

Zásady výstavby pasivních domů

Pasivní dům potřebuje ve srovnání s běžnou stavbou až desetkrát méně tepla na vytápění – méně než 20 kWh/m².rok. Díky tomu se pasivní dům může obejít bez klasické topné soustavy – po většinu roku si vystačí s tepelnými zisky od osob, spotřebičů, z dopadajícího slunečního záření, s teplem z odpadního vzduchu apod. Přitom zde nejde o žádné „kosmické“ technologie, ale pouze o do důsledku dovedené použití známých konstrukčních postupů a technologií. V zemích jako je Německo či Rakousko se pasivní domy stávají standardem pro výstavbu.



Pasivní dům nemusí vypadat výstředně. Foto: L. Bradnová, EkoWATT

Pasivní dům má několik základních znaků:

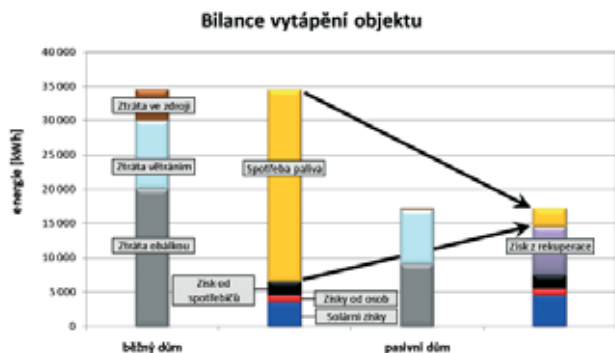
- dobrý architektonický návrh
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků
- plocha prosklení ze severu je redukována na minimum
- špičkové zasklení
- nadstandardní tepelné izolace a vzduchotěsnost domu
- důsledné řešení tepelných mostů
- regulace vytápění využívající tepelné zisky
- strojní větrání s rekuperací tepla
- klasický topný systém může zcela chybět
- tzv. potřeba tepla na vytápění je max. 20 kWh/m².rok

Kromě toho je důležité, aby jednotlivé komponenty domu byly vyvážené, vzájemně spolupracovaly a dům byl vyladěn na potřeby jeho obyvatel. Základ-

ní podmínkou úspěchu při výstavbě pasivního domu je **pečlivá příprava projektu**. Dům by měl být projektován týmem specialistů – zadávat projekt postupně různým profesím není ideální. Ještě ve fázi návrhu domu bychom si měli nechat výpočet od nezávislého odborníka doložit tzv. měrnou potřebu tepla na vytápění podle technické normalizační informace TNI 73 0329/(30) (nesmí přesáhnout 20 kWh/m².rok). Dále je dobré nechat si zpracovat celkovou **optimalizaci projektu domu** z hlediska investičních a provozních nákladů, která nám zajistí, že výsledné úspory energií a nákladů na provoz došáhne efektivním způsobem a za přijatelných investičních nákladů.

Spotřeba a náklady

Nízká spotřeba tepla nemusí nutně znamenat také nízké provozní náklady. V domě platíme nejen za teplo, ale také za ohřev vody a elektřinu pro domácnost. Spotřeba energie pro ohřev vody je v pasivním domě zhruba stejná, jako spotřeba energie na vytápění. Pokud se soustředíme jen na parametr 20 kWh/m².rok, který se týká právě jen vytápění, může nám uniknout možnost snížit spotřebu energie pro ohřev vody, například solárními systémy.



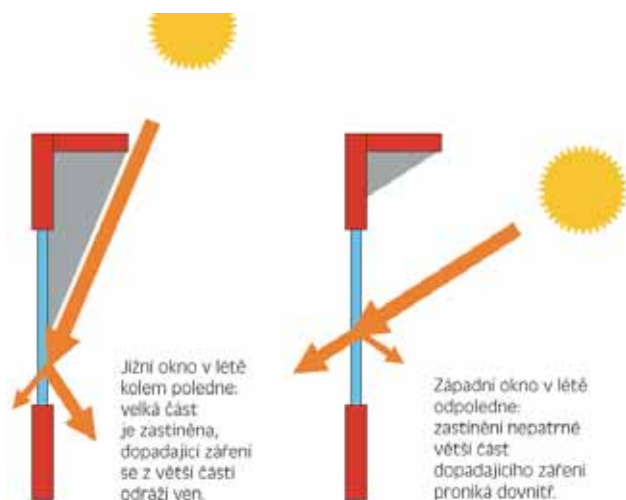
Energetické potřeby a jejich krytí. Zdroj: Ekowatt

Protože různá paliva mají různou cenu, nestačí porovnávat jen kilowatthodiny spotřeby, ale i náklady. Přitom třeba volba zdroje tepla má vliv i na náklady na domácnost – při topení elektřinou lze využít levnější proud i pro pračku, myčku a další domácí spotřebiče.

