

Vzduchotěsná obálka „od hlavy k patě“

Dokonalé vyřešení a realizace vzduchotěsné obálky budovy je jedním ze základních pilířů pasivního domu. Nepotřebnému „větrání“ spárami a netěsnostmi se v pasivním domě snažíme vyvarovat a nahradit jej větracím systémem s vysoce účinnou rekuperací tepla. Jak praxe ukázala, při plánování a provedení spojitě vzduchotěsné vrstvy je zapotřebí profesionálního přístupu. Případné šetření či nedbalost může způsobit větší tepelné ztráty, kondenzaci vlhkosti v konstrukcích a následně pak vznik poruch a nižší životnost staveb

Základní požadavky na průvzdušnost

Celkovou průvzdušnost obvodového pláště budovy stanovuje norma jako hodnotu n_{50} [h^{-1}] celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa. Čím menší je tato hodnota, tím je větší vzduchotěsnost stavby. Pro pasivní dům s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je hraniční hodnota 0,6 h^{-1} . Za jednu hodinu se tedy v budově nesmí vyměnit více vzduchu než 60 % celkového objemu budovy. Měření probíhá při tlakovém rozdílu (podtlaku nebo přetlaku) postupně zpravidla od 80 do 20 Pa a po té vyhodnoceno pro tlak 50 Pa, což odpovídá tlaku vznikajícímu při síle větru asi 10–13 m/s.

Hodnota n_{50} se určuje experimentálně měřením dvěma metodami: při výstavbě po dokončení vzduchotěsnících opatření, nebo v době používání budovy. Zásadní je měření neprůvzdušnosti během výstavby, nalezené netěsnosti se pak dají hned na místě odstranit a zabránit se tak jejich překrytí a následné zdoluhavé lokalizaci.

Větrání v budově	$n_{50,N}$ [h^{-1}]
Přirozené	4,5
Nucené	1,5
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0
Nucené se zpětným získáváním tepla v pasivních domech	0,6

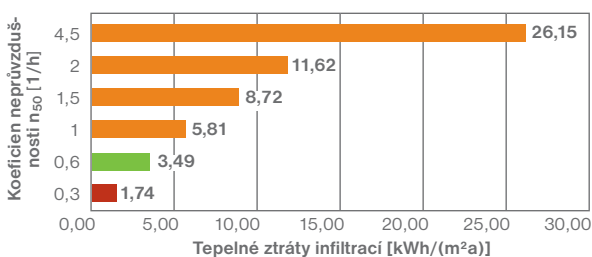
Obr. 1 Porovnání hodnot koeficientu n_{50} v závislosti na rozdílném způsobu větrání dle ČSN 73 0540-2



Obr. 2 Neprůvzdušnost zajišťuje spojitá vzduchotěsná vrstva, která musí být precizně vyhotovena. Veškeré napojení konstrukcí a stavební otvory jsou utěsněny speciálními páskami. Kromě tepelných ztrát tato vrstva chrání konstrukce před vlivem vlhkosti, která se šíří přes netěsnosti.

Průvzdušnost domu = tepelné ztráty

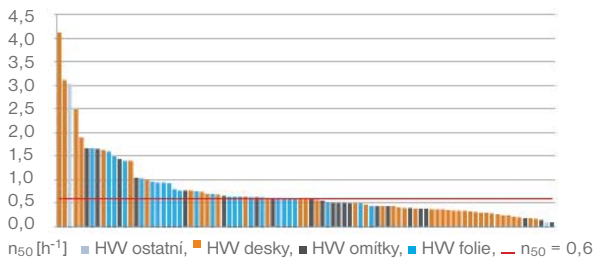
Vysoká průvzdušnost obálky budovy pochopitelně vede také k vyšším tepelným ztrátám, které během projektování budovy zpravidla nejsou zohledněny. Skutečné vlastnosti budovy mohou být někdy výrazně horší než navrhované a v krajním případě může dojít k poddimenzování otopné soustavy. Ve výpočtech se rovněž uvažuje s více faktory ovlivňujícími konečné hodnoty ztrát, jako expozice budovy, množství fasád vystavené působení větru, výška budovy a jiné. Vliv hodnoty n_{50} na měrnou roční potřebu tepla ilustruje graf (obr. 3). Při hraniční hodnotě n_{50} pro pasivní domy $0,6 \text{ h}^{-1}$ jsou ztráty infiltrace asi $3,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, což je při celkové měrné potřebě tepla na vytápění $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ podstatná část. Pro porovnání běžná budova s přirozeným větráním s hodnotou $n_{50} = 4,5 \text{ h}^{-1}$ má roční ztráty infiltrace kolem $26 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, což je více než 1,5násobek měrné potřeby tepla na vytápění u pasivních domů. Je zřejmé, že zabezpečení neprůvzdušnosti je nutno věnovat náležitou pozornost.



