

Společnost pro technologie ochrany památek – STOP



NÁRODNÍ
PAMÁTKOVÝ
ÚSTAV



Hrázděné stavby Mikroklima historických staveb

STOP – 31 let v památkové péči



odborný seminář/webinář

27. listopad 2025

**Přednášková aula domu ABF,
Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství**

Václavské nám. 833/31, Praha 1

Odborní garanti semináře

Ing. Andrea Nasswetrová, Ph.D., MBA, Ing. Lukáš Balík, Ph.D., Ing. Pavel Šťastný, CSc.

Garant za památkovou péči

Ing. arch. Ondřej Šefců

Organizační garant semináře

Společnost pro technologie ochrany památek – STOP, z.s., Na Březince 1368/5, 150 00 Praha 5
Ing. Monika Najmanová, tel.: 730 850 950, e-mail: seminare@pamatky-stop.cz
www.pamatky-stop.cz

Mediální partner

Internetový portál PROPAMATKY; www.propamatky.cz

Sborník přednášek

Redakce a korektury: Ing. Robert Gill, PhDr. Milena Gillová
Grafická úprava a DTP: Vladimír Černý

Obsah

Úvodem	4
Ing. Andrea Nasswettrová, Ph.D., MBA, předsedkyně výboru společnosti STOP	
Ing. Lukáš Balík, Ph.D., Kloknerův ústav ČVUT v Praze, člen společnosti STOP	
Hrázděné stavby	
Kdy, kde a proč se stavěly hrázděné domy?	6
Ing. Jan Vinař, statik, NPÚ, generální ředitelství	
Dřevěné prvky v hliněném zdivu venkovských staveb na Moravě	20
PhDr. Martin Novotný, Ph.D., Národní ústav lidové kultury, Strážnice	
Hliněné omazávky historických dřevěných konstrukcí	26
Ing. arch. Jiří Syrový, Ing. arch. Zuzana Syrová Anýžová, Syrový a Syrová, architekti	
Materiály pro zateplení hrázděných staveb	39
Ing. Pavel Šťastný, CSc., Remmers s.r.o., divize Ochrana a sanace staveb	
S. lacrymans – dřevomorka domácí nejen v historických budovách	44
doc. RNDr. Jiří Gabriel, DrSc., Mgr. Karel Švec, Ph.D., Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i., Praha	
Mikroklima historických staveb, tepelně-technické vlastnosti jejich konstrukcí	
Fenomén vnitřního zateplení – možnosti, očekávání	48
Ing. Pavel Šťastný, CSc., Remmers s.r.o., divize Ochrana a sanace staveb	
Vnitřní mikroklima a jeho údržba	54
Ing. Lukáš Balík, Ph.D., Kloknerův ústav ČVUT v Praze	
Příklad praktické údržby v reálném prostoru: Mikroklima v historickém interiéru na příkladu bývalé prelatury / zámku Metternichův v Plasích	73
Mgr. Stanislava Beránková, Národní památkový ústav, Studijní depozitář mobiliárních fondů, klášter Plasy	
Použití přírodních izolačních materiálů v konstrukcích historických budov a jejich vliv na mikroklima	79
Michal Flosman, Ciur a.s.	
Příklad praktického návrhu vnitřního zateplení v rámci vlhkostně-sanačních opatření	88
Ing. Zdeněk Štefek, Sarep projekty s.r.o.	

Několik slov úvodem

Ing. Andrea Nasswettrová, Ph.D., MBA, předsedkyně výboru společnosti STOP

Ing. Lukáš Balík, Ph.D., člen společnosti STOP

Vážení přátelé, příznivci památek, kolegyně a kolegové,

v pořadí třetí seminář letošního roku je tematicky zaměřen na hrázděné stavby a mikroklima historických budov. V první části semináře budou představeny hrázděné stavby, které představují významnou, i když u nás méně rozšířenou techniku tradičního stavitelství. Jejich konstrukční principy jsou jedinečné, historická hodnota i estetický přínos nesporné, péče o ně je však často náročná – chybí dostatek odborných informací, zkušených řemeslníků i vhodných technologií. Seminář nabídne účastníkům ucelený pohled na tento specifický konstrukční systém a představí historický vývoj hrázděných konstrukcí a jejich rozšíření zejména v Evropě i na našem území. Objasní základní konstrukční a materiálové principy, funkce a vlastnosti a přiblíží regionální podoby v českém prostředí. Účastníci budou seznámeni s nejčastějšími poruchami, vlivem vlhkosti a biologické degradace a s možnostmi oprav včetně volby vhodných materiálů.

Druhá část semináře se zaměří na mikroklima historických staveb a tepelnětechnické vlastnosti jejich konstrukcí. Významným aspektem ovlivňujícím životnost konstrukcí je přítomnost a chování vody ve stavebních materiálech, jež je zásadní měrou ovlivňováno působením prostředí, v němž se konstrukce nachází. S přítomností vody v konstrukcích musíme vždy počítat a věnovat pozornost predikci jejího chování a vzájemnému chemicko-fyzikálnímu ovlivňování stavebních materiálů. Vlhkost se do stavby nedostává jen z vnějšku. Významným zdrojem zavlhčení, které ničí materiál stavby, ale i skladované artefakty, je kondenzující vlhkost ze vzduchu. Jak předcházet kondenzaci a vysoké relativní vlhkosti? Jedním z významných aspektů zájmu památkové péče je rozhodování o využití historických staveb. Jaké využití je pro stavbu vhodné, jaké už riskantní? Jaké jsou podstatné vlastnosti, které určují možný způsob využití, a jak přistupovat k různým typům konstrukcí? Voda se do konstrukcí dostává jak otevřenou cestou, tj. přímou dotací z okolí, tak v konstrukcích „vzniká“ vlivem tepelně-fyzikálních procesů, jejichž intenzita je též zásadně ovlivňována působením okolního mikroklimatu. V rámci semináře se zaměříme na popis možných forem mikroklimatu v historických budovách a popíšeme si základní kritéria jejich hodnocení. Budou ukázány praktické příklady možností péče o vnitřní mikroklima v prostorech historických objektů. Uvedeme také možnosti ovlivnění tepelně-fyzikálních procesů uvnitř zdiva pomocí vnějších opatření, zejména prostřednictvím zateplení či aplikací různých povrchových úprav. Důležitou otázkou je přínos uplatňovaných opatření z hlediska zachování historické hodnoty památkových objektů.

Věříme, že seminář vám přinese užitečné informace a poznatky, které pomohou při vaší práci. Děkujeme všem autorům, kteří věnovali čas a energii přípravě příspěvků.



Kdy, kde a proč se stavěly hrázděné domy?

Ing. Jan Vinař

statik, NPÚ, generální ředitelství

Textová část mé přednášky je doslovnou citací Metodiky průzkumů a oprav nosných konstrukcí památkově chráněných objektů, kterou vydal NPÚ v roce 2022. Není to kvůli úspoře práce, ale proto, že v tomto textu je vše, co považuji za důležité sdělit o konstrukci, vývoji, funkci, výhodách a nevýhodách hrázdění, které patří mezi velmi staré a velmi rozšířené stavební technologie.

Konstrukce stěn historických staveb a jejich vlastnosti

Konstrukce stěn historických staveb je možno dělit podle následujícího schématu:

stavby, konstrukce:

dočasné, mobilní (přístřešky, stany apod.)

trvalé

masivní (zděné, monolitické)

dřevěné

roubené

sloupkové

kůlové

rámové

bez výplně

bedněné

hrázděné (vyzděné)

s lehkou výplní

Pro volbu jednotlivých typů konstrukcí byla rozhodující některá z následujících charakteristik nebo jejich kombinace:

- tepelné vlastnosti,
- statická funkce,
- stavební náklady.

Tepelné vlastnosti

Tepelné vlastnosti stěny charakterizuje její *tepelný odpor* a *tepelná jímavost* (schopnost akumulovat teplo). Zjednodušeně je možno říci, že:

- tepelný odpor je přímo úměrný tloušťce stěny a nepřímo úměrný *tepelné vodivosti* materiálu – tedy: čím tlustší je stěna, tím lépe izoluje, stěna z dobře izolujícího materiálu může být tenčí,
- tepelná jímavost je přímo úměrná tloušťce stěny a její *hmotnosti* – tedy: tlustá stěna z těžkého materiálu udrží déle teplo.

Historické materiály je možno charakterizovat z hlediska tepelných vlastností:

- dřevo má vysoký tepelný odpor a nízkou tepelnou jímavost,
- zdivo z hutného kamene (například ze žuly nebo křemence) má ve srovnání se zdívem cihelným nízký tepelný odpor, ale vysokou jímavost.

Význam tepelné jímavosti známe ze zkušenosti:

- roubenou chalupu je možno vytopit rychle, kdežto v chalupě kamenné je třeba topit dlouho, než se ohřeje vzduch, ale po přerušení vytápění se teplo dlouho udrží,
- v nevytápěném kamenném kostele je dlouho do zimy teplo, ale zase na jaře je kostel promrzlý.

Po energetické krizi v 70. letech 20. století byly na Západě i u nás zpřísněny požadavky na tepelné vlastnosti konstrukcí budov. Ukázalo se, že minimální tloušťky stěn vypočtené pro různé materiály podle tehdy zavedených přísnějších norem jsou obdobné jako tloušťky stěn obvyklé u historických staveb, například:

- masivní dřevo ~ 20 cm,
- hlína, nepálené cihly ~ 50 cm,
- **zdivo z pálených cihel ~ 60 cm,**
- kamenné zdivo ~ 80–100 cm.

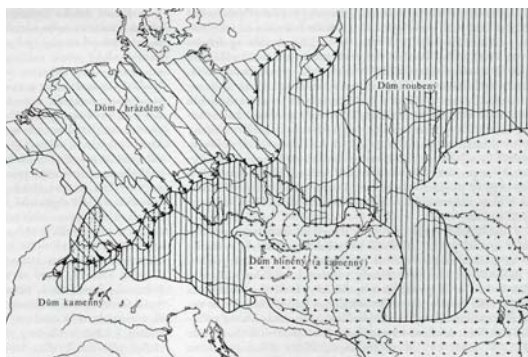
Je zřejmé, že v minulosti byla při navrhování staveb sledována efektivita vytápění. Důvodem bylo hlavně to, aby nebylo nutné vytvářet nadměrné zásoby dřeva. V 19. a 20. století byla stavebními předpisy pro stavby z plných pálených cihel, které tehdy převažovaly, určena jako minimální tloušťka zdi **45 cm**. V té době se začalo běžně topit uhlím, které bylo relativně levné a podstatně výhřevnější než do té doby užívané dřevo. Úspora nákladů na stavbu s menší tloušťkou zdiva byla výraznější než úspora nákladů na palivo. Výše uvedené hodnoty minimálních tloušťek stěn vycházející z jejich tepelných vlastností platí pro naše podmínky, tedy pro oblast *mírného pásu* na přechodu mezi oceánským a kontinentálním podnebním.

Klimatické podmínky velmi často rozhodují o volbě typu konstrukce a jejího materiálu, platí to zejména pro *kontinentální* (východní část střední Evropy, Rusko, sever USA, jižní Kanada) a *subarktické* (Sibiř, Finsko, střední Švédsko, Kanada) pásmo mírného pásu a pro oblasti vysokohorského klimatu. V *oceánském* pásmu mírného klimatu, kam patří větší část zá-

padní Evropy (Francie, Německo, jižní Švédsko, větší část Norska, britské ostrovy i ostrov Bornholm), se klimatické vlivy při volbě typu konstrukcí uplatňují podstatně méně výrazně. Jižní Francie, větší část Španělska, Itálie, Dalmácie, Řecko, Bulharsko jsou v *subtropickém* pásu, kde jsou požadavky na tepelný odpor stěn a vytápění ještě méně významné. Hranici mezi oceánským a kontinentálním pásmem tvoří Krušné hory. Rozdíl mezi klimatem u nás a na druhé straně Krušných hor je ve větší délce mrazů, kdy hrázděný dům se stěnami o tloušťce pouze 20 cm promrzne. V geologické mapě Evropy (obr. 1) jsou vyznačeny *materialy* užívané pro stavbu domů (dřevo, kámen, cihly, hrázdění). Na obr. 2 jsou znázorněny typy lidových domů ve střední Evropě podle Václava Mencle.



Obr. 1.



Obr. 2.

Tepelné vlastnosti hrázděných budov *nevyhovují* požadavkům současných předpisů na obytné budovy, proto dochází k jejich zateplování. U masivních budov je nevhodnější umístit tepelnou izolaci na vnější líc, aby zdivo akumulovalo teplo přicházející z interiéru a uvnitř zdiva nedošlo ke vzniku rosného bodu, jehož důsledkem by bylo hromadění vlhkosti. Vnější izolační obklad hrázděných budov je ovšem z hlediska památkového nevhodný. Pro vnitřní izolaci hrázděných budov jsou běžně užívané tepelněizolační materiály nevhodné, protože nejsou prodyšné, takže vnější vlhkost by pronikala až k izolaci a docházelo by k **vlhnutí** dřeva a výplně hrázděné stěny. Proto byly vyvinuty izolační materiály na bázi jílů, které jsou prodyšné a umožňují průchod vzdušné vlhkosti stěnou oběma směry. Metodika návrhu a provádění byla vypracována a ověřena v Německu, materiály pro *vnitřní tepelné izolace* hrázděných stěn jsou dostupné. Při aplikaci uvedených postupů u památkových objektů musí být před schválením **ověřena** správnost návrhu i kvalifikace zhotovitele.

Statická funkce stěny

Pro spolehlivé zajištění statické funkce musí mít stěna dostatečnou *únosnost* a *tuhost*. Únosnost stěny ovlivňuje:

U masivních staveb (v uvedeném pořadí):

- tloušťka stěny,
- kvalita vazby zdiva,
- pevnost malty,
- pevnost staviva.

U roubených staveb:

- příčná tuhost stěny.

U sloupkových staveb (v uvedeném pořadí):

- uspořádání konstrukce (vzdálenost sloupků, umístění diagonál),
- druh a kvalita provedení výplně,
- profil a kvalita dřeva konstrukce.

U *masivních staveb* je možné do jisté míry nahradit kvalitu zdiva větší tloušťkou. Platí, že zdi, které mají tloušťky dané tepelnými vlastnostmi (viz výše), vyhoví pro nejméně dvou- až třípodlažní domy. Od 19. století byly tloušťky zdí u nás určeny stavebními předpisy a o tloušťce zdí začala u vyšších domů rozhodovat jejich statická funkce. U několikapatrových domů byla v nejvyšším patře s ohledem na tepelné vlastnosti předepsána minimální tloušťka zdi 45 cm. Tloušťka zdi každého nižšího patra musela být vždy o 1/4 cihly větší, takže u čtyřpatrového domu byla tloušťka zdi druhého patra 60 cm a přízemí mělo zdi 75 cm tlusté. Velká tloušťka (a tedy i značná váha) je charakteristickým znakem masivních konstrukcí. Váha (tíha) jejich stěn tvoří podstatnou část (60–80 %) zatížení nosných zdí a základů budov.

U *dřevěných konstrukcí* rozhoduje způsob namáhání dřeva, které má (na rozdíl od většiny ostatních historických materiálů) vysokou pevnost v tlaku i tahu při namáhání ve směru

vláken. Naproti tomu pevnost dřeva v tlaku a tahu kolmo na vlákna a ve smyku je podstatně nižší.

U *roubených* stěn, které jsou velmi výhodné z hlediska tepelného, je dřevo namáháno napříč vláken, nejsou tedy využity vysoké pevnosti dřeva – pevnost materiálu stěn je zde srovnatelná s pevností zdiva. Tloušťka roubených stěn je dána tloušťkou kmene, u jednotlivých staveb se příliš neliší, nemá v běžných případech podstatnější vliv na únosnost konstrukce. Únosnost stěny ovlivňuje především její příčná tuhost, která je u kulatiny, ale i u trámů položených na sebe a spojovaných pouze v rozích poměrně nízká – snadno může dojít k vybočení stěny. Příčnou tuhost stěny zvyšuje provázání s příčnými stěnami, vložení svislých sloupků, hmoždinek nebo příložek. Proto mají roubené stavby zpravidla nejvýše dvě podlaží, často je horní patro založeno na sloupech představených před roubení spodního patra (podstávce) nebo alespoň předsazeno na krakorcích. Všechny tyto úpravy zlepšují statickou funkci stěn – zkracují volnou délku trámů roubení namáhaných při svislém zatížení stěny vodorovným ohybem a zkracují vzpěrnou výšku roubené stěny.

Vysoká pevnost dřeva v tlaku se využívá u *sloupkových* konstrukcí. Sloupkové konstrukce jsou ve výše uvedeném schématu rozděleny na rámové a *kulové*, ze kterých se rámové konstrukce zřejmě vyvinuly. Kulové stavby byly rozšířené v pravěku a dodnes se vyskytují v primitivních kulturách. Výhodou kulových staveb je vysoká tuhost jejich stěn daná vetknutím do země, možnost zakládat i v místech, kde jiné stavby mají problémy (na vodě, na půdách s vysokou hladinou podzemní vody, na věčně zmrzlé půdě). Nevýhodou je omezení výšky dané délkou kmene a možností zarážet kůl a také hnití dřeva v zemině, které podstatně snižuje životnost stavby.

Sloupková stěna bez vetknutí do základů vyžaduje ztužení alespoň vodorovnými prvky, které vytvoří konstrukci, která je pracovně nazvaná *rámovou*. I zde je využita vysoká pevnost dřeva v tlaku, může být využita i řádově stejná pevnost v tahu (dřevo a ostatní rostlinné materiály užívané ve stavbách, jako sláma nebo rákos, jsou jediným přírodním materiálem, který má vysokou pevnost v tahu). Únosnost rámové stěny je dána především jejím uspořádáním, to jest vzdálenostmi sloupků, umístěním diagonál apod. Znamená to, že ze stejných průřezů dřeva je možno bez výrazného zvýšení množství materiálu při vhodném uspořádání vytvořit konstrukce s vysokou únosností. Tloušťka rámové stěny je dána tloušťkou užitého dřeva – obvykle je kolem 20 cm. Tuhost sloupkové stěny zajišťují příčky a diagonály u hrázdného zdiva i jeho výplň.

Při vhodném uspořádání je možné zřizovat *samonosné stěny*, které zatěžují spodní stavbu jen v místech uložení, a které mohou případně vynášet i konstrukce ostatní (stropy). Konstrukce tohoto typu působí jako vzpěradlo (nebo příhradový vazník), které je konstruováno tak, že jeho prvky jsou namáhány převážně tlakem a tahem (obr. 3). U vzpěradel a příhradových vazníků jsou vlastnosti materiálu využity s vysokou efektivitou. U ideálního příhradového nosníku mají příhrady (vymezené pasy, diagonálami a vertikálami) tvar trojúhelníka, osy všech prutů se protínají v jednom bodě (styčnicku) a zatížení je do konstrukce vnášeno ve styčnicku.

U historických dřevěných konstrukcí tyto požadavky nejsou vždy zcela splněny, dřevo je proto namáháno i ohybem od mimostýčného zatížení a od excentrického připojení prutů. Podmínkou správné funkce rámové stěny je i správná funkce spojů, do kterých je soustředěno zatížení, a které jsou obvykle diferencovány podle toho, zda jsou namáhány tlakem nebo tahem. Charakteristickým spojem je čep, kámp a plát na rybinu zajištěný dřevěným kolíkem. U samonosných stěn se velmi často uplatní i železné třmeny nebo táhla.

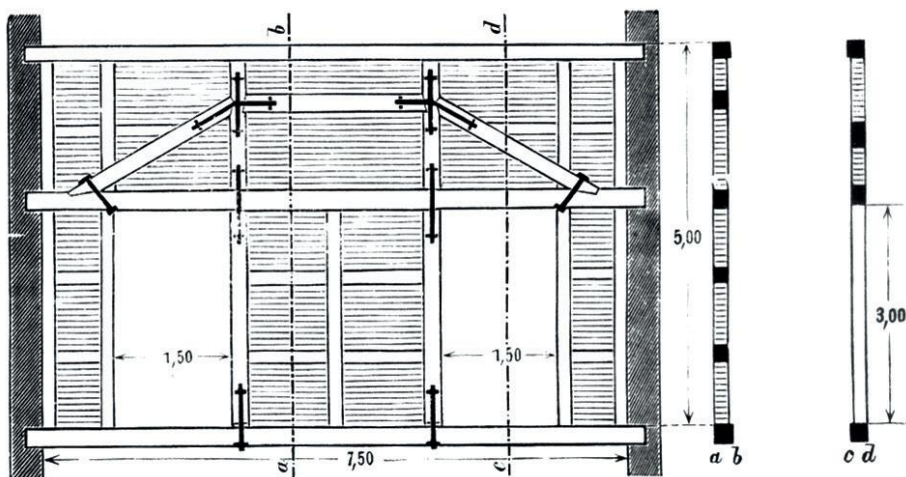


Fig. 176.

Obr. 3.

Pokud jde o funkci a provedení detailů, platí pro rámové konstrukce obdobné principy jako u konstrukcí krovů. Kromě toho, že rámová stěna má vysokou únosnost, je i lehká, což umožňuje snadno budovat vícepatrové stavby, značně vyložené arkýře apod. (obr. 4, Štrasburk).

Váhu (tíhu) rámové konstrukce zásadně ovlivňuje její výplň, proto se u konstrukcí, které mají být lehké (příčky), používá bednění nebo různé typy pleteně nebo laťkové výplně. Výplň může mít i statickou funkci, je tomu tak především u hrázděných (vyzdívaných) obvodových a vnitřních nosných stěn, u kterých vyzdívka stavbu ztužuje a přenáší zatížení v kontaktu dřeva a zdiva. Platí to zejména u hrázděných staveb bez diagonál, které jsou pro některé oblasti typické, například na dánském ostrovu Bornholmu, v Anglii nebo ve Francii, kde je hrázdění někdy vyzdíváno plochými čtvercovými cihlami podobnými cihlám římským, rozměr cihly určuje tloušťku stěny i vzdálenost vertikál hrázdění. Vyzdívkou velkých hrázděných domů



Obr. 4.



Obr. 5.

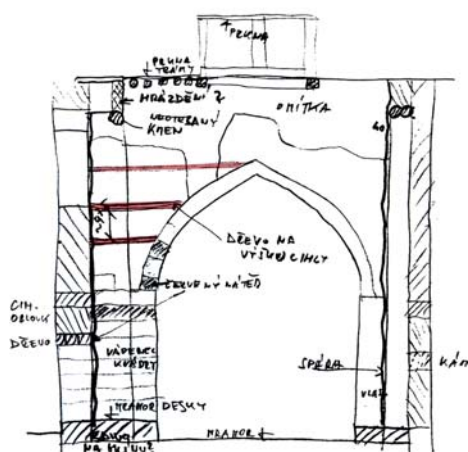


Obr. 6.

v baskické Viktorii jsou proti dřevu velmi pečlivě klínovány, aby zajistili tuhost stavby. Pokud tyto domy mají diagonály, jejich funkcí je pouze ztužení dřevěného skeletu při stavbě. (Obr. 5, Victoria)

U vyzdívek hrázděných staveb se často setkáváme s parketovou vazbou nebo klasovým zdivem (*opus spicatum*). Zdivo s touto vazbou má *stejnou pevnost ve dvou směrech* na sebe kolmých, což má význam pro roznesení zatížení na svislé a šikmé dřevěné prvky (zdivo s rovnoběžnými spárami má vysokou pevnost kolmo na spáru, ale podstatně nižší pevnost ve směru ložné spáry). Přenos sil mezi dřevem a zdivem v hrázděné konstrukci byl pravděpodobně původní funkcí dekorativní vazby režných cihel v příhradách hrázdění. Podobné tendence můžeme sledovat i na příkladech primitivního hrázdění, kde záměrně neuspořádaná vazba zajišťuje (po dotvarování) vyrovnanou pevnost zdiva ve dvou směrech, a tím rovnoměrné zatížení dřevěných prvků. U některých hrázděných staveb má dřevěná konstrukce pouze funkci prostorového ztužení tenkých stěn, tj. zachycení vodorovných sil, svislé zatížení přenáší v celém rozsahu vyzdívk. (obr. 6, Pobežovice)

Hrázděné zdi tohoto typu tvoří přechod ke zděným stavbám ztuženým *dřevěnými věnci*, které jsou běžné v zemětřesných oblastech. (obr. 7a, b, Káhira)



Obr. 7a.



Obr. 7b.

Se stavbami s tenkými zdmi (tloušťky řádově 20 cm) ztuženými dřevěnými věnci provázanými se stropy a kropy se můžeme setkat i u nás, například na Malé Straně, kde v celé řadě domů v Mostecké nebo Nerudově ulici byly po požáru v 16. století uplatněny vlašské stavební technologie. Z úsporných důvodů byly zdi tenké, bylo však nezbytné jejich ztužení. V těchto domech byly zjištěny dřevěné věnce i v poloze mezi stropem a podlahou, což zřejmě vycházelo z konstrukčních zásad běžných v zemětřesných oblastech. Tento způsob stavění vyšel zřejmě poměrně záhy z užívání, protože kvůli tepelným vlastnostem bylo nutno stavět zdi tlustší a brzo se ukázalo, že jejich ztužení věnci není nezbytné.

Stavební náklady

Stavební náklady ovlivňuje především množství materiálu, který je nutný na stavbu. Z výše uvedených charakteristik různých typů stěn je zřejmé, že konstrukcemi s nejmenší spotřebou materiálu jsou stěny rámové, jejich láce je velmi významnou předností. Cena stavebních materiálů se velmi různí podle místních podmínek – zatímco v lesních oblastech je dřevo levné, jinde je naopak dřevo drahé. Příznačné je, že i v oblastech, kde je dřevo poměrně vzácné, se u chudých staveb uplatňují hrázděné konstrukce [1] (obr. 8, Damašek), protože hrázděná konstrukce dovoluje použít i dřevo podřadné kvality, malých profilů a jako výplň cihly z nepálené hlíny (obr. 9, Chiva, Uzbekistán).



Obr. 8.



Obr. 9.

Důležitým faktorem zlevňujícím hrázděnou stavbu je i okolnost, že může být postavena velmi rychle a i poměrně primitivním způsobem. Jedinými nástroji zde užívanými byla *teslice* (sekyra nasazená kolmo na topůrko), kterou se dřevo zkracuje a kterou se provádí jediný typ spoje – *zapíchnutí* osekaného dřeva (původně výhradně kulatiny) do dlabu na plný profil, a široká motyka užívaná na kopání hlíny i na její promísení s vodou v hlíněné míse přímo uvnitř stavby. Z hlíny se přímo na stavbě vyrábějí cihly nebo spíše války, které v pouštním klimatu rychle uschnou, z nich se pak na hlíněnou maltu vyzdí stěny, které se rukama omažou hlíněnou omítkou. Na zdicí maltu, omítku i cihly se užívá stejná hlína rozdělaná vodou.

Funkce a využití rámových a hrázděných konstrukcí

Rozlišili jsme rámové konstrukce bez výplně, konstrukce bedněné a hrázděné (vyzdívané). Podle účelu stěny se volí druh výplně, která může mít funkci oddělovací, ochrannou, tepelnou, statickou a podobně.

Pokud má rámová konstrukce pouze funkci podpůrnou, zůstane *bez výplně*, příkladem jsou stěny otevřených přístřešků, tržnic, otevřených zvoníc, věží. Pokud je nutná funkce oddělovací nebo ochranná a stavba má být lehká a levná, opatří se rámová stěna bedněním (zvonice, dřevěné kostely, vikýře). Často je *bedněná stěna* omítnuta a prezentuje se jako zděná (příkladem je světlíkové patro zámku v Horní Polici, jehož jedna stěna je zděná, druhá, která stojí na stropech spodního patra, je bedněná). Charakter bedněných rámových konstrukcí mají také stavby se stěnou vyplněnou násypem nebo novodobou tepelnou izolací vláknitou nebo z pěněního polymeru, které jsou tradiční v USA, Kanadě, Skandinávii a v Rusku, ale dnes se staví po celém světě.

Termínem *hrázděné zdivo* (das Fachwerk, the framework) se označuje rámová konstrukce s výplní, která může mít různou podobu i různé vlastnosti. Výplně pletené, laťkové a podobně se užívaly u chudých staveb nebo u konstrukcí, které měly být lehké nebo které sloužily

jako příčka. Zděné výplně se užívaly tam, kde staticky spolupůsobily s dřevěnou konstrukcí nebo tam, kde stěna měla mít funkci tepelněizolační.

S hrázděným zdívem se setkáváme od starověku do současnosti. Genezi hrázděných konstrukcí můžeme sledovat u primitivních staveb, například u tak zvané *murus gallicus*, kterou Caesar popisuje jako zeď z kamenů kladených nasucho prokládanou vodorovnými trámy. Bójové v našich zemích stavěli hradby s kamennou plentou v líci vyztuženou svislými kůly zapuštěnými do země, o plentu se opíral násyp z kamení a hlíny prokládaný příčnými břevny. Kůly ztuzující suché zdi se užívaly i u obytných domů.

Příklady z Damašku i ze Střední Asie dokládají využití hrázděného zdiva u staveb chudých, takových staveb bylo jistě mnoho i u nás. Hrázděné stavby jsou doloženy například na starých vyobrazeních Prahy. Většinou se jedná o stavby podružné nebo o doplňky staveb, jako jsou podsebití věží, vikýře, arkýře, štíty apod. Do současnosti se z nich zachovala zřejmě jen nepatrná část. Ze 70. let 20. století pocházejí fotografie vnitřních stěn ochozu novoměstské radniční věže, dodnes se zachovala hrázděná konstrukce vikýře domu na Pohořelci, většinou až podrobný průzkum odhalí hrázděné vnitřní zdi a příčky domů, se kterými se můžeme setkat především na Malé Straně. Vzácné jsou v pražském prostředí hrázděné vnější stěny *obytných* staveb, donedávna byly například zachovány v domě U zlaté studně, kde jejich autentická podoba zanikla při nekvalifikovaně vedené rekonstrukci. V našich zemích rozšíření hrázděného zdiva zřejmě nedosáhlo takové míry jako v zemích západní Evropy, kde je běžně užíváno u obytných domů a je konstrukcí typickou pro některé oblasti a některá období.

Rozšíření obytných hrázděných staveb se do jisté míry kryje s hranicí oceánského pásma, kterou překračuje jen v oblastech západoevropských kulturních vlivů (u nás německých). Zjevně se zde uplatnil *vliv klimatu* – zatímco v západní Evropě tepelné vlastnosti hrázděného zdiva vyhovují, v našich podmínkách nebyl tepelný odpor tenkého zdiva dostatečný. Proto se u nás s hrázděnými *vnějšími* stěnami setkáváme u staveb hospodářských, nástaveb, střešních štítů a podobně, to je patrné i na starších vyobrazeních Prahy.

Hrázděnou konstrukci mívají *samonosné* stěny a stěny podpírající nebo vynášející stropy. V této funkci byly hrázděné stěny užity například při Pacassiho přestavbě Pražského hradu (kde byly jejich součástí i železná táhla) nebo příčky stojící na stropěch 1. patra zámku v Červeném Poříčí, ve špitále v Hrádku nad Nisou a jinde. Samonosné hrázděné zdi uplatnil i architekt Mocker v královském paláci na Karlštejně.

Hrázděné zdivo, pokud není zakryto omítkou, je výrazným *dekorativním* prvkem. V této funkci se uplatňuje v celé řadě oblastí, stalo se slohotvorným prvkem i v nové době, kdy ovlivnilo vnější tvář architektury i u nás, kde hrázdění nepatří k tradičním prvkům. Příkladem mohou být vily v Bubenči, hotel v Hamru na Jezeře, ale i Navrátilova dekorativní malba interiérů zámku na Klenově. Hrázdění jako architektonický prvek bylo dokonce napodobováno v omítce, příkladem je holešovický přístav nebo romantický Artušův hrad na Sychrově.

