celý objem betonu a dochází tak k úspoře a tudíž k ekonomickému zatraktivnění této nové technologie. Druhým typem vyvinuté přísady je přísada „celoobjemová" pod komerčním názvem DENSOCRETE FA, která se homogenizuje do betonu v čerstvém stavu a je tak obsažena v celém objemu betonu, potažmo vybetonovaného stavebního prvku. Tento postup aplikace je samozřejmě velmi jednoduchý a tudíž i levný z pohledu nákladu na pracovní sílu, ale zase je zde výrazně vyšší spotřeba přísady, které je kromě samotného povrchu betonu v konstrukci zcela zbytečně, jelikož plní svou funkci pouze na povrchu betonu.

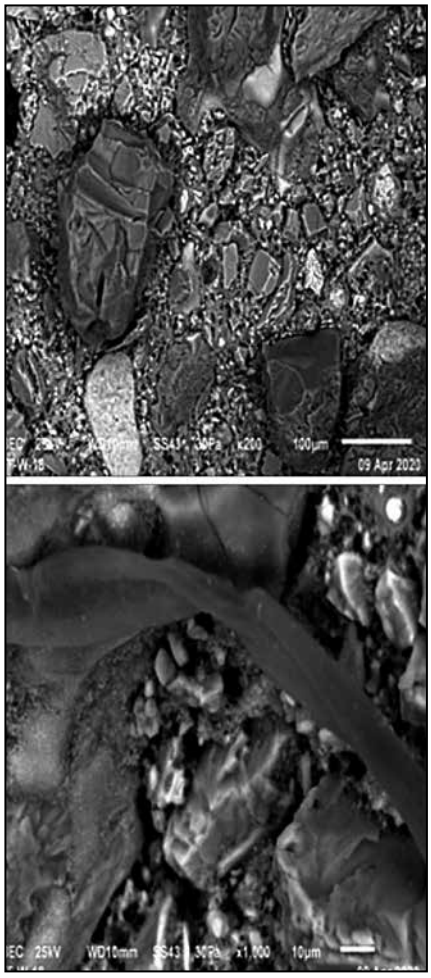


*Obr. 6: Fotokatalytická aktivita vývojových receptur stěrek **DENSOFIX FAG** (šedá barva), v porovnání s obdobnými vývojovými recepturami **DENSOFIX FAW** (bílá barva) připravených s bílým portlandským cementem.*

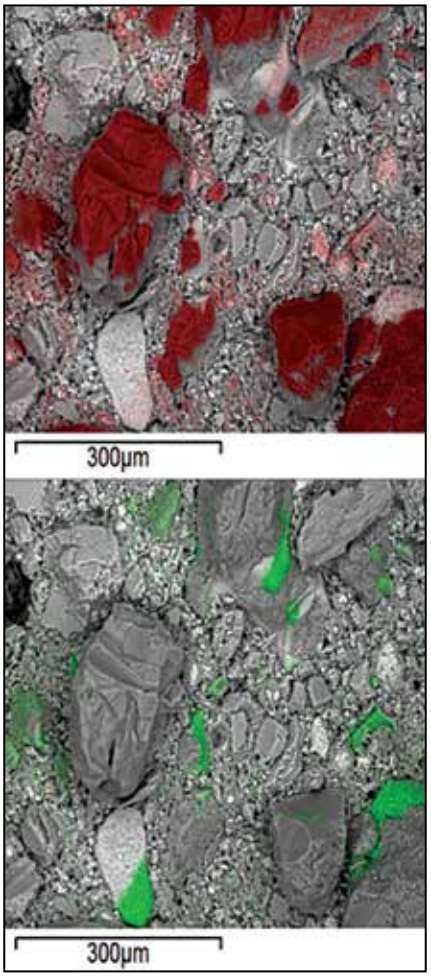
3.2. Představení části projektu řešené Ústavem fyzikální chemie AV ČR

V rámci projektu se pracovní tým z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR po celou dobu řešení zaměřoval na laboratorní stanovení fotokatalytické účinnosti vzorků vyvíjených fotoaktivních stěrek a betonů s přísadou. Při práci se postupovalo dle standardní metody ISO 22197-1/2007 „Testovací metoda pro čištění vzduchu s využitím polovodičových fotokatalytických materiálů - Část 1: Odstranění oxidu dusnatého" [4]. K tomuto účelu byl využit průtočný reaktor, ve kterém byl umístěn vzorek o rozměrech horní plochy 4,9 x 10,2 cm (50 cm^2) (Obr. 4.).

Průchozí směs plynů představoval syntetický vzduch (relativ. vlhkost 50 %) obsahující oxid dusnatý (NO, 1 ppm), proudící laminárně nad povrchem testovaného vzorku objemovým průtokem 3 l/min. Povrch vzorku byl ozařován UVa výbojkou (365 nm) s intenzitou záření 1 mW/cm^2 u sypkých směsí a 3 mW/cm^2 u betonových těles.



Obr. 7: Snímek řezu vzorkem FF-W-18 při různém zvětšení



Obr. 8: EDS prvková mapa řezu vzorkem FF-W-18; nahoře mapa Si, dole mapa Ti

V důsledku fotokatalytické reakce na povrchu vzorku byl NO oxidován na oxid dusičitý, případně i následně na sloučeniny s vyšším mocenstvím dusíku, například na kyselinu dusičnou. Koncentrace oxidů dusíku na výstupu z fotoreaktoru se stanovovala chemiluminiscenčním detektorem. Fotokatalytická účinnost byla vyhodnocována na základě velikosti počáteční konverze koncentrace NO bezprostředně po začátku ozařování, dále pak limitní hodnoty, kterou koncentrace NO dosáhla po ustavení fotostacionární rovnováhy. Typické časové závislosti koncentrací oxidu dusnatého, oxidu dusičitého a jejich sumy, označované jako oxidy dusíku (NOx) jsou ukázány na Obr. 5.

Měření fotoaktivity ve finální fázi projektu prokázala, že všechny vyvinuté cementem pojené materiály mají velmi dobrou fotoaktivitu svého výsledného povrchu, která je u bílé verze stěrky **DENSOFIX FAW**, vzhledem k použití bílého portlandského cementu, téměř o řád vyšší, než u verze **DENSOFIX FAG** pojené šedivým portlandským cementem (Obr. 6). Současně se prokázala i dlouhodobá stabilita fotokatalyzátoru a to opakovaným měřením na identických tělesech s delším časovým odstupem.

3.3. Představení části projektu řešené Ústavem anorganické chemie AV ČR

Hlavním úkolem pracovníků Ústavu anorganické chemie AV ČR v průběhu řešení projektu byla mikroskopická charakterizace vzorků fotokatalytických stěrek a betonů s přísadou pomocí elektronových mikroskopů. Vzorky byly studovány pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu Philips XL 30 CP. Prvková analýza a prvkový maping byly měřeny na připojeném EDX analyzátoru EDAX PV 9760/77. Nevodivé vzorky byly naprášeny na povrchu slitinou Au-10%Pd na vakuovém naprašovacím zařízení Polaron SC 7640.

Rastrovací elektronový mikroskop (dále SEM) je přístroj určený k pozorování povrchů nejrůznějších objektů. Je ho možné do jisté míry považovat za analogii světelného mikroskopu v dopadajícím světle, na rozdíl od něho je výsledný obraz tvořen pomocí sekundárního signálu - odražených (BSE) nebo sekundárních (SE) elektronů a také detekcí signálu rentgenové fluorescence (EDAX) je možné určit např. prvkové složení preparátu v dané oblasti a při porovnání s vhodným standardem určit i kvantitativní zastoupení jednotlivých prvků.

Na Obr. 7 je vidět mikroskopický snímek řezu vzorkem FF-W-18 pojený bílým cementem při různém zvětšení. Na Obr. 8 jsou uvedeny výsledky měření rozložení křemíku (červeně, nahoře) a titanu (zeleně, dole) na povrchu řezu vzorkem FF-W-18, tedy jedním ze vzorků fotokatalytické bílé cementové stěrky. Je zřejmé, že fotokatalyzátor nepokrývá celý povrch řezu vzorkem, nicméně pokrytí je dostatečné pro vyvolání fotokatalytického samočistícího efektu, jak prokázala opakovaná měření odbourávání NOx na UFCH AV ČR (viz. sekce 3.2 výše).

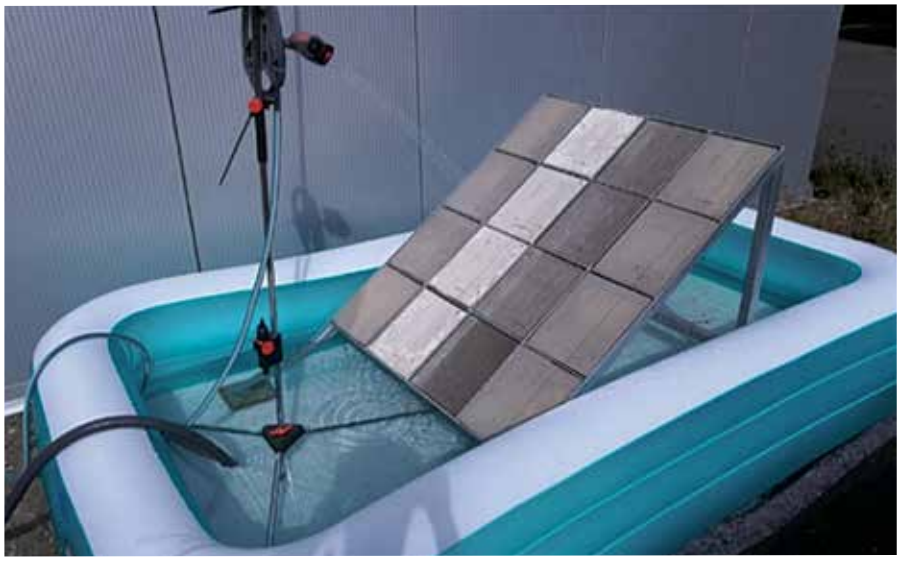
3.4. Představení části projektu řešené Technickou univerzitou v Liberci

V rámci řešení představovaného projektu se TUL především zabývala charakterizací antimikrobiální aktivity připravených fotokatalytických materiálů. Tuto oblast lze rozdělit do několika dílčích bodů:

- Vývoj metodiky pro stanovení fotokatalytické antibakteriální aktivity betonových vzorků.
- Stanovení fotokatalytické aktivity vzorků v laboratorních podmínkách.
- Vývoj a provádění dlouhodobých testů připravených vzorků v reálných venkovních podmínkách a jejich vyhodnocení.

3.4.1. STANOVENÍ FOTOKATALYTICKÉ ANTIBAKTERIÁLNÍ AKTIVITY BETONOVÝCH MATERIÁLŮ

Cementem pojené betonové a stěrkové vzorky mají silně zásaditý charakter a jsou také výrazně porézní. Jejich testování na základě standartní ISO normy, která je určena pro neporézní povrchy, bylo v tomto případě shledáno jako nevyhovující. Navíc jako modelový orga-



Obr. 9: Aparatura s automatizovaným postřikem vodou s inokulačním médiem

nismus je zde používána bakterie E.coli, která za daných silně zásaditých podmínek nepřežívá, a proto ji nelze pro testování cementem pojeného materiálu vůbec použít.

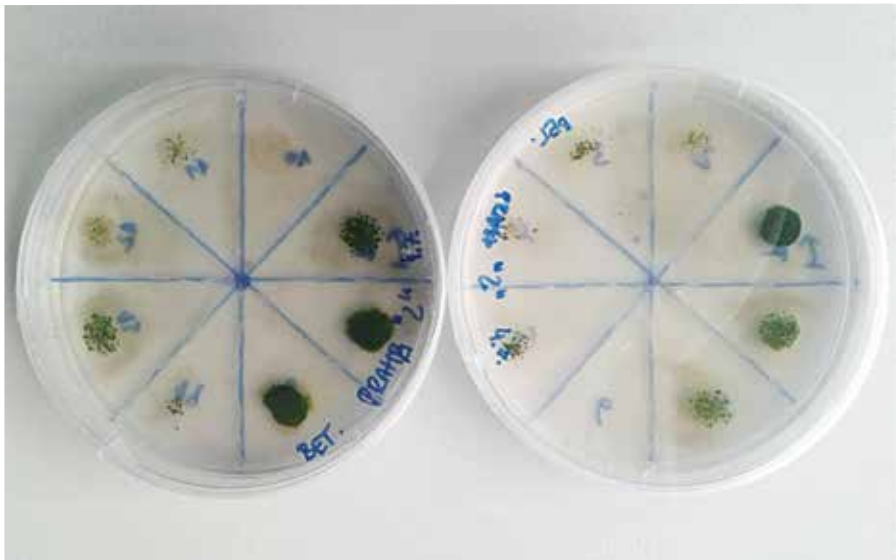
V rámci projektu pracovníci TUL kvantifikovali antibakteriální fotokatalytickou aktivitu na základě tvorby kolonií mikroorganismu Bacillus Subtilis. Předpokladem experimentu bylo, že na velmi fotoaktivních površích bude tvorba a růst kolonií tohoto mikroorganismu silně potlačena a naopak. Jako kontrolní vzorky byly použity vzorky cementových stěrek a betonů bez fotokatalytických přísad.

3.4.2. DLOUHODOBÉ TESTOVÁNÍ FOTOKATALYTICKÝCH VZORKŮ V REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH

Cílem dlouhodobého experimentu v reálných venkovních podmínkách bylo vyhodnotit účinnost antimikrobiální (zejména antialgální) aktivity zkoušených vzorků fotoaktivních stěrek a betonů s fotoaktivní přísadou tzv. „in situ", tedy v prostředí, ve kterém budou vystaveny působení abiotických i biotických faktorů vnějšího prostředí. Na Obr. 9 je uvedena fotografie venkovního experimentu, který souběžně probíhal ve čtyřech lokalitách. Pro akceleraci růstu biomasy na zkoušených dlaždicích byl stojan s dlaždicemi v pravidelných intervalech automaticky postřikován inokulačním médiem. Po přibližně třičtvrtěroční expozici byly provedeny ze všech zkoušených dlaždic vzorky, které byly dále kultivovány v laboratoři. Obr. 10 prezentuje Petriho misku po čtrnáctidenní kultivaci.

Na Obr. 11 jsou zobrazeny primární výsledky ve dvou řadách dvojic obrázků pod sebou - mikroskopická analýza pod binokulární lupou (obrázek se světlým pozadím, horní) a fluorimetrická analýza (obrázek s tmavým pozadím, dolní). Uvedené výsledky náleží k dlaždicím umístěným ve zkušební lokalitě Praha 4. To, jak moc nakápnutý terčík za čtrnáctidenní období kultivace zarostl aerofytickými mikroorganismy je patrné z obou přístupů. Zatímco mikroskopický obraz nám ukazuje stav v pravých barvách odpovídajících narostlým organismům (odstíny zelené - sinice a řasy, šedohnědá - plísně), fluorimetrický obraz nám v nepravých barvách ukazuje pouze organismy s fotosyntetickými pigmenty (sinice a řasy). Velkou výhodou fluorimetrické analýzy je však možnost standardizovaně vyhodnotit množství narostlé biomasy díky naměřeným hodnotám F0 (základní fluorescence).

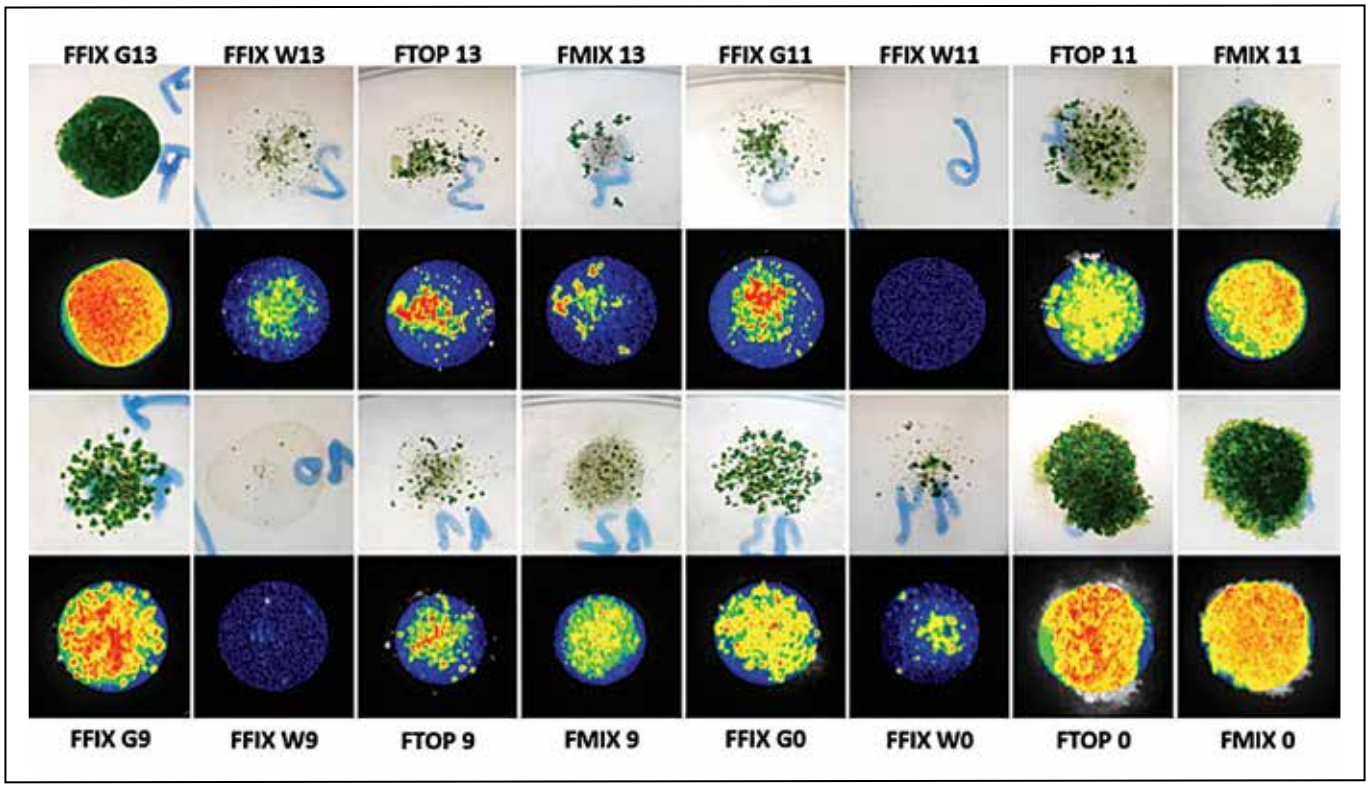
Z výše uvedených výsledků lze pozorovat, že vyvíjené materiály skutečně vykazují antibakteriální aktivitu na svých površích. Z porovnání s kontrolními vzorky vyplývá, že tato aktivita je dána fotokatalytickou funkcí resp. fotokatalytickou přísadou, která je v těchto materiálech přítomna. Výrazně lepších výsledků bylo dosaženo u bílých stěrek pojených bílým cementem, jak je vidět na Obr. 11 u vývojových vzorků FFIX W9 a FFIX W11, kde při kultivaci vzorků v laboratoři nedošlo téměř k žádnému růstu biomasy.



Obr. 10: Celkový pohled na Petriho misku s terčíky po 14denní kultivaci vzorků z dlaždic z lokality Praha 4 (odběr 2) s již vizuálně pozorovatelnou biomasou sinic, řas a v menší míře i plísní.

4. ZÁVĚR

Závěrem lze tedy konstatovat, že inovativní fotoaktivní stěrky DENSOFIX FAG, DENSOFIX FAW a přísady DENSOCRETE FA, DENSOTOP FA se podařilo úspěšně vyvinout, když dosažené experimentální a ověřovací výsledky byly velmi dobré. V současné době probíhá certifikace těchto nových výrobků tak, aby mohly být ke konci roku 2020 uvedeny na trh. Následně pak bude zajímavé sledovat zájem stavební i laické veřejnosti o přínosy těchto materiálů ve směru samočištění jejich povrchů, antimikrobiální funkce i případné lokální snižování obsahu škodlivin v ovzduší.



Obr. 11: Výsledky ve dvou řadách dvojic obrázků pod sebou – mikroskopická analýza pod binokulární lupou (obrázek se světlým pozadím, horní) a fluorimetrická analýza (obrázek s tmavým pozadím, dolní). Lokalita Praha (odběr 2)

PODĚKOVÁNÍ

Teoretické podklady pro prezentované výsledky byly získány za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím MPO ČR v rámci programu TRIO, v projektu FV20234 „Inovativní fotokatalytické stěrky a přísady do betonu".

LITERATURA

[1] Miller, A. Z., Laiz, L., Gonzalez, J. M., Dionísio, A., Macedo, M. F., & Saiz-Jimenez, C. (2008). Reproducing stone monument photosynthetic-based colonization under laboratory conditions. Science of the total environment, 405(1-3), 278-285.

[2] Cassar, L., Pepe, C., Tognon, G., Guerrini, G.L., Amadelli, R., (2003). White cement for architectural concrete, possessing photocatalytic properties. In Proceedings of the 11th International Congress on the Chemistry of Cement 2003, Durham, South Africa

[3] www.concretedecor.net/decorative-concretearticles/vol-5-no-4-august-september-2005/self-cleaning--concrete/

[4] International standard ISO 22197-1/2007 - FINE CERAMICS (ADVANCED CERAMICS, ADVANCED TECHNICAL CERAMICS) - Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials

Ing. Pavel Dohnálek, Ph.D.
BETOSAN s.r.o.
Nová cesta 291/40, Praha 4
dohnalek.p@betosan.cz

RNDr. Jaromír Jirkovský, CSc.
Ústav fyzikální chemie
J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 2155/3, Praha 8
jaromir.jirkovsky@jh-inst.cas.cz

Ing. Tereza Sázavská, Ph.D.
Technická univerzita v Liberci
Studentská 2, 461 17 Liberec 1
tereza.sazavska@tul.cz

Ing. Jan Šubrt, Ph.D.
Ústav anorganické chemie AV ČR, v.v.i.
Husinec-Řež, č.p. 1001
subrt@iic.cas.cz

Ing. Václav Pumpr, CSc.
BETOSAN s.r.o.
Nová cesta 291/40, Praha 4
pumpr.v@betosan.cz

Mgr. Hana Bíbová
Ústav fyzikální chemie
J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 2155/3, Praha 8
hana.bibova@jh-inst.cas.cz

Ing. Michaela Jakubičková
Technická univerzita v Liberci
Studentská 2, Liberec 1
michaela.jakubickova@gmail.com

Mgr. Martin Pusztai
Technická univerzita v Liberci
Studentská 2, Liberec 1
martin.pusztai@tul.cz

Článek byl recenzován

ZESÍLENÍ DŘEVĚNÉHO TRÁMOVÉHO STROPU POMOCÍ HŘEBÍKOVÉ ŽELEZOBETONOVÉ DESKY

Jiří Gerö

Abstract:

The old unused attic on a house was offered for use as an architectural studio, due to its optimum location in the city. But the bearishness of the existing wooden ceiling was not sufficient and total replacement for the new ceiling was not possible due to property law. The only possible solution was to use a nail reinforced concrete slab, making the ceiling bearable four times.

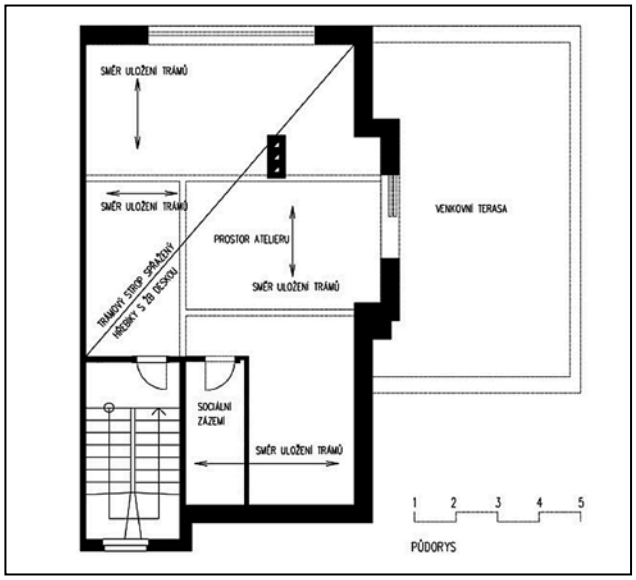
1. ÚVOD

Spřažené dřevobetonové stropy jsou vhodné konstrukční řešení pro drobnější objekty, a to jak pro novostavby, tak i pro rekonstrukce, a to zejména s ohledem na jejich snadnou realizovatelnost svépomocí. Při správném technologickém a statickém provedení se dosáhne vynikající prostorové tuhosti stropní konstrukce, výrazně se zlepší požárně bezpečnostní řešení u rekonstrukcí a v neposlední řadě dojde i ke zlepšení celkové kročejové neprůzvučnosti oproti klasickým dřevěným stropům. Podmínkou spolehlivé realizace je prostředí s nízkou vlhkostí a u rekonstrukcí je nutné prověřit kvalitu dřevěných trámů a desek, zda-li nejsou napadeny dřevokaznými houbami, hmyzem či hnilobou, protože v takovém případě není možné touto technologií konstrukci spolehlivě realizovat.

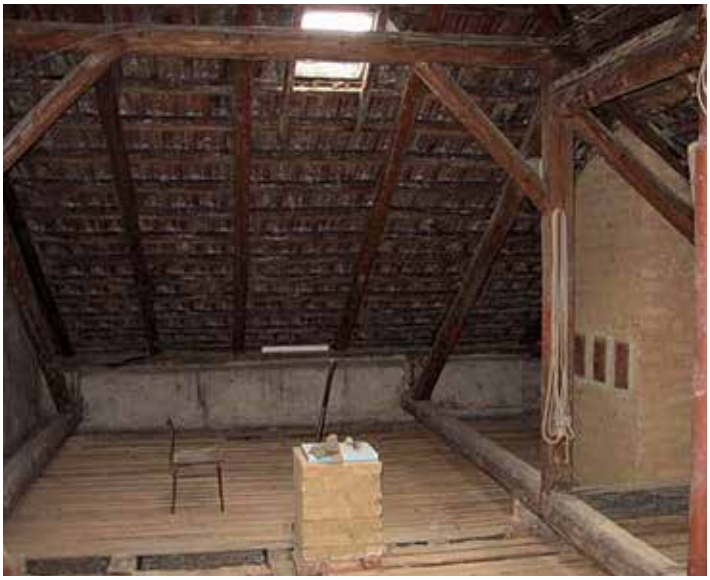
Článek pojednává o zesílení trámového dřevěného stropu nad 2.NP v nedávno realizované půdní vestavbě na rodinném domě v Brně. Statické posouzení stávajícího stropu prokázalo, že konstrukce nemá dostatečnou únosnost pro zamýšlenou půdní vestavbu a že je nutno ji výrazně zesílit a ztužit, aby prostor mohl být využit jako další obytné patro - atelier. Strop byl ztužen nadbetonovanou železobetonovou deskou spřaženou se stávajícími trámy pomocí ocelových hřebíků.

