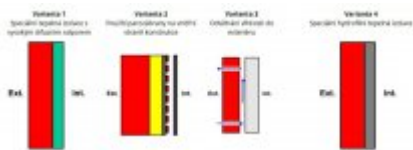


27. 7. 2016 | Autor: Ing. Tomáš Kupsa

Umístění tepelné izolace na vnitřní stranu obvodové konstrukce vede ke zvýšenému riziku kondenzace uvnitř konstrukce. Tepelná izolace má zpravidla nižší difuzní odpor než ostatní stavební konstrukce. Vodní pára tedy může skrze tepelnou izolaci snadno proniknout difuzí ke stavební konstrukci s vyšším difuzním odporem, kde je zároveň díky účinku tepelné izolace poměrně nízká teplota a vodní pára tedy může zkondenzovat. Ing. Kupsa, vedoucí specialista společnosti DEKPROJEKT, v článku srovnává několik variant konstrukčního řešení vnitřního zateplení podle několika vybraných kritérií.



Úvod

Zateplování stavebních konstrukcí tepelnou izolací je jedním ze základních postupů vedoucích ke snížení energetické náročnosti budov. Zateplení tepelným izolačním materiálem se zpravidla provádí z venkovní strany konstrukce, k čemuž existuje řada rozumných důvodů.

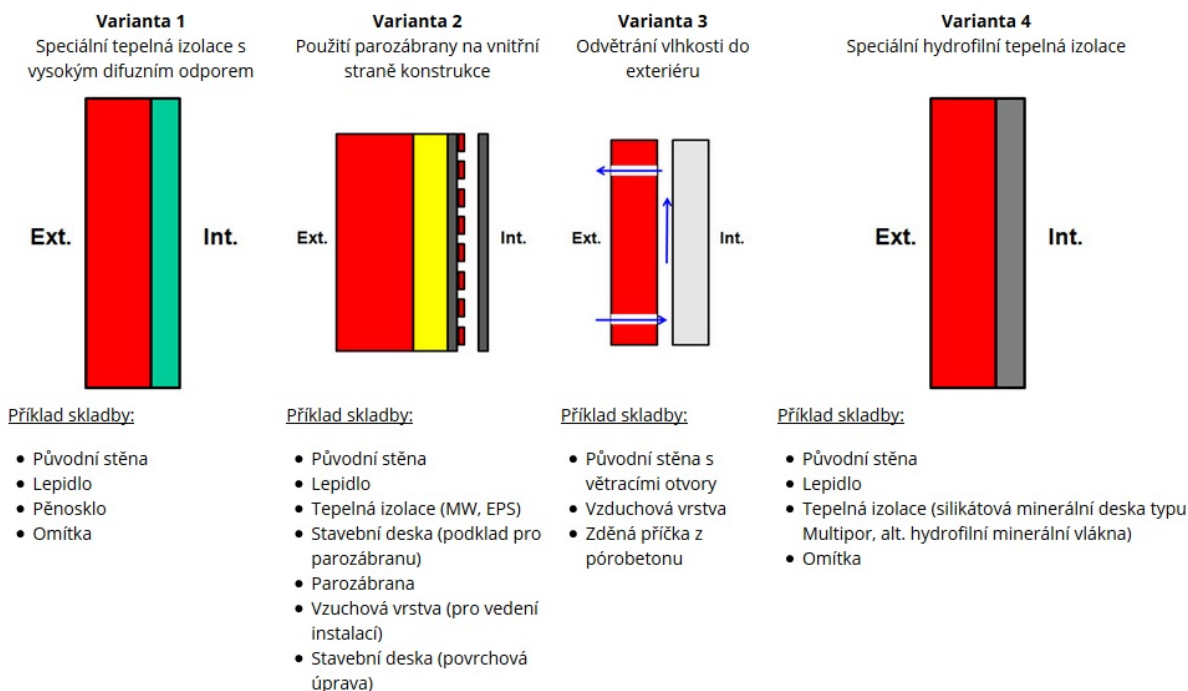
Ve vnitřním prostředí budov je zpravidla udržována vyšší teplota než v prostředí venkovním. Osoby užívající vnitřní prostředí produkují určité množství vlhkosti. K produkci vlhkosti vede také užívání různých zařizovacích předmětů, jako jsou umyvadla, toalety, varné konvice apod. Kombinace vyšší teploty a produkce vlhkosti ve vnitřním prostředí znamená vyšší parciální tlak vodní páry ve vzduchu vnitřním ve srovnání se vzduchem vnějším. Tlaky vodní páry v jednotlivých prostředích mají tendenci se vyrovnávat, proto dochází k transportu vodní páry difuzí skrze obalové konstrukce stavby, a to směrem z interiéru do exteriéru. Při transportu vodní páry skrze konstrukci hrozí, že vodní pára uvnitř konstrukce zkondenzuje. K tomu určitě dojde v případě, kdy v chladnější části konstrukce, blíže k exteriéru, je umístěna vrstva méně propustná pro vodní páru bránící vodní páře v pohybu. Z tohoto důvodu se pro návrh konstrukcí doporučuje uplatňovat pravidlo klesajícího difuzního odporu (resp. ekvivalentní difuzní tloušťky) jednotlivých vrstev od interiéru k exteriéru. Vzhledem k tomu, že tepelné izolace mají v konstrukci zpravidla nižší difuzní odpor než ostatní stavební materiály, je vhodné zateplení navrhovat z vnější strany konstrukce. Při vnějším zateplení tepelnou izolací je nosná konstrukce namáhána menšími teplotními rozdíly. Jsou také lépe eliminovány tepelné mosty napojení vnitřních stěn a stropů na obvodové konstrukce.

