

Nízkoenergetické budovy z hlediska stavebně-energetické koncepce budov a stavební konstrukce

Střelcová Iveta

Cílem příspěvku je seznámit se s výstavbou nízkoenergetických budov, jak z hlediska architektonického, tak i z hlediska stavebně - energetické koncepce. Pokud bychom se měli zaměřit na obecné pojetí nízkoenergetických budov, můžeme všeobecně říct, že tento trend zažívá v posledních letech značný rozmach a s velkou pravděpodobností bude pokračovat. Je to způsobeno především snahou investorů minimalizovat náklady na provoz budov, který je spojen se spotřebou energií, jejichž ceny neustále vzrůstají. Dalším faktorem zvyšujícím oblibu této koncepce výstavby je ekologické hledisko, které hraje a doufejme, že bude v budoucnu hrát stále větší roli.

1 Úvod

Nízkoenergetické stavby mohou mít až několikanásobně nižší celkovou energetickou spotřebu a mohou racionálně využívat suroviny a zdroje, aniž by byl snížen komfort pobytu člověka v budově a bylo nadměrně zatěžováno životní prostředí.

Bydlení v energeticky úsporném domě neznamená pouze velmi významnou úsporu nákladů na energie, ale splňuje vysoké nároky na pohodu vnitřního prostředí, zejména příjemnou teplotou v zimě i v létě a stále čerstvým vzduchem bez přítomnosti průvanu, prachu, alergenů, které jsou průvodním jevem klasického větrání okny. Větrací systém je nutno opatřit zpětným ziskem tepla, aby teplo nebylo zbytečně vypouštěno z objektu ven. Vzduchotěsnost budovy bez přítomnosti tepelných mostů a neustálá výměna vzduchu zajišťuje stálost konstrukce bez poruch a výskytu plísní, které se mohou objevovat u běžných staveb v místech zvýšené vlhkosti. Tepelné ztráty nízkoenergetického domu jsou tak nízké, že konvenční systém vytápění není zapotřebí. Po většinu roku dům spolehlivě vytopí pasivní tepelné zisky od slunce, spotřebičů a lidí nacházejících se v objektu. Velmi kvalitní izolace doslova drží teplo uvnitř budovy a zajišťuje příjemné teploty v místnostech po celý rok. Díky tomuto principu jsou domy nazývány pasivní. Mezi základní znaky pasivního či nízkoenergetického domu patří:

kvalitní architektonický návrh

- jednoduchý kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků a složitostí
- prosklené plochy jsou orientovány na jih
- zasklení vysoké kvality
- nadstandardní tepelné izolace
- absence tepelných mostů
- využití pasivních tepelných zisků
- strojní větrání s rekuperací tepla

2 Energetická náročnost

Rozhodující veličinou pro zařazení stavby dle energetické náročnosti je měrná potřeba tepla na vytápění, která udává počet kilowatthodin potřebných na vytápění 1 m² podlahové plochy

vytápěné části budovy [kWh/(m2a)]. Budovy s velmi nízkou energetickou náročností mají hodnotu této veličiny výrazně nižší, než jsou požadavky současných stavebně energetických předpisů. Tabulka 1 charakterizuje názvosloví budov dle potřeby tepla na vytápění. Norma ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov dělí budovy s nízkou energetickou náročností na domy nízkoenergetické a pasivní. V České republice je mezní hodnotou pro nízkoenergetické domy 50 kWh/(m2a), v Německu je tato hodnota na úrovni 70 kWh/(m2a), ale tuto hodnotu zde musí splňovat každá novostavba. Základní podmínkou pro splnění pasivního standardu je měrná potřeba tepla na vytápění nižší než 15 kWh/(m2a), aby však bylo možno navrhnout nebo certifikovat dům jako pasivní, musí splňovat další kritéria (tab. 2). Pasivní dům můžeme považovat za vyšší stupeň domu nízkoenergetického.