Volba místa

Pro pasivní dům jsou velmi významné solární zisky, které dopadnou do interiéru skrze prosklené plochy

orientované na jih, východ a západ, přičemž nejvýznamnější jsou zisky z jihu. Pozemek by tedy měl na této straně poskytovat dost soukromí a současně by měl být co nejméně stíněn (lesem, okolní zástavbou). Při návrhu prosklených ploch je třeba pamatovat na přehřívání interiéru v létě. Ráno a večer je sluníčko nízko nad obzorem. Proto je stínění východních a západních oken obtížnější a větší prosklené plochy je vhodné stínit venkovními žaluziemi. Jižní zasklení lze před vysokým sluncem snáze zastínit (např. markýzou) a paprsky dopadající pod ostrým úhlem se z větší částí odrážejí ven. Podobně nejsou příliš vhodná šikmá střešní okna, kterými vlivem sklonu proniká více slunečního záření a lze je obtížně zastínit. V případě jejich velkých ploch pak v létě hrozí přehřívání interiéru. Okna na severu je pak vhodné zredukovat, neboť významně zvyšují ztráty tepla.



Jižní a západní zasklení. © EkoWATT

Tvar a dispozice domu

Pasivní dům by měl mít, pokud možno, kompaktní tvar. Zbytečné plochy navíc fungují v podstatě jako chladič. Jednoduchý tvar je výhodný i z hlediska eliminace tepelných mostů, kterými z domu odchází teplo. U složitějších tvarů vzniká více detailů, které tvoří tepelné mosty a jejichž řešení bývá velmi obtížné. Prostory jako WC, koupelny a schodiště, ve kterých není třeba tolik sluníčka, je výhodné umístit v dispozici na sever. Dále je ze severu vhodné umístit další okolní stavby (např. kůlnu), jelikož potom domu ustíní. Nevytápěné prostory (garáž, sklad, komora aj.) se někdy umísťují na severní stranu domu, aby vytvářely jakousi nárazníkovou zónu. Příčky k těmto prostorům však musí být izolovány skoro stejně dobře jako ven-

kovní stěny; efekt je tedy nevelký. Někdy je součástí domu zimní zahrada, která při správném návrhu a užívání funguje jako solární kolektor. Pokud se ale používá nevhodně (např. se vytápí otevřeným oknem z domu), může naopak spotřebu domu zvyšovat.

Izolace

Nedá se říci, že nějaký konstrukční systém je pro pasivní dům ideální. Důležité je, aby stěna dobře izolovala – a to i v místě tepelných mostů, kterým se nelze zcela vyhnout. Pro dosažení součinitele prostupu tepla $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ by bylo nutno použít 5 m silnou cihlovou zeď. Je tedy zřejmé, že bez opravdových izolací v síle min. 20 cm se neobejdeme. Materiálové možnosti jsou široké – lze použít polystyren, minerální nebo skelnou vatu, ovčí vlnu, slámu, celulózu vložky atp. Konstrukce musí být navržena tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti. Nebo, pokud k ní dojde, aby se vlhkost mohla opět volně odpařit.

součinitel prostupu tepla U [W/m ² .K]	běžné novostavby (ČSN 73 0540-2)		nízkoenergetické a pasivní domy
	požad.	dop.	doporučené
obvodové stěny – těžké	0,38	0,25	0,17
obvodové stěny – lehké	0,30	0,20	0,13
střecha plochá n. šikmá do 45 °	0,24	0,16	0,11
podlaha nad exteriérem	0,24	0,16	0,11
podlaha na terénu	0,45	0,30	0,20
okna	1,70	1,20	0,80

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům.



