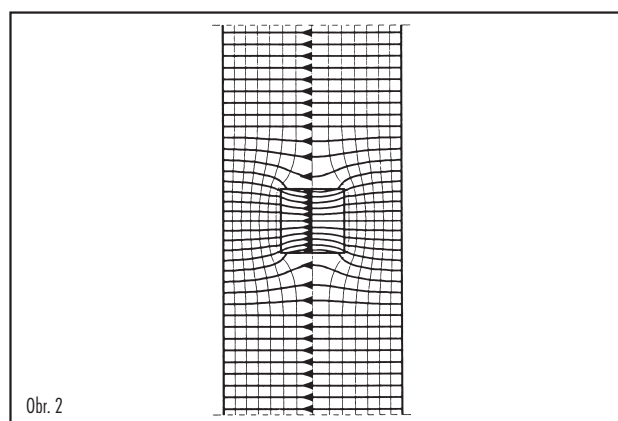
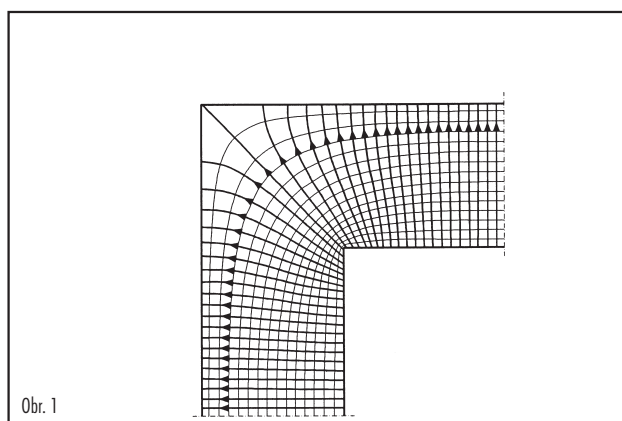


Obecně

Tepelné mosty jsou části stavebních konstrukcí, ve kterých dochází z důvodů materiálových nebo konstrukčních k vyšším ztrátám tepla než v okolních stavebních konstrukcích. Tyto zvýšené ztráty tepla mají za následek snížení vnitřních povrchových teplot v oblasti tepelného mostu.

Rozlišujeme tepelné mosty geometrické a tepelné mosty podmíněné materiálem, přičemž se v praxi ve většině případů vyskytuje kombinace obou druhů. Typickými příklady čistě geometrického tepelného mostu jsou rohy a hrany stěn; tepelný most podmíněný pouze materiálem je například tepelně stejnorodá konstrukce stěny, která je lokálně narušena materiálem s vyšší tepelnou vodivostí. Například u napojení balkónových desek na stropní konstrukce se jedná o kombinaci geometrického tepelného mostu (efekt ochlazovaných žeber) a tepelného mostu podmíněného materiálem (zdivo / železobeton). Také tepelný most u paty zdiva je podmíněn jak geometrií, tak i materiálem.

Tepelný tok proudící přes tepelný most je tím vyšší, čím vyšší je rozdíl mezi vnitřní a vnější teplotou vzduchu.



Izočáry tepelného toku (s šipkami) a izotermy u vnějšího rohu budovy (obr. 1; čistě geometrický tepelný most) a u lokálního narušení tepelně stejnorodé stavební konstrukce materiálem s vyšší tepelnou vodivostí (obr. 2; tepelný most podmíněný čistě materiálem). Izočáry tepelného toku a izotermy jsou na sebe vždy navzájem kolmé.

Zvýšená ztráta tepla v oblasti tepelného mostu má z hlediska tepelné techniky následující důsledky:

► Zvýšení spotřeby topné energie

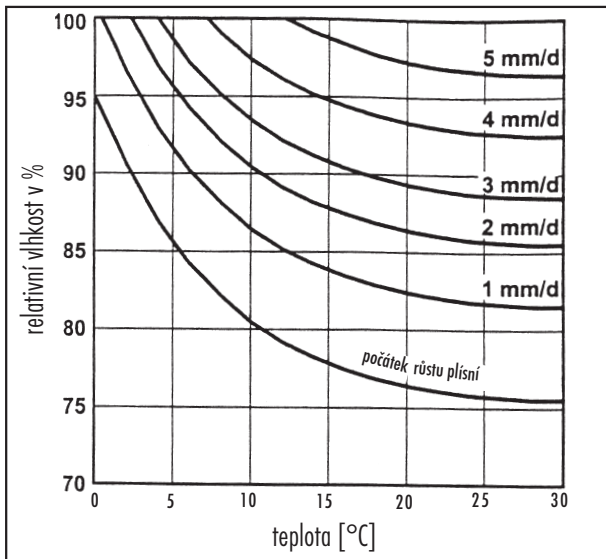
K udržení stálé vnitřní teploty vzduchu musí být vynaloženo zvýšené množství energie, což s sebou nutně přináší nárůst nákladů na vytápění. Zde je důležité si uvědomit, že zhruba polovina celkové energetické spotřeby domácností připadá na vytápění místností a že se tepelné mosty mohou až z jedné třetiny podílet na tepelných ztrátách budovy.