2. POPIS PŮVODNÍHO STAVU

Rodinný dům byl postaven během válečných let druhé světové války v Řečkovicích na ulici Žilkova. Jedná se podsklepený řadový rodinný dům o půdorysných rozměrech 12,7 m x 7,7 m s valbovou střechou. Dům byl vybudován tradiční technologií své doby. Svislé konstrukce v obou nadzemních podlažích jsou vyzděny z plných cihel a malty o neznámé pevnosti a mají tloušťku pouze 150 mm, v suterénu se pak rozšiřují na 300 mm. Stropy jsou dřevěné trámové se záklopem z dřevěných desek (viz Obr. 1 a Obr. 2). Na půdě byly na dřevěné desky položeny do pískového lože klasické cihly půdovky.



Obr. 1: Půdorys půdního prostoru



Obr. 2: Prostor po odstranění půdovek

Obr. 3: Zatlučené hřebíky průměru 6,3/180 mm

Obr. 4: Celkový pohled na průběh prací

Krov je dřevěný se stojatou stolicí se středními vaznicemi a nese pálenou krytinu. Základové poměry nebyly zkoumány, protože objekt byl vestavbou přitížen pouze zanedbatelně, neboť některé stávající konstrukce byly naopak odstraněny v rámci bouracích prací.

3. PRŮBĚH PRACÍ

3.1. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

Na půdní vestavbu byl zpracován projekt pro stavební povolení. Podkladem pro prováděcí projekt bylo zaměření stávajícího stavu, statický průzkum stávajícího trámového stropu ve 2.NP a krovu a stavební část projektu pro stavební povolení.

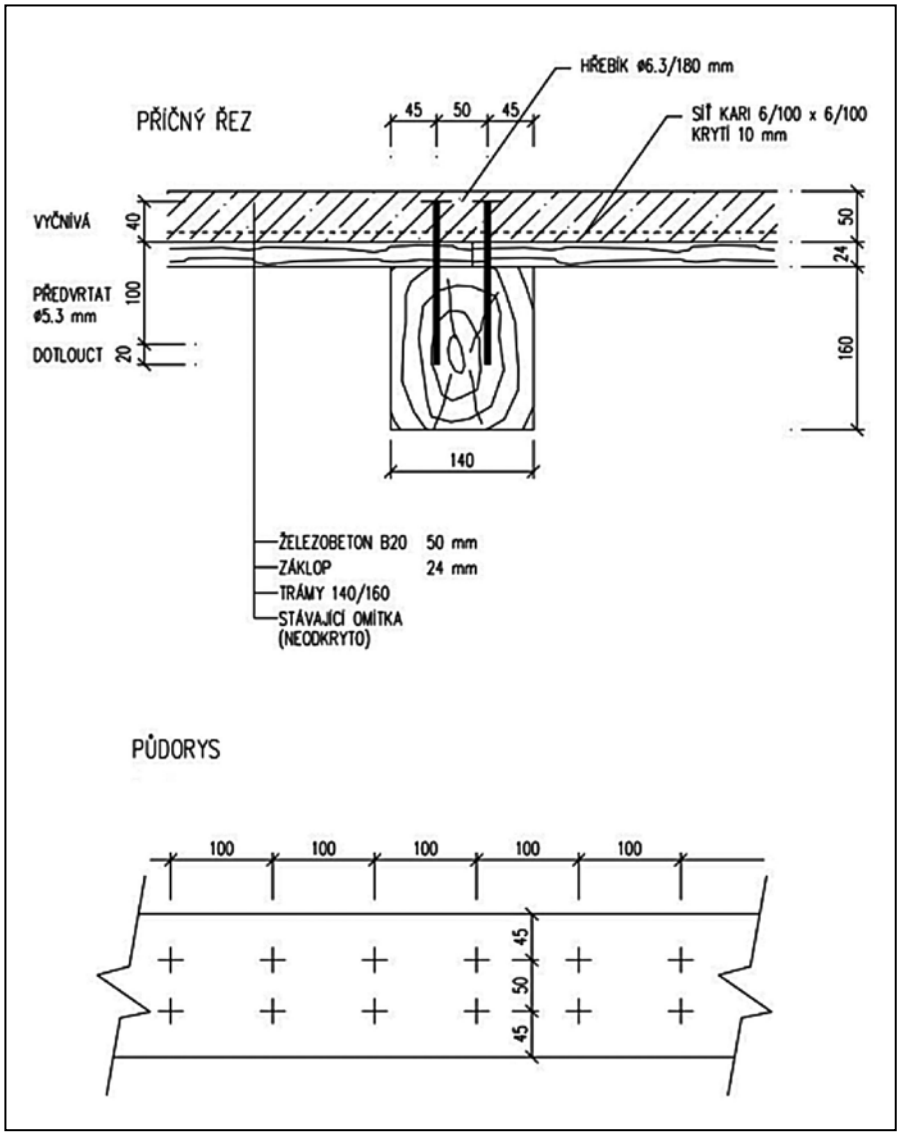
Vzhledem k tomu, že byl částečně změněn i tvar střechy, tak byly provedeny i bourací práce, které se sestávaly z vyřezání dolních krokví krovu na západní a severní straně domu a vyřezání části pozednice v místě nového vstupu na nově navrženou terasu včetně vybourání dvou nefunkčních komínů, čímž se zvětšila i celková podlahová plocha. V rámci demoličních prací byly stávající cihly půdovky včetně pískového lože odstraněny a dřevěné desky pečlivě očištěny od prachu a nečistot. Tím se strop výrazně odlehčil. Byla určena přesná poloha a směr uložení stávajících dřevěných stropních trámů rozměru 140/160 mm.

Byla provedena vizuální kontrola všech ponechaných dřevěných konstrukcí, bylo konstatováno, že jsou zdravá. Pozornost byla zaměřena i na možné větší pukliny v trámech, které naštěstí byly pouze drobnějšího charakteru. Maximální opatrnost byla věnována kontrole zhlaví stávajících dřevěných trámů z hlediska kvality a pevnosti dřeva, a to pomocí navrtání tenkým vrtákem, která prokázala, že trámy nejsou napadeny hnilobou, dřevokaznými houbami či hmyzem a je možno je využít pro spřaženou železobetonovou desku [1].

Veškeré statické výpočty byly provedeny programem Nexis 32.

Obr. 5: Pokládka kari sítí 6/100x6/100

Obr. 6: Uložení betonu tl. 50 mm



Obr. 7: Detail z výkresové dokumentace

3.2. VLASTNÍ REALIZACE

Bylo provedeno vyměření vrtaných otvorů, položení igelitu proto, aby betonová směs nezatekla mezi desky a následně provedena navrtávka trámů vrtákem o prům. 5,3 mm, tedy o 1 mm menším, než navržené hřebíky, a to z důvodu jejich bezpečného zakotvení dotlučením (Obr. 3 až Obr. 6). Pak byly zatlučeny hřebíky, jejichž konce byly ponechány o 40 mm vystupující z trámů. Přesné rozvržení a poloha hřebíků a princip jejich napojení je znázorněn na výřezu z prováděcí projektové dokumentace na Obr. 7. Veškeré ocelové spojovací prostředky měly z bezpečnostní a technologické opatrnosti protikorozní povrchovou úpravu.

Při vlastní realizaci byla použita třída betonu C 20/25 s výztužnou KARI sítí B500B, 6/100 x 6/100 (10505-R). Pro zajištění stabilní kvality betonu byla zvolena pytlovaná směs firmy Cemix. Vzhledem k tomu, že stavba byla realizována svépomocí, tak betonová směs byla po částech míchána před domem v míchačce a dopravována do půdního prostoru pomocí výtahu umístěného na ulici. Záměsová voda byla přesně odměřována proto, aby betonová směs nebyla zbytečně vodnatá a tím se nevnášela nežádoucí vlhkost do stávající dřevěné stropní konstrukce. Přesné množství vody bylo dávkováno i s ohledem na požadovanou výslednou pevnost betonu.

Následně byla betonová směs opatrně ukládána a vibrována, aby se spolehlivě dostala do všech prostorů mezi ocelovými prvky, a to zejména do problematických míst překrytí KARI sítí. Poté byl beton vyrovnán a uhlazen.

Důležitým konstrukčním aspektem celkového řešení půdního prostoru bylo i vyřezání vazných trámů krovu proto, aby nezavazely v čisté podlaze a nemusely se v budoucnu neustále překračovat. Při jejich vyřezání byla konstrukce předem provizorně podepřena, a to až do doby, kdy byly prodlouženy sloupky krovu na nové nosníky. V místě prodloužených sloupků krovu byl dřevěný záklop částečně rozebrán. Tento krok bylo nutné správně zkoordinovat s prováděním spřaženého stropu, aby stavební práce na sebe bezprostředně navazovaly a nebyla ohrožena mechanická odolnost a stabilita domu.

Pro optimální ohybovou tuhost dokonale spřaženého dřevobetonového stropu, který má určité rozměry, vzdálenost a vlastnosti dřevěných nosníků, je rozhodující správná volba tloušťky betonové desky a též třídy betonu, protože v případě velmi tenké betonové desky a velkého průřezu dřevěného nosníku, nebo naopak tlusté betonové desky a malého průřezu dřevěného nosníku, není vzájemné spolupůsobení obou materiálů efektivní [2].

3.3. OSTATNÍ SKLADBY NAD SPŘAŽENOU ŽELEZOBETONOVOU DESKOU

Po realizaci spřažené desky a dosažení požadované pevnosti betonu a dokonalém vyschnutí prostoru byla na železobetonovou desku položena minerální kročejová izolace tl. 60 mm a následně proveden záklop ze dvou nebroušených dřevoštěpkových OSB desek tl. 15 mm (pero+drážka), které byly vzájemně prošroubovány a měly překryté styčné spáry. Tím byl vytvořen rovný podklad pro pokládku čisté podlahy. Následně byl položen podkladní mirelon, na který byla provedena pokládka laminátové dřevěné podlahy v imitaci dřeva. Tato skladba se ukázala s odstupem času jako velice vhodná, protože se díky ní přenáší minimální kročejový hluk do nižšího patra. Zdvojení OSB desek ještě přispělo ke zlepšení akustických parametrů stropní konstrukce (viz Obr. 8).

4. DOPORUČENÍ STATIKA

Na základě doporučení statika měly být dřevěné trámy zespodu ze spodního patra podstojkovány, a to z důvodu, aby nedošlo k jejich prohnutí při přití-

žení betonovou směsí a výsledná konstrukce si zachovala rovinu a byl spolehlivě zajištěn průřez T, který je pro celkovou statickou koncepci zásadní.

Vzhledem k nemožnosti dostat se o patro níže, a to z hlediska majetkoprávního, nebylo podstojkování provedeno, což mělo za následek mírný průhyb na stropě. Spolehlivé podepření stropu zespodu je bezesporu vhodné provést, ale podmínkou je dostat se do nižších pater.

Navržená tloušťka stropní železobetonové desky 50 mm v kombinaci se stávajícími trámy 140/160 se ukázala jako optimální.

5. ZÁVĚR

Navržené konstrukční řešení reprezentuje elegantní způsob rekonstrukce a zesílení stávajících dřevěných stropů, výrazné zvětšení jejich únosnosti a tuhosti. Tímto řešením se také zlepšují parametry akustické a zvukové neprůzvučnosti. Značně se také zlepšuje požární odolnost stropů, což je zejména u starších budov, na které v minulosti nebyly kladeny takové požadavky z hlediska požární ochrany, velice žádoucí.

Jedná se sice o pracný způsob realizace stropu, ale jeho velkou výhodou je, že není zapotřebí stávající strop odstraňovat a lze přitom plně využít jeho nosnou konstrukci. Různorodost orientování stropních trámů ve stávající konstrukci není na překážku výše uvedeného řešení, což je velkou výhodou při provádění stavebních prací.

Na výsledné působení spřaženého dřevobetonového nosníku měl mírný průhyb na zrealizovaném stropě minimální vliv, a to zejména díky tomu, že další důležité aspekty jako kvalita betonu, dřeva a spojovacích prostředků byla plně zachována.

Vzhledem k tomu, že se zasahovalo do nosných konstrukcí domu, tak při provádění všech stavebních prací byla důsledně dodržována Sbírka zákonů č. 309/2006 Sb., která upravuje požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci).

Obr. 8: Pohled na dokončené dílo

LITERATURA

[1] ČSN 49 1531-1 Dřevo na stavební konstrukce - Část 1: Vizuální třídění podle pevnosti (491531) ČSN, Praha, 1998.

[2] KUKLÍK, P., KUKLÍKOVÁ A., C. 22. konfer. Sanace a rekonstrukce staveb 2000, Spřažené dřevobetonové stropy: sborník 22. konference, str. 59-64, WTA Praha 2000, ISBN 80-02-01383-2.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Petru Danielovi za vhodně navržené technické řešení a spolupráci při projektových pracích.

Ing. arch. Jiří Gerö, Ph.D., DPE
VUT v Brně, Fakulta stavební,
Ústav architektury
Veveří 331/95, 602 00 Brno
gero.j@fce.vutbr.cz

Článek byl recenzován

POKLES ÚNOSNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A STAVEB V DŮSLEDKU NEZVLÁDNUTÍ SRÁŽKOVÝCH VOD NA PŘÍKLADECH PORUCH KOSTELŮ BROUMOVSKÉ SKUPINY

REDUCTION OF MATERIAL´S AND STRUCTURE´S BEARING CAPACITY DUE UNDERESTIMATION OF RAINWATER FALLS ON EXAMPLES FROM BROUMOV GROUP OF CHURCHES

Pavel Kuklík

Abstrakt:

Příspěvek se zabývá poškozením staveb a stavebních materiálů v důsledku nezvládnutí režimu srážkových vod. Dopady jsou členěny podle místa poškození. Nejprve je prezentováno poškození střech a krovů, které následují příklady poškození obvodových stěn. Největší pozornost, včetně numerického 3D modelování, je věnována poškození základových konstrukcí a základů.

Abstract:

This contribution deals with damage to buildings and building materials due to bad manage of rainwater regime. Effects are divided according to location of damage. First, the damage of roofs and roof trusses is presented, which are followed by examples of damage to the enclosure walls. The most attention, including numerical 3D modeling, is devoted to damage to foundation structures and foundations.

Key words: *rain waterfall, damage, bearing capacity, roof truss, 3D FEM nonlinear analysis*

1. ÚVOD

Zaměříme-li se na počátek 18. století a oblast severovýchodních Čech, nemůžeme úplně opomenout dozvuky třicetileté války. Připomeňme, že počet obyvatel již bývalého Českého království se během této války v důsledku všech válečných hrůz snížil ze tří milionů na zhruba osm set tisíc. Zejména severní část bývalého království byla po válce v zuboženém stavu a můžeme říct, že povstávala téměř z popela. Stavby byly stavěny z lokálně dostupných materiálů a místními zedníky a tesaři. Broumovská skupina kostelů byla postavena pod vlivem jednoho opata, Otmara Zinkeho, a jednou rodinou architektů, Dientzenhoferů. Původně dřevěné kostely byly nahrazeny stavbami kamennými. Musíme též připomenout, že náklady hradily jednotlivé obce. Peníze měly zapůjčené od benediktýnů z Broumovského kláštera a tyto postupně spláceli.

Kostely navržené Dientzenhofery byly stavěny zhruba v letech 1718 až 1728. Nejprve kostely navrhoval Kryštof Dientzenhofer a po jeho smrti v roce 1722 v práci pokračoval jeho syn Kylián Ignác. Více informací a podrobností nalezneme v [1].

2. STŘECHA A KROVY

Při posuzování historických konstrukcí je řada nejistot. Co se týče vrchní stavby, je celkem dobře popsatelná konstrukce střechy a krovu. Zručnost tesařů v dávných dobách byla značná, ve své době představovali určitou elitu společnosti a díky užívání ondřejských křížů jsou historické krovy výjimečně prostorově stabilní. Zaměříme-li se na Broumovskou skupinu kostelů, byly tyto používány především německých obyvatelstvem. V kostelích je řada pamětních desek připomínajících padlé 1. světové války. Po 2. světové válce však díky odsunu Němců ztratily své užití a nastalo období, kdy jejich údržba byla naprosto nedostačující. Do krovů zatékalo a došlo k napadení houbami a brouky. Vzhledem k tomu, že hlavní nosné prvky krovu jsou umístěny nejvýše, nebyl narušen hlavní nosný systém a poruchy se týkaly nosných trámů pochozí podlahy půdy a rovněž trámů stropu lodě. Asi nejvíce poškozený byl krov sv. Barbory v Otovicích. Dřevomorka způsobila uhnití krokví v oblasti pozednice, a to do nezanedbatelné výšky. Poškození je představeno na Obr. 1. Přítomnost tesaříků zachycuje Obr. 2. Zajímavé řešení ukazuje detail z oblasti krovu kostela sv. Anny, Obr. 3,

Obr. 1: Poškození krokví kostela sv. Barbory v Otovicích dřevomorkou

kde je vidět průduch v nosné stěně. Proudění vzduchu zabraňuje růstu dřevokazných hub. Naopak uzavřeme-li prostor a zabráníme proudění vzduchu, začne se houbám dařit velmi dobře. Na obrázku je ale také vidět, že zatékání způsobilo poruch v oblasti korunní římsy, která místy dokonce odpadla; navíc došlo k výraznému lokálnímu poškození nosných prvků krovu. Asi by bylo dobré zdůraznit, že dalšímu pokračování poruchy brání konstrukce střešního pláště spolu s krytinou. Přestože prezentované poruchy mnohdy vypadají děsivě, jsou snadno detekovatelné, k opravě přístupné a bez problému zvládnutelné šikovnými tesaři.

3. OBVODOVÉ STĚNY

Únosnost historického zdiva je velmi závislá na zručnosti místních zedníků a samozřejmě na penězích. To se projeví třeba v hloubce založení konstrukce, míry opracování a tvaru jednotlivých kamenů a bloků a určitě i v kvalitě vápenné malty. Špatná skladba zdi a ochuzená vápenná malta parametry únosnosti výrazně sníží. Při nedostatečné údržbě se únosnost navíc sníží zvětráváním kamene, jakož i cihel, pokud byly místy použity. Únosnost též sníží přítomnost biotických činitelů, zejména řas, kterým se v místech zásobovaných z různých příčin vodou velmi daří. Pokud uvedeme příklady, jedná se zejména o vzlínání vlhkosti, nefunkční okapy, účinek deště v místech odpadlé omítky atp. Pokud voda obsažená v pórech kameniva či ve stěně kostela následně zmrzne, mohou být následky fatální. Pro ilustraci představujeme na Obr. 4. poruchu zdiva u kostela sv. Anny vlivem promrzání a poruchy na kostelu Všech svatých v Heřmánkovicích. Na opadání omítky mělo vliv opršení stěny, výrazná trhlina ve stěně zákristie je způsobena degradací základů. Základy byly provedeny z kamenných bloků, v podobné skladbě jako vrchní zeď. Jak se ukázalo v provedeném vrtu, došlo vlivem vody a mrazu k úplnému rozpadu kamene.

Abychom uvedli nějaká čísla a přiblížili očekávanou únosnost kompozitu zdiva v tlaku, tahu a smyku. V tlaku se dá odhadovat pevnost od 2 MPa do 3 MPa. Toto doporučují např. italské standardy. Vyšší hodnota přísluší zdivu dobře opracovanému a kvalitní zednické práci. Tyto hodnoty byly potvrzeny i numerickou analýzou s použitím nelineárních kvazikřehkých materiálových modelů; konkrétně užitím software Athena fy. Červenka Consulting. Pevnost zdiva v tahu bývá odhadována mezi 1/10 a 1/20 tlakové pevnosti. Je velmi závislá na kvalitě malty a při horší kvalitě může být i okolo 0,1 MPa. Konečně třetí informace stran pevnosti zdiva se týká pevnosti smykové. Ta by měla být nejnižší a odhadovali bychom ji přibližně 90% pevnosti tahové. Důvodem tohoto konstatování je vyvození čistého smyku ve stěně. Toho dosáhneme tak, že čtvercový výsek stěny zatížíme na dvou protilehlých stěnách konstantním tahovým napětím a na stěnách kolmých aplikujeme stejně velký tlak. Přestože je tlak z pohledu únosnosti velmi malý, měl by únosnost kompozitu zdiva ještě snížit. Zbývá nám teď jen ještě zdůraznit, že výše popsaná "tahotlaková" napjatost se při rotaci o 45° promění v čistý smyk.

Obr. 2: Přítomnost tesaříků v trámech nesoucích podlahu půdního prostoru; sv. Barbora v Otovicích

Obr. 3: Kostel sv. Anny ve Vižňově, vlevo je zachyceno poškození krokve a diagonály ondřejského kříže, vpravo průduch v nosné stěně

Obr. 4: Vlevo je zachycena porucha obvodového zdiva kostelu sv. Anny ve Vižňově, vpravo vidíme stav obvodového zdiva kostela Všech svatých v Heřmánkovicích

Obr. 5: Eroze hlinitého písku z údolní nivy odebraného ve Veselí nad Lužnicí

I zde jsou poruchy snadno detekovatelné, k opravě přístupné a bez problému zvládnutelné šikovnými řemeslníky. Co se však trhlin ve zdivu týče, musíme najít a odstranit příčinu, která bývá skryta v oblasti základů. Pokud trhlinu vyplníme a schováme pod omítku, je tato oprava pouze estetická a při neodstranění příčiny se trhlina objeví znovu.

4. ZÁKLADY

Nejméně předvídatelná je oblast základů a podloží a zde se vyskytuje i nejvíce nejistot. Značným přínosem je, pokud máme k dispozici geologický profil v blízkosti stavby, nejlépe pokud máme k dispozici více geologických profilů z dané oblasti. Erudovaný inženýrský geolog a geotechnik je schopen popsat materiálové parametry jednotlivých vrstev, pomocí kterých můžeme počítat sedání stavby. Obrovským problémem je proudění podzemních vod v oblasti základů. Nejedná se pouze o stoupání či klesání hladiny podzemní vody. Hladina podzemní vody často bývá dostatečně hluboko, aby její vliv na sedání byl zanedbatelný.

Podle našeho mínění má však fatální účinky proudění podzemní vody v důsledku srážek. Je-li kostel situován v nakloněném terénu tak, že přehradí prameny v podzemí, dojde ke kumulaci v oblasti stěny a nárůstu hydraulického gradientu. Pokud hladina vystoupá do kritické výše, dojde k erozi půdy v podzákladí v důsledku sufóze. K poškození staveb a v extrémním případě i kolapsu může dojít nejen v důsledku extrémních srážek či povodní, jejichž výskytu obecně nelze zabránit, ale třeba i havárií vodovodních řadů, problémů v kanalizačních řadech, špatnými okapovými svody i různými většími výkopy, které dlouhodobě koncentrují i menší příděly vod. Jsou známy případy, kdy srážková voda sesbíraná z velké plochy střechy a přímo padající z velké výšky do oblasti základů způsobila kolaps celé stavby. Ještě horší je následek promrznutí nasyceného základového zdiva a jeho rozpadu. Dodatečné sedání v tomto případě několikrát převýší sedání, které již proběhlo v neporušených původních základových podmínkách. V případě jednolodních kostelů Broumovské skupiny vznikla v důsledku nerovnoměrného sedání řada trhlin v obvodovém zdivu.

Vnitřní eroze v podzákladí dosažením kritických hydraulických gradientů ilustruje Obr. 5. Vzorek zeminy pochází z údolní nivy Lužnice a byl odebrán ve Veselí nad Lužnicí. Pro představu bych výsledek okomentoval, že „cihla eidamu se změnila v ementálský sýr". Velmi podrobně se erozi půdy a vlivu podzemních vod na dodatečné sedání staveb věnoval ve své disertační práci Ing. Miroslav Brouček [2]. O kvalitě výsledků svědčí skutečnost, že práce byla oceněna cenou akademika Quidy Záruby v roce obhájení, jako nejlepší disertační práce v oboru geotechnika.

V půdě, či podloží existují zóny preferenčního proudění, které vznikly z různých důvodů. Asi nejznámější a nepochopitelnější je případ, kdy jsou do země položeny různé trubní systémy, a ještě navíc je výkop nedbale zasypán. Vlivem srážkových vod dojde k nasycení těchto zón a následná eroze, v případě přívalových srážek s dostatečným gradientem, se již dostaví. Osvěta v oblasti vlivu působení podzemních vod a předcházení degradaci základových konstrukcí je ve stavební praxi opomíjena. Bohužel, co oči nevidí, to srdce nebolí. Nutno však zdůraznit, že všechny nastalé změny jsou nevratné. Navíc při dalším opakování a posilování eroze mohou být pro konstrukci vskutku fatální!