Dřevostavba je jednou z možností jak postavit pasivní dům. Foto: J. Antonín, EkoWATT

Tepelné mosty

Vzhledem k mimořádným izolačním schopnostem použitých konstrukcí mají na spotřebu tepla relativně velký vliv **tepelné vazby** (místa, kde se stýkají dvě konstrukce a tvoří kout) a **tepelné mosty** (místa, kde je konstrukce či izolace zeslabena, obvykle nosným prvkem). Tepelná ztráta těmito místy může dosahovat i několik desítek procent celkové tepelné ztráty prostupem tepla. Proto je třeba věnovat velkou pozornost konstrukčnímu řešení detailů a zejména dbát na **dodržování technologických postupů při stavbě**. Důležité je například správné napojení tepelné izolace a okenních rámců, izolace pásu zdi nad terénem, napojení izolace svislých stěn a střechy, izolace krokví atd. Při větších tloušťkách izolace se běžně stává, že tepelnými mosty uniká srovnatelné množství tepla jako zbytkem konstrukce. Pokud tedy tepelné mosty nevyřešíme, nemělo by smysl přidávat další a další izolaci.

Okna a prosklení

Pro zasklení se používají trojskla nebo systém, kde je prostřední sklo nahrazeno fólií. Součinitel prostupu tepla je zde 0,5 až 0,8 W/m².K. To je až dvakrát lepší, než u nejvyšších oken s izolačním dvojsklem. Běžný okenní rám také izoluje hůře než trojsklo, proto se používají dřevěné i plastové rámy doplněné izolací (obvykle polyuretanovou). Vždy je třeba sledovat součinitel prostupu tepla pro celé okno, ne jen pro vlastní zasklení, jak jej uvádí někteří výrobci. Vliv na kvalitu okna má i distanční rámeček mezi skly – používají se plastové, které jsou výrazně lepší než dřívě používané nerezové či hliníkové. Vzhledem k tomu, že jedním ze základních požadavků je těsnost domu, a také kvůli využití nuceného (strojního) větrání, nemusí být všechna okna otevíravá. To jednak sníží jejich cenu, a jednak zvětší plochu prosklení (pevný rám je užší). Z psychologických důvodů, i pro případ výpadku vzduchotechniky se však v každé obytné místnosti nechává nejméně jedno okno otevíravé. Také je nutno zvážit možnost mytí a čištění oken.

Větrání

Pasivní dům se bez řízeného větrání neobejde. Stěnami a okny zde uniká už jen velmi málo tepla, většina spotřeby tak připadá na ohřev větracího vzduchu. Snížit tuto spotřebu pomáhá tzv. rekuperace tepla – teplý odváděný vzduch předá ve výměníku teplo chladnému přiváděnému vzduchu. Využit tak lze až 80 % tepla odpadního vzduchu. Podobnou funkci jako rekuperace může mít tepelné čerpadlo, které odebírá teplo z odpadního vzduchu a ohřívá přiváděný vzduch či vodu pro vytápěcí systém. Výhodou je vyšší účinnost, nevýhodou vyšší cena.

Pro větrání rodinných domů a bytů dosud neexistují závazné předpisy. Obvykle se větrání navrhuje tak, aby se splnil požadavek intenzity výměny vzduchu 0,3 až 0,5 objemu obytných místností za hodinu, respektive aby přívod čerstvého vzduchu byl 25 až 50 m³/h na osobu. V době, kdy v domě nikdo není, by měla být intenzita větrání cca 0,1 objemu za hodinu kvůli odvodu vlhkosti a případných škodlivin (např. těkavé látky uvolňující se z nábytku). Dostatek čerstvého vzduchu dělá bydlení příjemným a uživatelé je vesměs vysoce oceňováni.

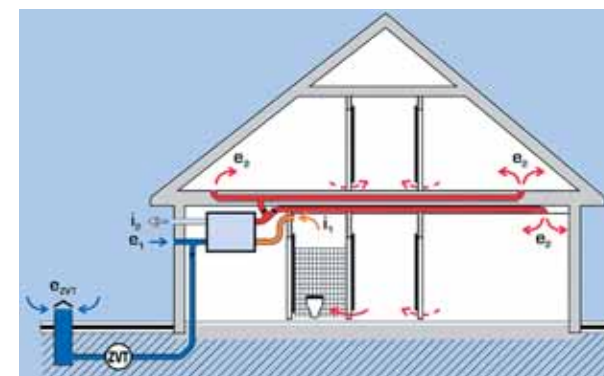


Schéma řízeného větrání – rekuperace. Zdroj: Atrea.

