

NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV
metodický list MCMA v Brně

Tepelné ztráty historických budov



Martin Šolc (ed.)

BRNO 2017

N Á R O D N Í P A M Á T K O V Ý Ú S T A V
metodický list MCMA v Brně

Tepelné ztráty historických budov

**Martin Šolc (ed.),
Ondřej Hnilica,
Josef Plášek**

BRNO 2017

Metodická publikace s názvem „Tepelné ztráty historických budov“ vydaná Národním památkovým ústavem, Metodickým centrem moderní architektury v Brně vznikla v rámci projektu „Centrum obnovy památek architektury 20. století“ (COPA), jenž byl spolufinancován Evropskou unií prostřednictvím Evropského fondu pro regionální rozvoj.

Metodická publikace vznikla v rámci Memoranda 2017–2020 o vzájemné vědecké spolupráci mezi Národním památkovým ústavem, územním odborným pracovištěm v Telči, Vysokým učením technickým v Brně, Fakultou stavební a německým výzkumným centrem Fraunhofer-Institut für Bauphysik v městě Holzkirchen.

Národní památkový ústav jako odborná organizace státní památkové péče v České republice vydává metodickou publikaci v zájmu zabezpečení jednoty metodických hledisek pro danou oblast ochrany, dokumentace a evidence kulturních památek, památkových území a dalších kulturně-historických hodnot na základě svých kompetencí podle § 32 odst. 1 zákona číslo 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů.

Lektorovali:

doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.

Mgr. et Mgr. Jana Musilová, Ph.D.

© 2017, Národní památkový ústav

Text: © 2017, Ing. Mgr. Ondřej Hnilica, Ph.D.; Ing. Josef Plášek, Ph.D.

Fotografie © 2017, Ing. arch. Martina Bártová, Ing. arch. Matyáš Kracík, Ing. Roman Polášek, Ing. Petr Svoboda, Radim Vřla, Bc. Miroslav Zavadil

ISBN 978-80-7480-096-2

Odborná metodika Národního památkového ústavu, Metodického centra moderní architektury v Brně



NÁRODNÍ
PAMÁTKOVÝ
ÚSTAV



INTEGROVANÝ
OPERAČNÍ
PROGRAM



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
ŠANCE PRO VÁŠ ROZVOJ



MINISTERSTVO
PRO MÍSTNÍ
ROZVOJ ČR

Obsah

1. Úvod.....	4
2. Památková část.....	5
3. Technická část.....	7
3.1. Vnější konstrukce.....	7
3.2. Vnitřní prostředí.....	10
3.3. Technická zařízení budov.....	12
3.4. Energetická náročnost budov.....	13
4. Stavební část.....	15
4.1. Vnější stěny.....	15
4.2. Výplně otvorů.....	16
4.3. Stropy a podlahy.....	18
4.4. Střechy šikmé a ploché.....	19
4.5. Systémy technického zařízení budov.....	20
5. Příklady realizací.....	22
Brno Vila Tugendhat.....	22
Brno Vila Stiassni.....	23
Ostrava NPÚ, územní odborné pracoviště v Ostravě.....	24
Praha Husův sbor v Praze.....	25
Praha Müllerova vila.....	26
Zlín Vila Františka a Julie Malotových.....	27
6. Závěr.....	28
7. Literatura.....	29

1. Úvod

Úvodem metodiky je nutné upřesnit, že tepelnou ztrátou historické budovy není myšle- no pouze zimní období (ztráta tepla při vytápění), ale také ztráta chladu v letních měsících.

Metodický list zaměřený na problematiku tepelných ztrát historických budov je dlou- hodobě žádán širokou i odbornou veřejností. Dokladem potřebnosti jsou publikované pří- spěvky¹ a také zveřejněné tiskové zprávy². Uvedená stanoviska se shodují v názoru, že je nezbytné nalézt pravidla, která by pomohla stanovit vhodný poměr mezi provozními tepelně-technickými parametry historické budovy a zachováním její původní historické a umělecké hodnoty. Tento postulát však vyžaduje hledání individuálního řešení pro každou historickou budovu.

Cílem metodiky je pomoci nalézt formou nabízených technických možností přijatelný poměr mezi provozními tepelně-technickými parametry historické budovy a její umělecko- -historickou autentičností. Metodika je proto rozdělena do tří hlavních částí, které na sebe vzájemně navazují a vytváří tak obecný pohled na řešené téma.

- **Památková část** pomáhá identifikovat historicky nebo umělecky cenné části budovy, u kterých je nezbytné v maximální míře zachovat jejich autenticitu.
- **Technická část** popisuje tepelně-technické chování historické budovy pohledem po- zemního stavitelství a teoretickou cestou tak nabízí možná řešení pro snížení tepel- ných ztrát.
- **Stavební část** je zaměřena na praktickou ukázkou technicky možných stavebních opat- ření v historické budově s ohledem na zachování původních charakteristických hod- not.

Vzhledem k zamýšlenému účelu metodiky jsou jednotlivé části sepsány velmi kompri- movanou formou tak, aby čtenáře seznámily s co nejširším památkovým stavebně-technic- kým pohledem. Výsledný text je tedy výrazně zaměřen na praktickou stránku.

1 NĚMEČEK, Miloslav. *Vyjádření k problematice zateplování historických budov* (15. 8. 2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://previous.npu.cz/pro-odborniky/narodni-pamatkovy-ustav/edicni-cinnost-npu/odborne-clanky/odborne-clanky-2009/vyjadreni-k-problematice-zateplovani/>. Rovněž: JANDÁČEK, Václav. *Zelená úsporám a památkově chráněné stavby* (Časopis Stavebnictví 10/2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/zelena-usporam-a-pamatkove-chronene-stavby_N2751.

2 *Možnosti snižování energetické náročnosti historických staveb – zateplování* (18. 5. 2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://previous.npu.cz/pro-vlastniky/stavebni-a-restauratorske-prace/dalsi-temata/moznosti-snizovani-energeticke-narocnosti-historickyh-staveb-zateplovani/>. Taktéž: *Zateplení historických budov – možnosti a rizika z pohledu památkové péče* (workshop, 24.–25. 6. 2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://previous.npu.cz/pro-odborniky/narodni-pamatkovy-ustav/tiskove-zpravy/news/4463-zatepleni-historickyh-budov-moznosti-a-rizika-z-pohledu-pamatkove-pece/>.

2. Památková část

Historické budovy jsou v nejobecnějším smyslu slova veškeré stavební a architektonické realizace, které vznikly v minulosti a odlišují se od soudobých stavebních standardů. Dějinný proces nám zachoval tyto historické objekty v nejrůznějších formách a stavech s častým poznamenáním ve formě přestavb a zásahů, které vznikly reakcí na potřeby v příslušných historických etapách. Na řadě historických budov z celého stavebního fondu rozpoznáváme určité kvality a hodnoty, která spoluvytvářejí identitu místa, tedy jedinečnost génia loci.

Vybrané historické budovy jsou pak jako solitéry či jako součásti architektonických a urbanistických souborů zařazeny pod institucionalizovanou ochranu a dohled, který zajišťuje státní památkové péče. Samozřejmě, že i mimo tyto objekty existuje velmi významná položka stavebního fondu, na něž se tato přímá institucionální ochrana památkové péče nevztahuje, a přesto jsou nositeli zajímavých hodnot a kvalit, ať už dílčí povahy nebo takových, které nebyly doposud rozpoznány. Proto bychom se i k těmto stavbám měli jako společnost chovat s odpovídajícím porozuměním a respektem.³

Každá budova je stavebním typem, který reprezentuje souhrn požadavků na její užívání, které se mohou v průběhu času měnit. Historické budovy tak bývají z důvodu přizpůsobení dobovým nárokům po menších či větších částech upravovány. Lze tedy konstatovat, že historické budovy v sobě nesou funkčně-praktické, konstrukčně technologické a umělecko-historické svědectví z doby svého vzniku. S památkově chráněnými ale i historickými budovami bývají často nedílně spojena další umělecká a řemeslná díla, která architektonickému dílu dodávají prvek jedinečné identitotvorné a vyšší kulturní hodnoty.

Samozřejmou skutečností je, že čím hlouběji do minulosti jdeme, tím více se fond staveb zužuje. Památková péče proto operuje s postulátem, že při rekonstrukci, adaptaci nebo konzervaci historické budovy je klíčovým kritériem zachování tzv. památkové podstaty. Tento poněkud abstraktní termín se ve skutečnosti dotýká konkrétních složek, z nichž je dané architektonické dílo tvořeno.

- **Forma** (prostorový tvar)
- **Technologie** (stavební procesy)
- **Materiál** (stavební hmoty)

Právě tyto složky jsou ve vzájemném vztahu tvůrci identity dané historické budovy a jejich mírou podílu k celku lze kvalifikovat **autenticitu a originalitu**. Proto se nesmí zapomínat na existencionálně samozřejmou skutečnost a to, že každé architektonické dílo je

³ Kulturní a národní kulturní památky (stavba-budova) mají podíl na celkovém počtu staveb v České republice 0,4 % (17 tisíc ze 4 milionů). V památkově chráněných územích se odhadem nachází 1–2 % budov z celkového počtu staveb. Přesná statistická data v této oblasti památkové péče chybějí. Relevantní hodnoty lze vyvodit z dostupných statistik a oficiálních dokumentů Českého statistického úřadu (ČSÚ), v ročence Českého úřadu zeměměřičkého a katastrálního (ČÚZK), nebo z dat zveřejněných v Památkovém katalogu (NPÚ). Rovněž u institucí ze sousedních zemí, kde jsou obdobná data dostupná – např. Bundesdenkmalamt (BDA).

věcí trvajících v čase, který je konečný. Působením přirozených procesů se historická budova mění a přeměňuje, ale přesto je stále nejpodstatnějším činitelem člověk a jím daný účel, jemuž má dílo sloužit.