Obr. 3 Vliv hodnoty n_{50} na potřebu tepla na vytápění. Platí jednoduchá rovnice – čím vyšší průvzdušnost budovy, tím vyšší tepelné ztráty. Netěsné novostavby mají tyto ztráty průvzdušností budovy dokonce větší než celková roční potřeba tepla na vytápění u pasivních domů. Zdroj: program PHPP

Statistika u nás a v Rakousku

Skutečnost, že v České Republice je vzduchotěsnost objektů poněkud zanedbávána potvrzuje i statistika měření Blower-door testem provedených u vybraných 91 domů, které byly navrhovány jako pasivní.



Obr. 4 Statistika měření neprůvzdušnosti v ČR z let 2007-2009. Vybrané domy by měli být domy pasivní a splňovat hodnotu n_{50} $0,6 \text{ hod}^{-1}$. Že to není jednoduché ukazuje fakt, že 42 z 91 domů tuto hodnotu nesplnilo.

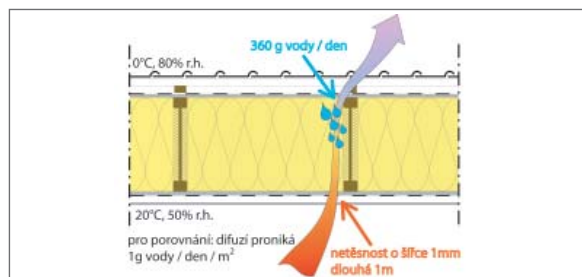
Některé z měřených pasivních domů překračují hraniční hodnotu $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ několikanásobně a určitě se za pasivní považovat nedají. Více než polovina měřených objektů hodnotu splňuje a další menší část je blízko kýžené hodnoty. Nedosažení požadované hodnoty lze připsat ve značné míře chybám jednak v projektové fázi (volba vzduchotěsného materiálu, řešení detailů napojení vrstev), a samozřejmě také během provádění stavby (zanedbání kvality provedení, nechtěné porušení vzduchotěsné vrstvy, atd.).

Na základě výsledků vyvstává doporučení věnovat zvláštní pozornost neprůvzdušnosti už ve fázi plánování a koordinovat návrh i s ostatními profesemi (vzduchotechnika, instalace

atd.). Obdobně je nutné postupovat i při realizaci – všechny zainteresované obeznámit s požadavky na neprůvzdušnost a zajistit kvalitní a častý stavební dozor. Velmi důležité je stanovení časové posloupnosti a návaznosti stavebních prací spojených s tvorbou hlavní vzduchotěsní vrstvy a jejich detailů. V mnohých případech se postup bude lišit od zavedených zvyklostí stavební praxe. Pro porovnání je k dispozici Rakouská statistika vzduchotěsnosti. Provedena byla u 507 pasivních domů s celkovým průměrem $n_{50} = 0,42 \text{ h}^{-1}$, přičemž jen 32 měřených objektů bylo nad hraniční hodnotou $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ (a jen pět z nich mělo $n_{50} \geq 1 \text{ h}^{-1}$).

