



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická**

**Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Ekonomické, legislativní a technické aspekty výstavby  
rodinných a bytových domů**

**Economic, legislative and technical aspects of the construction  
of houses and flats**

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management - bakalářský

Studijní obor: Elektrotechnika a management (BPEEM2)

Vedoucí práce: Ing. Jiří Beranovský, PhD., MBA

**Vendula MORAVCOVÁ**

---

**Praha 2015**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Moravcová Vendula**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Obor: Elektrotechnika a management

*Název tématu:*

### **Ekonomické, legislativní a technické aspekty výstavby rodinných a bytových domů**

*Pokyny pro vypracování:*

1. Analýza technických požadavků výstavby nulových, pasivních a nízkoenergetických domů.
2. Analýza legislativních požadavků výstavby nulových, pasivních a nízkoenergetických domů.
3. Ekonomické hodnocení pro výběr optimálního řešení.

*Seznam odborné literatury:*

1. Beranovský J.: Ekonomické hodnocení energeticky úsporné výstavby. EKOWATT CZ S.R.O., 2014.
2. Koloděj J.: Ekonomická výhodnost pasivních domů. In: Tzbinfo [online]. 18.6.2012 [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Beranovský, MBA, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

*Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.*

vedoucí katedry

*Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.*

děkan

V Praze dne 10.2.2015

## Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci na téma „Ekonomické, legislativní a technické aspekty výstavby rodinných a bytových domů“ vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze, dne .....

.....

Moravcová Vendula

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Beranovskému, PhD., MBA za odbornou pomoc, trpělivost a cenné rady při psaní této bakalářské práce.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>9</b>
1.1	Energetická náročnost budovy .....	9
1.2	Tepelný zisk .....	9
1.3	Součinitel prostupu tepla.....	9
1.4	Měrná potřeba tepla na vytápění .....	10
1.4.1	Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění .....	10
1.4.2	Potřeba tepla na vytápění a celková dodaná energie .....	11
1.4.3	Potřeba tepla na vytápění a průkaz energetické náročnosti budov .....	11
1.5	Spotřeba tepla na vytápění .....	11
1.6	Tepelná ztráta budovy .....	12
1.7	Tepelné mosty .....	13
1.8	Rekuperace tepla .....	14
1.8.1	Účinnost rekuperace .....	14
1.8.2	Typy rekuperačních zařízení.....	14
1.9	Faktor tvaru budovy .....	16
1.10	Zónování .....	17
1.10.1	Orientace prosklených ploch .....	17
1.10.2	Hlavní zásady dispozice.....	17
1.10.3	Zimní zahrady .....	18
1.10.4	Další zásady .....	18
<b>2</b>	<b>Analýza technických požadavků výstavby.....</b>	<b>18</b>
2.1	Běžná novostavba.....	18
2.2	Nízkoenergetický dům .....	19
2.2.1	Izolace .....	20
2.2.2	Větrání .....	21
2.2.3	Vytápění.....	21
2.3	Pasivní dům.....	21
2.3.1	Tepelná ochrana.....	22
2.3.2	Izolace .....	22
2.3.3	Vytápění.....	22
2.4	Nulový dům.....	23

2.4.1	Výstavba .....	23
2.4.2	Úspory energie .....	24
2.5	Bytový dům .....	25
2.5.1	Pasivní přestavba panelového domu .....	25
2.6	Porovnání všech typů výstavby <sup>[12]</sup> .....	27
<b>3</b>	<b><i>Analýza legislativních požadavků výstavby</i></b> .....	<b>28</b>
3.1	Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 .....	28
3.2	Vyhláška o energetické náročnosti budov č. 78/2013 .....	28
3.3	Definice nulového domu .....	29
3.4	ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov .....	30
3.4.1	Přepis definice pasivních domů dle ČSN 73 0540 .....	31
3.5	Pasivní a nulové domy .....	31
<b>4</b>	<b><i>Ekonomické hodnocení pro výběr optimálního řešení</i></b> .....	<b>32</b>
4.1	Technické parametry domu .....	33
4.2	Porovnávané varianty hodnocených zdrojů tepla .....	34
4.3	Celkové výdaje a provozní náklady .....	34
4.4	Ekonomické hodnocení všech variant zdrojů tepla .....	37
<b>5</b>	<b><i>Závěr</i></b> .....	<b>39</b>
<b>6</b>	<b><i>Přílohy</i></b> .....	<b>40</b>
6.1	Seznam obrázků .....	40
6.2	Seznam vzorců .....	40
6.3	Seznam tabulek .....	40
6.4	Seznam použité literatury a zdrojů informací .....	41

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce slouží k základní orientaci v problematice nízkoenergetické výstavby. Zabývá se vysvětlením pojmů, které se používají při diskusi technických požadavků jak stavební konstrukce, tak i technického zařízení budovy. Práce objasňuje i hlavní zásady dispozičního řešení při návrhu stavby nízkoenergetických budov.

Dále vysvětluje rozdíly mezi běžnou novostavbou, nízkoenergetickým, pasivním a nulovým domem z hlediska technických parametrů, izolace, větrání a vytápění. Rozebírá také podmínky a řešení rekonstrukce bytového domu až do pasivního standardu.

Část bakalářské práce se zabývá legislativními požadavky výstavby. Zejména zákonem o hospodaření energií, vyhláškou o energetické náročnosti budov, tepelnou ochranou budov a definici pasivního domu v české legislativě.

Cílem práce je pokusit se navrhnout ekonomicky optimální řešení vytápění realizovaného energeticky pasivního domu pomocí ekonomických ukazatelů. Výsledek práce by měl posloužit k orientaci v různých typech vytápění a jejich výhodnosti.

## **Klíčová slova**

Nízkoenergetická výstavba, nulový dům, zákon o hospodaření energií, tepelná ochrana budov, zdroj tepla, ekonomické hodnocení

## **Abstract**

This Bachelor Thesis introduces the basic orientation in low-energy building issues. It deals with an explanation of terms, which are used to discuss technical requirements of building structures and also technical equipment of building. The thesis also clarifies main principles of disposition in low-energy buildings design.

Further the thesis explains differences in common new building, a low-energy building, passive and a zero house by the view of technical parameters, insulation, ventilation and heating; The thesis also analyses reconstruction of a residential building into the passive standard solution.

Part of the thesis deals with legislative requirements of construction. Mainly with law about an energy managements, edict about energy performance of buildings, thermal protection of buildings and definition of passive house in Czech legislative.

Aim of the thesis is to try to design economically optimal solution of heating of realised energetically passive house using economic indicators. Result of the thesis should be used to orient in different types of heating and their convenience.

## **Key words**

Low-energy construction, zero energy house, Law about an energy managements, Thermal protection of buildings, heat sources, economic evaluation

## Seznam zkratek

CF	Cash flow
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	Převzatá evropská norma
DPH	Daň z přidané hodnoty
EPD	Energeticky pasivní dům
EPS	Pěnový expandovaný polystyren
EU	Evropská unie
IRR	Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)
ISO	Soubor mezinárodních norem
KZS	Kontaktní zateplovací systém
MV	Minerální vlna
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NPV	Čistá současná hodnota (Net Present Value)
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov
Sb.	Sbírka zákonů
TAT	Integrovaný zásobník tepla (IZT)
TČ	Tepelné čerpadlo
TNI	Technická normalizační informace
TUV	Teplá užitková voda
TV	Teplá voda
TZB	Technické zařízení budov
VZT	Vzduchotechnika a klimatizace



# 1 Úvod

Výstavba s nízkou spotřebou energie je odpovědí na trend stále se zvyšujících cen energií a těší se stále větší oblibě a popularitě, nejen díky tomu, že na vytápění domu připadá velmi významná část celkově spotřebované energie domu.

Při tomto druhu výstavby je ale potřeba klást veliký důraz na několik základních, důležitých podmínek, jako je dobrá izolace, správná orientace místností, kompaktní tvar budovy a klimatické podmínky, ve kterých je budova stavěna. Klíčovým bodem při výstavbě je tedy důsledné plánování, nejen kvůli technické, ale i finanční náročnosti tohoto typu výstavby. Jedním z nejdůležitějších bodů výstavby je pak i respektování zákonů a vyhlášek s ní spojených, které se ještě stále vyvíjí.

Problematika energeticky úsporné výstavby je velice rozsáhlá a obsahuje mnoho důležitých oblastí, parametrů a pojmů, ve kterých je potřeba se orientovat.

## 1.1 Energetická náročnost budovy

U již postavených budov se energetickou náročností rozumí množství energie skutečně spotřebované zejména na vytápění, ohřev teplé vody, chlazení, úpravu vnitřního prostředí větráním nebo klimatizačním systémem a osvětlení. U nových staveb se její energetická náročnost stanovuje výpočtem podle požadavků na standardizované užívání budovy.

## 1.2 Tepelný zisk

Tepelné zisky od vnitřních zdrojů jsou dány součtem jednotlivých vnitřních zdrojů tepla, k nimž je nutno připočítat i teplo, kterým se vzduch ohřeje při proudění mezi chladičem a klimatizovanou místností, případně je nutno odečíst teplo potřebné na adiabatické odpaření vody z mokřých povrchů v klimatizovaných místnostech.