► Nebezpečí růstu plísní a vzniku povrchové kondenzace

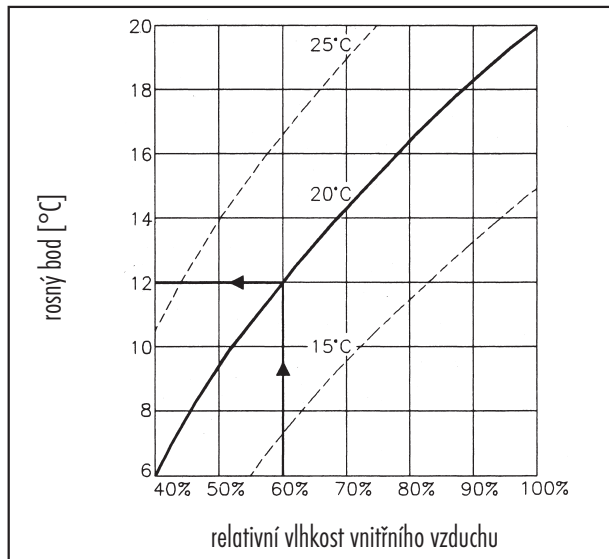
Následkem snížení vnitřních povrchových teplot konstrukce dochází ke zvýšení relativní vlhkosti vzduchu v těsné blízkosti tepelného mostu. Tím se zvyšuje riziko růstu plísní (viz graf 1 na str. 4). Jakmile klesne nejnižší povrchová teplota konstrukce pod teplotu rosného bodu, dojde ke kondenzaci vodní páry na povrchu konstrukce (viz graf 2 na str. 4), což může mít za následek vážné stavební poruchy.

STAVEBNÍ FYZIKA

Tepelné mosty



Graf 1: Křivky znázorňují růst plísní na tapetách v závislosti na vlhkosti a teplotě povrchu (růst je dán v mm za den). Zdroj: Fraunhofer institut pro stavební fyziku, Stuttgart.



Graf 2: Závislost teploty rosného bodu na relativní vlhkosti vnitřního vzduchu za různých teplot vnitřního vzduchu. Z grafu je patrné, že při běžné teplotě a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu (teplota 20°C, relativní vlhkost < 60 %) dochází již při povrchové teplotě 12°C ke kondenzaci vodní páry na povrchu stavební konstrukce (šipka).

Vysrážení vody, tj. kondenzace vodní páry, je z fyzikálního hlediska zcela běžný jev: Teplý vzduch je schopen pojmout mnohem více vlhkosti než vzduch studený. Např. vzduch o teplotě 20°C pojme až 17,3 g/m³ vody, zatímco vzduch o teplotě 10°C je schopen vázat pouze 9,4 g/m³ vody. Pokud tedy dojde k silnému ochlazení teplého vlhkého vzduchu, voda obsažená ve vnitřním vzduchu zkondenzuje, a to především na obzvlášť chladných vnitřních plochách. Pokud je povrchová teplota stavební konstrukce nižší než teplota rosného bodu vzduchu v těsné blízkosti konstrukce, vysráží se vodní pára ze vzduchu jako kondenzát na povrchu stavební konstrukce, a tím vzniká ideální živná půda pro plísně. Spory četných druhů plísní mohou způsobit vážná onemocnění dýchacích cest. Na suchých podkladech jsou plísně neškodné, neboť k růstu potřebují vlhkost a živiny. Obzvlášť velké riziko vzniku plísní vykazují přirozeně především obytné budovy. Zde se nalézají ideální podmínky pro jejich růst. Tepelné mosty v těchto budovách proto výrazně přispívají k vytváření plísní. V tomto případě je nezbytně nutné, aby došlo k termickému přerušení mezi vnějšími stavebními konstrukcemi a budovou.

Stavebně energetické vlastnosti budovy

V současnosti platná norma ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov zavádí standard nízké energetické náročnosti u novostaveb. Tento požadavek na vysokou úroveň tepelné izolace nás nutí věnovat zvláštní pozornost tepelným mostům, neboť účinné tepelné izolace obálky budovy lze dosáhnout jen za předpokladu účinného řešení problematiky tepelných mostů. Proto je požadováno jasné zohlednění tepelných mostů při zjišťování energetické náročnosti budov. V této souvislosti sledujeme následující veličiny.

Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H_T [W/K], která se stanoví buď zjednodušeným postupem ze vztahu:

$$H_T = \sum(A_i \cdot U_i \cdot b_i) + A \cdot \Delta U_{t_{bm}}$$

kde $\sum(A_i \cdot U_i \cdot b_i)$ popisuje ztrátu tepla přes všechny rovinné stavební části (stěny, stropy atd.) v obálce budovy s U_i [W/m²K] jako činitelem prostupu tepla i -té konstrukce včetně vlivu tepelných mostů s plochou vztahenou na vnější rozměry A_i [m²] a činitelem teplotní redukce b_i (bezrozměrný - má hodnotu buď 1 či se stanovuje odhadem, nebo výpočtem - blíže v ČSN 73 0540-4 odd. H.2.2). A [m²] je celková plocha obálky budovy a $\Delta U_{t_{bm}}$ [W/m²K] je přírůžka zahrnující tepelné mosty paušálně.

U tradičních budov stavěných z materiálů s U-hodnotami jednotlivých konstrukcí okolo 1,0 W/m²K a vyššími lze průměrné zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných vazeb mezi konstrukcemi v rámci budovy určit:

$$\Delta U_{t_{bm}} \approx 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

Velmi přibližně lze celkový průměrný vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi stanovit expertním odhadem:

- budovy s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami $\Delta U_{t_{bm}} \approx 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- budovy s mírnými tepelnými vazbami (typové či opakované řešení) $\Delta U_{t_{bm}} \approx 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- budovy s běžnými tepelnými vazbami (standardní řešení) $\Delta U_{t_{bm}} \approx 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- budovy s výraznými tepelnými mosty (zanedbané řešení) $\Delta U_{t_{bm}} \approx 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ a více.

Přesnější možností prokazování tepelných mostů je výpočet s použitím činitelů prostupu tepla. Vypočtené výsledné hodnoty součinitele prostupu tepla jsou pak podstatně nižší. Důležité je provést u tepelných mostů účinná tepelně izolační opatření, např. prvky Schöck Novomur[®], nebo Schöck Isokorb[®].

Platí potom:

$$H_T = \sum(A_i \cdot U_i \cdot b_i) + \sum(\psi_i \cdot l_i \cdot b_i) + \sum(\chi_i \cdot b_i)$$

Hodnota ψ_i [W/mK] je lineární činitel prostupu tepla pro délku l_i [m] i -té lineární tepelné vazby vztahený na vnější rozměry. Hodnota χ_i [W/m²K] je bodový činitel prostupu tepla i -té bodové tepelné vazby.

STAVEBNÍ FYZIKA

Tepelné mosty

Dle uvedených hodnot se může úroveň tepelně-izolačních vlastností budovy zhoršit z cca 95 % (u staveb s důsledně optimalizovanými tepelnými mosty) na cca 70 % (u staveb s výraznými tepelnými mosty). To je pak nutno kompenzovat nákladnými přídatnými opatřeními, jako je např. zvětšení tloušťky tepelně-izolační vrstvy obvodových stěn.

Hodnoty ψ při provedení izolace tepelných mostů pomocí prvků Schöck Novomur[®] pro různé konstrukce jsou uvedeny na str. 14 a 20. Pomocí těchto hodnot lze velmi snadno provést přesné prokázání tepelných mostů a doložit tak snížení měrné tepelné ztráty konstrukce postupem tepla na minimum.

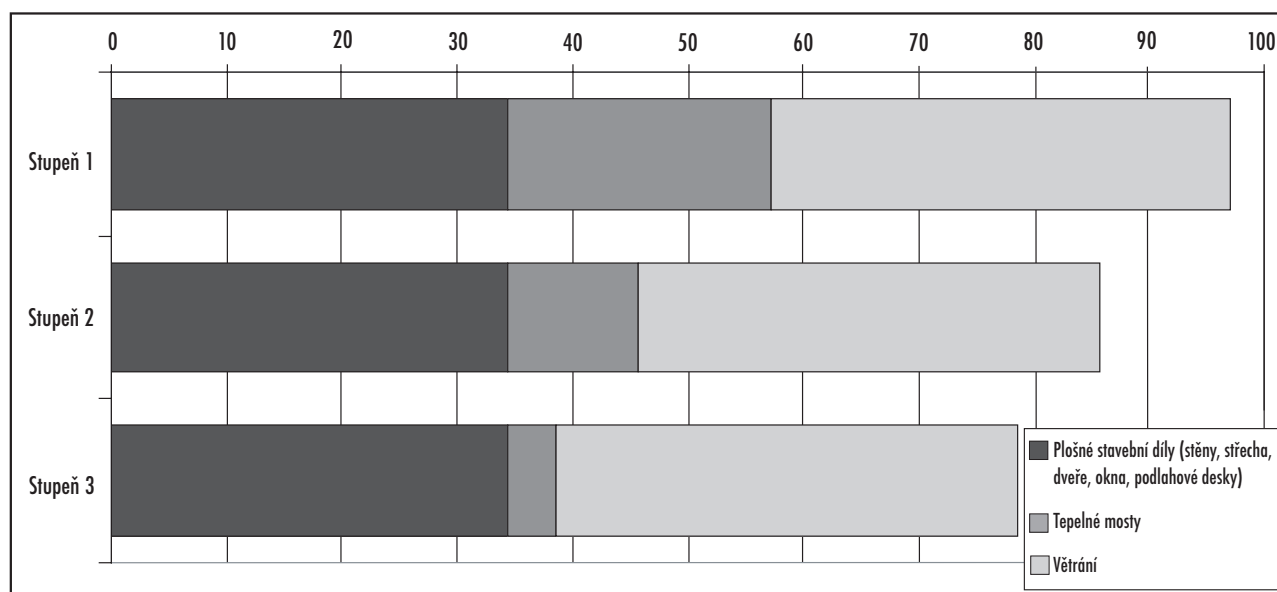
V Německu se podle Nařízení o úsporách energie EnEV dělí vliv tepelných vazeb na 3 stupně, přičemž v prvních dvou stupních se uvažují paušální hodnoty.