V 19. století bylo hrázděné zdivo běžnou konstrukcí, která se uplatňovala pro své výhodné vlastnosti i jako výrazný architektonický prvek. Byly vypracovány vzorové detaily, konstrukční principy hrázděného zdiva se vyučovaly, byla vydána řada příruček. Je třeba připomenout, že od 19. století až do současnosti se u staveb, které mají být lehké a levné, například u zemědělských nebo průmyslových hal, hojně užívalo hrázděné zdivo i opláštěné rámové stěny s ocelovou konstrukcí.

Poruchy hrázděných staveb

K narušení hrázděných konstrukcí dochází nejčastěji při *napadení* dřevokazným hmyzem a houbami a působením povětrnostních vlivů. Poruchy jsou způsobeny nedostatečnou údržbou objektů, nevhodně vyřešenými konstrukčními detaily a nedostatečnou ochranou dřeva před vnějšími vlivy. Pokud dřevo v kontaktu se zdivem nemůže vysychat (když je zazděno, když jeho povrch nemůže odvětrávat nebo když je zdivo příliš vlhké), dochází ke zvýšení vlhkosti dřeva, k jeho napadení plísněmi a houbami a k postupnému zhoršování jeho mechanických vlastností. Pokud je dřevo trvale promočeno (v místech, kam zatéká, v dotyku se zeminou), dochází po čase k napadení dřevomorkou, které má destruktivní charakter. Hrázdění v blízkosti lesních porostů nebo parků bývá na prosluněných místech napadeno *tesaříkem*. Nechráněné dřevo vystavené slunci a dešti vysychá, deformuje se a křehne.

Při opravě porušené hrázděné konstrukce je třeba rozlišit druh, charakter a rozsah napadení a rozsah způsobených škod, je třeba určit **priority** zachování funkcí konstrukcí a priority památkové hodnoty nosné konstrukce a ostatních prvků. Je důležité určit, nakolik je narušena statická funkce konstrukce, v jakém stavu jsou její spoje, zda porušení má charakter globální nebo místní a bezpečně lokalizovat napadení. Někdy je obtížné skrytou hrázděnou konstrukci vůbec zjistit. Vodítkem může být malá tloušťka stěny (to platí i pro zakryté roubené konstrukce) a často trhliny, které prozrazují diagonály. U bedněných rámových stěn se při jejich deformaci objevují paralelní šikmé trhliny.

Při návrhu opravy je třeba se zabývat nejenom samotnou dřevěnou konstrukcí, ale i její výplní a povrchovými úpravami (omítkami, nátěry, malbami apod.). Často jsou to právě autentické povrchové úpravy, které představují nejcennější část konstrukce – příkladem může být Pluhův dům v Horním Slavkově, ale i domy v Karlových Varech, kde byly zachovány pozdně gotické barevné dekorativní nátěry dřevěných prvků i omítky výplní. Teprve po zjištění rozsahu narušení a stanovení priorit je možno navrhnout způsob opravy.

Nahrazení dřeva zdivem bylo vždy jedním z nejčastějších způsobů opravy hrázdění, často byla celá dřevěná konstrukce postupně nahrazena zdivem nebo z ní zůstaly jen nepatrné zbytky. Tento přístup by mohl mít oprávnění i dnes, pokud by v případě, kdy hrázděná konstrukce zůstane zakryta omítkami, znamenal minimalizaci opravy.

Opravy hrázděných staveb

Oprava dřevěné konstrukce je nutná v případě, kdy musí být zachována její statická funkce nebo když se hrázdění viditelně uplatňuje. Opravu je možno provést zpevněním narušeného dřeva (někdy jen v místech, kde je namáháno příčným tlakem), nahrazením části profilu vložkou, výměnou narušené části profilu (v nastavení bude nový spoj), výměnou celého prvku nebo výměnou části konstrukce. Pokud je možno vybourat výplň, nečiní výměna dřeva větší potíže, tam, kde je žádoucí původní výplň zachovat, jsou možnosti výměny dřeva omezené. Příkladem opravy vložkami a výměny částí prvků při zachování původní výplně je oprava hrázdění věže na hradě Konopišti, kde byla cihelná výplň při výměně dřeva vynesena betonářskou výztuží osazenou do otvorů vyvrtaných ve spáře (obr. 10a, narušení dřeva tesaříkem; obr. 10b, připravená náhrada dřeva).



Obr. 10a.



Obr. 10b.

Stavba musí mít dostatečnou *tuhost*, kterou zajišťují diagonály nebo výplň hrázdění, provázání s vnitřními stěnami, zděné stěny, které jsou součástí stavby, trámové stropy apod. Je třeba posoudit, zda tyto konstrukce jsou pro zajištění tuhosti dostatečné a opravit jejich poruchy. Pokud tuhost objektu není dostatečná, měla by být doplněna konstrukcemi, které mají autentický charakter (například vložení diagonál, případně hrázděné příčky) nebo nenaruší příliš památkovou hodnotu (například zpevnění spojů vhodně upravenými kovovými prvky). Doplnění táhly nebo věnci **není autentickým způsobem** ztužení stavby. U dřevěných konstrukcí může být závažným problémem trvalá deformace, která se projeví při dlouhodobém zatížení, zejména při zvýšení vlhkosti dřeva (obr. 11, Ulm).



Obr. 11.

Při opravě je důležitá správná **konstrukční úprava detailů**, preventivní ošetření, ochrana konstrukcí a následně jejich údržba. Důležitá je zejména konstrukční ochrana dřeva v uložení hrázdění na zdivo, kde nejčastěji dochází k přechodu vlhkosti do dřeva. Vodotěsná izolace je v této spáře **nepřípustná**. Ve stavebních příručkách z konce 19. století, kdy se běžně stavěly nové hrázděné budovy, jsou dokonale vyřešeny detaily uložení, kotvení, spojů dřeva, styku dřeva s výplní a modulová koordinace, která je nezbytná u dekorativních vazeb režného zdiva. Podstatou preventivních opatření při opravě historických hrázděných budov je samozřejmě **dokonalé odvodnění** stavby, důkladná likvidace ložisek napadení a preventivní ošetření dřeva proti napadení. Zásady *likvidace* napadení dřeva a preventivní ochrany a principy ochrany staveb proti vlhkosti jsou v kapitole III Metodiky.

Koncepci všech zásahů do nosných konstrukcí, prvků i povrchů památkově chráněné hrázděné stavby je nutno **schválit** příslušnými památkovými orgány. Stejně zásady ochrany nosných konstrukcí a jejich povrchu platí v přiměřeném rozsahu i pro hrázděné stavby v památkových rezervacích a zónách, jejichž konstrukce je neoddělitelnou součástí vnějšího vzhledu stavby.

Povrchové úpravy

Povrchová úprava může výrazně ovlivnit životnost hrázděné konstrukce. Omítnutí nebo obklad je velmi účinnou ochranou před degradací dřeva i před vlhkostí, před napadením hmyzem však obklad chrání jen částečně. Příkladem je zmíněná nástavba věže na Konoπίšti z konce 19. století, kde bylo dřevo hrázdění oplechováno mědí, pod plechem však byly velmi příznivé teplotní a vlhkostní podmínky pro život tesařika, který kladl do dřeva vajíčka ve spáře u zdiva, kde dřevo nebylo kryto plechem.

Významnou ochranu, zejména před degradací dřeva slunečním zářením, představují *nátěry*, které mají význam, pokud jsou pravidelně obnovovány. U nátěrů je základním problémem jejich autenticita, v současné době se i v památkové praxi užívají převážně nátěry novodobé, je proto třeba se u autenticky zachovaných památek vrátit k nátěrům tradičním, jako byly nátěry olejové, ale i nátěry vápnem či hlinkou.



Obr. 12.

Při opravě hrázděného zdiva s cennými omítkami a nátěry, které jsou dílem výtvarného umění nebo uměleckořemeslnou prací, je nutná spolupráce s **restaurátorem**. Zpravidla je nutná předběžná konzervace a ochrana omítek, krajním řešením může být sejmutí a opětné osazení omítek na opravenou konstrukci. Mnohdy se při opravě hrázdění nedbá na zachování výplní z různých typů pletiva, povřísel, latěk apod. Jejich podoba je velmi různorodá a provedení věrné kopie problematické, proto je důležité zachování těchto konstrukcí v autentické podobě.

Povrchová úprava hrázděné stavby by měla odpovídat **autentické** podobě objektu, která se ovšem mohla v průběhu jeho existence proměňovat. Pro rozhodnutí o povrchové úpravě roubené stavby je proto nezbytný průzkum, který bude podkladem pro závazné stanovisko památkových orgánů.

Poznámka

- [1] Láci hrázděného zdiva i jeho základní charakteristiky výstižně popisuje Vitruvius: *Chtěl bych ovšem, aby hrázděné zdivo (cratitii) nebylo vůbec vynalezeno. Oč totiž prospívá více svým rychlým provedením a úsporou místa, o to je k větší a k obecné pohromě, poněvadž je to hotová smolnice pro požáry. Je proto zřejmě výhodnější mít vydání s nákladem na zdi z pálených cihel nežli být v nebezpečí následkem úspor, jichž se dosáhlo při hrázdění. Hrázdění působí také trhliny v omítkových pracích při členění příčných a svislých trámů v konstrukcích. Hrázděné stěny totiž při omazávání do sebe nasávají vlhkost a bobtnají, při vysychání se potom stahují a svým smršťováním rozrušují celistvost omítek. Poněvadž však některé lidi k tomu nutí spěch, nedostatek peněz nebo potřeba příčky na nepodloženém místě, je nutno postupovat takto: Základ hrázděné zdi se provede tak, aby hrázděná zeď nebyla ve styku s podlahovou masou (rudus) ani s dlažbou. Je-li totiž do nich zapuštěna, stářím zetlívá, a když se sesedává, naklání se a rozrušuje vzhled omítky.*

Dřevěné prvky v hliněném zdivu venkovských staveb na Moravě

PhDr. Martin Novotný, Ph.D.

Národní ústav lidové kultury, Strážnice

Již v nejstarších dobách se jako velmi vhodná kombinace konstrukcí staveb uplatnilo spojení dřeva a hlíny. Výzkumy prokázaly existenci dřevěných prvků i ve stavbách, jež se jevily jako „čistě“ hliněné a v této souvislosti se nabízejí zajímavé paralely zejména mezi různými historickými epochami. Příspěvek se zabývá využitím dřevěných stabilizačních prvků v hliněném zdivu především z hlediska jejich konstrukčního a materiálového působení. Analyzovány jsou historické principy, které byly doloženy na recentních stavbách a jež dokládají přirozené propojení dřeva a hlíny. Ve svém celku se jednalo o důležitá opatření, jež mají vliv na mechanickou stabilitu i dlouhodobou trvanlivost staveb.

Doplňkové trámové konstrukce u hliněných staveb na Hané

U hliněných staveb, ať již z válků, nabíjených nebo z nepálených cihel, se v řadě moravských lokalit uplatňovaly zejména doplňkové trámové konstrukce, jejichž funkcí bylo zajištění stability a celistvosti objektu. Tyto výztužné prvky zároveň napomáhaly zachování půdorysného tvaru stěn, především v nejvíce namáhaných částech zdiva, jako jsou nároží. Podobné ztužující systémy se v evropském stavebnictví objevují již od středověku i u jiných typů konstrukcí, zejména kamenných. Na zmíněné historické analogie navazuje i další část tohoto příspěvku. Na tomto místě je třeba připomenout skutečnost, že jsou obdobné stavební principy doloženy archeologicky již u starověkých Řeků. Ti obdobným způsobem, dřevěnými rošty, někdy ve spojení s dřevěnými sloupy, zpevňovali zdivo z lomového kamene, stavěné z hliněných válků i nepálených cihel [1].

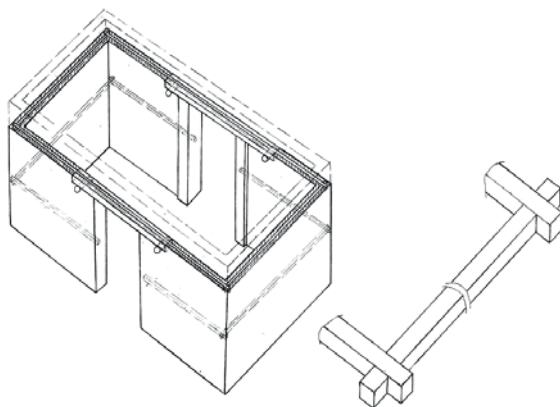
Již v období románského slohu jsou na našem území doloženy kamenné stavby, jejichž konstrukce zahrnovaly dřevěné provazující prvky [2]. Od 18. století začaly být tyto prvky ve vyšší architektuře postupně nahrazovány železnými kleštinami. Moderní obdobu téhož konstrukčního principu představují železobetonové věnce, běžně používané u staveb z pálených cihel či jiných kusových materiálů.

Základní princip těchto řešení spočíval v umístění a propojení jednotlivých konstrukčních komponentů v určité výšce nosných stěn, čímž byla zajištěna prostorová tuhost objektu v horizontálním i vertikálním směru. Jednalo se o eliminaci tahových sil ve zdivu způsobených především nerovnoměrným sedáním základové konstrukce, jež byla u venkovských staveb z dnešního pohledu značně poddimenzovaná [3].

Trámové věnce ve venkovské architektuře

V tradičním lidovém stavitelství na jižní a střední Moravě se pro obdobný účel používaly trámové věnce či kleštiny, jejichž pozůstatky lze v terénu, byť velmi zřídka, stále nalézt. Tyto dřevěné kostry, vedené zpravidla středem zdiva, bývají patrné při poškození stěn, zejména v rozích objektů. Šlo o vodorovnou rámovou konstrukci, která probíhala po celém obvodu stavby. Ve zdivu se někdy nacházelo i několik ráků nad sebou, případně dva vedle sebe v rámci jedné vrstvy. Spoje trámů v nárožích se prováděly úplným přeplátováním se zhlavím.

Trámové věnce byly u staveb z hliněných válků i z nepálených cihel doloženy na více místech Hané. V případě nabíjeného zdiva byly dokumentovány na Slovácku v oblasti jihovýchodní Moravy. Podrobně byly na Hané zkoumány zejména ve vesnicích západně od Kojetína. (Obr. 1) V případě staveb z vepřovic byly rámy dokumentovány jak u cihel hotovených jen odhadem v rukách, tzv. *buchet* (Pivín – stodola u čp. 51), tak u přesněji tvarovaných prvků vyráběných pomocí dřevěných forem. U válkových staveb se tato konstrukční zpevnění vyskytovala jak při použití nepravidelných hliněných hrud, tak i u přesněji formovaného materiálu. Ten zde představovaly prvky přibližně ve tvaru rovnostranného trojúhelníka. Konstrukční shoda zjištěná u několika zkoumaných staveb naznačuje existenci místní stavební tradice.



Obr. 1: Tištin čp. 14 – rekonstrukce trámových klestiny stodoly. (Kresba B. Novotný, 2012)

Terénní doklady

Pozoruhodná rámová konstrukce značných rozměrů byla zdokumentována během terénního výzkumu válkové stodoly patřící k usedlosti čp. 14 v Tištině. Původní výška hliněných stěn dosahovala přibližně tří metrů; při pozdější úpravě byly zvýšeny o zhruba jeden metr vrstvou z nepálených cihel. Dřevěný rám, dnes místy viditelný v důsledku zvětrání stěn, tvořily trámy o průřezu 13 × 13 cm, dlouhé 9 m u kratších a až 18 m u delších stěn. Byly

umístěny přibližně uprostřed hloubky zdiva. Spodní rám se nacházel ve výšce okolo 220 cm, tedy přibližně ve dvou třetinách původní výšky stěn. Trámy byly v rozích přeplátovány, zatímco na delších stranách stodoly končily volně v pilířích obou průjezdů. Další souvislá rámová konstrukce se nacházela těsně pod korunou původního válkového zdiva. Nad jižním průjezdem tvořil rám součást nadpraží a vzhledem k délce není vyloučeno, že byl sestaven z několika podélně spojených částí.

Obdobný věnec byl zaznamenán také u stodoly čp. 16 v obci Hruška (okr. Prostějov). Její stěny z klasovitě kladených válků dosahují výšky 270 cm. Severozápadní roh stavby je značně poškozen, přičemž její stabilitu zajišťuje právě rámová kostra. Konstruktivní řešení odpovídá předchozímu případu.

V jihozápadní části Hané, kde byl nedostatek kvalitního stavebního dřeva, se v jedné budově obvykle uplatnila pouze jediná rámová výztuž. Ta však byla plně dostačující, neboť hliněné stavby vykazovaly vysokou soudržnost a dlouhou životnost.

Použití u obytných a hospodářských staveb

Shora popsaný konstrukční princip se v regionu uplatňoval také u obytných domů. V obci Pravčice na Kroměřížsku byl zaznamenán výraz *rámsíšňa*, označující právě tento typ trámové výztuže u obytného domu z nepálených cihel, konkrétně ve výměnku domu čp. 15. Termín *šlíšňa* se používal v oblasti Slánska a jednalo se o zpevňující trám, který býval zabudován do kamenného zdiva [4]. Další zjištění obdobné ztužující konstrukce bylo zaznamenáno v roce 2016 při demolici nabíjeného domu v obci Vnorovy (okr. Hodonín) u čp. 481. (Obr. 2) Trojnásobný rám procházející obvodem zdiva vždy zhruba ve třetinách jeho výšky byl zhotoven ze smrkové kulatiny, která byla přeplátována v rozích.

Zajímavé a esteticky působivé varianty představují ztužující prvky použité u vinohradnických lisoven na jihovýchodní Moravě. Například ve Veletinách byly uplatněny dřevěné hraněné rámy, které měly přiznaná zhlaví zabudovaných kleštín vystupujících před líc stěny. Nejednalo se zde o kleštiny v pravém



Obr. 2: Vnorovy čp. 481 – trámové kleštiny domu – zvýrazněno. (Foto autor 2016)

slova smyslu. Byla to spíše dřevěná táhla probíhající zvláště středem delších stěn s vyčnívajícím zhlavím, které bylo v každém rohu zajištěno pomocí dřevěné závlače. Obdobný způsob byl proveden i u kratších stran. (Obr. 3 a 4)



Obr. 3: Skanzen Strážnice – trémová táhla patrná v rozích vinohradnické lisovny. (Foto autor 2025)



Obr. 4: Skanzen Strážnice – detail vyčnívajícího trámu zajištěného dřevěnou závlačí. (Foto autor 2025)

Náhradní výztuže a analogie

Stabilizační prvky představovaly u hliněných stěn důležité, avšak zpravidla pohledově skryté konstrukční doplňky. Pokud stavitel neměl k dispozici dostatečně dlouhé či rovné dřevo, hledal náhradní řešení. (Obr. 5)



Obr. 5: Tištin čp. 13 – prokládání nároží stodoly dřevěnými prvky. (Foto autor 2012)



Obr. 6: Tištin čp. 13 – detail sekundárně použitého dřevěného prvku ve stěně válkové stodoly. (Foto autor 2012)

Při demolici stodoly u čp. 13 v Tištině bylo ve druhé polovině výšky stěn nalezeno větší množství dřevěných prvků různých délek i profilů – zbytků fošen, trámů, odpadového dřeva či neopracovaných kmenů mladých stromů. Tyto komponenty, často druhotně použité, byly vkládány do zdiva obou stěn přiléhajících k jihovýchodnímu rohu objektu. (Obr. 6)

Popisované způsoby zpevňování stěn mají paralely i v jiných oblastech hliněného stavitelství. Tam, kde nebyl k dispozici dostatek dřeva, se k výztuži používaly větve, pruty či povřísla ze slámy. Tímto způsobem se zpevňovalo především zdvo z válků budované metodou nabíjení nebo *nakládání*. Tento posledně zmiňovaný stavební způsob našel uplatnění, podobně jako řada ostatních, v období hluboké hospodářské krize v meziválečném Německu. V rámci stavebních publikací a stavebních návodů, které zde byly vydávány, se jako armatura objevuje vazba vodorovných diagonálně kladených větví, jež procházela napříč každé vrstvy nakládaného hliněného zdva [5].

Vkládané pruty byly objeveny při demolici domu čp. 2 z hliněných válků v obci Uhřetice na Kojetínsku. Pravidelně jimi byly proloženy jednotlivé vrstvy takto kladeného zdva. O povříslové vazbě, která zpevňovala rohy domu postaveného kombinací válkového, nabíjeného a cihelného zdva přinesl z oblasti slovenského Záhorí doklady slovenský etnograf Štefan Mruškovič [6]. (Obr. 7)



Obr. 7: Skanzen Strážnice – výztuž nároží slaměnými povříslu u experimentální stavby. (Foto autor 2012)

Dřevěné prvky přímo nesouvisící s konstrukcí zdva

Kromě výše naznačených dřevěných stabilizačních konstrukcí a prvků, které měly přímý vliv na zlepšení zejména statických vlastností zdva, se vyskytovala ještě opatření, jež souvisela s jeho zabezpečením před působením vnějších vlivů. Ve stěnách hliněných komor, kde bývala uložena úroda a nejrůznější cennosti, často bývaly zazdívány desky a trámy, jež zamezovaly zlodějům prokopat se dovnitř [7]. V hliněných chlévech, kde byl chován hovězí dobytek, se z vnitřní strany na líc zdva umísťovaly silné fošny, které zamezovaly jeho poškození rohy zvířat [8].

Závěr

Problematika dřevěných stabilizačních prvků v hliněném zdivu představuje důležitou součást nejen tradičního stavitelství napříč staletími. Z předcházejícího textu je zřejmé, že kombinace obou materiálů přináší řadu konstrukčních výhod, především v oblasti ztužení, omezení trhlin a zvýšení celkové stability zdiva. Klíčovým faktorem úspěšného spojení dřeva a hlíny je především správné konstrukční navržení detailů. Historické příklady ukázaly, že dřevěné výztuže byly v hliněných stavbách dlouhodobě funkční. Výsledkem byl jednoduchý konstrukční systém, který byl nejen pevný a trvanlivý, ale zároveň z dnešního pohledu ekologické výstavby i udržitelný a snadno recyklovatelný. Dřevěné stabilizační prvky tak představují efektivní systém pro stavby z nepálené hlíny i v současných podmínkách.

Výstup je výsledkem odborné činnosti NÚLK v roce 2025.

Odkazy

- [1] Müller-Wiener, Wolfgang: *Griechischen Bauwesen in der Antike*. München 1988.
- [2] Škabrada, Jiří: *Konstrukce historických staveb*. Praha 2003.
- [3] Vinař, Jan: *Konstrukce historických staveb. Konstrukční principy, opravy*. Praha 2006.
- [4] Vařeka, Josef: *Lidové stavitelství Slánska*. Třebíz 1976.
- [5] Miller, Toni – Grigutsch, Ernst – Schulze, Konrad Werner: *Lehmbaufibel. Darstellung d. reinen Lehm Bauweisen*. Weimar 1947.
- [6] Mruškovič, Štefan: Stavebné tradície v ľudovej kultúre Záhoria vo vzťahu k susedným etnickým oblastiam. (Stavebný materiál a techniky jeho použitia). *Zborník Slovenského národného múzea 69, Etnografia 16*, 1975.
- [7] Vrbka, Josef: *Dějiny obce Nákla*. Náklo 1940.
- [8] Novotný, Martin: *Hliněné stavitelství na Moravě a evropské souvislosti. Kritický katalog výstavy*. Strážnice 2014.

Hliněné omazávky historických dřevěných konstrukcí

Ing. arch. Jiří Syrový, Ing. arch. Zuzana Syrová Anýžová

Syrový a Syrová, architekti

V klasifikaci hliněných konstrukcí, k níž dospěli odborníci seskupení kolem mezinárodního komitétu ICOMOS pro hliněnou architekturu ISCEAH, se o hliněných omazávkách hovoří jako o hlíně „obalové“ (Aurenche et al. 2011). Hlína v plastickém stavu, prakticky stejné konzistence, jaká je potřebná pro masivní konstrukce vrstvené, se v tomto případě neobejde bez podpůrné konstrukce, nejčastěji dřevěné. Důvodů pro obalení dřevěné konstrukce bylo hned několik: utěsnění otvorů a spár, ochrana dřeva proti povětrnostním vlivům, proti požáru, zlepšení tepelnětechnických vlastností konstrukce a konečně i estetické působení stavby a její připodobnění stavbám zděným. Nezanedbatelnou vlastností hlíny ve spojení s dřevěnou nosnou konstrukcí byla rovněž její pružnost. Díky ní se dřevohliněné konstrukce osvědčily i v seismických oblastech.

Směs, která se obdobně jako u vrstvených hliněných konstrukcí nanášela ručně nebo pomocí jednoduchého náradí, obsahovala obvykle rostlinné příměsi, které zabraňovaly vzniku trhlin a zároveň omazávku vylehčovaly. Jako další organické a anorganické stabilizační příměsi se uplatňovaly zvířecí chlupy, hovězí krev, písek, keramické střepy. Užití příměsí přitom závisí, tak jako u masivních hliněných konstrukcí, na potřebě vylepšit konkrétní vlastnosti hlíny použité pro stavbu.

Ve většině jazyků je termín používaný pro tento typ konstrukce synonymem nebo odvozeninou od výrazů používaných pro stavební hlínu nebo hliněnou maltu. Je jich nepřeberné množství, přičemž se do řady z nich promítá i typ podpůrné konstrukce či způsob, jak je na ni hlína aplikována. Jen slovníček termínů shromážděných v severní části Francie obsahuje na 50 výrazů (Evard 2018). Uvádíme zde pouze ty nejznámější (Aurenche 2011; Meingast 2014). Německý termín *Strohlehm* ukazuje na přítomnost rostlinných příměsí / slámy. Obdobné kořeny má i dolnorakouský nářeční výraz *äu-glehna*. Španělské *barro*, řecké *laspí* nebo francouzské *torchis* jsou obecným termínem pro stavební hlínu. Ve francouzštině se používá i novodobý termín *terre de garnissage*. Nejužívanějším anglickým termínem je *daub*. Známe ho především ve spojení *wattle and daub* pro hliněnou omazávku pletených konstrukcí. Česká *omazávka*, *lepenice* či *mazanina/mazanice* evokuje způsob, jakým je hliněná směs aplikována. Odráží se i v starobylých názvech profesí, které s hlínou pracovaly (*hlinomaz*, *lepič*, *lepař*). Výraz *lepenice* se lokálně v Čechách např. na Slánsku používal pro hrázděné stavby s lepenicovou výplní. O stavbách roubených opatřených hliněnou omazávkou se říkalo v Čechách i na Moravě, že jsou v *kožichu*.

Hlína a vyplétané konstrukce

Jedna z nejběžnějších stavebních technik, kterou i v Evropě můžeme sledovat již od neolitu, je pletená konstrukce omazaná hlínou. Nejjednodušší variantou výpletu byla svislá tyčovina propletená vodorovně ohebným proutím. Známý jsou ale i složitější vzory. Tato archaická technika přežívala až do minulého století ve venkovských stavbách především na jihovýchodní Moravě a na jihu Slovenska. Ještě v 90. letech jsme ji měli příležitost dokumentovat především na hospodářských stavbách – stodolách, kolnách či vinných búdách. V případě stodol mohla být hlínou omazána pouze vnitřní plocha stěn (obr. 1), proti nimž se házelo zrní a čistilo od plev. Některé části staveb mohly být ponechány zcela bez omazávky (obr. 2). Obecně lze říci, že výplet omazaných částí staveb mohl být řidší, což bylo výhodné i pro vzájemné propojení výpletu s hlínou.



Obr. 1: Lančár, Slovensko.
Vyplétaná, na vnitřní straně omazaná stěna stodoly. (Foto Z. Syrová 1987)



Obr. 2a, b: Dolný Peter, Slovensko.
Vinné budy z vrstvené hlíny s vyplétanými, částečně omazanými štíty. (Foto Z. Syrová 1990)

Výplně rámových a hrázděných konstrukcí

Způsobů, jak provést výplň hrázděné stěny s použitím hliněné mazaniny, je celá řada. [1] Základními prvky výplně jsou do dlabů nebo drážek v trámech rámu vkládané dřevěné tyče nebo latě. Ty mohou přímo sloužit jako podklad pro hliněnou omazávku (obr. 3) nebo být propojeny proutěným nebo od 19. století též slaměným výpletem (obr. 4). Náhradou výpletu může být i jednoduché příčné laťování.



Obr. 3: Šluknov (Šluknov) čp. 310.
Omazávka hrázděné konstrukce dvorní stěny domu. (Foto Z. Syrová 2011)



Obr. 4: Lipová (Lipová) čp. 424.
Hrázděná stěna se slaměným výpletem. (Foto J. Syrový 2011)

Specifickou variantou výplně hrázdění jsou pak tyče nebo latě omotané slámou máčenou v hliněné břechce. V našich, především venkovských stavbách se užívaly i pro konstrukci stropů (obr. 5). V Německu nebo ve Francii tento způsob výplně najdeme u svislých konstrukcí nejstarších dochovaných staveb (obr. 6).



Obr. 5: Šluknov (Šluknov) čp. 310.
Dřevohlinitý komín a stropní konstrukce z latí obalovaných slámou máčenou v hliněné břechce. (Foto Z. Syrová 2011)



Obr. 6: Écomusée d'Alsace, Ungersheim, Francie.
Dům z r. 1561 z Artolsheimu. Výplň hrázdění ze svislých tyčí omotávaných slámou máčenou v hliněné břechce. (Foto Z. Syrová 2019)

Stáří hliněných výplní hrázděných staveb bývá podceňováno. Ve většině případů jsme schopni datovat pouze nosnou konstrukci, výjimečně se však setkáváme s datovacími nápisy vyrytými příhodným nástrojem nebo prstem do čerstvého povrchu lepenice. K nejstarším patří letopočet 1683 v horní komoře domu čp. 32 v Zahrádkách (Česká Lípa). Jak prokázala dendrochronologická analýza, pochází tato výplň z doby výstavby domu (Panáček – Panáček 2010) (obr. 7). Jen o málo mladší je letopočet 1698 v lepenici v nadpraží dveří v hrázděné přičce v půdním prostoru domu čp. 102 ve Frýdlantě (obr. 8). V tomto případě však dendrochronologické datování ukázalo, že dřevo pro stavbu bylo káceno již v zimě 1671–1672 (Panáček – Vochomůrka 2008). Ze zahraničí pak známe datované hliněné výplně hrázdění

i díky rozborům hliněné směsi a rostlinných příměsí v ní obsažených. V kombinaci s dendrochronologickým datováním nosné konstrukce např. řadu dokladů z jihu Francie z období od poloviny 13. do konce 15. století (Ruefly et al. 2018).



Obr. 7: Zahrádky (Česká Lipa) čp. 32.
Detail datace 1683 v omazávce hrázděné severozápadní stěny komory v patře domu.
(Foto M. Panáček 2009)



Obr. 8: Frýdlant (Frýdlant) čp. 102.
Datace 1698 v lepenici hrázděné příčky v půdním prostoru domu. (Foto M. Panáček 2008)

Omazávky roubení

Omazávky provázely také historické roubené konstrukce. Najdeme je na většině území střední a východní Evropy; známe je i ze Skandinávie (Riegener et al. 2016). Kromě toho, že se hlínou vymazávaly spáry (obráz. 9) a pokrývaly stropy, omazávaly se i roubené stěny. V literatuře se někdy označují jako hliněné omítky (Novotný 2014; Riegener et al. 2016; Meingast – Feigelstorfer 2018), což nepovažujeme za nejvhodnější s ohledem na používané rostlinné příměsi, složení směsi, tloušťku omazávky i způsob jejího aplikování. Na rozdíl od omazávek tloušťka omítky nepřesahuje 2–3 cm. Rostlinné příměsi jsou jemnější (ječmenné nebo žitné plevy) a délka vláken pouze několik centimetrů. Odlišné je i provádění. Omítání hlínou se z pohledu zedníka neliší od provádění jiných omítek. K nanášení hliněné omazávky se však z nářadí hodily spíše vidle a zednická lžice se používá až při novodobých obnovných pracích, kdy se sláma záměrně nahrazuje řezankou a omazávka postupně aplikuje v několika vrstvách (Kříž 2001).