Určitým problémem je, že v zimě klesá v místnostech vlhkost vzduchu. Venkovní vzduch má totiž v zimě nízký obsah vlhkosti. Většina běžných domů tento problém nemá, protože jejich obyvatelé v zimě prostě nevětrají – i za cenu horší kvality vzduchu. Jedním z možných řešení je použít výměník, který dokáže kromě rekuperace tepla vzduch také zvlhčovat. Další možností je použít vnitřní omítky či příčky z nepálené hlíny, která dobře vyrovnává vlhkovostní rozdíly. Zvlhčování vzduchu přímo ve vzduchotechnickém zařízení, jaké je běžné ve velkých budovách, se v rodinných domech zatím neprosadilo.

Vytápění

V mnoha pasivních domech nejsou žádné radiátory. Teplo je dodáváno větracím systémem. Přiváděný vzduch se dohřívá ve výměníku napojeném na kotel (nebo akumulací nádrž). Díky tomu odpadá část investičních nákladů (na klasický topný systém). Pokud ale chceme v pasivním domě použít třeba interiérová kamna, narazíme na problém s přebytkem tepla. Nejsou-li právě venku velké mrazy, stačí domu jen malý výkon. Zejména u lehkých staveb pak musíme zdroj tepla „škrtnout“ aby se dům nepřehřál. Jedním z řešení je akumulací nádrž, do níž se odvádí část výkonu kamen. Nádrž může být doplňkově ohřívána i solárním systémem.

Kontrola kvality

Navrhnout a postavit pasivní dům není nic jednoduchého. Na českém trhu je bohužel málo renomovaných dodavatelů s dostatečnými zkušenostmi. Proto je důležité kontrolovat kvalitu domu již od návrhu. Hned první problém je v tom, že v ČR neexistuje obecně závazný postup výpočtu. Leckterý dům tak si ce splňuje kritérium nízké spotřeby, ale jen na papíře, díky kreativnímu výpočetnímu postupu.

Pokud ve stavební dokumentaci nejsou detaily řešení tepelných mostů, je to vážný důvod k pochybnostem. Některé firmy nabízejí typová řešení typických detailů (např. osazení oken). Skutečná situace na stavbě (např. osazení do terénu) je ale složitější. Proto je dobré mít detaily vyřešené přímo pro konkrétní dům.

I nejlepší projekt může zkazit špatně provedená výstavba. Nekvalitní práce může způsobit škody, které se jen těžko odstraňují, a které se navíc mohou projevit až po letech. Průběžná kontrola kvality stavebních prací je tedy zcela nezbytná – na staveništi by neměl chybět odborný a na dodavateli nezávislý stavební dozor. Autorský dozor projektanta nestačí – ten nemůže být na staveništi denně. Rovněž je dobré předem vytypovat náročnější etapy výstavby (např. provedení parotěsné zábrany), u nichž by stavební dozor neměl chybět v žádném případě. Výstavba pasivních domů je v ČR v počátcích, určitě tedy nelze spoléhat na oblíbená řešení typu „takhle se to dělá běžně“.

Těsnost

Aby pasivní dům fungoval tak, jak má, je nezbytné zajistit potřebnou vzduchotěsnost obálky domu. Pokud vzduch nepřivádíme potrubím, ale do domu „táhne“ skulinami kolem oken nebo dokonce ve stěnách, zhoršujeme tím účinnost rekuperace. Teplo nám totiž nekontrolovatelně utíká. Netěsnosti jsou současně místem, kudy se do konstrukce dostává vlhkost z vnitřního vzduchu. Zkondenzovaná vlhkost stavbě škodí, nejvíce ohrožuje dřevo, které může být napadeno dřevokaznými houbami.