Stupeň 1 - $\Delta U_{tb} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - zhoršení průměrného součinitele prostupu tepla dosáhne až 30%

Stupeň 2 - $\Delta U_{tb} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - toto odpovídá cca 15% zhoršení

Stupeň 3 - ΔU_{tb} se stanovuje přesným výpočtem a lze hovořit o max. zhoršení o 5%

Znárodnění podílu měrných tepelných ztrát prostupem a větráním při roční spotřebě primární energie v kWh/(m²·a)



Graf 3: Vlivy tepelných mostů na bilanci tepelné energie podle německého Nařízení o úsporách energie EnEV v závislosti na stupni ověření tepelných mostů na příkladu typického bytového domu (zdroj: „Bauphysik“, sešit 1, 02/2002).

Vlhkostní poruchy stavebních konstrukcí v obytných prostorech

► Vlhká místa na vnitřním povrchu stěn

způsobují škody na tapetách či omítce i dřevěných obkladech a vedou ke zvýšenému usazování prachu. Prachové usazeniny jsou ideální živnou půdou pro plísně.

► Napadení plísněnými škůdci

Na těchto vlhkých místech vzniká nebezpečí napadení plísněnými škůdci. Plísně v obytných místnostech jsou nejen hygienickým problémem, nýbrž i nebezpečím pro zdraví, jelikož jejich spory, uvolňované do ovzduší, způsobují onemocnění dýchacích cest. Plísně nevznikají teprve až po vysrážení povrchového kondenzátu, ale již dříve, jelikož vlhkosti nutné k jejich růstu je v důsledku fyzikálního jevu zvaného kapilární kondenzace dosaženo již při vyšších povrchových teplotách, než je teplota rosného bodu. Jakmile jednou dojde k napadení plísněmi, stačí pro udržení jejich fyziologických funkcí i nepatrná vlhkost.

► Další zhoršení tepelné izolace

Vlhké zdivo má relativně vysokou tepelnou vodivost, což má za následek další snížení povrchové teploty a vede k dalšímu zhoršení tepelně vlhkostních poměrů.

► Zhoršení pohody vnitřního prostředí

U zdí s vysokou vlhkostí lze i navzdory stálému vytápění jen obtížně dosáhnout náležité pohody vnitřního prostředí.



Príklady napadení plísněnými škůdci v oblasti tepelných mostů.



TEPELNÝ MOST U PATY ZDIVA

Srovnání různých způsobů provedení tepelné izolace

Nezateplená pata zdiva

Pokud není u paty zdiva provedena přídavná tepelná izolace, dochází v místě mezi izolací obvodové stěny a izolací položenou na stropní konstrukci suterénu k přerušení tepelně izolační obálky budovy (viz obr. 1a). Jelikož se cihelné zdivo vyznačuje vysokou tepelnou vodivostí ve svislém směru ($\lambda \approx 1,0 \text{ W/(mK)}$), dochází u paty zdiva k vzniku masivního tepelného mostu (viz obr. 1b).

Důsledky:

- ▶ Zvýšení tepelných ztrát, a tím zvýšení nákladů na vytápění
- ▶ Pokles vnitřní povrchové teploty, a tím riziko tvoření kondenzátu a vzniku plísní (stavební škody)!

Zavedení tepelné izolace pod úroveň terénu

Za účelem omezení vlivu tepelného mostu u paty zdiva se tepelná izolace obvodové stěny často zapouští hluboko pod úroveň terénu (viz obr. 2a). Toto opatření je spojeno s ne zrovna zanedbatelnými náklady, a přitom je dosažený tepelně izolační efekt neuspokojivý (viz obr. 2b). Zapuštěním tepelné izolace do větší hloubky h než zhruba 0,5 m se tepelně izolační účinek tohoto opatření již dále nezvyšuje (viz obr. 5).