Obr. 9: Rychnov na Moravě
(Moravská Třebová) čp. 137.
Detail vymazané spáry. (Foto Z. Syrová 2016)

V porovnání s hliněnými omítkami tloušťka nejstarších dochovaných omazávek běžně dosahovala 10–15 cm. Mohla být i větší; na vypálených zlomcích omazávky u archeologických nálezů ze 13. století v Brně až 225 mm (Merta – Peška 2016). Podobně jako u lepenice v hrázděných konstrukcích směs obsahovala velké množství rostlinných příměsí (u nás nejčastěji žitné slámy). Často se setkáváme s celými nekrácenými stébly. Nemají jen bránit vzniku trhlin, ale směs i vylehčují a zlepšují její tepelněizolační vlastnosti. Příměsí mohou být i keramické střepy, které kromě funkce stabilizační napomáhaly přichycení omítkové vrstvy.

Omazávky vzhledem ke své hmotnosti vyžadovaly důkladné uchycení k roubené stěně. Osvědčeným způsobem, jak toho dosáhnout, bylo zatloukání dřevěných kolíků z tvrdého dřeva – *ježkování* (obr. 10), které postupně od 19. století nahrazovaly např. šikmo přibíjené latě (obr. 11). Lepšímu přichycení omazávky se pomáhalo i záseky v trámech. U archaických staveb v oblastech, kde nebyl dostatek kvalitního stavebního dříví, se můžeme setkat s tím, že použité dřevo nebylo zbaveno kůry, což opět zlepšilo jeho soudržnost s hliněným omazem (obr. 12).



Obr. 10: Čistá (Litomyšl) čp. 171.
Detail ježkování pod omazávkou zadní části domu z konce 17. století. (Foto Z. Syrová 2016)



Obr. 12: Těšov (Uherský Brod).
Omazávka na neodkorněných kuláčích vinné bůdy rámové konstrukce se zaroubenými nárožími. (Foto Z. Syrová 2001)



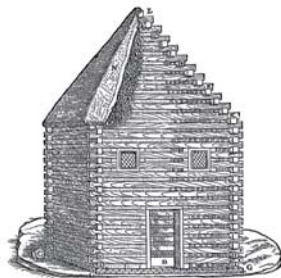
Obr. 11: Lenartov, Slovensko.
Dveře komory s datováním 1908 vykresleným prstem v omazávce provedené na šikmém laťování. (Foto Z. Syrová 1988)

Dřevěné konstrukce omazané hlínou, které je možno interpretovat jako roubené, popisuje už Vitruvius ve svých Deseti knihách o architektuře u staveb z Kolchidy. Překladatelé se s tímto textem vypořádávali různě. Ilustrace, které ho doprovázely od prvních italských renesančních tisků, byly z velké části opakovaně přebírány. Zvláštní místo mezi nimi mají ilustrace benátského architekta Giovanniho Antonia Rusconiho (1515/20–1578) k traktátu *Della architettura* (Rusconi 1590). [2] Kolchickou chýši (obr. 13) zobrazil jako stavbu sroubenou z hraněných trámů završenou jehlancovou roubenou klenbou shora omazanou hlínou naolistěných větvích. Obdobnou kolchickou chýši vidíme téměř o sto let později u francouzského architekta Clauda Perraulta (1613–1688). Na rozdíl od Rusconiho je Perraultova stavba z vodorovně vrstvených kuláčů a je kompletně omazaná hlínou (Perrault 1684, 33) (obr. 14). Jedná se o opravu ilustrace z prvního vydání, na niž je zobrazena rámová konstrukce s výplní z kuláčů svislých (Perrault 1674, 30–31). Perrault, kterého snad ovlivnila i znalost Rusconiho, ve druhém opraveném vydání v poznámkách podrobně rozebírá, co ho vedlo ke změně v interpretaci Vitruviova textu. [3] Výsledná ilustrace, k níž dospěl, aniž by se zřejmě s obdobnou konstrukcí měl možnost setkat, se nápadně podobá sýpce s roubenou klenbou.

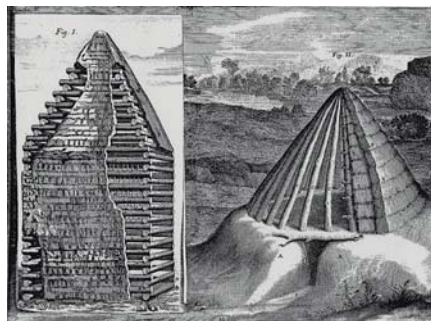
Co se týče skutečného stáří dochovaných hliněných omazávek, u nás máme dosud často tendenci spojovat jejich vznik až s protipožárními nařízeními a zákazy stavění ze dřeva, které ovlivňovaly stavební produkci od poloviny 18. století. V tomto období došlo nesporně k jejich boomu. Již od středověku je ale vnější hliněná omazávka neoddělitelně spojena se dvěma funkčními typy staveb, respektive jejich částí: obytnými místnostmi a sýpkami.

Omazávky obytných místností

Zvyk obalovat dřevěné obytné místnosti, ať již rámové konstrukce s trámovými nebo fošnovými výplněmi nebo roubené, do hliněného kožichu procházel napříč všemi sociálními vrstvami. Doklady stop hliněného krytí dřevěných místností jsou známy i z královských hradů 14. století. Zbytky hliněné mazaniny s otisky rámové konstrukce se dochovaly na zdivu paláce hradu Kašperku (Škabrada 2003, 76, 78). Nejstarším dokladem v městském prostředí je silná vrstva hliněné mazaniny na srubu ve Znojmě v Zelenářské ulici čp. 26/15 z doby po r. 1320 (Škabrada 2003, 77, 79).



Obr. 13: Giovanni Antonio Rusconi: Stavba z Kolchidy podle Vitruvia. Ilustrace k traktátu *Della architettura* (Rusconi 1590).



Obr. 14: Claude Perrault: Stavba z Kolchidy. Korigovaná verze ilustrace z druhého vydání Perraultova překladu Vitruviových Deseti knih o architektuře (Perrault 1684).

Ve venkovském prostředí to byla (až do r. 2012) omazávka štítového průčelí obytné místnosti dendrochronologicky datované 1422–1430 náležející domu usedlosti čp. 1 v Mirkovicích (Velešín) (Škabrada 2021) (obr. 15). [4]

Omazávka se dlouho omezovala pouze na vnější povrch obytných místností a souvisle pokrývala jejich stěny i strop. Na vnějším líci stěn byly kuláče použité pro stavbu často otesány, což může naznačovat původní záměr ponechat stavbu neomazanou a pouze vymazáním spár dosáhnout rovného povrchu stěny. [5] V řadě případů však nenacházíme pod omazávkou povrchově upravené spáry ani stopy degradace dřeva.

Na stáří omazávek můžeme mnohdy usuzovat z celkového kontextu stavby. V již zmíněných Mirkovicích by druhotná omazávka byla velmi obtížně proveditelná s ohledem na úzkou mezeru mezi štítovým průčelím obytné místnosti a jen o málo mladším zděným špýcharem. Upřesnění stáří nabízí dosud u nás málo využívaná analýza rostlinných příměsí. Ta byla vedle standardních laboratorních rozborů hlíny provedena v případě domu usedlosti čp. 171 v Čisté (Litomyšl). Ukázalo se, že vnější omazávky jeho jizby obsahují pluchy žita setého – křibice (*Secale cereale* var. *Multicaulis*), jehož užití signalizuje, že tato omazávka může pocházet z doby výstavby jizby, pro kterou bylo dřevo káceno v roce 1583 (Kříž – Vorel 1998; Škabrada – Syrová 2018, 170–197). [6]

Interiér obytných místností zůstával neomazaný minimálně do doby, než se z nich odstěhovalo topeniště s otevřeným ohněm. V zakouřeném prostoru dymných jizeb ostatně omazávání nebo omítání stěn nemělo valného smyslu. Na pohled lépe působilo a na údržbu bylo určitě méně náročné vystavit kuláče kouři a pouze vymazat spáry mezi nimi. [7]

Zajímavý doklad druhotné vnitřní omazávky stěn se dochoval u již zmíněné jizby domu čp. 171 v Čisté. Lepenice zde byla nanесena po opuštění dymného provozu, ale ještě v době, kdy horní větrací okno v dvorové stěně nebylo zaslepeno. Dokazuje to šikmá špaleta omazávky u zárubně dymného okna (obr. 16). Teprve po pozdějším vyplnění otvoru byly stopy po něm zarovnané lepenicí. Omazávka (vnější i vnitřní) byla doplňována i při výměně spodních trámů srubu jizby nebo ještě ve 20. století při zavedení elektřiny, jejíž rozvod byl pečlivě zamazán. [8]



Obr. 15: Mirkovice (Velešín) čp. 1. Omazávka štítového průčelí srubu obytné místnosti. (Foto P. Bureš 2010)



Obr. 16: Čistá (Litomyšl) čp. 171.
Vnitřní omazávka jizby; stav v době nálezu
dymného okna. (Foto J. Škabrada 1988)

Zatímco pro provádění vnějších omazávek obytných místností existovaly praktické důvody protipožární odolnosti hlíny a její schopnosti tepelné akumulace (teplotní setrvačnosti) [9], u omazávek vnitřních k nim přistupovala i regulace vlhkosti a vytvoření příjemnějšího tepelně-vlhkostního mikroklimatu v interiéru.

Kombinace vlastností masivního dřeva a hlíny se natolik osvědčila, že se s roubenými obytnými místnostmi v kožichu setkáváme i u staveb, jejichž ostatní části již byly zděné nebo postavené z masivní hlíny. Jako příklad těch prvních můžeme uvést až na obytnou místnost z kamene zděný dům usedlosti čp. 11 v Cerekvici nad Loučnou (Litomyšl), u nějž bylo dřevo použité pro stavbu roubené obytné místnosti i stropu horní komory dle dendrochronologické analýzy káceno v zimě 1550–1551 (Škabrada – Syrová 2018, 130–147). Ze stejného regionu známe i další příklady: Vraclav (Vysoké Mýto) čp. 49

z r. 1657 (Škabrada – Syrová 2018, 272–281), Čistá (Litomyšl) čp. 186 z r. 1672 (Škabrada – Syrová 2018, 302–311). Přejdeme-li do oblasti tradičních masivních hliněných konstrukcí, tak na Znojemsku se do r. 2006 dochoval v Sedlešovicích dům čp. 20 s obytnou místností v kožichu dendrochronologicky datovanou 1527–1528 (Dunajová – Žabičková 2010, 84). Velmi archaická dosud nedatovaná obytná místnost sroubená z trhanic opatřená vnější omazávkou byla objevena nedaleko odtud těsně za moravskou hranicí při obnově domu čp. 9 v dolnorakouském Oberretzbachu (Meingast – Feidelstorfer 2018, 59–60).

Omazávky sýpek

Vedle zvyku oblékat do kožichu obytné místnosti se hliněné omazávky uplatňovaly nejvíce jako protipožární ochrana sýpek. Především jejich horní komory bylo nutno chránit před padající hořící krytinou a krovem. Kromě standardní lepenice kryjící strop horního podlaží nás v souvislosti s omazávkou zajímají dvě konstrukční varianty, při nichž je nejvyšší patro sýpky přímo vloženo do krovu. Na našem území a v širší oblasti zasahující na východě až do Ruska dlouho přetrvávaly sýpky s roubenou „valenou“ (obr. 17) nebo „klášterní“ klenbou (obr. 18). U nás se dochovaly především v jihozápadních Čechách a na Opavsku. Z názvů pro tyto roubené sýpky obalené lepenicí zaslouží pozornost termín *Kitting*, který se pro ně používal v rakouském Burgenlandu, odvozený od slova *Kitt* (lep). Podstřešní komory domů nebo samostatných sýpek zděných či postavených z masivní hlíny mohou mít i podobu tzv. lepenice, tj. lepenicí omazané bedněné konstrukce. Jejich nejznámější

příklady z 15.–19. století známe z jižních a jihozápadních Čech; k nejstarším patří lepenec nad komorovou částí domu čp. 3 v Krníně (Velešín) z konce 15. století (Škabrada 2021). Na Moravě pak lepenec patří k domům z 18.–19. století vesnic německého jazykového ostrůvku na Vyškovsku (Kurial 1989; Syrová – Syrový 2003) (obr. 19). [10]



Obr. 17: Kobeřice (Hlučín) čp. 13. Sýpka s roubenou valenou klenbou. (Foto Z. Syrová 1989)



Obr. 18: Lenartov, Slovensko. Sýpka (sypanec) s roubenou klášterní klenbou. (Foto Z. Syrová 1988)



Obr. 19: Lysovice (Vyškov) čp. 63. Řez komorovou částí domu s podstřešním lepenecem v době rekonstrukce. (Foto Z. Syrová 1997)

Povrchová úprava omazávek

Pro zamezení vzniku trhlin se někdy do ještě nezatvrdlého povrchu omazávky vhodnými předměty (kovovým hřebem, hřebem, hřeblem, špičákem, hráběmi) vyrývaly rýhy a vypíchovaly důlky, čímž vznikala jednoduchá dekorativní úprava povrchu, jak ji známe především z hrázděných staveb od Alascka po naše severní Čechy (obr. 20). Václav Mencil pro tento způsob úpravy používá termín Murl (Mencil 1980, 182), převzatý zřejmě z německy psané literatury (Hofmann 1928).



Obr. 20: Šluknov (Šluknov) čp. 310. Rýhování povrchu lepenicové výplně hrázděné stěny komorové části domu z 80. let 18. stol. (Foto Z. Syrová 2011)



Obr. 21: Praha, Nové Město čp. 412. Diagonální rýhování a důlkování na povrchu hliněné omazávky roubené obytné místnosti bývalé podskalské celnice. (Foto J. Škabrada 1984)

U podstřešních lepenců na Vyškovsku se můžeme obdobně setkat s obloučkovými vzory, jaké se v této oblasti prováděly i v omítkách. [11] V literatuře se pro ně zažil Mencillem zavedený název *Murl*, kterému se někteří snaží vyhnout nepříliš vhodným českým výrazem *těrkování* (Kovářů 2003, Chybík 2009). Místní Němci ovšem měli vlastní název *Strämelh*, *Steimelh* (Dunajová – Žabičková 2010, Dunajová 2015). Diagonální rýhování a vpichy známe i u omazávek dřevěných obytných místností, například roubené obytné místnosti bývalé Podskalské celnice na Výtoni v Praze z konce 16. století (Škabrada 1999, 85; 2003, 79) (obr. 21). [12]

Povrch omazávek mohl být ponechán bez dalších úprav. Většinou se však ještě omítal hliněnou nebo vápennou omítkou. Přichycení omítky napomáhalo již popsané drsnění a důlkování nebo do povrchu lepenice vtlačované keramické střepy. K tradiční povrchové úpravě následně patřila pravidelně obnovovaná vápenná lička. V městském prostředí se mohlo lepenici dostat i náročnější úpravy, jak dosvědčuje příklad domu čp. 155 v Kutné Hoře s renesančním psaníčkovým sgrafitem provedeným na podkladové vrstvě lepenice se zatlačovanými střepy z hrubé keramiky (Škabrada 1999, 23; 2001). [13]

Konec tradice a snahy po oživení po polovině 20. století

Kontinuální tradice hliněných omazávek končí v polovině 20. století. [14] V této době je ještě věnována pozornost i možnostem jejich inovací (Havlíček – Souček 1958). Obecně se zájem o tyto a další hliněné techniky začíná v Evropě a zámoří opět projevovat v 70. letech, u nás až od 90. let. Oproti tradičním omazávkám se dnes dává přednost konstrukcím slaměno-hliněným, u nichž se hlína používá v prakticky tekutém stavu. U nás byla realizována v roce 1997 ekologickou architektonickou skupinou SEA v čele s architektem Petrem Suskem (1951–2025) jako jedna z experimentálně ověřovaných moderních technik na stavbě Rybářské bašty v Průhonicích. Ve větší míře se však ujaly pouze hliněné omítky. Aplikují se prakticky na jakýkoliv povrch od betonového panelu po slaměný balík. Ekologicky zaměřený stavebník často pro jejich přípravu využívá staré nepálené cihly; může též o něco méně ekologicky zakoupit hliněné omítkové směsi pytlované, které už i u nás dodává několik výrobců. Tradiční využití místní hlíny již přitom zřejmě do moderní doby, snad jen s výjimkou obnovy některých památek (Škabrada – Syrová 2018), nepatří.

Poznámky

- [1] Kromě omazávek mohly být jako výplně i nepálené cihly nebo války, které známe z hliněných konstrukcí nosných.
- [2] Rusconiho překlad vznikl už v roce 1554. V traktátu, který vyšel až po jeho smrti, byl bohužel i s poznámkami a popisy ilustrací nahrazen texty jiných autorů (Giovanni Giocondo, Cesare Cesariano). Obsahuje tak de facto pouze Rusconiho dřevoryty (160 z původních 300) (Reiser 2014), z nichž několik převzal i autor prvního českého architektonického vzorníku Abraham Leuthner (1640–1701) (Leuthner 1677).
- [3] Z Perraultových poznámek je zajímavý i jeho výklad francouzského výrazu pro stavební hlínu smíšenou se slámou *torchis*, který odvozuje od navíjení smotků slámy máčených v hlině na tyče, které se používaly jako výplně v rámových konstrukcích.
- [4] Omazávka bohužel vzala za své, když byl dům po zrušení prohlášen za kulturní památku v r. 2012 demolován a jeho dřevěné části odvezeny do klatovského muzea.
- [5] To platí o naprosté většině dochovaných starobyklých obytných místností, jimiž jsme měli možnost se podrobněji zabývat na Litomyšlsku a Vysokomýtsku (Ebel et al. 2002; Škabrada – Syrová 2018).
- [6] Analýzy rostlinných příměsí provedla laboratoř AV ČR v Opavě.
- [7] Roubení z nehraněných kuláčů mohlo mít protipožární důvody, protože uzavřený povrch dřeva je vůči ohni odolnější.
- [8] To, že se starší omazávka neodstraňovala a prováděla se pouze dílčí doplnění, plně chápe každý, kdo se někdy pokusil udělat v kvalitně provedené pružné omazávce sondu nebo z ní odebrat vzorek.
- [9] Hlína má pro stavbu významné vlastnosti tepelněakumulační, což je dáno její schopností jímat vodu. Vnější kožich umožňoval díky zastínění nebo naopak oslunění stěny dané přesahem střechy nad zápražím domu žádoucí ochlazování nebo prohřívání celé konstrukce.
- [10] Dřevo pro konstrukce lepenice nad komorou, síní a žudrem domu čp. 12 v Kučerově (Vyškov) bylo dle dendrochronologické analýzy káceno v zimě 1735–1736.
- [11] Dokumentována při rekonstrukci žudru domu usedlosti čp. 27 ve Zvonovicích (Vyškov) v květnu 2019.
- [12] Strop obytné místnosti dendrochronologicky datován 1597+.
- [13] Dřevo pro stavbu roubené místnosti dle dendrochronologické analýzy káceno v zimě 1493–1494.
- [14] Ve stavebních předpisech se nepálená hlína nejdéle udržela jako izolace dřevěných stropů; objevuje se ještě v technické normě z roku 1951 (ČSN 1168-1939 1951).

Literatura a prameny

Aurenche, O., Klein A., Chazelles, C.-A. – Guillaud, H. 2011: Essai de classification des modalités de mise en œuvre de la terre crue en parois verticales et de leur nomenclature, in: Chazelles, C.-A., Klein, A. – Pousthomis, N. edd.: *Les cultures constructives de la brique crue: Echanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue* 3, Gap, 13–34.

Dunajová, A. – Žabičková, I. 2010: Revitalizace hliněných staveb na přelomu tisíciletí, *Národopisná revue* 2, 84–97.

Dunajová, A. 2015: *Ars una, species mille*. Forma se mění, ale účel zůstává stejný – výzdoba vesnických domů 19. a 20. století, *Národopisná revue* 2, 79–94.

Ebel, M., Syrová, Z., Syrový, J. – Škabrada, J. 2002: *Litomyšlsko, Vysokomýtsko, soupis stávajících architektonických a urbanistických hodnot, veškeré dokumentace a pramenů, prezentace formou GIS*. Brno: nepublikovaný průzkum dostupný v NPÚ, Praha.

Évard, F. 2018: Glossaire des termes vernaculaires relatifs au torchis et aux techniques de garnissage et de finition en terre crue dans la moitié nord de la France, in: Chazelles, C.-A., Léal E. – Klein, A. edd.: *Construction en terre crue. Torchis, techniques de garnissage et de finition. Architecture et mobilier: Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue* 4, Montpellier, 365–408.

Havlíček, V. – Souček, K. 1958: *Stavby z nepálené hlíny*. Praha.

Hofmann, J. 1928: *Die ländliche Bauweise, Einrichtung und Volkskunst des 18. und 19. Jahrhunderts der Karlsbader Landschaft*. Karlsbad.

Chybič, J. 2009: *Přírodní stavební materiály*. Praha.

Kovářů, V. 2003: Kdo a jak vyráběl stavební prvky, in: *Památková péče na Moravě = Monumentorum Moraviae tutela: lidové stavitelství* 7, Brno, 11–14.

Kříž, J. – Vorel, J. 1998: *Restaurování, sanace, rekonstrukce památkových objektů, stavby, konstrukce, artefakty z nepálené hlíny, stavebně technologické předpisy*. Výzkumný a vývojový úkol. Brno, Rožďalovice: nepublikovaný dokument dostupný v NPÚ, Praha.

Kříž, J. 2001: Několik poznámek z praktických zkušeností s obnovou historických konstrukcí z nepálené hlíny, in: *Jíly v tradičním stavitelství, Sborník přednášek z odborného semináře STOP*, Praha, 37–45.

Kurial, A. 1989: *Katalog lidové architektury. Část šestá, Okres Vyškov*. Brno.

Leuthner, A. 1677: *Grundtliche Darstellung, Der fünff Seülen wie solche von dem Weitberühmbten Vitruvio Scamozio und andern Vornehmben Baumeistren zursamben getragen und in gewiße Außtheilung verfasst worden*. Praha.

Meingast, R. 2014: Nachweis historischer Lehmbautechniken in Ostösterreich / Hliněná architektura – historické stavební postupy ve východním Rakousku, in: Plöckinger-Walenta, V. – Novotný, M. edd, *Lehmbau. Tradition und Moderne / Hliněná stavba. Tradice a současnost*. Atzenbrugg, 21–36.

Meingast, R. – Feigelstorfer, H. 2018: Earth building history in Eastern Austria, in: Feigelstorfer, H. ed.: *Earth construction & tradition* 2, Vienna, 21–83.

Mencl, V. 1980: *Lidová architektura v Československu*. Praha.

Merta, D. – Peška, M. 2016: *Architecture médiévale en bois et terre en Moravie d'après les sources archéologiques (exemples de recherche de sauvetage archéologique systématique de la ville et du village)*, poster prezentovaný na konferenci Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue 4 23.–25. 11. 2016 v Lattes ve Francii.

Novotný, M. 2014: *Hliněné stavitelství na Moravě a evropské souvislosti: kritický katalog k výstavě*. Strážnice.

Panáček, J. – Panáček, M. 2010: *Zahrádky. Dům čp. 32*. Standardní stavebněhistorický průzkum. Česká Lípa: nepublikovaný průzkum dostupný v NPÚ, ÚOP v Liberci.

Panáček, M. – Vochomůrka, J. 2008: *Hrázděná příčka v domě čp. 102 ve Frýdlantě v Čechách*. Nepublikovaný příspěvek z 9. konference Dějiny staveb 2008.

Perrault, C. 1673. *Les dix livres d'architecture de Vitruve, Corrigez et Traduits nouvellement en François, avec des Notes & des Figures*, Paris.

Perrault, C. 1684. *Les dix livres d'architecture de Vitruve: Corrigez et Traduits nouvellement en François, avec des Notes et des Figures. Seconde Edition revue, corrigée, & augmentée*, Paris.

Rieger, J., Didier, L., Holczer, V., Žabičková, I., Hochel, B., Kikas, M. – Schaffer, D. 2016: *Clay on log wood in Eastern and Northern Europe*, poster prezentovaný na konferenci Terra 2016, XIIe congrès mondial sur les architectures de terre 11.–14. 7. 2016 v Lyonu [online] [cit. 16. 12. 2019]. Dostupné z <https://craterre.hypotheses.org/1145>.

Reiser, T. 2014: Giovan Antonio Rusconi (1515/20–1579), in: Emmerling, E., Grüner, A. et al. edd.: *Firmitas et Splendor. Vitruv und die Techniken des Wanddekors*, Munich, 269–276.

Ruefly S., Stadnicki C. – Aubert J.-E. 2018: Une ferme du XVe siècle en pan de bois hourdé de torchis à Caussade (Tarn et Garonne), in: Chazelles, C.-A., Léal E. – Klein, A. edd.: *Construction en terre crue. Torchis, techniques de garnissage et de finition. Architecture et mobilier: Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue* 4, Montpellier, 117–121.

Rusconi, G. A. 1590: *Della architettura di Gio. Antonio Rusconi, con centosessanta figure dissegnate dal medesimo, secondo i precetti di Vitruuio, e con chiarezza, e breuità dichiarate libri dieci*. Venetia.

Syrová, Z., Syrový, J. – Kříž, J. 2000: Inventaire, documentation et méthodologie de conservation de l'architecture en terre en République Tchèque, in: *Terra 2000, 8th International Conference on the study and conservation of earthen architecture*, Torquay, Devon, UK, May 2000, London, 430–435.

Syrová, Z. – Syrový, J. 2003: Památková zóna Lysovice – poznatky stavebněhistorického průzkumu, in: *Památková péče na Moravě. = Monumentorum Moraviae tutela* 7: lidové stavitelství, Brno, 41–56.

Škabrada, J. 2003: *Konstrukce historických staveb*. Praha.

Škabrada, J. – Syrová, Z. edd. 2018: *Nejstarší venkovské domy ve východních Čechách*. Pardubice; Brno.

Škabrada, J. a kol. 2021. *Lidová architektura v jižních Čechách*. Brno.

ČSN 1168-1939, *Podmínky pro zednické a přidružené práce pozemních staveb*, duben 1951.

Materiály pro zateplení hrázděných staveb

Ing. Pavel Šťastný, CSc.

Remmers s.r.o., divize Ochrana a sanace staveb

Každým rokem zanikne několik dalších staveb z již tak nepřilíš četného fondu hrázděných staveb či domů s podstávkou a hrázděným patrem. Tyto stavby se nacházejí většinou v krajích, kde po válce došlo k výměně obyvatelstva a nyní patří k chudším. Na vině bývá prostá neúdržba, deklarovaný nedostatek financí pro zásadní zásahy. Nežádka se setkáváme i s argumentem, že hrázděné stavby není možné udržovat, chybí materiály pro obnovu. Taktéž se argumentuje nemožností využívat hrázděné patro v zimě kvůli promrzání příliš tenkých stěn, které nelze zateplit běžným systémem. Článek popisuje stav trhu v této oblasti.

Doplnění vyzdívek hrázdění

Vyzdívky obytných hrázděných konstrukcí pomocí plných cihel jsou v naší oblasti nejen nepůvodní, ale hlavně tepelnětechnicky nevhodné. Termografické snímky jednoznačně lokalizují místa úniku právě v těchto vyzdívkách, často pod okny. S plnou cihlou jako původním materiálem se proto setkáváme spíše u neobytných staveb, jako jsou stodoly, hasičské zbrojnice, neobydlená podkroví.

Z tepelnětechnického i památkářského hlediska je nejvhodnějším materiálem původní jílová výplň „Ausfachung“. Pro údržbu stávající výplně je třeba počítat s občasným doplněním vypadlých a vyplavených částí. K doplnění je třeba použít materiál s podobnými vlastnostmi, jako je chybějící část. Jílová vymazávka je (po zvlhčení) trvale plastická, armovaná vlákny (řezaná sláma, zvířecí chlupy) a recyklovatelná, tj. kdykoli ji lze znovu rozdělat s vodou a dotvarovat. Majitelé hrázděných staveb tvoří relativně malý trh pro výrobce takových hmot. Naštěstí hliněné a jílové hmoty jsou ekologické (nízká spotřeba energie při výrobě, recyklovatelnost) a hlavně protialergické. Hliněné materiály, omítky, podlahové mazaniny a desky mají vysokou schopnost absorpce vlhkosti a přirozeně tak brání vzniku plísní. Proto po zadání klíčových slov „jílové omítky“ nebo „hliněné malty“ dostaneme hned několik odezev v českém jazyce, i českých výrobců.

Pokud je třeba nahradit u starší hrázděné stavby dodatečně vyzdívky plnými cihlami, jsou k dispozici nepálené cihly z lehčeného jílu. Dvoj- a vícenásobný tepelný odpor oproti plné cihle a schopnost odvádět vodu od dřeva jsou skvělou alternativou proti vyzdívkě z plynosilikátu.

Tepelněizolační vlastnosti jsou horší než u níže uvedených materiálů, výhodou je tepelná akumulace a neprůvzdušnost. Tepelná vodivost směsi je odvislá od hustoty a koncentrace lehčicího materiálu. Výrobci udávají hustoty 650–1200 kg/m³ a odpovídající hodnoty $\lambda = 0,21–0,47$ W/m.K. Lehčené jílové cihly na našem trhu chybějí, ale není problém dovézt je ze sousední německé Lužice.

Vnější zateplení – KZS

V případě hrázděné konstrukce je nutné zajistit, aby nedocházelo ke kontaktu dřevěné konstrukce s kondenzátem, protože by to mohlo vést k iniciaci napadení dřeva houbami, ale i hmyzem. Nenasákavé izolační materiály, jako jsou pěnové polymerní desky nebo vodu nevedoucí minerální vata, nejsou pro dřevo přítomné v konstrukci vůbec vhodné. Zajištění pohledového hrázděného zdiva rovněž tento typ zvýšení tepelného odporu vylučuje. Tradiční jsou u hrázděných staveb prkenné obklady (např. s imitací kamenných bloků), které ovšem hrázdění zakrývají.

Zateplení zevnitř

Vnitřní zateplení zachovává fasádu hrázděné stavby. Tepelněizolační materiál na vnitřním líci obvodového zdiva má nemálo úskalí. Hlavním je problém kondenzace vodní páry a odvod vlhkosti. V případě vnitřního zateplovacího systému musí posunout rosný bod do zateplovací vrstvy. Vrstva tepelného izolantu proto nesmí mít větší tepelný odpor než vlastní zdivo, aby se rosný bod neposunul ven do obvodového zdiva!

Při zateplování zevnitř máme dvě možnosti: zamezit tvorbě kondenzátu parozábranou, nebo kondenzát inteligentním systémem odvést. Pouhé nalepení desek na vnitřní líc zdiva by vedlo k tvorbě kapalně vody v ploše za zateplením. Všechny dřevěné konstrukce procházející touto vrstvou by byly ohroženy napadením dřevokaznými houbami. Jedná se o podlahy i stropy, stejně jako vnitřní příčky s dřevěnými trámy či překlady.

U difuzních, kapilárně aktivních systémů zateplení je vznikající kondenzát hmotou zateplení roznesen v ploše. Nasákavé souvrství vynese vlhkost i k vnitřnímu líci a při poklesu relativní vlhkosti vzduchu v místnosti se voda z vnitřního zateplení odpařuje. Odpar na povrchu je díky výměně vzduchu při povrchu velmi rychlý, mnohem rychlejší, než difuze vzduchu uvnitř systému.