5. VALIDACE PŘÍČIN TRHLIN POMOCÍ NUMERICKÉHO ŘEŠENÍ 3D MODELŮ

Současný stav Broumovské skupiny sice není uspokojivý, ale svým způsobem ho můžeme považovat za stabilizovaný. Na konstrukci obvodových zdí se podepsala absence údržby, která trvala téměř 70 let. Hlavní podíl na současném stavu mají dopady srážek. Nefungující okapové svody způsobí lokální degradaci základů, v jejímž následkem je dodatečné sedání. Rovněž je důležité mít pod kontrolou režim podzemních vod či pramenů v důsledku srážkové činnosti. Jestliže umíme numerickými kódy vypočíst šíření trhlin, je toto cesta pro validaci na začátku odhadovaných příčin poruch,

Obr. 6: Velmi závažná trhlina ve zdi zákristie kostela Všech svatých v Heřmánkovicích

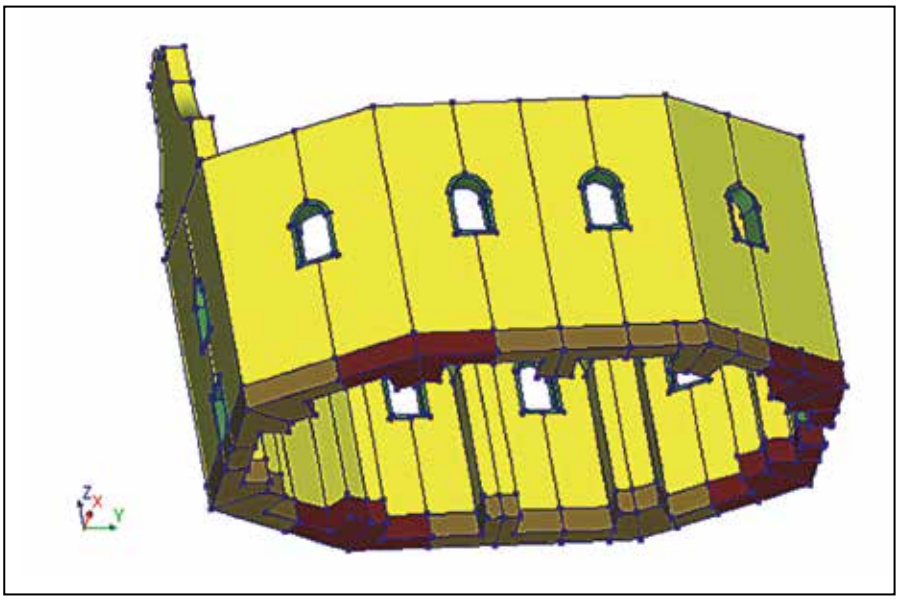
3D model obvodové stěny kostela sv. Jakuba, kde jsme červeně zvýraznili oblast kolem svislých okapových svodů, ve kterých jsme následně zadali dodatečné sedání. Připomínáme, že při výpočtu interakce stavby a podloží musíme zohledňovat posloupnost zatěžovacích stavů, ke kterým v průběhu fungování konstrukce docházelo. Výpočtem se potvrdilo, že v určitém původním nepoškozeném stavu při daných víceméně homogenních základových podmínkách bylo sedání obvodových zdí rovnoměrné, a to velikosti dvou až tří centimetrů. V tomto případě obvodová zeď kostela nevykazovala trhliny. Zatížení bylo uvažováno dle platných standardů a působení krovu bylo zadáno jako odpovídající spojité liniové zatížení.

Degradaci základů jsme vyjádřili dodatečným sednutím o 2,5 cm. Inkrementální strategie byla rozdělena do 25 kroků. Pro úplnost v Tab. 1. uvádíme parametry zdiva použité v numerickém výpočtu, modul pružnosti, pevnost v tlaku, lomovou energii v tlaku, pevnost v tahu, lomovou energii v tahu a objemovou tíhu. Vznik trhlin v důsledku nerovnoměrného sedání zachycuje Obr. 8.

Jako druhý příklad bylo vybráno nerovnoměrné sedání základů kostela sv. Barbory. Pro numerické řešení MKP byl v tomto případě zvolen software ATENA 3D. Pro konstitutivní modelování porušení byl vybrán podobný nelineární kvazikřehký konstitutivní model jako v předchozím případě, detaily nalezneme v [5]. Pro výpočet byly použity

které jsou součástí vstupních údajů výpočtu, neboť v místě poruch doplňujeme výpočtový model konstrukce o dodatečné sedání. Více detailů představujících analýzu poruch kostelů obsahují diplomové práce [3,4,5,6,7]. Jako příklad je zde vybráno šíření trhlin v kostele sv. Jakuba. Průběhy trhlin byly vizualizovány šetřením na místě. Otázkou je kauzalita selhání. Pro modelování MKP byl v tomto případě zvolen software DIANA. DIANA nabízí různé konstituční modely pro celou řadu analýz. Pro analýzu byl vybrán „Trhlinový model založený na celkové deformaci“.

Nefungující žlaby a okapové svody jsou příčinou nerovnoměrného sedání v důsledku degradace základových konstrukcí. Na obr. 7. je zobrazen



Obr. 7: 3D model obvodové stěny kostela sv. Jakuba se zvýrazněnými oblastmi dodatečného sedání

Tab. 1: Návrhové parametry použité ve výpočtu

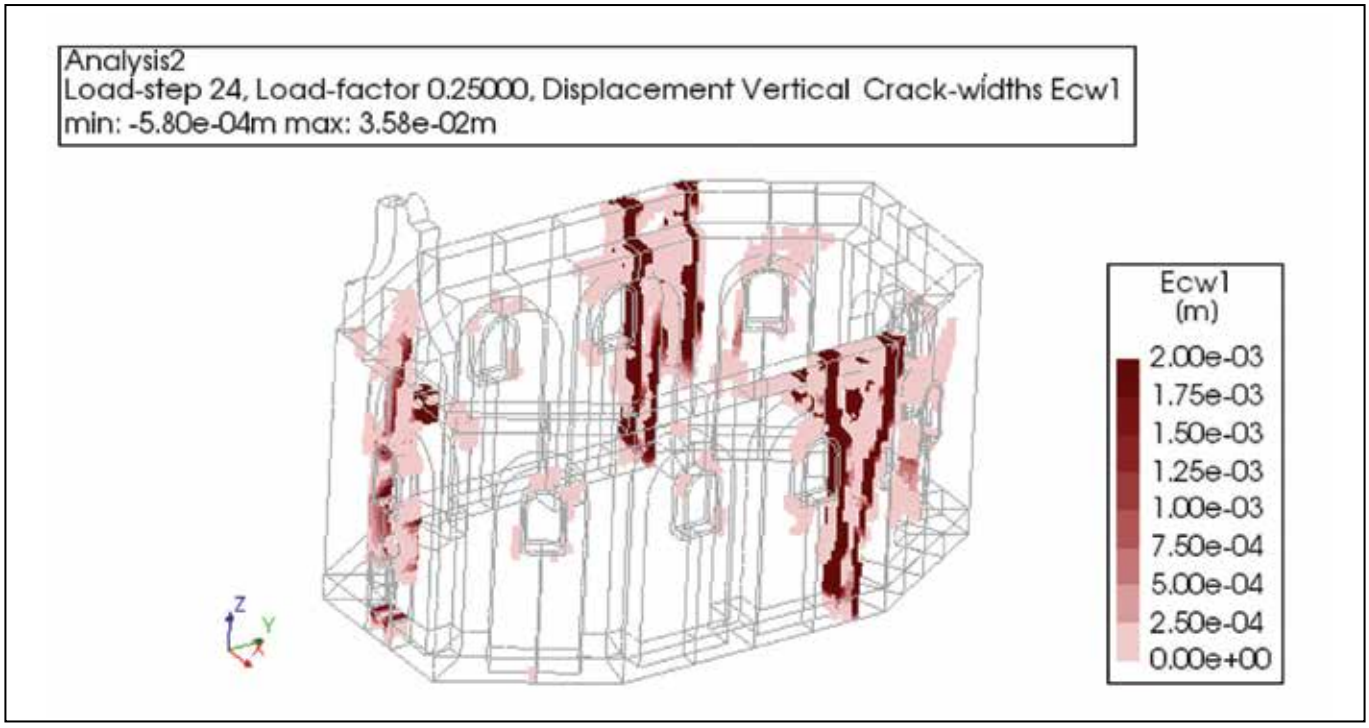
E (GPa)	v	f_c (MPa)	G_c (N/m)	f_t (MPa)	G_t (N/m)	P (kN/m^3)
1.3	0.2	3.0	7200	0.15	50.0	20.0

Tab. 2: Návrhové parametry použité ve výpočtu

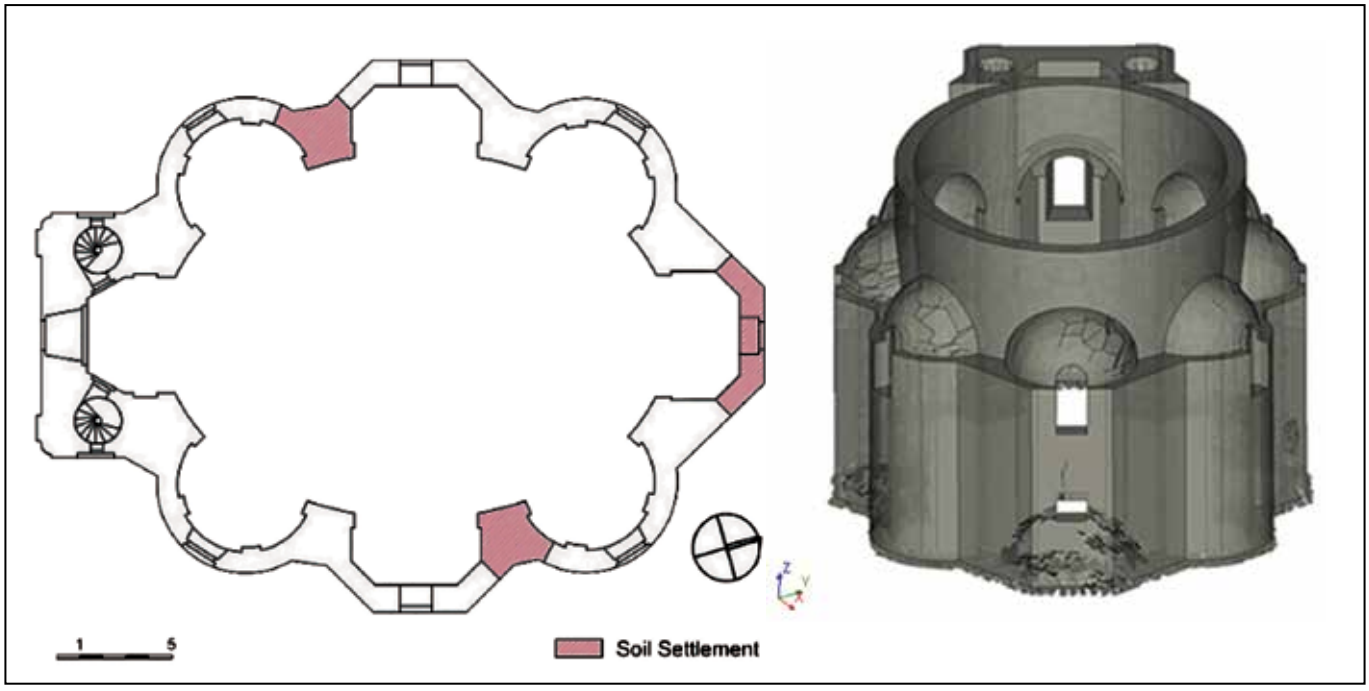
E (GPa)	v	f_c (MPa)	G_c (N/m)	f_t (MPa)	G_t (N/m)	P (kN/m^3)
2.0	0.2	2.9	9100	0.2	70.0	20.0

docela konzervativní parametry, jmenovitě modul pružnosti, pevnost v tlaku, lomovou energii v tlaku, pevnost v tahu, lomovou energii v tahu a objemovou tíhu, které jsou uvedeny v Tab. 2.

Stupeň poškození lze klasifikovat jako zanedbatelný (šířka do 0,15 mm), velmi mírný (šířka kolem 1 mm), mírný (šířka do 5 mm), střední (šířka od 5 mm do 15 mm), závažný (šířka od 15 mm do 25 mm), velmi závažný (šířka větší než 25 mm); klasifikaci nalezneme v [8].



Obr. 8: Šíření trhlin v kostele sv. Jakuba v důsledku dodatečného sedání



Obr. 9: Šíření trhlin v kostele sv. Jakuba v důsledku dodatečného sedání

Aby se zvážil účinek nerovnoměrného sedání v numerickém modelu, bylo obdobně ve zvýrazněných oblastech aplikováno dodatečné sedání. V daném případě byla zvolena hodnota vyšší a činila 8 centimetrů. Zatěžováno bylo ve dvou zatěžovacích stavech. V prvním stádiu byla konstrukce zatížena standardně, vlastní tíhou a stálým zatížením nesených konstrukcí. Na základě geologického profilu byla rezistence podloží vyjádřena plošnou tuhostí pružin 26,36 MPa. To způsobilo rovnoměrné sedání 18 mm. Tato hodnota byla potvrzena i výpočtem jednodušším ve 2D na rozvinutém obvodu. Ve druhém zatěžovacím stavu bylo v místech očekávané degradace základů, v půdorysu jsou zvýrazněné, přidáno dodatečné sedání 80 mm. Půdorys obvodových zdí kostela, spolu s vyznačenými oblastmi dodatečného sedání, a výsledné porušení nosných zdí kostela sv. Barbory jsou zachyceny na obr. 9. Ve druhé části obrázku jsou zachyceny pouze závažné trhliny šířky 15 mm.

Hlavní důvod, proč tento výsledek uvádíme, spočívá v tom, že v dolní části obrázku zachycujícího trhliny vidíme, že výrazný pokles vytvoří určitou poruchovou oblast, která je překlenuta neporušenou zdí, a dá se tedy očekávat, že porucha je pouze lokální a nezpůsobila by kolaps konstrukce. Mnoho dalších zajímavých a komplexních výsledků týkajících se spolehlivosti staveb nalezneme v [7]. Dalším důvodem je i skutečnost, že existují pokročilé programy, pomocí kterých jsme schopni detekovat či předvídat neviditelné poruchy v základech pomocí viditelných poruch ve zdech.

6. ZÁVĚR

Poznamenáváme, že v rámci řešení projektu NAKI II jsme též využili mezinárodní spolupráci čtyř univerzit, kromě ČVUT v Praze, PU of Catalonia, University of Minho, University of Padua a UTAM. Na základě návrhu diplomových prací se na základě vlastního rozhodnutí studenti přihlásili. Zhruba tři měsíce pracovali na diplomových pracích, které úspěšně obhájili. Výhodou mezinárodní spolupráce je, že naše zjištění se svým způsobem zobjektivní. Je potěšující, že mladí stavební inženýři z různých částí světa docházejí k podobným závěrům. Nezanedbatelný je i značný kus práce, který ve svých diplomových pracích vykonají. Máme tedy spoustu nezávislých pozorování a názorů na současný stav Broumovské skupiny kostelů, která bývá v poslední době i značně medializována. Můžeme se pochlubit, že program, na kterém se nezanedbatelně podílíme, byl oceněn cenou EU za kulturní dědictví (cenou Europa Nostra 2017). Určitou představu o práci mladých odborníků, kterou vykonávají v rámci programu SAHC, zachycuje videozáznam [9]. Z průzkumu na místě a provedené analýzy vyplývá, a to bychom chtěli zejména zdůraznit, že významnou roli hraje **datum realizace, lokalita, zednické dovednosti a náklady na stavbu kostela**. Doporučené hodnoty únosnosti stěn, které nalezneme v mezinárodních standardech, byly potvrzeny i prezentovanými numerickými výpočty, porovnat můžeme v [10].

Obecně byla validována dostatečná únosnost konstrukcí. Udržitelnost však byla značně ovlivněna nedostatkem údržby. Špatná drenáž dešťové vody způsobila zhoršení základů a následně šíření trhlin v důsledku nerovnoměrného sedání. Současná situace je stabilní, ale stále je třeba skupinu pečlivě sledovat, zejména vliv dešťové vody, a to v rámci stavby a jejího okolí.

7. LITERATURA

[1] Prokop, B., Kotalik, J. T. and Suva, P.: Broumov Group of Churches - Guide to Czech Baroque in the Landscape of Sandstone Rocks, Vernerovice: Modry Andel, 2007.

[2] M. Brouček, "Subsoil Influenced by Groundwater Flow" Defense date 2013-06-04. PhD Thesis. CTU FCE. Department of Hydraulic Structures, 2013. https://dspace.cvut.cz/handle/10467/15703

[3] Susanti, E.: Numerical evaluation of the bearing capacity of the All Saints Church walls in Broumov, Master Thesis, CR, Prague: Czech Technical University in Prague, 2017. https://dspace.cvut.cz/handle/10467/73468

[4] Gajjar, P.: Nonlinear numerical evaluation of the wall bearing capacity and the structure stability of the St. Ann Church from the Broumov Group of Churches, Master Thesis, CR, Prague: Czech Technical University in Prague, 2018. https://dspace.cvut.cz/handle/10467/79024

[5] Scacco, J.: Nonlinear numerical evaluation of the wall bearing capacity and the structure stability of the St. Jacob Church from the Broumov Group of Churches, Master Thesis, CR, Prague: Czech Technical University in Prague, 2018. https://dspace.cvut.cz/handle/10467/79022

[6] Bozulic, I.: Stability analysis of St. Barbara Church in Otovice, Master Thesis, CR, Prague: Czech Technical University in Prague, 2019. https://dspace.cvut.cz/handle/10467/84590

[7] Mahato, Ch.: Reliability analysis of St. Barbara Church in Otovice, CR, Prague: Czech Technical University in Prague, 2019. https://dspace.cvut.cz/handle/10467/84586

[8] Masciotta. G. et al. *8th European Workshop on Structural Health Monitoring* (EWSHM 2016), 5-8 July 2016, Spain, Bilbao, 2016

[9] Available https://www.youtube.com/watch?v=gQY3K0tglvE

[10] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

prof. Ing. Pavel Kuklík, CSc.
České vysoké učení technické v Praze,
Fakulta stavební, katedra mechaniky
kuklikpa@fsv.cvut.cz

Poděkování

Výsledky uvedené v článku byl získány v rámci řešení projektu Ministerstva kultury České republiky DG16P02R049 NAKI II.

Článek byl recenzován

RELIABILITY ANALYSIS OF HISTORIC BUILDING: A CASE STUDY OF ST. BARBARA'S CHURCH, OTOVICE

SPOLEHLIVOSTNÍ ANALÝZA HISTORICKÝCH STAVEB, PŘÍKLAD STUDIE KOSTELA SV. BARBORY V OTOVICÍCH

Chandrashekhar Mahato, Pavel Kuklik

Abstract:

The churches of the Broumov region are well known for its unique baroque architecture, distinct shapes and sizes, and constitutes an integral part of the Czech cultural heritage. The St. Barbara's church that has been studied in this article, is located in the Otovice village of Broumov. It was built in the year 1726 by Bavarian architects Christoph Dientzenhofer and Kilian Ignaz and is significant because of its religious, artistic, and historic values. The main objective of this study is to evaluate the structural safety and stability of St. Barbara's church based on a probabilistic approach. A deterministic assessment of the structure is carried out and the results are assessed with reference to the present site condition. Depending upon the observed damages, a condition for failure is defined for the structure. Reliability analysis is then carried out taking into account the uncertainties in material parameters and to determine the reliability index, probability of failure and influence of different material parameters in the structural stability.

Abstrakt:

Kostely Broumovska jsou známé svojí jedinečnou barokní architekturou, výraznými tvary a rozměry a jsou nedílnou součástí českého kulturního dědictví. Kostel sv. Barbory, který byl v tomto článku studován, se nachází v Otovicích. Byl postaven v roce 1726 bavorskými architektem Kilianem Ignazem, který dokončil návrh svého otce Kryštofa Dientzenhofera. Hlavním cílem této studie je vyhodnotit spolehlivost a stabilitu kostela sv. Stochastickou analýzou. Na základě detrministického řešení se najdou slabá místa a podmínka poruchy. V závislosti na pozorovaných škodách je pro stavbu definována podmínka poruchy. Analýza spolehlivosti se poté provádí s přihlédnutím k nejistotám v materiálových parametrech a ke stanovení indexu spolehlivosti, pravděpodobnosti selhání a vlivu různých materiálových parametrů na únosnost či porušení kostela.

Key words: *cultural heritage, reliability index, probabilistic approach, structural reliability, uncertainty, soil settlement*

1. INTRODUCTION

All the Churches of the Broumov region are characterized by their similar construction, with a single nave low-floor plan and simple ornamentations. The St. Barbara's Church is a roman catholic Church and provides a strong and dynamic interior (Figure 1).

It has an extended oval floor plan with a length of 21.50 m and a width of 15.50 m and has eight additional semi--circular spaces (Figure 2). The roof is composed of timber trusses, covered with slate/ shingles. The plastered timber ceiling lies beneath the roof truss at a height of 15.50 m from the floor of the Church.

In the construction of the Churches of Broumov sandstone and mudstone were widely used that were obtained from local quarries. Sedimentary sandstones are quite abundant in this region due to its formation during the Mesozoic and Cretaceous period [3]. Lime mortar was used as a binder for the stones.

2. DAMAGE ASSESSMENT

An extensive in-situ investigation was carried out in the Church to validate the geometry and assess the condition of the Church. Most of the cracks appear to be dormant and are widespread in the ceiling of the Church (Figure 3). The detachment of plaster could be seen in hefty patches throughout the façade (Figure 4). Discoloration, deposition, and soiling is mostly predominant in the exterior, especially in the projections, cornices, and window sills. Infiltration of water and rising dampness has also deteriorated the plaster of the building (Figure 5). A few foundation stones in the exterior of the Church are displaced, probably due to the erosion of soil around the rainwater gutters (Figure 6).

The information on the geological condition of the site was obtained through borehole testing. The test was conducted in the front and rear of the Church, up to a depth of 12 m below the surface. It was found that the bedrocks are composed of siltstones, sandstones, and claystone. The underground water

Figure 1: St. Barbara's Church, Otovice

level was detected at a depth of 3.5 m on both boreholes. The depth of foundation was found to be 3 m at the front and 2.5 m at the back of the Church.

3. NUMERICAL MODEL

The 3D model for numerical analysis was built in AutoCAD. A few assumptions were made to simplify the model and prevent undesired errors in the finite element mesh. Non-structural architectural elements such as cornices, decorations, small niches, recesses in the walls and semi-circular projections/apses along the transept has not been considered for the model (Figure 7).

The finite element mesh for the 3D model was generated in GiD software using linear tetrahedral elements, and the nonlinear analysis was carried out in ATENA, developed by Cervenka Consulting. The determination of material properties was not included in the scope of the present work and therefore was referred from a study conducted on St. Ann's Church of Broumov [5]. This is because both St. Ann's and St. Barbara's Church are built in the same vicinity and by the same architects. They are also similar in terms of the period of construction and building typology.

The peak compressive strength and the modulus of elasticity were taken as 2.9 MPa and 2.0 GPa respectively. The tensile strength was considered as 0.2 MPa (10% of compressive strength). The compressive fracture energy was computed as 9100 N/m from a ductility index of 1.6, following Model code 90. The tensile fracture energy was taken as 70 N/m and Poisson's ratio as 0.2. The density of 20 kN/m^3 was taken for the masonry walls [5]. In order to further reduce the complexity, the timber roof was not added to the numerical model, but its self-weight, live load and snow load were applied vertically on top of the Church walls. The linear load distributed on the walls due to the timber roof was calculated as 25 kN/m. For incorporating the boundary conditions, the geological information obtained from the borehole testing were analyzed using the software DEPTH and GEO5. A stiffness of 26.36 MPa was obtained for the soil. This was applied to the numerical model as elastic springs at the base of the foundation.

A fracture-plastic model (Nonlinear cementitious 2) that combines the constitutive models for tensile (fracturing) and compressive (plastic) behavior was taken as the material constitutive model [6].

3.1. Determination of Failure Criterion

Different numerical models with distinct boundary conditions were developed to replicate the possible mechanisms of failure for the Church. An initial attempt was made to determine the maximum resistance and capture the linear and non-linear behavior by applying an incremental load at the top of the enclosure walls and simultaneously monitoring the reactions at the base. However, due to the limitations of the software (Gid-Atena v5) to monitor the summation of reactions, when settlements are introduced to the supports, the load-displacement curve could not be plotted.