Historická budova se obecně sestává ze souhrnu dílčích konstrukčních částí a jejich vzájemných vazeb. Účelem těchto částí je zachovat statickou stabilitu objektu a vytvořit uměle oddělený vnitřní prostor od vnějšího prostředí s požadovanými parametry. Takto vytvořené umělé vnitřní prostředí má za cíl zajistit komfort a pohodu uživatelů ve vazbě na dobový standard a vkus. Životnost konstrukčních částí stavby závisí na přirozeném stárnutí materiálu a působení dalších vnějších vlivů, jimž je stavební dílo v daném prostředí vystaveno. Předpokladem zachování maxima hmotné podstaty kulturní památky je průběžná a včasná údržba, která eliminuje rozsáhlý destruktivní potenciál drobných poruch a vad. S tím souvisí i požadavek na ochranu a minimalizované zásahy do originálu, který nese neopakovatelnou hodnotu historického dokumentu.⁴

4 Základní literatura k tématu: RIEGL, Alois. *Moderní památková péče*. Praha: NPÚ, 2003. Rovněž: DVORÁK, Max. *Katechismus památkové péče*. Praha: NPÚ, 2004. Rovněž: Wagner, Václav. *Umělecké dílo minulosti a jeho ochrana*. Praha: NPÚ, 2005. Dále stěžejní mezinárodní dokumenty, z nichž některé mají závaznou hodnotu: *Mezinárodní charta o zachování a restaurování památek a sídel* (tzv. Benátská charta, 1964); *Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví* (1972); *Úmluva o ochraně architektonického dědictví Evropy* (tzv. Granadská úmluva, 1985); *Mezinárodní charta pro záchranu historických měst* (tzv. Washingtonská charta, 1987); *Dokument o autenticitě* (Nara, 1994); *Zásady pro analyzování, ochranu a stavební obnovu architektonických památek* (2003).

3. Technická část

Budova je pohledem pozemního stavitelství souborem jednotlivých stavebních konstrukcí, které oddělují vnější a vnitřní prostředí. Stavební konstrukce tvořící vnější plášť budovy jsou na jedné straně zatěžovány vnějšími vlivy (zejména počasím) a na straně druhé vytvářejí svojí přirozenou tepelně-vlhkostní odezvou přirozené prostředí uvnitř budovy. Pokud je přirozeně vzniklé vnitřní prostředí nevyhovující pro zamýšlený účel budovy, pak se v budově instalují další technická zařízení v podobě systému vytápění, chlazení, větrání, vlhčení, odvlhčení atd. Provoz těchto instalovaných technických zařízení v budově je energeticky náročný, zvláště v případě pokud jsou systémy technického zařízení budov (TZB) v provozu denně.

Úspory energie lze hledat v úpravě jednotlivých stavebních konstrukcí tvořících vnější plášť budovy (více 3.1.), změně požadavku na kvalitu vnitřního prostředí v budově (více 3.2.), instalaci jiných technických zařízení nebo změně jejich provozu (více 3.3.). Souhrnně se této oblasti energetických úspor věnuje legislativa týkající se energetické náročnosti budov (více 3.4.). Památkově chráněné budovy však nemusejí ze specifického důvodu veřejného zájmu památkové ochrany splňovat požadavky této legislativy, pokud by byl tento zájem ohrožen. Přesto je vhodné na tomto místě zmínit základní technické skutečnosti, které působí na budovu, před uvedením stavebních opatření (více část 4.).

3.1. Vnější konstrukce

Přenos tepla ve stavebních konstrukcích tvořících vnější plášť budovy je realizován vedením tepla (kondukce), sáláním tepla (radiace) a prouděním tepla (konvekce). Občas se k těmto třem základním formám přenosu tepla v prostoru přidává také přenos tepla v čase pod pojmem akumulace tepla. Přenos tepla ve stavebních konstrukcích nelze oddělit od difuze vodní páry (vlhkosti), proto se stavební konstrukce posuzují komplexně, a to z hlediska celkového tepelně-vlhkostního chování.

- **Vedení tepla** se uskutečňuje ve všech stavebních konstrukcích v budově (transparentní i netransparentní). Schopnost stavebního materiálu vést teplo je zjištěna laboratorním měřením⁵ a udává se součinitelem tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]. Stavební konstrukce jsou většinou realizovány jako souvrství různých stavebních materiálů, proto se celkový tepelný odpor souvrství R [m²·K/W] získá součtem dílčích tepelných odporů po vrstvách s přidáním tepelného odporu při přestupu tepla na vnějším a vnitřním povrchu. Výsledná schopnost stavební konstrukce vést teplo je uváděna převrácenou hodnotou celkového tepelného odporu, a to součinitelem prostupu tepla U [W/(m²·K)] udávajícím, kolik tepelné energie v joulech projde za jednu vteřinu metrem čtverečním konstrukce při rozdílu teplot jeden Kelvin. Zde platí, že čím menší hodnota, tím méně tepla stavební konstrukce vede. Výsledný součinitel prostupu tepla se porovnává s po-

5 Hodnoty součinitele tepelné vodivosti pro všechny běžné stavební materiály lze dohledat v ČSN 73 0540-3: *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*, stavebních tabulkách atp.

žadavky v normě ČSN 73 0540⁶ a využívá se při výpočtu tepelných ztrát/zisků budovy. Výpočet tepelných ztrát/zisků budovy vedením tepla se provádí součtem dílčích tepelných toků přes jednotlivé stavební konstrukce (vnější stěny, podlaha, střecha, okna, dveře). Součinitel prostupu tepla řešené stavební konstrukce se násobí plochou a rozdílem teplot mezi vnějším a vnitřním prostředím. Tento zjednodušený numerický model vhodný pro ruční výpočet předpokládá ustálený tepelný tok ve stavební konstrukci, který je podle termomechaniky dosažen až v čase nekonečno. Přesto tento zjednodušený numerický model dává při větší než měsíční bilanci poměrně relevantní výsledky.

Nevýhodou zjednodušeného numerického modelu je zanedbání akumulace tepla ve stavební konstrukci, která při kratších časových intervalech nebo detailní analýze rozložení teplot ve stavební konstrukci způsobuje zanedbatelné chyby s dopadem na difuzi vlhkosti. Zohlednění akumulace tepla ve stavební konstrukci je pak možné pouze podrobným řešením diferenciální rovnice, kterou publikoval Joseph Fourier.⁷ V technické praxi se často podrobné řešení diferenciální rovnice obchází nepříliš funkčními zjednodušenými modely, což vede k výrazným tepelně-vlhkostním problémům ve stavební konstrukci projevujících se růstem plísní, mokřými oblastmi na povrchu, defekty povrchových vrstev apod.

- **Sálání tepla** se uskutečňuje přes transparentní stavební konstrukce v budově, kterými jsou většinou okna, světlíky nebo transparentní fasáda. Výpočet tepelných ztrát budovy (vytápění v zimním období) s tímto přenosem tepla neuvažuje, protože numerický model pro návrh otopných těles (viz ČSN 06 0205)⁸ předpokládá noc a sálání budovy proti noční obloze zanedbává. Přenos tepla sáláním je však zanedbatelný při výpočtu tepelných zisků budovy (chlazení v letním období). Výpočet se provádí pro nejteplejší den v roce (často 21. června nebo 21. července) v hodinovém výpočetním kroku a při idealizovaném pohybu Slunce po bezoblačné obloze (viz ČSN 73 0548)⁹.
- **Přenos tepla prouděním** mezi vnějším a vnitřním prostředím způsobuje tepelnou ztrátu/zisk budovy tím, že příchozí vnější vzduch je nutno ohřát/ochladit na požadovanou teplotu vnitřního prostředí. Proudění vzduchu mezi vnějším a vnitřním prostředím probíhá většinou netěsností vnější obálky budovy, například: netěsná okna, nedoléhající dveře, větrací šachty, komíny, krby, vyspané spáry nebo trhliny ve zdivu apod. Množství proudícího vzduchu je pak závislé na rozdílu teplot mezi vnějším a vnitřním prostředím, stejně jako na rychlosti větru nebo intenzitě slunečního záření, které způsobuje rozdíly teplot. Souhrnně se tato neřízená výměna vzduchu mezi vnějším a vnitřním prostředím nazývá infiltrace. Řízená výměna vzduchu ve vnitřním prostředí budovy je však nezbytně nutná z hygienických důvodů! Proto při vytvoření téměř vzduchotěsné budovy je nutné instalovat systém nuceného větrání, jinak se ohrožuje zdraví osob vlivem neřízeného růstu koncentrace CO₂.

6 ČSN 73 0540:2011. *Tepelná ochrana budov*. Praha: ÚNMZ, 2011.

7 FOURIER, Joseph. *Théorie analytique de la chaleur*. Paris: 1822.

8 ČSN 06 0205:2013. *Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovdných otopných soustav*. Praha: ÚNMZ, 2013.

9 ČSN 73 0548:1986. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: ÚNMZ, 1986.