Zateplení pomocí desek

Zateplení pomocí tepelněizolačních desek je rychlé a nevyžaduje náročné mokré procesy. Vnitřní zateplení konstrukce, vykonávající pohyby v důsledku změn vlhkosti, vyžaduje plastickou mezivrstvu schopnou deformace. Samy desky jsou díky větší tloušťce relativně tuhé. Podle pohybů podkladu se dotvaruje mezivrstva, aniž by došlo k odpojení desky od podkladu

a vzniku dutiny. Desky se jednak lepí k podkladu, jednak se často i kotví. Povrch desek se upravuje vrstvou omítky, jejíž povrch je místem odparu vlhkosti. Tento povrch by měl zůstat nezakrytý, bez přiraženého nábytku a zavěšených předmětů citlivých na vlhkost (fotografie, obrazy, grafika). Případné nutné vybavení je vhodné osadit s ponecháním vzduchové mezery.

Kalciumsilikátové desky

Alkalické desky na bázi křemičitanu draselného jsou možností zateplení ze strany interiéru. Desky jsou minerální, alkalické a silně nasákové. Lepí se speciálním nasákovým lepidlem a převrstvují se tenkovrstvou nasákovou omítkou. Nevýhodou je vyšší hmotnost desek (hustota 360 kg/m^3) a hlavně tuhost vyžadující předem vyrovnaný podklad.

Desky z buničiny

Kdysi oblíbené lehké tepelněizolační desky z buničité drti dodávané pod názvem „Hobra“ se vrací na trh pod novými jmény. Výrobci dodávají jak nenasákové desky, tak desky nasákové. Povrch kotvených desek se opatří armovací tkaninou a omítkovinou. Nasákové desky lze použít pro kontaktní vnitřní zateplení bez parozábrany. Nenasákové apretované desky se používají pro vnitřní zateplení s parozábranou. Desky mají nízkou hustotu (cca 18 kg/m^3) a příznivou vodivost ($\lambda = \text{cca } 0,046 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Vyrábějí se s polodrážkami, což značně zjednodušuje montáž a brání vzniku tepelných mostů v ploše.

Lehčený jíl

Lehčeným jílem se tepelně izolují hrázděné stavby zvláště v Německu. Použití lehčeného jílu je možné dvěma způsoby: dusání za bednění a přízdívka z prefabrikovaných cihel.

Dusaná vrstva za bedněním

Bednění může být lehkou konstrukcí z latí, pro postup dusání zapřenou posuvnou překližkovou deskou. Za bedněním se zadusá směs jílu, řezané slámy jako armování a lehčicího materiálu, např. pilin či korku. Povrch bednění se následně opatří rákosovou rohoží jako nosičem a ta se zaomítně. K omítnutí této plastické konstrukce je vhodné použít stejně plastické omítky na jílové bázi. Rákosové rohože jako nosič omítek lze použít např. stínicí rohože z hobbymarketů.

Přízdívka z nepálených cihel

Druhou možností je použití prefabrikovaných cihel z lehčeného jílu, ze kterých se vytvoří vnitřní přízdívka zdiva, založená na stávající podlahu. Ve stavbách s hrázděným patrem je obvodové zdivo přízemí zpravidla masivní (500 mm a více) a hrázděné patro je subtilní (100–200 mm). Na fasádě jsou obě konstrukce zhruba v líci. Založení přízdívky je půdorysně ještě na rozšířené zdi přízemí. Tyto cihly lze sehnat v Lužici („Leichtlehm“), případně si je vyrobit ze směsi jílu (bentonitu), řezané slámy a lehčicího materiálu (korková drť, jemný Liapor).

Rákosové zateplovací rohože

Tlusté vázané desky z rákosových rohoží uzavírají vzduch nejen mezi stvolý, ale i v dutině uvnitř. Desky se kotví ke stěně hřebíky a povrch se opatřuje omítkou. Tepelněizolační

vlastnosti jsou příznivé (udávaná $\lambda = 0,056\text{--}0,07 \text{ W/m.K}$). Úskalím je zpravidla montáž, která musí být provedena bez dutin, což lze mezi stvolý rákosu jen těžko zaručit. Rovněž tyto rohože je nutno zajistit v zahraničí. Klíčovým heslem je „Schilfrohrmatte“ v kombinaci s „Dämmung“.



Obr. 1: Přezdívková deska z celulózových tepelněizolačních desek.



Obr. 2: Přezdívková deska z lehčeného jíl (Leichtlehm) vloženého do bednění.



Obr. 3: Přezdívková deska z cihel z nepálené hlíny omítnutých hliněnou omítkou.



Obr. 4: Tradiční hliněná omítká nanesená na rohoži z rákosu (tzv. rákosová omítková rohož / rákosovina).

Ovčí vlna

Výhodou ovčí vlny je schopnost vyplnit dutiny o kolísající šířce, což je výhodné zvláště u nepřitesaného vnitřního líce roubení a spáry mezi kmeny. Nasákavost ovčí vlny je omezená, ale lze ji použít i pro vnitřní zateplení bez parozábrany. Vrstvu ovčí vlny je také výhodné použít jako první vyrovnávací vrstvu, na kterou je následně montována další zateplovací vrstva – celulózoové desky, rákosové matrace, přízdívka z jílových cihel.

Desky z pazdeří, konopí

Pazdeří jako odpad zpracování konopí nebo lnu se používá také pro lisování tepelněizolačních desek. Pokud jsou desky nasákavé (dle nastavení výrobcem), lze je použít pro vnitřní zateplení bez parozábrany. Oba materiály je třeba stabilizovat proti napadení hmyzem a hlodavci, výrobky na trhu často tuto ochranu mají, ale je třeba si to ověřit. Tyto materiály nabízejí čeští dodavatelé, na internetu k dispozici.

Vnitřní zateplení hrázděných staveb a směrnice

Pro absenci českých předpisů byly do češtiny přeloženy dvě směrnice WTA z němčiny. Směrnice WTA 8-5 a 8-10.

Směrnice WTA 8-10 je souborem obecných rad při obnově *památkově chráněné* hrázděné budovy, co udělat v případě požadavků normy (u nás ČSN 730540), která není závazná pro zapsané kulturní památky a stavby požívající plošnou památkovou ochranu. Radí v různých případech, její odpovědi spadají většinou do třech možných kategorií:

- Požadavkem normy se není třeba řídit.
- Požadavky normy je v každém případě dobré dodržet, nebo se jim přiblížit.
- Je určitě dobré splnit „hygienické minimum“. Tento termín popisuje stav, kdy nedochází ke kondenzaci, ale ani k růstu plísní uvnitř stavby.

Směrnice WTA 8-5 je směrnici technickou a radí z technického hlediska, jak zateplit hrázděnou konstrukci, jakými všemi materiály to lze bez nebezpečí (hniloby dřeva, rozpadu výplně) a jaké jsou hranice použití. Vždy jde o to, aby se rosný bod udržel ve vlastní konstrukci hrázdění a neposunul se do zateplovacího systému. Prioritní samozřejmě zůstává, aby množství kondenzátu u dřeva bylo minimální a aby se kondenzát co nejrychleji přesunul do plochy výplně a odpařil se. Směrnice je velmi návodná a jednoduše aplikovatelná. Obě směrnice v češtině jsou k dispozici na www.wta.cz, ke stažení za úhradu.

Závěr

V běžných stavebninách zřídka nakoupíme materiály vhodné pro zateplení hrázděných staveb. Na internetu nacházíme rok od roku více výrobců i aplikačních firem, které potřebné hmoty i technologie nabízejí. Pokud přidáme pár slov z němčiny, seženeme v okruhu dvou set kilometrů vše, co k obnově a i k vnitřnímu zateplení hrázděné stavby patří.

S. lacrymans – dřevomorka domácí nejen v historických budovách

doc. RNDr. Jiří Gabriel, DrSc., Mgr. Karel Švec, Ph.D.

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i., Praha

Dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*) není sice v Evropě původní houbou – má se obecně za to, že k nám ji zavlekli Angličané z Indie spolu se dřevem z himálajských lesů v době, kdy na britských ostrovech již téměř došlo dřevo pro výrobu námořních plavidel – ale za to zde velmi rychle zdomácněla. Dřevo rozkládá v našich klimatických podmínkách velmi rychle a působí ze všech dřevokazných hub největší ekonomické škody.

Termínem „dřevokazné houby“ se označují všechny druhy hub, které ke svému růstu a rozmnožování vyžadují dřevní hmotu. Ta se, zjednodušeně řečeno, skládá ze dvou hlavních složek – světlé celulózy a tmavého ligninu. Houby hnědé hniloby (angl. *brown-rot fungi*), někdy zvané celulózovorní, nemají aparát schopný rozkladu ligninu a využívají pouze celulózu. Napadené dřevo získává tmavohnědou barvu a rozpadá se kostkovitě, v posledních stádiích až na jemný prášek. Termín „dřevokazné houby“ vychází pouze z potravní strategie hub, po taxonomické stránce zahrnuje většinou bazidiomycety. Houby bílé i hnědé hniloby se běžně vyskytují v přírodě, kde významně napomáhají koloběhu uhlíku; počínaje jejich výskytem na Zemi také mimochodem přestalo vznikat uhlí. Mezi houby bílé hniloby patří např. václavky (*Armillaria* sp.) nebo hlívy (*Pleurotus* sp.). Do třetice, houby měkké hniloby napadají vlhké dřevo, přičemž dochází k jeho charakteristickému měknutí. V praxi se s nimi setkáváme zřídka.

Mechanismu rozkladu dřeva extracelulárními enzymovými, popř. neenzymovými systémy hub bílé i hnědé hniloby, je věnována početná literatura a v současné době je k dispozici mnoho přehledných prací či monografií. Z hlediska ohrožení staveb a dřevěných konstrukcí jsou mnohem významnější houby hnědé hniloby, které nejsou schopny rozkládat lignin. Rozkladem celulózy, hlavní stavební složky dřeva, dochází ke ztrátě mechanických vlastností napadených konstrukcí. Mezi houby hnědé hniloby patří např. dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*), popraška sklepní (*Coniophora puteana*), pórnatka Vaillantova (*Fibriopora vaillantii*) nebo trávovky (*Gloeophyllum* sp.). Tyto houby odbourávají dřevní polysacharidy, takže dřevo získává tmavé zbarvení (zůstatkem tmavohnědého ligninu) a ztrácí svou pružnost. Při vysychání napadené dřevo praská, láme se na hnědé kubické bloky a drolí se. Taxonomicky náleží houby bílé i hnědé hniloby vesměs mezi bazidiomycety (houby stopkovýtusné).

Dřevokazné houby se mohou šířit buď sporami, nebo úlomky mycelia, které se stávají při vhodné vlhkosti, teplotě a dostatku živin počátečním místem aktivního růstu hub

v novém prostředí, anebo rhizomorfami – dlouhými provazci houbových vláken (hyf), které jsou schopné dosáhnout délky až několika metrů a procházet i skrze zdivo. Dřevo, které je ošetřeno lakováním, barvou či jiným nátěrem, je více odolné proti ataku hub než dřevo neošetřené, případně již napadené dalšími mikroorganismy či poškozené činností dřevokazného hmyzu. Někdy se uvádí, že tmavší druhy dřeva (tropická, která bývají hustší a tvrdší) jsou proti houbovému napadení více odolné. Nejdůležitějšími faktory pro houbové napadení jsou vlhkost a teplota okolí. Nároky jednotlivých hub se liší; v tabulce jsou stručně sumarizovány.

Tab. 1: Obvyklé požadavky na vlhkost a teplotu substrátu (dřeva) pro růst vybraných hub.

Houba	Napadá	Hniloba	Vlhkost (%)	Teplota (°C)
<i>Serpula lacrymans</i>	J, L	hnědá	30–60	18–22
<i>Coniophora puteana</i>	J, L	hnědá	40–90	23
<i>Antrodia vaillantii</i>	J	hnědá	35–50	27
<i>Gloeophyllum sepiarium</i>	J	hnědá	40–60	35
<i>Gloeophyllum abietinum</i>	J	hnědá	30–50	26–29

Napadá dřevo: J – jehličnanů, L – listnáčů.

Výskytem dřevokazných hub v budovách v České republice se rozsáhleji věnoval P. Vampola, který popsal 40 nejčastějších druhů, se kterými se ve své dvacetileté praxi při opravách či rekonstrukcích dřevěných střešních a krovů či dalších dřevěných konstrukcí setkal (Vampola 2008); recentní stav v Evropě shrnuli Gabriel a Švec (2017). Udává se, že škody způsobené jen dřevomorkou dosahují miliard dolarů ročně. Například škody ve Francii dosahovaly ještě nedávno cca 30 milionů eur ročně a ve Spojeném království odhadem 3 miliony liber týdně (v roce 1988).

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i., patřil víc než deset let mezi tzv. znalecké ústavy a v rámci naší soudně-znalecké činnosti jsme navštěvovali různé objekty, ať už v majetku státu či soukromé. Při našich terénních studiích jsme se setkali nejenom s výskytem dřevomorky v roubených chalupách (mj. v Krkonoších v chatě Přírodovědecké fakulty UK) nebo v hospodářských staveních (např. v Pripjati v neobydlené oblasti u černobylské elektrárny) či v historických budovách, ale také poněkud překvapivě i v činžácích a panelových domech v relativně suchých lokalitách. Náš příspěvek na semináři shrnuje naše zkušenosti s výskytem dřevomorky domácí v nejrůznějších objektech. Pro všechny výskyty však bylo společné vlhko, absence větrání a dostatek substrátu (nejlépe již napadeného dřeva). Na závěr přednášky budou krátce shrnuty hlavní podmínky pro růst a šíření dřevomorky a jsou zmíněny i některé antifungální látky s preventivními účinky.



Obr. 1: Syrociium dřevomorky nalezené pod podlahou věže jednoho ze severomoravských kostelů.



Obr. 2: Rekreační chalupa PŘF UK v Dolních Mísečkách.



Obr. 3: Prostory rekreační chalupy z obr. 2 zachvácené myceliem dřevomorky.



Obr. 4: Asi zatím nejmenší plodnice živé dřevomorky (cca 2 x 1 cm), námi nalezené v podkroví jednoho z pavilonů v Psychiatrické nemocnici v Bohnicích v Praze 8.



Obr. 5: Typický rozklad dřeva působením hub hnědé hniloby.

Tab. 2: Rozdělení fungicidů podle mechanismu jejich účinku. (Z práce Zaleš F., Gabriel J., 2021)

Mechanismus účinku	Příklady fungicidů
Inhibitory respirace	sloučeniny mědi, sloučeniny arsenu
Inhibitory buněčného dělení	deriváty benzimidazolu
Inhibitory syntézy aminokyselin a proteinů	kasugamycin, blastidin-S
Inhibitory syntézy nukleových kyselin	acylananiny
Inhibitory signální transdukce	quinoxyfen, fludioxonil
Inhibitory syntézy lipidů a membrány	dicloran
Inhibitory biosyntézy sterolů	propiconazol
Inhibitory syntézy buněčné stěny	polyoxin, validamycin
Inhibitory syntézy melaninu	tricyclazol
Aktivace obranného systému hostitele	kyselina salicylová
Více míst působení	různé sloučeniny bóru
Neznámý	kreosot, minerální oleje

Literatura

- Gabriel, J., Švec, K., 2017. Occurrence of indoor wood decay basidiomycetes in Europe. Fungal Biology Review 31, 212–217, <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.002>.
- Vampola, P., 2008. Dřevokazné houby v budovách. Mykologické listy 104, 21–25. ISSN 1213-5887.
- Zaleš F., Gabriel J., 2021. Vybrané aktuálně používané chemické přípravky proti dřevokazným houbám a mechanismus jejich účinku. Chemické listy 115, 91–98.
- Získáno z <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3791>.
- Fojtík R., Lokaj A., Gabriel J. (2018): Dřevěné mosty a lávky. ČKAIT. ISBN 978-80-88265-04-7.
- Gabriel J. (2014): Dřevokazné houby a plísně v domácnosti: identifikace, sanace. Vesmír 93, 287.
- Gabriel J., Švec K., Nasswettrová A., Šmíra P. (2014): Houby, které nevidíme rádi. Sruby a roubenky 26–28, 1/2014.

Fenomén vnitřního zateplení – možnosti, očekávání

Ing. Pavel Šťastný, CSc.

Remmers s.r.o., divize Ochrana a sanace staveb

Principy vnitřního zateplení

Vnitřní zateplení je vždy „plán B“, pokud řešíme tepelné ztráty zdí a požadavek na zvýšení tepelného odporu. V minulosti existovalo jen vnitřní zateplení s nutností montáže tzv. parozábrany. Jednalo se tedy o uzavřený systém, který nepropouštěl ani kapalnou vodu ani vzduch nesoucí vodní páru. Proveditelnost montáže souvrství takového systému byla velmi problematická. Montáž vlastního tepelného izolantu na zdivo nebyla problém. Udržení dokonalého oddělení izolantu (a obvodového zdiva za ním) od vnitřního teplého mikroklimatu vytápěné místnosti už ano. Většinou se jednalo o skladby:

Celoplošně lepené polystyrenové desky na dokonalý sraz, případně s prolepením spár. Na povrchu tenkovrstvá omítka ztužená perlinkou

Problém tkvěl v celoplošném nalepení a utěsnění spár. Požadavek na utěsnění spár je jasný, spárami by procházel vzduch nesoucí vodní páru. Celoplošné nalepení znamená absenci dutin za izolantem. Pokud by se v dutině objevil kondenzát (z oné vodní páry), bude dutinou stékat a vytvoří nehomogenitu v rozložení vlhkosti v ploše. Na stavbě se většinou setkáme s polystyrenovými deskami nalepenými bodově/obvodově na omítce, a v dutinách černé kolonie plísň.

Minerální vata kotvená ke zdivu, krytá parotěsnou fólií a obkládovou deskou

Minerální vata je materiál propustný pro vodu i pro vzduch s vodní párou. Tento izolant vždy obsahuje dutiny (ty právě tvoří jeho izolační schopnost) vyplněné vzduchem. Funkce takové tepelné izolace na vnitřním líci závisí na parotěsnosti fólie. Pokud netěsní, vniká vzduch do izolantu, voda kondenzuje a stéká po izolantu k podlaze. Montáž fólie bez perforace, zvláště po následné montáži obkládových desek, je teoreticky možná, prakticky neproveditelná. Ve stavbách potkáváme obklady s tepelnou izolací vzadu, vypouštějící na podlahu louže kondenzované vody. Perforace fólie nebo její odlepení na okrajích je pravidlem. Možnost řešení tepelných mostů na sousedících konstrukcích zhora nemožná.

Před rokem 2010 platilo železné pravidlo: než vnitřní zateplení, raději žádné!

Myšlenka difuzně otevřeného, kapilárně aktivního (nasákového) interiérového zateplovacího systému narážela dlouho na aplikaci uvedeného pravidla. Až laboratorní certifikace

otevřeného zateplovacího systému za velmi tvrdých podmínek, imitace zimních mrazů laboratorním podchlazováním vnějšího líce a posléze mírným nahříváním jako chladným létem prokázala, že výpočty prováděné dle Glaserovy rovnice odrážejí reálné chování kapilárně aktivních a difuzně otevřených izolantů a jejich souvrství.

Jak fungují tyto otevřené systémy? Jak již bylo napsáno výše, provedení difuzně uzavřeného souvrství je prakticky nemožné. Proto otevřený systém naopak nechává vzduch včetně vodní páry pronikat souvrstvím. Někde ve skladbě se vodní pára setká s teplo-
tou rosného bodu a část vodní páry se změní v kapalnou vodu – kondenzát. A nyní se uplatní druhá základní vlastnost „otevřeného“ systému: kapilární aktivita – tedy vysoká nasákavost. Kondenzát je z místa kondenzace roznesen do celé hmoty izolantu, jeho povrchové úpravy (omítky) i lepidla a jeho podkladu (lícové omítky a zdiva). Podmínkou tedy je, že vše v systému musí být vysoce nasákavé. Po zimním období, kdy se tvoří a akumuluje kondenzát, přijde období teplé a letní. Během letního období dochází k odpařování vlhkosti z povrchu zateplovacího systému a rychlému přivádění vody z hloubky souvrství kapilárami k povrchu. Aby byl systém trvale udržitelný, musí se během letního období odpařit veškerý zimní kondenzát, beze zbytku. Úkolem výpočtu je tedy stanovit maximálně nepříznivé podmínky: velmi studené zimy, kdy teplota setrvává po celou zimu na nejchladnější teplotě, a velmi chladná léta, kdy teplota nepřekračuje celé léto nepříznivě nízkou teplotu. Pokud výpočet Glaserovou metodou potvrdí, že i při takto nepříznivé konstelaci dojde k odparu kondenzátu, je možné vnitřní zateplovací systém v této skladbě naprojektovat a instalovat.

Dříve norma ČSN 730540 stanovovala maximální množství kondenzátu za zimu na m^2 plochy zdiva. Nyní pouze stanoví, že veškerý zimní kondenzát se musí prokazatelně odpařit v letním období.

Materiály pro kapilárně aktivní a difuzně otevřené zateplení jsou na několika různých bázích

Kalciumsilikátové desky (lepené minerálním lepidlem a převrstvené minerální tenkovrstvou omítkou)

CaSiO_3 desky jsou extrémně nasákavé a trvale alkalické. Původně se používaly jen jako izolanty mezi keramickými tělesy pecí (metalurgických, keramických) a kovovým pláštěm. Jejich λ (součinitel tepelné vodivosti) se pohybuje nad $0,06 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, což neposkytuje příliš velký tepelný odpor. Navíc jsou desky těžší a jejich montáž je proto obtížnější. Jejich největší výhodou je schopnost pojmout desítky litrů kondenzátu na 1 m^2 . S výhodou se tedy používají tam, kde se vzduchem nešíří jen vodní pára, ale i vodní mlha, a kde je nutno zabránit růstu plísní na povrchu konstrukcí – například ve velkokuchyních na betonových stropích, ve vlhkých provozech potravinářských výrobních, ve wellness prostorách apod. Materiál je nehořlavý, dostupný v omezené škále tloušťek. Na podhledy se musí kotvit mechanicky.



Obr. 1: Kalciumsilikátové desky v uspořádání na vnitřním koutě místnosti.



Obr. 2: Lepení kalciumsilikátových desek na sraz metodou floating.



Obr. 4: Montáž desek z polymerní pěny.



Obr. 3: Uspořádání kalciumsilikátových desek kolem okna.



Obr. 5: Lepení vnitřní tepelné izolace vždy na vyrovnaný podklad.



Obr. 6: Prostupy konstrukcí jsou vždy věcí pečlivého výpočtu a návrhu, zejména u dřevěných stropů.



Obr. 7: Montáže elektrických rozvodů, krabic a vypínačů musí být vzduchotěsné.

Tepelněizolační omítky

Omítky, které místo/vedle písku obsahují jako plnivo tepelně izolující hmoty jako experlit, pemzu, expandovaný jíl mají výrazně vyšší tepelný odpor než omítky běžné. Ovšem i tepelný odpor těchto hmot není valný: zpravidla nad $\lambda = 0,08 \text{ W/(m.K)}$. Ke zlepšení tepelného odporu by bylo třeba tloušťek mnoha cm, což není prakticky reálné s velmi lehkou maltou (často po vyzrání velmi křehkou) dosáhnout a trvale provozovat. Tepelněizolační omítkou proto lze vylepšit sanační souvrství a zajistit povrch zdiva proti kondenzaci, v lepším případě i proti růstu plísní. Výhodou je možnost přizpůsobení tloušťky a nehořlavost.

Desky lisované z termicky upravené celulózy

Desky, které ve výrobě procházejí procesem „karamelizace“ celulózy, postrádají jinak typickou nevýhodu celulózy – náchylnost k napadení dřevokazným hmyzem a dřevokaznými houbami. Desky vykazují lepší tepelný odpor než výše uvedené (λ kolem $0,04 \text{ W/(m.K)}$). Desky se kotví a lepí na vyrovnaný podklad. Výjimkou je patentovaný materiál, jehož spodní vrstva je pružná a lze s ní zateplovat i roubené stavby. Povrch zateplovacích desek se opatří tenkovrstvou minerální omítkou s armovací síťovinou. Desky jsou relativně lehké a snadno se formátují. Materiál není nehořlavý, ale při hoření neodkapává. Dodává se v úpravě hydrofobní (pro fasády a střechy) nebo hydrofilní (nasákavé) pro vnitřní zateplení.

Polymerní pěnové desky proložené minerální maltou

Tento systém, původně koncipovaný jako perforované desky z pěnového polyuretanu, s průduchy plněnými kalcium-silikátovou maltou se vyvinul do pruhů pěnového polymeru, střídaných tenkými vrstvami vysoce nasákové malty. Toutéž maltou jsou desky lepeny a také povrchově převrstveny spolu s armovací mřížkou. Lambda systému je nízká, kolem 0,03 W/(m.K). Nevýhodou systému je reakce na oheň – systém je hořlavý, při hoření odkapávající.

Minerální (cementové) pěnové desky

Asi nejrozšířenější systém velkého výrobce stavebních materiálů vítězí zejména cenou. Jeho tepelněizolační vlastnosti jsou poměrně příznivé ($\lambda = 0,045 \text{ W/(m.K)}$), hmotnost nízká a je nehořlavý (třída A). Desky jsou křehké a neopatrnou manipulací (i při transportu) se mohou na rozích a hranách poškodit. Desky se lepí, ve spárách rovněž, a jedinou maltou se provádí lepení i povrchová úprava. Výhodou je široká škála tlouštěk a relativně nízká cena.

Řešení tepelných mostů

Pro řešení tepelných mostů existují dnes atlasy typických detailů tepelných mostů. Nacházejí se v místech nehomogenit stavební konstrukce, prostupů a vestaveb, ztenčení konstrukce a na sousedních částech obvodového zdiva – vystupujících konstrukcích betonových stropů, železných stropních nosníků, vystupujících konstrukcí balkonů a lodžií. Tepelné mosty doprovázejí tak vnitřní zdivo v napojení na obvodovou zeď a napojení podlahy na obvodovou stěnu. Tyto mosty je třeba vyhodnotit a v případě nebezpečí růstu plísní nebo dokonce kondenzace je eliminovat.

Vnitřní zateplení vlhkého zdiva

Vnitřní zateplení zdiva „otevřeným“ systémem znamená nebezpečí kondenzace vlhkosti v souvrství. Výpočtem dle Glaserovy rovnice prokazuje projektant pouze odvedení tohoto zimního kondenzátu. Pokud je zdivo trvale zavlhčováno, např. vztlínáním, zatekáním dešťové vody nebo průsaky z terénu, nemusí být systém vnitřního zateplení schopen kromě kondenzátu odvádět i tuto vlhkost ze zdiva. Naopak bude přítomnost souvrství na vnitřním líci zhoršovat možnost odparu pro jeho přidání difuzní odpor, jakkoli je třeba nízký. Potom může systém vnitřního zateplení montovaný za účelem omezení vlhkosti omítek vést naopak ke zvýšení vlhkosti zdiva za zateplovacím systémem.

K montáži vnitřního zateplovacího systému (jakéhokoli druhu) bychom měli stavbu zajistit proti provlhčování zdiva vnějšími zdroji. Pokud to není dokonale možné, máme dvě možnosti:

- výpočtem pomocí sofistikovaného výpočtového programu ověřit, že příspěvek vnějšího zdroje zavlhčení bude odveden kapilárně aktivním zateplovacím systémem;

- izolovat zdivo před provedením vnitřního zateplovacího systému. Izolovat mezi zdrojem zavlhčení a obvodem místnosti, nebo (kde to nelze – sklepy) na vnitřním líci s tím, že zdivo bude zabezpečeno proti šíření vlhkosti dále po stavbě.

Výhody a nevýhody vnitřního zateplení

Bylo by případnější pořadí nevýhody a výhody. Nevýhodou je vystavení zdiva nepřízní počasí. Zdivo se v létě přehřívá (zateplením bráníme jeho ochlazování vzduchem v místnostech), v zimě prochladá nebo promrzá (zateplení brání prohřívání zevnitř). Vede k rychlejšímu poškození zdiva staveb. Vnitřní zateplení je vždy dražší na jednotku plochy než vnější kontaktní zateplovací systém. Ubírá vnitřní prostor (zmenšuje plochu místností) tím více, čím horší je jmenovitý tepelný odpor. Výhodou je možnost selektivního zateplení nebo odstupňovaného zateplení vnitřních prostor dle využití. Lokální zateplení jedné místnosti v jinak nevytápěné stavbě. U plošně památkově chráněných staveb může být vnitřní zateplení přijatelné u staveb s památkově nechráněnými interiéry nebo méně hodnotnými interiéry.

Závěr

Očekávejme málo a budeme příjemně překvapeni. Pokud dnes vnější zateplení fasády standardně obnáší 140–160 mm polystyrenu s λ 0,03 W/(m.K), nečekejme, že stejný efekt dosáhneme s tenčí vrstvou horšího materiálu zevnitř. Pouhým vynásobením tloušťky a λ musíme obdržet srovnatelnou hodnotu, nebo se smířit s nižším účinkem – tedy vyššími ztrátami obvodovým zdivem. Ztráty obvodovým zdivem jsou sice nepříjemné, ale nejsou většinovým kanálem úniku tepla. Srovnatelný tok tepla uniká zejména střechami (tedy stropy posledního obytného podlaží) a podlahami prvního vytápěného podlaží (nad sklepem, nad zásypem, nad dutinou). Ke stanovení účinku jednotlivých postupů zvyšování tepelného odporu jednotlivých konstrukcí slouží dnes výpočetní programy. Nejprve je vhodné vypočítat ztráty obálkou budovy, příspěvky jednotlivých konstrukcí obálky a začít od nejméně náročných. Zateplení obvodového zdiva nemusí být ekonomicky první prioritou.

Vnitřní mikroklima a jeho údržba

Ing. Lukáš Balík, Ph.D.

Kloknerův ústav ČVUT v Praze

Abstrakt

Životnost stavebních konstrukcí je významně ovlivněna přítomností a chováním vody ve stavebních materiálech, které jsou do značné míry podmíněny působením prostředí, v němž se konstrukce nachází. Přítomnost vody je nezbytné při hodnocení staveb vždy zohlednit, stejně jako věnovat pozornost predikci jejího chování a vzájemnému chemicko-fyzikálnímu ovlivňování jednotlivých materiálů. Mezi významné zdroje zavlhčení, jež negativně působí na životnost konstrukčních prvků a inventáře staveb, patří kondenzace vzdušné vlhkosti. Předkládaný článek se zaměřuje na zkoumání možností, jak prostřednictvím řízené údržby vnitřního mikroklimatu omezit vlhkostní degradaci stavebních konstrukcí a souvisejícího vybavení.

Úvod

Voda se do konstrukcí kontinuálně dostává otevřenou cestou, tj. přímou dotací z okolí, a také v konstrukcích „vzniká“ vlivem teplotně-fyzikálních procesů, jejichž intenzita je zásadně ovlivňována působením vnitřního mikroklimatu. Cílem článku je formulovat obecné zásady údržby vnitřního mikroklimatu, jež tvoří nezbytný předpoklad pro efektivní správu a údržbu stavebních objektů. Znalost obecných principů chování a působení vnitřního mikroklimatu spolu s poznáním „historického klimatu“ daného objektu je předpokladem úspěšně prováděné údržby. Obecně lze definovat základní formy mikroklimatu v historických budovách a kritéria jejich hodnocení. V článku se dále zaměříme na možnosti zásahu do teplotně-fyzikálních procesů uvnitř zdíva formou vnějších opatření, jmenovitě vybraných forem zateplení či aplikací různých povrchových úprav, a poskytneme charakteristiku vybraných zásad údržby.

Základní pojmy

Rovnovážná vlhkost

Rovnovážná vlhkost materiálu (někdy také označovaná jako rovnovážný vlhkostní obsah nebo hygroskopická rovnováha) je fyzikální veličina, která popisuje stav, kdy materiál neabsorbuje ani nevylučuje vodní páru do okolního prostředí — tedy je v rovnováze s okolní vlhkostí a teplotou.