Těsnost budovy se proto kontroluje tzv. blower-door testem, kdy se všechny otvory uzavřou a dům se „napumpuje“ (nebo se vytvoří podtlak) pomocí ventilátoru osazeného obvykle ve vstupních dveřích. Podle toho, kolik vzduchu musí ventilátor dodat za určitého tlakového rozdílu, se zjistí těsnost. Požadavek pro pasivní domy je těsnost $n_{50,N} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$. To znamená, že za rozdílu tlaků 50 Pa (odpovídá zhruba stavu, kdy na dům fouká vítr rychlostí 30 km/h) se veškerý vzduch v budově vymění za 0,6 hodiny. Test je vhodné provádět dvakrát. Poprvé když je dokončena hrubá stavba a provedena parotěsná (nebo parobrzdňá) vrstva. V této fázi je ještě poměrně snadné najít a opravit ne-

těsnosti. Druhý test se provádí po dokončení stavby, před předáním zákazníkovi. Zde už by bylo na opravy pozdě. Požadavek na těsnost budovy je dobré zakotvit ve smlouvě s dodavatelem – pokud nebude dům dost těsný, lze požadovat slevu, nebo naopak při dosažení lepších hodnot vyplatit prémii.



Blower-door test. Foto: Atrea/EkoWATT

Termovize

Kontrola stavby termovizní kamerou může odhalit místa, kde v konstrukci vznikly tepelné mosty. Někdy lze odhalit i rozsáhlejší netěsnosti, kterými uniká teplý vzduch. Nevýhodou je, že se měření provádí již na hotové stavbě, kdy je na opravy většinou pozdě. Měření musí probíhat v době nízkých venkovních teplot, tj. zhruba od října do dubna. Tepelné mosty se projeví vyšší povrchovou teplotou venkovních stěn (nebo naopak nízkou teplotou vnitřních stěn, pokud měříme uvnitř místnosti). Příliš výrazné tepelné mosty mohou být opět důvodem k požadování slevy z ceny stavby.

Energie zabudovaná do stavebních materiálů

Pasivní dům má spotřebu energie na svůj provoz tak nízkou, že má smysl uvažovat i o tzv. „zabudovaných energiích“, tedy energii potřebné na výrobu stavebního materiálu pro dům a produkci CO₂, která vznikla touto výrobou. Zatímco u „normálního domu“ je podíl těchto energií oproti provozní spotřebě zanedbatelný, u pasivního domu může za dobu životnosti domu tvořit velmi významné procento. Otázka porovnání zabudovaných energií je složitá, velmi zjednodušeně lze říci, že materiály ze dřeva (a další „přírodní materiály“) vycházejí výrazně lépe než klasické zdivo.

Předpisy

Od 1. ledna 2009 musí být všechny novostavby povinně vybaveny tzv. **Průkazem energetické náročnosti budovy**. Stavebník nebo kupující by z něho měl – podobně jako z energetického štítku elektrospotřebiče – snadno poznat, jak je dům úsporný. Průkaz hodnotí nejen spotřebu tepla na vytápění, ale i na ohřev vody, větrání, chlazení a osvětlení.

Pasivní dům jako pojistka

Nízká spotřeba domu je určitou pojistkou vůči růstu cen energií. Obyvatelé pasivního domu snáze zaplatí i velmi drahou energii, neboť jí spotřebují málo. Pokud tedy stavíme dům na celý život, je pasivní, případně nízkoe energetický dům tím nejlepším důchodovým spořením.



Seminární centrum v Hostětíně je jedním z prvních pasivních domů u nás. Foto: EkoWATT

Vydal:

EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Švábký 2 180 00 Praha 8 tel.: 266 710 247	Žižkova 1 (budova PVT) 370 01 České Budějovice tel.: 389 608 211	Rumunská 655/9 460 01 Liberec tel.: 486123478
---	--	---

e-mail: info@ekowatt.cz

www.ekowatt.cz, www.energetika.cz

Foto na titulní straně: Pasivní dům Atrea, Koberovy.
Bytový pasivní dům firmy JRD v Dolních Měcholupech.
Foto: Lenka Bradnová, Petr Vogel, EkoWATT

Texty: EkoWATT: Karel Srdečný, Jan Antonín
Sazba a tisk: Sdružení MAC, spol. s r.o. © EkoWATT, 2010

Podrobnější informace lze získat také v celostátní síti Energetických informačních a konzultačních středisek EKIS, <http://www.mpo-efekt.cz>.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2010 – část A – Program EFEKT.





Zásady výstavby pasivních domů



Centrum pro
obnovitelné
zdroje a úspory
energie

