

Pasivní dům z přírodních materiálů

Ing. Juraj HAZUCHA
Centrum pasivního domu

Úvod

Prvním krokem k trvalé udržitelnosti stavebnictví je snížení energetické náročnosti staveb při současném dodržení vysoké kvality vnitřního prostředí. Pasivní standard umožňuje snížit potřebu tepla na vytápění až o 80% a tím dlouhodobě snížit provozní energii. Zde jsou možnosti úspor nejvýraznější. Po radikálním snížení provozní energie se však srovnává podíl zabudované energie. Ideální kombinací je pasivní dům s použitím přírodně šetrných a recyklovaných materiálů, ideálně lokálně produkovaných. V době, kdy produkujeme obrovské množství odpadu, má tento přístup skutečně velký potenciál. Aby budovy měly životnost, s kterou při posuzování zabudované energie počítáme, je nezbytné jejich správné zabudování a použití na správném místě. Musíme mít na vědomí i fakt, že pasivní dům je o precizně vyřešených detailech, vzduchotěsnosti a kvalitě provedení. Chyby mohou způsobit nejen větší spotřebu energie na vytápění, ale i riziko poškození konstrukce a narušení hygieny vnitřního prostředí. Na ukázce konkrétního domu v Habrovanech poukazuje na některé zásady a zkušenosti práce (dobré i špatné) s přírodními materiály ve vztahu k pasivnímu domu.

KONCEPT STAVBY

Základní údaje o stavbě:

ARCHITEKT: Ing arch. Mojmir Hudec, Ing. Juraj Hazucha

ROK VÝSTAVBY: 2008–2012

Čistá užitná plocha: 128 m²

ROČNÍ POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ: 13,3 kWh/(m²a) dle PHPP (Passive House Planning Package)

ROČNÍ POTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE: 53 kWh/(m²a) (vytápění, TV, pomocná energie, spotřebiče, osvětlení)

NEPRŮVZDUŠNOST n₅₀: 0,34 1/hod Topná zátěž: 14 W/m² (1790 W)

ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM / TZB:

ZDROJ TEPLA: kotel dřevo/pelety výkon 18 kW, samotížné zapojení do akumulární nádrže 2 m³

DOPLŇKOVÝ ZDROJ TEPLA: 4 ks vakuové trubkové kolektory

VYTÁPĚNÍ: sténové topení v hliněných omítkách

VĚTRÁNÍ: větrací jednotka s rekuperací tepla Paul NOVUS, účinnost 93%

DALŠÍ SYSTÉMY: nádrž na dešťovou vodu 9 m³, využívání na WC a praní

Pozemek je umístěn v polořadové zástavbě s výrazným stíněním sousedním domem z jihovýchodní strany ve vzdálenosti pouze 5,5 m. Díky orientaci pozemku 45° od jihu bylo využití solárních zisků ještě ztíženo a dosažení pasivního standardu vyžadovalo precizní optimalizaci oken a jednotlivých konstrukcí a jejich napojení. Je však vidět, že i v takhle komplikovaných podmínkách není



Pasivní dům v Habrovanech JZ štítová stěna a JV fasáda.



pasivní dům nereálním cílem. Výsledkem optimalizace je kompaktní hmota domu ve dvou patrech s většinou oken orientovaných na jihovýchod a jihozápad. Stavba byla realizována svépomocí, na izolování slaměnými balíky a aplikaci hliněných omítek proběhlo několik workshopů.

Konstrukční řešení

Původní záměr byl postavit pasivní dům jako dřevostavbu založenou nad terénem pouze s použitím slaměné izolace a dalších přírodních materiálů. Při optimalizaci v programu PHPP (Passive House Planning Package) se dosažení pasivního standardu pouze s použitím slaměných balíků ukázalo jako nereálné. Sláma nakonec zůstala pouze ve stěnách, ostatní konstrukce byly vyplněny fukanou celulózu, dřevovláknitou a konopnou izolací. Sláma je jako izolační materiál velice zajímavá, je však nutné zohlednit její horší tepelnou vodivost, horší opracovatelnost a nemožnost variability tloušťky, což ovlivnilo i její využití na této stavbě.