## 1.3 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla (Transmission heat loss coefficient; Heat thermal transmittance value) vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu teplot jejích povrchů  $1 \text{ K}$ . Celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$ , s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů

včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce. Součinitel prostupu tepla je definován vztahem:

$$U_T(U) = \frac{1}{R_T} [W/m^2K]$$

$R_T$  – odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí) [ $m^2K/W$ ]

#### Rovnice 1: Součinitel postupu tepla

Vlastnost hodnotí vliv celé konstrukce a k ní přilehlých vzduchových vrstev na šíření tepla prostupem. Je odvozena z tepelného odporu konstrukce  $R$ . Je to vzájemný vztah součinitele prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2K)$ ] a tepelného odporu konstrukce  $R$  [ $m^2K/W$ ], popř. odporu při prostupu tepla  $R_T$  [ $m^2K/W$ ]. Součinitel prostupu tepla  $U$  a tepelný odpor konstrukce  $R$  se stanoví pro podmínky ustáleného šíření tepla při zimních návrhových okrajových podmínkách.

Součinitel prostupu tepla  $U$  a odpor při prostupu tepla  $R_T$  vyjadřují prostup tepla celou konstrukcí. Proto musí zahrnovat vliv všech tepelných mostů a jiných zdrojů navýšení tepelných toků obsažených v konstrukci. Vliv tepelných mostů v konstrukci lze zanedbat, pokud jejich souhrnné působení je menší než 5 % součinitele prostupu tepla vypočteného s vlivem tepelných mostů.

### 1.4 Měrná potřeba tepla na vytápění

Měrná potřeba tepla charakterizuje tepelně-izolační vlastnosti budovy bez ohledu na účinnost topného systému a zdroje tepla. Vyjadřuje množství tepla, které je vztaženo na jednotku plochy [ $kWh/m^2.rok$ ], popř. na jednotku objemu vytápěného prostoru [ $kWh/m^3.rok$ ]. Jde o energetický výstup z objektu, který je dán ztrátami obálky. Potřeba tepla tedy vychází z tepelných ztrát, nedá se ovlivnit tepelnými zisky ani vhodným systémem vytápění (na rozdíl od spotřeby tepla). Podle hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění lze budovy rozdělit na nízkoenergetické, pasivní a nulové.

#### 1.4.1 Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění

Dříve se používal přepočet na objem vytápěné části, dnes se používá spíše přepočet na celkovou podlahovou plochu vytápěné části. Díky tomu můžeme srovnávat tepelnou náročnost různě velkých budov.

Existuje několik typů výpočtu, kterými je možné stanovit měrnou potřebu tepla na vytápění. Jejich použití není univerzální a je dobré vědět, jak se vzájemně liší a kdy je možné který použít. Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění je záležitostí odborníků a je zpoplatněn. Tepelné chování budov spolu s výpočtem potřeby energie na vytápění se řídí zejména normami ČSN EN ISO 13790 a ČSN 73 0540-4, ČSN EN ISO 13789. Pro nízkoenergetické domy by se měl stát výpočet součástí normy ČSN 73 0540. Pokud je měrná potřeba tepla na vytápění stanovena podle zvláštního předpisu TNI 730329 nebo TNI 730330 je možné vyhodnotit budovu jako nízkoenergetickou či pasivní.

#### **1.4.2 Potřeba tepla na vytápění a celková dodaná energie**

Potřeba tepla na vytápění je součástí celkové dodané energie do domu. Kromě energie pro vytápění je to energie pro chlazení, větrání, zvlhčování, přípravu teplé vody, osvětlení a energie pro provoz energetických systémů. Potřeba tepla na vytápění hraje v energetické bilanci domu hlavní roli a je jí věnována největší pozornost.

#### **1.4.3 Potřeba tepla na vytápění a průkaz energetické náročnosti budov**

Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění je součástí výpočtů, které udávají energetickou bilanci domů – průkaz energetické náročnosti budov (PENB). PENB zahrnuje i energii na ohřev vody, větrání, chlazení, osvětlení a na pohon čerpadel a ventilátorů. Ve výpočtech není zahrnuta energie potřebná na běžný provoz domácích elektrospotřebičů (lednička, pračka apod.)

Potřebu tepla na vytápění nejvíce ovlivňuje kvalita zateplení obálky budovy, tedy fasády, střechy, stěn pod úrovní terénu a podlahy v nejnižším vytápěném podlaží, dále pak kvalita oken a dveří. Součinitele prostupu tepla jmenovaných konstrukcí by měly odpovídat minimálně doporučeným hodnotám dle ČSN 73 0540-2 (2011) tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky.

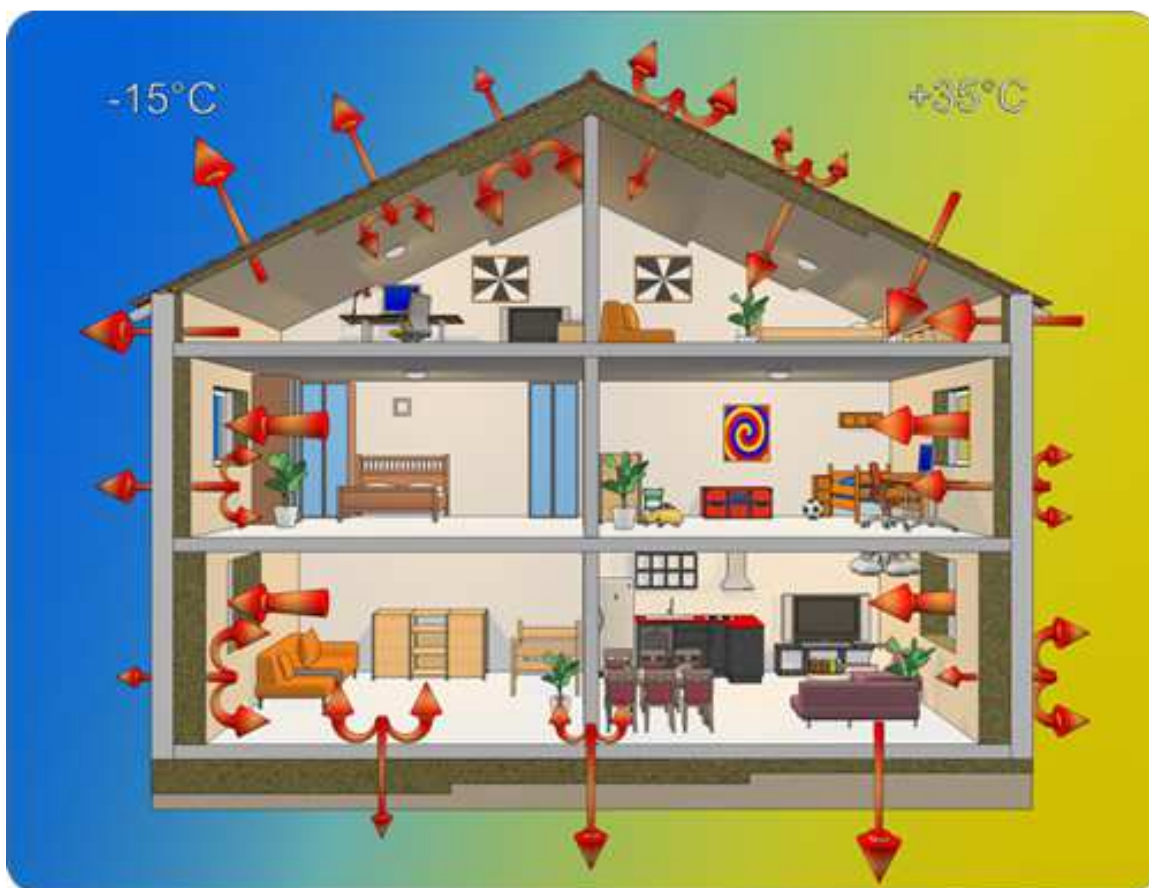
### **1.5 Spotřeba tepla na vytápění**

Spotřeba tepla na vytápění je skutečná spotřeba tepla, kterou nám dodavatel tepla či energie bude fakturovat. Vypočítat ji pro budovu, která se teprve bude stavět, není úplně jednoduché, neboť na spotřebu tepla má vedle kvality budovy, účinnosti zdroje tepla, rozvodů či regulace, vliv také způsob provozu objektu či efektivita využití tepelných zisků.

## 1.6 Tepelná ztráta budovy

Tepelná ztráta tepla na vytápění je okamžitá hodnota tepelné energie (tepelný tok), která z domu uniká prostupem tepla (zářením) skrz průsvitné konstrukce a větráním. Tuto hodnotu je nutné počítat vždy na extrémní podmínky. V ČR obvykle  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v Praze a některých dalších teplejších oblastech je tato výpočtová teplota  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , naopak na horách  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Při výskytu větších mrazů jsou akumulční schopnosti domu a jeho vybavení tyto extrémní výchyly schopny přenést.