Zateplení prvky Schöck Novomur® a Novomur® light

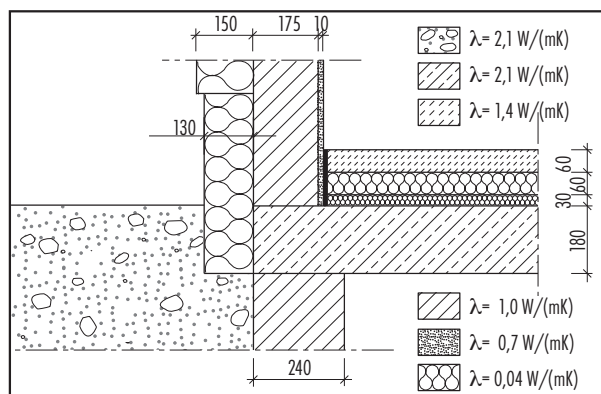
Nosné tepelně izolační prvky Schöck Novomur® a Novomur® light vyplňují mezeru mezi tepelnou izolací obvodové stěny a izolací položenou na stropní konstrukci suterénu (viz obr. 3a). Tím vznikne souvislé a velmi účinné tepelně-izolační předělení (viz obr. 3b).

Důsledky:

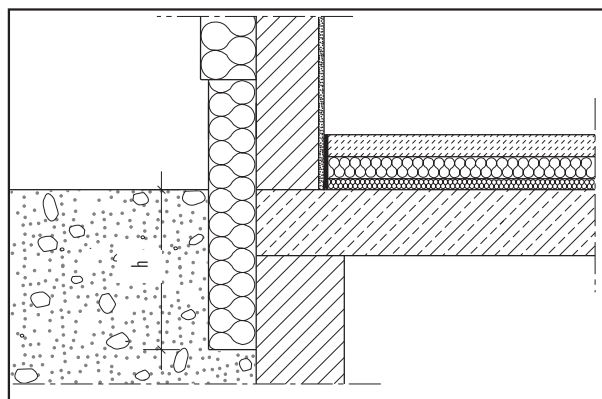
- ▶ Zmenšení tepelných ztrát na minimum, a tím snížení nákladů na vytápění
- ▶ Výrazné zvýšení vnitřní povrchové teploty nad kritickou teplotu rosného bodu
- ▶ Odstranění rizika vzniku plísní a tvoření kondenzátu
- ▶ Zdravé vnitřní prostředí

Teoretický případ ideálního zateplení paty zdiva

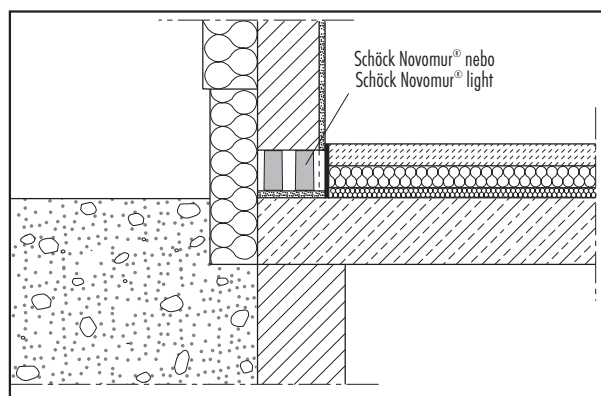
Pro srovnání tepelně izolačního účinku výše popsaných konstrukčních detailů je navíc uveden teoretický ideální případ dokonale souvislé vrstvy tepelné izolace (viz obr. 4a a 4b). V praxi toto opatření ovšem není realizovatelné.



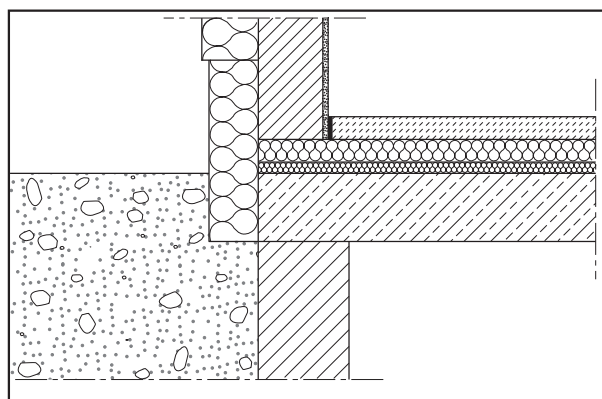
Obr. 1a: Detail nezateplené paty zdiva



Obr. 2a: Detail zapuštění izolace pod úroveň terénu



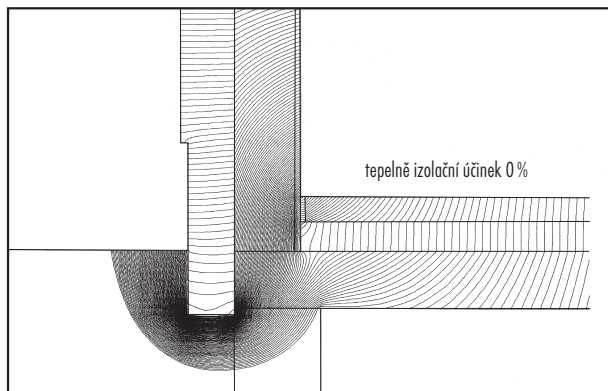
Obr. 3a: Detail zateplení prvky Schöck Novomur® nebo Novomur® light