Riziko šíření vlhkosti

Netěsnostmi může proudit teplý vzduch z interiéru do exteriéru hnán vztlakem vzduchu nebo provozem vzduchotechnického zařízení a působit tak jako nositel vlhkosti. Tato skutečnost je v každém případě nezanedbatelná. Vzduch proudící spárou širokou 1 mm a dlouhou 1 m (při teplotě v interiéru $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti 50%) může denně z interiéru přenést kolem 360 g vody (ročně $10\text{--}15 \text{ kg}$ vody) ve formě vodních par. To je mnohonásobně více než při vlhkostním toku v důsledku difuze vodních par, a je prakticky nemožné, aby se takové množství účinně odpařilo (obr 5). Zpravidla se tyto páry hromadí ve vrstvách konstrukcí do nasákových materiálů. Při teplotních rozdílech pak kondenzují na chladnějších místech, nebo rozhraních materiálů s různým difúzním odporem. Takové podmínky jsou ideální pro vznik plísní a hub, které mohou způsobit rozsáhlé škody na konstrukcích. Vznik plísní na straně interiéru je způsobeno zpravidla nasáknutím izolantu, u kterého se radikálně snižuje izolační schopnost. Vytváří se tím tepelný most a možnost kondenzace vlhkosti na vnitřním povrchu. Dřevěné konstrukce jsou náchylnější na vlhkost a už za několik let mohou být značně ovlivněny jejich fyzikální vlastnosti až po totální destrukci. U masivních staveb je riziko menší, respektive poruchy se můžou projevit za delší čas. Především u střešních konstrukcí je výskyt netěsností častější kvůli zhoršené dostupnosti a složitějších detailech přechodu konstrukcí. Samozřejmě trpí nejen konstrukce ale i uživatelé. Spóry plísní jsou toxické a jsou původcem různých alergií a onemocnění dýchacích cest. Pečlivě provedená vzduchotěsní vrstva tedy zlepšuje ochranu konstrukcí před vlhkem a zvyšuje tím životnost celé stavby. Kromě toho je zásadní i doporučení skladby konstrukcí s ohledem na difúzní odpor vrstev. Platí zásada, že směrem k exteriéru by se měl difúzní odpor kvůli odvětrání vlhkosti zmenšovat. Vzduchotěsní vrstva musí být umístěna s ohledem na možnou kondenzaci vodních par. Její umístění ve vnitřní čtvrtině tepelného odporu konstrukce ve většině případů této podmínce vyhoví, a vlhkost zde nekondenzuje.



Obr. 5 Problematické místo v konstrukci: přes nekvalitně provedený detail může teplý vlhký vzduch proudit z interiéru do exteriéru. Na chladnějších částech konstrukce může pak dojít ke kondenzaci vodních par. Velká část poruch budov je způsobena právě tímto. Pomocí může pečlivě provedená vzduchotěsní vrstva.

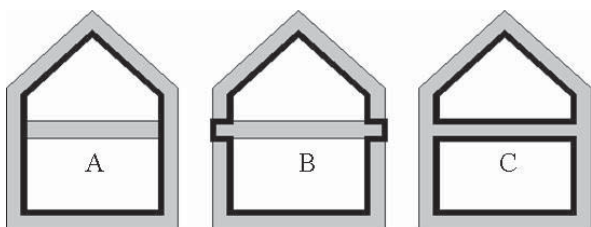
Jak na kvalitní utěsnění aneb vzduchotěsnost bez kompromisů

Kvalitní návrh

Základem vysoké neprůvzdušnosti u pasivního domu je pečlivě propracovaný návrh s vyřešenými detaily a popisem použitých materiálů. Je vhodné dodržet několik zásad:

- volba vhodné konstrukce budovy s minimem problematických detailů
- návrh spojitě vzduchotěsné obálky bez přerušení a její správné umístění v konstrukci
- volba vhodného materiálu pro hlavní vzduchotěsnicí vrstvu
- volba kvalitních spojovacích a těsnících materiálů (lepící pásky, tmely, fólie, průchodky atd.)
- minimalizace prvků prostupujících vzduchotěsnou vrstvou např. pomocí vedení rozvodů v instalačním prostoru
- identifikace problematických míst, vyřešení způsobu utěsnění a napojení vzduchotěsnicí vrstvy na ostatní konstrukce spolu s detailní dokumentací a návrhem použitých materiálů
- dokonalé utěsnění spojů navazujících a prostupujících prvků (okna, potrubí)

Při navrhování pasivních domů s ohledem na vzduchotěsnost je zapotřebí dbát i na další faktory, jako je expozice budovy vůči větru a tvarová členitost. Samotná expozice budovy nemá vliv na její neprůvzdušnost, ale na množství vyměněného vzduchu v objektu netěsnostmi a s tím spojené tepelné ztráty. Různá expozice budovy znamená rozdílný tlak větru. Doporučuje se umísťovat domy na závětrná místa nebo umístit větrolamy z návětrné strany. Co se týče členitosti, jednoduchý tvar domu bez komplikovaných detailů nepochybně znamená při realizaci méně potenciálních netěsností. Již v návrhu je proto nutné se vyvarovat složitých detailů s omezenou dostupností, např. dvojité kleštiny a jiné.