Založení domu

■ Kvůli snížení podílu betonu v základech a ceně byla stavba založená na patkách ze ztraceného bednění v rastru asi 2,2 m. Také odstranění základů bude po dožití stavby jednodušší (bylo použito pouze 8 m³ betonu). Konstrukce domu není ve styku s terénem, proto se obejde bez hydroizolace. Na patkách je nosný rám z modřínových trámů, který roznáší zatížení.

V podlaze jsou použity I nosníky v rozteči 70 cm pro použití balíků slámy. Nakonec byly dutiny vyfoukány celulózu, jelikož tepelné izolační parametry slaměných balíků byly pro tento dům nedostačující. Dalším důvo-

dem byla logistika stavby, což bývá častým problémem na slámou izolovaných domech. Pokud se začne z jara, na začátku léta stojí hrubá konstrukce a podlaha je již dávno zaklopená. Provizorní záklopy podlah jsou zase pracnější a v konečném důsledku obě varianty vychází ekonomicky podobně. Ze spodní strany průřezného prostoru byla použita difuzně otevřená deska DHF.

Zkušenosti:

- **Slaměné balíky v podlaze** – pokud chceme použít slaměné balíky, je nutné mít je připravené již rok dopředu. Problémem často bývá, jak je správně uskladnit. Z mnoha zkušeností pouhé zakrytí plachtami, ať jsou sebelepší, nestačí a je nutné je mít pod střechou. Pro všechny případy by měla být konstrukce nastavena i na variantu použití jiné izolace např. fukanou celulózu, která je druhá nejekologičtější po slámě.
- **Patky** – pokud jsou v rozteči pod 2 m je vhodnější použít vrtané patky, protože výkopy se pak slévají. Další alternativou jsou úsporné pasové základy např. v tloušťce 20 cm. Musí pak obsahovat dostatečné větrací otvory.
- **Přípojky** – přípojky je nutné perfektně tepelně izolovat v prostoru pod podlahou, kde jsou teploty podobné exteriéru. V tomto případě byly vedeny přes dílnu (kotelnu), která přiléhá k domu.
- **Odvětrání zvýšené podlahy** – ve všech případech je nutné zabezpečit příčné provětrání prostoru pod podlahou a vyspádovat terén, aby nevznikala vana. Jinak hrozí reálné riziko nasycení prostoru vlhkostí, kde při povrchové kondenzaci na záklopu může dojít k poškození konstrukce houby a plísní.



Základové patky jsou úspornější variantou pasových základů a betonové desky. Na nich stojí roznášecí modřínový práh a dřevěné l-nosníky zavěšené proti klopení, které tvoří rošt pro izolaci.



Konstrukční systém stěn

Konstrukční systém procházel vývojem v průběhu výstavby, zejména podle dostupnosti slaměných balíků a rozměru, který byl k dispozici. Plánována byla izolace slaměnými balíky rozměru 40 x 50 x 70 cm umísťovanými do dřevěného roštu ze sloupků a OSB přílozek. Bohužel pole, z kterého vyráběli balíky, těsně před balíkováním vyhořelo a podařilo se sehnat náhradu z větší dálky a netypického rozměru 28 x 45 x 70 cm. Při návrhu je potřeba brát do úvahy rozdílnou tepelnou vodivost slaměných balíků podle směru stébla a proudění tepla. Dle uváděných hodnot z DiBT (Německý ústav zkušební – zdroj [1]) je to 0,052 W/(m.K) ve směru kolmo na stébla a 0,080 W/(m.K) podélně se stéblu.