Tab. 1: Rovnovážná vlhkost vybraných materiálů historických staveb.

Materiály	30 % RH	50 % RH	80 % RH	95 % RH	Poznámka
Cihla (pálená)	–	0,5–1,5	1,5–2	3–4	nízká hygroskopičnost, stabilní
Beton	–	1–2	3–5	6–8	kapilárně porézní, riziko koroze výztuže
Dřevo	6	9	16	22–25	silně hygroskopické, objemové změny
Sádra (omítka)	–	0,3–0,6	0,8–1,2	1,5–2	reguluje vnitřní mikroklima
Minerální izolace (minerální vlna)	< 0,1	< 0,1	0,002	0,003	prakticky nehygroskopická, ale ztrácí izolační schopnosti při navlhnutí

Difuze vodní páry

Difuze vodní páry je proces, při kterém se vodní pára přirozeně pohybuje z místa s vyšší koncentrací (vyšší tlak vodní páry) do místa s nižší koncentrací (nižší tlak vodní páry). Vodní pára se „rozptýluje“ (šíří) vzduchem nebo materiály, dokud se tlak páry nevyrovná. Hybnou silou tohoto pohybu jsou tedy rozdíly tlaků (parciálních tlaků) vodní páry.

Difuzní odpor

Difuzní odpor je míra, s jakou materiál propouští vodní páru a vyjadřuje se mj. též faktorem difuzního odporu μ a ekvivalentní difuzní tloušťkou s_d . Difuzní odpor říká, jak moc materiál zastavuje vodní páru. Je důležitý pro navrhování staveb tak, aby „dýchaly“, ale zároveň aby se v nich netvořila vlhkost a plísně. Účel sledování:

- zabránění kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukcí (příčiny plísní a degradace materiálů);
- napomáhá správnému navržení skladby stěn, střech a podlah, zejména vrstvy s parozábranou nebo parobrzdou;
- významné ovlivnění vnitřního mikroklimatu;
- ovlivnění životnosti konstrukce.

Faktor difuzního odporu μ

Faktor difuzního odporu μ je číslo, které udává, kolikrát hůře prochází vodní pára daným materiálem o shodné tloušťce než vzduchem. Čím je μ větší, tím klade materiál větší odpor vůči průchodu vodní páry – materiál tedy více „brzdí“ její difuzi:

- $\mu = 1 \rightarrow$ materiál propouští páru stejně jako vzduch,
- $\mu = 10 \rightarrow$ pára prochází 10krát hůře než vzduchem.

Tab. 2: Vzduchové propustnosti jednotlivých materiálů.

Materiál	Přibližný faktor μ	Propustnost
Vzduch	1	volný průchod
Minerální/skelná vata	1–2	velmi dobře propustná
Dřevo (podélně)	40–60	mírně propustné
Dřevo (příčně)	100–200	středně až málo propustné
Pórobeton (Ytong)	5–10	dobře propustný
Cihly	10–20	středně propustné
Vápenocementová omítka	10–15	středně propustná
Vápenná omítka	8–12	dobře propustná
Cementová omítka	20–35	horší propustnost páry
Sádrová omítka	6–10	dobře propustná
Hliněná omítka	5–10	velmi dobře propustná
Tepelněizolační omítka	5–20	dobře propustná
Silikonová/silikátová omítka (fasádní)	50–150	málo propustná (dle typu)
Beton	50–150	málo propustný
Asfaltová lepenka	10 000–20 000	téměř nepropustná
Polystyren (EPS)	30–70	slabě propustný
Extrudovaný polystyren (XPS)	150–300	velmi málo propustný
PUR pěna	50–200	málo propustná
PVC fólie	> 10 000	prakticky nepropustná
Hliník, sklo, plech	∞ (nekonečno)	zcela nepropustné

Ekvivalentní difuzní tloušťka s_d (m)

Ekvivalentní difuzní tloušťka s_d říká, jak silná vrstva vzduchu by musela být, aby kladla stejný odpor pro průchod vodních par jako daný materiál.

$$\text{Vzorec: } s_d = \mu \cdot d,$$

kde: s_d je ekvivalentní difuzní tloušťka [m], μ (mí) je difuzní faktor materiálu (bezrozměrné číslo udává, kolikrát hůře materiál propouští vodní páru oproti vzduchu), d je skutečná tloušťka materiálu [m].

$s_d < 0,14$ m → materiál je vysoce paropropustný, vhodný pro difuzně otevřené systémy

$s_d = 0,14$ – $1,4$ m → střední propustnost (parobrzdný účinek)

$s_d > 1,4$ m – nízká → propustnost, může zadržovat vlhkost v konstrukci

Tab. 3: Vzduchové propustnosti vybraných nátěrů.

Typ nátěru / barvy	Typická tloušťka vrstvy (mm)	Uvažovaný μ faktor (-)	S_d (ekvivalentní difúzní tloušťka) (m)	Difúzní vlastnost
Vápenný nátěr	0,1	5–10	0,0005–0,001	velmi propustný
Silikátová barva	0,12	10–20	0,0012–0,0024	vysoce propustná
Silikonová barva	0,13	50–150	0,0065–0,02	parobrzdná
Akrylátová barva	0,13	200–400	0,026–0,052	parobrzdná až parozábranná
Latexová (omyvatelná)	0,15	1 000–3 000	0,15–0,45	parotěsná
Epoxidový nátěr	0,2	20 000–50 000	4–10	téměř parozábrana
Polyuretanový nátěr	0,2	10 000–30 000	2–6	parozábrana

Relativní vlhkost vzduchu (RV)

Relativní vlhkost vzduchu RV (% rel.) je v podstatě naplněnost vzduchu vodní parou a lze ji vyjádřit jako poměr mezi aktuálním množstvím vodní páry ve vzduchu a maximálním množstvím, které by při dané teplotě vzduch mohl obsahovat, než začne docházet ke kondenzaci. Jedná se o poměr parciálních tlaků, poměr měrných vlhkostí nebo absolutních vlhkostí, které číselně vycházejí shodně. Relativní vlhkost závisí hlavně na teplotě – teplejší vzduch může pojmout více vodní páry než studený:

- 100 % znamená, že vzduch je zcela nasycený vodní párou (další pára se srazí na vodu),
- 50 % znamená, že vzduch obsahuje polovinu maximálního možného množství vodní páry při dané teplotě.

Měrná vlhkost (w)

Měrná vlhkost udává, kolik kilogramů vodní páry je obsaženo v 1 kg suchého vzduchu. Vyjadřuje se v $\text{g/kg}_{\text{such.vzd.}}$. Měrná vlhkost tedy udává, kolik vodní páry vzduch skutečně obsahuje, nezávisle na teplotě. U mikroklimatu staveb se měrná vlhkost vzduchu pohybuje přibližně v rozmezí 2 až 16 $\text{g/kg}_{\text{such.vzd.}}$.

$$w \approx 0,622 \times p_v / p_{\text{such.vzd.}}$$

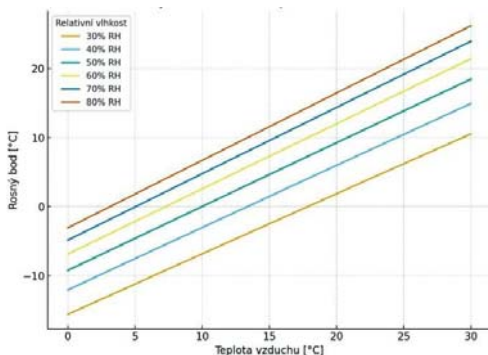
Absolutní vlhkost (ρ_v)

Absolutní vlhkost udává, kolik kilogramů vodní páry je obsaženo v 1 m³ suchého vzduchu. Vyjadřuje se v g/m³. Absolutní vlhkost je velmi přibližně dvakrát větší než měrná vlhkost.

Rosný bod (°C)

Rosný bod je teplota, při které se začne vodní pára obsažená ve vzduchu srážet na vodu (kondenzovat). Znamená to, že při ochlazení vzduchu na teplotu rosného bodu už vzduch nedokáže pojmout více vodní páry a ta se začne měnit na kapky vody (např. rosa na skle nebo na trávě). Čím vyšší vlhkost vzduchu, tím vyšší rosný bod – vzduch se pak nemusí moc ochladit, aby se začala tvořit voda:

- v běžných interiérech (20 až 22 °C, 40 až 60 % RH) se rosný bod pohybuje přibližně mezi 6 a 12 °C;
- ve vlhčích místnostech (koupelna, kuchyně) může být i kolem 15 až 18 °C;
- čím vyšší relativní vlhkost, tím vyšší rosný bod – tedy menší rozdíl mezi teplotou vzduchu a kondenzací.



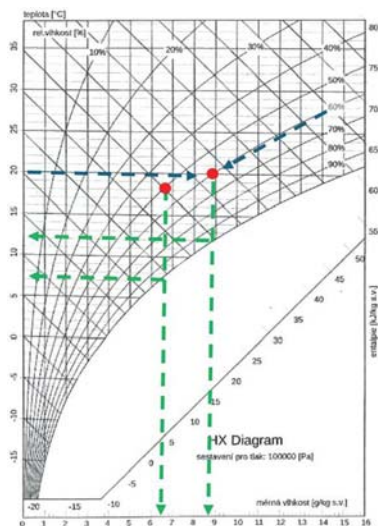
Graf 1: Rosný bod v závislosti na teplotě a relativní vlhkosti (vygenerováno na základě Magnusovy rovnice).

hx diagram

Hx diagram (česky často *i-x diagram* nebo *Mollierův diagram pro vlhký vzduch*) je „mapa“ vlastností vzduchu, která ukazuje, kolik v něm je vody a energie, a umožňuje rozhodnout, jak vzduch upravit pro komfortní nebo technologické podmínky. Tento diagram zobrazuje vlastnosti vlhkého vzduchu a umožňuje rychle určit, co se děje při jeho úpravě (např. ohřev, chlazení, odvlhčování nebo zvlhčování). Je to rychlý nástroj, který umožňuje pochopit chování vzduchu bez nutnosti složitých výpočtů.

Parametry vzduchu určované v diagramu:

- vodorovná osa dole: měrná vlhkost w (g/kg_{such.vzd.}),
- svislá osa vpravo: entalpie h – množství tepelné energie obsažené ve vzduchu (kJ/kg),
- svislá osa vlevo: teplota suchého teploměru t_s (°C),
- zakřivené čáry zleva doprava pod sebou: relativní vlhkost vzduchu ϕ (% rel.),
- šikmé přímky: teplota vlhkého teploměru t_p (°C),
- vodorovné přímky os křivky nasycení 100 %: teplota rosného bodu t_e (°C).



Graf 2: Hx (Mollierův) diagram s vyznačenými stavy vzduchu (červené tečky) a jejich odpovídajícími měrnými vlhkostmi, resp. rosnými body (zelené šipky na vodorovnou, resp. svislou osu).

Využití Hx diagramu v památkové péči:

- Posouzení rizika kondenzace:
 - zjištění, při jaké teplotě stěn či povrchů dojde ke kondenzaci (rosný bod),
 - posouzení, jestli mikroklima ohrožuje omítky, nástěnné malby nebo dřevěné prvky,
 - pomoc při návrhu větrání nebo temperování kostelů, galerií, archivů.
- Návrh a regulace mikroklimatu:
 - jak změna teploty (např. topením) ovlivní relativní vlhkost,
 - jaký zásah (zvlhčení, odvlhčení, výměna vzduchu) je třeba,
 - jak udržet stabilní klima pro citlivé materiály (např. $50 \pm 5\%$ RH, 18 až 20 °C).
- Vyhodnocení měření mikroklimatu:
 - sledování sezonních výkyvů mikroklimatu,
 - určení, zda se mikroklima pohybuje v bezpečném pásmu pro materiály,
 - určení, kdy dochází ke kondenzaci a kdy je vzduch příliš suchý.
- Plánování sanačních a konzervačních opatření:
 - vyhodnocení účinnosti větrání nebo odvlhčovačů,
 - vyhodnocení vlivu vytápění na stabilitu mikroklimatu,
 - pomoc při návrhu šetrných opatření, která nepoškodí historické materiály.
- Překročili-li při dané teplotě obsah vody ve vzduchu hodnotu nasycení, tato voda se vysráží v kapalně formě.
- Ke kondenzaci dochází v případě, že vzduch při dané teplotě nasycený vodní parou postupně ochlazuje.
- Ke kondenzaci vodní páry dochází rovněž na kontaktu teplého a vlhkého vzduchu s chladným povrchem.
- Stěny objektů zůstávají studené s teplotou pod rosným bodem dlouhou dobu a část vlhkosti na nich zkondenzuje.

Bilance vodních par

Bilance vodních par je v památkové péči velmi důležitým nástrojem pro hodnocení vlhkostního režimu historických staveb, zejména u objektů s citlivými materiály (např. omítky, dřevo, malby, štuky, kamenné prvky). Jedná se o posouzení průchodu vlhkosti konstrukcí z hlediska vzniku kondenzační zóny a vyhodnocení poměru kondenzace a přirozeného odparu. Je to klíčová součást návrhu stavební fyziky. Bilance vodní páry tedy souvisí s vlhkostí v konstrukcích a s tím, jak vodní pára vzniká, difunduje a kondenzuje uvnitř stavebních materiálů a konstrukcí (např. ve stěnách, střeších). Bilance vodní páry v památkové péči umožňuje:

- provádět diagnostiku a prevenci vlhkostních poruch;
- vytvářet výpočtové modely a simulace vnitřního mikroklimatu;
- optimalizovat mikroklimatické podmínky pro ochranu památek;
- vytvořit jeden z podkladů pro sanační a rekonstrukční zásahy;
- vyhodnocovat monitoring a dlouhodobé sledování vnitřního mikroklimatu.

Koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ v interiéru udává, kolik oxidu uhličitého se nahromadilo v uzavřeném prostoru, hlavně v důsledku dýchání lidí. Její sledování slouží k zajištění zdravého prostředí. Jedná se o ukazatel kvality vzduchu a větrání. Vysoká koncentrace:

- znamená nedostatečné větrání;
- ovlivňuje soustředění a výkon – už kolem 1 000 ppm může klesat kognitivní výkon a přichází únava;
- má zdravotní dopady – při vyšších hodnotách (nad 1 500–2 000 ppm) se mohou dostavit bolesti hlavy, ospalost nebo diskomfort. Které hodnoty lze považovat za optimální?:
 - venkovní vzduch: ~ 420 ppm,
 - dobře větraný interiér: do 800 ppm,
 - hranice komfortu: do 1 000 ppm,
 - nad 1 500 ppm: špatná kvalita vzduchu, nutné větrat.

Tepelný odpor (R)

Tepelný odpor R je fyzikální veličina, která vyjadřuje schopnost materiálu bránit prostupu tepla. Funguje podobně jako elektrický odpor v elektřině. Čím vyšší je jeho hodnota, tím materiál lépe tepelně izoluje. Hodnoty R se pro běžné stavební materiály pohybují v rozmezí tisícín m²·K/W (ocel) až cca 12 m²·K/W (vakuumovaný izolační panel).

$$\text{Základní vztah: } R = \frac{d}{\lambda},$$

kde: R je tepelný odpor, d je tloušťka materiálu (m), λ (lambda) je tepelná vodivost materiálu (W/m·K).

Součinitel prostupu tepla (U)

Součinitel prostupu tepla U je fyzikální veličina, která popisuje, jak dobře daná konstrukce propouští teplo a udává se v W/m²·K. Tato veličina vyjadřuje, kolik tepla projde 1 m² kon-

strukce za 1 sekundu při rozdílu teplot 1 K (kelvin) mezi vnitřním a vnějším prostředím. Čím je hodnota U nižší, tím je konstrukce energeticky úspornější.

Tab. 4: Přehled součinitelů tepelné vodivosti vybraných materiálů a konstrukčních prvků.

Typ konstrukce	Popis / materiál	Orientační hodnota U [$W/m^2 \cdot K$]
stěna – nezateplená	plná cihla 45 cm	1,0–1,5
stěna – nezateplená	žula 50 cm	1,8–2,5
stěna – nezateplená	pískovec 50 cm	1,5–2
stěna – nezateplená	smíšené zdivo 50 cm	1,2–2
stěna – zateplená	cihla + 15 cm polystyrenu	0,20–0,30
stěna – moderní pasivní dům	sendvičová konstrukce s tlustou izolací	0,10–0,15
střecha – plochá nezateplená	betonová deska	1,0–1,5
střecha – zateplená	beton + 20–30 cm minerální vaty	0,10–0,20
podlaha na zemině – nezateplená	beton bez izolace	0,8–1,2
podlaha – zateplená	beton + 10 cm polystyrenu	0,25–0,35
okno jednoduché	jedno sklo, dřevěný rám	4,5–5,0
okno dvojsklo	izolační dvojsklo (např. 4–16–4)	2,5–2,8
okno trojsklo	kvalitní izolační skla s inertním plynem	0,7–0,9
dveře – plné dřevo	bez izolace	2,0–3,0
dveře – izolované	ocelové nebo plastové s výplní	0,8–1,2

Sledované parametry vnitřního mikroklimatu

Sledování vnitřního mikroklimatu a pravidelné vyhodnocování shromážděných dat je nezbytnou součástí údržbového režimu historických budov. Sledování zahrnuje fázi kontrolní (sledování parametrů a jejich vyhodnocení), výkonnou (ovlivňování mikroklimatických parametrů) a optimalizační (procesní úprava způsobu údržby). Pravidelné monitorování parametrů vnitřního klimatu by mělo být provázáno s analýzou parametrů klimatu exteriéru. Standardně sledovanými parametry vnitřního mikroklimatu jsou:

- teplota ($^{\circ}C$),
- relativní vlhkost vzduchu (% rel.),
- měrná vlhkost vzduchu ($g/kg_{such.vzd.}$),
- rosný bod ($^{\circ}C$),
- cirkulace vzduchu ($^{\circ}C$).

Teplota a relativní vlhkost vzduchu jsou parametry přímo měřitelné a měrná vlhkost s rosným bodem jsou parametry matematicky z nich odvoditelné. Lze tedy konstatovat, že teplota a relativní vlhkost vzduchu spolu souvisí a zásadně ovlivňují většinu fyzikálních a chemických procesů ve stavebních materiálech a vybavení daných prostor. Obecně lze konstatovat, že s rostoucí teplotou roste rychlost degradačních procesů. Cílem sledování těchto parametrů jsou zajištění podkladů pro jejich pravidelné vyhodnocování, zajištění optimálního prostředí pro uchovávání inventáře a pro konstrukční prvky stavby, zajištění optimálního prostředí pro pobyt osob při stanoveném režimu užívání a zajištění dalších specifík charakteristických pro konkrétní objekt (např. umožnění odparu zbytkové vlhkosti ze zdiva).

Důvody kontinuálního sledování mikroklimatu jsou:

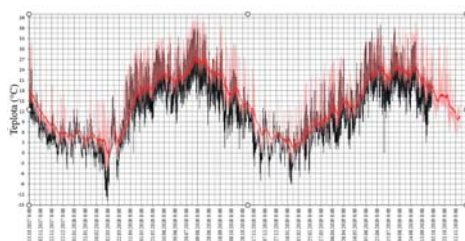
- poznání dlouhodobého chování mikroklimatu v daném objektu;
- získání podkladů pro budoucí návrh a regulaci mikroklimatu;
- posouzení rizika kondenzace a podmínek vzniku plísní;
- plánování sanačních a konzervačních opatření.

Tab. 5: Optimalizované parametry vnitřního prostředí.

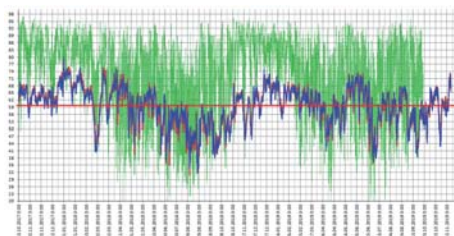
Materiály prostředí	Optimální teplota (°C)	Vhodný (tolerovaný) interval rel. vlhkosti (% rel.)	Žádoucí interval měrné vlhkosti (g/kg_{such.vzd.})	Poznámka
Pobyt osob – pohoda prostředí	15 až 21	40 až 60	4,3 až 9,4	rosný bod může dosáhnout hodnoty až 13 °C
Omítky, maltoviny	8 až 25	50 až 70	4,7 až 10	rosný bod může dosáhnout hodnoty až 19,2 °C
Dlažba kamenná, keramická	8 až 25	50 až 70	4,7 až 10	rosný bod může dosáhnout hodnoty až 19,2 °C
Papír dřevo, kůže, kosti, sklo	18	45 až 60	5,8 až 7,8	rosný bod může dosáhnout hodnoty až 10,2 °C
Kovy	18 až 20	30 až 55	4,4 až 8,1	rosný bod může dosáhnout hodnoty až 10,7 °C
Fotografie	pod 20	30 až 45	pod 6,6	rosný bod může dosáhnout hodnoty až 7,8 °C
Přírodní laky	18 až 20	50 až 60	6,5 až 8,9	rosný bod může dosáhnout hodnoty až 13,3 °C

Základní zásady optimálního měření parametrů vnitřního prostředí:

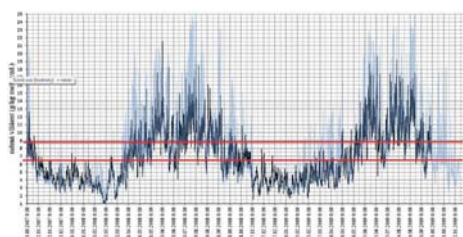
- čidla měřicích zařízení by měla být optimálně umístěna uprostřed místnosti v dostatečné vzdálenosti od zdrojů nadměrného tepla (žárovky, radiátory, okna), od míst nadměrného průvanu (u oken a dveří) a od míst, kde naopak není proudění vzduchu (kouty a rohy);
- interval sběru dat je jedna hodina;
- interval vyhodnocování shromážděných dat je jeden roční cyklus;
- přímo měřenými daty bývají teplota (°C), relativní vlhkost (% rel.), koncentrace CO₂ a daty dopočítávanými jsou měrná vlhkost (kg/g_{such.vzd.}) a rosný bod (°C);
- na základě vyhodnocených parametrů by měly být stanoveny:
 - průměrné hodnoty za zvolené období;
 - krátkodobé výkyvy a jejich příčiny;
 - dlouhodobější období nadměrných a podměrných hodnot;
 - riziková období vzniku plísní a kondenzace vodní páry na površích;
 - specifikace příčin významnějších výkyvů;
 - specifikace úprav způsobu údržby (parametrů nuceného režimu nebo režimu přirozeného větrání a topení).



Graf 3: Prostor nevytápěné kaple, průběh teplot v období dvou let (archiv autora).
Legenda: teplota exteriér (°C) – černá, teplota vzduchu v bezprostřední blízkosti okenní výplně (°C) – růžová, teplota prostoru kaple (°C) – červená.



Graf 4: Prostor nevytápěné kaple, průběh relativních vlhkostí v období dvou let (archiv autora).
Legenda: relativní vlhkost exteriér (% rel.) – zelená, relativní vlhkost ve Smládkovské kapli (% rel.) – hnědá, relativní vlhkost v západní kapli (% rel.) – modrá.

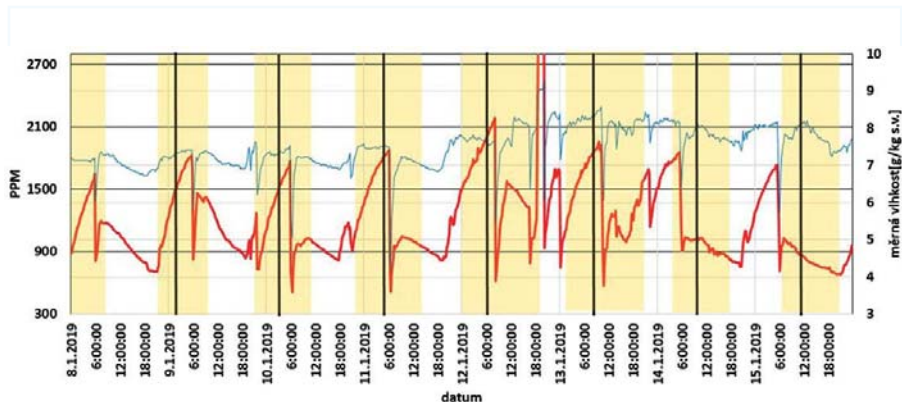


Graf 5: Prostor nevytápěné kaple, průběh měrných vlhkostí v období dvou let (archiv autora).
Legenda: měrná vlhkost vzduchu exteriér – černá, měrná vlhkost vzduchu v bezprostřední blízkosti styku okenní výplně a kamenného parapetu – světle modrá.

Tab. 6: Vyjádření potenciálně rizikových období nevytápěného prostoru sakrální stavby.

Rok	Místo měření	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Teplota interiéru blízka rosnému bodu													
2013	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
2014	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
2015	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
Relativní vlhkost nad 85 %													
2013	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
2014	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
2015	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
Rosný bod nad 19 °C													
2013	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
2014	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												
2015	nad zemí 1,2 m												
	vnitřní pilíř 5,1 m												
	klenební oblouk 5,6 m												

Legenda: do 10 dnů v měsíci – žlutá, 10 až 20 dnů v měsíci – oranžová, nad 20 dnů v měsíci – zelená).



Graf 6: Reálný průběh změn koncentrace CO₂ v ložnici nezatepleného cihelného objektu obývané jednou osobou v období 8. 1. 2019 až 15. 1. 2020 [2].

Legenda: PPM – — , měrná vlhkost (g/kg_{s.v.}) – — .

Přirozené ovlivňování parametrů vnitřního mikroklimatu

Přirozené ovlivňování parametrů vnitřního mikroklimatu probíhá bez použití technických zařízení a je dáno především vnějšími klimatickými podmínkami, stavební konstrukcí budovy a činností jejích uživatelů. Na teplotu, vlhkost a kvalitu vzduchu působí tepelné zisky ze slunečního záření, tepelněizolační vlastnosti obvodových konstrukcí, infiltrace a přirozené větrání okny či netěsnostmi, ale také vydávané teplo, vlhkost a oxid uhličitý od osob a vnitřních zdrojů (např. spotřebičů nebo osvětlení). Tyto vlivy se vzájemně vyrovnávají a určují rovnovážný stav mikroklimatu, který se může měnit v závislosti na počasí, denní době i způsobu využívání prostoru.

Ovlivnění vnějším prostředím zahrnuje:

- výměnu vzduchu v interiéru přes stávající otvory a průduchy;
- působení vnějšího klimatu na konstrukční prvky objektu (sluneční záření, tepelné zisky);
- existenci zdrojů vlhkosti (relativní vlhkost pronikajícího vzduchu, zemní vlhkost, havárie a zátoky).

Ovlivnění vnitřním prostředím zahrnuje:

- zvyšování vlhkosti a teploty vnitřního vzduchu přítomností a pohybem osob;
- zvyšování vlhkosti vzduchu difúzním transportem vody z vlhkých konstrukcí;
- sorpční výměnu danou vlastnostmi vnitřních předmětů;
- vlastnosti povrchové úpravy konstrukčních prvků (stěny, stropy, podlahy);
- zvyšování vlhkosti a teploty vzduchu provozem prostoru (vaření, koupání, přítomnost rostlin a zvířat);
- režim údržby.

Možnosti ovlivnění parametrů vnitřního mikroklimatu

Možnosti ovlivnění parametrů vnitřního mikroklimatu lze rozdělit na přirozené a nucené způsoby. Oba přístupy lze též kombinovat. Cílem je dosažení optimálních podmínek pro tepelnou pohodu, zdravé prostředí a energetickou úspornost budov.

Preventivní optimalizační opatření zahrnují:

- eliminaci vzniku podmínek pro rozvoj plísní;
- eliminaci vzniku podmínek pro vznik povrchové kondenzace;
- zabránění vzniku období nadměrně přesušeného nebo nadbytečně vlhkého vzduchu;
- zajištění podmínek pro optimální vysušování vlhkých konstrukcí (např. zdiva);
- zajištění podmínek pro optimální difuzní výměnu vodních par prostřednictvím sorpčních vlastností přítomného inventáře (zabránění jejich mechanické degradaci);
- zajištění kvality a čistoty vzduchu;
- zajištění optimální koncentrace CO₂;
- zajištění optimálního proudění vzduchu.

Možnosti ovlivňování mikroklimatu vnitřních prostor:

- Zabránění nárazovým výkyvům vnitřního mikroklimatu prostřednictvím systémové klimatické údržby:
 - regulace provozu lidí,
 - zajištění systému větrání (větrání okny a dveřmi, využití jejich orientace, využití měření a zkušeností),
 - zajištění systému topení.
- Úprava konstrukčního uspořádání konstrukcí (např. volba jejich vhodné povrchové úpravy, zajištění vzduchové filtrace, využití tepelných zisků, využití akumulčních schopností materiálů atd.).
- Zajištění režimu nuceného větrání či úpravy vzduchu.
- Odvlhčení a odsolení konstrukcí stavby.
- Vhodná volba režimu užívání a přítomného vybavení.
- Stabilní relativní vlhkosti prostoru je možné dosáhnout některým z následujících způsobů:
 - je-li obsah vlhkosti ve vzduchu stabilní: udržovat co nejstabilnější teplotu;
 - je-li obsah vlhkosti ve vzduchu variabilní: měnit teplotu tak, aby se udržela konstantní RV (za předpokladu, že změny teploty nemají na stav objektů významný dopad);
 - je-li obsah vlhkosti ve vzduchu variabilní: zvlhčovat nebo odvlhčovat vzduch, aniž by to ovlivnilo teplotu (za předpokladu, že změny teploty mají významný dopad na stav objektů);
 - je-li obsah vlhkosti ve vzduchu variabilní: kombinovat obě výše uvedená řešení (za předpokladu, že změny teploty nemají významný dopad na stav objektů).

Fenomén zateplení

V právním řádu České republiky platí, že u staveb chráněných jako památka (nemovité kulturní památky, památkové rezervace či zóny) má přednost ochrana kulturního dědictví nad zásahy, které by narušily jeho hodnotu; tedy například běžné zateplení fasády bez ochrany historických detailů je problematické.

Základní právní rámec:

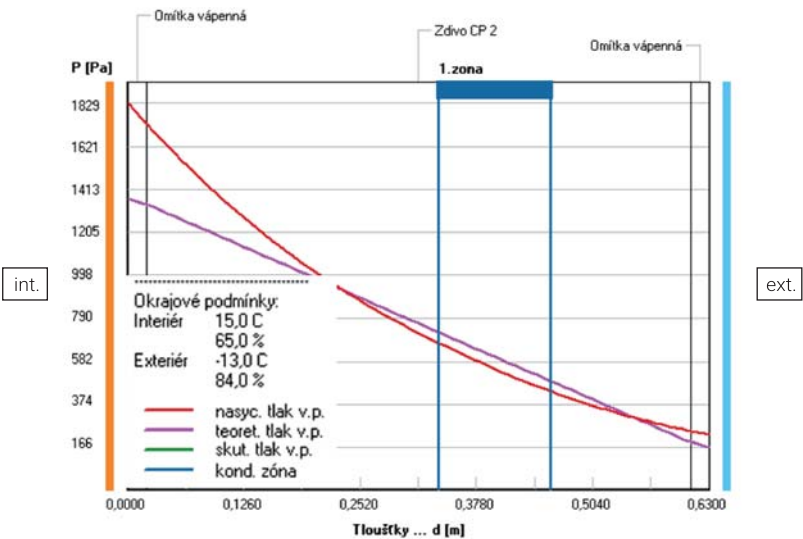
- zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči („památkový zákon“), který upravuje ochranu kulturních památek,
- vyhláška č. 66/1988 Sb. k provedení památkového zákona,
- zákon č. 283/2021 Sb. reguluje stavební díla a spolupracuje s památkovou ochranou.