- **Akumulace tepla/chladu** ve stavební konstrukci způsobuje tepelnou stabilitu vnitřního prostředí v čase. Hmotná stavební konstrukce zpomaluje rychlé teplotní změny ve vnitřním prostředí budovy mnohem více nežli lehká. Stavební fyzika hodnotí u stavebních konstrukcí časový posun, což je čas mezi vyvolanou teplotní změnou na vnějším povrchu (např. osluněním) a čas po přirozené odezvě na povrchu vnitřním. Tento časový posun se může u lehkých stavebních konstrukcí (neizolovaná střecha na půdě) pohybovat v rozmezí několika desítek minut až několika dnů u hmotných stavebních konstrukcí (kamenné stěny kostela). Výhodou časového posunu je přesun tepelné zátěže v letních měsících z doby poledního slunce do pozdních nočních hodin s nižší teplotou venkovního vzduchu. Dalším sledovaným parametrem u stavebních konstrukcí je teplotní útlum, což je poměr mezi rozdílem teploty na vnějším povrchu a rozdílem teploty na vnitřním povrchu po přirozené odezvě stavební konstrukce, který může u hmotných stavebních konstrukcí dosahovat až jedné desetiny původní teplotní změny. Například změna teploty na vnějším povrchu 20 °C (vlivem sluneční radiace) se na vnitřním povrchu stavební konstrukce projeví změnou teploty o 2 °C, a to s časovým posunem několika hodin.

Akumulace tepla/chladu ve stavební konstrukci má na celkovou energetickou bilanci budovy nulový vliv, protože platí fyzikální zákon o zachování energie (tepelná energie akumulovaná do konstrukce se rovná tepelné energii vyzářené). Avšak pohledem uživatelů budovy je akumulace tepla/chladu vnímána pozitivně, protože snižuje výkyv teplot ve vnitřním prostředí. Stejně tak lze akumulaci tepla/chladu ve stavebních konstrukcích využít z ekonomického hlediska, a to k akumulaci tepla/chladu v době levné energie a snížení spotřeby v době jejího nedostatku.

- **Difuze vodní páry** přes stavební konstrukci z vnitřního prostředí do vnějšího je způsobena rozdílem parciálních diferenciálních tlaků. Příkladem může být zimní období, kdy vzduch ve vytápěném vnitřním prostředí budovy s teplotou 20 °C a relativní vlhkostí 50 % obsahuje 7,44 gramů vodní páry při parciálním tlaku vodní páry 1168 Pa. Naopak venkovní vzduch při teplotě -10 °C a relativní vlhkosti 80 % obsahuje pouze 1,31 gramů vodní páry (je sušší) při parciálním tlaku 208 Pa. Tento rozdíl 960 Pa parciálního tlaku vodní páry způsobuje ve stavební konstrukci difuzi vodní páry z vnitřního prostředí do vnějšího. V průběhu difuze vodní páry stavební konstrukcí (probíhá póry a trhlinami) se dosáhne kondenzace vodní páry (teplota rosného bodu) a vodní pára se ve stavební konstrukci změni na kapalnou vodu. Množství kondenzující vodní páry je v uvedeném příkladu 6,13 gramu v každém kilogramu vzduchu, zaujímajícím objem přibližně 0,85 m³. Zpočátku jsou jednotlivé kapky vody drženy ve stavební konstrukci kapilárními silami (zhoršují tepelný odpor konstrukce) a při větší koncentraci se projevují vlhnutím na povrchu. Vlhké oblasti na povrchu stavební konstrukce na sebe lepí drobné nečistoty (částice pylu, prachu apod.) a právě tyto částice jsou živnou půdou pro mikroorganismy, které se během několika dnů uchytlí a rozvinou v podobě plísní. Snahou je tedy omezit difuzi vodní páry přes konstrukci. Materiálová charakteristika součinitel difuze vodní páry δ [kg/(s·m·Pa)] často pouze δ [s] vyjadřuje, kolik kilogramů vodní páry projde za vteřinu materiálem při tloušťce jeden metr

a rozdílu tlaků jeden pascal. Součinitel difuze vodní páry δ [s] je však silně nelineární (mění řády) a výpočetní úloha se tak stává netriviální. Zjednodušený postup založený na Glaserově graficko-početní metodě je v tomto případě až příliš hrubý a získané výsledky jsou vzdáleny skutečnosti, což se projevuje do několika málo let vlhkostními problémy. Řešením je podrobný výpočet založený na soustavě nelineárních diferenciálních rovnic, které publikoval například Carmeliet¹⁰ nebo Kunzel¹¹.

3.2. Vnitřní prostředí

Vnitřní prostředí v budově s dlouhodobým pobytem osob je velmi často řízené systémy technického zařízení budov (TZB). Přirozené vnitřní prostředí se většinou vyskytuje u historických budov bez trvalého pobytu osob (kostely, kaple, sýpky apod.). Způsob řízení vnitřního prostředí (volba systému TZB) závisí na požadovaných tepelně-vlhkostních parametrech, avšak tepelně-vlhkostní složka není jediným kritériem pro tvorbu vnitřního prostředí. Dalšími typickými požadavky je čistota vzduchu udávaná koncentrací pevných částic, koncentrací CO₂, hlukem, vibracemi, rychlostí a směrem proudícího vzduchu, intenzitou a rovnoměrností umělého/přirozeného osvětlení prostoru atd. Vnitřní prostředí budov je nejběžnější:

- **Přirozené vnitřní prostředí** je tvořeno přirozenou tepelně-vlhkostní odezvou stavební konstrukce na vnější vlivy (zejména počasí) v kombinaci s přirozeným větráním a užíváním budovy. Přirozené vnitřní prostředí je energeticky nejúspěšnější variantou provozu budovy a je běžné u kostelů, kaplí, hradů, zámků apod. Nevýhodou přirozeného vnitřního prostředí v klimatickém pásu České republiky je výskyt mrazu v interiéru (Frost risk¹² $T < 0$ °C), což může způsobovat degradaci mobiliáře, cenných povrchů apod.
- **Vytápění vnitřního prostředí** v zimním období je velmi častý přístup, který je založen na kombinaci přirozeného vnitřního prostředí během roku a dodávce tepla v zimním období. Energetická náročnost budovy roste s požadovanou teplotou vzduchu v zimním období, která je volena podle způsobu užívání budovy. Temperování (ochrana před mrazem) je často nastaveno v rozsahu 5 až 12 °C,¹³ ale požadovaná teplota vzduchu pro bydlení osob se pohybuje od 15 °C pro chodby, přes 22 °C v obytných místnostech až po 24 °C v koupelně. Přetápění vnitřního prostředí o 1 °C zvyšuje spotřebu tepla přibližně o 6 %. Přetápění v zimním období navíc výrazně snižuje relativní

10 JANSSEN, Hans – BLOCKEN, Bert – CARMELIET, Jan. Conservative modelling of the moisture and heat transfer in building components under atmospheric excitation. In: *International Journal of Heat and Mass Transfer* roč. 50, rok 2007, s. 1128–1140.

11 KÜNZEL, Hartwig M. – KIESSEL, Kurt. Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components. In: *International Journal of Heat and Mass Transfer* roč. 40, rok 1996, s. 159–167.

12 Museums, galleries, archives and libraries. In: *ASHRAE Handbook*. Atlanta: ASHRAE, 2011.

13 V expozicích či depozitářích bývá uplatněna metoda konzervačního vytápění, kde cílem není dosažení konkrétní teploty, ale především eliminace vzniku rosného bodu.

vlhkost vzduchu a způsobuje vysychání interiéru ($RH < 40\%$ Dryness effect¹⁴), což ohrožuje zejména dřevěné prvky, které nadměrným vysoušením praskají.

- **Vytápění a chlazení vnitřního prostředí** (často nesprávně nazýváno klimatizací) je energeticky náročný systém a výsledná spotřeba tepla/chladu velmi závisí na požadovaných teplotách v interiéru. Nejčastěji nastavené teploty vzduchu se v místnostech s pobytem osob pohybují od 22 °C pro systém vytápění v zimě a 28 °C pro systém chlazení v létě. Poměr spotřebované energie pro chlazení/vytápění závisí na vnější obálce budovy. Moderní velmi prosklené budovy s kvalitními tepelnými izolacemi spotřebují mnohem více energie pro chlazení nežli pro vytápění, a naopak špatně zateplené budovy mají výrazně větší spotřebu tepla pro vytápění, nežli pro chlazení. Pouhým zateplením vnější obálky budovy se často dosáhne toho, že klesne spotřeba tepla pro vytápění v zimním období, ale současně výrazně naroste spotřeba chladu v letních měsících. Výsledná úspora energie je pak více než sporná.

Uplatnění pouhého vytápění a chlazení vnitřního prostředí se nedoporučuje u historických budov s cenným mobiliárním fondem (sbírky, archiválie a depozitáře).¹⁵ Zimní vytápění výrazně snižuje relativní vlhkost vzduchu (často pod 40% RH) a naopak letní chlazení výrazně zvyšuje relativní vlhkost vzduchu¹⁶ (často nad 70% RH s Microbiology risk¹⁷ $RH > 80\%$). Výsledkem je pak značný rozdíl vlhkosti vzduchu léto/zima a zejména organické materiály tímto výrazným rozsahem relativní vlhkosti vzduchu podstatně trpí (obrazy, látky, plátna, dřevo atd.).