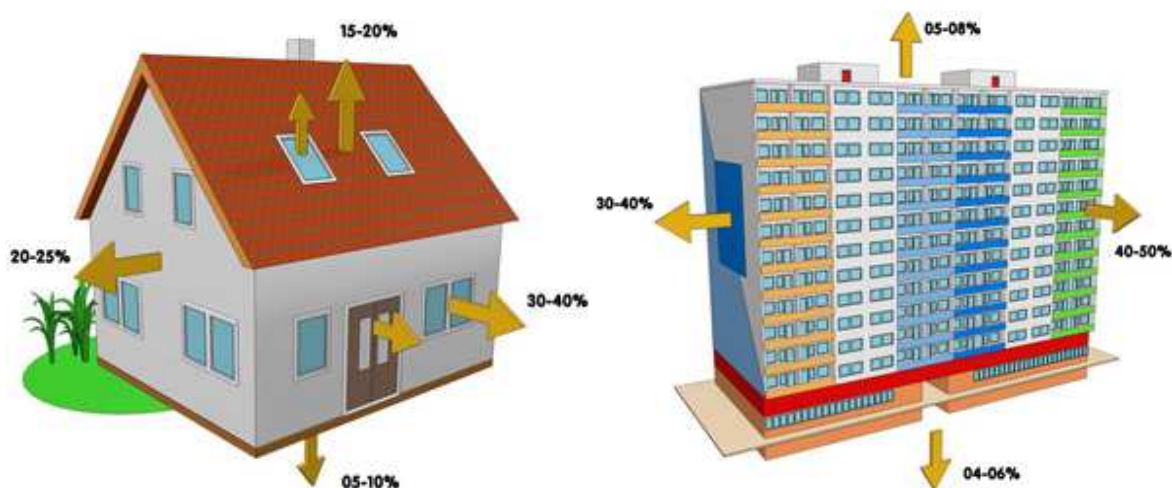
Na tepelné ztráty musí být naddimenzována otopná soustava a tepelný zdroj na vytápění. Pro stanovení potřebného výkonu zdroje tepla je možné vypočítat tepelnou ztrátu celého objektu. Pro stanovení potřebného výkonu otopných těles je nutné stanovit tepelnou ztrátu jednotlivých místností. Stanovení výkonu zdroje tepla na základě výpočtu tepelných ztrát může ušetřit jak významné investiční, tak provozní náklady. Vhodné dimenzování zdroje je také důležitým předpokladem pro dosažení vysoké účinnosti, optimálního fungování a nízkých emisí topidla.



Obr. 1 Tepelné ztráty rodinného a bytového domu [16]

Tepelné ztráty zpravidla vznikají prostupem stavebními prvky a konstrukcemi (střechou, stropem, stěnou, okny a dveřmi, podlahou, nevytápěnými prostory) a větráním.

Podíl těchto tepelných ztrát je závislý na tepelně technických vlastnostech ochlazovaných konstrukcí a kvalitě (těsnosti) otvorových výplní (oken, dveří apod.). Procentuální podíl tepelné ztráty prostupem a větráním činí u nezašlepených panelových domů přibližně 70 % prostupem ku 30 % způsobeným větráním.



Obr. 2 Tepelné ztráty domu při různých teplotách [16]

## 1.7 Tepelné mosty

Tepelnými mosty nazýváme místa, jimiž dochází ke zvýšeným únikům tepla z vytápěného prostoru, tedy místa, kudy uniká na jednotku plochy mnohem více tepelné energie než okolní konstrukcí při stejné ploše. Tepelný most si můžeme představit jako proud vody vytékající z naplněné hráze skrze prasklinu. V praxi se tepelné mosty projevují chladnějším místem v interiéru anebo naopak teplejším místem v exteriéru, pokud je interiér teplejší než exteriér.

Zvýšený tepelný tok proudící z teplé místnosti často vyvolává kromě vyšších tepelných ztrát také problémy spojené s vyšší koncentrací vlhkosti v daném místě (vznik plísní, nižší životnost stavebních prvků a konstrukcí).

## **1.8 Rekuperace tepla**

Rekuperace je pojem, který se užívá pro označení procesu zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu. Při rekuperaci dochází k výměně vzduchu bez významných energetických ztrát, které jsou typické pro běžné větrání. Rekuperační zařízení po většinu roku využívá teploty vzduchu odsávaného z domu nebo bytu k ohřevu chladného vzduchu, který je přiváděn z venkovního prostředí. V letním období je to naopak – teplý vzduch je odváděn ven a dovnitř proudí chladný. Rekuperace tepla se stala důležitou součástí především energeticky úsporných a pasivních domů.

### **1.8.1 Účinnost rekuperace**

Pro zpětné získávání tepla se většinou používá koeficient teplotní účinnosti. Účinnost rekuperačního zařízení je ovlivněna dimenzováním a provozem. Většinou je uváděna maximální účinnost za ideálních podmínek, ale hodnoty dosahované v běžném provozu bývají nižší. Za ideální podmínky lze označit stav, kdy je množství odváděného vzduchu větší než množství vzduchu přiváděného, kdy je vlhkost odváděného vzduchu vysoká a kdy je průtok vzduchu výměníkem malý (popř. pro malý průtok je použito velkého výměníku).

Účinnost rekuperace s deskovým výměníkem je mezi 60 - 70 %. Při maximálním průtoku vzduchu účinnost klesá pod 50 %. Rekuperátory s křížovoprotiproudými výměníky jsou schopny dosáhnout 90% účinnosti. Tato hodnota klesá se zvyšující se zátěží, kdy při 100% zátěži může účinnost klesnout až pod 70 %. Nejvíce účinné jsou protiproudé kanálové výměníky, zařízení by měla být schopna dosáhnout deklarované 90% účinnosti.

### **1.8.2 Typy rekuperačních zařízení**

Rekuperační zařízení má několik typů, které lze rozdělit podle výměníků. Pokud je předáváno teplo z jednoho média do druhého pomocí nějakého zařízení, rozlišujeme: deskové rekuperátory, kapalinové okruhy s výměníkem a tepelné trubice s výměníkem. Použije-li systém k předání tepla akumulární hmotu, jde o rotační nebo přepínací výměníky (tzv. regenerační zařízení).

### **1.8.2.1 Deskové rekuperátory**

V deskových rekuperátorech dochází k předávání tepla přes teplosměnnou desku. Změna tvaru desky (původně čtvercové desky nahradily šestiúhelníkové) vedla ke zvýšení účinnosti až na 90 % (původně do 60 %). Nenáročnost výrobního procesu (jednoduchý postup, nízké náklady) předznamenala široké využití tohoto typu rekuperátoru. Deskové rekuperátory jsou vhodné pro menší vzduchotechnická zařízení, užívají se v rodinných a bytových domech.

Deskové rekuperátory mají několik výhod. Především je bezpečně oddělen přívodní a odvodní vzduch. Pro provoz není třeba další energii k pohonu (např. čerpadlo) a účinnost rekuperátoru zvyšuje kondenzace, ke které může docházet (např. u rotačních výměníků je kondenzace nežádoucí). Užití deskových rekuperátorů je omezeno schopností pracovat pouze s menším objemem vzduchu.

### **1.8.2.2 Rekuperátory s kapalinovým okruhem**

Kapalinový okruh je systém, ve kterém pomocí dvou výměníků tepla dojde k převodu vzduch – kapalina – vzduch. Kapalínou (tzv. teplotnosné médium) může být voda či nemrznoucí směs. Mezi výhody kapalinového okruhu patří bezpečné oddělení přívodního a odvodního vzduchu. Nevýhodné je, že k práci čerpadla se spotřebovává další energie. Účinnost se pohybuje do 70 %. Rekuperátory s kapalinovým okruhem se využívají v historických budovách, mohou dobře posloužit při rekonstrukci stávající vzduchotechniky.

### **1.8.2.3 Rekuperátory s protiproudovým trubkovým výměníkem**

Protiproudý trubkový výměník, s vnitřním zvrásněným povrchem. U tohoto typu výměníku dochází k turbulentnímu průchodu vzduchu. Účinnost tohoto typu výměníku je až 88% a co je velice důležité v zimním provozu vzhledem ke konstrukci nezamrzá. Jeho nároky na elektrickou energii, jsou tedy jen ve spotřebě ventilátorů.

### **1.8.2.4 Rekuperátory – tepelné trubice**

Tepelné trubice jsou zařízení, ve kterých dochází k výměně tepla bez pohonu teplotnosného média. Využívají proces odpaření a kondenzace teplotnosné kapaliny. Trubice jsou postaveny většinou svisle, jejich konce zasahují do odváděcího a přiváděcího potrubí. Výhodou je pohyb náplně bez pohonu, účinnost do 65 %.

### 1.8.2.5 Systémy s rekuperací vzduchu

Rekuperace vzduchu se může stát součástí těchto systémů: ventilační systém s rekuperací vzduchu, teplovzdušné vytápění s rekuperací vzduchu, popř. klimatizace (s tepelným čerpadlem – nutnost větrání, nejde o vlastní rekuperaci). Pořízení rekuperačních zařízení do novostaveb, do rodinných domů i bytových domů podporují dotační programy.