Ne vždy je ale možné konstrukce zateplovat z vnější strany. Důvody mohou být různé, například estetické nebo provozní. Z estetických důvodů určitě není zrovna vhodné zateplovat historickou fasádu. Z provozních důvodů bude asi komplikované zateplovat shora konstrukci pochozí tribuny fotbalového stadionu, pod kterou se nachází sprchy sportovců. V těchto případech přichází logicky do úvahy realizace vnitřního zateplení. V tomto článku chceme ukázat různá, principiálně odlišná, řešení vnitřního zateplení a nastínit úskalí, se kterými se u vnitřního zateplení musíme vypořádat.

Různá řešení vnitřního zateplení

Umístění tepelné izolace na vnitřní stranu obvodové konstrukce vede ke zvýšenému riziku kondenzace uvnitř konstrukce. Jak jsme si popsali již výše, tepelná izolace má zpravidla nižší difuzní odpor než ostatní stavební konstrukce. Vodní pára tedy může skrze tepelnou izolaci difuzí snadno proniknout ke stavební konstrukci s vyšším difuzním odporem, kde je zároveň díky tepelněizolačnímu účinku tepelné izolace poměrně nízká teplota a vodní pára tedy může zkondenzovat.

Kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce obecně můžeme bránit různými konstrukčními opatřeními. Můžeme například použít speciální tepelnou izolaci, která má velmi vysoký difuzní odpor, například pěnosklo. Průniku vodní páry do tepelné izolace můžeme také bránit umístěním vrstvy s velmi vysokým difuzním odporem ze strany interiéru – parozábrany. Alternativně můžeme vodní páru z rozhraní tepelné izolace a stavební konstrukce odvětrat do exteriéru umístěním vzduchové vrstvy propojené s venkovním prostředím. V neposlední řadě se můžeme rozhodnout pro použití tepelné izolace ze speciálních hydrofilních materiálů, které absorbují vzdušnou vlhkost, čímž snižují tlak vodní páry v konstrukci a snižují tedy riziko kondenzace. Jednotlivé varianty jsou schematicky naznačeny na obrázku [1].