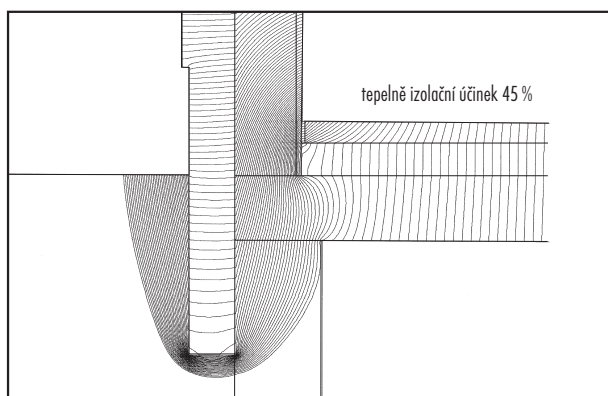
Obr. 4a: Teoretický případ ideálního zateplení paty zdiva

TEPELNÝ MOST U PATY ZDIVA

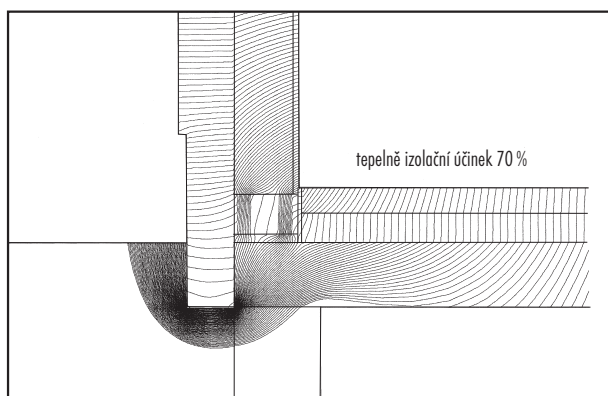
Srovnání různých způsobů provedení tepelné izolace



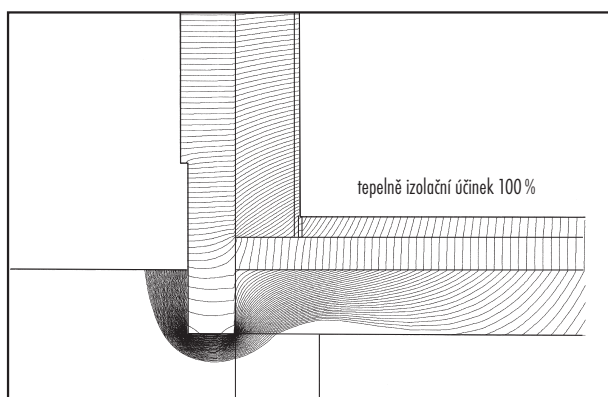
Obr. 1b: Izočáry tepelného toku u nezateplené paty zdiva



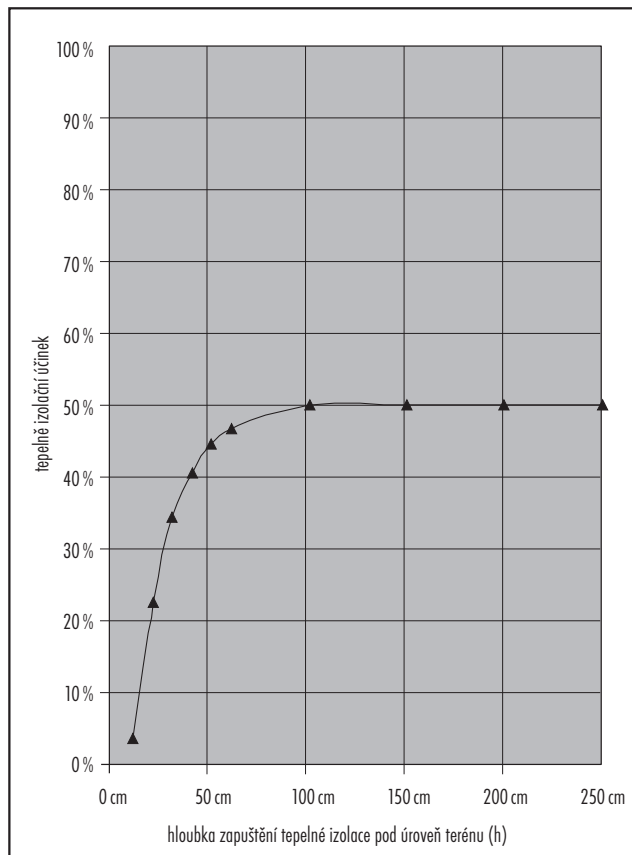
Obr. 2b: Izočáry tepelného toku u zavedení izolace pod úroveň terénu