Hence, the failure criterion for the Church was defined in terms of crack

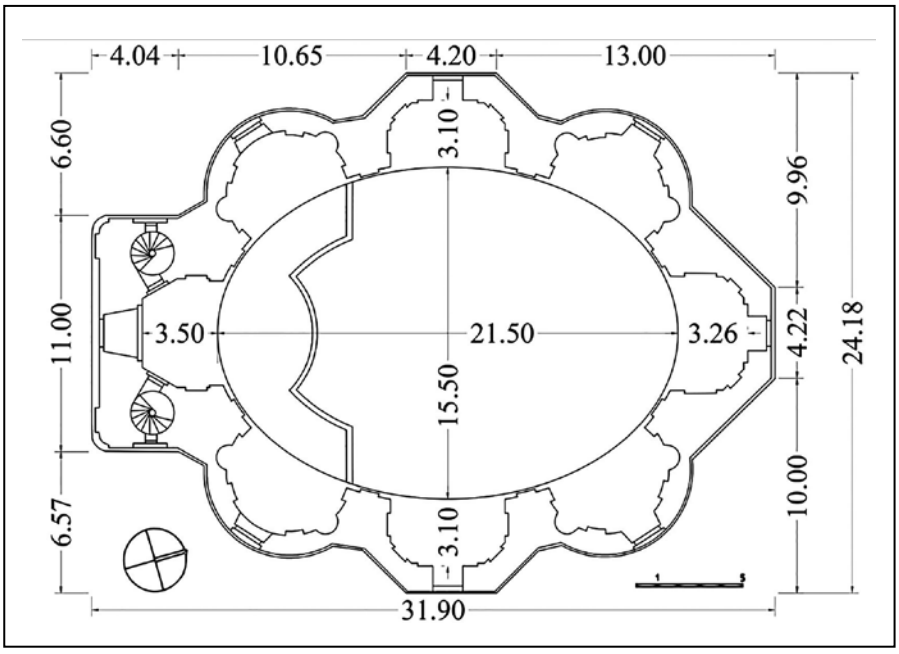


Figure 2: Floor Plan of St. Barbara's Church (all dimensions in metres)

Figure 3: Cracks in the internal and external walls of the church

Figure 4: Detachment of plaster and loss of material

Figure 5: Effects of moisture and rising dampness in the church

Figure 6: Degradation of soil and settlement

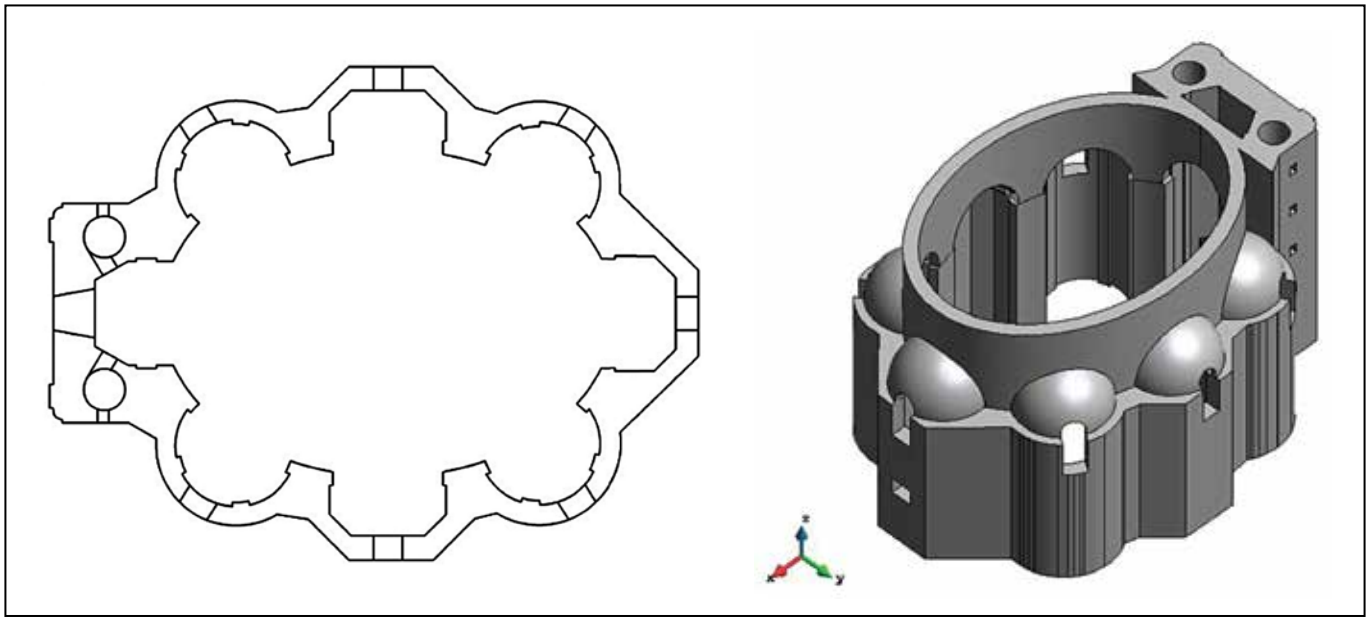


Figure 7: Simplified geometry (left) and numerical model (right) of the Church

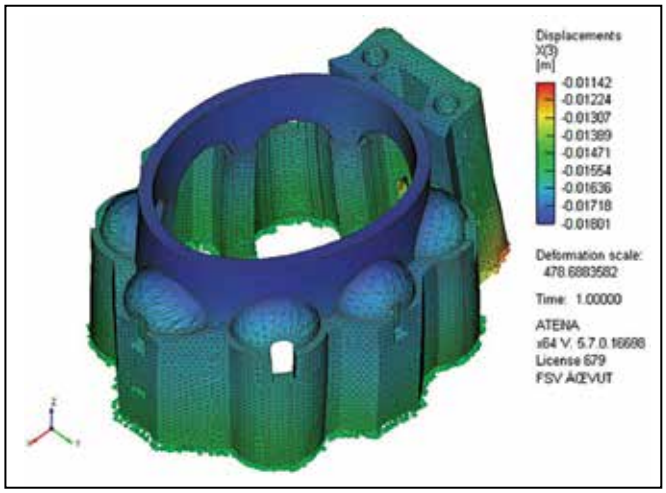


Figure 8: Displacement due to uniform soil settlement

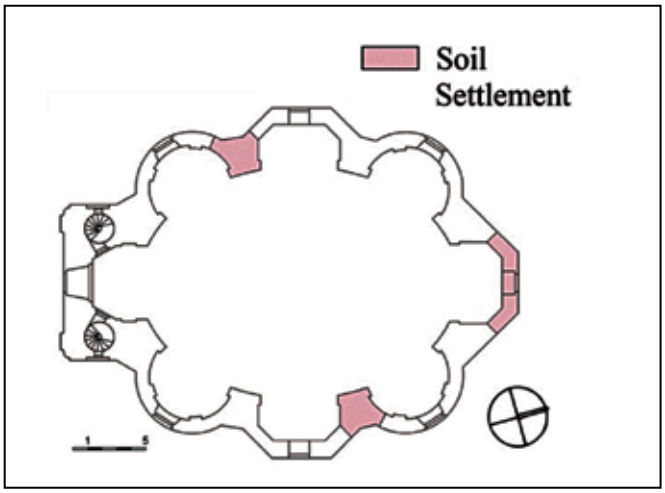


Figure 9: Location of the application of soil settlement

width caused due to differential settlements. The in-situ investigation of the Church shows that the foundation stones near some of the rainwater gutters has been displaced or detached from the structure due to soil settlement, caused as a result of erosion and water stagnation (Figure 6).

The loads in the numerical model are applied in two intervals. The first interval comprises of the self-weight and the dead load, along with the calculated spring stiffness of 26.36 MPa. This causes a uniform settlement of 18 mm to the Church (Figure 8).

In the second interval, a vertical displacement of 100 mm is applied progressively in steps, near the rainwater gutters to simulate the effects of differential settlement (Figure 9). The damages induced at each load step are observed. Cracks of width greater than 15 mm corresponding to 'severe' degree of damage and expected to disrupt the functionality of the structure, was filtered from the smaller cracks (Figure 10) [3].

It was observed that at 80 mm of differential settlement, a complete arch-like crack of thickness 15 mm is formed at the rear wall of the Church (Figure 8). Although the failure is very local, yet it is evident that the section of the wall under the window completely detaches itself from the superstructure. Therefore, a differential settlement of 80 mm was taken as the failure criterion for the Church.

3.2 Deterministic Analysis

The main objective of the deterministic analysis was to validate the numerical model, for generating the probability distribution function (PDF) of the structural resistance. The analysis was performed with the above-mentioned material properties and failure criterion i.e. 80 mm of differential settlement.

Since the total reaction of the structure could not be obtained due to the limitations of the program (GiD-Atena v5), the stresses induced at different degrees of soil settlement were monitored to define the distribution function of the church. The principal stress vs load step curve is shown in Figure 13. Here, load step 1 exhibits the stress generated in the first interval (i.e. uniform settlement of 18 mm) of the application of load. The remaining load steps i.e from step number 2 to 11, shows the development of stress in the second interval, with each load step contributing to 8 mm of differential settlement at the locations highlighted in Figure 9.

4. RELIABILITY ANALYSIS

The reliability analysis was aimed to determine the probability distribution function (PDF) of the structural response and calculate probability of failure. The probabilistic method used for this purpose accounted for the uncertainties in the material properties of St. Barbara's Church. The uncertainties (i.e. material properties) were modelled as random input variables defined by their respective PDFs, mean values and coefficient of variations (Table 1).

The correlation between the above input variables is defined by the correlation matrix (Table 2) [4]. The randomization of input parameters and the analysis was performed using the software packages SARA-FReET, which uses Latin Hypercube Sampling (LHS) for simulation [6]. A total of 50 simulations were performed with the randomized material parameters, allowing the maximum deviation in the correlation matrix as 0.001.

The stress-load step graph for the different models is shown in Figure 14. Similar to Figure 13, up to load step 1, presents the generated stress due to uniform settlement and steps 2-11 shows the stress due to differential settlement with each step imparting a displacement of 8 mm in the locations shown in Figure 9.

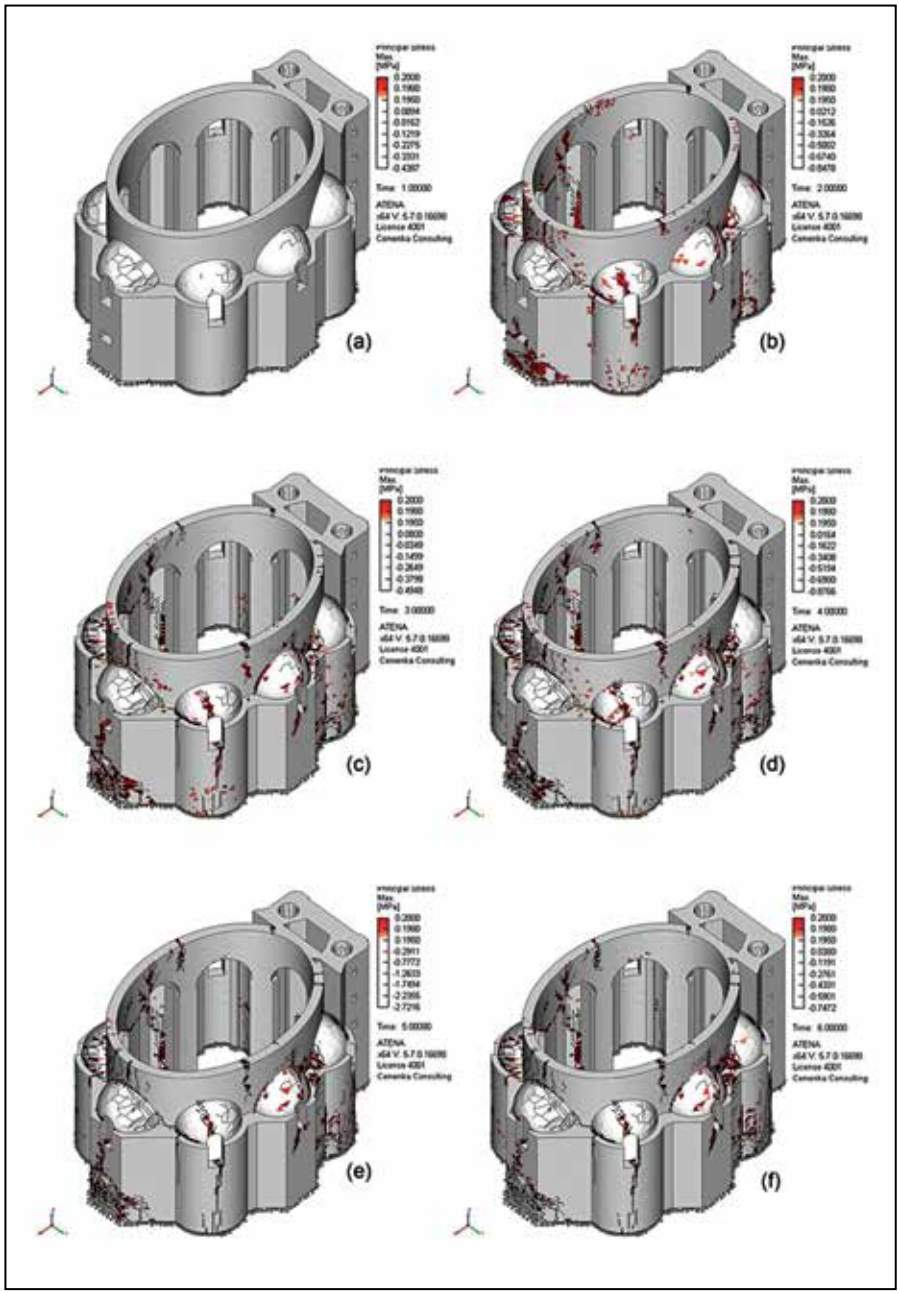


Figure 10: Maximum principal stresses and propagation of cracks at different load steps caused due to (a) Step 1 - Uniform settlement, (b) Step 2 - 20 mm differential settlement, (c) Step 4 - 40 mm differential settlement, (d) Step 6 - 60 mm differential settlement, (e) Step 8 - 80 mm differential settlement and (f) Step 10 - 100 mm differential settlement

The probability of failure for St. Barbara Church is calculated taking into account different degrees of differential settlement. The probability distribution function (PDF) obtained after plotting the response of 50 simulations in a limit state function defines the resistance of the structure. The PDF for the load was defined with a normal distribution function, COV equal to 0.2, and the mean value equivalent to the maximum principal stress recorded at the corresponding degree of settlements or load steps (Figure 13). When both the resistance and the applied load distribution are plotted on the same frequency and value graph, the area under which the two distributions overlap, constitutes the probability of failure for the structure [1] (Table 3).

The obtained reliability index, when compared to the target reliability of 3.8 (referred from ISO 13822 2010), shows that a uniform settlement of 18 mm due to self-weight; or a differential settlement of 8 mm near the rainwater gutters, is acceptable for the structure [2]. Beyond 10 mm of differential settlement is not acceptable as the structure starts to approach close to the criterion for failure.

It is important to note here that the term "failure" means damage of a structural element such as an arch-like crack on the rear wall, (serviceability limit state), and not the total collapse of the whole structure (ultimate limit state).

5. CONCLUSION

This paper presents a probabilistic based structural safety assessment of St. Barbara's Church, considering the uncertainties in material parameters. In-situ investigation was performed to study the geometry and damages. The differential settlement was identified as the most probable cause of failure. The probability of failure due to different degrees of differential settlements were calculated using the software packages ATENA, SARA, and FReET.

However, on assessing the present condition of the Church with reference to the numerical model, it can be concluded that the settlement in the soil is either

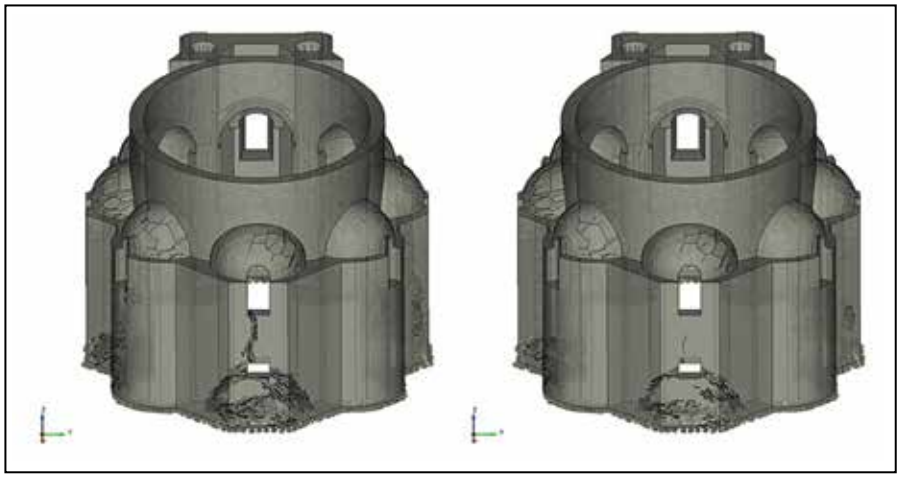


Figure 11: Filtered crack width showing moderate [5 mm] (left), and severe [15 mm] (right) degrees of damage

Table 1: Mean value, coefficient of variation (COV) and probability distribution function for the material parameters

Material Parameters		**Distribution**	**Mean Value**	**COV**
Modulus of Elasticity [GPa]	E_c	Normal	2.0	0.1
Compression Strength [MPa]	f_c	Normal	2.9	0.2
Tensile Strength [MPa]	f_t	Normal	0.2	0.2
Tensile Fracture Energy [N/m]	G_f	Normal	70	0.1

Table 2: Correlation matrix for the material parameters [4]

	E_c	f_c	f_t	G_f
E_c	1.0	0.9	0.7	0.5
f_c	0.9	1.0	0.8	0.6
f_t	0.7	0.8	1.0	0.9
G_f	0.5	0.6	0.9	1.0

uniform or negligible. The Church is in good condition with a low probability of failure due to differential settlement. Visual inspection and crack propagation assessment further confirmed that the Church is certainly robust with a reliability index greater than 5.0 and failure probability in the range of 1e-08 to 1e-07.

It is however recommended to monitor the structure for soil settlement, development of cracks, water penetration and identification of other failure mechanisms. Further, tests should be conducted to gather better information about footing masonry, underlying rock condition, and properties of the materials. Considering the historic importance of the Church, it is also recommended to conduct regular maintenance and structural health evaluation.

Acknowledgment

The study was undertaken as a part of the master thesis in Structural Analysis of Monuments and Historical Constructions (SAHC), at Czech Technical University, Prague. We thank the SAHC Consortium for supporting the programme. We express our gratitude to Mgr. Kateřina Kovářová and the Department of Geotechnics for the valuable insights on the geology of the site. We would also like to thank Cervenka Consulting and Fine Software for their constant support throughout the project.

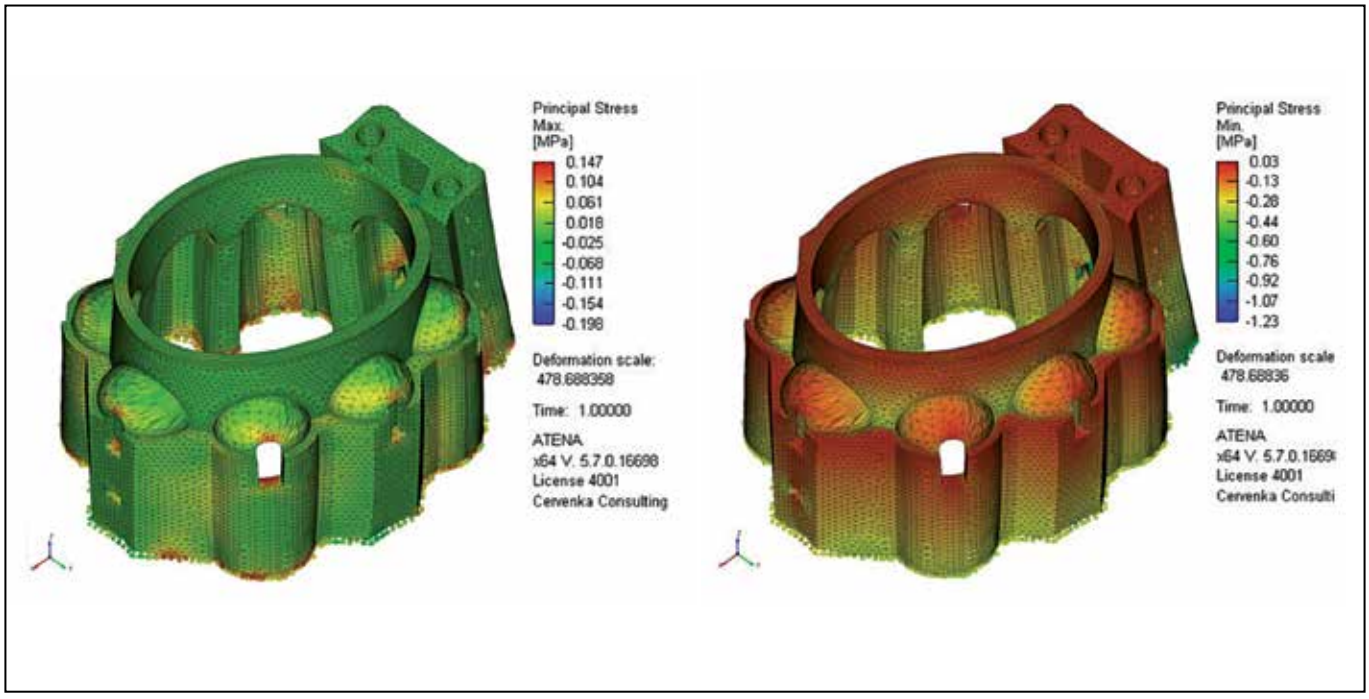


Figure 12: Principal stresses in the structure due to uniform settlement

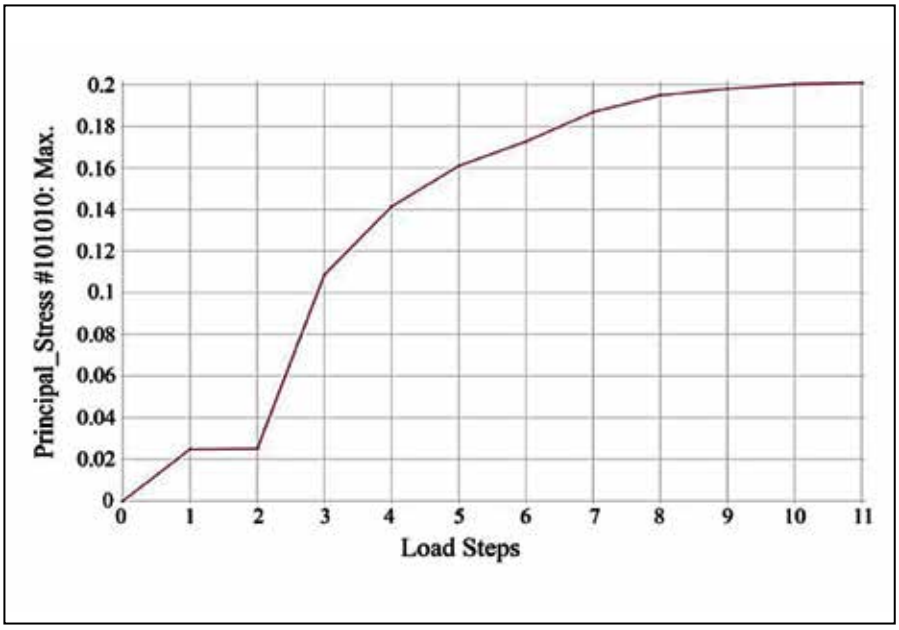


Figure 13: Principal stress vs Load steps graph for 80 mm differential settlement

Table 3: Reliability index and probability of failure for different degrees of soil settlements

Load Steps	Degree of settlement	Type of soil settlement	Monitored Stress [MPa]	Reliability Index	Probability of failure
1	18 mm	Uniform	0.0249	5.5359	1.55e-08
2	8 mm	Differential	0.0251	5.3226	5.11e-08
3	16 mm	Differential	0.1087	2.1466	0.01591
4	24 mm	Differential	0.1414	0.9483	0.17149
5	32 mm	Differential	0.1609	0.4991	0.30886
6	40 mm	Differential	0.1726	0.2262	0.41054

6. REFERENCES

[1] A. M. Milczarek, "Robustness-Based Assessment of Railway Masonry Arch Bridges," SAHC Master Thesis, 2017.

[2] ISO 13822 2010: Bases for design of structures - Assessment of existing structures. 2010.

[3] J. Scacco, "Nonlinear numerical evaluation of the bearing capacity and the structure stability of the St. Jacob Church from the Broumov Group of Churches," SAHC Master Thesis, 2018.

[4] J. C. Matos, I. B. Valente, and P. J. S. Cruz, "Uncertainty evaluation of reinforced concrete structures behavior," July, 2010.

[5] P. Gajjar, "Nonlinear numerical evaluation of the wall bearing capacity and the structure stability of the St. Ann Church from the Broumov Group of Churches," 2018.

[6] V. Červenka, L. Jendele, and J. Červenka, "ATENA Program Documentation Part 1 Theory," 2018.

Poděkování

Výsledky uvedené v článku byly získány v rámci řešení projektu Ministerstva kultury České republiky DG16P02R049 NAKI II.

prof. Ing. Pavel Kuklík, CSc.
České vysoké učení technické v Praze,
Fakulta stavební, katedra mechaniky
kuklikpa@fsv.cvut.cz

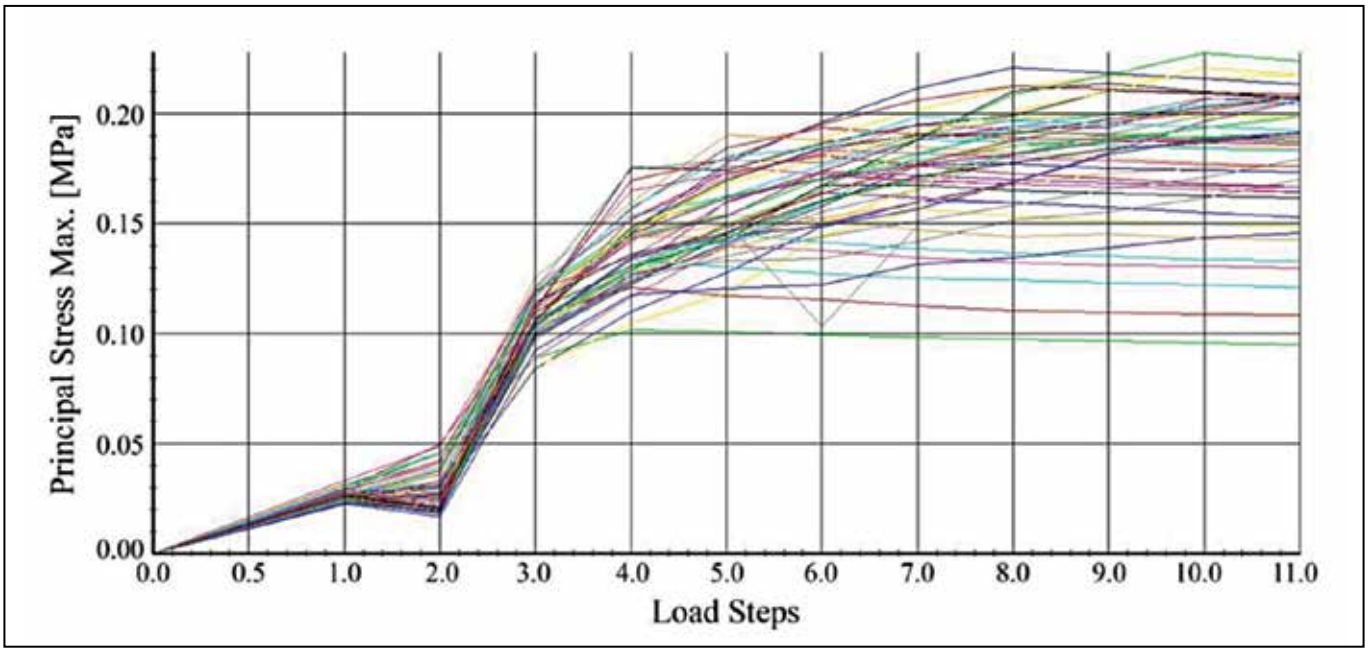


Figure 14: Principal stress vs Load steps for 50 different simulations, having 80 mm of differential settlement

ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ REKONSTRUKCÍ OBYTNÝCH BUDOV

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF RESIDENTIAL BUILDING RENOVATIONS

Karel Struhala

Abstrakt:

V současnosti patří mezi nejčastěji diskutovaná témata dopady stavebnictví na životní prostředí. Výzkumy ukázaly, že nezanedbatelnou roli v této oblasti hraje neefektivní provoz a údržba stávajících budov. Proto tento příspěvek na dvou případových studiích (panelový bytový dům a zděný rodinný dům) ukazuje, jak lze prostřednictvím rekonstrucí jejich dopady snížit: Provedené výpočty, využívající standardizovanou metodu posuzování životních cyklů, ukazují až 88 % zlepšení oprati původnímu stavu. Kromě samotného vyhodnocení případových studií příspěvek zmiňuje i úskalí provedených posouzení a z toho plynoucí komplikace pro hodnotitele.