- **Klimatizace** vnitřního prostředí v budově je dosaženo kompletním vzduchotechnickým systémem, který umožňuje filtraci a všechny čtyři základní termodynamické změny vzduchu, a to ohřev/chlazení a současně vlhčení/odvlhčení přírodního vzduchu. Klimatizací není systém, který jednu ze čtyř výše uvedených termodynamických změn vzduchu neumožňuje. Veřejnost občas mylně za klimatizaci považuje systém pouhého chlazení.

Klimatizační systém svou kompletní schopností ohřevu/chlazení a vlhčení/odvlhčení přírodního vzduchu umožňuje vytvoření vnitřního prostředí v požadovaných teplotně-vlhkostních mezích. Běžně dosažitelný rozsah teploty přírodního vzduchu je od 10 °C do 60 °C se zvolenou relativní vlhkostí vzduchu od 20% do 80% . Tento kompletní klimatizační systém je energeticky nejnáročnější ze všech výše uvedených, ale doporučuje se u depozitářů, sbírek, archivů atd. Kompletní klimatizační systém se nedoporučuje ve vnitřním prostředí s dlouhodobým pobytem osob, protože může způsobit zdravotní potíže.

14 Viz pozn. 12.

15 K tématu podrobně SELUCKÁ, Alena – MRÁZEK, Martin – ŠTĚPÁNEK, Ivo et al. *Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy*. Brno: Technické muzeum v Brně, 2018.

16 Záleží na fyzikálním principu chlazení, zde např. oběh chladné vody v topných registrech, podrobněji viz kap. 3.3 – při odebírání tepla pomocí kondenzace vodní páry (klimatizace) se naopak relativní vlhkost vzduchu snižuje.

17 Viz pozn. 12.

3.3. Technická zařízení budov

Technická zařízení budov (TZB) jsou zařízení nebo systémy umožňující přirozeně vzniklé vnitřní prostředí v budově dodatečně změnit na požadované parametry, avšak s vynaložením dodatečné energie. Výsledná spotřeba energie v objektu pak závisí na požadované změně a délce jejího trvání. Největší energetickou úsporu lze hledat v nastavení požadavku na kvalitu vnitřního prostředí, nebo změně doby provozu. Systémy TZB, které se používají k úpravě vnitřního prostředí v budově, je možné pro přehlednost rozdělit podle jejich funkce.

- **Ohřev vzduchu** v interiéru je možné realizovat centrálně ve vzduchotechnické jednotce s následným rozvodem teplého vzduchu nebo decentralizovaně přímo v jednotlivých místnostech na lokálně požadovanou teplotu vzduchu. Výjimkou nejsou hybridní systémy s centrální přípravou vzduchu ve vzduchotechnické jednotce, vzduchovým kolektoru apod. v kombinaci s lokálním dohřevem. Nejčastějšími technickými zařízeními jsou otopná tělesa, podlahové vytápění, stěnové vytápění, stropní vytápění, elektrické přímotopy, plynová topidla, konvektory, jednotky split, jednotky fan-coil, sálavé panely, kamna, krby atd.
- **Chlazení vzduchu** v interiéru je kromě malé přenosné chladicí jednotky téměř vždy spojeno s centrálním rozvodem chladiva, studené vody nebo vzduchu. Centrální příprava chladu je realizována ve výrobnících studené vody, tepelných čerpadlech, zemních vzduchových kolektorech, multi-split jednotkách apod. V interiéru budovy jsou pak instalovány rozvody studené vody, chladiva či vzduchu zakončené koncovými prvky, typu výustka, fan-coil, indukční jednotka, vnitřní split jednotka, chladicí strop apod.
- **Vlhčení vzduchu** je možné realizovat rozprašováním vody nebo vodní páry do vzduchu. Rozprašování vody do vzduchu (sprchování) je z hygienického hlediska méně preferovanou variantou, protože drobné kapičky vody (aerosol) sebou během letu sbírají nečistoty a dokonce i živé organismy v podobě bakterií a plísní. Vdechnutí takové kontaminované kapičky vody může způsobit lidem respirační potíže. Proto se upřednostňuje náročnější, ale hygienicky čistší vlhčení vodní parou. Vlhčení vzduchu se provádí nejčastěji centrálně ve vzduchotechnické jednotce, ale výjimkou nejsou ani lokální rozprašovače vody, nebo instalace vodních prvků v interiéru budovy.
- **Odvlhčení vzduchu** v interiéru by nemělo nahrazovat špatnou hydroizolaci stavebních konstrukcí, ale mělo by sloužit k úpravě čerstvé přiváděného vzduchu do interiéru. Odvlhčení vzduchu je energeticky velmi náročné, přestože se uplatňuje Carnotův cyklus, kde odvlhčovače využívají metodu ochlazení vzduchu pod rosný bod vodní páry (odtéká kondenzát) a následný zpětný ohřev vzduchu. Další často používanou metodou je využití hygroskopických materiálů pro absorpci vodní páry (např. silikagelu), ale ten je následně regenerován a spotřeba energie se přesune z interiéru budovy do technologického procesu. Přesto tento způsob odvlhčení vzduchu má v některých případech své logické uplatnění.

- **Zpětné získávání tepla/chladu** se v systémech TZB uplatňuje z důvodu úspory energie. Systém zpětného získávání tepla/chladu se využívá převážně u centralizovaného způsobu vytápění nebo chlazení. Obecně se může jednat o rekuperační nebo regenerační způsob zpětného získání tepla/chladu z odváděného vzduchu do vzduchu přívodního. Rekuperační systém předává pouze teplo (citelné teplo) mezi přívodním a odvodním vzduchem, ale systém regenerační kromě tepelné složky předává i vlhkost (latentní teplo) a dosahuje tím vyšší účinnosti. Typickými zařízeními pro zpětné získávání tepla/chladu jsou deskové výměníky, rotační výměníky nebo tepelná čerpadla.
- **Alternativní zdroje energie** jsou založeny na myšlence vyhnout se klasickým konvenčním zdrojům energie (uhlí, ropa, plyn, jádro) a nalézt jiné, pokud možno levnější zdroje energie. Typickými zástupci alternativních zdrojů energie jsou termické nebo fotovoltaické kolektory, větrné turbíny, geotermální vrty, akumulace tepla do zeminy, vodní nebo přílivové elektrárny atd. Dalšími alternativními zdroji tepla/chladu jsou zdroje založené na částečné spotřebě konvenčních zdrojů, například elektřiny v tepelném čerpadle.

3.4. Energetická náročnost budov

Hodnocení energetické náročnosti budov zavádí *směrnice o energetické náročnosti budov*¹⁸ s cílem snížit spotřebu energie pro provoz budov a s tím spojenou produkci emisí CO₂. Směrnice v článku 4 odstavci 2 uvádí, že členské státy se mohou rozhodnout, že nestanoví nebo nebudou uplatňovat požadavky uvedené v odstavci 1 u těchto kategorií budov:

- a) **budovy úředně chráněné** jako součást vymezeného prostředí nebo vzhledem k jejich zvláštní architektonické nebo historické hodnotě, pokud by splnění některých minimálních požadavků na energetickou náročnost nepřijatelně změnilo jejich charakter nebo vzhled;
- b) budovy užívané jako místa bohoslužeb a pro náboženské účely.

Historické budovy podléhají stejným předpisům o hospodaření s energiemi, jako ostatní budovy. Nicméně památkově chráněné objekty mají z důvodu zvláštního veřejného zájmu přímo v legislativě zajištěny výjimky.¹⁹ Česká republika v *zákoně o hospodaření s energiemi*²⁰ uvádí § 7 odstavec 5 písmeno b), kde stanovuje, že požadavky na energetickou náročnost nemusí být splněny u budov, které jsou kulturní památkou, anebo nejsou kulturní památkou, ale nacházejí se v památkové rezervaci nebo památkové zóně podle *zákona*

18 EU. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov.

19 Kromě zákona o státní památkové péči zde hrají roli i mezinárodní smlouvy, k jejichž plnění se Česká republika při ochraně kulturního dědictví zavázala. Např.: *Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví* (viz sdělení federálního ministerstva zahraničních věcí č. 159/1991 Sb.); *Úmluva o ochraně architektonického dědictví Evropy* (viz sdělení ministerstva zahraničních věcí 73/2000 Sb.m.s.).

20 ČESKO. Zákon číslo 406 ze dne 25. října 2000 o hospodaření s energiemi, ve znění pozdějších předpisů.

*o státní památkové péči*²¹, pokud by s ohledem na zájmy státní památkové péče splnění některých požadavků na energetickou náročnost těchto budov výrazně změnilo jejich charakter nebo vzhled; tuto skutečnost stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek doloží závazným stanoviskem orgánu státní památkové péče. Dále zákon o hospodaření s energiemi v § 7a odstavec 5 uvádí, že se povinnosti spojené s průkazem energetické náročnosti nevztahují na případy uvedené v § 7 odstavci 5 a na budovy, které jsou kulturní památkou, anebo nejsou kulturní památkou, ale nacházejí se v památkově rezervaci.

Hodnocení energetické náročnosti budov se podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU a podle zákon o hospodaření s energiemi nevztahuje na památkově chráněné budovy.