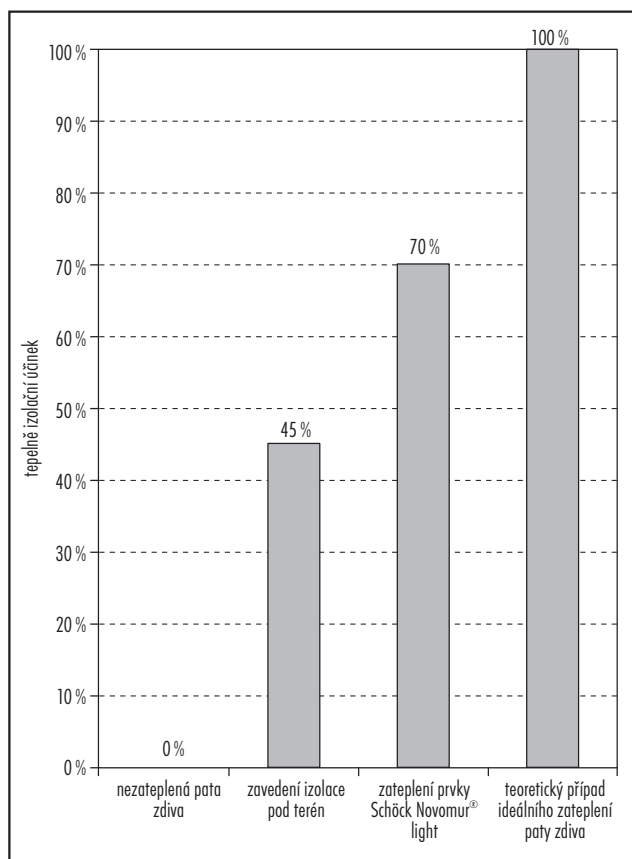
Obr. 3b: Izočáry tepelného toku u zateplení prvky Schöck Novomur® light



Obr. 4b: Izočáry tepelného toku u teoretického případu ideálního zateplení paty zdiva



Obr. 5: Tepelně izolační účinky při zapuštění tepelné izolace pod úroveň terénu



Obr. 6: Srovnání tepelně izolačních účinků výše popsaných způsobů provedení

TEPELNÝ MOST U PATY ZDIVA

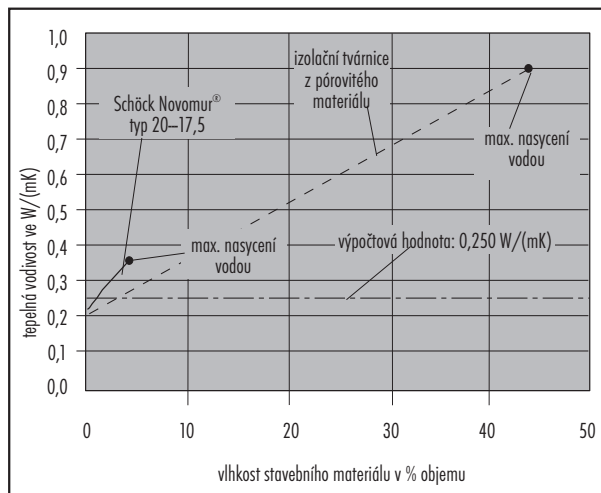
Vlhkost stavebních konstrukcí a tepelně izolační vlastnosti

Skutečná hodnota tepelné vodivosti stavebního materiálu, a tedy i schopnost tepelně izolovat, je velkou měrou závislá na jeho vlhkosti: Čím vlhčí je materiál, tím vyšší je jeho tepelná vodivost a tím nižší je jeho tepelně izolační účinek. Například u izolačních tvárnic z pórovitých materiálů stoupá s přírůstkem vlhkosti o 1 % objemu hodnota tepelné vodivosti o 8 % (viz obr. 7). Během stavby dochází k zabudování velkého množství vlhkosti do zdiva. Zejména první vrstva cihel nad stropem suterénu je vystavena vysoké vlhkosti vlivem vody stojící na stropu suterénu či vlivem prudkých srážek dopadajících šikmo k rovině fasády.