Abstract:

Environmental impacts of construction sector are among the most frequently discussed topics. Recent research indicates that inefficient operation and maintenance of existing building stock plays significant role in this regard. This paper confirms this issue with results of two case studies (block-of-flats and single-family house). These were evaluated using standardized Life-Cycle Assessment method. The results of the evaluation show significant reduction of environmental impacts (up to 88%) achieved by renovations that improved performance of both buildings. The paper also discusses difficulties that a professional may encounter when working on such assessment.

Keywords: *Building Renovation, Environmental Impacts, Life-Cycle Assessment, Residential Building, Sustainability, Sustainable Development*

1. ÚVOD

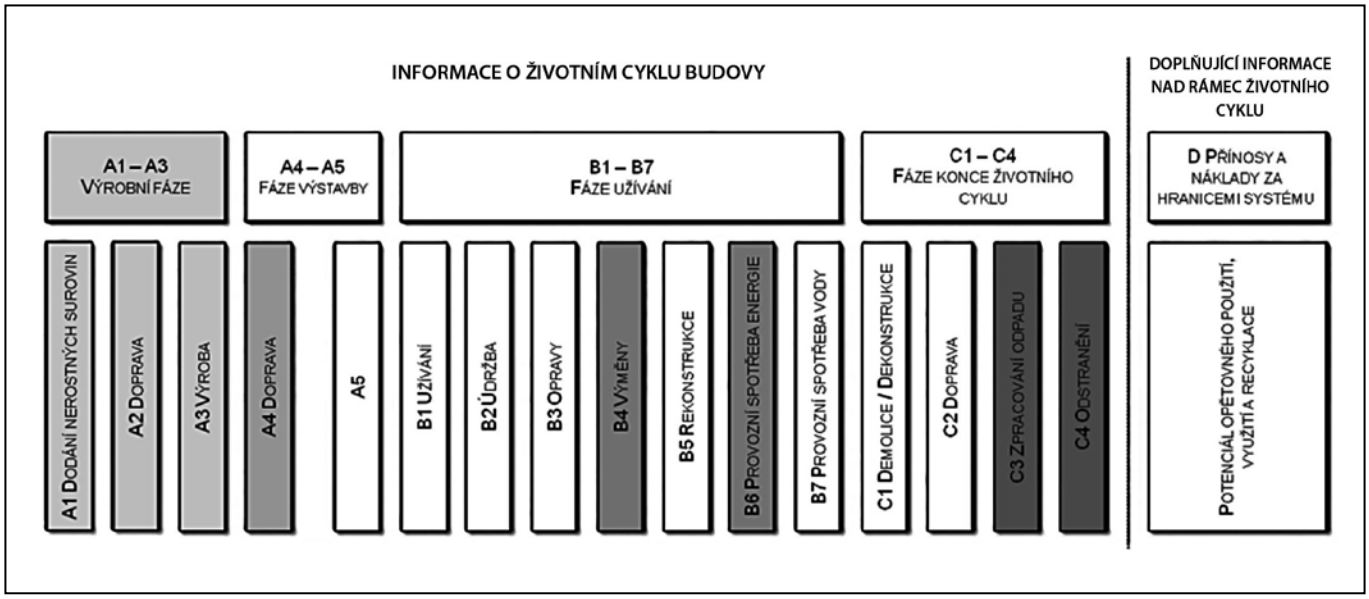
Technologický pokrok spolu se vzrůstajícím počtem obyvatel způsobily, že lidský vliv na životní prostředí je větší, než kdy dříve [1]. Snahy o zmírnění tohoto vlivu pociťujeme všichni. Do legislativy a norem se promítají závazky plynoucí z mezinárodních dohod počínaje Kjótským protokolem z roku 1997 a konče (prozatím) Evropským plánem na nízkouhlíkovou ekonomiku zveřejněným v roce 2018 [2]. Jednu z klíčových rolí v těchto plánech pak hraje stavebnictví, protože se významně podílí na spotřebě energie, s ní spojenou produkcí skleníkových plynů, odpadů, atd. [3], [4]. Například nedávno publikovaný výzkum [5] uvádí, že cca 43 % emisí skleníkových plynů v České republice souvisí s budovami. Dosažení vytyčených klimatických cílů se tak znatelně odrazí i na podobě našich budov.

Na první pohled by se mohlo zdát, že snížení dopadů stavebnictví na životní prostředí se týká především novostaveb. Opak je pravdou. Výzkumy i legislativa [4], [5] shodně ukazují, že zásadním problém je především nízká materiálová a energetická efektivita stávajícího fondu budov, respektive nedostatečná rychlost jeho obnovy. Průměrná rychlost obnovy fondu (obytných) budov v EU je cca 1 % ročně [6]. Chceme-li naplnit své závazky, musí tato rychlost násobně vzrůst. Sama směrnice [4] předpokládá nárůst na 3 % ročně, zejména díky hlubokým, efektivním rekonstrukcím stávajících budov (angl. deep renovation).

Aby bylo možné uvedených cílů dosáhnout, třeba se zaměřit na výběr vhodných konstrukčních a provozních opatření a vyčíslení jejich vlivu na životní prostředí. Touto problematikou se zabývá řada mezinárodních projektů (např. [7] a [8] s českou účastí) a autorských kolektivů (např. [9]), které hodnotí efektivitu aplikací pasivních (např. zateplení) i aktivních (např. obnovitelné zdroje energie nebo využití fázové změny při akumulaci tepla, [10]) opatření. V českém prostředí lze zatím bohužel dohledat jen několik absolventských prací (např. [11]) a odborných publikací (kromě [4] ještě např. [12], [13]) zábývajících se touto problematikou. A i ty se soustředí především na hodnocení nové výstavby. Tento článek se proto snaží pomoci s vyplněním existující mezery. Na dvou případových studiích ukazuje, jak vyčíslit dopady staveb na životní prostředí.

2. METODIKA A NÁSTROJE

K hodnocení rekonstrukcí prezentovanému v tomto článku je využita standardizovaná metoda posuzování život-



Obr. 1: Životní cyklus budovy podle ČSN EN 15978, [14]. Fáze a moduly uvažované při hodnocení v tomto článku jsou zvýrazněny

ního cyklu (angl. Life-Cycle Assessment, LCA), [14]. Aplikaci LCA při hodnocení budov upravuje ČSN EN 15978 [15]. Především specifikuje okrajové podmínky posouzení - pomocí čtyř "fází" a 17 "modulů" definuje procesy významné pro životní cyklus budovy (viz Obr. 1). Norma také určuje "kategorie dopadu", ve kterých by měly být dopady budov na životní prostředí hodnoceny (např. potenciál globálního oteplování nebo potenciál úbytku zdrojů surovin), a doporučuje vhodné výpočetní modely.

Pro potřeby tohoto článku jsou aplikovány následující okrajové podmínky a zjednodušení standardizovaného postupu LCA:

- 60 let předpokládaná životnost budov v čase provedení LCA (= od provedení hodnocené renovace). Životnosti jednotlivých konstrukcí jsou stanoveny dle přílohy B, ČSN ISO 15686-1 [16].
- V posouzení jsou zahrnuty pouze materiály a energie spotřebované v budovách v rámci předpokládané životnosti (tzv. cut-off alokace dopadů). Nejsou tedy zahrnuty dopady spojené s původní výstavbou, údržbou a renovacemi, které proběhly dříve.
- Funkční jednotka posouzení je 1 m^2 podlahové plochy vytápěných místností a rok provozu budovy.
- Z hodnocení jsou vyňaty moduly se zanedbatelným podílem na výsledcích (A5, B1, B7, C1 a C2, D). Moduly B2, B3 a B5 pak jsou vzhledem k podobnostem a částečným přesahům sloučeny s modulem B4.
- Kvůli zvýšení přehlednosti a srozumitelnosti jsou výsledky zpracovány pouze v kategorii Potenciál globálního oteplování (anglicky Global Warming Potential, GWP), reprezentující emise skleníkových plynů.

Pro LCA existuje řada volně dostupných i placených softwarových nástrojů a databází. Žádný z nich bohužel není plně lokalizován pro české prostředí. Existuje sice české webové rozhraní Envimat [17], to ale umožňuje pouze hodnocení jednotlivých materiálů nebo skladeb konstrukcí. Pro potřeby tohoto článku byl proto zvolen Eco-Bat – švýcarský nástroj určený pro odborníky z řad projektantů, architektů nebo auditorů. Jeho hlavní předností je přívětivé uživatelské prostředí (včetně české jazykové verze). Mezi nevýhody patří omezený katalog materiálů (cca 300 datasetů), pevně dané kategorie dopadu (včetně GWP) nebo absence pokročilejších nastavení (např. úpravy v katalogu materiálů).

3. HODNOCENÉ PŘÍPADOVÉ STUDIE

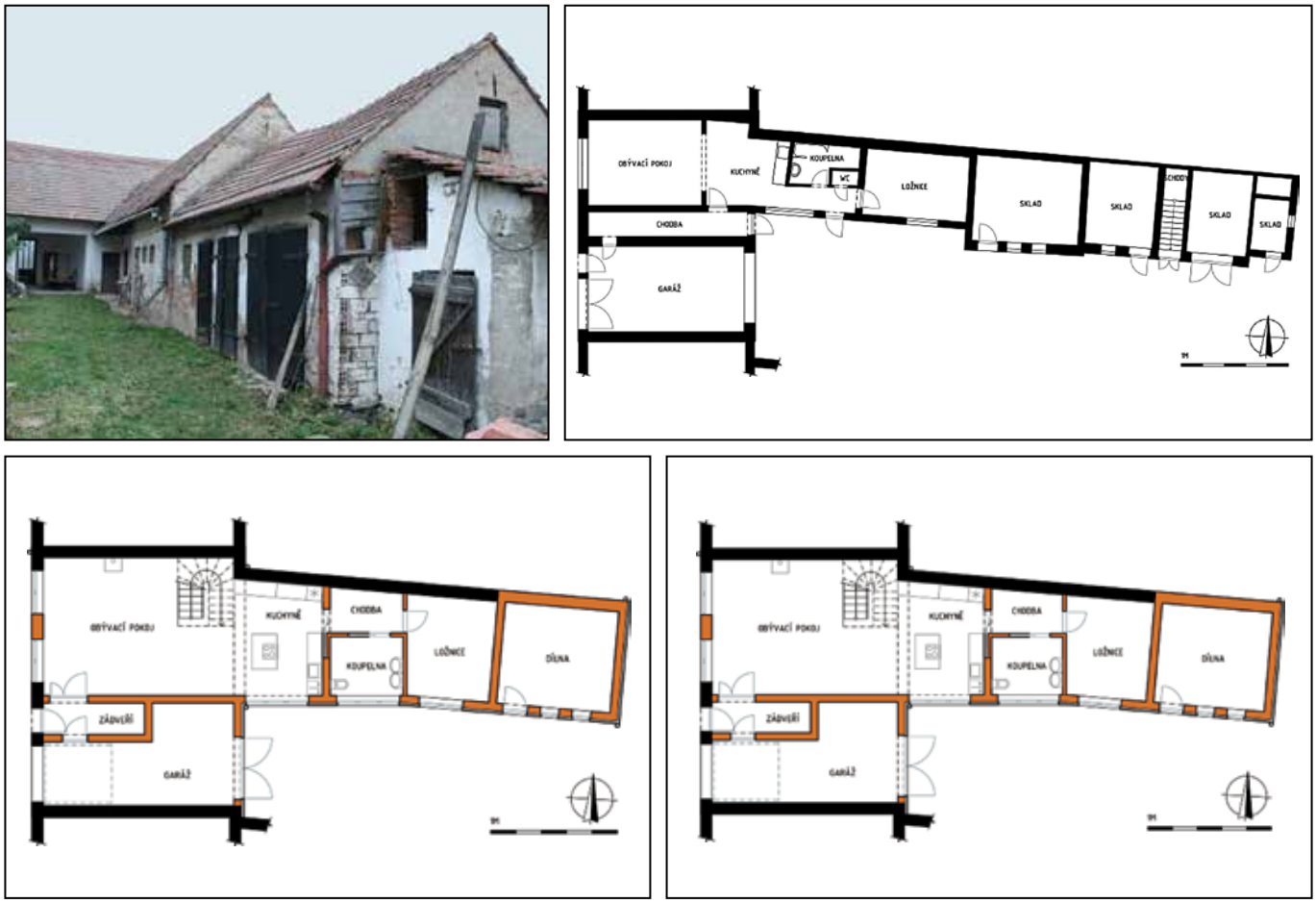
V tomto článku jsou hodnoceny dvě případové studie: panelový bytový dům (BD) jako příklad hromadného bydlení a řadový rodinný dům (RD) jako příklad individuálního bydlení. V obou případových studiích jsou hodnoceny dvě varianty. První variantou je údržba a provoz budov v původním stavu (BD-1, RD-1). Druhou variantou je rekonstrukce a následná údržba a provoz rekonstruovaných budov (BD-2, RD-2). Spotřeby materiálů a energií, uvažované při výpočtech, vycházejí z projektové dokumentace, případně reálných odečtů.

První z hodnocených budov je panelový bytový dům soustavy B 70 R/K z 80. let (Obrázek 2). Původní budova prošla v letech 2010-2011 rekonstrukcí do nízkoenergetického standardu. Rekonstrukce se týkala především obálky budovy a společných prostor. Kromě nutné údržby a oprav bylo provedeno především zateplení obálky minerální vatou a polystyrénem (až 24 cm izolace na fasádách, střeše a stropu nevytápěného přízemí), zasklení balkónů, výměně otvorových výplní v obálce a dílčí modernizace TZB (zejména výměníků pro dálkové vytápění a ohřev vody, MaR, atd.). Rekonstrukcí bylo dosaženo výrazného snížení spotřeby energie - viz Tabulka 1.

Druhou hodnocenou budovou je řadový rodinný dům (Obr. 3.). Původní budova byla přízemní (s nevyužívaným podkrovím), většinu zastavěné plochy navíc zabíraly nevyužívané hospodářské prostory. Dominantním stavebním materiálem byly keramické cihly a tvárnice, části budovy ale byly zhotoveny i z nepálených cihel a plynosilikátových tvárnic. Zdrojem tepla pro vytápění

Obr. 2: Hodnocený panelový bytový dům - pohled na rekonstruovanou budovu (vlevo) a půdorys typického podlaží s vyznačením jednotlivých bytů (vpravo)

a ohřev vody byla elektřina. Plánovaná rozsáhlá rekonstrukce počítala s odstraněním většiny původních konstrukcí (viz Obr. 3 dole) a násobným zvětšením obytných prostor. To bylo spojeno i s očekávaným nárůstem spotřeby energie (viz Tab. 2). Nové konstrukce měly být provedeny především z keramických tvárnic a železového betonu. Jako nový zdroj tepla byl navržen plynový kotel. Je třeba uvést, že tato rekonstrukce nakonec nebyla realizována, původní budova byla stržena a nahrazena novostavbou. Hodnocení provedené novostavby ale přesahuje rámec tohoto článku.



Obr. 3: Hodnocený řadový rodinný dům - pohled na původní budovu (nahoře vlevo), půdorys 1. NP původní budovy (nahoře vpravo), půdorys 1. NP (dole vlevo) a 2.NP rekonstruované budovy (dole vpravo). Černě jsou zakresleny původní konstrukce

Tab. 1: Srovnání spotřeb energií posuzovaných budov před a po rekonstrukci.

	Plocha vytápění místností [m^2]	**Průměrné U obálky budovy** [W·m^{-2}·K^{-1}]	**Spotřeba energie** [GJ·a^{-1}]		
			Vytápění	Ohřev vody	Ostatní (osvětlení, digestoře, atp.)
BD-1	5412	1,08	1519	631	555
BD-2	5412	0,35	485	503	555
RD-1	79	1,40	171	8	1
RD-2	227	0,66	202	17	2

Tab. 2: Ilustrativní příklady rozdílných životností uvažovaných ve variantách (1) a (2)

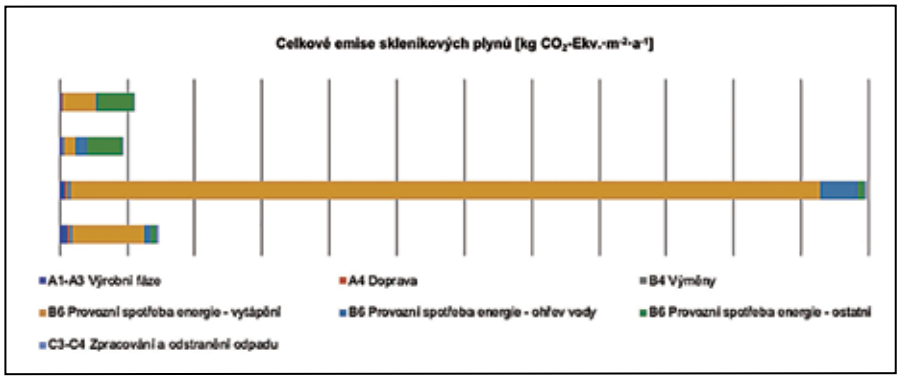
Konstrukce	**Počet výměn za dobu životnosti stavby**	
	Varianta (1)	Varianta (2)
Příčky	1	0
ETICS	1	1
Okna	1	2

Tab. 3: Výsledky LCA obou posuzovaných budov před (BD-1, RD-1) a po (BD-2, RD-2) rekonstrukci. Výsledky jsou rozděleny do jednotlivých modulů, dle ČSN 15978, [14]. Modul B6 je navíc rozdělen podle jednotlivých systémů TZB (viz Tab. 1)

GWP [kg CO_2-Ekv.·m^{-2}·a^{-1}]	**BD-1**	**BD-2**	**RD-1**	**RD-2**
A1-A3	1,15	1,80	3,98	5,67
A4	0,17	0,18	0,57	0,39
B4	1,15	1,80	3,98	3,28
B6 - vytápění	24,386	7,786	555,764	53,156
B6 - ohřev vody	1,13	8,08	27,72	5,03
B6 - ostatní	26,33	26,33	4,58	3,17
C3-C4	0,17	0,73	1,90	2,05

4. VÝSLEDKY

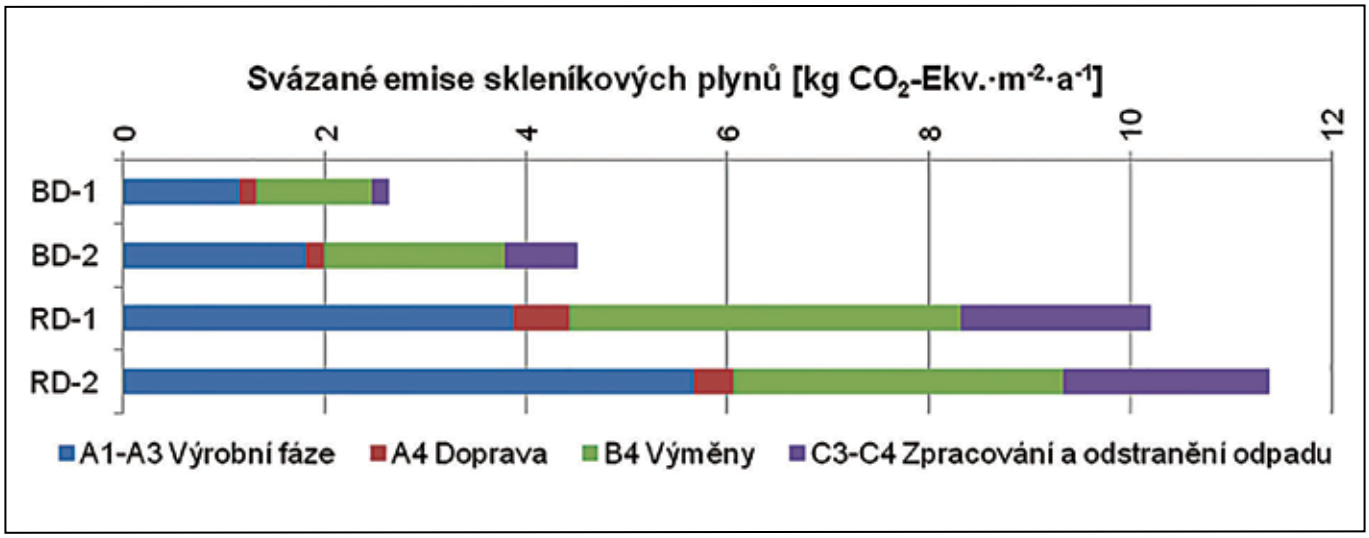
Souhrn celkových výsledků obou případových studií ukazují Tabulka 3 a Obr. 3. V obou posuzovaných případových studiích způsobily rekonstrukce snížení celkových emisí skleníkových plynů spojených s jejich modelovaným 60-letým životním cyklem. V případě bytového domu jde o snížení o 14 %, v případě rodinného domu dokonce o 88 %.



Obr. 4: Srovnání celkových emisí skleníkových plynů v obou případových studiích. Výsledky jsou rozděleny do jednotlivých modulů, dle ČSN 15978, [14]. Modul B6 je navíc rozdělen podle jednotlivých systémů TZB (viz Tab. 1)

Snížení celkových emisí je způsobeno vyšší energetickou efektivitou rekonstruovaných budov. 54% úspora energie na vytápění a ohřev vody v rekonstruovaném bytovém domě BD-2 způsobuje 19% snížením „provozních emisí" v LCA modulu B6. Tento nepoměr je způsoben zdrojem energie. Budova je zásobována teplem z nedaleké kotelny, která spaluje zemní plyn, což je palivo, jehož spalováním vzniká relativně málo emisí skleníkových plynů - provedený výpočet ukazuje, že v našich podmínkách cca čtyřikrát méně, než výrobou elektřiny (z velké části v uhelných elektrárnách). V případě rodinného domu je tak snížení emisí mnohem výraznější, protože rekonstrukce uvažuje i změnu zdroje tepla z elektrického na plynový kotel. Díky tomu jsou provozní emise rekonstruovaného rodinného domu RD-2 o 89 % nižší, ve srovnání s nerekonstruovaným RD-1.

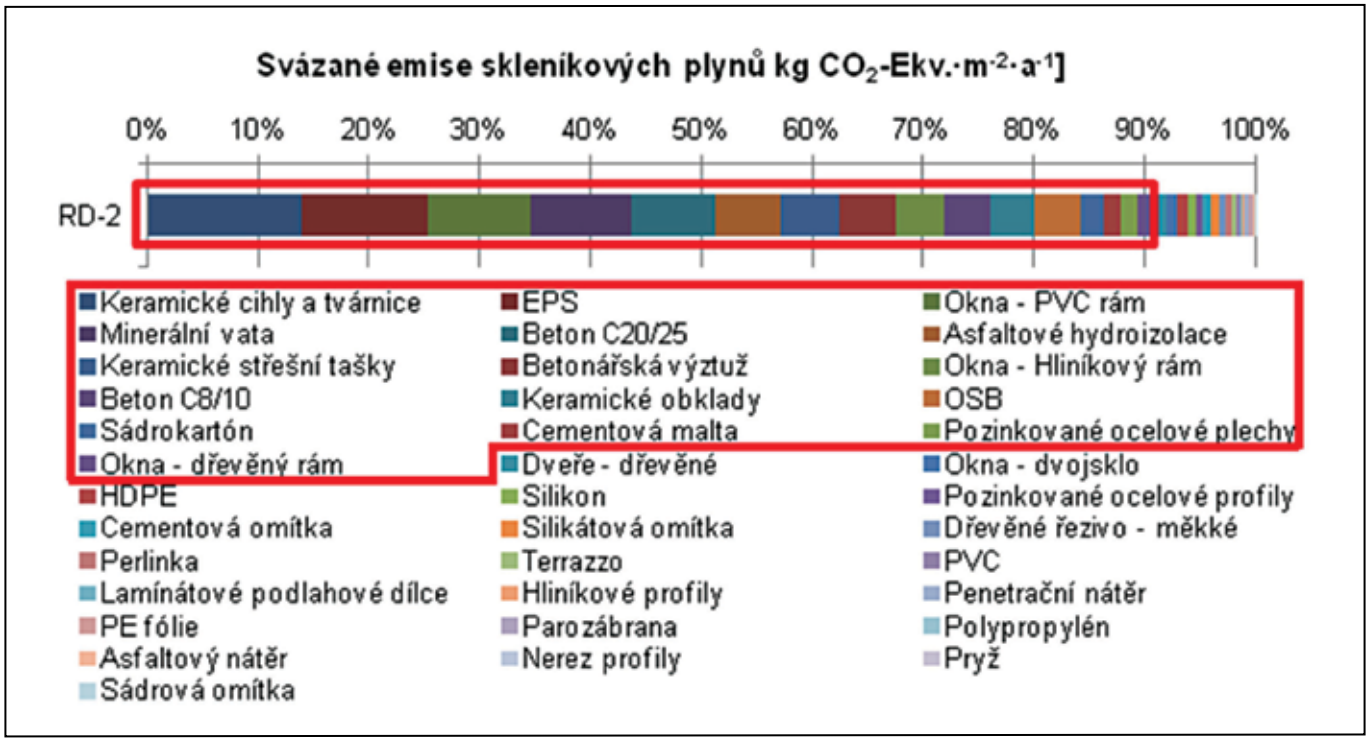
Je zřejmé, že k celkovému snížení emisí došlo díky zabudování nových materiálů a systémů do posuzovaných budov. Ty ale způsobují nárůst „svázaných emisí", tj. emisí spojených s použitými stavebními materiály (LCA moduly A1-A4, B4, B6, C3-C4). Obrázek 4 ukazuje, že u bytového domu došlo rekonstrukcí k jejich zvýšení o 41 %, u rodinného domu o 10 %. Vzhledem k malému podílu svázaných emisí na celkových, je návratnost tohoto zvýšení velmi rychlá. Úspornější provoz vyváží vyšší svázané emise již za čtyři roky u bytového domu, respektive za půl roku u rodinného domu. Toto bohužel není obecně aplikovatelný závěr. U moderních pasivních budov nebo budov s téměř nulovou spotřebou energie by byla situace odlišná, protože mají poměr mezi svázanými a provozními emisemi mnohem vyrovnanější. Je pravděpodobné, že výraznější navýšení svázaných emisí by u nich převážilo pozitivní přínos dosažených provozních úspor.