Obr.[1] - Konstrukční řešení systémů vnitřního zateplení

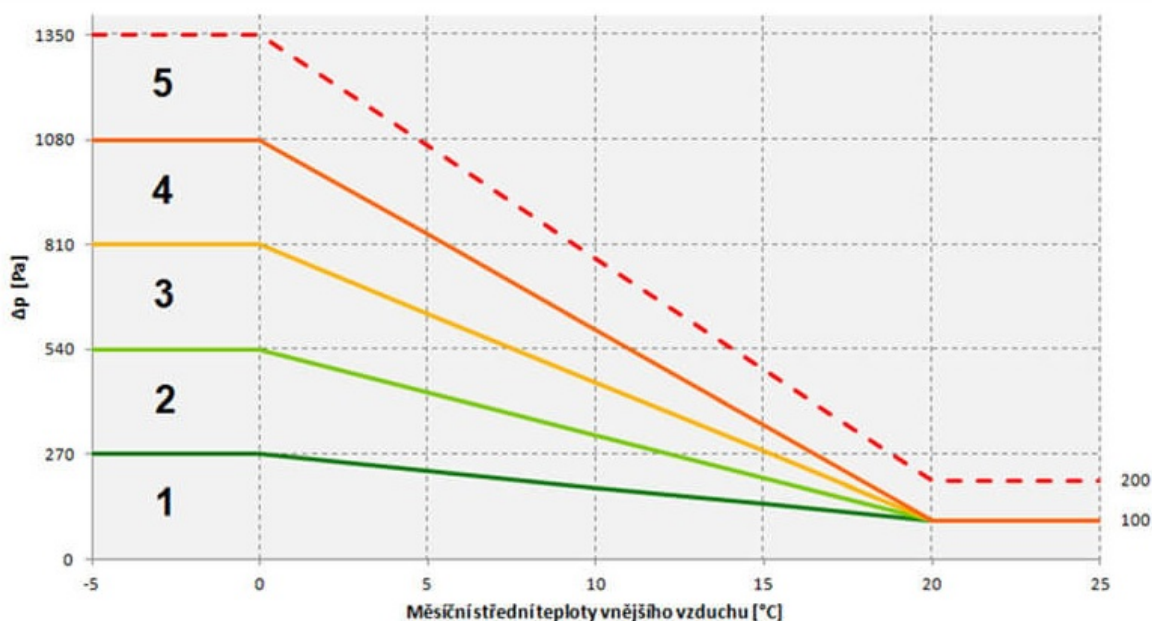
Hodnocení variant vnitřního zateplení

Podívejme se nyní na jednotlivá konstrukční řešení vnitřního zateplení z různých úhlů pohledu a zkusme tak nastínit výhody a nevýhody jednotlivých variant.

Riziko kondenzace uvnitř konstrukce

Riziko kondenzace uvnitř konstrukce záleží na řešení skladby vrstev, ale také na okrajových podmínkách, zejména na vlhkovém zatížení vnitřního prostředí. Vlhkostní podmínky vnitřního prostředí v ročním průběhu se zpravidla stanovují pomocí vlhkovostních tříd dle normy ČSN EN ISO 13788. Tato norma definuje 5 vlhkovostních tříd. Vlhkovostní třída 1 znamená nejnižší zatížení vlhkostí, vlhkovostní třída 5 nejvyšší.

Vlhkovostní třídy jsou charakterizovány přírůzkou k venkovnímu částečnému tlaku vodní páry na základě měsíční střední teploty vnějšího vzduchu dle diagramu na obrázku č. 2.