Ventilační systém s rekuperací je navržen proto, aby bylo zajištěno dostatečné provětrání celého objektu – domu, bytu. Tento systém nezajišťuje vytápění. Teplovzdušné vytápění s rekuperací je schopno bezzbytku pokrýt tepelné ztráty pasivního domu, v ostatních stavbách je třeba kombinovat několik způsobů vytápění, což je dnes běžné.

## 1.9 Faktor tvaru budovy

Faktor tvaru budovy nejvíce ovlivňuje potřebu tepla na vytápění. Je to poměr ochlazované plochy obálky budovy a objemu budovy:

$$\text{Faktor tvaru budovy} = \frac{\sum A_i}{V_b} \text{ [1/m]}$$

Rovnice 2: Faktor tvaru budovy

Čím vyšší je faktor tvaru budovy, tím je větší potřeba tepla při stejné zateplené obálce a stejné podlahové ploše.

Při stavbě pasivního domu je vhodné, aby měl dům kompaktní tvar, tedy při našem požadovaném objemu stavby co nejmenší povrch. Geometricky nejlépe zmíněnému požadavku odpovídá koule či polokoule, což v praxi není reálné. Optimální se pak jeví krychle či kvádr. Parametrů domu s nízkou spotřebou energie lze pak dosáhnout při mnohem komplikovanějším tvaru budovy bez výraznějšího vlivu na cenu stavby v porovnání s běžnou výstavbou.

V případech opravdu dobře zateplených domů, které mají malý podíl ztrát prostupem v energetické bilanci, je vliv tvaru domu již poměrně malý. Podstatnější se pak jeví vzduchotěsnost domu, vyřešení tepelných mostů nebo velikost a orientace oken. Podstatný je také fakt, že jednoduché kompaktní tvary domů jsou výrobně levnější.



## **1.10 Zónování**

Zónování znamená vytváření různých teplotních zón v domě. Toto členění v domech v současné době ztrácí na významu s rostoucí kvalitou zateplení. Bylo často zásadní v dobách, kdy tepelné ztráty prostupem - zdí, okny a dveřmi byly podstatně větší. Tak jsme mohli vidět na severní straně domu nevytápěné nebo temperované verandy, garáže a provozní či technické místnosti. V současné době zónování přináší komplikace, které se vůči energetickému efektu nevyplácí.

### **1.10.1 Orientace prosklených ploch**

Za optimální orientaci většiny prosklených ploch se považuje jižní (jihovýchodní - jihozápadní) směr. Velikost prosklených ploch na jižní fasádě by měla být cca 30% - 40 % plochy této fasády. Při větším poměru hrozí přehřívání vnitřních místností v letním období. I tak je však nutné věnovat pozornost odstínění jižních oken vhodnými prostředky (slunolamy, markýzami, roletami, žaluziemi – nejlépe venkovními okenicemi či přesahem střechy). Na jižní straně domu je možné docílit v energetické bilanci dvojnásobných tepelných zisků slunečním zářením oproti tepelným ztrátám v době, kdy slunce nesvítí. Na západní a východní straně domu je energetická bilance vyrovnaná, ale doporučuje se ponechat podíl prosklených ploch spíše menší z důvodů možného přehřívání místností v přechodných obdobích (jaro, podzim). Na severní straně domu jsou okna v celkové bilanci vždy jen tepelnou ztrátou, proto by měla být co možná nejmenší.

### **1.10.2 Hlavní zásady dispozice**

Obytné prostory umísťujeme na jižní straně, podle plánovaného využití např. ložnice spíše na východ, jihovýchod, obývací pokoj na jihozápad, západ. Vedlejší prostory, jako jsou komory, šatny, technické místnosti, spíže a toalety se orientují na severní stranu domu. Jsou nenáročné na osvětlení, a pokud vůbec potřebují okno, pak postačuje malé, tedy s minimálními ztrátami. Koupelna by měla být nejteplejší místnost v domě, a pokud je to možné, tak situovaná ve vnitřní části domu. Je-li dům dobře zateplený, není její umístění až tak podstatné. Pracovny a kanceláře je vhodné situovat na neosluněné strany.

### **1.10.3 Zimní zahrady**

Ke stavbě zimní zahrady je zapotřebí přistupovat obezřetně. Jakákoliv přehnaná očekávání nejsou na místě, pokud se týká energetické bilance domu. Využití přehřátého vzduchu ze zimní zahrady osázené rostlinami může narážet na problémy se zvýšenou vlhkostí a musí se také započítat i spotřeba energie ventilátoru pro přesun vzduchu. Vytápění či temperování zimních zahrad pro možnost celoročního využití bude pravděpodobně vždy ztrátové a to i při použití dvojskel. V letním období při nedostatečném větrání mohou teploty v zimní zahradě dosahovat extrémních hodnot a prostor se tak může stát prakticky neobyvatelný. Při řádném návrhu nevytápěné zimní zahrady však může obyvatelům tento prostor přinést při jisté výši investice více kontaktu s přírodou, více světla a prostoru.

### **1.10.4 Další zásady**

V dispozičním členění vnitřních prostor domu se obvykle koncentrují zóny s technickými instalacemi. Dosáhneme tak krátkých potrubních vedení, což se projeví pozitivně v pořizovací ceně, ale také např. ve zmenšení ztrát tepla v rozvodech ohřáté pitné vody nebo topení. Pokud uvažujeme o vybudování suterénu, je nutné jej tepelně oddělit, případně i vybudovat přístup do těchto prostor vně budovy.

## **2 Analýza technických požadavků výstavby**

### **2.1 Běžná novostavba**

Energeticky vyhovující běžná novostavba má roční spotřebu tepla na metr čtvereční vytápěné plochy asi 100 kWh/m<sup>2</sup>a. Vybavena je klasickou otopnou soustavou na plynná, tuhá nebo kapalná paliva o vysokém výkonu a splňuje tepelně-izolační parametry všech obalových konstrukcí, což jsou obvodové stěny, okna podlahy a stropy. Požadovaný součinitel postupu tepla U obvodové konstrukce u běžné novostavby je (0,3 – 0,38) W/m<sup>2</sup>K. Větrání je vyřešeno přirozeně okny. Pro běžnou novostavbu se kvůli minimalizaci nákladů častěji využívá typových projektů namísto individuálních. Běžná novostavba splňuje pouze vyhlášky a normy platné pro ČR a je často propagována gigantickými výrobci zdících materiálů.



*Obr. 3 Běžná novostavba – typový dům Pluto [10]*

## **2.2 Nízkoenergetický dům**

Spotřeba tepla v nízkoenergetickém domě představuje asi čtvrtinu spotřeby v klasickém domě, tedy roční spotřeba tepla v nízkoenergetickém domu na metr čtvereční vytápěné plochy by měla být méně než 50 kWh/m<sup>2</sup>a. Této spotřeby se dosahuje především zvýšením veškeré tepelné izolace domu.

Nízkoenergetický dům obsahuje v menší míře téměř stejné komponenty jako pasivní dům. Potřebuje ale větší zdroj tepla a rozsáhlejší topný systém. Nízkoenergetický dům má potom podobné investiční náklady. Provozní náklady však zůstávají o něco vyšší než u pasivního domu.

Také je potřeba se zaměřit na správnou orientaci domu, obytné místnosti by měli směřovat na jih, sociální zařízení do středu domu, chodby a komory k severu. V takovém případě mohou pasivní solární zisky pokrýt až 40 % tepla na vytápění. Požadovaný součinitel postupu tepla  $U$  nízkoenergetického domu neprůsvitné konstrukce je 0,2 W/m<sup>2</sup>K, oken 1,4 W/m<sup>2</sup>K a stropu 0,15 W/m<sup>2</sup>K (podle ČSN 73 0540-2 -tepelná ochrana budov).



*Obr. 4 Nízkoenergetický dům v Cholupicích [8]*

### **2.2.1 Izolace**

Nejdůležitějším prvkem při stavbě nízkoenergetického domu je izolace, která má za úkol nepropustit více tepla než je nezbytně nutné a tedy dosáhnout co největší úspory tepla. Pro větší ekologičnost stavby je možné použít izolace z přírodních materiálů, které mají dobré izolační vlastnosti a navíc se dají recyklovat. Většina pozornosti se při stavbě věnuje izolaci fasády a střechy. Důležité ale je se zaměřit i na další prvky nízkoenergetického domu, kterými může unikat teplo, jako jsou okna a dveře. Díky velké tloušťce izolace a velké těsnosti domu se začínají projevovat špatně provedené detaily a je tedy důležité hlídat práci řemeslníků, aby se zamezilo vzniku tepelných mostů. Izolační schopnosti nízkoenergetického domu jsou dimenzovány podle doporučených hodnot normy ČSN 73 0540 (tepelná ochrana budov).

### **2.2.2 Větrání**

Kvalitní izolace u nízkoenergetického domu brání úniku tepla, je tedy u tohoto typu výstavby důležité řešení větrání. U nízkoenergetické stavby je povoleno větrání okny. Tímto způsobem se ale za hodinu větrání ztratí 50 – 70 % tepla. Proto se využívá nuceného větrání s rekuperací tepla, kde se využívá výměny vzduchu bez větších energetických ztrát.