Tab. 1: Charakteristika budov s odlišnou potřebou tepla na vytápění

Domy běžné ve 70.-80. letech	Současná novostavba	Nízkoenergetický dům	Pasivní dům
charakteristika			
zastaralá otopná soustava, způsob vytápění je velkým zdrojem emisí, větrá se okny, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání okny, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nížším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	pouze teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce
Potřeba tepla na vytápění [kWh/(m2a)]			
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15

Zdroj:www.pasivnidomy.cz

Tab. 2: Kritéria certifikace pasivního standardu domu dle PHPP [13]

Veličina	Značka	Jednotka	Požadavek
Základní vlastnosti			
měrná potřeba tepla na vytápění	EA	kWh/(m2a)	≤ 15
celková potřeba primární energie	PEA	kWh/(m2a)	≤ 120
celková průvzdušnost	n50	h-1	≤ 0,6
Certifikace dle PHPP			
1. výpočet součinitele prostupu tepla	U	W/(m2K)	≤ 0,15
2. kontrola projektové dokumentace: konstrukce bez tepelných mostů a s velmi nízkou průvzdušností			
3. měření celkové průvzdušnosti	n50	h-1	≤ 0,6
4. výpočet potřeby tepla na vytápění	EA	kWh/(m2a)	≤ 15

5. výpočet měrného tepelného příkonu	P	W/m ²	≤ 10
6. kontrola projektové dokumentace: zajištění pohody prostředí větráním			
7. výpočet zajištění pohody prostředí v letním období			
8. hodnocení efektivnosti přípravy teplé vody			
9. výpočet roční energetické účinnosti zásobování teplem			
10. výpočet celk. potřeby primární energie	PEA	kWh/(m ² a)	≤ 120

3 Stavebně – energetická koncepce budov

V úvodní etapě přípravy projektu je dobré zpracovat stavebně energetickou koncepci budovy ve více variantách, která by vedla k dosažení optimálního řešení, odpovídajícímu vstupním podmínkám (předběžný energetický cíl investora, vliv lokality, preference stavebních materiálů a technologií ze strany investora). Tato koncepce by měla být předložena investorovi a u větších budov také posouzena nezávislými odborníky. Jedna z variant by měla odpovídat obvyklému řešení pro daný případ. Porovnávat se potom mohou přínosy navrhovaných variant řešení s obvyklým (referenčním) řešením.

Předem by měl být jasný základní energetický cíl (např. dosažená potřeba tepla, která vyplyne z použití konstrukcí na úrovni doporučených hodnot součinitele prostupu tepla, nebo zda má mít budova potřebu tepla blízko pasivního standardu). Dále by předem mělo být jasné i to, jaký podíl energetické potřeby bude pokryt s využitím obnovitelných zdrojů energie, jak je důležité splnění některého z cílů pro úspěch celé investiční akce (žádost o dotace, mimořádná finanční podpora vzorového projektu, limit výkonu místní energetické sítě apod.)

Podle povahy konkrétního projektu ovlivní výsledné energetické vlastnosti budovy především:

- volba pozemku a osazení budovy na něm
- orientace budovy ke světovým stranám s ohledem na dopad přímého slunečního záření během roku, současně i v budoucnu předpokládané zastínění budov okolní zástavbou, terénem a zelení
- převládající směr a intenzita větru
- velikost budovy – přiměřenost danému účelu
- tvarové řešení (celková kompaktnost tvaru i členitost vnějších povrchů)
- vnitřní uspořádání s ohledem na soulad vytápěcích režimů a orientaci prostorů ke světovým stranám
- vlastnosti obvodových konstrukcí
- velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách
- řešení potřebné výměny vzduchu
- vnitřní tepelné zisky podle charakteru provozu v budově
- otopná soustava – vhodná volba, přiměřená velikost, kvalitní regulace atd.
- způsob, jakým je zajištěna pohoda prostředí v teplé části roku
- efektivnost ohřevu teplé vody a energetická účinnost elektrických spotřebičů
- skutečně dosažené energetické vlastnosti budovy po realizaci
- skutečný způsob užívání budovy

Z těchto bodů vyplývá, že důležité jsou všechny, ale ne vždy se mohou všechny ovlivnit. I tak je důležité se jimi zabývat. Investor by měl být vždy dobře a včas informován o souvislostech a důsledcích svých rozhodnutí, i když má jiné priority nebo omezení.

Správný výběr pozemku a situování stavby na něm je velmi důležitý prvek působící na energetickou bilanci domu.