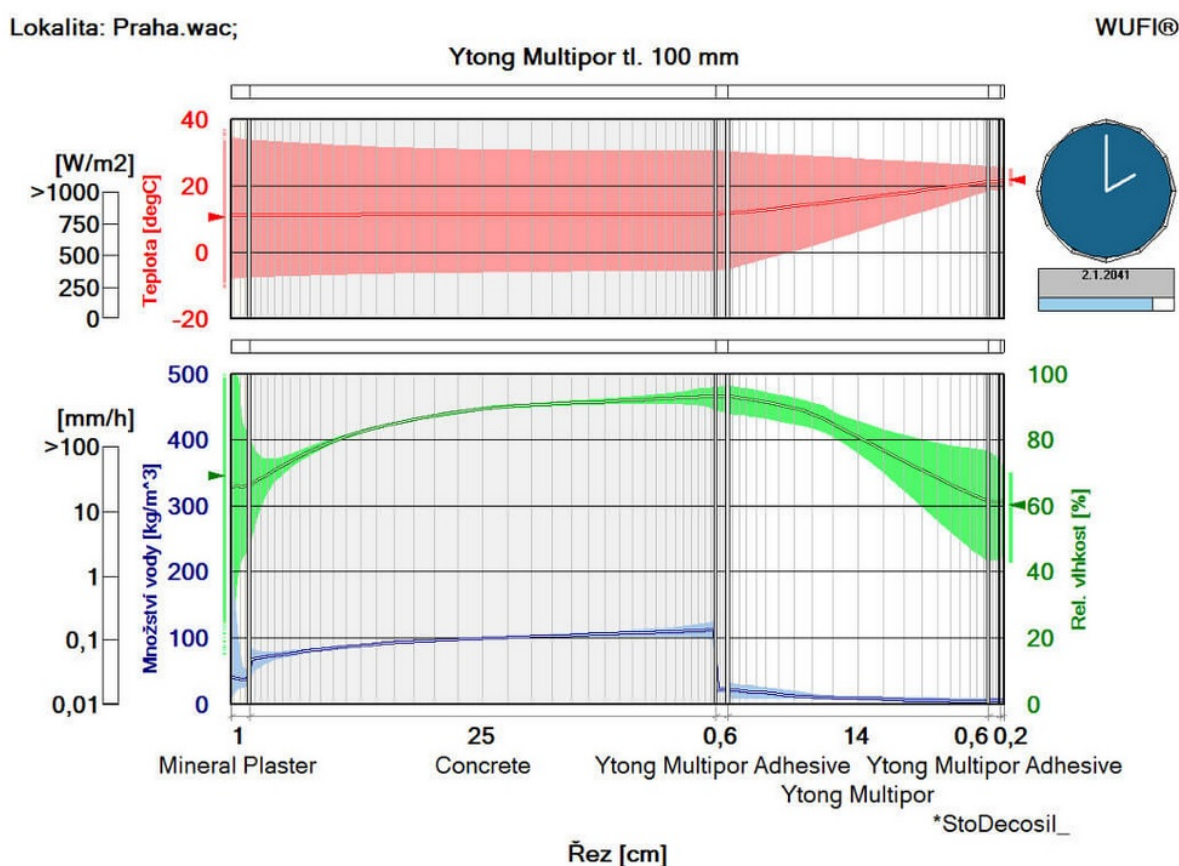


Obr.[2] - Vlhkovostní třídy dle ČSN EN ISO 13788

Norma ČSN 73 0540-3 stanovuje pro určování vlhkostního zatížení vnitřního prostředí poměrně přísnou podmínku. Uvádí, že prostory bez zvláštních požadavků na stav vnitřního prostředí, bez zvláštních vnitřních zdrojů vlhkosti, s relativní vlhkostí vzduchu $\phi \leq 60\%$, které jsou přirozeně větrané, by měly být posouzeny pro 4. vlhkostní třídu. Do této definice spadá většina prostředí obytných a občanských staveb.

Skladba ve variantě 1 s použitím tepelné izolace z pěnoskla, které má velmi vysoký faktor difuzního odporu, je pro 4. vlhkostní třídu velmi spolehlivá. Takováto skladba je použitelná i do prostředí s 5. vlhkostní třídou a dokonce i do prostředí, které má vlhkostní zatížení takové, že se pro něj ani vlhkostní třídy nepoužívají – např. bazén. Pro 4. vlhkostní třídu bude spolehlivá i skladba ve variantě 2, pokud použijeme pro parozábranu asfaltový pás. Při použití asfaltového pásu s hliníkovou vložkou může být skladba vyhovující i pro 5. vlhkostní třídu. Pro 4. vlhkostní třídu může být spolehlivá i skladba s větranou vzduchovou vrstvou (varianta 3). Zde záleží na intenzitě větrání vzduchové vrstvy. Pro 5. vlhkostní třídu je již skladba kvůli nárokům na dimenzi větracích otvorů prakticky nepoužitelná. Podobné omezení platí i pro variantu 4 s tepelnou izolací z hydrofilních materiálů umožňujících redistribuci vlhkosti. U této varianty hodně záleží na tloušťce tepelné izolace. Pokud je tloušťka tepelné izolace malá, nemá izolace dostatečnou kapacitu pro akumulaci vlhkosti v prostředí s vyšším vlhkostním zatížením. Skladby s tepelnou izolací z aerogelu, který je obvykle velmi tenký, je možné používat maximálně do 3. vlhkostní třídy. Skladby se silikátovou minerální deskou typu Multipor s větší tloušťkou izolace je již možné spolehlivě navrhnout i pro 4. vlhkostní třídu.