Mezi nejdůležitější předpisy veřejného stavebního práva patří *zákon o územním plánování a stavebním řádu* (dále stavební zákon).²² Tento zákon poukazuje na povinnost dodržet při zhotovení stavby obecné požadavky na výstavbu, popřípadě jiné technické předpisy a technické normy a další související právní předpisy, mezi nimiž je jmenován i výše zmíněný zákon o hospodaření s energiemi. Stavební zákon rovněž definuje, že mezi úkoly územního plánování patří podle § 19 odstavce 1 písmene d) stanovovat urbanistické, architektonické a estetické požadavky na využívání a prostorové uspořádání území a na jeho změny, zejména na umístění, uspořádání a řešení staveb. Podle stavebního zákona lze regulovat podobu stávajícího objektu dle odstavce 1 § 103 za předpokladu, že je měněn vzhled stavby. Podle § 137 odstavce 1 písmene i) lze naříditi majiteli stavby nezbytné úpravy, jimiž se zajišťuje ochrana architektonického dědictví, tedy nikoliv výlučně objektů pod památkovou ochranou. Na základě těchto ustanovení stavebního zákona je zřejmý zájem nejen o kultivaci stavebnictví, ale i zachování stávajících architektonických a urbanistických kvalit v území.²³

21 ČESKO. Zákon číslo 20 ze dne 30. března 1987 *o státní památkové péči*, ve znění pozdějších předpisů.

22 ČESKO. Zákon číslo 183 ze dne 14. března 2006 *o územním plánování a stavebním řádu* (stavební zákon).

23 Blíže k změně vzhledu stavby: ŠABATOVÁ, Anna. *Desatero dobré praxe pro posouzení stavebních úprav měnících vzhled památkově nechráněných staveb*. Brno: Kancelář veřejného ochránce práv.

4. Stavební část

Výsledné vnitřní prostředí v budově je vytvořeno přirozenou tepelně-vlhkostní odezvou obvodového pláště budovy na vnější vlivy a následnou dodatečnou úpravou na požadované parametry. Energetické úspory je proto možné hledat především na vnějším plášti historické budovy tvořené vnějšími stěnami (více 4.1.), výplněmi otvorů (více 4.2.), stropy a podlahami (více 4.3.), šikmou nebo plochou střechou (více 4.4.) a pak mezi systémy TZB (více 4.5.), jejichž hlavním účelem je přirozeně vzniklé vnitřní prostředí přizpůsobit požadavkům uživatelů (blíže část 3.2). Opatření vedoucí k energetickým úsporám nelze navrhnout šablonovitě. U památkově chráněných staveb je vždy hlavním hlediskem zachování památkově chráněných hodnot před splněním požadavků na energetickou náročnost budov (blíže část 3.4).

4.1. Vnější stěny

Vsislé obvodové konstrukce mají většinou převažující plošný podíl na vnější obálce budovy a tím je předurčeno jejich významné zastoupení v celkové tepelné ztrátě budovy. Tepelněizolační schopnosti původních obvodových konstrukcí jsou dány dobovými technologickými možnostmi, zvyklostmi a požadavky. Například vnější obvodová stěna z keramických cihel plných pálených tloušťky 30 cm má $U \approx 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a tloušťka 45 cm má $U \approx 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,²⁴ což je v porovnání se současnými normovými požadavky na součinitel prostupu tepla $U \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nevyhovující. Přesto takové zjištění není důvodem pro stavební zásah do stávající a dobře fungující obvodové stěny. Důvodem pro zásah musí být například tepelněizolační nefunkčnost stávající obvodové stěny nebo nevyhnutelný statický zásah do konstrukce či překročená životnost povrchů. V takovém případě se v současné době nabízí následující možnosti:

- **Oprava vnějšího povrchu** obvodové stěny je často neprávem opomíjenou možností. Vnější povrch je vystaven klimatickým změnám a každá klimatická změna (slunce, vítr, déšť, námraza, mlha) jej mírně naruší. Časem se povrch stane lehce porézní s drobnými trhlinkami. Trhlinky se postupem času rozšiřují a propouštějí do konstrukce vodu, která zhoršuje tepelněizolační schopnosti celé stěny (zejména v zimním období) a tím se zvyšuje i tepelná ztráta celé budovy. Degradace povrchu má vliv na průvzdušnost stěny. Proto je žádoucí, aby se před rozsáhlými, historický dokument degradujícími, stavebními zásahy do obvodové konstrukce primárně upřednostnila oprava původních povrchů standardními památkovými postupy. Přece jenom udržovaná fasáda plní svoji ochrannou funkci před povětrnostními vlivy lépe, než narušené souvrství této konstrukce.

²⁴ Vyšší hodnoty U platí pro materiály, které prošly mrazovými cykly, na základě čehož se u nich projevuje degradace – proto je zde značný rozdíl ve vztahu k laboratorně získaným hodnotám typově shodných stavebních materiálů.

- **Vnitřní zateplení** obvodové stěny sice výrazně nemění vnější vzhled historické budovy, ale snižuje užitnou plochu místností a mění šířku vnitřního ostění u oken a dveří. Vnější zdivo v případě vnitřního zateplení promrzá do větší hloubky (záleží na poměru přidané izolace), což způsobuje větší namáhání mrazem pro vnější omítku a obklady. Poměrně častou poruchou je v případě vnitřního zateplení kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce, která je způsobena změnou teplotního pole. Nejvíce teplotně-vlhkostní změnou trpí zhlaví (uložení) dřevěných stropních trámů, ostění kolem oken a dveří, případně návaznost podlahy a stropu na stěnu. Nejsou-li učiněna technická opatření, mohou být důsledkem nové vlhké oblasti v ploše nebo u detailů (okna, dveře, příčky, prostupy atd.). V případě cenných vnitřních povrchů lze vnitřní zateplení zcela vyloučit, jelikož výrazně mění charakter a vzhled těchto povrchů.
- **Vnější zateplení** obvodové stěny významně mění charakter a vzhled historické budovy, protože překrývá původní ztvárnění fasády, mění proporce šířky a výšky objektu, současně zmenšuje/zvětšuje přesahy jednotlivých vystupujících/ustupujících prvků na fasádě a mění šířku vnějšího ostění u oken a dveří. Lze konstatovat, že při kvalitním provedení všech navazujících detailů vnějšího zateplení (nadpraží a ostění otvorů, detail soklu, detail ukončení u střechy, návaznost na jiné objekty a konstrukce atd.) se tepelně-vlhkostní poruchy vzhledem k množství již uskutečněných realizací vyskytují zřídka. Zateplením obvodových konstrukcí se často zakrývají současné poruchy, které stav objektu jen zhoršují. Nejčastěji se touto cestou zakrývá porušená hydroizolace objektu, která se mylně interpretuje jako slabá tepelněizolační schopnost obvodové stěny.

Vnější i vnitřní zateplení je zásadním nereverzibilním zásahem do hmotné podstaty budovy. Možným opodstatněným užitím zateplení u chráněných budov je prokázání konstrukční chyby/závady, která vznikala již při samotném návrhu budovy či její realizaci a vede k degradaci vlastní konstrukce a jejích navazujících částí.

- **Výměna zdiva** je možná v případě dožití konstrukce do takové míry, že ji není možné staticky sanovat. Přesto je předpokladem toto zdivo dotvořit či doplnit v původní podobě a s původním výtvarným řešením s maximálním využitím původního materiálu. Výměna původní konstrukce z důvodu tepelněizolační nefunkčnosti je z pohledu památkové péče nepřijatelná, jelikož je původní konstrukce, jako historický dokument, primární památkově chráněnou materií.

4.2. Výplně otvorů

Výplněmi otvorů ve vnější obvodové konstrukci jsou okna, okenní pásy, dveře, vrata atd. Plošný podíl výplní otvorů na vnější obálce budovy je individuální, záleží na účelu stavby a době vzniku. Obecně lze zjednodušit, že čím je objekt starší, tím menší je podíl otvorů ve vnější obvodové konstrukci. Tepelněizolační schopnost výplní otvorů je přibližně pro jednoduché tabulové zasklení $U \approx 5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, obyčejné dvojsklo $U \approx 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a neprosklené vnější dveře $U \approx 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Moderní pokovované zasklení v kombinaci se vzácnými plyny mezi skly (Argon, Krypton) se většinou pohybují kolem hodnoty

$U \approx 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Největší tepelná ztráta přes dobové vnější výplně otvoru není realizována vedením tepla, ale prouděním tepla přes spárovou netěsnost okna/dveří. Proto, by přednostně měla být provedena údržba či repase²⁵ původních výplní otvorů, nežli výměna celé výplně otvoru za novou.