Rozhodující roli mají tyto faktory:

- nadmořská výška - s růstem nadmořské výšky klesá teplota vnějšího vzduchu zhruba o 0,5 °C/100 m.
- orientace pozemku ke světovým stranám - význam má především směr svahu, na jižně orientované svahy dopadá v zimě o 10 až 30 % slunečního záření více než na svahy severní. Solární zisky mohou být snižovány mlhami, zejména v podzimním období.
- tvar terénu - v údolích a na vrcholcích kopců jsou teploty vzduchu nižší než v chráněných polohách a na jižních svazích.
- povětrnostní podmínky - zatížení větrem má vliv na spotřebu tepla na vytápění v zimním období.
- hustota okolní zástavby - v místech hustě zastavěných lokalit může být teplota vnějšího vzduchu o 5 až 10 °C vyšší než ve volném terénu.
- hustota a druh okolní vegetace - zalesněná území zadržují vláhu a tak ovlivňují vlhkost a teplotu vzduchu v okolí, tvoří přirozenou ochranu před větrem a nadměrnými solárními zisky. Promyšlenou výsadbou zeleně je možné i částečně usměrňovat a odvádět chladný vzduch.

Dalším důležitým prvkem působící na energetickou bilanci domu je tvarové řešení a velikost domu

Základem co nejušpornějšího návrhu domu je jeho tvarová kompaktnost, která značně přispívá ke snížení potřeby tepla na vytápění. Snahou je minimalizovat hodnotu tzv. geometrické charakteristiky budovy A/V (= plocha obvodových konstrukcí [m^2] k vytápěnému objemu [m^3]), která vypovídá o členitosti objektu. Vliv faktoru A/V je zohledněn i v požadavcích vyhlášky č. 291/2001 Sb. Čím je tento faktor tvaru nižší, tím nižší jsou tepelné ztráty při stejném objemu budovy.

„Faktor tvaru je vyjádřením i efektivnosti vynaložených pořizovacích nákladů. Nízkoenergetický dům by měl mít vzhledem k objemu pokud možno minimum vnějších ploch, protože s rostoucím poměrem obalových konstrukcí a objemu se zvyšuje spotřeba energie na vytápění a to i přes shodné stavební řešení a izolační standard. Zalomení fasády, balkony, arkýře, vikýře, věžičky, niky a podobně zvětšují vnější (ochlazovanou) plochu obvodového pláště a tak přispívají ke zvyšování energetických ztrát členité budovy.“ (Vodičková 2008, str. 45)

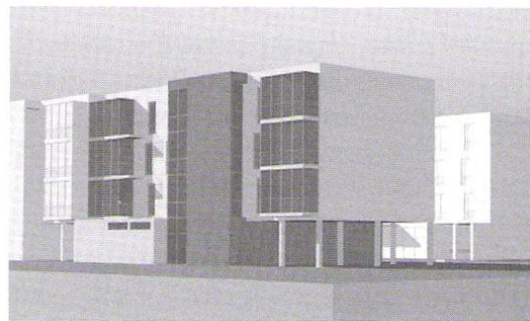
Tvar budovy určitě není možné nějak absolutně optimalizovat vůči faktoru tvaru, je však vhodné z tohoto hlediska prověřit několik tvarových a velikostních variant použitelných pro daný účel budovy.

Větší a kompaktní budovy jsou na tom lépe než menší viz obr.1. Tyto dva objekty (rodinný dům střední velikosti a čtyřpodlažní bytový dům) ze studie ČVUT mají stejné obvodové konstrukce a systém vytápění. Měrná potřeba tepla vztážená na podlahovou plochu je u bytového domu o jednu třetinu nižší.

Obr. 1: Porovnání měrné potřeby tepla rodinného domu a bytového domu



36,4 kWh/m².rok



22,4 kWh/m².rok

Zdroj: Tywoniak 2005, str. 34

V energeticky úsporných stavbách se doporučuje využívat tzv. zónování. Jedná se o navrhování dispozičního řešení půdorysu dle teplotních zón v domě. Základním rozdělením prostoru v objektu je rozdělení vytápěných a nevytápěných místností, které vychází z logicky funkčně oddělených celků. Zónování objektů se vyvinulo v období nízkoenergetických domů první a druhé generace v 70. a 80. letech 20. století. Se zlepšováním tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí budov však jeho význam z hlediska energetické bilance klesá. Přesto stále zůstává výchozím podkladem pro tvorbu vnitřní dispozice, a to především z důvodu orientace obytných místností na osluněné strany, což má také příznivý vliv na naše zdraví a psychiku.