Skladby ve variantách 1 - 3 je možné tepelnětechnicky posuzovat běžnými výpočetními postupy dle ČSN EN ISO 13788 a ČSN 73 0540-4, které vycházejí z Glaserovy metody. Jedná se o jednoduchou výpočtovou metodu, využívající ustálené okrajové podmínky. Tento výpočetní postup využívá například DEKSOFT program TEPELNÁ TECHNIKA 1D. U konstrukcí s použitím kapilárně aktivních materiálů (varianta 4) vede použití této metody k výrazně horšímu hodnocení konstrukce. Pro posuzování těchto konstrukcí je nutné využít pokročilejších výpočtových metod podle ČSN EN 15026. V takových případech musí být výpočtem roční bilance prokázáno, že se hmotnostní vlhkost žádné z vrstev konstrukce trvale nezvyšuje. Současně musí být prokázáno, že roční množství z kondenzované vodní páry neohroží funkci konstrukce. Pro výpočty dle ČSN EN 15026 se používá například program WUFI Pro.



Obr.[3] – Příklad výsledků simulace v programu WUFI Pro

Stavební konstrukce nejsou určeny k větrání vnitřních prostorů. Pokud jsou stavební konstrukce nevzduchotěsné, lze předpokládat nadměrné tepelné ztráty vlivem neřízeného větrání a tedy i vyšší náklady na vytápění. Zároveň hrozí i vlhkostní poruchy. Může docházet ke kondenzaci nebo růstu plísní na vnitřních površích konstrukcí vlivem ochlazování těchto povrchů pronikajícím chladným venkovním vzduchem do konstrukce. V neposlední řadě může docházet ke kondenzaci uvnitř konstrukce vlivem průniku teplého vlhkého vzduchu k chladným částem konstrukce. Z těchto důvodů norma ČSN 73 0540-2 (Tepelná ochrana budov: Požadavky) v obvodových konstrukcích nepřipouští netěsnosti a neutěsněné spáry, kromě funkčních spár výplní otvorů a funkčních spár lehkých obvodových plášťů. Všechna napojení konstrukcí mezi sebou musí být dle normy provedena trvale vzduchotěsně podle dosažitelného stavu techniky.

Předpokládejme, že většina nezateplených stavebních konstrukcí je spolehlivě vzduchotěsná – např. omítnutá cihelná stěna. Zateplení této konstrukce tepelnou izolací, ať už z vnitřní nebo vnější strany nemá na parametr vzduchotěsnosti vliv. Pokud je stěna vzduchotěsná bez tepelné izolace, bude vzduchotěsná i s ní. Výjimku tvoří varianta vnitřního zateplení č. 3, kde vzduchotěsnost původní stěny narušujeme realizací větracích otvorů pro odvětrání vzduchové vrstvy. Tato varianta je tedy z hlediska vzduchotěsnosti riziková. Při návrhu a realizaci této varianty je tedy nutné myslet na to, že vnitřní zateplení musí být naprosto vzduchotěsné.