- **Oprava kování** ve stávající výplni otvoru může zabránit nechtěnému úniku tepla v zimním či větrném počasí. Vlivem špatného dovírání okenní výplně do rámu dochází k významné ztrátě tepla neřízeným větráním (nadměrnou infiltrací).
- **Utěsnění spár** v rámu okna/dveří je možné vložením silikonového těsnění, které může být pouze nalepeno (šetrnější varianta) nebo vloženo do vyfrézované drážky v rámu okna/dveří. Utěsnění oken a dveří má pozitivní vliv na snížení potřeby tepla na vytápění, zejména při chladných větrných dnech, avšak zvýšená těsnost oken/dveří musí být kompenzována častějším otevřením okna za příznivých klimatických podmínek, aby nedošlo k dlouhodobému růstu vlhkosti ve vnitřním prostředí budovy a hygienickým problémům způsobených zvýšeným podílem agencií ve vzduchu (nejčastěji růst CO₂ nebo koncentrace sporů plísní).
- **Textilní závěs** umístěný na vnitřní straně okna/dveří rozdělí chladnější vzduch v blízkosti okna/dveří od teplejšího vzduchu v místnosti. Takto uměle vytvořená vzduchová mezera pouhou lehkou záclonou snižuje únik tepla až o cca 5 % a v případě těžšího závěsu lze dosáhnout významnějšího podílu.
- **Reflexní fólie** nalepená na tabulku skla zvyšuje reflexivitu okna/dveří a snižuje tím letní tepelnou zátěž místnosti způsobenou slunečním zářením. Zvyšuje také optickou pohodu v letních měsících a částečně chrání interiér místnosti před degradací. Nevýhodou je vnější i vnitřní změna vzhledu okna/dveří, vyšší požadavek na umělé osvětlení v zimním období a také u některých osob fólie na oknech způsobuje nepříjemné pocity či deprese. Proto se reflexní fólie na okna nedoporučuje v místnostech s delším pobytem osob. U památkově chráněných objektů, především u kulturních památek a objektů v památkových rezervacích, se může jednat o opatření výrazně měnící charakter a vzhled. Proto je důležité zvážit, do jaké míry změna optických vlastností a zbarvení zasklení vyváží případně jiné nabízející se úpravy.
- **Žaluzie, rolety a okenice** je možné instalovat z vnitřní nebo vnější strany okna. Vnější žaluzie jsou účinnější, protože se intenzivním slunečním svitem zahřívají a teplo předávají venkovnímu vzduchu na rozdíl od žaluzií vnitřních. Žaluzie tedy významně snižují letní tepelnou zátěž v budově, a to až o 50 %. Rolety umístěné na vnější straně okna/dveří snižují tepelnou ztrátu objektu v zimním období a to i při pouhém nočním používání. Princip úspory je založen na vytvoření další vrstvy vzduchu a zabránění přímému ochlazení vnějšího povrchu okna/dveří. Především vnější stínění významně mění charakter a vzhled budovy. V případě opodstatnění jeho užití je primární najít vhodnou formu, která má u daného objektu své historické oprávnění.
- **Změna zasklení okna/dveří** je obecně možná realizovat dvěma způsoby, a to buď přidáním další tabulky skla do stávajícího rámu, nebo úplnou výměnou zasklení ve stá-

vajíčím rámu okna/dveří. Obě cesty však zvyšují hmotnost skla v rámu, a to se může projevit lehkou deformací, která omezuje otevírání/zavírání okna či dveří. Současně se při změně zasklení mění vnímání charakteru a vzhledu historické budovy z vnějšku i z interiéru, proto je důležité zvážit, do jaké míry změna zasklení vyváží případné jiné nabízející se úpravy, či zachování původního stavu. Výhodou je snížení tepelné zátěže v létě, stejně jako snížení tepelné ztráty v zimě, tedy pokud je procentuální plocha zasklení v obálce budovy významná.

- **Výměna okna/dveří** kombinuje v sobě cestu zvýšení těsnosti spár i vyšší kvalitu zasklení. Nová okna/dveře při splnění současných požadavků a výrobních postupů budou vypadat vůči originálu vždy neautenticky – s tím se pojí celková změna charakteru a vzhledu historické budovy. Vyšší těsnost oken/dveří navýší požadavek častějšího větrání v interiéru budovy, ale sníží tepelnou ztrátu v zimě a tepelnou zátěž v létě. Při kvalitním technickém provedení, zejména poctivém vyplnění spáry mezi rámem a ostěním (včetně otvorů po montážních klíncích) a přelepením této spáry difuzním páskem (zabránění difuzi vlhkosti a následné kondenzaci vodní páry), nebývají s tímto stavebním zásahem v budoucnu problémy. Pozornost je třeba věnovat instalaci nového vnějšího i vnitřního parapetu, poměru vnitřního a vnějšího ostění a také stavebnímu zapravení spáry v nadpraží a ostění. Výměna výplní významně ovlivňuje i charakter a vzhled navazujících konstrukcí a dalších součástí výplní – proto je výměna oken z pohledu památkové péče jedna z nejcitlivějších a nejdiskutabilnějších forem úprav na chráněném objektu.

4.3. Stropy a podlahy

Vodorovnou stavební konstrukcí oddělující vnitřní prostředí od vnějšího je strop nad posledním podlažím a podlaha na terénu nebo nad suterénem. Základním konstrukčním prvkem stropu je nosná vodorovná konstrukce, kterou v historické budově nejčastěji tvoří dřevěný trámový strop, železobetonový trámový strop, (někdy s keramickými tvarovkami), montovaný strop, železobetonová deska nebo cihelná či kamenná klenba. Tepelněizolační schopnosti samotné nosné konstrukce jsou malé a bývají doplněny dalšími tepelněizolačními vrstvami v podlaze. Nejčastěji používanou tepelněizolační vrstvou v podlaze (na stropě i terénu) jsou násypy, dřevěné rošty a moderněji starší typy tepelněizolačních desek (často na bázi dřeva).

- **Zateplení stropního podhledu** je často používanou metodou aplikovanou samotnými uživateli objektu. Nalepení podhledových kazet má na celkový tepelný odpor stropu zanedbatelný vliv, přesto se tím docílí snížené průvzdušnosti stropní konstrukce a omezí se tak únik teplého vzduchu z interiéru. Důvodem zlepšení je, že původní stopní konstrukce bývají často velmi průvzdušné a největším difuzním odporem v celé skladbě stropu bývá pouze vrstva vápenné omítky, která úniku teplého vzduchu z interiéru do podkroví budovy vlivem přirozených vztlakových sil příliš nebrání. Účinnější variantou zateplení je instalace nového podhledu s vloženou tepelnou izolací. Je však

třeba mít na paměti, že aplikace podhledu sníží světlou výšku místnosti a současně může zničit historicky nebo umělecky cenný podhled s řemeslnými nebo uměleckými prvky, malbami či freskami, což je z pohledu památkové péče neopodstatněný zásah.

- **Izolace do stropní konstrukce** lze vložit v případě trámového dřevěného nebo železobetonového stropu se vzduchovými mezerami. Vložení tepelné izolace do konstrukce stropu nesníží světlou výšku místnosti, ale při její instalaci je potřeba rozebrat podhled nebo podlahu, které mohou nést památkové hodnoty – ty je třeba zachovat a chránit před poškozením. Nevhodné provedení dodatečné izolace mezi trámy může způsobit vlhkostní problémy, zejména u stropu s vlhkými provozy. Proto se doporučuje ještě před samotnou realizací provést tepelně-vlhkostní posouzení nově navržené skladby a při odkrytí nosných trámů zkontrolovat jejich stavebně-technický stav, zejména v místě uložení.
- **Izolace do podlahy** v případě podlahy na terénu nebo na stropní konstrukci či klenbě lze provést rozebráním podlahové skladby – památkově hodnotné podlahy je třeba zachovat a chránit je před poškozením. Následně je možné vytvořit novou tepelně-izolační skladbu podlahy ve stejné tloušťce. Klenby lze z rubu zateplit, ale během stavebních prací je nutno dbát na jejich rovnoměrné zatížení, jinak během odtížení nebo nerovnoměrného zatížení hrozí zřícení klenby!

Pouhé položení přídatné tepelné izolace na původní podlahu vede ke změně výškové nivelety podlahy a výškovému nesouladu dveří, schodišťových stupňů, výšky parapetu a snížení světlé výšky místnosti. Proto je tento způsob přidání tepelné izolace na původní skladbu už jen z provozního hlediska realizovatelný pouze ve výjimečných případech.

4.4. Střechy šikmé a ploché

Střechy budov lze rozdělit podle sklonu na šikmé a ploché. Původní ploché střechy na historických budovách se v našem prostředí vyskytují až u staveb z 20. století, důvodem jsou tehdejší technologické možnosti, které jsou však dané často nepříliš trvanlivými stavebními materiály (asfaltové pásy, plechy atd.). Proto se dnes na budovách z této doby jedná spíše o nepůvodní konstrukci i materiály. V případě výskytu původní ploché střechy na památkově chráněné budově je nutno nový návrh nebo rekonstrukci skladby svěřit odborným pracovníkům; zde se bude vždy jednat o individuální zhodnocení a přístup. Zateplení ploché střechy je možné provést z interiéru, a to formou tepelné izolace v podhledu (viz kap. 4.3.). Zateplení šikmé střechy, často s dřevěným trámovým krovem, obvykle probíhá v souvislosti s adaptací podkroví na jiný provoz, což je sama o sobě zvláštní (z uživatelského hlediska rozporuplná) kategorie památkového posouzení. Krov lze zateplit těmito způsoby:

- **Izolace nad krovem** je v současnosti velmi preferovaný způsob zateplení podkroví u novodobých staveb. Výhodou je překrytí tepelných mostů vytvořených jednotlivými krovci. Krovce jsou pak izolovány od vnějších vlivů a zvyšuje se jejich životnost.

Aplikace tepelné izolace nad krokve je v případě památkově chráněných budov značně problematická. K provedení skladby je třeba odstranění krytiny a doplnění konstrukce o další vrstvy. V takovém případě nadkroevní izolace se výrazně mění charakter a vzhled střechy nejen v konstrukci, ale i v proporcích.