Důvodem zateplování objektů obecně je snížení tepelných ztrát budov a tím i spotřeba energie potřebná na vytápění nebo chlazení. Udržení stability teploty v interiéru a zvýšení vnitřní povrchové teploty obvodových konstrukcí zlepšují tepelný komfort interiéru. V případě vnějšího zateplení dochází k ochraně stavební konstrukce před negativními vlivy počasí, jako jsou vlhkost či mráz, čímž se prodlužuje její životnost. Zateplení historických budov by se mělo provádět tak, aby nenarušilo jejich vzhled a zároveň nepoškodilo původní konstrukce. Často se proto nepoužívá klasické vnější zateplení, ale spíše vnitřní zateplení s využitím speciálních materiálů, které umožňují zdívu „dýchat“. V rámci zateplení by se měly použít izolace a technologie, které regulují vznik a rozvoj kondenzace s následkem zhoršení tepelněizolačních vlastností použitých materiálů, vzniku plísní nebo degradace historického zdiva. Cílem zateplení historické budovy je dosažení energetických úspor a zvýšení uživatelského komfortu, a to při zachování autenticity stavby a bez zásahu do jejího vzhledu či konstrukčních prvků.

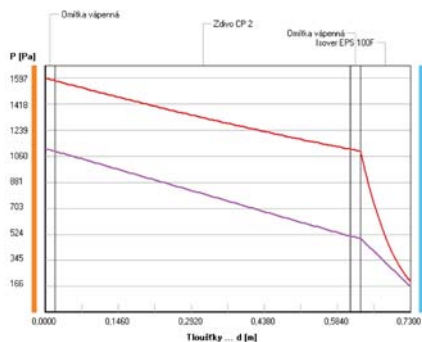
Z čistě technického hlediska je nezbytné u plánovaného zateplení historických konstrukcí věnovat pozornost zejména dvěma fenoménům. V prvním případě jde o vnesení či umocnění kondenzační zóny v konstrukci a ve druhém případě jde o snížení difúzní propustnosti skladebného souvrství konstrukce. Obecně by měla být kondenzační oblast akceptovatelná pouze v materiálech, kde její přítomnost neškodí a kde nedochází k poklesu teplot do mrazové oblasti. Vždy musí být zajištěna aktivní bilance vodní páry. V případě dřevěných komponent skladby je vhodné kondenzační zónu zcela vyloučit. Navýšení difúzního odporu konstrukce úzce souvisí s možností vypařování nadbytečné vlhkosti z konstrukcí a zajištění (zachování) přirozeného prostupu iontů z exteriéru do interiéru. Tabulka 7 shrnuje předpoklady existence kondenzační zóny u jednotlivých typů zateplení historických konstrukcí. Obrázky 1 až 7 lokalizují oblasti kondenzačních zón u jednotlivých typů zateplení. Tabulka 8 podrobněji shrnuje vyhodnocené parametry jednotlivých skladeb.

Tab. 7: Předpoklady existence kondenzační zóny.

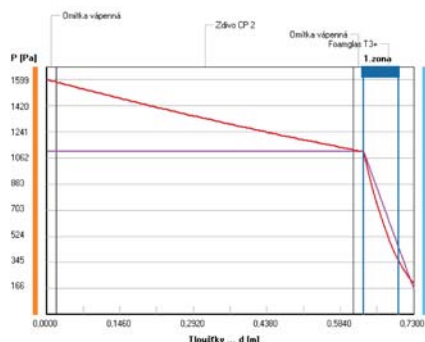
Forma zateplení	Existence kondenzační zóny	Násobek zvýšení difuzního odporu vůči nezateplené stěně	Možnost eliminace kondenzační zóny
stěna bez zateplení	ANO		
vnější EPS 100F tl. 100 mm	NE	1,56	
vnitřní EPS 100F tl. 100 mm	ANO	1,56	ano, zesílením izolantu
vnější Knauf FKD S Thermal tl. 100 mm	NE	1,03	
vnitřní Knauf FKD S Thermal tl. 100 mm	ANO	1,03	prakticky ne
vnější Foamglass T3+ tl. 100 mm	ANO	1275,86	ano, zesílením izolantu
vnitřní Foamglass T3+ tl. 100 mm	NE	1275,86	



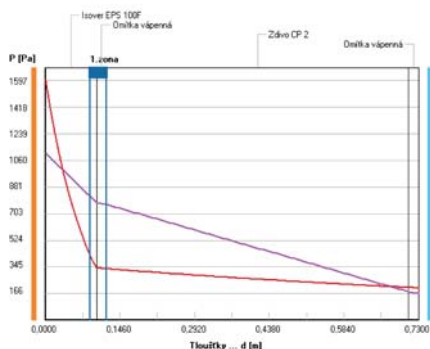
Graf 7: Rozložení tlaků vodní páry v typické skladbě obvodového zdiva bez zateplení.



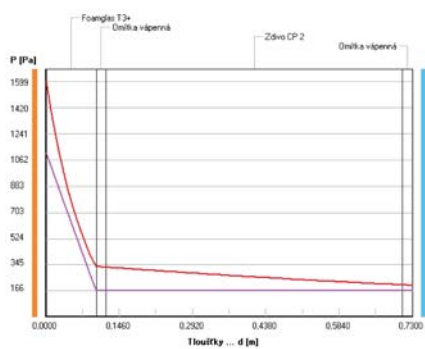
Graf 8: Rozložení tlaků vodní páry ve skladbě s vnějším zateplením EPS.



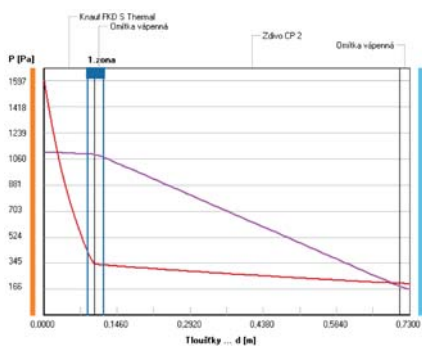
Graf 9: Rozložení tlaků vodní páry ve skladbě s vnějším zateplením z desek z pěnového skla.



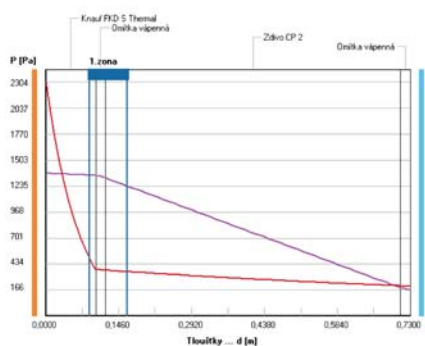
Graf 10: Rozložení tlaků vodní páry ve skladbě s vnitřním zateplením EPS.



Graf 11: Rozložení tlaků vodní páry ve skladbě s vnitřním zateplením difúzně uzavřeným materiálem – deskami z pěnového skla.



Graf 12: Rozložení tlaků vodní páry ve skladbě s vnitřním zateplením difúzně otevřeným materiálem při uvažování vnitřní stabilní teploty 15 °C.



Graf 13: Rozložení tlaků vodní páry ve skladbě s vnitřním zateplením difúzně otevřeným materiálem při uvažování vnitřní stabilní teploty 20 °C.

Tab. 8: Vypočtené tepelné-fyzikální parametry skladeb obvodového pláště.

Typ zateplení	Vnitřní návrhová teplota		Tepelný odpor [m²K/W]	Součinitel prostupu tepla [W/m²K]	Difuzní odpor [m/s]	Množství zkondenzované vodní páry při venkovní návrhové teplotě -13 °C [kg/m², rok]	Množství vypařitelné vodní páry při venkovní návrhové teplotě -13 °C [kg/m², rok]	Bilance	Poznámka
	15	20							
stěna bez zateplení	15	20	0,732	1,1	2,9*10 ¹⁰	0,005	1,583	aktivní	
						0,006	2,053		
vnější EPS 100F tl. 100 mm	15	20	3,435	0,28	4,5*10 ¹⁰	-	-		nedochází ke kondenzaci
						-	-		
vnitřní EPS 100F tl. 100 mm	15	20	3,435	0,28		0,194	0,908	aktivní	
						0,305	0,846		
vnější Knauf FKD S Thermal tl. 100 mm	15	20	3,435	0,28	3,0*10 ¹⁰	-	-		nedochází ke kondenzaci
						-	-		
vnitřní Knauf FKD S Thermal tl. 100 mm	15	20	3,435	0,28		9,240	18,731	aktivní	nevyhovuje na množství kondenzátu 0,5 kg/m², rok
						14,581	15,438		
vnější Foamglass T3+ tl. 100 mm	15	20	3,51	0,27	3,7*10 ¹³	0,000	0,001	aktivní	
						0,000	0,001		
vnitřní Foamglass T3+ tl. 100 mm	15	20	3,51	0,27		-	-		nedochází ke kondenzaci
						-	-		

Závěr

Zásady mikroklimatické údržby staveb

1. Vnitřní mikroklima historických staveb vyžaduje údržbu a lze jej ovlivňovat.
2. Údržba historických staveb zahrnuje fázi kontrolní (sledování parametrů a jejich vyhodnocení), výkonnou (ovlivňování mikroklimatických parametrů) a optimalizační (procesní úprava způsobu údržby).
3. Mezi nejčastěji přímo sledované parametry patří teplota, vlhkost, proudění vzduchu a koncentrace CO₂ a mezi odvozené sledované parametry patří rosný bod a měrná vlhkost vzduchu.
4. Příčinami zvyšování vlhkosti vzduchu v interiérech historických budov bývají transport vodní páry z vlhkých konstrukcí do interiéru, provozní zvyšování vlhkosti vzduchu přítomnými osobami a sorpční transport vody díky přítomným materiálům (omítky, dřevěný mobiliář, obrazy, kosti aj.).
5. Obecně lze konstatovat, že s rostoucí teplotou roste rychlost degradačních procesů.
6. Zvýšenou pozornost je žádoucí věnovat eliminaci vzniku podmínek pro vznik a rozvoj plísní, vznik a rozvoj kondenzace na površích materiálů, přirozeným vlhkostním potřebám jednotlivých materiálů, eliminaci významných výkyvů parametrů a klimatické pohodě užívání (pohyb vzduchu).
7. Dodatečné zateplení historických budov významně ovlivňuje chování vnitřního mikroklimatu a zvyšuje náročnost procesu mikroklimatické údržby (pohyb a výměna vzduchu).
8. V rámci větrání je nezbytné si uvědomit, že vzduch proudící z exteriéru do interiéru přichází do prostředí s jinou teplotou, a tudíž dochází ke změně jeho relativní vlhkosti (pokles v případě proudění z chladnějšího prostoru do teplejšího, a naopak nárůst v případě proudění z teplejšího exteriéru do chladnějšího interiéru).
9. Vznik kondenzátu na površích materiálů je zásadně ovlivněn jejich povrchovou teplotou, která je nižší nebo rovna tzv. rosnému bodu, a jeho hodnotu v interiéru lze přímo ovlivňovat regulací teploty vzduchu a relativní vlhkosti (snižování rel. vlhkosti způsobuje pokles hodnoty rosného bodu).
10. Teplotu vnitřních povrchů interiéru (konstrukce, inventář) lze dlouhodobě efektivněji udržovat řízeným topením a méně efektivně provozem vnitřního prostoru (uzavíráním, regulací pohybu osob aj.).
11. Zajištění přirozeného proudění vzduchu lze efektivně zajistit příčným větráním nebo větráním s využitím komínového efektu.
12. Optimalizace vnitřního klimatu spočívá ve zmírnění kolísání jeho jednotlivých parametrů (teplota, relativní vlhkost) a ve snaze přiblížení se optimálnímu stavu z hlediska měrné vlhkosti.
13. Existují materiály vnitřního inventáře se speciálními požadavky, které je nutno znát a podmínky deponie jim přizpůsobit (papírové archiválie, kosti aj.).

Literatura

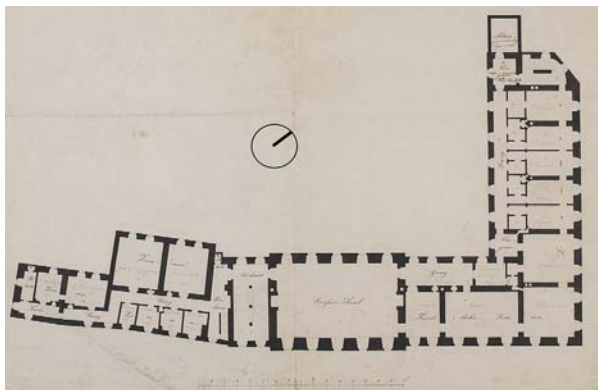
1. ČERNÝ, Miroslav a NĚMEČEK, Miloslav. *Mikroklima v historických interiérech*. Praha: Národní památkový ústav, generální ředitelství, 2011. 72 s. ISBN 978-80-87104-82-8.
2. KUDRNÁČOVÁ, Lucie. *Tepelně vlhkostní procesy v ostění oken historických objektů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, 2021. Diplomová práce. Vedoucí práce Ing. Lukáš Balík.
3. ČSN EN 15665/Z1. Vnitřní klimatické parametry prostředí a jejich úprava – změna Z1. Praha: Český normalizační institut.
4. ČSN EN 15757. Ochrana kulturního dědictví – Specifikace pro teplotu a relativní vlhkost pro omezení mechanického poškození organických hygroskopických materiálů. Praha: Český normalizační institut.
5. ČSN EN ISO 12572. Tepelně-vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků – Stanovení prostupu vodní páry. Praha: Český normalizační institut, 2002.
6. ČSN 73 0540-1. Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie. Praha: Český normalizační institut, 2005.
7. ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2011.
8. ČSN 73 0540-4. Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody. Praha: Český normalizační institut, 2005.
9. KOPECKÁ, Ivana. *Fyzikální parametry klimatu*. [přednáška]. Praha: Národní technické muzeum (NTM).
10. VAŇKOVÁ, Kateřina. *Optimalizace vnitřního prostředí historické místnosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2016. Diplomová práce.
11. LYZSACZ, Michaela. *Interní mikroklima v historických objektech: Využití adaptivního větrání pro úpravu tepelně-vlhkostní složky*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2019. Diplomová práce.
12. Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.
13. Nařízení č. 10/2016 Sb. hlavního města Prahy.
14. ŠOLC, Jakub a KOČÍ, Václav. *Transport vlhkosti v cihelných materiálech při různých teplotách*. Praha: ČVUT v Praze, 2019.
15. HALL, Christopher a HOFF, William D. *Water Transport in Brick, Stone and Concrete*. Boca Raton: CRC Press, 2002. ISBN 978-0-415-25093-9.

Příklad praktické údržby v reálném prostoru: Mikroklima v historickém interiéru na příkladu bývalé prelatury / zámku Metternichů v Plasích

Mgr. Stanislava Beránková

Studijní depozitář mobiliárních fondů, klášter Plasy, NPÚ, ÚPS v Českých Budějovicích

V roce 2023 dokončil Národní památkový ústav obnovu bývalé opatské rezidence, pozdějšího zámku Metternichů v areálu kláštera v Plasích. Výsledkem je kromě jiného rehabilitovaný metternichovský interiéru přístupný veřejnosti, který prezentuje formou volné prohlídky bez průvodce metternichovskou vlastnickou etapu neodmyslitelně spjatou s plaským regionem. Tomuto komplexnímu památkovému počínu předcházela výzkum a poznání směřující k pochopení funkce domu, dispozičních změn, provozních vztahů či proměn využití jednotlivých prostor. Veškeré toto poznání se pak odrazilo nejen v památkové obnově samotné, ale především v následné správě a provozu domu. Součástí správy plaského kláštera je již od 70. let 20. století Centrální depozitář mobiliárních fondů. Toto zařízení se během posledních let stalo depozitářem studijním, otevřeným pro badatele a pracovníky památkové péče, a rovněž má za úkol intenzivně rozvíjet a uvádět do praxe obor preventivní péče o mobiliární fondy. V tomto směru se jako pracovníci Studijního depozitáře snažíme poznávat historickou preventivní péči a provoz památkových domů v minulosti a uvažujeme o implementování některých postupů do naší moderní správy památkových objektů, samozřejmě pomocí dostupných moderních technologií. Téma péče o vnitřní klima v historickém interiéru bych ráda rozvinula z pohledu kurátora památkového objektu, resp. památkáře, který se zabývá rehabilitací a péčí o historický interiéru a mobiliární fondy v něm uložené.



Obr. 1: Plasy klášter, prelatura, půdorys 1. patra, stav po metternichovské přestavbě, Adam Fischer, 1844, NPÚ, ÚPS v Českých Budějovicích, Mobilární fond kláštera Plasy, inv. č. PY 940.

Za klíčový bod památkové obnovy i následné správy objektu považuji co nejlepší poznání daného historického domu, a to z perspektivy minulosti i současnosti, včetně využití moderních průzkumných metod. Při pohledu do minulosti a zkoumání fungování domu nás jako správce památkových objektů zajímá např.: způsob úklidu, k čemu sloužily jednotlivé místnosti – funkční uspořádání domu i vzhledem k orientaci ke světovým stranám, jaké dispoziční změny v interiéru probíhaly a proč, k jakým přesunům vnitřního vybavení docházelo a proč, sezonnost využívání objektu, kde se topilo, kde probíhaly mokré procesy, kde byl zdroj vody, kde bylo odpadní místo, jaké existovaly např. dopravní, požární a jiné technologie, kde byl provozní a kde veřejný přístup a další. K odpovědím na tyto otázky používáme různé druhy pramenů: především budovu samotnou a dochované interiérové uměleckořemeslné detaily, dále pak historickou plánovou dokumentaci, ikonografický materiál, dobovou fotodokumentaci, prameny osobní povahy či inventární soupisy obsahující dispozici domu z hlediska vybavení mobiliářem. Poznání domu v aktuální kondici, řekněme před památkovou obnovou, již bylo mnohokrát popsáno a je součástí řady metodik nejen NPÚ. Z hlediska historického interiéru ještě přidávám nutnost kontinuálního proměření klimatu interiéru před obnovou, a to minimálně v ročním intervalu.

Nezbytným východiskem pro práci s vnitřním klimatem je zhodnocení budoucího provozu domu: způsob a sezonnost provozu; PBŘ (povolené množství lidí při různých variantách provozu); množství mobiliáře a uměleckých sbírek, jeho materiálová a technologická skladba; dostupnost technologií a jejich efektivní volba (MaR, temperování, zvlhčování, odvlhčování, klimatizace, zateplení...), personální a odborné možnosti pro následnou správu a péči.

Hlavním metodickým vodítkem a také kritériem správnosti péče o historický interiér je soubor minimálních standardů péče o depozitáře Národního památkového ústavu. [1] Tento soubor standardů celkem nově konstatuje, že stanovení optimálního klimatu pro uchovávání mobiliárních a sbírkových fondů a pro uchování historického interiéru se řídí normou ČSN EN 15757. [2] Tato norma především definuje pojem *historické klima* [3], které není stanoveno jako pevné rozmezí bez ohledu na roční dobu, jak tomu dosud bylo a je např. v muzejním prostředí, ale připouští jako bezpečné dlouhodobé klima to, v němž je předmět často několik desetiletí uložen a je v něm „aklimatizován“. Zároveň stále platí – velmi obecně – pro multimateriálové úložiště předmětů povolené rozmezí relativní vlhkosti (RV) mezi 45–65 %, při povolené proměně do 5 % RV během několika hodin. [4]

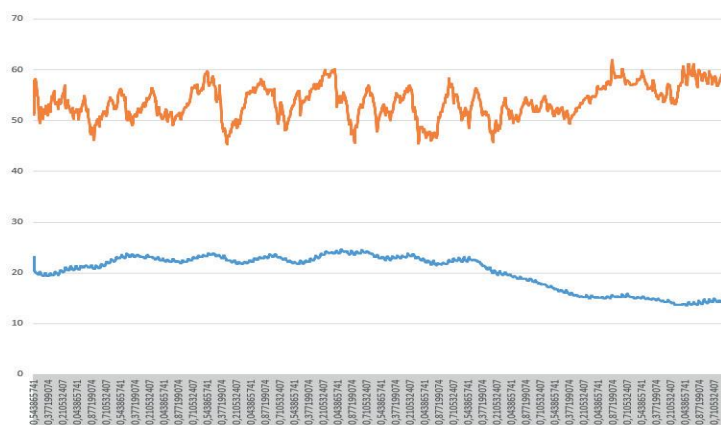
Tato kritéria je pak možné naplňovat prostřednictvím postupů výše zmíněného oboru preventivní péče o mobiliární fondy. Preventivní péče je poměrně levná, ale manažersky náročný soubor opatření, jejichž cílem je zpomalení poškození a omezení možných rizik poškození u předmětů kulturního dědictví prostřednictvím systému pravidelných kontrol, úklidu a nepřímých zásahů, tj. zejména optimalizací podmínek při uložení, prezentování a manipulaci. Součástí tohoto souboru opatření je také bazální znalost klimatologie, resp. vztahů hodnot teploty a vlhkosti, a schopnost sledování, vyhodnocení a předvídání změn. Těmito znalostmi by pak měla být vybavena příslušná kompetentní osoba na každém památkovém objektu, nejčastěji správce depozitáře, pokud je tato funkce na objektu systemizována.

Nyní již k jednomu konkrétnímu řešení ovlivňování mikroklimatu v interiéru metternichovského zámku. V rámci předprojektové přípravy památkové obnovy bývalé prelatury [5] došlo ke kontrolnímu kontinuálnímu měření prostor 1. patra, *piana nobile*, kam měla být umístěna interiérová instalace s množstvím cenného a citlivého mobiliárního vybavení multimateriálového charakteru. [6] Obecně byl prostor vyhodnocen z hlediska *historického klimatu* jako klimaticky poměrně stabilní s většími nežádoucími výkyvy teplot a hlavně vlhkostí mezi noční a denní dobou v letních měsících, tedy mimo zmíněný povolený interval 24 hodin. Jako další problém byly identifikovány vysoké letní teploty nesoucí s sebou vzduch s měrnou vlhkostí i pod stanovenou mez 45 % RV. V zimním období je interiéru dle tohoto měření ohrožen nízkými teplotami blízkými se 0 °C a s tím související zvýšenou měrnou vlhkostí mírně nad limitních 65 % RV, ale při nízké teplotě hrozící rychle vznikajícím rosným bodem. Nutno dodat, že klima v tomto interiéru je velmi závislé na prostředí v exteriéru, protože prostor je vybaven historickými okny, která byla repasována a jsou tudíž značně netěsnící.



Obr. 2:
Kláster Plasy,
prelatura_SO-02,
měření RV a T
v období 26. 10.
2016 – 25. 5. 2017.

Legenda:
teplota (°C)
—
relativní vlhkost (%)
—



Obr. 3:
Kláster Plasy,
prelatura_SO-02,
měření RV a T
v období
6. 6. – 20. 10. 2017.

Legenda:
teplota (°C)
—
relativní vlhkost (%)
—

Otázka tedy zní, jak toto bylo řešeno v minulosti samotnými Metternichy? Součástí četných instrukcí knížete Klementa Metternicha (1773–1859) úředníkům plaské knížecí kanceláře, staviteli a architektovi bylo také několik zpráv o nutnosti zhotovení: *nových žaluzií (Salousien) pro okna pokojů č. 3, 4, 5, 6, 7, 8 a 9, které mají být zhotoveny podle přiloženého výkresu a natřeny kvalitní olejovou barvou barvy světle perlové*. Tyto předokenní žaluzie byly skutečně na oknech prelatury doplněny, ale nedochovaly se. Shodné předokenní žaluzie jsou doloženy na historických fotografiích okolo roku 1900 na Kynžvartu, kde jsou dochovány dodnes, a i na Johannisbergu, dalším metternichovským sídle. Na historických fotografiích zámku Kynžvart jsou zachycené různé další systémy zastíňování, které jsou kombinované podle světových stran. Kromě předokenních lamelových žaluzií jsou to i meziokenní lamelové žaluzie na jihozápadní straně nebo vyklápěcí předokenní stínící panely či markýzy v oknech čestného dvora. Velká většina oken je pak opatřena meziokenními látkovými navíjecími roletami či francouzskými roletami. Podobně i v Plasích můžeme na dobových fotografiích z 20. století rozeznat meziokenní interiérové rolety, přičemž v přízemí a v některých místnostech 1. patra byly doplněné vnitřní okenice. Po látkových stínících mechanismech se dochovaly rovněž zbytky ocelových úchytných systémů v meziokenních prostorech obou zámeckých křídel v patře i v přízemí. Z tohoto výčtu je evidentní, že zastínění interiéru byla věnována v minulosti velká pozornost, protože je to velmi efektivní způsob ovlivnění mikroklimatu a ochrany interiéru. Současná správa k tomuto musela přihlédnout.

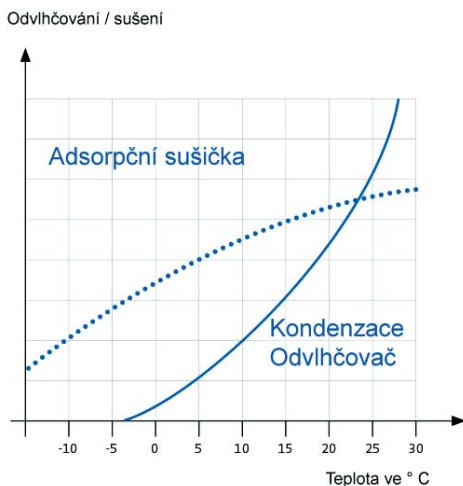
Pro vyrovnání výše popsaných nerovnováh ve vnitřním klimatu, a především pro zamezení pří-
 měho dopadu denního světla na citlivé materiály, z nichž jsou mobiliární kusy vyrobeny, byl navržen po vzoru Metternichů dvou- až třístupňový systém stínění. Jedná se o využívání vnitřních okenic k úplnému zastínění a izolaci před promrzáním interiéru v zimním období. Celoročně je využívána transparentní celoplošná roleta či závěs zakrývající celé okno, doplněná hustší zatemňovací roletou, která dobře ochrání před osvitom a zamezí přílišnému ohřívání inte-



Obr. 4: Plasy klášter. Pohled na průčelí zámku a bývalé prelatury, fotografie, 1935. Meziokenní zastínění textilními roletami. (Příruční fotoarchiv správy kláštera Plasy)

riéru. Pro instalaci těchto stínících mechanismů byl replikován systém historické adjustace v meziokenním prostoru. Vzhledem ke klimatické změně a extrémním letním teplotám lze tímto způsobem bojovat proti přílišnému přehřívání interiéru, a to i ve prospěch návštěvnické pohody. Tato opatření jsou v příhodných denních dobách kombinována s ranním větráním, a teplota tak i v dobách největších veder zůstává v rozmezí 20–22 °C. [7] Okna jsou dále opatřena přesnými kopiemi závěsů dle vzorů kynžvartských dekorativních závěsů, které jsou podšité bavlněným plátnem či vyfútrované, a plní tak i jistou izolační funkci. Do praxe se podařilo uvést, v historických inventářích opakovaně popsané, zimní zateplení oken pomocí meziokenních polstrů vycpaných lesní trávou, v našem případě dutým vláknem. Prostory interiérové instalace prvního patra jsou monitorovány elektronickým systémem měření RV a T a jedním čidlem pro osvit Hanwell, přičemž hodnoty jsou zaznamenávány a každý den kontrolovány kurátorem, který následně instruuje další kolegy, např. k větrání, odstínění nebo odvlhčování.

Při dodržování přesných režimových opatření se zatím ukazuje, že použití externích adsorpčních odvlhčovačů pro úpravu klimatu je nutné pouze v podzimních (11–12) a jarních (03–04) měsících. Adsorpční odvlhčovače jsou užívány, protože jejich účinnost je při nízkých teplotách efektivnější než u odvlhčovačů kondenzačních, které často již okolo 3–5 °C nefungují. V jednom až dvou týdnech (01–02) v zimních měsících je nutné temperovat, aby se teplota nepřiblížila příliš nule (mobilní olejové radiátory s časovým spínačem). Vzhledem ke klimatické změně a oteplování jsme nuceni pořídit pro letní měsíce zvlhčovač, protože RV vzduchu klesá výjimečně pod 45 %. Do budoucna se budeme snažit nahradit tento přístroj přirozenější a udržitelnější cestou zvlhčování.



Obr. 5: Provozní charakteristiky kondenzačních a adsorpčních odvlhčovačů. [8]

Obecnou snahou pracoviště Studijního depozitáře v Plasích je volit co možná nejpřirozenější, a tudíž udržitelné způsoby nakládání s prostředím pro uchovávání mobiliárních fondů a uměleckých sbírek. [9] Předpokládáme, že v této oblasti může být užitečný právě výzkum historických postupů a jejich implementace do naší památkové praxe správy objektů.

Poznámky

- [1] *Minimální standardy péče o depozitáře a prostory interiérových instalací a expozic v oblastech preventivní a průběžné péče, interní materiál NPÚ, Praha 2024, bod 5. 2. 4.*
- [2] ČSN EN 15757 *Ochrana kulturního dědictví – Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému poškození organických hygrokopických materiálů, k němuž dochází v důsledku klimatu*, září 2010.
- [3] Historické klima (historical climate) dle ČSN EN 15757 = klimatické podmínky prostředí, ve kterém byly objekty kulturního dědictví vždy drženy, nebo v něm byly ponechány delší dobu (minimálně po dobu jednoho roku) a jsou v něm aklimatizovány.
- [4] Kromě obecně známých metodických příruček: Miroslav ČERNÝ – Miloslav NĚMEČEK, *Mikroklima v historických interiérech*, Odborná metodická publikace NPÚ, svazek 39, Praha 2011; Ivana KOPECKÁ, *Preventivní péče*, Praha 2002, s. 11 a násl.; Kateřina CICHROVÁ – Ludmila OURODOVÁ – Ivana TROUPOVÁ – Zuzana VAVERKOVÁ, *Preventivní péče o předměty kulturní povahy v expozicích, depozitářích a zpřístupněných autentických interiérech*, Metodika NPÚ, Praha 2017, s. 14 a násl.; Kol. autorů, *The national Trust Manual of housekeeping. Care and Conservation of Collections in Historic Houses*, Wiltshire 2011, s. 92 a násl.; Kol. autorů, *Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy*, Brno 2017; Petra ŠTEFCOVÁ (ed.), *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*, Praha 2000. Toto rozmezí doporučují i metodiky, které cílí na transformaci památek a muzeí ve směru k udržitelnosti a snížení emisí CO₂ v rámci *Sustainable Development Goals OSN*, aktuálně v češtině např.: Muzea & ochrana klimatu, Kancelář kreativní Evropa, Kultura, Praha 2024, s. 38–39, https://emuzeum.cz/file/682b3e93db6d43c3c67fb1bf3e30bd30/74495/muzea_a_ochrana_klimatu_CZ_preklad.pdf (1. 10. 2025).
- [5] Cisterciácký klášter Plasy – Obnova opatské rezidence; (Integrovaný regionální operační program pro období 2014–2020, výzva č. 52 Revitalizace vybraných památek II., registrační číslo CZ.06.3.33/0.0/0.0/16_059/0004496). Více o obnově a přípravě interiérové instalace: <https://klaster-plasy.cz/cs/obnova-klastera/obnova-opatstvi> (1. 10. 2025).
- [6] Měření probíhalo v místnosti 1.05 externím dataloggerem TECTRA MicrologPro s dvouhodinovým intervalem stahování dat, a to v období od 26. 10. 2016 do 25. 5. 2017 a od 6. 6. 2017 do 20. 10. 2017.
- [7] Větrání probíhá vždy na základě vyhodnocení naměřených dat teploty a relativní vlhkosti v interiéru a exteriéru. Exteriérová meteostanice je součástí systému měření Hanwell. Větrání probíhá výlučně v brzkých ranních hodinách v letních měsících, kdy je možné vnitřní klima nadotovat chladnějším vzduchem s větším množstvím vodní páry. Cílem větrání je také rozhýbání vzduchu nejen za účelem jeho výměny, a proto jsou otevírána okna na dvou protilehlých světových stranách (SZ a JZ). Okna jsou otevírána celá, tedy celá křídla, a ve vybraných místnostech s interiérovou instalací pouze malé „věтраčky“, které byly rovněž truhlářsky repasovány a zprovozněny, protože byly pro JZ část evidentně v minulosti využívány. Dle posledních zkušeností se jeví doba větrání v ranních letních hodinách od cca 7.30.8.00 do cca 9.45 jako příliš krátká na dostatečnou výměnu teplého vzduchu za studený. Efektivnější a delší režim větrání se řeší. Omezením je bezpečnostní hledisko a EPS a EZS v objektu při např. nočním větrání.
- [8] <https://www.condair.cz/know-how/condensation-dehumidifier> (22. 10. 2025).
- [9] Aktuálně např.: Muzea & ochrana klimatu, Kancelář kreativní Evropa, Kultura, Praha 2024. https://emuzeum.cz/file/682b3e93db6d43c3c67fb1bf3e30bd30/74495/muzea_a_ochrana_klimatu_CZ_preklad.pdf (1. 10. 2025).