„Zábor“ užitého prostředí

Vnitřní zateplení má obecně nevýhodu spočívající ve snížení užitné plochy vnitřních prostor. Jednotlivé varianty řešení můžeme tedy hodnotit z hlediska toho, zda snižují užitnou plochu více či méně. Z uvedených variant užitnou plochu při stejné úrovni zateplení nejméně snižují varianty 1 a 4. Užitná plocha se v jejich případě snižuje prakticky jen o tloušťku samotného tepelného izolantu. O něco větší část užitné plochy zabírá zateplení ve variantě 2. Je to dáno vzduchovou vrstvou mezi parozábranou a povrchovou úpravou. Bezkonkurenčně největší zábor vnitřního prostředí je spojen s variantou 3. Zděná konstrukce z pórobetonu má přibližně třikrát vyšší tepelnou vodivost, než má běžná tepelná izolace. Pro zajištění stejného tepelného odporu konstrukce je tedy potřeba výrazně vyšší tloušťky materiálu. Nezanedbatelný je také fakt, že do tepelného odporu konstrukce u varianty 3 nelze započítat původní stěnu, neboť na její vnitřní povrch přivádíme venkovní vzduch. Tloušťka obvodové konstrukce se navíc zvyšuje o vzduchovou vrstvu.

Náročnost realizace

Z hlediska náročnosti realizace jsou srovnatelné varianty 1 a 4. V obou případech se jedná o realizaci tepelné izolace přímo na stěnu a následnou realizaci omítky. Pro realizaci zateplení z pěnoskla i hydrofilních kapilárně aktivních izolací se používají systémová lepidla i omítky. Jistě složitější z pohledu realizace je varianta 2, tedy varianta s parozábranou a předstěnou. Oproti výše uvedeným variantám musíme k instalaci tepelné izolace na původní stěnu přidat také realizaci podkladu pro parozábranu, realizaci samotné parozábrany a také konstrukce předstěny. Zřejmě nejnáročnější na realizaci bude varianta 3. Musí se prorazit otvory v původní stěně pro větrání vzduchové vrstvy a zrealizovat nová stěna ze strany interiéru včetně povrchové úpravy.

Možnost realizace prostupů a instalací

Realizaci prostupů, jako je například kotvení otopných těles do stěny nebo vedení elektroinstalací či jiných rozvodů, prakticky neumožňuje varianta 1 s pěnosklem. Veškeré tyto prostupy a vedení instalací degradují difuzní vlastnosti pěnoskla. Tyto problémy je možné eliminovat realizací předstěny, ale za cenu dalšího navýšení nákladů. Tímto se také přibližujeme k řešení dle varianty 2. Tato varianta je naopak z hlediska možnosti kotvení různých těles do stěny a vedení instalací ve stěně vhodná. Veškeré instalace je možné vést vzduchovou vrstvou, která je umístěna z pohledu interiéru před parozábranou. Vhodná je i varianta 3, se stěnou z pórobetonových tvárníc. Do tvárníc je možné kotvit i v nich vést instalace. O něco méně vhodná je varianta 4. U tenkých vrstev tepelné izolace, například z aerogelu je vedení instalací prakticky nemožné. U silikátových minerálních desek typu Multipor to již možné je.

Cena

Nedražší variantou bude zcela jistě varianta 1 s pěnosklem. Srovnatelná bude zřejmě cena realizace předstěny z pórobetonových tvárníc (varianty 3) s realizací zateplení z hydrofilních kapilárně aktivních materiálů (varianta 4). O něco dražší bude varianta 2 s realizací parozábrany a předstěny.

Eliminace tepelných mostů napojení vnitřních stěn a stropů

Z hlediska tohoto kritéria žádná z variant vnitřního zateplení nemůže vyjít dobře. Vnitřním zateplením v principu není možné přerušit napojení vnitřních stropů a vnějších na konstrukce obálky budovy. Vznikají tím významné tepelné mosty, které je nutné eliminovat zateplením plochy vnitřních konstrukcí do určité vzdálenosti od konstrukcí obálky budovy – např. 0,5 m. Toto řešení samozřejmě není zrovna estetické. O něco lépe je možné tyto tepelné mosty eliminovat vnitřním zateplením ve variantách 1 a 4. Tepelnou izolaci použitou v ploše můžeme snadno použít i na vnitřních stěnách, stropech, případně i v podlahách. Nemění se ani povrchová úprava. U ostatních variant je realizace zateplení na vnitřních konstrukcích odlišná od řešení v ploše obvodové konstrukce.