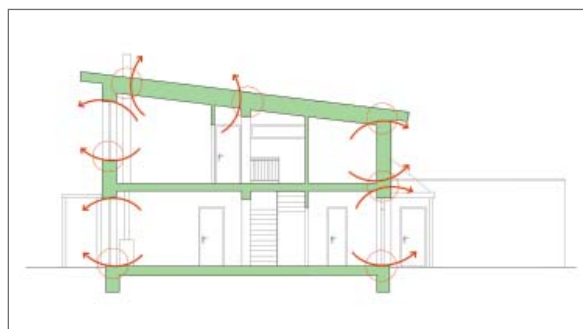


Obr. 6 Různá řešení průběhu vzduchotěsné vrstvy v detailu obvodová stěna /vnitřní strop: A – utěsnění prostupu trámů, B – „obalení“ trámů, C – samostatně utěsněné prostory. V každém případě se musí jednat o spojitou vrstvu, která obaluje celý dům bez přerušení.

Různé druhy konstrukce vyžadují specifický přístup při navrhování a provedení vzduchotěsnicí vrstvy. Například u řešení B je složité vyhnout se kondenzaci na okraji stropní desky a přináší mnoho skrytých detailů s možným poškozením vzduchotěsné vrstvy. U řešení C je reálné nebezpečí provětrávání a tím i prochlazování stropu nad 1.NP a přináší množství prostupů stropní deskou, které je nutné provést vzduchotěsně proti konstrukci desky. Klíčové je již ve fázi plánování podrobně vypracovat celkový koncept vzduchotěsnosti zahrnující veškeré napojení ke konstrukčním prvkům, jejich přechodům a utěsnění otvorů (prostupů instalací). Všechny detaily je nezbytné jasně vyřešit a popsat. Pomocť může i kontrola tužkou, která při vyznačení vzduchotěsné vrstvy v projektu musí obejít celý dům bez přerušení.

Nejčastější místa a příčiny vzniku netěsnosti

Původ vzniků netěsností může být různý – v plánovací fázi zanedbáním případně nedořešením návrhu neprůvzdušnosti, nebo ve fázi realizace stavby nedodržetím doporučených postupů, použitých vzduchotěsnících a lepících materiálů a jejich technologických podmínek aplikace, případně zhoršenou dostupností míst nebo nezvládnutím koordinace jednotlivých profesí. Jedná se hlavně o místa napojení konstrukcí: střecha na obvodovou zeď v místě pozednice, detaily v okolí trámů a vazníků (většinou zhoršená dostupnost), v místě uložení stropu, napojení vnitřních zdí na obvodovou stěnu, detaily kolem základů v místě napojení obvodové zdi a podlahy. Další problematická místa jsou stavební otvory (okna, dveře, přístupové dvířka) a veškeré prostupy vedením, přípojky zemního registru, vzduchotechniky a také odvodů zplodin zdroje tepla, kanalizace a jiné.



Obr. 7 Nejčastější místa vzniku netěsností. Jedná se především o místa napojení konstrukcí, kde vznikají problematicky utěsnitelné detaily.

Vhodné materiály pro vzduchotěsnicí vrstvu

U masivních konstrukcí plní funkci vzduchotěsnicí vrstvy vnitřní omítka bez prasklin, která musí být provedena spojitě na všech obvodových stěnách. Samotná zděná stavba má totiž značnou prodyšnost přes mezery v maltě, perodrážkových tvárnících spojích a dutinách voštinových cihelných bloků. Omítnuté musí být i stropy nebo v případě monolitických stropů vzduchotěsně napojené na obvodové zdi. Je ovšem důležité zajistit dokonalé utěsnění vedení instalací, jejich vyústek (použit vzduchotěsné zásuvkové krabice, vypínače) a dalších prostupů jako kotvicí prvky a jiné. U zdiva z voštinových bloků je třeba se vyhnout spojování příček do „kapes“ obvodového zdiva. Vyomítány musí být i niky vytvořené pro instalaci rozvodů. Kominová tělesa z tvárnících systémů musí být rovněž omítnuta.