4 Stavební konstrukce

Při volbě základního konstrukčního systému jsou budoucí stavebníci většinou svázáni řadou věcně překonaných předpokladů, které však společnost dodnes vnímá jako nezvratný fakt. A je pouze na architektovi, jak dobře dnešní poznatky v oboru stavebních materiálů svým klientům vysvětlí.

Tradiční pohled laické veřejnosti považuje za „hodnotnější“ zděnou stavbu. Pramení to asi z historického vývoje urbanizace, kdy dřevěné stavby byly postupně nahrazovány zděnými. Přejít od roubeného domu k cihlovému či kamennému byl vnímán i jako posun na společenském žebříčku. Paradoxem při tom zůstává, že uživatelský tepelný komfort kamenného domu je výrazně horší oproti celodřevěnému.

Mezi hlavní kvantitativně vyjádřené požadavky, související s energetickými vlastnostmi budovy patří zejména:

- omezení prostupu tepla, které je vyjádřeno součinitelem prostupu tepla
- zajištění dostatečné teploty na vnitřním povrchu konstrukcí i za velmi nízkých venkovních teplot
- vyloučení nebo alespoň omezení kondenzace vodních par v konstrukci, vyjádřeno pomocí roční bilance zkondenzovaného a vypařitelného množství vodní páry
- vyloučení průniku vzduchu skrz konstrukce, omezení průniku vzduchu funkčními spárami a konstrukčně podmíněnými netěsnostmi
- omezení energetického vlivu tepelných mostů v místech napojení konstrukcí mezi sebou

Položme si otázku, jaký typ konstrukce tedy zvolit?

Stavět z některého z tradičních systémů masivní konstrukce, nebo smýšlet ekologicky a dům postavit na bázi přírodních materiálů, nejběžněji dřeva? Pro energeticky nenáročné domy jsou nejvhodnější konstrukce, které mají velmi dobré izolační schopnosti a zároveň co nejmenší tloušťku stěn. Obecně lze konstrukce rozdělit na těžké (masivní) a lehké (převážně dřevostavby). Při volbě konstrukčního materiálu hraje roli více faktorů, těmi nejdůležitějšími bývají náklady na stavbu a užitné vlastnosti či jiné výhody dané konstrukce. Co se týče vnějšího vzhledu stavby, nelze dle konstrukčních materiálů činit žádná rozdělení. Dřevostavby jsou po omítnutí nerozeznatelné od běžných domů a naopak, masivní dům lze obložit dřevem a mít tak podobu dřevostavby.

4.1 Dřevostavby

- Dřevostavba fošnové konstrukce

Jedná se o tradiční systém, který je nejvíce rozšířen v Severní Americe a obvykle je tento systém označován jako two-by-four (2x4). Číslovky označují původní rozměry fošen v palcích (přibližně 5x10cm). Pro realizaci je potřeba pouze betonová deska nejnižší podlahy budoucího domu.

Lehká konstrukce se co nejefektivněji smontuje ocelovými spojovacími prvky. Plošné ztužení se zajistí celoplošným opláštěním konstrukčními deskami (OSB nebo vodovzdornou překližkou), zvenkovní strany se povrchově upraví dřevem nebo plastovými lamelami a na vnitřní straně sádrokartonem nebo jiným obkladem.