Obr. 5: Srovnání svázaných emisí skleníkových plynů v obou případových studiích. Výsledky jsou rozděleny do jednotlivých modulů, dle ČSN 15978, [14]

Obrázek 4 dále ukazuje, že svázané emise spojené s životním cyklem rodinného domu jsou násobně vyšší, než svázané emise bytového domu. To je dáno dvěma souvisejícími faktory. Prvním je zvolená funkční jednotka, konkrétně přepočet emisí na 1 m2 vytápěné podlahové plochy budovy. Takový přepočet sice umožnuje srovnání jinak značně odlišných budov (podobně, jako při hodnocení energetické náročnosti), zároveň ale logicky zvýhodňuje kompaktní, vícepodlažní budovy. Tento obecně platný výsledek je v prezentované práci ještě umocněn druhým faktorem, kterým je rozdílný rozsah hodnocených rekonstrukcí - viz kapitola 3.

Je-li řeč o svázaných emisích, je nutné ještě uvést, že jejich výpočet tvoří časově nejnáročnější část prezentovaného posouzení. Vyhodnocení svázaných emisí v Obrázku 5 přitom ukazuje zanedbatelný podíl nadpoloviční většiny materiálů. Obrázek ukazuje, že 16 z 37 uvedených materiálů má více, než 90 % podíl na svázaných emisích. Z toho dva materiály (keramické zdivo a EPS izolace) mají více, než 10% podíl. Ve srovnání s tím má 10 materiálů podíl nižší, než 0,3 %. To znamená, že mohly být z posouzení vyřazeny, aniž by došlo k významné změně výsledků. Takové zjednodušení, které ostatně připouští i norma ČSN EN 15978, by vedlo ke značnému zrychlení práce. Bohužel, identifikace málo významných materiálů může být problematická. Nesouvisí totiž jen s jejich množstvím (ať už hmotností nebo objemem), ale i ekologickou náročností jejich výroby. Je pravda, že posuzované množství žádného z 10 nejméně



Obr. 6: Podíly jednotlivých materiálů na svázaných emisích spojených s rekonstruovaným rodinným domem RD-2. Červeně ohraničeny materiály, které se společně podílejí na více, než 90 % zabudovaných emisí

významných materiálů v Obrázku 5 nepřesahuje jednu tunu (celkem bylo v rámci RD-2 uvažováno 315 tun materiálu). Na druhou stranu, druhého a třetího nejvýznamnějšího materiálu (EPS izolace a PVC okenní rámy) je při hodnocení celkem uvažováno také jen 2,8 tuny. To je dáno jejich výrobním procesem. Pro srovnání, s výrobou 1 kg PVC okenního rámu je spojeno 50x více emisí skleníkových plynů, než s výrobou 1 kg betonu. Výpočet množství a emisí jednotlivých mateirálů tak v tuto chvíli nelze zjednodušit a zobecnit. K tomu je třeba vypracovat větší soubor případových studií.

5. ZÁVĚR

Pokud chceme opravdu snížit náš vliv na životní prostředí a dosáhnout vytyčených klimatických cílů, musíme v nejbližších letech přistoupit v rozsáhlé modernizaci fondu budov. Vzhledem k pomalému tempu nové výstavby je proto nezbytné výrazně zvýšit podíl rekonstrukcí. Prezentované případové studie ukazují, že tím lze (u starších budov) dosáhnout výrazného snížení ekologické náročnosti budov - popsaná rekonstrukce rodinného domu mohla snížit jeho celkové emise skleníkových plynů o 88 %.

Nejde ale jen o objem prací, klíčová je především kvalita - volba vhodných zdrojů energie, technických systémů a stavebních materiálů. Lze také očekávat další rozvoj obnovitelných zdrojů a perspektivních technologií, jako například v úvodu zmíněná akumulace tepla při změnách skupenství [10]. Aby bylo možné posoudit jejich vhodnost a účinnost, bude pravděpodobně nutné do projektové přípravy začlenit i problematiku posuzování dopadů budov na životní prostředí. K tomu lze využít existující standardizovanou metodu posuzování životních cyklů, jak ukazuje tento článek. Jejímu širšímu rozvoji v českém prostředí bohužel brání absence lokalizovaných nástrojů a metodických pokynů, které by rozpracovaly normami daný základní rámec. To potvrzují i výsledky posouzení svázaných emisí v tomto článku - při zpětném pohledu se ukazuje, že posouzení bylo zbytečně podrobné (a tedy časově náročné). Další výzkum by se proto měl soustředit na navýšení počtu případových studií, které by umožnilo vytvoření vhodných postupů pro běžnou inženýrskou praxi.

6. LITERATURA

[1] OSN. World Population Prospects 2019: Highlights, Organizace spojených národů, New York, 2017

[2] EK. Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Evropské radě, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru, Výboru regionů a Evropské investiční bance: Čistá planeta pro všechny Evropská dlouhodobá strategická vize prosperující, moderní, konkurenceschopné a klimaticky neutrální ekonomiky, COM(2018) 773 final, Evropská komise, Brusel, 2018

[3] FRAUNHOFER-ISI. Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries: Final Report. Fraunhofer-Institute for Systems and Innovation, Karlsruhe, Grenoble, Rome, Vienna, Wuppertal, 2009, 313 s.

[4] EP. Směrnice Evropského parlamentu a rady (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti, Úřední věstník Evropské unie L 156 (2018)

[5] LUPÍŠEK, A. Úspory energie v českých budovách a emise skleníkových plynů, tzb-info.cz 7 (2019)

[6] EK. Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero--energy buildings in the EU, Final report, Evropská komise, Brusel, 2019

[7] OTT, W. & kol. Methodology for Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56), Minho, International Energy Agency: Energy in Buildings and Communities Programme, 2017

[8] EBC, Factsheet: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings, Uster, International Energy Agency: Energy in Buildings and Communities Programme, 2019

[9] VILCHES, A. & kol. Life cycle assessment (LCA) of building refurbishment: A literature review, Energy and Buildings 135 (2016)

[10] OSTRÝ, M. & kol. Tests on Material Compatibility of Phase Change Materials and Selected Plastics, Molecules 7 (2019)

[11] FOUSEK, J. LCA různých konstrukčních systémů obálky budovy, Mendelova univerzita v Brně, 2017

[12] KOČÍ, V. & kol. LCA a EPD stavebních výrobků, Praha, Česká rada pro šetrné budovy, 2012

[13] PAKSI, R., STRUHALA, K. Posúdenie dopadov na životné prostredie u novostavby rodinného domu (2. část), tzb-info.cz 4 (2017)

[14] Kočí, V. Posuzování životního cyklu - Life Cycle Assessment, Praha, Ekomonitor, 2009

[15] ČSN EN 15978 Udržitelnost staveb - Posuzování environmentálních vlastností budov - Výpočtová metoda

[16] ČSN ISO 15686-1 Budovy a jiné stavby - Plánování životnosti - Část 1: Obecné principy a rámec

[17] Envimat - katalog fyzikálních a environmentálních profilů, dostupné na http://www.envimat.cz/ (poslední návštěva 20. 3. 2020)

Ing. Karel Struhala, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Ústav pozemního stavitelství
struhala.k@fce.vutbr.cz

Poděkování

Tento článek byl realizován za finanční podpory z prostředků Grantové agentury České Republiky v rámci projektu 19-20943S "Kompatibilita plastů a kovů s materiály pro akumulaci tepla při změnách skupenství pro integraci v budovách".

Článek byl recenzován

CERTIFIKOVANÉ SANAČNÍ OMÍTKOVÉ SYSTÉMY WTA-Inter
CERTIFIED RESTORATION PLASTER SYSTEMS WTA-Inter

Vydavatel: WTA-Certifikační komise „Sanační omítkové systémy“
Stav k: 9. 11. 2020

Firma	Produkt	Platnost do:
BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.	- PCI Saniment 02 - PCI Saniment 03	duben 2022
Baumit GmbH Werk Landsberg	- Sanova SP Grey - Sanova Pre - Sanova SP Grano - Sanova SP HS - Sanova Por	květen 2021 duben 2021
Baumit GmbH Werk Schönach	- Sanova SP Grey - Sanova SP Grano - Sanova Por	duben 2021
BKM MANNESMANN AG	- BKM-SP	říjen 2021
BOLIX S.A. Polen	- Bolix Z-PT (nur netzförmig zulässig) - Bolix T-WL - Bolix T-RH	květen 2021
Bostik GmbH	- Bostik Spritzbewurf WTA (nur netzförmig zulässig) - Bostik Porengrundputz WTA - Bostik Sanierputz WTA	leden 2022
Capatect Baustoffindustrie GmbH	- Capatect Vorspritz - Capatect Porengrundputz - Capatect Sanierputz Rapid	červenec 2021
epasit GmbH	- epasil MineralSanoPro hb (nur netzförmig zulässig) - epasit MineralSanoPro ap - epasit MineralSanoPro lpf-WTA	srpen 2022
Farby Kabe Polska Sp. z o.o.	- Kabe Mineralit Restauro TB (nur netzförmig zulässig) - Kabe Mineralit Restauro TW - Kabe Mineralit Restauro TU	leden 2022
HASIT Šumavské vápenice a omítkárny s.r.o.	- SANIER Vorspritzmörtel 205 - SANIER-Porenausgleichsputz 208 - SANIER-Wandputz 200 - SANIER-Wandputz 210	říjen 2020
Heinrich Hahne GmbH & Co. KG	- INTRASIT VS-WTA 54Z - INTRASIT GP-WTA 54Z - INTRASIT SAP-WTA 54Z - INTRASIT SanUno-WTA 54Z	srpen 2022
HECK Wall Systems GmbH & Co. KG	- Rajasil Spritzbewurf (nur netzförmig zulässig) - Rajasil Porengrundputz SP2 - Rajasil Sanierputz SP2 fein/grob für Ausfärbungen - Rajasil Sanierputz SP2 Classic - Rajasil Sanierputz SP2 Rapid - Rajasil Egalisiermörtel - Rajasil Sanierputz SP 3 - Rajasil Sanierputz SP 3 PLUS - Rajasil Sanierputz SP 4	říjen 2022
Hornbach Baustoff Union GmbH	- UNIO-PLUS SP-V 25 kg Sanier-Vorspritzmörtel - UNIO-PLUS SP-F 25 kg grau Sanierputz fein - UNIO-PLUS SP-E 25 kg weiß Sanierputz einlagig	srpen 2022
Hufgard Optolith Bauprodukte Polska Sp. z. o.o.	- Optosan HSB Sanier-Vorspritzmörtel (nur netzförmig aufbringen) - Optosan ASP Ausgleich-Porengrundputz - Optosan USP Universal-Sanierputz	leden 2022

ISOTEC GmbH	- ISOTEC Sanierputz weiß - ISOTEC Spritzbewurf (nur netzförmig zulässig)	červenec 2022
Kalkwerk Rygol GmbH & Co. KG	- SAKRET Sanier-Spritzbewurf SAS-HS (nur netzförmig) - SAKRET Porengrundputz PGP-HS - SAKRET Sanierputz SAP-HS	duben 2021
KEIMFARBEN GmbH & Co. KG	- KEIM Porosan-Trass-Sanierputz NP - KEIM Porosan-Ausgleichsputz NP - KEIM Porosan-HF-Sanierputz	květen 2021
Kerakoll S.p.A. Italien	- Biocalce Rinzaffo - Biocalce Intonaco - Biocalce Zoccolatura	květen 2021
Knauf Gips KG	- Spritzbewurf STENS HAFT (nur netzförmig zulässig) - Saniergrundputz STENS GRUND - Sanierputz STENS HELL - Sanierputz Popo	prosinec 2021
Krkonošské vápenky Kunčice, a.s.	- 0210 KVK sanační omítka - 0230 KVK podkladní omítka - 0250 KVK renovační omítka jednovrstvá	leden 2022
Lasselsberger-Knauf Kft. Werk Veszprem - Ungarn	- EUROSAN UP - EUROSAN OP	květen 2021
LB Cemix s.r.o.	- Spritzbewurf WTA (044) - Ausgleichsputz WTA (014) - Sanierputz WTA (024) - Sockelputz 064	červen 2021 květen 2021
MAPEI Kft.	- POROMAP RINZAFFO (Spritzbewurf) - POROMAP INTONACO (Sanierputz)	prosinec 2021
maxit Baustoffwerke GmbH, Krölpa	- maxit san Vorspritz - maxit san Grund - maxit san Weiss - maxit san Standard - maxit san Solo	srpen 2021
MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	- Oxal VSM WTA - Oxal PGP WTA	srpen 2022
muro Bauprodukte GmbH	- MUROsan Spritzbewurf WTA (nur netzförmig zulässig) - MUROsan Porengrundputz WTA - MUROsan Sanierputz WTA weiß - MUROsan duo Sanierputz WTA und Dämmputz	prosinec 2021
PCI Augsburg GmbH	- PCI Saniment® 2in1	duben 2021
PERLIT spo. s r.o.	- Grundputz WTA - Podhoz WTA - Podkladní omítka WTA	červen 2021
Profibaustoffe Austria GmbH	- Profi Poretec WTA Vorspritzer - Profi Poretec WTA Ausgleichsputz - Profi Poretec WTA Sanierplus weiß - Profi Poretec WTA Trass Einlagenputz	duben 2022
Remmers GmbH	- 0400 SP Prep - 0401 SP Levell - 0402 SP TOP white - 0416 SP TOP SR - 0420 SP TOP basic - 0417 SP TOP WD rapid	červen 2022 prosinec 2022
Rubersteinwerk GmbH	- Ruberstein Spritzbewurf - Ruberstein Porengrundputz WTA - Ruberstein Sanierputz WTA	leden 2022
Saint-Gobain Weber GmbH Werk Barby	- weber san 950 - weber san 951 S (nur netzförmig zulässig) - weber san 952 - weber san 953 - weber san 954 - weber san 955 S - weber san 958	červenec 2022 červenec 2021

Saint-Gobain Weber GmbH Werk Istein	- weber san 160 WTA - weber san 162 WTA - weber san 163 WTA	duben 2022
SAKRET Bausysteme GmbH & Co. (Kalkwerk Rygol)	- SAKRET Sanierputz SPW - SAKRET Sanierputzspritzbewurf (nur netzförmig zulässig)	červenec 2021
Sakret CZ k.s.	- Sanační postřik SAS (podhoz) - Sanační vyrovnávací omítka ASP - Sanační omítka SAP	srpen 2022
SANAX GROUP s.r.o.	- SanaBond Jádro - SanaBond Podklad - SanaBond Mono	certifkáty již nejsou platné
Schomburg GmbH & Co. KG	- THERMOPAL-GP11 - THERMOPAL-SR44 - THERMOPAL-SR24 - THERMOPAL-SP - THERMOPAL-Ultra	duben 2022 říjen 2021
SEMPRE FARBY Sp. Z o.o	- RENOWATOR 525 - Porengrundputz - RENOWATOR 545 - Sanierputz	prosinec 2022
SIKA Schweiz AG	- Sanierputz SikaMur® Seco 21	červenec 2021
Sievert Baustoffe GMBH & Co. KG	- quick mix SAPU Sanierputz schnell - AKURIT SAN-V Sanier-Vorspritzmörtel - AKURIT SAN-A Sanier Ausgleichsputz - AKURIT SAN-F grau Sanierputz - AKURIT SAN-E Sanierputz einlagig - tubag VSP Trass-Vorspritzmörtel (nur netzförmig zugelassen) - tubag TKP-wta Trass-Kalk-Porengrundputz - tubag TKS-wta Trass-Kalk-Sanierputz	srpen 2022
Sievert Polska SP. z.o.o.	- tubag SAN-J - tubag SAN-D - tubag SAN-P - tubag SAN-O	srpen 2022
Sto SE & Co. KGaA	- StoMurisol-GP - StoMurisol-VS (nur netzförmig zugelassen) - StoMurisol-SP fein - StoMurisol-SP weiss - StoMurisol-SP getönt	duben 2021
tubag Trass Vertrieb GmbH & Co. KG, Kruft	- Grundputz TKP - wta - Sanierputz TKS - wta	duben 2022
Vandex Isoliermittel-Ges. mbH	- VANDEX Spritzbewurf WTA (nur netzförmig zulässig) - VANDEX Porengrundputz WTA - VANDEX Sanierputz WTA weiß - VANDEX Sanierputz WTA und Dämmputz	prosinec 2021
WEBAC Chemie GmbH	- WEBAC® DHS 1 - WEBAC® DHS 2	certifkát již není platný
Wopfinger Baustoffindustrie GmbH Österreich (Baumit GmbH)	- Baumit SanovaVorspritzer - Baumit SanovaMonoTrass H - Baumit SanovaEinlagenTrassputz	červenec 2021
HASIT Trockenmörtel	- HASIT Calsolan POR - HASIT Calsolan TOP	červenec 2021
MARBOS GmbH & Co. KG	- MARBOS Sanierputz SP w	červenec 2021

CERTIFIKOVANÉ INJEKTÁŽNÍ HMOTY PROTI KAPILÁRNÍ VLHKOSTI

Vydavatel: WTA-Certifikační komise „Injektážní hmoty proti kapilární vlhkosti“
Stav k: 5. 11. 2020

Firma	Produkt	Platnost do	Stupeň nasycení materiálu vodou			Aplikace	
			≤ 60 %	≤ 80 %	≤ 95 %	Tlaková injektáž	Beztlaková injektáž
BAS Mauerwerkstrockenlegung	BAS INJEKT 100	červenec 2022			X	X	
BAS-de GmbH	BAS 880	červen 2022			X		X
BKM.MANNESMANN AG	BKM.Mannesmann HP-HZ	březen 2021			X	X	
BKM.MANNESMANN AG	BKM HZ125	prosinec 2022			X	X	
BKM.MANNESMANN AG	BKM HZ-C	prosinec 2020			X	X	
BKM.MANNESMANN AG	BKM-HZ125 DL	září 2021			X	X	
BKM.MANNESMANN AG	Novusan	září 2021			X		X
Bostik GmbH	Kiesey Injektcreme	říjen 2022			X		X
Bostik GmbH	Bostik W 203	říjen 2022			X		X
BPA GmbH	BPA CEMsil SC-I	únor 2021			X		X
ConSeal Spezialbaustoffe GmbH	CS 561 Horizontalsperre SMK	červen 2022			X	X	
ConSeal Spezialbaustoffe GmbH	CS 564 Injektionscreme	červen 2022			X		X
DOW Silicones Europe	DOWSIL IE 6687	říjen 2020			X		X
DOW Silicones Europe	DOWSIL 1-6184	prosinec 2020			X		X
Evonik Resource Efficiency GmbH	Protectosil WS 770 P	srpen 2021			X		X
Farby Kabe Polska Sp. Z. o. o.	Microsilex Restauro	březen 2022			X	X	
Franken maxit GmbH & Co.	maxit san Injektionscreme	červen 2022			X		X
G. Theodor Freese GmbH	Freese Injektionscreme	listopad 2021			X		X
Getifix GmbH	Getifix Horizont S	prosinec 2022			X		X
Graf & Co. GmbH	Silsan Micro konz	červen 2022			X	X	
Graf & Co. GmbH	Silsan Cream CT-L	červen 2022			X		X
HECK Wall Systems GmbH	Rajasil NIG	červen 2022			X	X	
Heck Wall Systems GmbH	Rajasil HS EASY (Injektionscr.)	červenec 2021			X		X
Heinrich Hahne GmbH & Co. KG	INTRASIT IC 280S	březen 2021			X		X
Heinrich Hahne GmbH & Co. KG	INTRASIT AS 880S	listopad 2020			X		X
Heinrich Hahne GmbH & Co. KG	INTRASIT MEK 180S	březen 2021			X	X	
Heuer GmbH & Co. KG	ThorInject TI80	již není platný			X		X
IAT Injektions- und Abdichtungstechnik GmbH	Inno MKW Aquastop	září 2021			X		X
ISOTEC GmbH	ISOTEC Spezialparaffin	květen 2022			X		X
ISO AB	Iso AB.B	červen 2022			X		X
KÖSTER BAUCHEMIE AG	KÖSTER Mautrol 2K	srpen 2022			X	X	
KÖSTER BAUCHEMIE AG	KÖSTER Crisin 76	září 2021			X		X
KÖSTER BAUCHEMIE AG	KÖSTER Crisin Creme	prosinec 2022			X		X
KÖSTER BAUCHEMIE AG	KÖSTER Crisin 76 Konzentrat	září 2021			X		X
Kurt Obermeier GmbH & Co. KG	KORATECT HZS	září 2021			X	X	
Kurt Obermeier GmbH & Co. KG	KORATECT HSC	říjen 2022			X		X
maxit Baustoffwerke GmbH	maxit san Horizontalsper. SMK	listopad 2021			X	X	
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	MC-Injekt 2300 top	červen 2022			X	X	
Mc-Bauchemie Müller GmbH & Co.	Emcephob HSL-W	prosinec 2020			X	X	
Mc-Bauchemie Müller GmbH & Co.	Emcephob HSC	červenec 2021			X		X

Firma	Produkt	Platnost do	Stupeň nasycení materiálu vodou			Aplikace	
			≤ 60 %	≤ 80 %	≤ 95 %	Tlaková injektáž	Beztlaková injektáž
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co.	Oxal HSL	prosinec 2020			X	X	
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co.	OXAL Dry-In	březen 2021			X	X	
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co.	MC-Injekt GL-95 TR	listopad 2022			X	X	
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co.	MC-Injekt 3000 HPS	listopad 2021			X	X	
MEM Bauchemie GmbH	MEM TrockeneWand Fix&Fertig	říjen 2022			X	X	
Muro Bauprodukte GmbH	Muro fluid SMK	červen 2021			X	X	
Neisius Bautenschutzprodukte	CavaStop 300	listopad 2021		X			X
PCI Augsburg GmbH	PCI Barra Gisol	duben 2022			X	X	
PCI Augsburg GmbH	PCI Barra® Creme	srpen 2021			X	X	
Remmers Baustofftechnik GmbH	Kiesol, Art.-Nr. 1810	září 2022			X		X
Remmers Baustofftechnik GmbH	Kiesol C (Basic)	červenec 2021			X		X
Remmers Baustofftechnik GmbH	Kiesol iK, Art.-Nr. 1813	červenec 2022			X	X	
Remmers Baustofftechnik GmbH	Kiesol C+	květen 2021			X	X	
Rubersteinwerk GmbH	Ruberstein Microemulsion	říjen 2021			X	X	
Rubersteinwerk GmbH	Ruberstein Creme Inject	prosinec 2021			X		X
Rubersteinwerk GmbH	Ruberstein Microemuls. 1620	březen 2021			X	X	
Rubersteinwerk GmbH	Drysilex	září 2022			X	X	
Saint-Gobain Weber GmbH	Weber.tec 940 E	listopad 2021			X	X	
Saint-Gobain Weber GmbH	weber.tec 946	listopad 2021		X			X
Saint-Gobain Construction Polska	weber san Krem Injekcyjna	listopad 2021			X		X
SCHOMBURG GmbH & Co. KG	Aquafin-F	listopad 2021			X	X	
SCHOMBURG GmbH & Co. KG	Aquafin-i380	červenec 2021			X		X
Schuster GmbH	VEINAL VSS 1-90	červen 2021			X		X
SEMPRE Farby Sp. z o.o.	RENOWATOR 120	prosinec 2022			X	X	
SEMPRE Farby Sp. z.o.o	RENOWATOR 190	srpen 2022			X	X	
Sika Services AG	SikaMur®InjectoCream 100	květen 2022			X		X
Sotano Mörtel und Putze GmbH&Co.	Likosil 95	červenec 2022			X	X	
STO AG	StoMurisol Micro	prosinec 2021			X	X	
TPH Bausysteme GmbH	AQUASTOP	prosinec 2021			X		X
TRADECC NV	PC AQUADRY GEL	prosinec 2020			X		X
VANDEX Isoliermittel GmbH	VANDEX IC	únor 2021			X		X
VOLTECO S.p.A.	TripleZero	červenec 2022			X	X	
Wacker Chemie AG	SILRES BS SMK 550	březen 2021			X	X	
Wacker Chemie AG	SILRES(R) BS SMK 1311	březen 2021			X	X	
Wacker Chemie AG	SILRES BS Creme D	březen 2021			X		X
WBA Abdichtungssysteme Jörg Wagener Bauartikel	Batisecc C	září 2022			X		X
WEBAC-Chemie GmbH	WEBAC 1401	září 2021			X	X	
WEBAC-Chemie GmbH	WEBAC 2130	březen 2021			X		X
YaYa Materiales, S.L.	YaYa.tec SMK 550-1	listopad 2021			X	X	
Botament Systembaustoffe	Botament Renovation MS 10	červenec 2022			X		X
BOA Bauteschutz und Baustoffe	BOA TrockenFix WTA	červenec 2022			X	X	
TBT Mauerwerkstrockenlegung	Trocktiv 125	červenec 2022			X	X	

ZAJÍMAVOSTI Z ODBORNÝCH ČASOPISŮ
NEWS FROM THE TECHNICAL JOURNALS
B+B BAUEN IM BESTAND

1.1 - SANIERUNG VON FEUCHTE- UND SCHIMMELSCHÄDEN - SANACE ŠKOD OD VLHKOSTI A PLÍSNÍ

■ *Ing. Andrea Bonner, Stefan Betz*

Die Gesundheit geht vor
(Především zdraví)

Ochrana zdraví při sanaci plísní. Při odstraňování od plísní kontaminovaných předmětů a materiálů se mohou do obklopujícího prostředí uvolňovat až vysoké koncentrace prachu a mikroorganizmů. Tak může docházet, zejména při delší expozici příslušných pracovníků a dalších osob k výrazným zdravotním rizikům. Proto každý, kdo tyto práce plánuje a provádí, musí tato rizika brát v úvahu a jim zabraňovat. Článek tuto problematiku v potřebném rozsahu pojednání.

1.2 - SANACE ŠKOD OD VLHKOSTI A PLÍSNÍ

■ *Prof. Dr. Ing. Thomas Naumann, Dr. Ing. Sebastian Golz, Dipl.Ing. Benno Günther, Dipl.Ing. Stefanie Kunze*

Gegen Hochwasser besser rüsten
(Lépe zabraňovat účinkům vody ze záplav)

Sanace škod od záplav, část „3". Část „1" článku o této problematice se zabývá škodami na budovách, jeho část „2" rozličnými koncepty a pracovními zásahy pro likvidaci a předcházení těmto škodám. Závěrečná část „3" uvádí na dvou konkrétních budovách jaká opatření proti záplavové vodě je na základě dřívějších zkušeností možno realizovat. Na obou objektech, které byly dříve také v určitém rozsahu vodou opakovaně zaplavovány, byly při jejich sanaci dřívější, koncepční a pracovní zkušenosti využity.