Vzduchotěsnost u dřevostaveb je zabezpečena pomocí konstrukčních desek na bázi dřeva – nejčastěji OSB (dřevostěpkové desky), MDF (dřevovláknité tvrdé), nebo plastové folie – parozábrany. Které z nich použít – desky nebo folie? Deskové materiály se používají nejčastěji, a to ve vytvoření na pero a drážku se spoji přelepenými páskami. Výhoda oproti foliím tkví ve spojení vzduchotěsnicí schopnosti se současným zavětrováním konstrukce. Je ale potřeba volit materiály s dostatečnou tloušťkou a parametry zajišťující vzduchotěsnost. Ne vždy je ale tato vlastnost deklarována výrobcem. Nevýhodou folií je také jejich menší odolnost vůči propíchnutí nebo proříznutí (což se při stavbě často stává), dále nutnost vzájemného napojování fólií na podložených místech a eventuální přitlačné laťování. Obtížná zpracovatelnost a sporná životnost omezuje užití folií zvláště u složitějších staveb. Vzduchotěsnicí vrstva se umísťuje na vnitřní straně konstrukce za instalačním prostorem, v případě jednovrstvé skladby na vnitřní straně stěn. Instalační prostor o malé tloušťce (asi 50 mm) má hned několik výhod: zmen

šuje počet prostupů vedení vzduchotěsnicí vrstvou (elektrika, voda a jiné) a při provádění instalaci se snižuje nebezpečí poškození dokončené vzduchotěsnicí vrstvy.

Utěsnění oken a jiných stavebních otvorů je v každém případě zapotřebí věnovat náležitou pozornost. Připojovací spáry výplň otvorů jsou velmi citlivým místem, protože jejich tloušťka je malá, ale požadavky na ně jsou přibližně stejné jako na ostatní obvodové konstrukce. Klíčem ke kvalitně vyhotovené montážní spáře je správný výběr materiálů, jejich skladba a detailní projektová dokumentace.

Jednoduché utěsnění PUR pěnou v žádném případě není dostatečné, zejména po ořezání expandovaných přebytků. Má otevřenou buněčnou strukturu a za vzduchotěsnou tedy považována být nemůže. Kromě toho je nasáková a není po expandování tvarově přizpůsobivá (při pohybech stavebních prvků vznikají neizolované mezery s přímým prouděním vlhkého vzduchu). Použité materiály by měly splňovat požadavky vysoké odolnosti vůči průchodu vody (pro většinu budov je dostačující při tlaku 600 Pa), schopnost vyrovnávat tvarové nerovnosti různé tloušťky spár a dilatační pohyby.

Co se týče skladby je vhodné se držet zásady „těsněji venutř než venku“, tedy pro vnitřní stranu vybírat materiály s větší vzduchotěsností a parotěsností a směrem k vnější straně volit materiály prodyšnější, kvůli možnosti odvětrání i vysušování spár a zabránění následné kondenzaci vodní páry. Těsnicí pásky, folie a lišty pro utěsnění oken se vyrábějí ve mnoha vyhotoveních pro interiéru i exteriéru (s nižším difúzním odporem), s možností přilepení nebo přichycení do omítky pomocí perlinky. Nabídka je velmi široká, takže lze vybrat vhodný výrobek pro různá řešení připojovací spáry okna a jakýkoliv druh stěny a okna.

Vzduchotěsné spoje

Levné náhražky, v podobě kancelářských a jim podobných pásek, určitě nezaručí trvanlivé utěsnění stavby. Takové materiály s nízkou pevností, přilnavostí a omezenou životností jsou vysoce rizikové a mohou úplně znehodnotit vynaložené úsilí.

V současné době je značný výběr speciálních výrobků pro lepení, napojování, utěsňování pro tento účel vyvíjených, s garantovanou životností. Rozličné vyhotovení těsnících materiálů umožňuje výrazně urychlit a zjednodušit utěsňování stavby a dosáhnout prakticky nulové průvzdušnosti detailů. Výrobci parozábran mnohdy současně dodávají či alespoň doporučují vhodné pásy a doplňky pro jejich napojování. Výhodou tu mají ucelené těsnicí systémy nabízející jednoduché řešení detailů i s mnoha užitečnými doplňky. O vhodnosti použití a kombinaci různých lepících a spojovaných materiálů je možné se poradit s výrobcem. Některé materiály mohou totiž vzájemně chemicky reagovat, popřípadě nevytvářejí trvale těsné spoje. Při používání těsnících materiálů je zapotřebí řídit se montážními postupy doporučenými výrobcem.

Přítlačování pásek je důležité věnovat pozornost. Doporučuje se použití přítlačných válečků nebo je obzvláště precizně přítlačovat, protože pevnost spojů je takřka přímo úměrná tlaku při spojování. Mezi netěsné spoje se totiž po určitém čase může dostat prach a nečistoty. Netěsnosti vzniklé nepřilnutím pásek se složitě lokalizují obzvláště po dokončení dalších vrstev konstrukce.