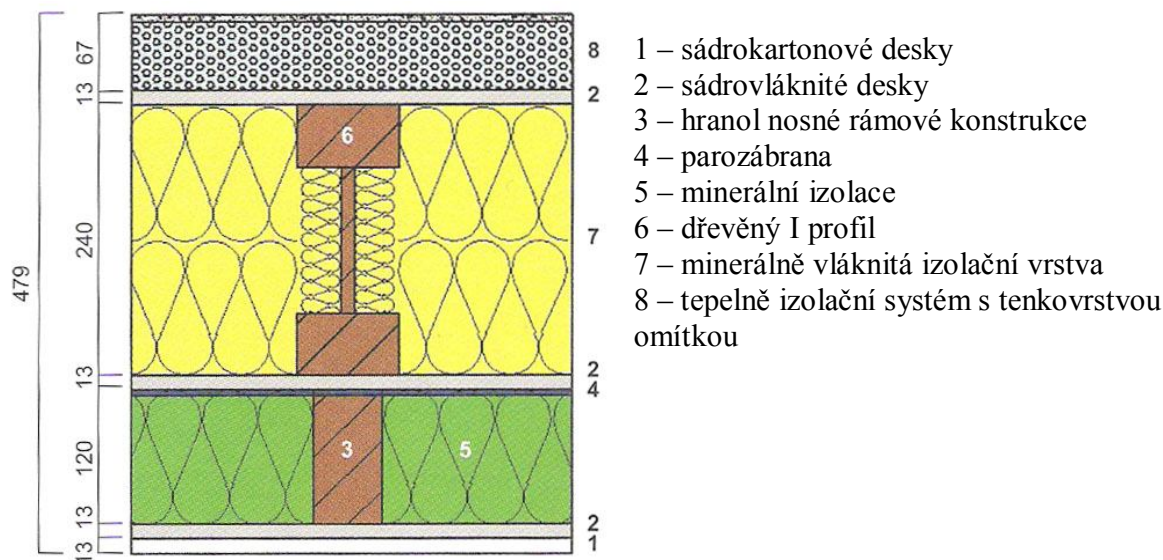
Nejrozšířenější je systém, kdy jsou OSB desky umístěny z venkovní strany, prostor mezi fošnami je vyplněn minerální vláknitou izolací, překryt parozábranou a doplněn interiérovým obkladem. U tohoto systému se musí důkladně provést parozábrana. Z venkovní strany se systém doplní dřevěným obkladem nebo se osadí tepelnými izolačními deskami jako podklad pro tenkovrstvou omítku.

V současnosti se začíná více prosazovat systém s OSB deskami na interiérové straně, kde je možné ve většině případů vypustit parozábranu. Funkci parotěsné a vzduchotěsné vrstvy plní přímo OSB desky v případě, že jsou jejich spoje a napojení na navazující konstrukce přelepeny zvláště k tomu určenými páskami.

- Dřevostavba panelového systému

Velmi efektivní výrobu prvků zajišťuje lehká prefabrikace, v klimaticky příznivém prostředí výrobní haly, kde lze dosahovat nižší pracovní i vyšší přesnosti. Výstavba domu je potom několika mála dnů. Panely je možné ve značné míře kompletizovat – například doplnit o elektroinstalace, vzduchovody apod. Panelové systémy na bázi dřeva je možné dále rozvíjet pro použití u nízkoenergetických domů, např. změnou konstrukce panelů, doplněním panelů o další vrstvu (rošt + tepelnou izolaci a obklad, nebo doplnění o vnější izolační systém s tenkovrstvou omítkou.

Obr. 2: Obvodová stěna panelové dřevostavby v nízkoenergetické modifikaci



Zdroj: Tywoniak 2005, str. 56

4.2 Masivní stavby

Výstavba z kusových zdících prvků je tradičním a stále nejpoužívanějším způsobem výstavby rodinných domů. I energeticky úsporné stavby je možné postavit z těchto materiálů. Jestliže chceme využít kladných vlastností masivních staveb, jako jsou akumulace tepla a akustický útlum, měli bychom volit materiály s vyšší pevností a objemovou hmotností. Tyto

vlastnosti nám dovolí minimalizovat tloušťku stěn při dostatečné statické únosnosti, stěny je pak nutno dále zvenčit dodatečně zateplit. Vylehčované tvárnice nejsou pro pasivní domy nejvhodnější, snaží se docílit kompromisu mezi statickou únosností a izolantem, ale dokonale neplní ani jedno. I ty nejdokonalější tvárnice by při stavbě pasivního domu musely být dodatečně zatepleny, což zvýší jejich cenu i tloušťku stěny. Navíc tento typ tvárnice nemá kvalitní akumulaci schopnosti. Vhodnou alternativou plných cihel jsou pórobetonové tvárnice, které se rychle rozšířily díky rychlému a přesnému způsobu výstavby (obr. 9). Stavební prvky se velmi snadno opracovávají (řežou, brousí, frézují). Tvárnice jsou lehké a spojují se tenkou vrstvou lepicí malty, čímž jsou redukovány mokré procesy výstavby.

Obr. 3: Masivní konstrukce z pórobetonových cihel



Zdroj: www.stavebnictvi3000.cz

Zajímavým systémem je betonování obvodových stěn do tzv. ztraceného bednění. Sestavy bednění, většinou na výšku podlaží, se vytvoří z prvků z dřevocementových desek, z cementových desek vyztužených skleněnými vlákny nebo z polystyrenových tvarovek. Ty se podle statického výpočtu doplní výztuží a zalijí se betonovou směsí.