### **2.2.3 Vytápění**

Klasické otopné systémy v nízkoenergetických domech nenajdeme. Místo nich se zde používají moderní technologie vytápění, jako jsou nízkoteplotní vytápěcí systémy (podlahové nebo stěnové), solární systémy, tepelná čerpadla nebo kotle na biomasu. Pro ohřev vody se pak používají solární kolektory. Při volbě vytápění plynem se používá kondenzační kotel, který má o 10 % vyšší účinnost než jiné typy.

## **2.3 Pasivní dům**

Roční spotřeba tepla v pasivním domu na metr čtvereční vytápěné plochy ročně nepřesáhne 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Důležitá je vynikající projektová příprava a bezchybné řemeslné provedení bez zanedbání detailů. Pasivními domy mohou být i domy bytové. Tyto domy jsou již dnes technicky vyřešené a funkční a díky tomu jich už bylo postaveno několik stovek v zahraničí a první pasivní domy už stojí i v České republice.

Pasivní dům nešetří jen náklady na vytápění, ale také zdraví. Filtrační zařízení pracuje i v noci a zbavuje vzduch škodlivých nečistot a prachu. Zařízení také přivádí přesně potřebné množství vzduchu a tak zamezuje vzniku plísní, které se často objevují i v rekonstruovaných panelových domech. Uvnitř pasivního domu je tedy díky použití rekuperačního zařízení pouze čerstvý vzduch.

Nízká spotřeba energie umožňuje vynechání běžného aktivního vytápění bez ohrožení komfortní teploty v domě. Důležitá je orientace výstavby, stejně jako u nízkoenergetického domu, kvůli získávání energie ze slunce. Hlavní strana domu by měla být orientována k jihu, v zimě nezastíněná. V tomto typu výstavby se také používají co nejučinnější spotřebiče.

Požadovaný součinitel postupu tepla U pasivního domu je menší než 0,15 W/m<sup>2</sup>K bez tepelných mostů. Okna mají zasklení se součinitelem postupu tepla

menším než  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  a propustnost pro sluneční teplo  $g > 0,5$ . Okna jsou nejslabším článkem domu, konstrukčně jsou řešeny jako dvojskla s vloženými fóliemi, trojskla nebo jako špaletová okna. Primárně se používají okna ve svislé poloze oproti střešním oknům, která jsou problémovým místem střech, kvůli jejich osazení místem tepelných mostů, zatékání, rosení a v zimě malými solárními zisky. Podobné tepelně-izolační parametry se uplatňují i na dveřní výplně, kdy je optimální kombinovat vstup se zádveřím. Z legislativy se při výstavbě pasivního domu uplatňuje Stavební zákon č. 183/2006, Vyhláška č. 268/2009 o technických požadavcích na stavby (novelizovaná 2012) a Norma ČSN 73 0540-4 (tepelná ochrana budov).

### **2.3.1 Tepelná ochrana**

Zajištění homogenity tepelného odporu v každé z vrstev obálky pasivního domu je velice důležité. Nehomogenita by totiž způsobovala tepelné mosty, které jsou typické u starých staveb při styku obvodové stěny a podlahy (základový beton) nebo stropu. Při navrhování a montáži je tedy snaha tepelné mosty eliminovat, potlačit nebo alespoň přerušit jejich přímočarost mezi interiérem a exteriérem.

### **2.3.2 Izolace**

Řešení izolace kvůli zamezení úniku tepla je opět jedním z nejdůležitějších prvků, stejně jako u nízkoenergetické výstavby. Používají se zde např. průmyslové izolace, jako jsou skelná vlna, minerální vlna nebo polystyrenové izolace o tloušťce minimálně 30 cm. Pro větší ekologičnost stavby je možné použít i přírodních izolací jako je sláma, celulóza, ovčí vlna nebo len.

### **2.3.3 Vytápění**

Pasivní dům využívá pasivních tepelných zisků v budově. Ty se dělí na zisky vnější (sluneční záření procházející okny) a zisky vnitřní (teplo vyzařované lidmi a spotřebiči). Díky stavební kompozici tyto zisky většinu roku stačí k udržení komfortní teploty v domě, což zajišťuje vysoký komfort bydlení a zvyšuje hodnotu nemovitosti.

Při nutnosti zvýšení teploty v domě se používají např. solární kolektory, tepelná čerpadla, kotel na biomasu nebo rekuperace. Na ohřev vody se používají opět solární kolektory, voda se dá ale ohřívat také tepelným čerpadlem z odpadního vzduchu.



*Obr. 5 Pasivní dům v Hradčanech u Tišnova [6]*

## **2.4 Nulový dům**

Nulová výstavba neboli budova s téměř nulovou spotřebou energie je taková, jejíž potřeba tepla pro vytápění se blíží k nule. Má velmi nízkou energetickou náročnost a její spotřeba energie je z většiny pokryta z obnovitelných zdrojů. Nulový dům je na energii ještě méně náročný než nízkoenergetický a pasivní dům, stává se tak tedy velice atraktivním pojmem. Současná legislativa a definice pasivního domu (rok 2014) je ale problematická.

### **2.4.1 Výstavba**

Nulové spotřeby energie se v pasivním domě dosahuje především využitím moderních technologií, tedy hlavně využitím solárních panelů na výrobu energie. Důležitá je stále i správná orientace domu, jeho tvar a klimatické podmínky, stejně jako u nízkoenergetické a pasivní výstavby. Běžnou součástí domu jsou tedy solární panely, které se využívají na výrobu elektřiny, ohřev vody nebo na přitápění. Pokud dům vyrobí více energie než je schopný spotřebovat, může dodávat nadbytek do sítě. V tomto případě se nazývá aktivním nebo plusovým domem. Projekt výstavby nulového domu musí být také uzpůsoben klimatickým podmínkám, stavba je možná jen v určitých

lokality za využití nejmodernějších technologií. V legislativě se nulovým domům věnuje Zákon 406/2000 o hospodaření energií a Vyhláška 78/2013 o energetické náročnosti budov.

### 2.4.2 Úspory energie

Především v létě se ze solárních panelů může v pasivním domě naakumulovat přebytečná energie, která se dá uchovávat v akumulacích zásobnících a v zimě spotřebovat. Přebytečná energie lze také uchovat ve velkoplošných solárních panelech nebo dodávat nadbytek do sítě, jak je uvedeno výše.



Obr. 6 Nulový dům Air House [22]



## **2.5 Bytový dům**

Výsledek vývoje a výzkumu MŽP potvrdil, že cca 85 % panelových domů v České republice lze zrekonstruovat až do pasivního standardu, zejména u domů, které zatím žádnou rekonstrukcí neprošly (cca 600 000 bytů).

Starší způsoby rekonstrukce se obvykle zabývají pouze zateplením a výměnou oken. Někdy se dokonce z úsporných důvodů provádějí tato dvě základní opatření pouze na jednotlivých částech domu. Neřeší se však ta nejdůležitější část, a to je zabezpečení kvalitního větrání.

Trend neúplných rekonstrukcí bohužel přetrvává dodnes. Důsledkem je nevyužití potenciálu energetických a finančních úspor a pravděpodobné budoucí problémy se stavebními vadami a velmi nízkou kvalitou vzduchu v obývaných místnostech.

### **2.5.1 Pasivní přestavba panelového domu**

#### **2.5.1.1 Standardní zastaralá rekonstrukce**

Při standardní rekonstrukci panelového domu je její návratnost 7 – 14 let a úspora energie 25 % - 35 %. Větrání je řešeno manuálně okny, provoz tedy není automatický, je zde vyšší vlhkost, výskyt plísní a vyšší koncentrace CO<sub>2</sub>. Zateplení obvodových stěn se provádí kombinací EPS a MV o tloušťce 120 mm, u stěn lodžii se používá EPS tloušťky 80 mm. Střecha se zatepluje plus EPS tloušťky 100 mm. Při standardní rekonstrukci se používají okna se součinitelem prostupu tepla  $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Rekonstrukce nebytových částí domu jako jsou výtahy, chodby, zábradlí, elektroinstalace a stoupačky, apod. je velmi omezená.

#### **2.5.1.2 Komplexní pasivní rekonstrukce**

Při volbě pasivní přestavby panelového domu je její návratnost 9 – 18 let a úspora energie 35 % – 55 %. Použití rekuperace zajišťuje nucené větrání a automatický provoz s hygienickým komfortem bydlení. Díky nucenému větrání s rekuperací je v těchto domech vlhkost a CO<sub>2</sub> v normě. Obvodové zdi se zaplují kombinací EPS a MV tloušťky 200 mm, stěny a lodžie potom šedým EPS o tloušťce 80 mm. U střechy se používá plus EPS tloušťky 170 mm. Součinitel prostupu tepla oken u pasivní rekonstrukce je 0,75 W/m<sup>2</sup>K. Důraz se také klade na kvalitní řešení detailů a vzduchotěsnost celého domu. Při pasivní rekonstrukci probíhá i výměna zdroje tepla a eventuálně instalace

obnovitelného zdroje energie. Pasivní rekonstrukce je tedy komplexní a zabývá se všemi částmi domu. Navrhované komplexní řešení je použitelné i pro většinu ostatních „nepanelových“ bytových domů.