Pro exteriér se používají **těsnicí pásy a folie s menším difúzním odporem**, vhodné pro slepování difúzních folií a utěsňování rámu oken z vnější strany. Tyto výrobky umožňují vynikající odvětrání a zároveň zabráňují průniku hnaného deště na tepelnou izolaci.

Vhodné: vzduchotěsné materiály	Nevhodné: netěsné materiály
<ul style="list-style-type: none"> - vnitřní omítka na zděné stavbě - folie (parozábrana) - armovaná lepenka - konstrukční desky na bázi dřeva např. OSB, MDF/ HDF, lepené vícevrstvé desky - desky z recyklovaného tetrapaku - cementovláknité a sadrovláknité desky pro tento účel určené - beton bez prasklin zhutněný vibrováním 	<ul style="list-style-type: none"> - samotná zděná stavba (spáry v maltě) - perforované folie - měkké dřevovláknité desky např. hobra - příliš suchý beton (horší zhutnění a spojitost) - příliš mokřý beton (vznik prasklin) - desky z tvrdého polystyrenu - pero-drážkové bednění - sádrokarton

Trvale těsné spoje	Spoje dočasně těsné, netěsné
<ul style="list-style-type: none"> - folie slepené páskami příp. i s dodatečným přítlačným lafováním - vzduchotěsné lepící pásy s vysoce adhezivním lepidlem - vhodná manžeta (průchodka) pro instalační prostupy - vodostálá lepidla na dřevěné desky s vysokou pevností (PU) - trvale plastické tmely aplikované do spár pevných konstrukcí 	<ul style="list-style-type: none"> - izolační pásy, papírové pásy, balící - přelepování masinich konstrukcí bez primeru (adhezivního impregnačního nátěru) - spáry vyplněny silikonovým tmelem - PUR montážní pěna - folie bez slepení přesahů, popř. slepená oboustrannou páskou



Obr. 8 Důležité je používat výrobky přímo určené k zajištění vzduchotěsnosti – pásy, tmely, manžety atd.

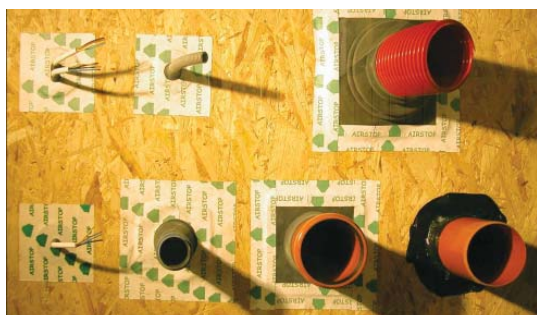


Obr. 9 Problematická místa při utěsnění oken a dveří lze řešit pomocí speciálních pásek a lišt vyvíjených pro tento účel. Nedostatečné utěsnění např. pouze PUR pěnou při instalaci oken bývá důvodem častých škod.

Ke slepování parotěsných folií nebo styků konstrukčních desek se používají **pásky s vysokým difúzním odporem**. Mírná roztažnost těchto pásek zaručuje trvalé parotěsné a vzduchotěsné spoje i při dotvarování stavby.

Speciální pásky a folie pro vzduchotěsné napojení oken se vyrábějí v mnoha variantách. Díky zvláštní konstrukci (záhybu) nebo vysoké roztažnosti umožňují dokonalé napojení rámu okna v místě přípojovací spáry i při dilatačních pohybech. Na vzduchotěsnicí vrstvu se napojují pomocí samolepící vrstvy, tmelu, nebo perlinky, která umožňuje omítnutí. Stejně tak speciální okení lišty s předkomprimovanou páskou zajišťují vzduchotěsnost přípojovací spáry oken.

Pružné pásky s vysokou roztažností se používají pro napojení konstrukcí např. v místě základového prahu nebo stropu a také pro utěsnění prostupů kolmo prostupujících prvků bez použití manžet. Díky vysoké roztažnosti až 300% jsou vhodné zejména pro velké prostupující prvky kruhového a obdélníkového průřezu (např. potrubí vzduchotechniky). Používají se materiály na bázi butylkaučuku nebo bitumenkaučuku. Výhodou je, že po spolehlivém obemknutí prostupujícího prvku je možné pásku roztáhnout, aby současně naplocho přilnula k parozábraně. Lepit je možné i na silikátové materiály, nejlépe s použitím primeru (adhezivního nátěru).