Obr. 4: Bednicí systém z polystyrénových tvarovek



Zdroj: www.stavebnictvi3000.cz

5 Konstrukční prvky

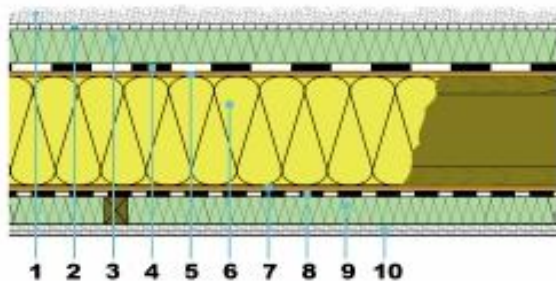
- Střešní konstrukce

Ploché, případně pultové střechy s mírným sklonem, jsou pro nízkoenergetické domy častým řešením, neboť zvyšují kompaktnost domu. Při osazení nosné konstrukce střechy na obvodové stěny často vzniká tepelný most, protože je potřeba pevně spojit různé konstrukce. Proto se u těchto střech obaluje tepelnou izolací často celá atika.

Ploché střechy s dřevěnými nosnými prvky se častěji provádějí jako dvouplášťové, protože jsou bezpečnější z hlediska bilance vlhkosti. Pokud v konstrukci zkondenzuje vlhkost z vnitřního vzduchu, tak se dokáže během léta díky odvětrané mezeře odpařit ven.

Plochá střecha může být provedena i jako zelená tzv. obrácená střecha. Na nosné konstrukci se položí hydroizolace a na ní teprve vrstva tepelné izolace. U zelené střechy je pak ještě nahoře půdní substrát, jehož vrstva je silná podle typu rostlin. Tepelná izolace může být překryta pochozí dlažbou nebo násypem kamínků atd. Výhodou obrácené střechy je, že hydroizolace není namáhána teplotními výkyvy, povětrností ani ultrafialovým zářením, což zvyšuje její životnost.

Obr. 5: Příklad jednoplášťové obrácené střechy (zdroj: Srdečný 2008, str. 29)



- 1 – násyp
- 2 – geotextilie
- 3 – extrudovaný polystyren
- 4 – hydroizolace
- 5 – záklop z prken/desek
- 6 – minerální vata
- 7 – záklop z prken/desek
- 8 – parotěsná zábrana
- 9 – minerální vata mezi latěmi
- 10 – sádrokarton

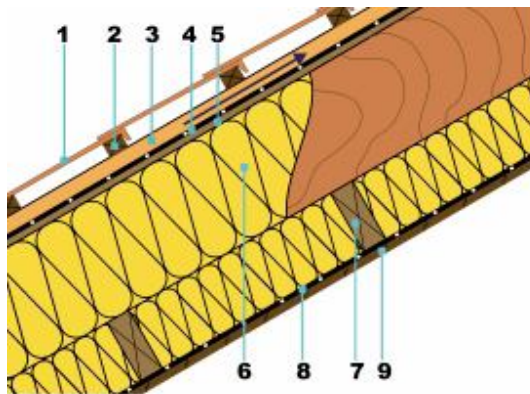
Zdroj: Srdečný 2008, str. 29

Vestavěné podkroví do šikmé střechy se nejčastěji řeší jako dřevostavba. Skladba šikmých stropů je podobná jako u stěn. U střech jsou vyšší požadavky na pevnost a tuhost konstrukce, což vede k většímu počtu nosných prvků (krokve, trámký, lepené či sbíjené nosníky atd.). Opět je zde třeba eliminovat tepelné mosty tvořené těmito nosnými prvky. Výška krokví obvykle nestačí pro uložení dostatečné vrstvy izolace (tloušťka je běžně 30 až 50 cm). Proto se na krokve připevní zespoda další rošt z vodorovných latí či nosníků, do kterého se vloží vrstva izolace. Parotěsná zábrana se dává mezi tyto dvě vrstvy, aby byla lépe chráněna před případným protřením během další stavby.