Použití přírodních izolačních materiálů v konstrukcích historických budov a jejich vliv na mikroklima

Michal Flosman
CIUR a.s.

Opravy a rekonstrukce historických budov velmi často souvisí se zateplením

Každý investor, ať už se jedná o soukromou osobu či státní organizaci, se snaží o snížení energetické náročnosti objektu. Historické objekty jsou v mnoha případech rozsáhlé a jsou velmi náročné na vytápění. Tak jako k rekonstrukci, tak i k zateplování historických objektů je třeba přistupovat citlivě. Patří sem i pečlivé posuzování použitých materiálů. Materiálové složení tepelných izolací ovlivňuje celkové klima v interiéru. Respektive zde vyvstává otázka, jak se vnitřní klima změní po instalaci různých izolačních materiálů.

Jak správně izolovat např. dřevěné trámové stropy?

K izolaci stropů v historických budovách je vždy třeba přistupovat individuálně. A to s ohledem na zachování historické hodnoty či uměleckého zpracování, ale také z hlediska funkčnosti stavební konstrukce. Je několik aspektů, na které je třeba brát zřetel:

- Skladba materiálů, kterými je tvořena konstrukce stropu a jejich dimenze.
- Posouzení jednotlivých materiálů z hlediska jejich chování při vlhkostním zatížení.
- Teplota a vlhkost prostředí interiéru.
- Komplexní posouzení celé konstrukce stropu z hlediska šíření tepla a vodní páry.
- Prostupy instalací skrze konstrukci.
- Navazující konstrukce / případné tepelné mosty (pozednice, komíny, klenby atd.).
- Případné kondice / funkčnost střešního pláště.

Papír jako přírodní materiál



Obr. 1: Celulózová izolace.



Obr. 2: Vlákna celulózy ze sběrového papíru.

Základem papíru jsou vlákna a vláknové svazky celulózy. Celulóza je hygroskopický materiál, dokáže vlhkost přijmout a aktivně se jí zbavit. A právě buničina z celulózových vláken pomáhá s vlhkostními výkyvy nejen v dřevěných konstrukcích. Z recyklovaného papíru se vyrábí celulózová izolace, která slouží jako tepelná a zvuková izolace nejen historických budov.

Příklad z praxe, zámek Mlázovy, okres Klatovy

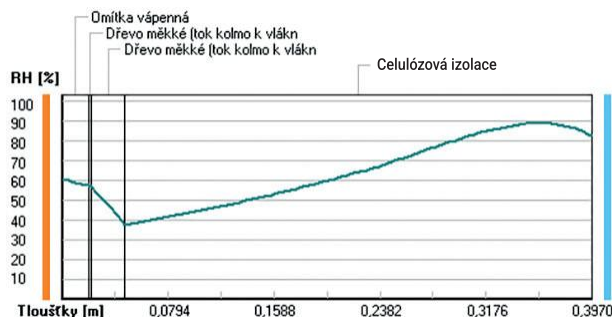


Obr. 3: Zámek Mlázovy, okres Klatovy.

Komplexní posouzení skladby stavební konstrukce – šíření tepla a páry

Otevřený dřevěný trámový strop, skladba konstrukce z interiéru:

- omítka vápenná, tl. 0,02 m,
- dřevěné prkenné podbití, tl. 0,025 m,
- celulózová izolace, tl. 0,35 m.



Obr. 4: Relativní vlhkost. V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry. Zdroj: Teplo 2017; Svoboda Sw.

Požadavky na šíření vodní páry v konstrukci:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství zkondenzované vodní páry musí být nižší než roční kapacita odpařování.
3. Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, nebo 5–10 % plošné hmotnosti materiálu v oblasti kondenzace (uvažuje se s hodnotou, která vyjde nižší).

Konstrukce splňuje požadavky 1 až 3 a požadavky ČSN 73 0540-2 (2025) na šíření vodní páry v konstrukci, ačkoliv neobsahuje ve své skladbě parobrzdnou vrstvu. Částečnou parobrzdnou vrstvou je původní mocná vápenná omítka se štukovou úpravou. Takových historických konstrukcí je po celé České republice mnoho. Tedy není potřeba se bát zateplování konstrukcí, které v sobě nemají parozábranu nebo parobrzdu.



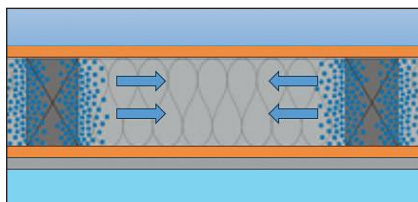
Obr. 5, 6: Zámek Mlýnský, zateplení půdy způsobem volného foukání.

Způsoby zateplení volným foukáním se vyznačují plošným zateplením v dostatečné tloušťce tak, že tepelná izolace je viditelná při obhlídce půdních prostor. Izolace a jejich kontinuita se tak dá v čase snadno sledovat a kontrolovat.

Hygroskopicitá celulóзовé izolace, aneb Čím tedy tato izolace prospívá životnosti konstrukcí

Hygroskopicitá papíru je schopnost papíru pohlcovat a zadržovat vlhkost z okolního vzduchu a zároveň se jí zbavovat. Je to přirozená vlastnost papíru daná jeho vláknitou a pórovitou strukturou, která mu umožňuje interagovat s vodními molekulami.

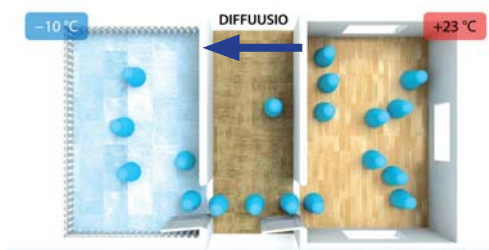
Vnitřní struktura papíru obsahuje mnoho malých pórů, které umožňují kapilární působení. Díky kapilární aktivitě papírová buničina aktivně vyrovnává podíl vlhkosti v celém svém objemu. Tím odvádí zvýšenou vlhkost od dřevěných prvků, které jsou na povrchu namáhány vlhkostí (zejména v chladném období). Zároveň může právě vyrovnávat vlhkostní komfort v interiéru jako například na zmíněném zámku v Mlýnské. Tady také konstrukce dřevěných historických stropů neobsahují parozábranu.



Obr. 7: Odvádění vlhkosti od nosných trámů, které zaručují odolnost a stabilitu celé konstrukce.

Jak se vlastně do konstrukce vlhkost dostává? Šíření vlhkosti ve střepech zejména při difuzním toku konstrukcí...

Vlhkost se pohybuje z prostoru s vyšším tlakem vodní páry do míst s nižším tlakem. V chladném období zejména z interiéru do exteriéru, v létě z exteriéru do interiéru (tedy v závislosti na teplotě a tlaku). Vlhkostní zátěž je tedy uvnitř vyšší v zimním nebo chladném období.



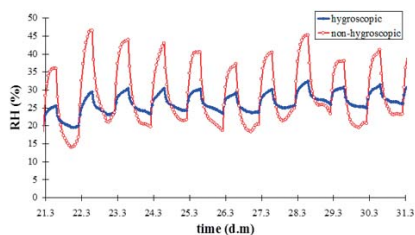
Obr. 8: Prostup vlhkosti z teplejšího místa do chladnějšího.

Proces prostupu vlhkosti nebo vodní páry je samozřejmě závislý na použitých materiálech, které se liší různou schopností bránit prostupu vodní páry, tzv. difuzním odporem. **Cílem** by mělo být zabránění kondenzace vodní páry uvnitř konstrukcí. Ne vždy je to ovšem možné. V těchto případech bychom se měli snažit o to, aby zkondenzované množství páry bylo co nejnižší:

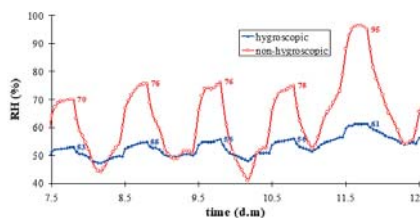
- mechanicky zajistit, aby byla konstrukce pokud možno difuzně otevřená,
- používat takové přírodní izolační materiály, které dokáží s vlhkostí pracovat.

Projekt porovnání teplot a relativní vlhkosti různých izolací v konstrukci

Juho Laaksonen, ve spolupráci s VTT Finnish Technical Research Center Finland, představil na Konferenci stavební fyziky v Helsinkách projekt, který porovnával **izolace z celulózových vláken** oproti **izolaci ze skelných vláken**. Jednalo se o izolaci podkrovní dvou téměř identických rodinných domů v tloušťce 600 mm se senzory v 10cm intervalech s vysokým rozlišením po dobu dvou let. Výsledkem zkoumání bylo průkazně dokázat, jak lépe si dokáže celulózové vlákno, díky své hygroskopicitě, poradit s vlhkostními výkyvy.



Obr. 9: Příklad 1 – chladné klimatické podnebí – Finsko.



Obr. 10: Příklad 2 – Mírné klimatické podnebí – Belgie.

Příklady dalších realizací aplikace foukané celulóзовé izolace v historických stavbách

Zámecký areál v Českém Krumlově, zámek čp. 58

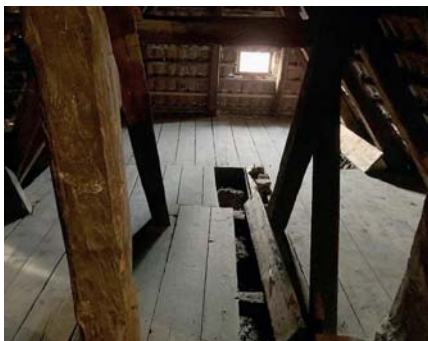
Buničina z celulóзовých vláken se fouká hadicí na otevřené plochy, například na podlahy půd, na klenby či mezi vazníkové konstrukce, nebo do předem připravených dutin. Je to rychlá a efektivní metoda, která zajistí kompletní vyplnění prostoru bez spár.



Obr. 11: Zámek čp. 58 – Purkrabský dům na I. nádvoří.



Obr. 12: sonda do konstrukce stropu – nutná pro zjištění stavu konstrukce a přesnějšího návrhu sanace.



Obr. 13: Opatrná demontáž záklopu, popis, očíslování a uskladnění fošen.



Obr. 14: Odstranění suti, vyčištění izolačního prostoru.



Obr. 15: Navýšení výšky izolačního prostoru pomocí dřevěných trámek na 40 cm.



Obr. 16: Bezspará vrstva izolace, odstranění tepelných mostů.

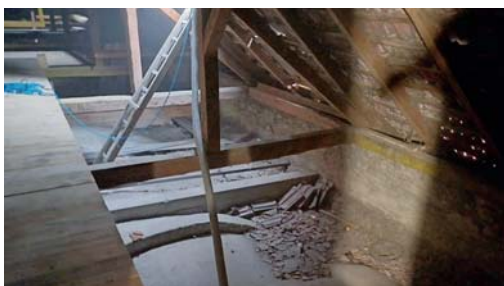


Obr. 17: Úprava a navrácení původních prken na konstrukci. Zachování historického rázu celého podkroví

Státní hrad a zámek Jindřichův Hradec, trakt E a F



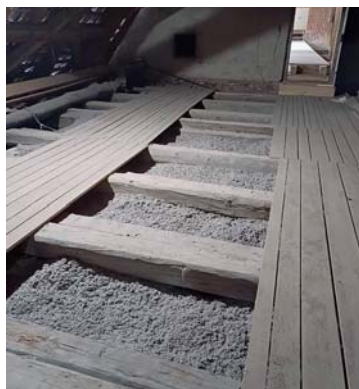
Obr. 18: Exteriér.



Obr. 19: Před aplikací celulóзовé izolace.



Obr. 20: Při aplikaci odpadá těžký přesun hmot.



Obr. 21, 22: Po aplikaci celulóзовé izolace.

Areál Psychiatrické nemocnice Bohnice – pavilon 9



Obr. 23: Exteriér.



Obr. 24: Vytvoření aplikačního otvoru do dutiny stropu.



Obr. 25: Zateplení dutiny stropu.



Obr. 26: Zapravení podlahy původními půdovkami.

Přínos celulóзовé izolace

- **Aktivně transportuje vlhkost** od dřevěných nosných prvků a tím snižuje vlhkostní zátěž a zvyšuje životnost konstrukcí bez destruktivního působení.
- **Odolává plísním**, houbám, hlodavcům i kunám.
- **Respektuje historičnost** konstrukcí památek.
- **Bezespará vrstva** izolantu, přizpůsobí se prostoru konstrukce.
- Zateplení přispívá k **teplotnímu komfortu** po celý rok.
- Materiál s vysokou **požární odolností**.
- Velmi rychlá a **efektivní** aplikace foukané izolace.
- Přírodní, **recyklovaný**, ekologický materiál.
- **Aplikace i do dutin stropů** bez nutnosti demontáže celého záklopu.

Firma CIUR a.s. je výrobce a zároveň certifikovaná realizační firma. Na práce poskytujeme záruku 20 let. Celulóзовé izolace jsme aplikovali v mnoha historických stavbách. Kromě výše uvedených např. na státních hradech a zámcích Křivoklát, Švihov, Horšovský Týn, Bečov nad Teplou, v Strahovském klášteře, cisterciáckém klášteře ve Vyšším Brodě, na Strakově akademii v Praze, v 37 objektech areálu Psychiatrické nemocnice Bohnice.

Příklad praktického návrhu vnitřního zateplení v rámci vlhkostně-sanačních opatření

Ing. Zdeněk Štefek
Sarep Projekty s.r.o.

Anotace

Sanace vlhkého zdiva představuje komplexní technický proces, jehož úspěšná realizace vyžaduje důkladnou diagnostiku, mezioborové znalosti a odpovědný přístup všech účastníků stavebního řízení. Tento příspěvek se zaměřuje na využití kapilárně aktivních systémů jako jednoho z možných metodických přístupů k řešení vlhkostní otázky zdiva a jejích projevů, který umožňuje současné zlepšení tepelnětechnických parametrů konstrukcí při zachování charakteru původního zdiva. Text analyzuje výhody, rizika a praktické aspekty tohoto postupu v kontextu rekonstrukcí historických staveb s přihlédnutím k možným alternativním postupům vnitřního zateplení, přičemž reflektuje rozdílné požadavky investora, projektanta, zhotovitele i budoucího uživatele. Cílem je nabídnout různé úhly pohledu v rámci rozhodovacího procesu při volbě metody vnitřního zateplení s přihlédnutím k charakteru zdiva, aktuální vlhkostní situaci a její implementaci v praxi, v souladu s platnou technickou normou ČSN P 73 0610.

Investor má zájem provést sanaci vlhkého zdiva mimo jiné tak, aby investiční náklady byly co možno nejnižší. Zásadně by měl mít investor představu, co má být výsledkem jeho záměru s ohledem na aktuální stav. Pro projektanta je důležitá taková volba technologie, která je mu dostupná, a také záleží na úrovni jeho znalostí a dovedností. Z pohledu stavební firmy (zhotovitele) je zásadní, zda je navržený způsob proveditelný a jaká jsou rizika, záruky a finanční efekt. Důležitým aspektem je schopnost garantovat výsledek sanace formou záruky, což vyžaduje přesné dodržení technologických postupů. Dalším prvkem vstupujícím do tohoto procesu je pohled uživatele, který sleduje, zda jeho vynaložené finanční prostředky odpovídají očekávané představě, užitku, respektive komfortu. Důležitá je i požadovaná absence sekundárních negativních jevů v užívaných prostorách, jako je výskyt plísní, zápach nebo degradace povrchových úprav.

Úvod

Cílem této přednášky i článku je přiblížit jeden z postupů a technologií vlhkostní otázky zdiva – využití kapilárně aktivních systémů zlepšujících tepelnětechnické parametry a zároveň respektujících charakter zdiva za izolačním, uvést výhody, užitek a rizika při volbě určité

metody a postupu. Tedy **jaké jsou důvody a jaká hlediska**, proč k nim přímý účastník procesu uvažovaného stavebního díla, tj. opravy, rekonstrukce, adaptace, přistupuje nebo o nich uvažuje. Uvedené postupy se v praxi již řadu let využívají a k tomu patří nezanedbatelná míra znalostí a kompetencí pro návrh a vlastní realizaci u všech účastníků procesu.

Jako příklad může posloužit situace, kdy se opravuje (rekonstruuje) historické zdvo spodní stavby, které je v určitém stavu vzhledem k době výstavby, využívání, umístění, poškození vlhkostí, struktuře atd., a s aktuálním požadavkem na budoucí využití. Jedním z nich, a pro daný příklad podstatným, je **zlepšení tepelnětechnických vlastností svislých konstrukcí**. Zde nastává situace, jak se bude opravovaná konstrukce chovat s ohledem na uvedené podstatné požadavky, když se provede její **vnitřní zateplení**.

Použití kapilárně aktivních materiálů patří do jedné z **doplňkových nepřímých metod** vycházejících z platné ČSN P 730610. Mělo by být součástí komplexu vlhkostně-sanačních opatření.

Důvody a podmínky rozhodování pro realizaci vnitřního zateplení v rámci vlhkostně-sanačních opatření

- Zlepšit tepelnětechnické vlastnosti svislé konstrukce, je to možné?
- Nedojde ke zhoršení vlhkostního stavu dotčené konstrukce?
- Jaké je povědomí o důsledcích neodborného provedení vnitřního zateplení?

Příklady neodborného postupu vnitřního zateplení



Obr. 1, 2: Stav obvodového zdiva po sejmutí obkladu z EPS – vztlínající vlhkost v kombinaci s kondenzací, neodborné provedení.

Příklady vhodnosti řešení aplikací kapilárně aktivních desek



Obr. 3: Nesourodé, vlhké zdivo pod úrovní vnějšího upraveného terénu u historického objektu s požadavkem na zlepšení tepelnětechnických parametrů.



Obr. 4: Pohled na jiný prostor stejného objektu.

Příklady omezujících podmínek při návrhu/realizaci vhodných metod sanace zdiva

- Nemožnost provést zásadní opatření vně svislých konstrukcí.
- Složitost, náročnost provedení opatření uvnitř.
- Absence prostoru pro aktivní větrané předstěny.



Obr. 5: Vnitřní prostor historického objektu, obvodové zdivo (původní hradební konstrukce) pod úrovní vnějšího upraveného terénu.



Obr. 6: Exteriér v těsné blízkosti řešeného objektu.

Příklady kondenzačních poruch na již provedených úpravách klasickými omítkami u obvodových konstrukcí



Obr. 7: Projevy kondenzace na obvodové stěně historického objektu.

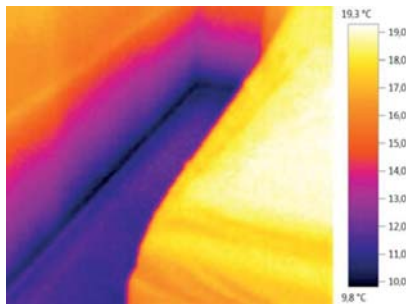


Obr. 8: Projevy kondenzace u stejného objektu v rozsahu obvodového zdiva i stropních konstrukcí.

Příklady poruch způsobené podchlazením konstrukcí, existující tepelné mosty



Obr. 9: Kondenzační poruchy u svislé konstrukce ve 2. NP.



Obr. 10: Termosnímek dotčené části konstrukce.

Objektivní příčiny hledání alternativních metod řešení vlhkosti ve zdivu

- Náročný proces klasického postupu sanace (technologické pauzy, technologická voda – mokré procesy, sezonní podmínky).
- Požadavky investorů na zkracování termínů.
- Tlak na snižování nákladů při realizaci.
- Ceny energií a celkově snížení energetické náročnosti řešeného objektu.

Související legislativní povědomí

- Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon – § 148:

Požadavky na ochranu zdraví a životního prostředí

(1) Stavba musí být navržena a provedena takovým způsobem, aby neohrožovala bezpečnost, život nebo zdraví osob nebo zvířat, aby byl hluk v chráněném prostoru stavby

udržován na úrovni, která neohrozí zdraví jejích uživatelů, zaručí noční klid a je vyhovující pro prostředí s pobytem osob nebo zvířat, a to i na sousedních pozemcích a stavbách, ani neměla nepřípustný negativní vliv na kvalitu životního prostředí nebo na klima, a to během výstavby, užívání i odstraňování, zejména následkem ...

c) výskytu vlhkosti ve stavebních konstrukcích nebo na povrchu stavebních konstrukcí uvnitř staveb, ...

- ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov (výjimka pro památkově chráněné budovy).
- ČSN 73 0610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení.
- Památkové hledisko, památkově chráněné budovy.

Modelace reálné situace

Vstupní a okrajové podmínky

1. Kamenné zdivo (žula) tl. 600 mm, v exteriéru vápenocementová omítka tl. 40 mm.
2. Cihelné zdivo tl. 450 mm, vlhké 10 %, v exteriéru vápenocementová omítka tl. 40 mm.
3. Okrajové podmínky byly uvažovány hodnotami teploty -13 °C a relativní vlhkosti 84 % v exteriéru, 21 °C a 55 % v interiéru.

Příklad A – vnitřní zateplení systémem makroporézních kapilárně aktivních desek

- Zateplovací obklad z kapilárně aktivních desek (souvrství dle specifikace) tl. 30 mm, 50 mm, 100 mm.
- Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,047 \text{ W/mK}$ (*u běžného fasádního EPS $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$*).
- Lepidlo pro lepení makroporézních sanačních tepelněizolačních desek – faktor difuzního odporu $\mu = 7,5$ (*běžné stavební lepidlo pro ETICS cca $\mu < 30$*).

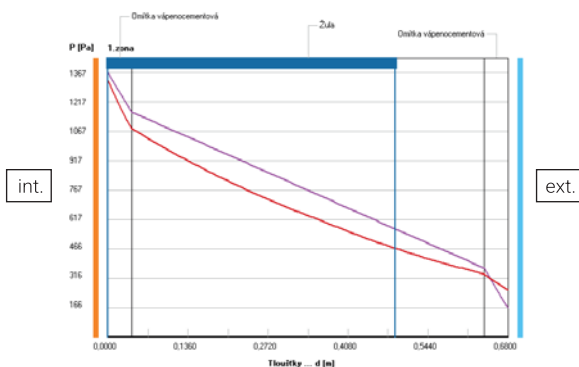
Tepelný izolant makroporézní kapilárně aktivní zateplovací obklad

Typ zdiva	Tloušťka vnitřního izolantu [mm]	Součinitel prostupu tepla U [W/m²K]	Normový požadavek na součinitel prostupu tepla [W/m²K]	Zkondenzované množství vodní páry v konstrukci [kg/m², rok]	Balance
Kamenné	0	2,222	Vnější stěna těžká/lehká 0,30 Stěna/strop z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí 0,75	2,0116	aktivní
	30	0,948		3,2829	
	50	0,675		2,5596	
	100	0,393		1,5516	
Cihelné vlhkost 10 %	0	1,862	Stěna/strop z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí 0,75	0,0179	aktivní
	30	0,875		2,6646	
	50	0,638		2,2766	
	100	0,38		1,4690	

Tab. 1: Přehled a změny vlastností hodnocených konstrukcí při modelaci s kapilárně aktivními deskami.

Pozn.: Aktivní balance znamená, že vypařitelné množství vodní páry je větší než zkondenzované.

Kamenné zdivo – žula, bez vnitřního zateplení



Okrajové podmínky:

interiér 21 °C a 55 %,
exteriér -13 °C a 84 %

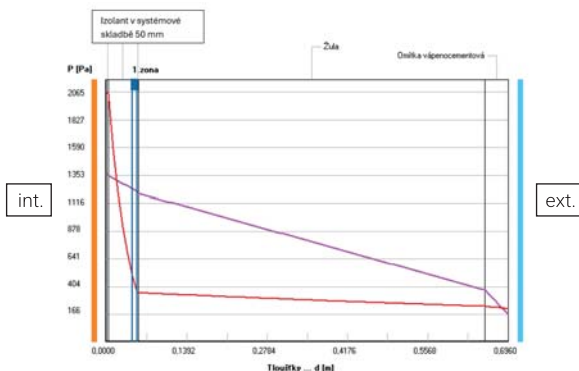
Legenda:

— nasyc. tlak v. p.
— teoret. tlak v. p.
— skut. tlak v. p.
— kondenzační zóna

Graf 1: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu nezatepleného kamenného zdiva.

Na základě výpočtu podle ČSN 730540 je patrné, že u konstrukce kamenného zdiva ze žuly bez tepelné izolace dochází k výraznému teplotnímu spádu mezi interiérem (21 °C, 55 % RH) a exteriérem (-13 °C, 84 % RH). Tento spád způsobuje existenci kondenzační zóny v kamenném zdivu včetně omítkové vrstvy v interiéru.

Kamenné zdivo – žula, 50 mm izolant kapilárně aktivní na straně interiéru



Okrajové podmínky:

interiér 21 °C a 55 %,
exteriér -13 °C a 84 %

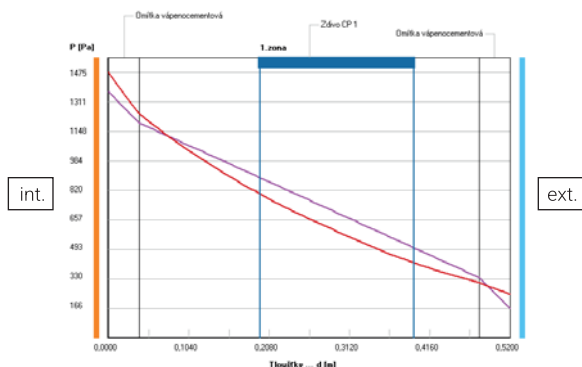
Legenda:

— nasyc. tlak v. p.
— teoret. tlak v. p.
— skut. tlak v. p.
— kondenzační zóna

Graf 2: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu kamenného zdiva s izolantem kapilárně aktivním na straně interiéru.

U konstrukce kamenného zdiva ze žuly s přidanou tepelnou izolací o tloušťce 50 mm dochází k zásadní změně v rozložení tlaků vodní páry oproti variantě bez izolace. Tepelná izolace je umístěna na vnitřní straně konstrukce, což posunuje kondenzační zónu na rozhraní tepelného izolantu a zdiva a částečně do tepelného izolantu.

Cihelné zdivo, vlhkost W 10 %, bez vnitřního zateplení



Okrajové podmínky:

interiér 21 °C a 55 %,
exteriér -13 °C a 84 %

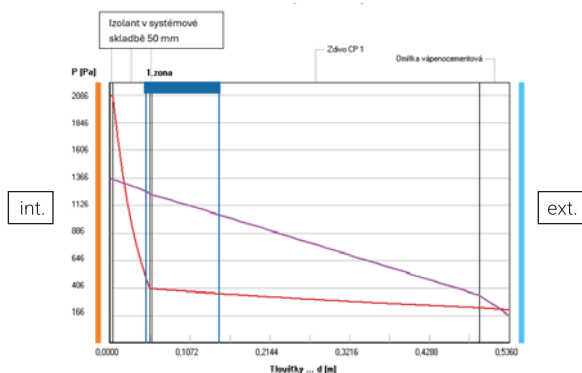
Legenda:

— nasyc. tlak v. p.
— teoret. tlak v. p.
— skut. tlak v. p.
— kondenzační zóna

Graf 3: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu nezatepleného cihelného zdiva s 10% vlhkostí.

U konstrukce cihelného zdiva (CP1) s vlhkostí $W = 10 \%$ a bez tepelné izolace je patrné, že vlhkostní režim je odlišný od kamenného zdiva. Vliv materiálu (cihla) a jeho vyšší nasákavosti se projevuje na průběhu tlaků vodní páry, též na lokalizaci kondenzační zóny a na množství zkondenzované vodní páry v ročním cyklu. Kondenzační zóna se vytváří ve střední partii tloušťky zdiva.

Cihelné zdivo, vlhkost W 10 %, 50 mm izolant kapilárně aktivní na straně interiéru



Okrajové podmínky:

interiér 21 °C a 55 %,
exteriér -13 °C a 84 %

Legenda:

— nasyc. tlak v. p.
— teoret. tlak v. p.
— skut. tlak v. p.
— kondenzační zóna

Graf 4: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu vlhkého cihelného zdiva s izolantem kapilárně aktivním na straně interiéru.

U konstrukce cihelného zdiva (CP1) s vlhkostí $W = 10 \%$ a s přidanou tepelnou izolací o tloušťce 50 mm dochází k tvorbě kondenzace u vnitřního líce cihelného zdiva a částečně v kapilárně aktivním izolantu.

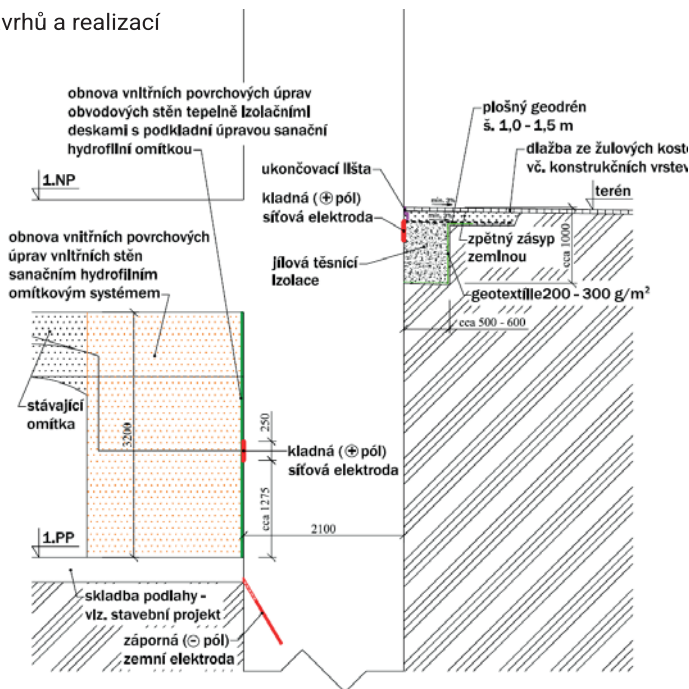
Citace z portálu TZB [5a]

Kapilárně aktivní (difuzně otevřené) systémy vnitřního zateplení mají výhodu především pro otevřenost vůči vzduchu v místnosti, případně i schopnost odvést vlhkost, která proniká do zdiva odjinud. Množství vlhkosti, které systém odvede (během teplého období – větráním) je dáno systémem od systému a vždy je potřeba podrobit je výpočtu pro konkrétní konstrukci a detail.