Těsnící manžety a průchodky potrubí slouží k trvalému vzduchotěsnému a parotěsnému uzavření otvorů s prostupem prvků kruhového průřezu. Vyrábí se ve více rozměrech pro kabely nebo tenčí i hrubší potrubí. Používají se především u prostupů s menším průměrem, kde je nevhodné použití pružných pásek, kvůli rozměru, ale i teplotě nebo jiným faktorům. Manžety jsou vestavěny do samolepících pásek, což zjednodušuje jejich použití.

Vzduchotěsné elektroinstalační krabice a vypínače se používají u konstrukcí, kde instalace prostupují vzduchotěsnicí vrstvou, například omítkou u pasivních staveb nebo u dřevostaveb bez instalační roviny. Těsnost zajišťují vzduchotěsné řešené kabelové otvory.

Komin a vzduchotěsnost

I když pasivní dům nemusí mít komín a v mnoha případech jej ani neobsahuje, v případě použití kamen či kotle jej mít však musí. Komin samotný lze považovat za těsný, jedná-li se o vícevrstvé nerezový systémy nebo zděné komíny, které však musí být precizně omítnuty po celé ploše. Nejčastější místa netěsností jsou místa napojení kouřovodu na komín, revizních dvířek, nebo přestupu komínu přes střechu, kde je nutné použít k utěsnění tmel s vysokou teplotní odolností. Systémy se zadním odvětráním komínu jsou pro pasivní domy nevhodné. Problémem z hlediska těsnosti může být nejen komín ale i samotný zdroj. Netěsná mohou být dvířka topeniště i přívodu vzduchu, proto je vhodnější použít nasávání potrubím z exteriéru.

Čím dříve, tím lépe: kontrola neprůvzdušnosti

Nezbytnou součástí zajištění kvality pasivních domů je test neprůvzdušnosti, a to ve správný čas. Je naprosto nutné zabezpečit tento test v průběhu výstavby po dokončení vzduchotěsnicí vrstvy. Včas se tím odhalí defekty a netěsnosti a jejich náprava bude jednodušší a levnější. Další test v době používání budovy je pak dokladem pro certifikaci.

Určení průvzdušnosti budovy se provádí měření metodou tlakového spádu např. pomocí Blower Door testu. Princip je jednoduchý: ventilátor umístěný ve vhodném otvoru v obvodové stěně vytváří v budově tlakový rozdíl (podtlak nebo přetlak) a měřením objemového toku u ventilátoru vyhodnocovací jednotka vypočte průměrnou hodnotu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa. Při zjišťování těsnosti obálky (test „B“) musí být během měření důsledně uzavřeny všechny stavební otvory, utěsněny instalační otvory a zaslepeny prostupy, aby nedocházelo ke zkresleným výsledkům. Jedná se zejména o okna, přípojky vzduchotechniky, kanalizace, vody, zdroje tepla a elektroinstalací. Výsledná hodnota je pak považována za intenzitu výměny vzduchu přes funkční spáry a netěsnosti. U certifikačního testu během provozu se zalepuje pouze vstupní a výstupní vedení vzduchotechniky.

Intenzita výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa je definována dle vztahu:

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V}$$

V_{50} objemový tok vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa [m^3/h]

V objem vnitřního vzduchu měřené budovy nebo měřené ucelené části budovy [m^3].



Obr. 11 Měření neprůvzdušnosti je nezbytnou součástí realizace a zajištění kvality pasivních domů. Po dokončení vzduchotěsnicí vrstvy je nutné provést měření, aby odhalené netěsnosti mohly být včas opraveny.

Měřicí aparatura se skládá z výkonného ventilátoru, čidel na měření objemového toku vzduchu a vyhodnocovací jednotky. Pomocí napínací plachty se ventilátor vzduchotěsně umístí do vhodného otvoru (obr.) a nainstalují se přístroje pro měření tlakového rozdílu a objemového toku. Otáčky ventilátoru se nastaví tak aby se vytvořil konstantní tlakový rozdíl, a pak se změří objemový tok vzduchu procházejícího ventilátorem. Měření se opakuje při různých úrovních tlakového rozdílu v rozsahu přibližně 20 až 80 Pa. Řídící jednotka obsahující přenosný počítač a speciální software řídí a kontroluje celý průběh měření, které pak okamžitě vyhodnocuje.