Bylo proto nutné vyvinout nový systém s přivazovanou fasádou balíků slámy tloušťky 28 cm (kolmo na stébla) na sloupkovou konstrukci, s venkovní hliněnou omítkou přímo na slaměných balících. Prostor mezi sloupky (16 cm) a balíky je vyplněn foukanou celulóou. Z vnitřní strany tvoří vzduchotěsnou a parobrzdnou rovinu deska OSB tl. 15 mm. Při použití slaměné izolace je zásadní precizní řešení detailů a vycpání mezer mezi balíky izolací. Samotný materiál je levný, ale díky zvýšené pracnosti už není rozdíl oproti běžným systémům velký. Pokud by šlo jenom o dosažení pasivního standardu, je na zvážení, jestli

nepoužít pouze systém s foukanou celulóou, případně směsí foukané slámy a celulóou. Výhodou je zajištění kvality, nízká cena a také malé množství zabudované energie.



Slaměné balíky jsou přivazovány k dřevěné konstrukci, prostor za nimi je vyfoukán celulóou.



Zkušebnosti:

- Celou stěnu balíků je nutné následně stáhnout napínáky, aby nedocházelo k sedání fasády po aplikaci omítky.
- Pro vycpávky mezi balíky se nejlépe osvědčila konopná izolace, která má pevné vlákno a dá se následně omítat.

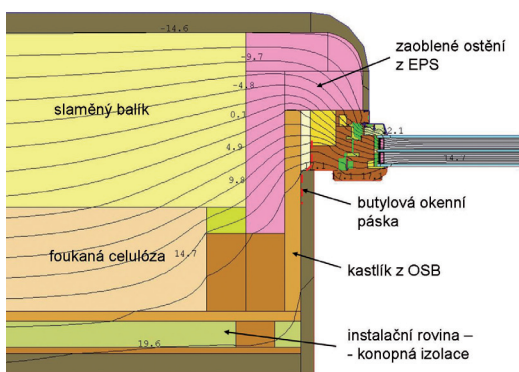
Určitě nevycpávat směsí slámy a hlíny, dochází k oslabení izolace.

- Detaily kolem ostění oken nelze řešit pouze ze slaměných balíků, které nelze tvarovat. Okna je proto vhodné osazovat do kastlíků z OSB nebo fošen a kolem kastlíku a přes rám okna použít deskové izolace např. dřevovláknité desky nebo tvrzený polystyren. Důležité je také ochrana detailu parapetu proti zatékání např. komprimační páskou.
- Sotk fasády je potřeba řešit nenasákavou izolací nebo dřevěným obkladem. Spodní zakončení slaměné izolace se osvědčilo řešit pomocí standardního fasádního profilu s okapničkou, který zabezpečí stékání vody bez degradace omítky.

Konstrukce střechy

■ Konstrukci střechy tvoří 50 cm vysoké skříňové dřevěné vazníky, vyráběné místním stolařem. Prostor mezi vazníky byl vyfoukán

celulóou z důvodu logistiky, pracnosti a lepších izolačních parametrů. Vzduchotěsnou rovinu tvoří desky s recyklovaného tetrapaku s přelepenými spoji. Desky mají menší tuhost než dřevoštěpkové a zároveň větší objemovou hmotnost, takže na záklopy stropu při váze jedné desky asi 50 kg se nejednalo o úplně jednoduché řešení.



Osazení okna do konstrukce stěny v OSB kastlíku se zaobleným ostěním z tvarovek EPS. Vzduchotěsné napojení je u přírodních staveb naprosto zásadní.



Vzduchotěsnost

■ Vzduchotěsnost není jen zbytečným výmyslem pasivních domů. Kromě snížení tepelných ztrát má i zásadní vliv na životnost konstrukce. Teplý vzduch proudící netěsnostmi se sebou nese i vlhkost, která v konstrukci díky lokálnímu ochlazení kondenzuje. Při použití přírodních materiálů je nutné zabezpečit vzduchotěsnost dlouhodobě, ne jenom na dobu těsně po dokončení stavby. Zde byly pro bezpečné splnění testu těsnosti desky OSB nebo tetrapakové desky s přelepením všech spojů. Všechny vedení instalací byly v instalační rovině, nutné prostory byly řešeny pomocí gumových manžet.