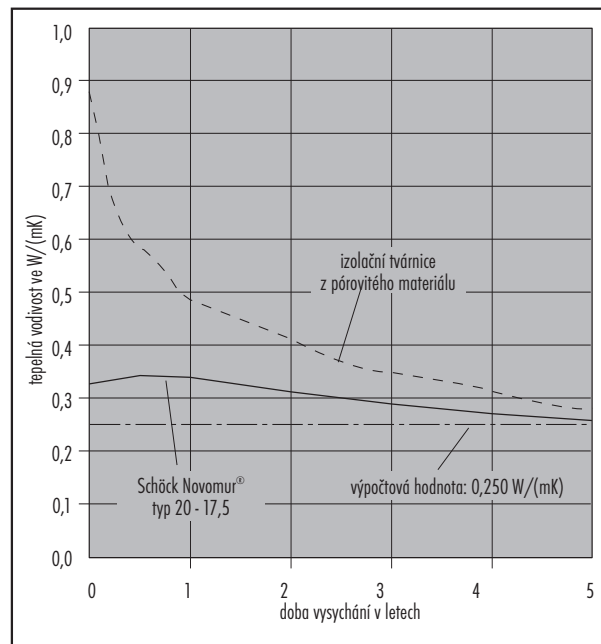
Cihly, které jsou užity v první vrstvě zdiva, mohou následkem vztlácnosti v některých místech provlhnout až k úplnému nasycení. Tato první provlhlá vrstva má mnohem vyšší tepelnou vodivost, než je výpočtová hodnota tepelné vodivosti λ_{10} , která je udávána v technických listech (λ_{10} odpovídá tepelné vodivosti stavebního materiálu, která je měřena za typických vlhkostních podmínek). U izolačních tvárnic z pórovitých materiálů se může maximální množství vlhkosti, které je materiál schopen pojmout, pohybovat mezi 45 a 80 % objemu dle druhu tvárnice. Po zabudování je proto nutno počítat s velmi vysokou tepelnou vodivostí $\lambda \approx 0,9 \text{ W}/(\text{mK})$ (viz obr. 7).

Vlhkost zabudovaná do konstrukce během výstavby může ale jen velmi pomalu vysychat, protože je v konstrukci prakticky uzavřena. Počítačové simulace s užitím metody konečných prvků provedené Fraunhofer institutem pro stavební fyziku¹⁾ ukazují, že skutečná tepelná vodivost izolačních tvárnic z pórovitých materiálů je během zhruba pětileté doby vysychání mnohem vyšší, než udává výpočtová hodnota. Ve srovnání s tím je tepelná vodivost tvárnic Schöck Novomur® a Novomur® light v tomto období jen lehce zvýšena (viz obr. 8). V prvních letech po dokončení stavby je potřebná fungující tepelná izolace u paty zdiva zamezující vzniku plísní či jiných stavebních závad, což je obzvlášť důležitá skutečnost, jelikož vlivem vysychání stavby je vlhkost vnitřního vzduchu již tak zvýšena. Zabudování provlhklých tvárnic má tedy právě během této doby obzvlášť negativní dopad: nevyhnutelně pak dochází ke značným defektům ve stavbách.

Nosné tepelně izolační prvky Schöck Novomur® a Novomur® light nejsou prakticky vůbec nasákové a pojmu tedy během provádění stavby jen velmi málo vlhkosti (cca 3,5 % objemu). Z tohoto důvodu nehrozí nebezpečí provlhnutí soklu budovy během provádění stavby. Při užití tvárnic Schöck Novomur® a Novomur® light je budova již od začátku náležitě tepelně izolována.



Obr. 7: Závislost tepelné vodivosti a stavební vlhkosti na příkladě srovnání izolační tvárnice z pórovitého materiálu a tvárnic Schöck Novomur® typ 20 - 17,5



Obr. 8: Změny tepelné vodivosti během doby vysychání na příkladě srovnání pórovitých izolačních tvárnic a tvárnic Schöck Novomur® typ 20 - 17,5

¹⁾ Protokol HTB-5/2000, IBP - Fraunhofer institut pro stavební fyziku

Nosný hydrofobní tepelně izolační prvek zabráňující vzniku tepelných mostů u paty zdiva pro použití u vícepodlažních bytových staveb



Schöck Novomur® typ 20 - 17,5

Oblast použití:

První vrstva zdiva na stropu suterénu (či na základech) nebo poslední vrstva zdiva pod stropem suterénu u vícepodlažních bytových staveb.

- Třída pevnosti v tlaku: 20 MPa
- Do výšky čtyř nadzemních podlaží není nutno provádět posouzení únosnosti ve smyku
- Zdění na tenkou spáru nebo na normální maltu
- Vysoká jistota při projektování: provedeny typové zkoušky, zkoušky požárně technických, tepelně a vlhkostně technických vlastností
- Zařazení dle DIN 4108 oddíl 3 jako vodoodpuzející

Obsah

Strana

Uspořádání v konstrukci	12
Dimenzační tabulka / rozměry / možnosti	13
Tepelně technické parametry	14
Požární ochrana / ochrana proti hluku	15
Pokyny k provádění	16