1.3 - SANACE ŠKOD OD VLHKOSTI A PLÍSNÍ

■ *Dipl. Ing. (FH) Thomas Runzheimer*

Gar nicht so einfach
(Vůbec ne tak jednoduché)

Pro sanaci plochých střech a střech s malým sklonem na převážně nebytových domech bývají pro jejich vzducho- a parotěsnost často používány samolepící izolační pásy metodou „za studena". Na takto izolovaných střechách objektů ale někdy vznikají sice jen velmi malé, ale i četné netěsnosti, jejichž výsledkem jsou průsaky. K tomu dochází hlavně ve spojích pásů a proto je při provádění prací právě této záležitosti nutno věnovat velkou pozornost.

1.4 - SANACE ŠKOD OD VLHKOSTI A PLÍSNÍ

■ *Kristian Hoyer, Ingo Thümler*

Die (kurze) Welle machen
(Vytvářet krátké vlny)

Vysušování zdiva technologií za využití radiových vln. Tento způsob technického vysušování konstrukcí byl vyvinut v rámci kooperačního projektu odborných institucí a pracovníků v Německu a jedná se o zařízení pro využití radiovými vlnami zesilovaný ohřev zdiva. Prototyp zařízení na bázi dielektrického ohřevu v rozsahu frekvence radiových vln byl odzkoušen při vysušování sklepních zdí, podlah a základového zdiva. Zařízení je přenosné, snadno ovladatelné a je technicky vhodné pro praktické podmínky staveb.

1.5 - BAUWERKSABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dipl. Ing. Thomas Platts, Dipl.Ing. Henrik-Horst Wetzel*

Hat sich das Warten gelohnt?
(Vyplatilo se počkat?)

Nové normy pro hydroizolace staveb - část 1 - struktura norem

V červenci a v srpnu 2017 bylo spolu s normami DIN 18531 a DIN 18535 zpracováno dalších pět samostatných norem. V těchto normách byla obsažena doporučení na hydroizolace jednotlivých stavebních dílců a na provádění izolace různých druhů konstrukčních stavebních celků. Autoři série uváděných norem shromažďovali zkušenosti a kritická hodnocení z jejich uplatňování. Záměrem článku přitom je určovat technickou vhodnost jejich použitelnosti se zřetelem na projektování, provádění a praktickou vhodnost využitelnosti.

1.6 - BARRIEREFREIHEIT - BEZBARIÉROVÉ POUŽITÍ

■ *Dipl. Ing. arch. Heribert Sutter, Dipl.Ing.(FH) Arch. Sebastian Reipsch M.A.*

Kein Widerspruch: Kulturdenkmal und Barrierefreiheit
(Žádný rozpor: Kulturní památka a bezbariérovost

Bezbariérová přestavba Lutherova domu v Neustadtu/Orla. Tento příklad přestavby navzdory celé řady nepříznivých místních podmínek objektu (malá plocha pro pracovní manipulace) prokazuje, že způsob plánování a realizace potřebných prací je při respektování pravidel památkové ochrany technicky vhodný i pro jiné podmínky památkových objektů. Rozhodující přitom je metodický a systematický postup řešení. K tomu v první fázi tohoto řešení patří předběžný průzkum stavby. Přitom je třeba brát v úvahu a aplikovat ustanovení normy DIN 18040. Uváděné postupy při řešení dané problematiky by následně měly ještě být předmětem odborné rozpravy a posuzování účastníků celkového projektu. Všechny tyto záležitosti jsou v článku pojednány.

1.7 - FUSSBODENSANIERUNG - SANACE PODLAH

■ *Peter Körber*

Wenn´s schnell gehen soll
(Když to má jít rychle)

Rychle prováděné potěry při sanaci. Když je při sanaci podlahy třeba provést nový potěr a přitom zkrátit čas pro jeho vyschnutí a použití, tak se nabízejí tři alternativy s různými přednostmi a nedostatky, kterými jsou:

- Přísady pro urychlení vysýchání
- Rychle tuhnoucí pojiva
- Tenkovrstvé kalcium sulfátové mazaniny

Rozhodnutí o volbě druhu potěru musí být vždy učiněno až po důkladném zjištění technického stavu existujících podkladů. Článek všechny tyto náležitosti posuzuje.

1.8 - INNENDÄMMUNG - VNITŘNÍ TEPELNÁ IZOLACE

■ *Dr. Lutz Weber,Mark Koehler*

Akustische Wirkung hängt von Resonanzfrequenz ab
(Akustická účinnost je závislá na rezonanční frekvenci

Zvuková izolace vnitřních tepelně izolačních systémů. Vliv těchto systémů na zvukovou izolaci na obvodových stěnách masivních staveb byl zjišťován ve „Fraun-Hofer Institutu pro stavební fyziku" systematickým měřením na akustické zkušební ploše. Přitom bylo zjištěno, že zvuková izolace na obvodové zdi je závislá na vnitřním tepelně izolačním systému, že po stránce vlastností se může zlepšovat nebo zhoršovat a že akustická účinnost závisí v prvé řadě na rezonanční frekvenci.

1.9 - SCHADSTOFFSANIERUNG - SANACE ŠKODLIVIN - SANACE RADONU

■ *Dr.rer.nat. Gerhard Binker*

Der Feind aus dem Keller
(„Nepřítel" ze sklepa)

Radon je radioaktivní vzácný plyn s velmi nebezpečnými riziky pro člověka. Proto je třeba jeho výskytu v budovách neustále zabraňovat. V objektech, zejména staršího stavebního fondu, je nutno nejprve místa jeho průniků z podzákladí lokalizovat. Typickým způsobem likvidace radonu je zřizování interních větracích systémů a radonových studní. Ve studních se vytváří podtlak a tím se brání proniku plynu do okolí. Tento způsob se jeví jako velmi efektivní a je příznivý i z hlediska finančních nákladů. Problematika výskytu a likvidace radonu je v článku uváděna.

2.1 - ENERGETICKÁ MODERNIZACE - MODERNIZOVAT ENERGETICKY

■ *Dr. Ing. Heribert Oberhaus*

Da kann einiges schiefgehen
(Tady by něco nemuselo dobře dopadnout)

Článek uvádí typické chyby ve spojích při projektování a provádění tepelně izolačních systémů (WDVS). Při každé energetické modernizaci fasády budovy za použití systému WDVS se nikdy nesmí zanedbat její fundovaný průzkum. Následně je třeba řešit a se zřetelem na spáry v podkladu a na okenní otvory zpracovat projekt potřebných prací a tyto technicky správně i provést. Článek uvádí postupy jak je třeba při těchto činnostech postupovat.

2.2 - MODERNIZOVAT ENERGETICKY

■ *Sören Peper, Tim Huyeng*

Dicht oder doch nicht dicht?
(Utěsněno nebo ještě ne?)

Multifunkční utěsňovací pásky. Tyto pásky (MBF) se již řadu let ve stále rostoucí míře používají k utěsňování oken v novostavbách i na objektech staršího stavebního fondu. Po aplikaci zvětšují svůj objem a tím dochází k utěsňovacímu efektu. V mnoha případech se ale tento efekt zpochybňuje a proto byla technická vhodnost pásků od čtyřech různých výrobců dvěma, v tomto směru zainteresovanými odbornými institucemi, v laboratorních podmínkách ověřována. Výsledkem tohoto odzkušování bylo, že pásky svoji účinnost nabývají 4 týdny od aplikace. Jejich těsnící vlastnosti jsou určovány šířkou štěrbiny neb mezery. Volba druhu pásků pro požadovaný účel je proto závislá na podmínkách aplikace.

2.3 - MODERNIZOVAT ENERGETICKY

■ *Dipl. Ing. (FH) Jürgen Gänssmantel*

Nicht nur zum lachen in den Keller
(Jít do sklepa a nejen se smíchem)

Zajištění vysoké kvality a trvanlivosti sanačních prací ve sklepě. Pro dosažení tohoto stavu je třeba postupovat správně a krok za krokem. Podmínkou přitom je v časovém předstihu dokonale zjistit existující technický stav sklepa pro zpracování projektu a postupů při realizaci potřebných prací. Následně je třeba tyto práce kvalitně provádět.

2.4 - BAUWERKSABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dipl. Ing. Thomas Platts,*
Dipl. Ing. Henrik-Horst Wetzel

Hat sich das warten gelohnt?
(Vyplatilo se počkat?)

Nové normy pro hydroizolace staveb. Část 2: Izolace střech (druhá část). V části 2 série článků, která podávala kritická hodnocení nových hydroizolačních norem, se jedná znovu o DIN 18531 „Izolace střech, balkonů, lodžií, arkád, podloubí aj". Pozornost je zaměřena na zvláštnosti střech se solárními instalacemi, na konstrukční řešení detailů, zj. na napojení na navazující stavební dílce a prvky jako dveře, nadzemní okna aj. Některé z dalších, v tomto směru technicky rovněž zajímavých aspektů, v normě uvedeny nejsou.

2.5 - BAUWERKSDIAGNOSTIC - DIAGNOSTIKA STAVEB

■ *Dr. Uwe Schürger*

Wie feucht ist es denn nun?
(Jak je to v současné době vlhké?)

Měření a hodnocení zvýšeného obsahu vlhkosti ve stavebních materiálech. Část 1 „Podklady". Toto speciálně zaměřené zjišťování vlhkosti v materiálech a především odborné hodnocení získaných výsledků vyžaduje fundované přístupy a znalosti dané problematiky a to i po stránce měřící techniky. Tyto záležitosti - část 1 podrobně pojednává. V části „2" článku jsou popisovány technické možnosti a limity běžných druhů měřících přístrojů.

2.6 - DECKEN SANIERUNG - SANACE STROPŮ

■ *Dipl.Ing. Walter Meyer*

Was ist da los, man hört gar nichts mehr?
(Co se to tu děje, nic už není více slyšet?)

Zlepšování zvukové ochrany dřevěných trámových stropů mazaninou z desek a na sucho. Pro tyto účely byly konsorciem zainteresovaných stavebních podniků tyto mazaniny odzkušovány na celé řadě systematicky zvolených konstrukčních systémů. Výsledkem odzkušování bylo zjištění, že hluk z pochozího provozu se oproti hluku za použití mazanin mokrých téměř odstranil. Tato zvuková izolace se pozitivně projevila zejména v novostavbách. Podle podmínek objektu se tento příznivý efekt projeví, ale i na stavbách již existujících.

2.7 - BESTANDERFASSUNG - ZJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÉHO STAVU STAVEB

■ *Dipl. Ing. Andreas Hasenstab*

Tragwerk besser ausnutzen
(Lépe využít nosné konstrukce)

Nedestruktivní způsob průzkumu stavebních nástaveb. Pro tyto účely a pro změny využití částí staveb je třeba prokázat, zda existující nosné konstrukce jsou schopny snášet změny následného zatížení či zda je nutno je zesilovat. Pro potřeby posouzení z hlediska statiky lze využít známé technické údaje a data pro různé stavební dílce a materiály. Je v tomto směru výhodné tyto údaje posuzovat v kombinaci s výsledky provedeného nedestruktivního průzkumu stavby. Mezi tyto druhy průzkumu patří např. použití radaru, ultrazvuku, schmidtova kladívka, měření vlhkosti aj.

2.8 - BAUWERKS ABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Rainer Spirgatis*

Jetz gilt es die Regelungen umzusetzen
(Nyní se vyplatí uplatňovat předpisy)

Hydroizolace soklových částí budov materiály v tekutém stavu v souladu s normou DIN 18533 z července 2017. Vlhkostní namáhání nadzemních částí zdiva a po povrchu stékající a od terénu odstřikující vody je podle této normy pro projektanta a pro volbu izolačních materiálů a způsobů jejich aplikace, zařazeno do kategorie „W4E". Norma se rovněž zabývá problematikou izolace napojení různých stavebních detailů a styků soklového zdiva se zeminou.

2.9 - ENERGETICKÁ SANACE - VĚTRÁNÍ

■ *Dr. Karl Torghele*

Und sie vohnen sich doch
(A přece se to vyplatí)

Článek se zabývá otázkami při zřizování a provozu centrálních a lokálních větracích systémů v budovách. V místnostech s velkým počtem osob jako jsou školy, správní budovy aj. je prakticky nemožné větrat jenom okny. Přestože větrání nucené zajišťuje v těchto místnostech a prostorách potřebnou kvalitu vzduchu, dobré hygienické podmínky a celkový pohodový komfort, je tento způsob větrání z hlediska finančních nákladů na zřizování a provoz někdy ale i rozporován a kritizován, jsou jeho přednosti nesporné. Při sanaci staveb se zřizují převážně větrací systémy lokální, neboť se hlavně jedná o objekty starší a již existující.

2.10 - FERTIGHAUSSANIERUNG - SANACE MONTOVANÝCH PREFABRIKOVANÝCH STAVEB

■ *Dipl. Ing. Walter L. Meyer*

In die Jahre gekommen

Sanace montovaných staveb, část „1". Tyto domy staré zhruba 30 roků, už většinou neodpovídají současným uživatelským požadavkům svých obyvatel. Toto se týká rovněž stejných nároků na energetické potřeby a totéž platí i pro běžné stavby zděné. V současné době je poměrně hodně starších montovaných domů buď prodáváno nebo získáváno jako dědictví a následně sanováno. Přitom je třeba respektovat některé jejich stavební i jiné zvláštnosti a podmínky.

2.11 - SCHADSTOFFSANIERUNG - SANACE ŠKOD ZUSTANDSERFASSUNG - ZJIŠŤOVÁNÍ EXISTUJÍCÍCHO TECHNICKÉHO STAVU BUDOV

■ *Dipl.Ing. Martin Kessel*

Noch nicht von Amts wegen
(Ještě ne z moci úřední)

V Německu zatím ještě neexistuje povinnost provádět průzkumy pro zjišťování škod v oblasti stavebních úprav, oprav a demolice stávajícího stavebního fondu, ale uplatňování celé řady směrnic a pokynů, které jsou v tomto směru v souladu se současným staveb techniky v daném oboru, zjišťování stavebního poškození povinností stavebních podniků. Příslušné předpisy obsahují doporučení, jak je možno zjišťování technického stavu objektů a zhotovování katastru škod zajišťovat.

3.1 - BAUWERKSABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Matthias Strohte*

Wenn´s von Außen nicht geht
(Když to zvenku nejde)

Vnitřní izolace a sanace částí staveb, které jsou v kontaktu se zemním tělesem. Kromě zjišťování konkrétních příčin poškození zdiva je pro zpracování způsobu jeho sanace prvořadým úkolem vzít v úvahu všechny existující podmínky stavby. Pozornost je přitom třeba zaměřit zejména na „zasolení" předmětných konstrukcí. Článek jako příklad uvádí sanaci domu z r. 1912 v Krefeldu - v Německu.

3.2 - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dip.Ing. Thomas Brüggemann*

Wohin bloß mit dem Wasser?
(Kam jenom s vodou?)

Kombinovat hydroizolace stavby s prováděním odvodňovací drenáže je možno jenom za určitých předpokladů. Proto je při projektování sanace kromě druhu a charakteru vyskytující se vody a druhu a charakteru základové půdy, třeba brát v úvahu také ještě vodoprávní poměry zájmového území. Pro funkční drenáže, jejich zřizování a pro odvod vody od objektu, existuje pro dané podmínky staveb celá řada účinných způsobů.

3.3 - BAUWERKS ABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dipl. Ing. Michael Bertels*

Da wird es lecker schmecken
(Tady bude moc chutnat)

Hydroizolační koncept sanace budovy pro gastronomické účely. Pro vlhkostní sanaci památkově chráněného objektu v Düsseldorfu byl požadován speciální koncept hydroizolace místností pro restauraci a kuchyni. Jednalo se o podzemní části budovy s obvodovými stěnami v kontaktu se zemním tělesem. Článek danou problematiku a její řešení popisuje.

3.4 - DIAGNOSTIKA STAVEB

■ *DR. Uwe Schürger*

Der Feuchtemenge auf der Spur
(„Na stopě" zjišťování obsahu vlhkosti)

Měření a hodnocení zvýšeného obsahu vlhkosti ve stavebních materiálech - část „2": způsoby měření.

Zatím co byly části „1" tohoto článku pojednávány hlavní příčiny obsahu vlhkosti v porézních stavebních materiálech, jeho část „2" se zbývá principy měření těchto obsahů za použití v praxi běžných měřících přístrojů. Tyto přístroje mají vždy svoje typické způsoby použití a hranice technické vhodnosti uplatnění, které je při hodnocení zjištěných výsledků vždy třeba brát v úvahu.

3.5 - TROCKNUNG - VYSOUŠENÍ

■ *Wolfgang Böttcher, Dr. Jörg Walther, Michael Resch*

Mehr als nur Geräte aufstellen
(Více než jenom instalovat přístroje)

WTA směrnice E-6-16-17-D - „Technické vysoušení vlhkých stavebních dílců, část 2". Na praxi zaměřené předpis a doporučení, jak různé stavební dílce a materiály za různých podmínek výskytu a stupně vlhkostního poškození technicky správně vysoušet. Předpis je v současné době ale zatím jen na úrovni návrhu. Autoři směrnice v ní rovněž doporučují a navrhují, jak je možno proces tohoto vysoušení kontrolovat.

3.6 - OPRAVY A ÚDRŽBA STAVEB

■ *Univ. Prof. Dipl. Ing. Matthias Pfeifer*

So geht moderne Denkmalpflege
(Tak probíhá moderní péče o památkové objekty)

Při opravě, rekonstrukci a modernizaci památkově chráněného kulturního paláce v Drážďanech bylo možno vnější nosné konstrukce opravit a proti požáruz zabezpečit za použití jen menších úprav a stavebních doplňků. Podkladem pro tyto úpravy byla finančně nákladná analýza existujícího stavu

objektu, potřebné výpočty a v úvahu byly vzaty i možná nebezpečí požáru. Po stránce statiky a situování byl do objektu technicky i účelově vhodně začleněn nový koncertní sál, jehož akustika odpovídá i těm nejnáročnějším požadavkům. Článek všechny tyto záležitosti pojednává.

3.7 - SANACE BALKONŮ

■ *Andreas Nosselek*

Wünsche der Verarbeiter standen Pate

(Přání pracovníků se splnilo)

Izolace balkonů. Nový způsob jejich izolace kombinuje proces dlouhodobé zpracovatelnosti s rychlým vytvrzováním materiálu a vyšší flexibilitu a překlenování trhlin při současné vyšší mechanické zatížitelnosti.

3.8 - AUSSENWANDINSTAND-SETZUNG - OPRAVA VNĚJŠÍCH STĚN BUDOV

■ *Dipl.Ing. (FH) Lutz Reinboth*

Sparbauweise

(Úsporný stavební způsob)

Materiálů pro opravu vnějšího zdiva objektů v období od roků 1918 - 1925 v Německu. Potřeba nových bytů a nedostatek příslušných stavebních materiálů, zejména cihel, po 1. světové válce vedl k vývoji úsporných stavebních technologií a k používání úsporných stavebních materiálů. Článek se touto problematikou podrobně zabývá a jako příklad uvádí způsob označení „JURKO" (viz str. 48-49). Způsob spočívá v používání stěnových desek (panelů) ze strusko-betonu. Domy, opravované jejich použitím, v současné době ale vykazují značná poškození jako trhliny a znaky zavlhnutí a zasolení. Z dnešního hlediska problematické jsou rovněž ve zdivu zabudované vazáky, které fungují jako tepelné mosty.

3.9 - BRANDSCHUTZ - PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANA

■ *Dipl. Ing. Für Brandschutz Thomas Hübler*

Besser den unbequemen Weg nehmen

(Je lepší jít nepohodlnou cestou)

Hodnocení protipožární ochrany částí staveb. Příklady ochrany památkově chráněných železobetonových stropů a různých prosklení částí staveb v kombinaci s lehkými dělícími stěnami prokazují, že v případě historických objektů s odpovídajícími protipožárními a technickými parametry jsou příslušná opatření často velmi vhodná. To platí při absenci opatření proti požáru na existujících konstrukcích a to i v případě různých dodatečně provedených úprav. Tak je možno zpracovatelům konceptu a projektu sanace poskytnout pro jejich realizaci potřebné podklady. Daná problematika je v článku pojednána.

3.10 - ABLAUF PLANUNG - PRŮBĚH PLÁNOVÁNÍ

Nicht alles auf einmal

(Ne všechno najednou)

Energeticky sanovat krok za krokem. Kdo by chtěl sanovat energeticky, měl by příslušné práce plánovat a provádět je technicky správně a to tak, aby na práce předešlé navazovaly. Nová pracovní pomůcka pro tyto potřeby je v současné době již k dispozici. Redaktor B+B v této záležitosti diskutoval s pracovníkem institutu pro energie a pro rozvoj životního prostředí. Tento institut ve spolupráci s ústavem, zabývajícím se pasivními domy, uváděnou pracovní pomůcku, vypracoval. Obsah zmiňovaného rozhovoru je předmětem tohoto článku.

3.11 - WÄRMEDÄMM-VERBUDSYSTEM

■ *Kay Beyen*

Auswählen unter geänderten bedingungen

(Volba za měnících se podmínek)

Provedený sanační tepelně izolační systém (WDVS). Stále se zdokonalující přizpůsobování německého stavebního práva stavebním aktivitám se nezastavilo ani v případě systémů WDVS. Zaměřilo se na používání různých druhů komponent pro jejich funkci. Tyto komponenty je pro různé druhy systémů možno definovat. Do vypracování harmonizované evropské normy (předpokládá se do roku 2020) jsou zatím k dispozici různé způsoby provádění a uplatňování WDVS (viz článek). V každém případě, nezávisle na druhu systému, je třeba, aby takový systém byl pro použití na konkrétním objektu vždy v souladu s požadavky příslušného stavebního řádu dané země SRN.

3.12 - ERNEUERBARE ENERGIEN - OBNOVITELNÉ ENERGIE

■ *Dipl. Ing. (FH) Robert Jahrstorfer*

Sonne frei Haus

(Slunce vyhřívá dům)

Vyhřívání a vytápění budov za využití obnovitelné energie. Tepelná solartechnika má, stejně jako fotovoltaika, při využívání regenerační energie velkou důležitost. Jde o používání solárních kolektorů pro podporu vyhřívání až k samotnému vytápění budov, zejména existujícího stavebního fondu. Podle druhu, tvaru a vybavení střechy a její plochy pro kolektory, může být získána tepelná energie dostatečná pro přípravu teplé užitkové i běžné vody a i pro vytápění bytů. Tyto možnosti článek uvádí.

3.13 - FERTIGHAUSSANIERUNG - SANACE MONTOVANÉHO DOMU

■ *Dipl. Ing. Walter L. Meyer*

Sanierungsmarkt für Spezialisten

(Sanační trh pro specialisty)

Sanace montovaného domu - část 2. Při energetické modernizaci stávajících domů vystupuje do popředí jejich tepelná ochrana v zimním období. Přesto by pro prefabrikované domy pro starší generace neměla být kromě jiného rozhodujícím kritériem pouze tepelná propustnost jejich vnějšího obvodového pláště. Dále je třeba event. plánovat a realizovat i některá další možná pracovní doporučení, která se mohou za určitých podmínek vyskytnout. Další technické informace jsou uvedeny v článku.

3.14 - SCHADSTOFFSANIERUNG - SANACE ŠKODLIVIN SCHIMMELPILZSANIERUNG - SANACE

■ *Dipl. Ing. Silke Sous*

Schotten dicht - reicht das?

(Utěsnit příčkou - stačí to?)

Zabránění šíření plísní ve vnitřním prostředí staveb utěsněním zřízených příček mezi místnostmi.

V této věci je již k dispozici nový pracovní předpis a nový koncept sanace, který byl zpracován výzkumným ústavem pro stavební fyziku ve spolupráci s „LB" Biokonsent v Cáchách - SRN. Zjišťováno bylo zda je možné plísněmi napadené místnosti zřízením utěsňovacích příček oddělit od místností pro bytové účely. Článek uvádí první výsledky šetření, které v současné době ještě neskončilo.

3.15 - NAPHTHALINSANIERUNG - SANACE NAFTALINU

■ *Tobias Schnabel, Katrin Krause, Dennys Dressel, Daniel Martschoke*

Pausenlos gute Luft

(Neustále dobrý vzduch)

Odstraňování naftalínu ze vzduchu katalytickým čištěním" Část 2. Vědečtí pracovníci ve Weimaru vyvinuli ve

spolupráci s dalšími svými partnery technický způsob, jak ve vnitřním prostředí budov čistit vzduch, do kterého difunduje ze stavebních dílců naftalin. Způsob byl za vytváření praktických podmínek ověřován na zkušebním objektu. Výsledky článek uvádí.

4.1 - FASSADENSANIERUNG - SANACE FASÁD

■ *M.Sc. Franziska Braun, Prof. Dr. Jeanette Orlowsky*

Steter tropfen höhlt (nicht) den stein
(Neustále působící dešťové kapky poškozují (nepoškozují) přírodní kámen)

Povrch přírodního kamene účinky povětrnosti zvětrává a není tomu možno zabránit.

4.2 - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dip.Ing. Thomas Brüggemann*

Wohin bloß mit dem Wasser?
(Kam jenom s vodou?)

Kombinovat hydroizolace stavby s prováděním odvodňovací drenáže je možno jenom za určitých předpokladů. Proto je při projektování sanace kromě druhu a charakteru vyskytující se vody a druhu a charakteru základové půdy, třeba brát v úvahu také ještě vodoprávní poměry zájmového území. Pro funkční drenáže, jejich zřizování a pro odvod vody od objektu, existuje pro dané podmínky staveb řada účinných způsobů.

4.3 - BAUWERKS ABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dipl. Ing. Michael Bertels*

Da wird es lecker schmecken
(Tady bude moc chutnat)

Hydroizolační koncept sanace budovy pro gastronomické účely. Pro vlhkostní sanaci památkově chráněného objektu v Düsseldorfu byl požadován speciální koncept hydroizolace místností pro restauraci a kuchyni. Jednalo se o podzemní části budovy s obvodovými stěnami v kontaktu se zemním tělesem. Článek danou problematiku a její řešení popisuje.

4.4 - DIAGNOSTIKA STAVEB

■ *DR. Uwe Schürger*

Der Feuchtemenge auf der Spur
(„Na stopě" zjišťování obsahu vlhkosti)

Měření a hodnocení zvýšeného obsahu vlhkosti ve stavebních materiálech - část „2": způsoby měření.