- **Izolace mezi krokvemi** lze aplikovat jako dodatečný způsob zateplení dřevěných trámových krovů historických budov. Vnější vzhled budovy se nezmění a v případě odborného statického a tepelně-vlhkostního posouzení nejsou s tímto způsobem zateplení problémy vzhledem k počtu úspěšných realizací. Mezikroevní tepelná izolace bývá často z důvodu malé výšky krovů doplněna o tepelnou izolaci pod krokvemi.
- **Izolace pod krokvemi** je dalším možným způsobem dodatečného zateplení podkrovní budovy bez dopadu na vnější vzhled historického objektu. Podkroevní tepelná izolace je umístěna do dodatečně vytvořeného roštu kolmo na krokve a překrývá tak tepelné mosty způsobené jednotlivými krokvemi. Podkroevní izolace bývá často používána v kombinaci s mezikroevní izolací, protože podkroevní izolace výrazně snižuje vnitřní podstřešní prostor.

4.5. Systémy technického zařízení budov

Stávající systémy technického zařízení budov (TZB) instalované v budově se značně podílejí na celkové roční spotřebě energie a potenciál energetický úspory je zde přímo úměrný jejich stáří a délce provozní doby během roku. Hledání energetických úspor je nejlépe po celé trase vedení a to od zdroje až po koncové prvky a způsob užívání. Typickými místy pro úspory provozní energie jsou následující opatření.

- **Zdroje** (tepla/chladu, vzduchotechnické jednotky, tepelná čerpadla, termické nebo fotovoltaické kolektory, zemní vrty, předávací stanice atd.) by měly podléhat pravidelné odborné technické kontrole. Pravidelnou údržbou zdroje se dá předejít nejen nečekaným poruchám, které pak mohou způsobit další přímé/nepřímé škody, ale standardní údržbou lze dosáhnout i nemalých úspor energie při provozu. Přestože je tento fakt všeobecně znám, lze se setkat s nevhodným nastavením elektroniky, zanesenými filtry, částečně či zcela nefunkční regulací zdroje nebo amatérsky opraveným zařízením. Všechna tato i další drobná pochybení mají vliv na celkovou spotřebu energie (byť třeba 1 % z celkové roční spotřeby je finančně zajímavé) a dobou několikaletého provozu se takové pochybení navyšuje. Současně je potřeba vzít v úvahu také pravidelnou výměnu zdroje, protože půlstoletí funkční kotel je konstrukčně méně úsporný, nežli kotel nový s elektronickým řízením a využívající moderní technologie spalování.
- **Rozvody** tepla a chladu, vzduchu, chladiva jsou podceňovanou součástí systému TZB, protože jsou vedeny skrytě mimo běžně dostupná a viditelná místa. Přesto rozvody tekutin (voda, vzduch, chladivo apod.) spojují zdroj s koncovými prvky a jejich zanedbaná údržba může způsobit únik dopravovaných tekutin nebo zbytečně navýšit ztrátu tepla/chladu. Typickou poruchou je narušení tepelné izolace (hlodavci, mechanickým

nárazem, rozlepením spoje), vytržené kotvení, drobné protékání spojů nebo armatur, nefunkční nebo špatně nastavené armatury na trase vedení sloužící k regulaci soustavy a v neposlední řadě také často se vyskytující deformace potrubí, například nárazem při stěhování apod. Ztráty tepla/chladu mohou v rozvodech dosahovat až 10 %, proto je nezbytně nutné pravidelnou obhlídkou zkontrolovat stav a funkčnost všech dostupných částí rozvodu.

- **Koncové prvky** umístěné na rozvodu jsou nejčastěji otopná tělesa, výustky vzduchu, split jednotky, fan-coily, indukční jednotky apod. Kontrola funkčnosti těchto prvků se v praxi většinou provádí správně a případnou nefunkčnost koncového zařízení často nahlásí i sami uživatelé. Pozornost je třeba věnovat zapomenutým koncovým prvkům v málo navštěvovaných místnostech (chodba, sklad atd.), stejně jako nastavení či případným dodatečným úpravám koncových prvků. Nejčastějším prohřeškem je zakrývání otopných těles různými dekoracemi, které omezují přenos tepla z otopného tělesa dále do místnosti. Teplo se pak vrací zpět ke zdroji, ale uživatel má pocit chladu a proto regulací zvýší požadovanou teplotu topné vody, což navyšuje tepelné ztráty. Experimentálně je zjištěno²⁶, že již pouhá lehká záclona před otopným tělesem dokáže snížit přenos tepla z otopného tělesa až o 5 % – výjimkou nejsou ani dřevěné kryty otopných těles, které však mohou být často památkově hodnotnou výbavou interiéru.
- **Požadavky uživatelů** jsou klíčovou informací pro provoz celého systému TZB v budově. Podle požadavků od jednotlivých uživatelů budovy se vše navrhuje, realizuje a provozuje. Proto by při hledání úspor energie neměla být tato zásadní položka opomenuta. Uživatelé systému TZB mohou ovlivnit celkovou roční spotřebu energie v budově až o desítky procent. V praxi není výjimkou kombinace protichůdných požadavků, například na jaře se v severní části budovy ještě topí, ale uživatelé jižní části budovy mají požadavek na chlazení. Takový nesoulad lze vhodně navrženým systémem TZB elegantně vyřešit předáním tepla mezi severní a jižní částí budovy, a to vše s minimálním požadavkem na primární energii. Neznalost tohoto požadavku při návrhu systému TZB však způsobí vysokou energetickou náročnost budovy, protože se současně bude vyrábět teplo i chlad. Uživatelé tedy mají celou energetickou náročnost budovy plně v rukou, ale často si toho nejsou vůbec vědomi. Proto se při hledání energetických úspor v budově vyplatí poučení a vyslechnutí jednotlivých uživatelů budovy.

5. Příklady realizací

Brno | Vila Tugendhat

Černopolní 237/45, Brno-sever

Číslo ÚSKP ČR: 16079/7-98

U této funkcionalistické vily nebylo uvažováno s aparátem energeticky úsporných opatření pro vysokou architektonickou a uměleckou hodnotu stavby. Plášť ploché střechy, který prodělal pro svoji nefunkčnost významné změny ve skladbě při rekonstrukci na počátku 80. let (tepelná izolace pěnovým sklem uloženým na suchu v pískovém loži; vrstva přitížena spádovou železobetonovou deskou s hydroizolací z asfaltových pásů – v dnešní době je považováno za technologicky nevhodné řešení), byl nově rekonstruován tak, aby jeho konstrukce byla parotěsná a vizuálně odpovídala podobě z doby výstavby. Nový střešní plášť tvoří kompaktní parotěsná skladba důsledně spojená ve všech spárách a vrstvách z pěnového skla a střešní hydroizolační folie. Jako pochozí vrstva střechy byla navracena kamenná dlažba v pískovém loži. Pro svoji jedinečnost byl pro účely prezentace repasován systém původního technického zařízení budovy, který sloužil k vytápění, ochlazování a zvlhčování vzduchu.²⁷



²⁷ Blíže viz: SOLAŘ, Miloš – ŠLAPETA, Vladimír – VŠETEČKA, Petr. *Památková obnova vilové architektury 20. a 30. let 20. století*. Brno: NPÚ, 2015, s. 89–93.

Brno | Vila Stiassni

Hroznová 82/14, Brno-Pisárky

Číslo ÚSKP ČR: 4500/7-7046

Úspěšná opatření na tomto významném architektonickém díle se projevila na změně dvouplášťové ploché střechy na vile a na „domku zahradníka“ (již v minulosti prodělaly konstrukční úpravy) na střechu jednoplášťovou s vloženou tepelněizolační spádovou vrstvou. Na vile je vrchní ochranná vrstva tvořena kačirkem u nepochozí části a replikou původní dlažby u pochozí části střechy. Na domku zahradníka se jedná o přeměnu na nepochozí zelenou extenzivní střechu. V suterénu vily byla do nového souvrství podlahy na terénu přidána tepelná izolace. Obvodové konstrukce a výplně otvorů byly pro svoji vysokou hodnotu obnoveny tradičními památkovými postupy (repose, restaurování) bez ambic na zlepšování tepelněizolačních vlastností.²⁸



Ostrava | NPÚ, územní odborné pracoviště v Ostravě

Odboje 1941/1, Ostrava-Moravská Ostrava

Číslo ÚSKP ČR: 4500/7-704

U tohoto objektu s nepopíratelnou historickou hodnotou došlo k vnějšímu zateplení. Pouze v částech, kde by vnější povrchy byly stěží obnovitelné (např. obklady), došlo k vnitřnímu zateplení svislých konstrukcí. Původní okna byla dodatečně doplněna o dvojsklo, skladba podlahy v suterénu a skladba ploché střechy byly doplněny o vrstvu tepelné izolace. Byly vytvořeny i předstěny.²⁹



²⁹ Blíže viz: STRAKOŠ, Martin (ed.). *Odboje 1941/1: Obnova památky moderní architektury*. Ostrava: NPÚ, 2016, s. 70–72.

Praha | Husův sbor v Praze

Dykova 51/1, Praha-Vinohrady

Číslo ÚSKP ČR: 40757/1-1666

Svislá obvodová konstrukce této jedinečně pojaté sakrální stavby vykazovala závady, které byly způsobeny poddimenzováním v oblasti tepelněizolačních vlastností konstrukce při jejím návrhu. Závady se projevovaly kondenzací vlhkosti z vnitřní strany konstrukce. Náprava konstrukční chyby spočívala v odstranění omítek na nosnou konstrukci, doplnění konstrukce o vnější izolaci (50 mm) se zesílenou armaturou a obnovení omítek v původní podobě a původním výtvarným řešením. Ploché střechy byly doplněny o tepelnou izolaci (200 mm); původní okenní rámy byly opraveny, aniž by je bylo třeba vyměňovat či dodatečně upravovat.³⁰



30 Blíže viz: SOLAŘ, Miloš. Funkcionalistická stavba v novém hávu: Obnova Husova sboru na Vinohradech. In: *Dějiny a současnost*, roč. 2009, č. 11, s. 10.