Při použití pojistná hydroizolace pod krytinu, je nutno navrhnout skladbu konstrukce tak, aby vodní pára mohla uniknout z konstrukce. Může se použít speciální folie, která nepropustí

kapky vody dovnitř, ale mnohem menší molekuly vody ven ano. Je-li pojistná hydroizolace difuzně nepropustná, je třeba odvětrat prostor mezi ní a vrstvou tepelné izolace.

Obr. 6: Příklad skladby šikmé střechy s odvětranou mezerou



- 1 – krytina
- 2 – latě
- 3 – odvětraná mezera + kontralatě 50mm
- 4 – pojistná paropropustná hydroizolace
- 5 – záklop z prken 24mm
- 6 – izolace mezi krokvemi 240mm
- 7 – izolace ve vodorovném roštu 120mm
- 8 – parotěsná zábrana
- 9 – vnitřní obklad z palubek 24mm

Zdroj: Srdečný 2008, str. 30

- Tepelná izolace

Energeticky úsporné stavby mají extrémně nízkou spotřebu tepla, aby tak malé množství tepla udrželo v domě příjemnou tepelnou pohodu, je třeba teplo pečlivě chránit. Proto jednou z nejdůležitějších součástí domu je silná vrstva tepelné izolace snižující tepelné ztráty. Aby dům mohl splnit požadavky nízkoenergetického či pasivního standardu, je nutné použít větší tloušťky kvalitní izolace, a to i na místech, která se v běžné praxi izolují zřídka.

Aby vybraný izolant korespondoval s myšlenkou ekologického nízkoenergetického bydlení, měli bychom zvolit materiál, který je ekologický, snadno odbouratelný a především prospěšný našemu zdraví a zaručuje vytvoření příznivého vnitřního klimatu. Bohužel, tyto parametry jsou při výběru izolace často druhotné, investory obvykle zajímá pouze cena a co nejlepší technické vlastnosti izolantu. Tepelné izolace jsou vyráběny z umělých nebo přírodních materiálů. Mezi umělé izolační materiály patří extrudovaný a pěnový polystyren, PUR pěna, minerální a skelná vata. Pro izolaci z přírodních materiálů se používá např. ovčí vlna, len, korek, konopí nebo celulóza.

V tabulce 3 jsou popsány základní druhy izolačních materiálů. Vedle těchto materiálů samozřejmě existují další, ať už umělé nebo přírodní, izolační materiály, které zatím nejsou tak rozšířené. Popsané materiály se samozřejmě liší svými vlastnostmi (tab. 3), a jsou proto více či méně vhodné pro konkrétní typy staveb. Pokud při stavbě pasivního nebo nízkoenergetického domu chceme zachovat ekologické smýšlení, měli bychom spíše volit přírodní materiály, neboť jsou obnovitelné a je v nich v porovnání s umělými materiály svázáno daleko méně primární energie potřebné k jejich výrobě.

Tab. 3: Porovnání základních vlastností jednotlivých typů izolantů

Materiál	Objemová hmotnost [kg/m³]	Součinitel tepelné vodivosti λ *W. m-1. K-1] *	Faktor difúzního odporu μ *-]	Měrná tepelná kapacita c [J.kg-1.K-1]
Polystyren EPS	15 - 40	0,039 - 0,043	40 - 67	1270
Polystyren XPS	15 - 40	0,032 - 0,035	100 - 200	2060
Pěnový polyuretan	30 - 100	0,024 - 0,028	180 - 200	1380
Minerální vata	100 - 200	0,038 - 0,050	1,5 - 3	840
Pěnové sklo	120 - 175	0,038	70 000	840
Vakuová izolace	-	0,008	> 100 000	-
Celulóza	30 - 60	0,037 - 0,042	1 - 2	2000
Sláma	90 - 135	cca 0,05	3	-
Dřevovláknitá deska	250	0,038 - 0,043	5 - 10	1380
Konopí	25 - 35	0,038 - 0,040	1 - 2	1600
Len	30	0,04	1	-

- Okna a dveře

Okna a dveře jsou součástí obálky budovy, která má za úkol udržovat teplo uvnitř budovy. Tyto výplně stavebních otvorů jsou však zároveň nejslabšími články obálky, kudy z domu uniká nejvíce tepla, je proto velmi důležitý výběr oken a dveří a jejich správné osazení. Hlavním úkolem těchto prvků v obvodovém plášti je osvětlení místností a vytvoření tak kvalitního vnitřního prostředí pro bydlení. V klasických domech je často otevření okna jediný způsob větrání, v pasivních domech je větrání zajištěno strojně. Další funkcí prosklených ploch u pasivních a nízkoenergetických domů je pasivní získávání energie ze slunečního záření a tím snížení nákladů na vytápění v zimních měsících.