Lokalizace netěsnosti

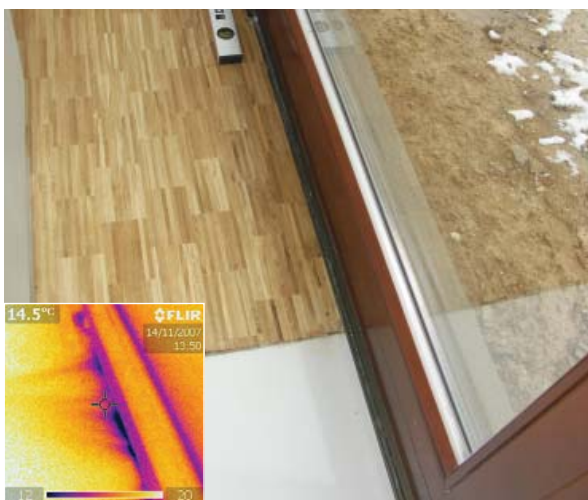
Součástí měření bývá také lokalizace netěsných míst a to zejména v případě neuspokojivých výsledků testu. Ty vznikají hlavně v místech spojů různých konstrukcí, v okolí stavebních otvorů apod. Po vytvoření podtlaku k detekci pak slouží např. ruční anemometr – přístroj na měření okamžité rychlosti proudění vzduchu, řadu cenných informací může přinést taky termovizní snímkování. Mnohdy je možné lokalizovat netěsnosti i pomocí našich smyslových orgánů např. dlaní, které jsou na pohyb vzduchu velmi citlivé. Pro zjištění proudění vzduchu složitějšími detaily se může využít sledování pohybu barevného kouře vytvářeného za přetlaku. Tato metoda se používá nejméně, ale je velice názorná, což je v některých případech velkou výhodou. Utěšňování nalezených netěsností probíhá hned na místě až do fáze uspokojivého výsledku Blower Door testu.

Závěr a doporučení

Kvalitní vzduchotěsná obálka je nedílnou součástí pasivních domů a bez jejího precizního provedení prakticky není možné dosáhnout pasivního standardu. Komunikace projektanta a zainteresovaných profesí při navrhování a koordinace profesí zapojených do výstavby je nezbytná pro splnění tohoto cíle. Kvalitní vzduchotěsné obálky nám pomůže dosáhnout:

- vhodná konstrukce
- důsledný návrh
- kvalitní materiály
- precizní provedení
- měření neprůvzdušnosti v době, kdy je možnost opravy.

Vzhledem k uvedeným rizikům se nejedná jen o formální záležitost vhodnou pro pasivní domy, ale značnou částí se podílí na celkové kvalitě a životnosti objektů.



Obr. 12 Ochlazované místo v detailu napojení francouzského okna a podlahy způsobeno nesprávným napojením vzduchotěsné vrstvy. Při odhalování netěsností může být nápomocné i termovizní snímkování

Vydalo:

Centrum pasivního domu
 Údolní 33, 602 00 Brno

Autor textů: Juraj Hazucha

Fotografie: Centrum pasivního domu, Aleš Brotánek,
 Jiří Novák, Stanislav Paleček, Josef Smola, Illbruck

© 2010 Centrum pasivního domu

www.pasivnidomy.cz



Obr. 13 K lokalizaci netěsností se používají speciální přístroje, např. anemometr, který měří okamžitou rychlost proudění vzduchu nebo emitor kouře. Ukázka precizně připojeného okna do konstrukce (obr. dole).

Doporučená a použitá literatura a normy

- [1] FEIST, W.: Lufdichte Projektierung von Passivhäusern, CEPHEUS – Projektinformation Nr. 7, Fachinformation PHI-1999/6, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999
- [2] ČSN EN 13829 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda, ČSN, 2001
- [3] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ČNI, 2007
- [4] NOVÁK, J.: Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov, Grada, 2008
- [5] TYWONIAK, J.: Nízkoenergetické domy. Grada, 2005
- [6] NOVÁK, J.: Měření průvzdušnosti budov v ČR – výsledky a zkušenosti, Sborník z konference Pasivní domy 2006, Brno 2006
- [7] CONDETTI & CO: Details im Holzhausbau, Kastner GmbH, Wolnzach 2000
- [8] ISOVER: Multi-Comfort House, Saint-Gobain Isover, 2007