Praha | Müllerova vila

Nad Hradním vodojemem 642/14, Praha-Střešovice

Číslo ÚSKP ČR: 40543/1-1524

Vysoká architektonická hodnota stavby si vyžádala tepelně-technické úpravy pouze v případě konstrukční chyby provedené při návrhu stavby. Z důvodu reakce mezi původním olověným plechem (hydroizolace) a vrstvou nevyhašené škváry (tepelná izolace) ve skladbě ploché střechy, byly jako nové souvrství navrženy pásy z modifikovaného asfaltu a pěnového skla.³¹



31 Blíže viz: SOLAŘ, Miloš. *Památková obnova*, s. 74–88.

Zlín | Vila Františka a Julie Malotových

Lazy I 3689, Zlín

Číslo ÚSKP ČR: 102178

Od původně uvažovaného zateplení a dalších úsporných opatření bylo z důvodu dochování řady hodnotných prvků upuštěno. Jedná se o příklad konzervace stavby, kdy jsou maximálně zachovány autentické prvky, jako výchozí bod pro další obnovu památky.³²



32 Ibid. s. 58–67.

6. Závěr

Metodický list s názvem *Tepelné ztráty historických budov* slouží jako úvod do problematiky – seznamuje čtenáře se základními stavebními a fyzikálními vlastnostmi objektů a stanovuje možnosti nakládání s historickými budovami ve vztahu ke zlepšování stavebně technických vlastností a úsporám energie. Určen je všem zájemcům z řad široké veřejnosti, památkářům odborné organizace státní památkové péče i jejich výkonných orgánů, projektantům obnov kulturních památek a pracovníkům stavebních úřadů. Zájemce o podrobnější informace odkazuje k další dostupné literatuře – její přehled je však výběrový, vzhledem k aktuálnosti tématu lze navíc předpokládat, že literatury bude přibývat.

Při posuzování navrhovaných úprav stavebně technických vlastností historických staveb je potřeba vždy zohlednit charakter konkrétní budovy. Obecně se upřednostňuje pravidelná údržba a řádná péče o historický objekt před stavebními zásahy, protože i při sebelepší snaze o zachování původního vzhledu historická budova vlivem stavebních úprav ztrácí svoji autenticitu. V nevyhnutelných případech se pak doporučuje provádět stavební úpravy s maximálním ohledem na stránku památkovou, uměleckou a estetickou.³³ Zachování historické budovy v co nejvyšší míře původnosti jistě ocení nejen současníci, ale i budoucí generace.

33 SVOBODOVÁ, Mahulena (ed.). *Zelené památky: Možnosti snižování energetické náročnosti památkově cenných staveb*. Slavonice: Slavonická renesanční, o.p.s, 2011. Rovněž: LIEBICH, Hanna A. (ed.). *Richtlinie. Energieeffizienz am Baudenkmal*. Wien: Bundesdenkmalamt, 2011.

7. Literatura

- BÁČOVÁ, Marie et al. *Obnova okenních výplní a úykladců*. Praha: NPÚ, 2010.
- ČESKO. Zákon číslo 20 ze dne 30. března 1987 o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů.
- ČESKO. Zákon číslo 406 ze dne 25. října 2000 o hospodaření s energiemi, ve znění pozdějších předpisů.
- ČSN 06 0205:2013. *Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav*. Praha: ÚNMZ, 2013.
- ČSN 73 0540:2011. *Tepelná ochrana budov*. Praha: ÚNMZ, 2011.
- ČSN 73 0548:1986. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: ÚNMZ, 1986.
- DVOŘÁK, Max. *Katechismus památkové péče*. Praha: NPÚ, 2004.
- EU. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU ze dne 19. května 2010 o uvádění spotřeby energie a jiných zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie a v normalizovaných informacích o výrobku.
- FELDHAUS, Maria. *Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům: energetická a technická sanace budov v praxi*. Ostrava: HEL, 2001.
- FOURIER, Joseph. *Théorie analytique de la chaleur*. Paris: 1822.
- JANDÁČEK, Václav. *Zelená úsporám a památkově chráněné stavby* (Časopis Stavebnictví 10/2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/zelena-usporam-a-pamatkove-chranene-stavby_N2751.
- JANSSEN, Hans – BLOCKEN, Bert – CARMELIET, Jan. Conservative modelling of the moisture and heat transfer in building components under atmospheric excitation. In: *International Journal of Heat and Mass Transfer* roč. 50, rok 2007, s. 1128–1140.
- KÜNZEL, Hartwig M. – KIESSEL, Kurt. Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components. In: *International Journal of Heat and Mass Transfer* roč. 40, rok 1996, s. 159–167.
- LIEBICH, Hanna A. (ed.). *Richtlinie. Energieeffizienz am Baudenkmal*. Wien: Bundesdenkmalamt, 2011.
- *Možnosti snižování energetické náročnosti historických staveb – zateplování* (18. 5. 2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://previous.npu.cz/pro-vlastniky/stavebni-a-restauratorske-prace/dalsi-temata/moznosti-snizovani-energeticke-narocnosti-historickych-staveb-zateplovani/>.
- Museums, galleries, archives and libraries. In: *ASHRAE Handbook*. Atlanta: ASHRAE, 2011.
- NĚMEČEK, Miloslav. *Vyjádření k problematice zateplování historických budov* (15. 8. 2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://previous.npu.cz/pro-odborniky/>

narodni-pamatkovy-ustav/edicni-cinnost-npu/odborne-clanky/odborne-clanky-2009/vyjadreni-k-problematice-zateplovani/.

- RIEGL, Alois. *Moderní památková péče*. Praha: NPÚ, 2003.
- ŘEHÁNEK, Jaroslav. *4 x E o tepelné izolaci budov: energetika, environment, ekonomika, efektivnost*. Praha: ČKAIT, 2004.
- SCHUBERT, Alfréd. *Péče o výplně historických okenních a dveřních otvorů*. Praha: NPÚ, 2004.
- SOLAŘ, Miloš – ŠLAPETA, Vladimír – VŠETEČKA, Petr. *Památková obnova vilové architektury 20. a 30. let 20. století*. Brno: NPÚ, 2015.
- STRAKOŠ, Martin (ed.). *Odboje 1941/1: Obnova památky moderní architektury*. Ostrava: NPÚ, 2016.
- SVOBODOVÁ, Mahulena (ed.). *Zelené památky: Možnosti snižování energetické náročnosti památkově cenných staveb*. Slavonice: Slavonická renesanční, o.p.s, 2011.
- ŠOLC, Martin (ed.). *Replíky oken v památkových zónách*. Brno: NPÚ, 2016.
- ŠTULC, Josef (ed.). *Mezinárodní dokumenty o ochraně kulturního dědictví*. Praha: NPÚ, 2007.
- ŠTASTNÝ, Pavel. Možnosti vnitřního zateplení a praktické zkušenosti s použitím. In: *Zateplení historických budov – nové trendy, zkušenosti, rizika: odborný seminář*. Praha: STOP, 2011.
- ŠUBRT, Roman. Teplotně vlhkostní problematika historických budov. In: *Zateplení historických budov – nové trendy, zkušenosti, rizika: odborný seminář*. Praha: STOP, 2011.
- VOŠAHLÍK, Aleš (red.). *Mezinárodní dokumenty ICOMOS o ochraně kulturního dědictví*. Praha: ICOMOS 2001.
- VYCHYTIL, Jan. Unikátní možnosti zateplování pomocí pěnového skla FOAMGLAS. In: *Zateplení historických budov – nové trendy, zkušenosti, rizika: odborný seminář*. Praha: STOP, 2011.
- WAGNER, Václav. *Umělecké dílo minulosti a jeho ochrana*. Praha: NPÚ, 2005.
- *Zateplení historických budov – možnosti a rizika z pohledu památkové péče* (workshop, 24.–25. 6. 2009) [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://previous.npu.cz/pro-odborniky/narodni-pamatkovy-ustav/tiskove-zpravy/news/4463-zatepleni-historickych-budov-moznosti-a-rizika-z-pohledu-pamatkove-pece/>.
- ZIKÁN, Zdeněk. Možnosti větrání historických objektů s rekuperací. In: *Tepelná ochrana historických budov 2010 a Zelená úsporám: sborník odborných příspěvků z konference*. Praha: ČSVTS, 2010.



Tepelné ztráty historických budov

Martin Šolc (ed.), Ondřej Hnilica, Josef Plášek

Metodický list vydal Národní památkový ústav,
Metodické centrum moderní architektury v Brně v roce 2017

1. vydání

Autoři textu: Ing. Mgr. Ondřej Hnilica, Ph.D.; Ing. Josef Plášek, Ph.D.; Mgr. Martin Šolc
Autoři fotografií: Ing. arch. Martina Bártová, Ing. arch. Matyáš Kracík, Ing. Roman Polášek,
Ing. Petr Svoboda, Radim Vrla, Bc. Miroslav Zavadil

Grafické zpracování a tisková příprava: EkoCentrum Brno

Tisk: CCB, spol. s r.o.

ISBN 978-80-7480-096-2



NÁRODNÍ
PAMÁTKOVÝ
ÚSTAV

METODICKÉ CENTRUM
MODERNÍ ARCHITEKTURY
V BRNĚ