Pokud bychom hovořili o materiálu rámu oken, nejběžněji se používají plastová, nebo dřevěná okna.

Shrnutí důležitých zásad u oken a dveří

- kvalitní zasklení, výplň inertním plynem (argon, krypton)
- izolovaný rám okna
- výborné utěsnění křídla a rámu

- dostatečná hodnota propustnosti slunečního záření
- správné umístění okna při montáži
- stínící systémy proti nadměrnému přehřívání v létě

- Vnitřní konstrukce

Ve stavebně-energetické koncepci mají vnitřní konstrukce menší podíl než konstrukce obvodové. Vnitřní konstrukce také mohou ovlivnit celkovou tepelnou setrvačnost budovy. To může být významné právě tehdy, když jsou obvodové konstrukce řešeny jako lehké.

„Účinná akumulace tepla je možná ovšem jen tehdy, bude-li konstrukce bez překážek, jako jsou podhledy a vnitřní obklady, vystavena kontaktu se vzduchem uvnitř budovy, se kterým si může teplo předávat. V každém případě se na krátkodobé akumulaci a uvolňování tepla (zpravidla cyklu 24 hodin) podílí jen malá, několikacentimetrová vrstva od povrchu konstrukce. V některých realizacích je ve dřevostavbě umístěna střední masivní stěna.“ (Tywoniak 2005, str. 76)

- Podlahy

„Ač patří teplo unikající z domu podlahou svým podílem na ztrátách k nejmenším, pocitově vnímáme „chlad od nohou“ velmi negativně a jen kvůli studené podlaze dům zbytečně přetápíme a tedy zvyšujeme celkovou spotřebu.“ (Šmelhaus 2004, str. 44)

Podlahy, které jsou mezi byty, mají zanedbatelný vliv na energetickou bilanci a upravují se spíše z důvodů akustických a estetických. Důležitější pro energetickou bilanci jsou podlahy spodního obytného podlaží, které se nacházejí buď nad nevytápěným suterénem nebo nad přírodním terénem a v podstatě tvoří obvodový plášť stavby.

Závěr

Bydlení v nízkoenergetickém či pasivním domě má oproti klasickému řadu výhod. Mezi hlavní patří zdravé vnitřní klima, které představuje neustále čerstvý vzduch bez alergenů a škodlivých látek, nízké výkyvy teplot v interiéru, akustický komfort a zamezení kondenzace vlhkosti a následného vzniku plísní. Pokud bychom tedy posuzovali pouze ekonomickou výhodnost, má investice do pasivního či nízkoenergetického domu spíše střednědobý charakter. Pokud však zohledníme i hlediska kvality vnitřního klimatu domu, které má vliv na náš fyzický i psychický stav, a ekologická hlediska, stává se pasivní a nízkoenergetická výstavba výhodnou investicí. Nelze přesně určit, které konstrukční prvky jsou pro nízkoenergetické domy nejlepší a které naopak nejhorší. Vše se odvíjí podle povahy konkrétního projektu a podle požadavků investora. Vždy záleží na projektantovi či architektovi jak ovlivní výsledné energetické vlastnosti budovy a jak dokáže přesvědčit investora o výhodách a nevýhodách jednotlivých variant. Nízkoenergetické domy mají sice vyšší pořizovací náklady, ale ty se díky úsporám energií, především na vytápění, vrátí. Odborníci rádi přirovnávají výstavbu nízkoenergetických domů k výnosnému důchodovému spoření.

Literatura:

- [1] Tywoniak, J. – kol. (2005): *Nízkoenergetické domy – Principy a příklady*. Praha, Grada Publishing a.s., 2005
- [2] Růžička, M. (2005): *Stavíme dům ze dřeva*. Praha, Grada Publishing a.s., 2005
- [3] Chybník, J. (2009): *Přírodní stavební materiály*. Praha, Grada Publishing a.s., 2009
- [4] Vodičková, E. (2008): *Vše o nízkoenergetickém domě*. Bratislava, Jaga, 2008
- [5] Srdečný, K. (2008): *Jak postavit nízkoenergetický dům*. Praha, EkoWATT, 2008