Pro komplexní rekonstrukci je klíčovou technologií nucené větrání s rekuperací tepla. Centrální (eventuálně lokální) rovnotlaký ventilační systém s rekuperací tepla zajišťuje hygienický komfort bydlení a zároveň šetří energii, která za běžných okolností uniká pryč s vyvětraným vzduchem.

Starší panelový dům má potřebu tepla na vytápění přibližně od 80 do 180 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Standardní současná rekonstrukce sníží potřebu tepla na vytápění na 30 - 65 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Komplexním řešením však není problém dosáhnout ještě menší potřeby tepla na vytápění, a to 10 - 30 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Běžně lze tedy dosáhnout hodnot obvyklých pro nízkoenergetické stavby. Výsledky výzkumu ukazují, že až 85 % případů, je možné jít i pod tuto hranici a dosáhnout tzv. pasivního standardu potřeby do 15 kWh/m<sup>2</sup> za rok.

Ekonomická kritéria nám přitom ukazují, že prostá návratnost standardní rekonstrukce je 7 - 14 let, zatímco rekonstrukce ve střední kvalitě je 9 - 15 let a v nejlepší kvalitě je 10 - 18 let. Je tedy patrné, že rozdíl není veliký.

V každém případě je nezbytné použít systém centrálního větrání s rekuperací tepla. Systém větrání s rekuperací tepla z odpadního vzduchu šetří teplo potřebné na ohřátí přiváděného vzduchu a je pro obyvatele bytů komfortnější, protože při tomto způsobu větrání nestrádají kvůli nadměrné koncentraci oxidu uhličitého, vlhkosti a různých odérů.

Pasivní bydlení s rekuperací vzduchu tedy nepředpokládá velkou změnu ve stylu bydlení. Pouze místo mechanického větrání okny je větrání ovládáno nastavením čidel. V obývacím pokoji čidlem CO<sub>2</sub>, v kuchyni čidlem CO<sub>2</sub> nebo vlhkosti, podobně jako v koupelně a v ložnici čidlem přítomnosti. Na WC pak obvykle stačí běžné spojení s vypínačem a následný doběh.

### **2.5.1.3 Různé varianty řešení pro panelové domy**

Referenční stávající stav: 130 - 260 kWh/m<sup>2</sup>.rok

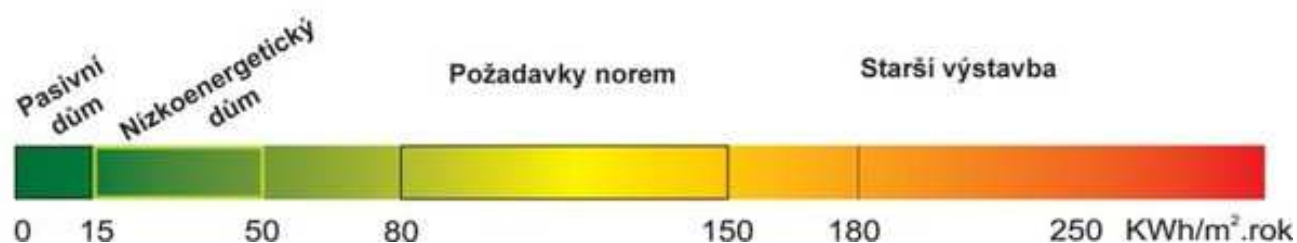
Standardní praxe: 60 - 120 kWh/m<sup>2</sup>.rok

TOP varianta: 50 - 90 kWh/m<sup>2</sup>.rok - maximální zateplení a rekuperace tepla

TOP + TČ varianta: 20 - 40 kWh/m<sup>2</sup>.rok - výměna zdroje za tepelné čerpadlo

## 2.6 Porovnání všech typů výstavby <sup>[12]</sup>

Typ domu	Charakteristika	Roční potřeba tepla na vytápění
Starší výstavba	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zastaralá otopná soustava</li> <li>• zdroj tepla velkým zdrojem emisí</li> <li>• větrání pouze okny</li> <li>• žádné zateplení</li> <li>• špatně izolující konstrukce</li> <li>• zbytečné přetápění</li> </ul>	$\approx 200 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Současná novostavba	<ul style="list-style-type: none"> <li>• klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu</li> <li>• větrání pouze okny</li> <li>• konstrukce na úrovni požadavků normy</li> </ul>	$\approx 100 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Nízkoenergetický dům	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kompaktní tvar</li> <li>• správná orientace</li> <li>• otopná soustava o nižším výkonu</li> <li>• využití obnovitelných zdrojů</li> <li>• dobře zateplené konstrukce</li> <li>• řízené větrání</li> <li>• regulace vytápění využívající tepelné zisky</li> </ul>	$\leq 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Pasivní dům	<ul style="list-style-type: none"> <li>• řízené větrání s rekuperací tepla</li> <li>• vynikající parametry tepelné izolace</li> <li>• velmi těsné konstrukce</li> </ul>	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Nulový dům	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parametry min. na úrovni pasivního domu</li> <li>• velká plocha solárních panelů</li> </ul>	$\leq 5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Bytový dům	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nízkoenergetický až pasivní standard</li> <li>• řízené větrání s rekuperací tepla</li> <li>• okna s trojsklem</li> <li>• kvalitní řešení detailů a vzduchotěsnosti domu</li> </ul>	20 – 90 $\text{kWh/m}^2\text{a}$



Obr. 7 Škála energetické náročnosti domů [23]

### **3 Analýza legislativních požadavků výstavby**

Chceme-li navrhovat nové budovy, či upravovat staré, setkáme se především se stavebním zákonem, zákonem o hospodaření energií, vyhláškou o úpravě územního rozhodování a vyhláškou o energetické náročnosti budov.

#### **3.1 Zákon o hospodaření energií č. 406/2000**

Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 (důležitý zejména §6) účinnost užití energie, který je rozveden ve vyhlášce č. 78/2013, kterou se stanovují podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách. V této vyhlášce se podrobně stanovují limity spotřeby energie v budovách. Stěžejní odstavce jsou splněny při postupu podle platných českých norem, což zde představuje norma ČSN 73 0540-2 (tepelná ochrana budov). Tato norma je doplněna také o podrobný návod jakým způsobem dospět k optimálnímu tepelně-technickému návrhu budovy. Výpočty pro ekologické domy se musí pohybovat minimálně v hodnotách doporučených pro nízkoenergetické domy, nebo ještě lépe v hodnotách pro pasivní dům.

Zákon 406/2000 stanovuje též pravidla pro energetický audit, který je rozveden ve vyhlášce č. 480/2012 o energetickém auditu a energetickém posudku.

#### **3.2 Vyhláška o energetické náročnosti budov č. 78/2013**

Vyhláška č. 78/2013 o energetické náročnosti budov stanovuje náležitosti tzv. energetického průkazu budovy. Ten musí být zpracován pro všechny nové stavby a zaručuje spotřebiteli kontrolu nad tepelně-technickým řešením projektu. Vypočtená měrná spotřeba tepla  $e_A$  (nebo  $e_V$ ) by pro ekologické stavby neměla přesáhnout hodnotu  $e_A < 50 \text{ kWh/m}^2$  a  $e_V < 20 \text{ kWh/m}^3$ .

Od 1.1. 2009 již musí být každá nově postavená budova a budova, která byla zásadně rekonstruována a má podlahovou plochu větší jak  $1\,000 \text{ m}^2$ , opatřena energetickým štítkem (dle novely energetického zákona č. 177/2006 Sb.). Kupující nemovitosti si tak předem zjistí energetickou náročnost budovy. Zjistí si kvalitu obalu budovy a nároky na její vytápění.

Energetický štítek posuzuje veškeré energie, které do budovy vstupují (vytápění, ohřev vody, osvětlení, větrání a klimatizace). Při prodeji domu pak musí majitel přiložit

energetický štítek ke kupní (ale i nájemní) smlouvě, ten navíc nesmí být starší jak 10 let.

Budovy jsou ve štítku členěné do 7 kategorií (A až G):

A = velmi úsporná budova

B = úsporná

C = vyhovující

D = nevyhovující

E = nevhodná

F = velmi nevhodná

G = mimořádně nevhodná

Domy kategorií D až G nesmí být od 1.1. 2009 stavěny a také starší rekonstruované budovy musí po rekonstrukci dosáhnout alespoň na kategorii C. A k těmto omezením nyní přibývá právě od 1.1. 2012 povinnost stavět alespoň nízkoenergetické domy, tedy domy s měrnou spotřebou tepla na vytápění do 50 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Od 1.1. 2021 bude možné stavět pouze domy se spotřebou energií blížící se nule - near zero energy building (menší jak 15 kWh/m<sup>2</sup>/rok) a tedy domy pasivní, případně i nulové či dokonce aktivní, s přebytkem energie, kterou si sami vyrobí.