Orientační vyhodnocení

Pokud chceme jednotlivé varianty řešení vnitřního zateplení mezi sebou alespoň orientačně porovnat, můžeme jednotlivým variantám na základě argumentů výše uvedených přiřadit hodnocení pro popsaná kritéria. Zvolili jsme čtyřstupňové hodnocení. Samozřejmě bychom mohli posuzovat jednotlivé varianty i z hlediska dalších kritérií nebo bychom mohli jednotlivým kritériím přiřazovat různou váhu. Pro jednoduchost jsme zůstali u přiřazení 0-3 hvězdiček, kde 0 hvězdiček znamená nejhorší hodnocení a 3 hvězdičky nejlepší hodnocení. Je zřejmé, že toho hodnocení je značně subjektivní, přesto nám základní porovnání poskytlo.

Z výsledků v tabulce č. 1 se jeví nejvýhodněji varianta s hydrofilními kapilárně aktivními materiály. Varianta je sice spojena se složitějším a dražším návrhem, neboť je k tepelnětechnickému posouzení nutné použít pokročilejších výpočtových metod a tedy dražších výpočetních programů, ale tato varianta nemá vyloženě negativní hodnocení v žádném z hodnocených kritérií. Bude se zřejmě jednat o vhodný kompromis pro většinu prostorů, které mají spíše nižší vlhkostní zatížení.

Variantu 1 s pěnosklem zřejmě naopak využijeme v případech vnitřního prostředí s vysokým vlhkostním zatížením, kde ostatní varianty naráží na své limity. Bude to ale na úkor horších možností vedení elektroinstalace a jiných rozvodů stěnou a bude se jednat o poměrně drahou variantu.

Pro rozvody elektroinstalací a jiných rozvodů stěnou je naopak vhodná varianta 2 s parozábranou a předstěnou.

Varianta 3 se zděnou předstěnou a provětrávanou vzduchovou vrstvou vychází z hodnocení nejhůře. Tato varianta řešení zřejmě najde uplatnění ve speciálních případech, například při přestavbě větších, původně nevytápěných objektů, s vlhkými stěnami velké tloušťky, na jiný účel užívání. Stěny takovýchto objektů může být velmi složité chránit před vzlínající vodou z podloží. Tloušťka stěn neumožní podříznutí a ztěžuje i jiné způsoby sanace. Při kontaktním zateplení by hrozilo, že se v průběhu užívání objektu projeví vlhkostní problémy na vnitřních površích. Z tohoto důvodů může být realizace nové nezávislé stěny oddělené od té původní provětrávanou vzduchovou vrstvou vhodnou variantou.

| Kritérium | Varianta 1 | Varianta 2 | Varianta 3 | Varianta 4 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Riziko kondenzace uvnitř konstrukce | ★★★ | ★★☆ | ★☆☆ | ★☆☆ |
| Vzduchotěsnost | ★★★ | ★★★ | ★★☆ | ★★★ |
| Zábor vnitřního prostředí | ★★☆ | ★☆☆ | ☆☆☆ | ★★☆ |
| Náročnost realizace | ★★☆ | ★☆☆ | ☆☆☆ | ★★☆ |
| Možnost realizace prostupů a instalací | ☆☆☆ | ★★★ | ★★★ | ★★☆ |
| Cena | ☆☆☆ | ★☆☆ | ★★☆ | ★★☆ |
| Eliminace tepelných mostů napojení vnitřních stěn a stropů | ★☆☆ | ☆☆☆ | ☆☆☆ | ★☆☆ |
| Celkový počet hvězdiček | 11 | 11 | 8 | 13 |

Závěr

Obecně je možné říci, že vnitřní zateplení objektů není technicky zrovna ideální řešení. Pokud je možné se mu vyhnout, je vhodné to udělat. Pokud je zateplení konstrukce nezbytné a zateplení z vnitřní strany je jedinou možností, pak je potřeba věnovat návrhu dostatečnou pozornost a spolupracovat při návrhu s odborníky. Neexistuje univerzální nejvhodnější varianta řešení vnitřního zateplení. Každé řešení má své výhody, ale také své nevýhody. Pro různé varianty řešení se také nedají vždy využít stejné výpočtové metody pro tepelnětechnické posouzení.