Větrací jednotka s rekuperací tepla včetně zemního výměníku. Alternativy ke kovovým rozvodům mohou být textilní nebo dřevěné rozvody.



Vzduchotěsnost může kromě deskových materiálů zabezpečovat i vnitřní omítka. V případě hliněné omítky, lze považovat plochu omítek za vzduchotěsnou, pokud neobsahuje praskliny. Problematická jsou však veškerá napojení a procházející dřevěné prvky, kde často nelze trvale zabezpečit vzduchotěsnost, nebo jen s perfektně promyšlenými detaily. Hliněné omítky mají větší smrštivost a v napojeních se vždy časem trhnou a vytvoří malou spáru. S tím je nutné počítat, proto je potřeba napojení řešit pomocí omítatelných flexibilních pásek a fólií s možností dilatace omítky.

Hliněné omítky/nepálené cihly

■ Hliněné omítky nemají přímý souvis s pasivními domy, ale díky svým vlastnostem je můžeme s výhodou použít. Zejména u dřevostaveb, jakou je i dům v Habrovanech, mohou pomoci k vyrovnávání teplotních spíček v létě a k lepšímu využívání solárních a vnitřních zisků v zimě. Pokud chceme využít správně i akumulaci vlhkosti je vhodnější využít nepálených cihel nebo omítek s vysokým obsahem jílu. Nejvhodnější a nejlevnější jsou proto směsi míchané přímo na stavbě. Nemusí jít zákonitě o přímo vykopaný materiál. Jako surovinu lze s úspěchem využít i recyklované kotovice, které po rozmočení tvoří kvalitní základ směsí. Další možností je dovezení základní suroviny z nejbližší cihelny, např. ve formě nepálených cihel, které jsou o mnoho levnější variantou namíchaných směsí. Před aplikací hliněných omítek je nutné si otestovat směsi zejména na soudržnost a smrštivost.

Na venkovní omítky byla použita tradiční směs jílu / písek / kravince v poměru 1:1:1. Jíl jsme získali z vlastních kotovic a kravince byli nahrazeny kravským hnojem, který ve směsi zvyšuje soudržnost omítky a odolnost vůči působení vody. Jako podklad byla použita jílová směs v konzistenci hustšího jogurtu zpracovaná přímo do slaměných balíků. Omítka v tloušťce asi 5 cm srovnala povrch balíků a byla doplněna vnější centimetrovou vrstvou

směsí s přidáním 10% vápna. Fasáda zůstala prozatím bez venkovní úpravy zejména kvůli příjemnému vzhledu. Omítka je odolná vůči dešti, v některých místech se však objevili vady – trhliny a splavování. Jako možné příčiny jsou chyby při aplikaci, nedostatečné vlhčení zahřáté fasády a samozřejmě mechanické spojení vrstev. Další chyby jsou dány postupným doplňováním jinou směsí, která nemá potřebnou odolnost. Nevýhodou fasády je častější znečištění oken prachem z omítek.

Vnitřní omítky byly také míchané z vlastních zdrojů do směsi jíl/písek/slaměná řezanka v poměru 2:1:1. Podklad tvořil horizontální laťkový rošt nebo v detailech kolem oken rákosové rohože. Omítka byla nanášena v jedné vrstvě cca 3 cm a vyztužena sklotextilní tkaninou s oky 10 x 10 mm zapracovanou do čerstvé omítky. Vrchní vrstvu 5 – 7 mm tvoří pytlovaná směs. Do hliněných omítek lze s výhodou využít systém stěnového topení, který při ztrátách pasivního domu kolem 2 kW, tvoří jednoduché a komfortní řešení vytápění.