### **3.3 Definice nulového domu**

Pojem nulový dům je zaveden evropskou legislativou a v České republice novelizován zákonem č. 406/2000 o hospodaření energií. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU z roku 2010 o energetické náročnosti budov zavádí povinnost snižovat energetickou náročnost budov a stavět v budoucnu jen téměř nulové domy. Tato směrnice je transformována do naší legislativy. Novelizovaný zákon č. 406/2000 o hospodaření energií v roce 2012 zavádí povinnost postupně snižovat energetickou náročnost budov. Zavádí také pojem „Budova s téměř nulovou spotřebou energie“, což je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů. Podle „Šance pro budovy“ má nulový dům dle vyhlášky technické parametry odpovídající pouze nízkoenergetickému standardu. Současná legislativa tedy tyto domy staví mezi nízkoenergetické a nikoliv mezi domy, které jsou úspornější než pasivní.

### 3.4 ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov

Nově formulovaná ČSN 73 0540-2 stanovuje cílové hodnoty součinitele prostupu tepla a v informativní příloze pak přináší kromě upřesněné definice pasivního domu i definici domů energeticky nulových, a to pro budovy obytné i ostatní.

Bilanční energetické hodnocení nulového domu vychází z roční bilance energetických potřeb a energetické produkce v budově a jejím okolí, vyjádřené v hodnotách primární energie. Předpokládá se, že budova je připojena na obvyklé energetické sítě. Zpravidla je potřebné, aby stavební řešení a technická zařízení budovy byla navržena tak, aby alespoň přibližně odpovídala standardu pasivního domu a část energetických potřeb kryla z obnovitelných zdrojů.

Předběžně jsou stanoveny dvě základní úrovně hodnocení:

Úroveň A – do energetických potřeb budovy se zahrne potřeba tepla na vytápění, potřeba energie na chlazení, energie na přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy, elektrická energie na umělé osvětlení a elektrické spotřebiče.

Úroveň B – jako A, ale bez zahrnutí elektrické energie na elektrické spotřebiče.

Pro A i B je dále definováno, co se považuje za dosažení úrovně „energeticky nulového domu“ a co za dosažení úrovně domu „blízkého energeticky nulovému“.

Závaznost kritéria →		Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
		Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů $PE_A^{1)}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	
				Úroveň A	Úroveň B
Obytné budovy	Nulový	Rodinné domy ≤ 0,25	Rodinné domy ≤ 20	0	0
	Blízký nulovému	Bytové domy ≤ 0,35	Bytové domy ≤ 15	80	30
Neobytné budovy <sup>2)</sup>	Nulový	≤ 0,35 <sup>1)</sup>	≤ 30	0	0
	Blízký nulovému			120	90

- 1) Uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě doporučené  $U_{em, rec}$  podle článku 5.3.22 ČSN 73 0540-2
- 2) Neobytné budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18 °C až 22 °C včetně. Pro jiné budovy není stanoveno.

Tab. 1 Základní požadavky na energeticky nulové domy podle ČSN 73 0540-2 [9]

Hodnoty dodané energie na vytápění se stanoví postupem podle ČSN EN ISO 13790, stejně tak nebo podrobněji hodnoty dodané energie na chlazení. Hodnoty dodané energie pro přípravu teplé vody, pomocné elektrické energie na provoz energetických systémů budovy a hodnoty elektrické energie na elektrické spotřebiče se stanoví podle TNI 73 0329, TNI 73 0330 nebo podrobněji podle ověřených podkladů. Pro přepočet množství dodané energie na hodnoty odpovídající primární energii se použije příslušný faktor energetické přeměny.

#### **3.4.1 Přepis definice pasivních domů dle ČSN 73 0540**

*"Pasivní domy jsou budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). Takto nízkou energetickou potřebu budovy lze krýt bez použití obvyklé otopné soustavy, pouze se systémem nuceného větrání obsahujícím účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu (rekuperací) a malé zařízení pro dohřev vzduchu v období velmi nízkých venkovních teplot. Navíc musí být dosaženo návrhových teplot vnitřního vzduchu po provozní přestávce v přiměřené (a v projektové dokumentaci uvedené) době. Současně nemá u těchto budov celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev TUV a elektrické energie pro spotřebiče) překračovat hodnotu 120 kWh/(m<sup>2</sup>a)."*

### **3.5 Pasivní a nulové domy**

V březnu 2010 vydává EU novou směrnici 2010/31/EU, která ukládá členským státům EU implementovat do svých právních řádů povinnost nejdéle do roku 2021 stavět veškeré budovy s téměř nulovou spotřebou energie, návrhem již od roku 2018.

V únoru 2011 byla doplněna norma ČSN EN 15665 (větrání budov – změna Z1 – Národní příloha), která zavádí (doporučuje) u obytných budov řízené (mechanické) větrání, jako prevenci vzniku plísní.

V listopadu 2011 byla vydána nová norma ČSN 730540-2, která zavádí požadavky na pasivní domy a domy s téměř nulovou potřebou energie.

V dubnu 2012 vláda připravuje pro roky 2013 – 2020 spuštění programu, který bude navazovat na úspěšný Zelená úsporám. Součástí tohoto programu bude podpora pasivním domům (domům s téměř nulovou spotřebou energie).

V květnu 2012 v návaznosti na směrnici EU 2012/31/EU připravila vláda návrh novely zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a související vyhlášky 148/2007

Sb. o energetické náročnosti budov. Tato novela zavádí povinnost pro veřejný sektor od 1. 1. 2016 připravovat stavby s téměř nulovou spotřebou energie a jejich výstavbu nejdéle od roku 2018. Pro soukromý sektor jsou lhůty posunuty o dva roky.

V září 2012 poslanecká sněmovna přehlasovala prezidentské veto. Novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a související vyhlášky 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov nabude účinnosti od 1. 1. 2013. Tato novela zavádí povinnost pro veřejný sektor od 1. 1. 2016 připravovat stavby s téměř nulovou spotřebou energie. Pro soukromý sektor jsou lhůty posunuty o dva roky.

Nové domy (bytové, rodinné, administrativní) od roku 2018 / 2019 / 2020 musí splňovat požadavky tak, aby měly téměř nulovou spotřebu energie (nulové domy) a to:

- od 1. ledna 2018 (pro domy s podlahovou plochou větší než 1 500 m<sup>2</sup>)
- od 1. ledna 2019 (pro domy s podlahovou plochou větší než 350 m<sup>2</sup>)
- od 1. ledna 2020 (pro domy s podlahovou plochou menší než 350 m<sup>2</sup>)

Nové domy veřejné správy od roku 2016 / 2017 / 2018 musí splňovat požadavky tak, aby měly téměř nulovou spotřebu energie (nulové domy) a to:

- od 1. ledna 2016 (pro domy s podlahovou plochou větší než 1 500 m<sup>2</sup>)
- od 1. ledna 2017 (pro domy s podlahovou plochou větší než 350 m<sup>2</sup>)
- od 1. ledna 2018 (pro domy s podlahovou plochou menší než 350 m<sup>2</sup>)

## **4 Ekonomické hodnocení pro výběr optimálního řešení**

Tato kapitola se zabývá závislostí ekonomické efektivity na investičních výdajích a provozních nákladech energeticky úsporné výstavby na příkladu realizovaného rodinného domu. Zkoumá různé varianty větrání, vytápění a zdrojů tepla, které pomocí ekonomických ukazatelů porovnává a hodnotí.





Obr. 8 Realizovaný EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou [3]

#### 4.1 Technické parametry domu

<b>Stěny</b>	Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm
<b>Okna a dveře</b>	Izolační trojsklo $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ Rám $U = 0,96 \text{ Wm}^2\text{K}$
<b>Zateplení stěn</b>	KZS šedý EPS 260 mm
<b>Zateplení střech</b>	Foukaná celulóza 600 mm
<b>Zateplení podlahy</b>	Pěnové sklo 500 mm
<b>Zimní výpočtová teplota</b>	- 18 °C
<b>Délka topného období</b>	256 dní
<b>Energeticky vztahná plocha objektu</b>	176 m <sup>2</sup>
<b>Vnitřní plocha objektu</b>	141 m <sup>2</sup>
<b>Vnitřní objem</b>	359 m <sup>3</sup>
<b>Tepelná ztráta</b>	3 kW
<b>Potřeba tepla na vytápění</b>	3 149 kWh, 18 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Celkové investiční výdaje - stavební část</b>	2 381 991 Kč
<b>Celkové investiční výdaje na m<sup>2</sup> plochy bez DPH</b>	13 573 Kč
<b>DPH 15%</b>	357 299 Kč
<b>Celkové investiční výdaje vč. DPH</b>	2 739 290 Kč

Tab. 2 Parametry EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou [2], [3]

## 4.2 Porovnávané varianty hodnocených zdrojů tepla

Var.	Větrání	Vytápění	Zdroj + TV	Pořizovací výdaje		Provozní náklady za 1 rok	Provozní náklady za 15 let	Celkové náklady za 15 let
				bez DPH	vč. DPH 15%			
1	okny	radiátory	elektrický kotel, boiler	128 160 Kč	147 384 Kč	34 433 Kč	617 453 Kč	764 837 Kč
2	rovnostlakové	radiátory	elektrický kotel, boiler	223 160 Kč	256 634 Kč	28 010 Kč	502 275 Kč	758 909 Kč
3a	rovnostlakové	radiátory	TČ vzduch / voda, zásobník TAT	348 160 Kč	400 384 Kč	19 542 Kč	350 429 Kč	750 813 Kč
4	rovnostlakové	podlahové topení	TČ vzduch / voda, zásobník TAT	438 300 Kč	504 045 Kč	18 743 Kč	336 093 Kč	840 138 Kč
4a	rovnostlakové	teplovzdušné	elektrický kotel, boiler	221 500 Kč	254 725 Kč	27 576 Kč	494 490 Kč	749 215 Kč
5	rovnostlakové	teplovzdušné	TČ vzduch / voda, elektrický ohřívač VZT, elektrické žebříky, boiler	257 000 Kč	295 550 Kč	24 899 Kč	446 492 Kč	742 042 Kč
6a	rovnostlakové	teplovzdušné	TČ vzduch / voda k zásobníku TAT	353 700 Kč	406 755 Kč	19 573 Kč	350 989 Kč	757 744 Kč
7	rovnostlakové	teplovzdušné	TČ zem / voda k zásobníku TAT	377 500 Kč	434 125 Kč	18 970 Kč	340 177 Kč	774 302 Kč

Tab. 3 Zdroje tepla pro EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou [3]

## 4.3 Celkové výdaje a provozní náklady

Následující tabulka 4 přehledně a podrobně ukazuje celkové stavební investiční výdaje, pořizovací výdaje na technické zařízení budovy a jeho provozní náklady v průběhu jednoho roku a 15-ti let.