Zatím co byly části „1" tohoto článku pojednávány hlavní příčiny obsahu vlhkosti v porézních stavebních materiálech, jeho část „2" se zbývá principy měření těchto obsahů za použití v praxi běžných měřících přístrojů. Tyto přístroje mají vždy svoje typické způsoby použití a hranice technické vhodnosti uplatnění, které je při hodnocení zjištěných výsledků vždy třeba brát v úvahu.

4.5 - TROCKNUNG - VYSOUŠENÍ

■ *Wolfgang Böttcher, Dr. Jörg Walther, Michael Resch*

Mehr als nur Geräte aufstellen
(Více než jenom instalovat přístroje)

WTA směrnice E-6-16-17-D – „Technické vysoušení vlhkých stavebních dílců, část 2". Na praxi zaměřené předpis a doporučení, jak různé stavební dílce a materiály za různých podmínek výskytu a stupně vlhkostního poškození technicky správně vysoušet. Předpis je v současné době ale zatím jen na úrovni návrhu. Autoři směrnice v ní rovněž doporučují a navrhují, jak je možno proces tohoto vysoušení kontrolovat.

4.6 - OPRAVY A ÚDRŽBA STAVEB

■ *Univ. Prof. Dipl. Ing. Matthias Pfeifer*

So geht moderne Denkmalpflege
(Tak probíhá moderní péče o památkové objekty)

Při opravě, rekonstrukci a modernizaci památkově chráněného kulturního paláce v Drážďanech bylo možno vnější nosné konstrukce opravit a proti požáruz zabezpečit za použití jen menších úprav a stavebních doplňků. Podkladem pro tyto úpravy byla finančně nákladná analýza existujícího stavu objektu, potřebné výpočty a v úvahu byly vzaty i nebezpečí požáru. Po stránce statiky a situování byl do objektu technicky i účelově vhodně začleněn nový koncertní sál, jehož akustika odpovídá nejnáročnějším požadavkům. Článek tyto záležitosti pojednává.

4.7 - SANACE BALKONŮ

■ *Andreas Nosselek*

Wünsche der Verarbeiter standen Pate
(Přání pracovníků se splnilo)

Izolace balkonů. Nový způsob jejich izolace kombinuje proces dlouhodobé zpracovatelnosti s rychlým vytvrzováním materiálu a vyšší flexibilitu a překlenování trhlin při současné vyšší mechanické zatížitelnosti.

4.8 - AUSSENWANDINSTANDSETZUNG - OPRAVA VNĚJŠÍCH STĚN BUDOV

■ *Dipl.Ing. (FH) Lutz Reinboth*

Sparbauweise
(Úsporný stavební způsob)

Materiálů pro opravu vnějšího zdiva objektů v období od roků 1918 - 1925 v Německu. Potřeba nových bytů a nedostatek příslušných stavebních materiálů, zejména cihel, po 1. světové válce vedl k vývoji úsporných stavebních technologií a k používání úsporných stavebních materiálů. Článek se touto problematikou podrobně zabývá a jako příklad uvádí způsob označení „JURKO". Způsob spočívá v používání stěnových desek (panelů) ze strusko-betonu. Domy, opravované jejich použitím, v současné době ale vykazují značná poškození jako trhliny a znaky zavlhnutí a zasolení. Z dnešního hlediska problematické jsou rovněž ve zdivu zabudované vazáky, které fungují jako tepelné mosty.

4.9 - BRANDSCHUTZ - PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANA

■ *Dipl. Ing. Für Brandschutz Thomas Hübler*

Besser den unbequemen Weg nehmen
(Je lepší jít nepohodlnou cestou)

Hodnocení protipožární ochrany částí staveb. Příklady ochrany památkově chráněných železobetonových stropů a různých prosklení částí staveb v kombinaci s lehkými dělícími stěnami prokazují, že v případě historických objektů s odpovídajícími protipožárními a technickými parametry jsou příslušná opatření často velmi vhodná. To platí při absenci opatření proti požáru na existujících konstrukcích a to i v případě různých dodatečně provedených úprav. Tak je možno zpracovatelům konceptu a projektu sanace poskytnout pro jejich realizaci potřebné podklady. Daná problematika je v článku pojednána.

4.10 - ENERGETISCHE SANIERUNG - ENERGETICKÁ SANACE ABLAUF PLANUNG - PRŮBĚH PLÁNOVÁNÍ

Nicht alles auf einmal
(Ne všechno najednou)

Energeticky sanovat krok za krokem. Kdo by chtěl sanovat energeticky, měl by příslušné práce plánovat a provádět je technicky správně a to tak, aby na práce předešlé navazovaly. Nová pracovní pomůcka pro tyto potřeby je v současné

době již k dispozici. Redaktor B+B v této záležitosti diskutoval s pracovníkem institutu pro energie a pro rozvoj životního prostředí. Tento institut ve spolupráci s ústavem, zabývajícím se pasivními domy, uváděnou pracovní pomůcku, vypracoval.

4.11 - WÄRMEDÄMM-VERBUDSYSTEM

■ *Kay Beyen*

Auswählen unter geänderten bedingungen
(Volba za měnících se podmínek)

Provedený sanační tepelně izolační systém (WDVS). Stále se zdokonalující přizpůsobování německého stavebního práva stavebním aktivitám se nezastavilo ani v případě systémů WDVS. Zaměřilo se na používání různých druhů komponent pro jejich funkci. Tyto komponenty je pro různé druhy systémů možno definovat. Do vypracování harmonizované evropské normy (předpokládá se do roku 2020) jsou zatím k dispozici různé způsoby provádění a uplatňování WDVS (viz článek). V každém případě, nezávisle na druhu systému, je třeba, aby takový systém byl pro použití na konkrétním objektu vždy v souladu s požadavky příslušného stavebního řádu dané země SRN.

4.12 - ERNEUERBARE ENERGIEN - OBNOVITELNÉ ENERGIE

■ *Dipl. Ing. (FH) Robert Jahrstorfer*

Sonne frei Haus
(Slunce vyhřívá dům)

Vyhřívání a vytápění budov za využití obnovitelné energie. Tepelná solartechnika má, stejně jako fotovoltaika, při využívání regenerační energie velkou důležitost. Jde o používání solárních kolektorů pro podporu vyhřívání až k samotnému vytápění budov, zejména existujícího stavebního fondu. Podle druhu, tvaru a vybavení střechy a její plochy pro kolektory, může být získána tepelná energie dostatečná pro přípravu teplé užitkové i běžné vody a i pro vytápění bytů. Tyto možnosti článek uvádí.

4.13 - FERTIGHAUSSANIERUNG - SANACE MONTOVANÉHO DOMU

■ *Dipl. Ing. Walter L. Meyer*

Sanierungsmarkt für Spezialisten
(Sanační trh pro specialisty)

Sanace montovaného domu - část 2. Při energetické modernizaci stávajících domů vystupuje do popředí jejich tepelná ochrana v zimním období. Přesto by pro prefabrikované domy pro starší generace neměla být kromě jiného rozhodujícím kritériem pouze tepelná propustnost jejich vnějšího obvodového pláště. Dále je třeba event. plánovat a realizovat i některá další možná pracovní doporučení, která se mohou za určitých podmínek vyskytnout. Další technické informace jsou uvedeny v článku.

4.14 - SCHADSTOFFSANIERUNG - SANACE ŠKODLIVIN SCHIMMELPILZSANIERUNG - SANACE

■ *Dipl. Ing. Silke Sous*

Schotten dicht - reicht das?
(Utěsnit příčkou - stačí to?)

Zabránění šíření plísní ve vnitřním prostředí staveb utěsněním zřízených příček mezi místnostmi.

V této věci je již k dispozici nový pracovní předpis a nový koncept sanace, který byl zpracován výzkumným ústavem pro stavební fyziku ve spolupráci s „LB" Biokonsent v Cáchách - SRN. Zjišťováno bylo zda je možné plísněmi napadené místnosti zřízením utěsňovacích příček oddělit od místností pro bytové účely. Článek uvádí první výsledky šetření, které v současné době ještě neskončilo.

4.15 - NAPHTHALINSANIERUNG - SANACE NAFTALINU

■ *Tobias Schnabel, Katrin Krause, Dennys Dressel, Daniel Martschoke*

Pausenlos gute Luft
(Neustále dobrý vzduch)

Odstraňování naftalínu ze vzduchu katalytickým čištěním" Část 2. Vědečtí pracovníci ve Weimaru vyvinuli ve spolupráci s dalšími svými partnery technický způsob, jak ve vnitřním prostředí budov čistit vzduch, do kterého difunduje ze stavebních dílců naftalin. Způsob byl za vytváření praktických podmínek ověřován na zkušebním objektu. Výsledky z tohoto ověřování článek uvádí.

5.1 - BETONINSTANDSETZUNG - OPRAVA BETONU

■ *Edmund Ackermann, Pauline John*

Ein Industriedenkmal erwacht
(Probuzení staré industriální haly)

Jednou z nejstarších betonových skeletových staveb v Německu je industriální „IBAG" hala v Neustadtu. Stavba pochází z r. 1911, je památkově chráněná a byla v r. 2017 za vynaložení velkých nákladů, rekonstruována a opravena pro další využití, např. pro bytové potřeby. Oblouková střecha nesplňovala z hlediska statiky již požadovaný účel. V rámci oprav byly tři nejvíce poškozené střešní obloukové segmenty, včetně jejich nosníků, vyměněny. Betonová rámová konstrukce v postranní lodi budovy byla zesílena litým betonem. Všechny práce musely splňovat požadavky památkové péče.

5.2 - OPRAVA BETONU

■ *Univ. Prof. Dr. Ing. Christoph Gehlen*

Wie lange soll es noch halten?
(Jak dlouho to má ještě vydržet?)

Nové plánovací přístupy pro určování doby použitelnosti a životnosti betonových dílců a krycích vrstev z betonu. Použitím normogramů dle informativní části 5 DAfStb směrnice „Údržba betonových dílců" lze zjišťovat jak dobu životnosti železobetonových dílců, tak i životnost tloušťky provedených betonových vrstev. Jak se má přitom postupovat je v tomto článku uvedeno na příkladu jednoho želbet. Sloupu se zřetelem na proces karbonitizace a na jeden tunel, který je v zimním období vystav účinkům posypové soli pro tavení námrazy.

5.3 - BETONINSTANDSETZUNG - OCHRANA BETONU

■ *Till Waterstradt*

Besichten schütz
(Ochrana krycí vrstvou)

Betonové stavební dílce s provedenou krycí betonovou vrstvou vytvářejí ve veřejných budovách výraznou protipožární ochranu. Tyto systémy mohou být v řadě případů praktickou možností protipožární ochrany různých dílců jako jsou např. žebříkové stropy, pilíře, sloupy nebo stěny. Článek předmětnou problematiku pojednává.

5.4 - BETONINSTANDSETZUNG - OBNOVA BETONU

■ *Rita Jacobs M.A., Dipl. Ing. (FH) Christoph Bock*

Am Turm bleibt alles anders
(Na věži je všechno jinak)

Obsahem článku je sanace a rekonstrukce fasády památkově chráněné věže kostela St. Judas Thaddäus v Berlině Tempelhof. Práce byly provedeny v souladu s požadavky památkové péče. Autoři opravy zvolili místo imitace původního vzhledu novou abstraktní interpretaci. Tu bylo možno

realizovat jen na základě pečlivé prohlídky povrchu věže a důsledného respektování konceptu její opravy.

5.5 - BAUWERKSABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dipl. Ing. Thomas Platts, Dipl. Ing. Henrik-Horst Wetzel*

Hat sich das Warten gelohnt? (Vyplatilo se počkat?)

Článek se týká nové normy pro hydroizolace staveb, část 4 - hydroizolace částí staveb v kontaktu se zemním tělesem. Nová norma DIN 18533 - „Hydroizolace částí staveb pod povrchem terénu" se, stejně jako DIN 18195, zabývá v částech 4 - 6 hydroizolacemi podzemních stěn, podlah, stropů a dalších částí objektu. Nově systémově strukturováno bylo namáhání těchto částí od vlhkosti. Kromě toho byla do nové normy zahrnuta skupina nových výrobků a kontrola zajišťování jejich kvality. Kriticky posuzována byla autory nové normy rovněž její část 4.

5.6 - BRANDSCHUTZ - PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANA

■ *M. Eng. Felix Steeger, Dipl. Ing. (FH) Norbert Rüther*

Feuer und flamme für das bauen mit Holz (Oheň a plameny v objektech se stavebními částmi a dílci ze dřeva)

Dřevěné konstrukční dílce a konstrukce (např. dřevěné trámové stropy, stěny aj.) bývají proti požáru relativně odolné. Přesto ale musí často být z hlediska požární techniky upravovány a zabezpečovány. Zejména v případech, kdy jsou užívány nebo stavebně upravovány a rekonstruovány. Pro tyto potřeby existují různé chemické a stavebně konstrukční možnosti. Těmito jsou např. prostředky proti ohni, laky pro úpravu dřevěných povrchů, dřevobetonové stavební dílce, prlotipožární obklady a další různé technické úpravy. Tyto nmožnosti článek uvádí a pojednává.

5.7 - BAUWERKSDIAGNOSTIK - DIAGNOSTIKA STAVEB

■ *Dipl. Ing. (Architektur) Marian Behaneck*

Wo das menschliche Auge nicht hinreich (Kde lidské oko nepostačuje)

Použití dronů pro měření, zjišťování technického stavu a dokumentace objektů. Tyto dálkově ovládané létající přístroje pro získávání a zpracovávání potřebných dat a údajů pro stavebnictví nabízejí v tomto směru specializované podniky. Použití dronů má také ale svoje limity, jako jsou např. povětrnostní podmínky, nemožnost odběru vzorků materiálů aj., které jsou v článku rovněž obsaženy.

5.8 - BAUWERKSABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Andy Bödecker*

Wie man die sieben häufigsten Fehler vermeidet (Jak se vyvarovat sedmi nejčastějším chybám)

Hydroizolace částí staveb v kontaktu se zemním tělesem je třeba provádět bezchybně. Případná poškození izolace je možno odstraňovat zpravidla jen s vynaložením značných nákladů. Tím více je proto důležité, aby zhotovitelé izolace nejčastější zdroje jejího poškození znali a uměli ji zabraňovat. To platí stejně jak v případě novostaveb, tak i při provádění izolace dodatečné.

5.9 - SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ - LETNÍ TEPELNÁ IZOLACE

■ *Dr. Ing. Stephan Schlitzbergerr*

Schattenspender sparen Energie (Zastínění šetří energii)

Článek se zabývá otázkami optimalizace spotřeby energie v objektech existujícího stavebního fondu.

Výsledky povinnosti zúčastněných podniků a osob zabývat se v průběhu sanace těchto objektů také letním tepelným režimem v budovách, se zřetelem na zvýšení úsporného energetického potenciálu, se zatím ještě výrazněji neprojevily. Právě ale sluneční systémy a systémy ochrany proti oslnění mohou být, spolu s výměnou oken v tomto směru přínosem. Pro projektování by výhodné také bylo brát při výměně oken v úvahu ekvivalentní hodnoty tepelné vodivosti, což vybrané výpočtové příklady z praxe potvrzují. Celá předmětná problematiky je v článku v potřebném rozsahu pojednána.

5.10 - AUSSENDWANDDÄMUNG - TEPELNÁ IZOLACE OBVODOVÝCH STĚN BUDOV

■ *Jörg Bandhorst*

Es geht auch anders (Jde to také jinak)

Alternativy pro tepelně izolační systémy (WDVS).

WDVS není vždy pro všechny existující stavby a pro jejich stavení provedení první volbou sanačních opatření jak snížit tepelné ztráty. Běžné alternativy v tomto směru jsou provětrávané předstěny na fasádách a tepelná izolace uvnitř budovy. V mnoha případech se můžou tepelné ztráty snížit až o 20 procent zřízením provětrávaných soklových lišt. Článek jako příklad uvádí montáž difúzních vzduchotěsných pásů na budově s hrázděným zdivem.

5.11 - INNENDÄMUNG - VNITŘNÍ IZOLACE

■ *Frank Ebmann*

Genauer hingeschaut (Přesněji sledovat)

Monitorování vnitřní hydroizolace cihelné fasády obilní sýpky v Buxtenhude. Sýpka byla sanována v letech 2013 - 2015 pro bytové účely a je vystavena různě intenzivnímu namáhání vodou z dešťových srážek. Ačkoliv fasáda vykazuje relativně vysokou kapilární nasákavost, nebyla hydrofobizována, což v daných podmínkách představovalo vysoké riziko poškození. Místo toho byl zpracován koncept vnitřní izolace pro použití v podmínkách výpočty různě simulovaného namáhání vodou. Současně byly v objektu na vybraných místech instalovány senzorky pro monitorování stavu vnitřního prostředí. Získané výsledky jsou sledovány od r. 2015 a článek je uvádí.

5.12 - SCHADSTOFF SANIERUNG INNENRAUMLUFT - VZDUCH V MÍSTNOSTECH BUDOV

■ *Dr. Volker Plegge*

Gute Luft kann man planen (Zdravý vzduch se může plánovat)

Při uplatňování sanačních způsobů za použití stavebních chemických výrobků a event. Některých dalších materiálů, může ve vnitřním prostředí objektů docházet až k vysokému obsahu těkavých, zdraví škodlivých, substancí (VOC) ve vzduchu. Jestliže jsou ale při plánování a provádění sanace příslušné aspekty emisních vlastností použitých výrobků a materiálů i z event. Jiných zdrojů (např. ze zařízení bytů apod.) důsledně brány v úvahu a do projektů zapracovány, mohou být požadavky na zdravý vzduch uvnitř staveb splněny. Předmětná problematika je v článku v potřebném rozsahu uváděna.

6.1 - DENKMALPFLEGE - PAMÁTKOVÁ PÉČE

■ *Dipl. Ing. Peter Hegewaldt, Dipl. Ing. (FH) Achim Munzinger*

Gebaute Reälität modern berechnen
(Stavební realitu posuzovat moderním výpočtem)

Stavební realitu posuzovat moderním výpočtem trámové konstrukce dómu St. Petri ve Schleswig. Dřevěná trámová konstrukce střechy nebyla sice příliš poškozena, ale neodolávala již spolehlivě dešťovým srážkám. Příčiny tohoto stavu spočívají v její barokní přestavbě, která nebyla z dnešního hlediska provedena dostatečně spolehlivě. Stavebně technické hodnocení současného stavu konstrukce Dómu bylo prováděno podle dnešních předpisů a na základě zjištění existujících skutečností. Stejným způsobem bylo postupováno i při rozhodování o způsobu opravy.

6.2 - DENKMALPFLEGE - PAMÁTKOVÁ PÉČE

■ *Dr. Ing. Klaus-Gunnar Bauch*

Altes erhalten und vom Alten inspirieren lassen
(Staré udržovat a starým se nechat inspirovat)

Konzervování, restaurování a rekonstruování historických omítek. Je ku prospěchu věci rozmanitost historických omítkových technik udržovat a o ně pečovat. Jejich různé možnosti utvážření a tvarování je pro projektanty a architekty podnětem k tomu, aby tyto techniky objevovali, napodobovali a pro úpravy fasád je uplatňovali i na objektech současných a moderních. Problematika v tomto směru je v článku po stránce technických informací a obrázkových ukázek různých druhů omítek v různých historických obdobích (od gotiky, renesance, baroka) a i omítek historizujících. Uvádí se také příklad provedení tří druhů secesní omítky na objektu „Hexen Haus v Pirně".

6.3 - DENKMALPFLEGE - PAMÁTKOVÁ PÉČE

■ *Prof. Dr. Andreas Gerdes, MEng. Tobias Bürke, Dipl. Ing. Gabriele Patitz, M.Sc. Lorena Rombach*

Nachhaltig erhalten und nutzen
(Trvale udržovat a používat)

Zpracovávání na stavebně technicky zaměřený a po stránce nákladů optimální, koncept opravy „Laufenmühle" viaduktu. Viadukt byl v roce 1909 postaven za pět měsíců jako součást souboru tří viaduktů železničních. Stavba dnes representuje dobu počátků používání dusaného betonu.

I když v současné době není už viadukt součástí železniční sítě, ale je občasně využíván jen jako technická zajímavost, musí být jeho stabilita a bezpečnost pravidelně průkazně ověřována a zjišťována. Výsledkem tohoto zjišťování je určovat termíny potřebné opravy, které musí být v souladu se současnými platnými předpisy. Přitom platí, že mají stavby z počátků používání železobetonu důležitou roli i v dnešní moderní infrastruktuře.

6.4 - BAUTENSCHUTZ - BAUSANIERUNG - OCHRANA A SANACE STAVEB BARRIEREFREIHEIT - BEZBARIEROVÝ PŘÍSTUP

■ *Walter Gtjahr*

Nicht nach Schema F machbar
(Podle schéma F neprováděné)

Provádění bezbariérových prahů na objektech existujícího stavebního fondu. Jejich zřizování na balkonech a na terasových dveřích v objektech nové výstavby je velmi důležitým článkem oprav a rekonstrukce budov. Toto se týká zejména detailů opatření pro odvod srážkové vody od dveří na terasách. Proto již v e fázi projektování je třeba této záležitosti věnovat maximální pozornost.

6.5 - BETONINSTANDSETZUNG - OPRAVA BETONU

■ *Dr. Ing. Alexander Flohr*

Eine nur kurzzeitig moderne Bauweise
(Jedna jen krátkodobě moderní technologie)

Oprava staveb a stavebních dílců dusaným betonem. Tento druh betonu a jeho používání spadá hlavně jen do konce 19. Stol. Pokud by byl pro určité účely tento beton ještě použit, pak je třeba jeho specifické vlastnosti přísně respektovat a to zejména, když se jedná o rekonstrukce a konzervace historických stavebních struktur.

Pro zjišťování technického stavu objektů, na kterých byl dusaný beton použit, je k dispozici řada přístupů a postupů, včetně použití létajících dronů, vybavených digitálními kamerami aj. Článek předmětnou problematiku, včetně možností oprav zjištěného poškození konstrukcí staveb, podrobně pojednává.

6.6 - BAUWERKSABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dipl. Ing. Thomas Platts, Dipl. Ing. Henrik-Horst Wetzel*

Hat sich das Warten gelohnt?
(Vyplatilo se počkat?)

Nové normy pro hydroizolace staveb, část 5: „Hydroizolace částí staveb v kontaktu se zemním tělesem (druhý díl)". Nová norma DIN 19533, která se týká uváděné izolace, se stejně jako stávající „DIN 18195, část 4 až 6 zabývá izolacemi stěn, podlah a stropů pod terénem". V pokračování článků v B+B 5/2018 se její autoři kriticky věnují úpravě normy DIN 18533 pro hydroizolace nepodsklepených budov, izolace soklů, napojení izolace, hydroizolace světlíků a venkovních schodišť do sklepa. V úvahu dále přichází, zda je samostatná norma potřebná rovněž pro stávající objekty domovního fondu.

6.7 - BAUWERKSABDICHTUNG - HYDROIZOLACE STAVEB

■ *Dipl. Ing. Jörg Bogs*

Die Kombilösung
(Kombinované řešení)

Kombinace vnitřní a vnější hydroizolace.

V běžné sanační praxi nebývá často možné všechny vnější či vnitřní izolace aplikovat samostatně. Doporučuje se proto, oba způsoby použít v kombinaci. Hlavním problémem přitom bývá jejich napojení. Pro detaily těchto napojení bývá třeba zvolit zvláštní řešení. Toto řešení je odvislé od existujících stavebních podmínek a od druhů a intenzity vlhkostního namáhání. Článek některé tyto možnosti uvádí.

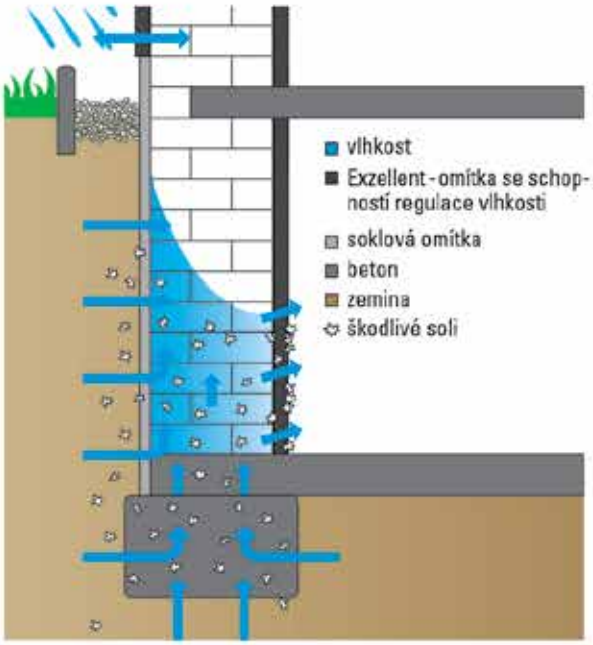
6.8 - ENERGETISCHE SANIERUNG - ENERGETICKÁ SANACE INNENDÄMUNG - VNITŘNÍ IZOLACE

Das sollten sie Beachten
(To byste měli mít na zřeteli)

Při projektování a provádění vnitřní izolace na stavbách je třeba brát zřetel na více aspektů. Těmito jsou např. vzduchotěsná napojení různých průniků, tepelné mosty, vlhkost, základové poměry objektu aj. O těchto a dalších detailech a o typických příčinách vzniku poškození, diskutují redaktor B+B p. Michael Henke a vedoucí štukatérského závodu v Mannheimu p. Achim Bauer, který je současně znalcem z daného oboru.

Exzellent – omítka regulující vlhkost

Zužitkovat vlhké sklepy



- Vysoká otevřenost, rychlý transport vlhkosti a solí na povrch omítky
- Příjemné klima v místnosti
- Trvalý účinek
- Zabraňuje vzniku plísní
- Jednoduché a rychlé: aplikovat prostřik a pak v jedné vrstvě omítku
- Možnost nanesení přímo na vlhké zdivo
- K dispozici je ruční a strojní varianta omítky

EXPERTISE
MASONRY & HISTORICAL BUILDINGS

MC-Bauchemie s.r.o. · Skandinávská 990 · 267 53 Žebrák
Tel: +420 311 545 155 · info@mc-bauchemie.cz · www.mc-bauchemie.cz

BE SURE. BUILD SURE.