Nutno počítat i s riziky kotvení předmětů, které musí odolávat korozi, umístění rozvodů ZTI, elektroinstalací. Tato rizika jsou výrazně nižší než v případě existence parozábrany. Vždy je nutné a podstatné v návrzích včetně realizace zajistit dostatečné větrání a cirkulaci vzduchu. Rovněž nutno brát v návrzích i při realizaci přítomnost a řešení stavebně rizikových solí (chloridy, dusičnany, sírany), tedy celkové chování konstrukce za izolantem.

Velkou chybou je uvažovat, že se vlhkostní otázka zdiva vyřeší zateplením stavby. V rámci zateplení zdiva by měla být řešena eliminace všech vnějších zdrojů vlhkosti (vzlínající vlhkost, zatékání střechou, římsami, parapety nebo jinými konstrukčními či stavebními detaily).

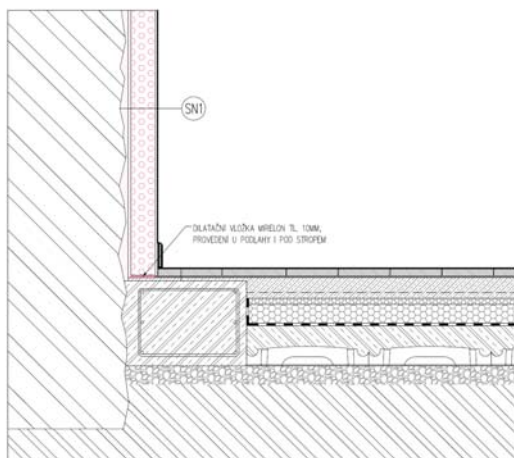
Příklady návrhů a realizací



Obr. 11: Část výkresové dokumentace s návrhem kapilárně aktivních desek v kombinaci s dalšími metodami sanace.



Obr. 12: Realizace vnitřního zateplení kapilárně aktivními deskami v historickém objektu u zdiva pod úrovní vnějšího upraveného terénu.



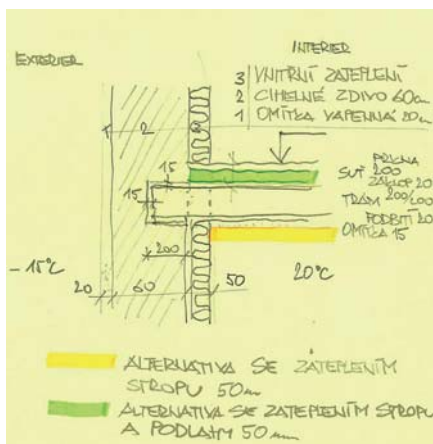
Obr. 13: Část výkresové dokumentace s návrhem kapilárně aktivních desek v kombinaci s dalšími metodami sanace.



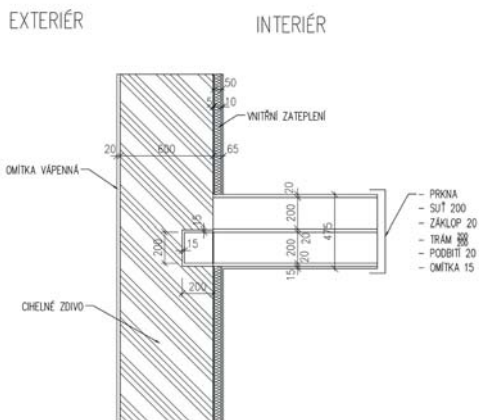
Obr. 14, 15: Příklad realizace kapilárně aktivního zateplovacího systému u obvodové konstrukce zcela pod úrovní vnějšího upraveného terénu.

Příklad B – situace u vetknuté stropní konstrukce

U historických staveb, zvláště u památkových objektů, je jedno z rizikových míst u vetknutých stropních konstrukcí, kde jsou dřevěné trámy. Nenasákavé izolanty mohou způsobit koncentrace vody u zhlaví konstrukce a následnou destrukci této části trámu. Pro modelaci rizikových míst se pro příklad vychází z konkrétní situace, kdy je v cihelném zdivu vetknutý dřevěný trám a k jakým změnám v teplotním poli a u samotného zhlaví trámu dochází při vnitřním zateplení stěn pěniskem 50 mm.

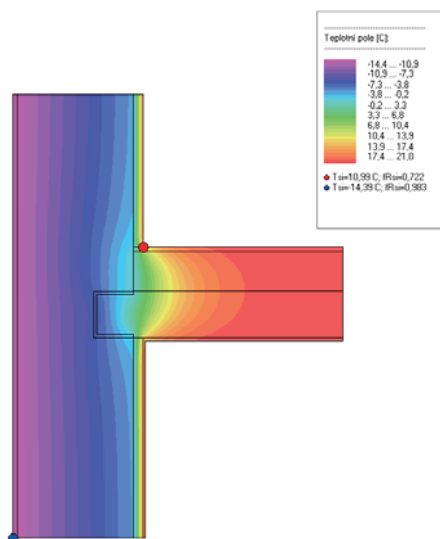


Obr. 16: Návrh Ing. Petra Rohlíčka pro modelace.

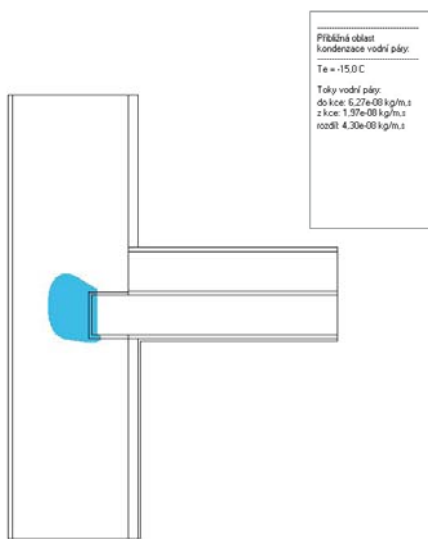


Obr. 17: Detail řezu vetknutého trámu ve zdivu pro modelace.

Teplotní pole v místě detailu trámu v případě zateplení stěn bez přesahů na navazující konstrukce – teplota se (při okrajových podmínkách $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkosti 84% v exteriéru, $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 55% RH v interiéru) pohybuje v minusových hodnotách (obr. 18). Při stejných okrajových podmínkách dochází v místě zhlaví trámu ke kondenzaci vodní páry a riziku degradace dřevěné konstrukce (obr. 19).



Obr. 18: Pole teplot v programu TEPLLO – izolace stěn pěnosklo, tl. 50 mm, teplotního pole v místě detailu trámu.



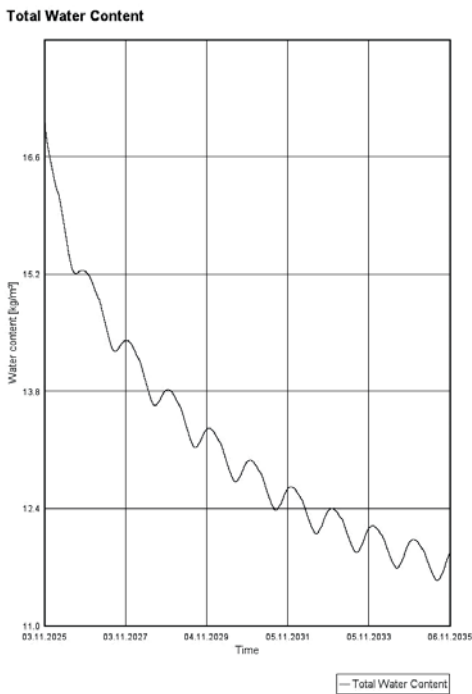
Obr. 19: Přibližná oblast kondenzace vodní páry (dle modelace programu TEPLLO) – izolace stěn pěnosklo tl. 50 mm.

U stejné modelové situace a při použití izolantu v podobě kapilárně aktivních obkladů byl sledován průběh obsahu vody v detailu trámu po dobu 10 let. Výstupem je potvrzení existence vody v detailu při klesající tendenci, ale z hodnot cca 17 litrů/m^3 na hodnotu cca 12 litrů/m^3 (graf 5).

Výpočty v softwaru WUFI prokázaly, že v průběhu 10 let dochází k úbytku objemu vody v detailu trámu při stejných okrajových podmínkách. Uvedené skutečnosti poukazují na to, že při návrzích vnitřního zateplení, zvláště u historického zdiva, je zásadní vyžadovat vždy podrobný návrh technického řešení těchto detailů.

Příklad C – situace provedení vnitřního zateplení

Pro ucelený pohled na problematiku vnitřního zateplení je vhodné pro komplexnost uvést i příklad modelace, kdy je jako vnitřní zateplení použit běžný fasádní EPS a minerální vata na zdivu kamenném (žula) a cihelném s vlhkostí $w = 10\%$. **Pro modelové příklady jsou použity tloušťky izolantu 0 a 50 mm.** Pro lepidlo je uvažován faktor difuzního odporu $\mu = 7,5$.



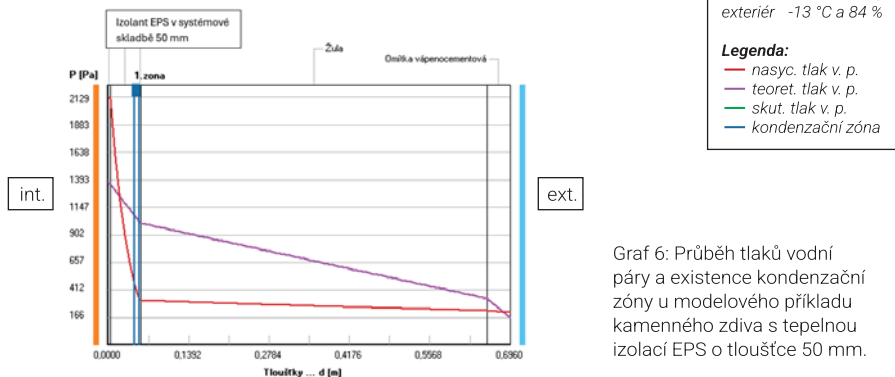
Graf 5: Průběh obsahu vody v detailu trámu v průběhu 10 let.
Software WUFI (izolant kapilárně aktivní materiál tl. 50 mm).

Tepelný izolant expandovaný fasádní polystyren

Typ zdiva	Tloušťka vnitřního izolantu [mm]	Součinitel prostupu tepla [W/m²K]	Normový požadavek na součinitel prostupu tepla [W/m²K]	Zkondenzované množství vodní páry v konstrukci [kg/m², rok]	Bilance
Kamenné	0	2,222	Vnější stěna těžká/lehká 0,30 Stěna/strop z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí 0,75	2,0116	aktivní
	30	0,814		1,1981	
	50	0,565		0,8486	
	100	0,321		0,4542	
Cihelné vlhkost 10 %	0	1,862		0,0179	aktivní
	30	0,760		1,0021	
	50	0,539		0,7664	
	100	0,312		0,4385	

Tab. 2: Přehled a změny vlastností hodnocených konstrukcí při modelaci s EPS.

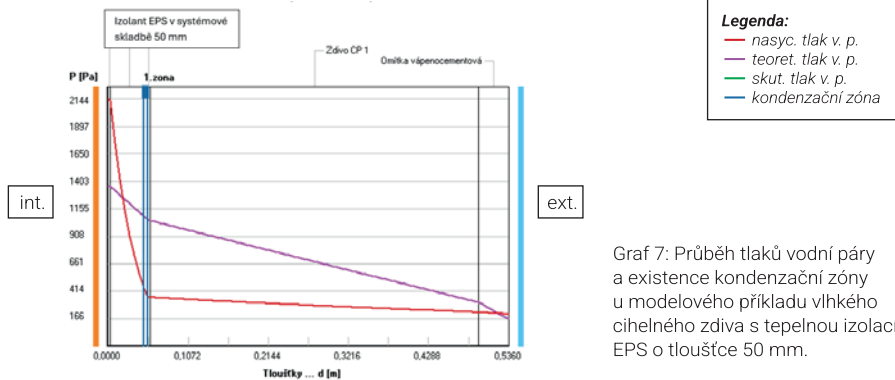
Kamenné zdivo – žula, 50 mm izolant EPS na straně interiéru



Graf 6: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu kamenného zdiva s tepelnou izolací EPS o tloušťce 50 mm.

U konstrukce kamenného zdiva ze žuly s tepelnou izolací EPS o tloušťce 50 mm je patrné, že průběh křivek je obdobný jako u kapilárně aktivního izolantu, jen u použití EPS je zóna kondenzace o něco málo širší, obě zóny kondenzace vznikají převážně na rozhraní zdiva a izolantu.

Cihelné zdivo, vlhkost W 10 %, 50 mm izolant EPS na straně interiéru



Graf 7: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu vlhkého cihelného zdiva s tepelnou izolací EPS o tloušťce 50 mm.

U konstrukce cihelného zdiva (CP1) s vlhkostí $W = 10 \%$ a tepelnou izolací EPS o tloušťce 50 mm je v porovnání s kapilárně aktivním systémem kondenzační zóna pouze na rozhraní izolantu, kdežto u kapilárně aktivního systému i v cihelném zdivu. EPS zde nepustí vodní páru z interiéru do konstrukce, funguje jako parozábrana.

V tomto modelovém příkladě „funguje“ EPS prakticky jako parozábrana. Bilance je aktivní, ovšem nedojde k podstatné události, a to k odvodu vlhkosti a vodních par z podkladu. Vlhkost je stále koncentrována v podkladu, riziko salinity trvá. Rovněž tak riziko při kotvení a instalacích rozvodů ZTI a elektroinstalací.

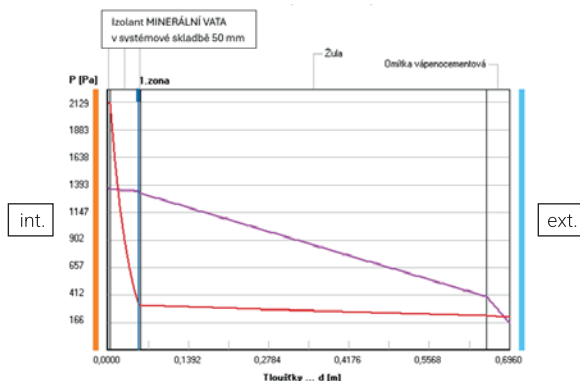
Tepelný izolant fasádní minerální vata

Typ zdiva	Tloušťka vnitřního izolantu [mm]	Součinitel prostupu tepla $[W/m^2K]$	Normový požadavek na součinitel prostupu tepla $[W/m^2K]$	Zkondenzované množství vodní páry v konstrukci $[kg/m^2, rok]$	Bilance
Kamenné	0	2,222	Vnější stěna těžká/lehká 0,30 Stěna/strop z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí 0,75	2,0116	aktivní
	30	0,814		16,5866	aktivní
	50	0,565		15,7703	pasivní
	100	0,321		12,3513	pasivní
Cihelné vlhkost 10 %	0	1,862	Vnější stěna těžká/lehká 0,30 Stěna/strop z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí 0,75	0,0179	aktivní
	30	0,760		14,3166	aktivní
	50	0,539		14,4728	aktivní
	100	0,312		11,7118	pasivní

Tab. 3: Přehled a změny vlastností hodnocených konstrukcí při modelaci s minerální vatou.

Při použití vnitřního zateplení minerální vatou již dochází ke změně bilance, u kamenného zdiva již při tloušťce izolantu 50 mm, u vlhkého cihelného zdiva až při tloušťce izolantu 100 mm. Za podstatnou zmínku stojí nárůst množství kondenzátu.

Kamenné zdivo – žula, 50 mm izolant minerální vata na straně interiéru



Okrajové podmínky:

interiér 21 °C a 55 %,
exteriér -13 °C a 84 %

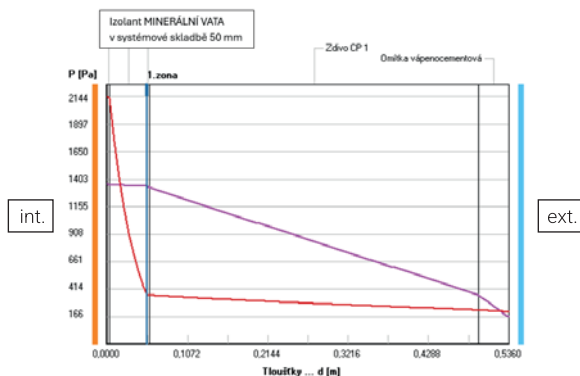
Legenda:

— nasyc. tlak v. p.
— teoret. tlak v. p.
— skut. tlak v. p.
— kondenzační zóna

Graf 8: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu kamenného zdiva s tepelnou izolací z minerální vaty o tloušťce 50 mm.

U konstrukce kamenného zdiva ze žuly s tepelnou izolací z minerální vaty o tloušťce 50 mm je situace obdobná jako u EPS. Zkondenzované množství vodní páry je ale vysoké. Bilance je v tomto případě pasivní, což znamená, že vypařitelné množství vodní páry je menší než zkondenzované.

Cihelné zdivo, vlhkost W 10 %, 50 mm izolant minerální vata na straně interiéru



Okrajové podmínky:

interiér 21 °C a 55 %,
exteriér -13 °C a 84 %

Legenda:

— nasyc. tlak v. p.
— teoret. tlak v. p.
— skut. tlak v. p.
— kondenzační zóna

Graf 9: Průběh tlaků vodní páry a existence kondenzační zóny u modelového příkladu vlhkého cihelného zdiva s tepelnou izolací z minerální vaty o tloušťce 50 mm.

U konstrukce cihelného zdiva (CP1) s vlhkostí $W = 10 \%$ a tepelnou izolací minerální vatou o tloušťce 50 mm je v porovnání s kapilárně aktivním systémem kondenzační zóna rovněž na rozhraní izolantu, kdežto u kapilárně aktivního systému i v cihelném zdivu. Zkondenzované množství vodní páry je ale vysoké. Bilance je v tomto případě ještě aktivní, při tloušťce izolantu 100 mm již bude bilance pasivní.

Při použití minerální vaty v tomto modelovém příkladě jako vnitřního zateplení dojde u kamenného zdiva k pasivní bilanci při tloušťce izolantu 50 mm, u cihelného vlhkého zdiva ($w = 10 \%$) při tloušťce izolantu 100 mm. Rizika uvedená u příkladu EPS jsou v tomto příkladě obdobná.

Expandovaný polystyren (EPS) se vyznačuje velmi nízkou nasákavostí, což znamená, že i při zvýšené vlhkosti si zachovává své tepelněizolační vlastnosti. Díky uzavřené materiálové struktuře voda do materiálu téměř neproniká.

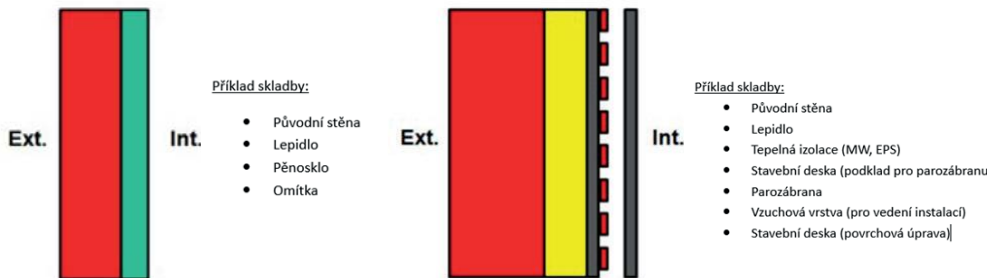
Naopak minerální vlna, ačkoliv má výborné izolační schopnosti v suchém stavu, je výrazně citlivější na vlhkost. Při zvýšené vlhkosti dochází k poklesu její tepelné účinnosti, protože voda nahrazuje vzduch v pórovité struktuře materiálu, čímž se snižuje jeho izolační schopnost. Z tohoto důvodu je nutné při použití minerální vlny klást důraz na kvalitní hydroizolaci a ochranu proti vlhkosti.

Reálné situace a nejběžnější přístupy k variantě vnitřního zateplení:



Obr. 20, 21: Příklady poruch vnitřního zateplení.

Obvyklé návrhy a postupy



Obr. 22: Příklad návrhu plnokontaktní tepelné izolace s vysokým difúzním odporem. (DEK ateliér [5b])

Obr. 23: Příklad návrhu vnitřní izolace s použitím parozábrany. (DEK ateliér [5b])

Citace z portálu TZB [5a]

Parozábrana se u vnitřního zateplení umísťuje z interiérové (teplejší) strany tepelné izolace, tedy mezi vnitřní obklad (např. sádkarton) a izolaci. Jejím hlavním účelem je zabránit pronikání vlhkosti z místnosti do konstrukce, kde by mohla kondenzovat, poškodit izolaci a způsobit plísně. Pro správnou funkci musí být parozábrana instalována vzduchotěsně, spoje a prostupy je nutné pečlivě přelepit a zatěsnit systémovou páskou nebo tmelem.

Při vnitřním zateplení dochází za normálních podmínek ke dramatické změně. Kondenzační oblast se posouvá k vnitřnímu povrchu až na rozhraní původní konstrukce a zateplení, zvyšuje se okamžité zkondenzované množství a prodlužuje se zároveň období, ve kterém v konstrukci vodní pára kondenzuje. Množství zkondenzované vodní páry v celoročním průběhu je pak podstatně vyšší (často řádově i více). Tím vzniká riziko situace, kdy se vodní pára nestačí v průběhu přechodných a letního období odpařit. V extrémním případě tak dochází k postupnému hromadění vlhkosti v konstrukci, které se musí projevit poruchou, v lepším případě je větší část konstrukce podstatně více namáhána vlhkostí. Zvýšená vlhkost v konstrukci jednoznačně snižuje tepelné izolační vlastnosti materiálů tvořících konstrukci, může však i snížit její trvanlivost. Posunutí kondenzační zóny k vnitřnímu povrchu může způsobit destrukci zde uložených materiálů, například zhlaví stropních trámů (které byly před vnitřním zateplením bez vlhkostního namáhání).

*Při vnitřním zateplení se též používají tzv. parozábrany u vnitřního povrchu. Jsou to obvykle fólie, výjimečně deskové materiály, které brání pronikání vzdušné vlhkosti do stavební konstrukce. Je třeba si uvědomit, že tyto vrstvy mají svá rizika ve snadné narušitelnosti propustujícími předměty a spárami ve vrstvě s důsledky uvedenými výše. Kromě zranitelnosti mají tyto parozábrany i bezprostřední negativní důsledek – brání konstrukci v letním a částech přechodných období vysychat do vnitřního prostředí. Teoreticky je vnitřní zateplení s parozábranou v pořádku, prakticky je však častým zdrojem poruch v důsledku technologické nedokonalosti při provedení. **Konstrukce s parozábranou má tedy vyšší rizika zranitelnosti.** K perforacím navíc dojde i při dodatečných úpravách, tedy prostupech, montáži elektroinstalace, počítačových sítí nebo i věšení předmětů na stěnu.*

Při vnitřním zateplování je nutno přeinstalovat elektrické krabice pro zásuvky a vypínače do líce omítky zateplovacího systému. Dutiny uvnitř stávajících krabic by se při ponechání staly místem hromadění kondenzátu, je nutno je vyplnit maltou, lépe však nehořlavým tepelněizolačním materiálem. I tak je vynechávka tepelné izolace v místě krabice slabším bodem, kde může dojít ke kondenzaci.

Při realizaci vnitřního zateplení s parozábranou u vlhkého zdiva je zásadní brát vždy v úvahu, že je nutno doplnit odpovídající vlhkostní sanaci zdiva, a to z důvodu, že pokud nebude toto hledisko bráno v potaz, dojde a bude docházet k poškození historického zdiva a souvisejících konstrukcí.

Závěr

Vnější kontaktní zateplovací systém je vždy jednodušší a účelnější, ale v případech rekonstrukcí a sanace zdiva ne vždy je možno postupovat tímto způsobem, tj. zlepšit tepelnětechnické parametry a zároveň řešit omezující podmínky, jako je struktura a charakter zdiva a jeho vlhkostní situaci. Pro úspěšný návrh a realizaci vnitřního zateplení s přihlédnutím k řešení vlhkostní problematiky je vždy nutno postupovat s velmi kompetentním a odpovědným stavebně-technickým průzkumem a projektovým řešením včetně rizikových detailů.

Příklady pro realizaci v praxi, kdy lze skloubit řešení sanace zdiva a zároveň zlepšit tepelnětechnické parametry, se nabízejí například při řešení jen lokálních částí spodní stavby, kdy nelze provést vnější odkop, kdy nelze provést vnější zateplení, dále v případech velmi nesourodého zdiva, kdy silné vrstvy omítkových vrstev jsou neekonomické s riziky vzniku trhlin. V těchto případech je realizace kapilárně aktivních desek, které respektují vlhkostní podmínky zdiva a zlepšují tepelnětechnické parametry vhodná a účelná. V neposlední řadě působí i jako prevence vzniku plísní a eliminace rizik vzniku tepelných mostů.

Uvedená opatření, kdy je použit systémový způsob vnitřního zateplení kapilárně aktivními materiály (deskami) se jeví jako možná a vhodná, ale vždy pro konkrétní případy a vždy s komplexním a odpovědným přístupem.

Na závěr nutno zmínit, že i při realizaci vnějších zateplovacích systémů historických objektů (pokud dojde k realizaci vnějších izolantů), je zásadní mít povědomí o **normě ČSN 73 2901 (732901) Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů (ETICS)**, která uvádí metody posouzení podkladu a doporučená opatření. Jedná se mimo jiné i o tento typ problému, který je třeba řešit:

- **Zvýšená vlhkost podkladu**, tzn., že je třeba nejprve vyřešit příčinu vlhnutí stěn, jinak nelze provést zateplení. Jakákoliv další vrstva na fasádě snižuje rychlost vysychání stěny. To vede nejen ke zvýšení vlhkosti zateplené stěny, ale také k negativnímu vlivu na celý ETICS.

Literatura

1. ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení.
2. ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů (ETICS).
3. ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov.
4. Zákon č. 283/2021 Sb., o územním plánování a stavebním řádu.
5. Technická literatura a materiály:
 - a. TZB-info (<https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/540-o-vnitrim-zatepleni>).
 - b. Dekprojekt (<https://dekpartner.cz/vzdelavaci-centrum/clanky/vnitri-zatepleni>).
 - c. Juta a.s.

Kooperace

Kloknerův ústav, Ing. Lukáš Balík, Ph.D.,
Ing. Jindřich Čech, Ph.D.

Vlastní výkresová dokumentace
a výkresy spolupracujících subjektů.

Vlastní fotodokumentace.

Volně dostupné zdroje na internetu.

Společnost pro technologie ochrany památek – STOP, z. s.

V roce 1994 se zformovala skupina několika odborníků, jejichž profese souvisely s obnovou a ochranou památkových objektů. Shodli se na tom, že chybí pravidelný kontakt památkářů, technologů konzervace památek, projektantů a pracovníků organizací, kteří obnovu stavebních památek provádějí. To často vedlo k chybné komunikaci mezi uvedenými skupinami, k podceňování či naopak přeceňování jednotlivých profesí, k nerespektování přírodních zákonů nebo umělecko-historických pravidel. Na základě jednání bylo rozhodnuto o založení **Společnosti pro technologie ochrany památek – STOP** jako nezávislého sdružení fyzických a právnických osob, jehož cílem je hledat společná umělecko-historická a technologická řešení problémů péče o památky. V r. 2014 bylo sdružení transformováno na spolek. Od února 2021 je společnost STOP členem Rady vědeckých společností ČR.

Od roku 1996 organizuje společnost **osvětové a vzdělávací akce** – semináře a odborná pracovní setkání (doplňená o experimenty, ukázky historických technologií), workshopy, exkurze a odborné kurzy. Hlavní aktivitou jsou semináře a odborná setkání, kde na vybraná témata přednášejí odborníci různých profesí. Program má většinou ustálené schéma: téma a jeho teoretické základy, vyjádření památkářů, technologické hledisko, informace o konkrétních praktických zkušenostech. Na seminářích je věnován také prostor diskuzím i polemikám mezi zastánci různých názorů na danou problematiku.

Společnost vydává vlastní **odborné publikace** na témata dotýkající se ochrany památek: např. sborníky ze seminářů, odborných setkání a workshopů, odborné monografie. Od r. 1997 vychází Ročenka STOP a od r. 1999 periodikum Zpravodaj STOP.

STOP nabízí organizacím, školám, výzkumným ústavům, památkovým institucím, projekčním kancelářím a výrobním či dodavatelským firmám možnost uzavřít na základě dohodnutých podmínek **smlouvu o přidruženém členství**. Přidružení členové získávají aktuální informace o všech aktivitách společnosti. STOP svým členům poskytuje informační servis, který obsahuje publikační výstupy společnosti – sborníky seminářů, Zpravodaj STOP, texty kurzů apod. Podle dohody jsou jim poskytovány slevy na pořádané akce.

Další údaje o společnosti, aktuální informace o připravovaných akcích a publikacích jsou uvedeny na webových stránkách **www.pamatky-stop.cz**.

Zpravodaje STOP

Každé číslo Zpravodaje je věnováno komplexnímu pohledu na určité téma. Kompletní seznam Zpravodajů je na www.pamatky-stop.cz.

Materiály pro památkovou péči

Omítky pro obnovu historických staveb (1998), Fasádní nátěrové hmoty a jejich odstraňování (1999), Odstraňování graffiti a ochrana proti nim (1999), Vápno z pohledu památkářů a technologů (2000), Kamenná, pálená a dřevěná dlažba (2001), Sádra (2006), Opuka (2007) a Kovy (2008), Umělý kámen (2010), Lepidla v památkové péči (2010), Pórovitá a slinutá keramika (2010, 2011), Románský cement (2011), Nanomateriály v památkové péči (2012), Sanační omítky a ochrana povrchů zasoleného zdiva (2014), Stárnutí fasádních nátěrů – výsledky dlouhodobého experimentu (2015).

Technologie obnovy a restaurování památek

Bioznečištění nových fasád (2002), Zeleň na památkách (2002), Povodně (2002, 2003), Biopoškození stavebních materiálů (2003), Otázky kolem aplikace sanačních omítek na historických objektech (2005), Podterénní úpravy zdiva stavebních památek (2006), Péče o sbírkové předměty (2006), Barevnost kamene historických objektů (2007), Péče o fotografický materiál (2008), Péče o textilie (2008), Nástěnné malby (2009), Revitalizace zřícenin českých (2009) a moravských (2009) hradů, Štěrkové a mlatové cesty (2013), Vitráže – Vitraje – Restaurování (2013), Hygiena vnitřního prostředí památkových budov (2013), Kámen v památkové péči (2014), Vnímání a identifikace barev (2015), Restaurování voskových předmětů (2016), Okna historických budov (2016), Sanace budov proti nadměrné vlhkosti (2017), Práce s barvami v památkové péči (2017), Údržba stavebních památek (2018), Torzální architektura (2019), Postupy, které se v památkové péči (ne)osvědčily (2019), Dřevo a opravy historických budov I, II (2020, 2021), Obnova fasád z tvrdých omítek (2020), Opravy omítaných fasád (2021).

Obnova konkrétních objektů a restaurování uměleckých děl

Braunův Betlém u Kuksu (2000), Skalní reliéfy V. Levého (2001), Vízmburk (2001), Sloup N. Trojice v Olomouci (2001), Porta coeli (2002), Rumburská Loreta (2003), Katedrála sv. Petra a Pavla v Brně (2003), Nostický palác (2004), Zámecký skleník v Lednici (2004), Kaple sv. Martina, sv. Erharda a sv. Uršuly (2005), Areál kláštera františkánů v Kadani (2005), Areál kostela sv. Jana Nepomuckého ve Žďáru n. S. (2006), Refektář jezuitské koleje v Kutné Hoře (2007), Kostel P. Marie Na Náměti (2007), Staronová synagoga (2009), Restaurování ostatků sv. Reparata (2011), Restaurování Filozofického sálu Strahovské knihovny (2011), Moderní architektura 2. pol. 20. století (2012), Obnova zámku Skalička (2012).

Sborník přednášek z odborného semináře/webináře
Společnost pro technologie ochrany památek – STOP, z.s.

© **STOP** 2025