Z důvodu akumulace tepla a vlhkosti jsou kromě hliněných omítek použity také vyzdívkové z nepálených cihel a podlahy z vyskládanými nepálenými cihlami. Podlahy zatížené vyskládanými cihlami mají vyšší akustický útlum, dřevěné stropy se nerozkmitávají. Dohromady bylo v interiéru použito asi 15 tun nepálených cihel, 10 tun omítek, na venkovní fasádě asi 15 tun vnější omítky. Takovou konstrukci už určitě nelze považovat za lehkou a je nezbytné na tyto hmotnosti přiměřeně dimenzovat základy a nosnou konstrukci. Celkově je potřeba počítat u hliněných omítek i s vyšší cenou oproti běžným omítkám, zejména díky vyšší pracnosti a množství použitého materiálu.

Ochrana proti vlhkosti/vodě

■ Pokud mají mít přírodní stavby životnost podobnou konvenčním stavbám, je zásadní ochrana stavby proti vodě ve všech podobách. Organický materiál je mnohdy vysoce nasákový a při styku s vodou rychle podléhá

destrukci. Ze zkušeností, kdy jsme byli během stavby několikrát vytopeni chybně připojeným radiátorem nebo kapající vodou, ochranu proti vodě považují za velice důležitou. Voda se zde dostala do konstrukce podlahy a bylo nutné ji rozebrat. Obdobné jsou zkušenosti z dalších staveb, kde v instalační rovině praskla trubka vody, a na nasáklé dřevovláknité izolaci začali růst po několika týdnech houby. Proto je zásadní u přírodních staveb:

- Podlahy v místnostech procházejících instalací řešit jako těsné s pojistnou vpustí.
- Instalace mít co nejkratší, vést je sdruženě s možností jednoduché revize nebo opravy. Instalační rovinu v místě instalací nevyplňovat vláknitou izolací, která zhoršuje detekci poruch.
- Nepoužívat přírodní materiály pod terén ani do oblasti soklu. Hydroizolaci lze v případech podlahy nad terénem vypustit.
- Z vnější strany používat ve všech případech vrstvy s nízkým difúzním odporem

Vnitřní prostředí

Zdravější alternativou k běžným povrchovým materiálům může být např. masivní dřevo s povrchovou úpravou olejem, korek, kaučuková krytina, kámen, natěry vápnem, kaseinem nebo kaolínem. Ani přírodní a nezavádné materiály však nezabezpečí u domu kvalitní vnitřní prostředí, dokud nebude dostatečně větrán. Okny, jak jsme si to i sami odzkoušeli, nelze zabezpečit potřebnou výměnu vzduchu. V zimě při větrání okny byla koncentrace CO₂ přes 2500 ppm, následně po zapojení jednotky klesla na konstantní hodnotu kolem 800 ppm. Kromě toho ztráty větráním okny zvednou roční spotřebu tepla na vytápění na více než dvojnásobek. Bez zpětného zisku tepla (rekuperace), jak je patrné, nelze dosáhnout pasivní dům.

Závěr

Přírodní materiály a pasivní dům tvoří ideální kombinaci trvale udržitelného stavitelství. Je však nutné zdůraznit, že dosažení pasivního standardu u domů z přírodních materiálů klade zvýšené nároky na precizní a průmyselný návrh založený na zkušenostech a znalosti vlastností materiálů. Při realizaci je důležité zohlednit i vyšší pracnost, která v kombinaci s dražšími přírodními materiály zvyšuje celkovou finanční náročnost stavby. Z hlediska ochrany přírodních zdrojů se však tato investice vyplatí. Současně lze v budoucnu očekávat rozvoj trhu přírodních materiálů, což spolu se zjednodušením konstrukcí povede ke srovnání cen s konvenčními stavbami.