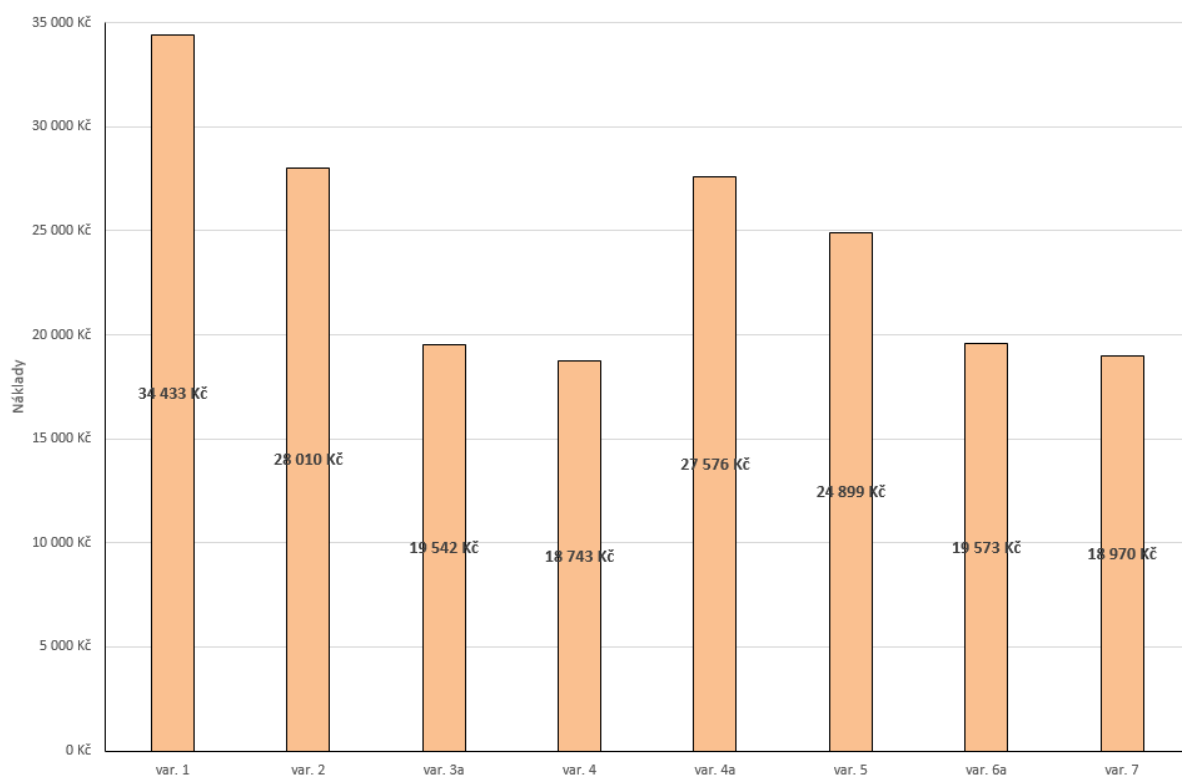
Obrázek 10 zachycuje roční provozní náklady na zdroje tepla. Je z něj patrné, že nejvyšší roční provozní náklady má varianta 1, nejnižší potom varianta 4, která je téměř srovnatelná s variantou 7.

Obrázek 11 ukazuje poměr celkových investičních výdajů, pořizovacích výdajů na vytápění a jeho provozních nákladů za 15 let. Je zde například dobře patrné, že ačkoliv má varianta 1 nejnižší pořizovací výdaje, její provozní náklady za 15 let jsou nejvyšší.

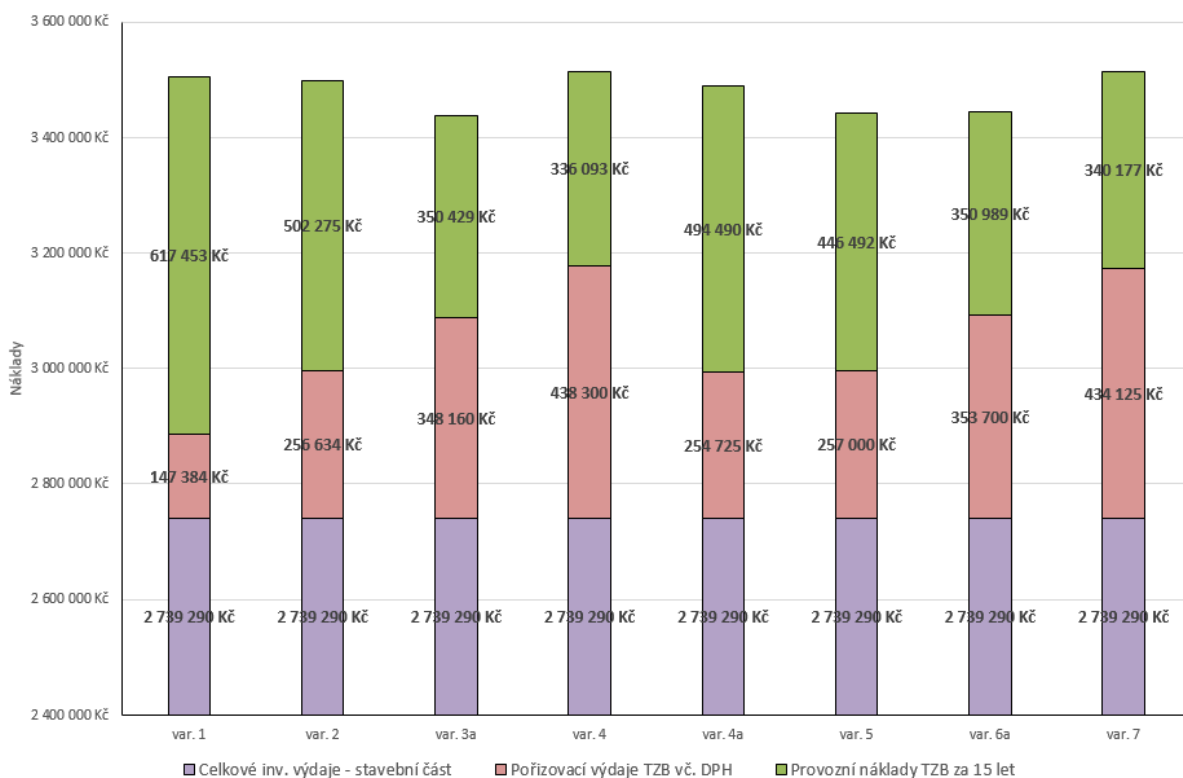
Z obrázku 12 je vidět, že z dlouhodobého hlediska 15-ti let vychází nejlépe varianta 5a a o druhou příčku se dělí varianta 5 s variantou 6a. Nejhůře jsou na tom varianta 4 a varianta 7, které mají celkové náklady za 15 let provozu dokonce vyšší, než varianta 1. Pro vytvoření všech výpočtů a grafů, byl použit program Microsoft Excel.

	var. 1	var. 2	var. 3a	var. 4	var. 4a	var. 5	var. 6a	var. 7
<b>Celkové investiční výdaje - stavební část [Kč]</b>	2 739 290	2 739 290	2 739 290	2 739 290	2 739 290	2 739 290	2 739 290	2 739 290
<b>Pořizovací výdaje TZB vč. DPH [Kč]</b>	147 384	256 634	348 160	438 300	254 725	257 000	353 700	434 125
<b>Provozní náklady TZB za 1 rok [Kč]</b>	34 433	28 010	19 542	18 743	27 576	24 899	19 573	18 970
<b>Provozní náklady TZB za 15 let [Kč]</b>	617 453	502 275	350 429	336 093	494 490	446 492	350 989	340 177
<b>Celkové náklady za 15 let [Kč]</b>	3 504 127	3 498 199	3 437 879	3 513 683	3 488 505	3 442 782	3 443 979	3 513 592

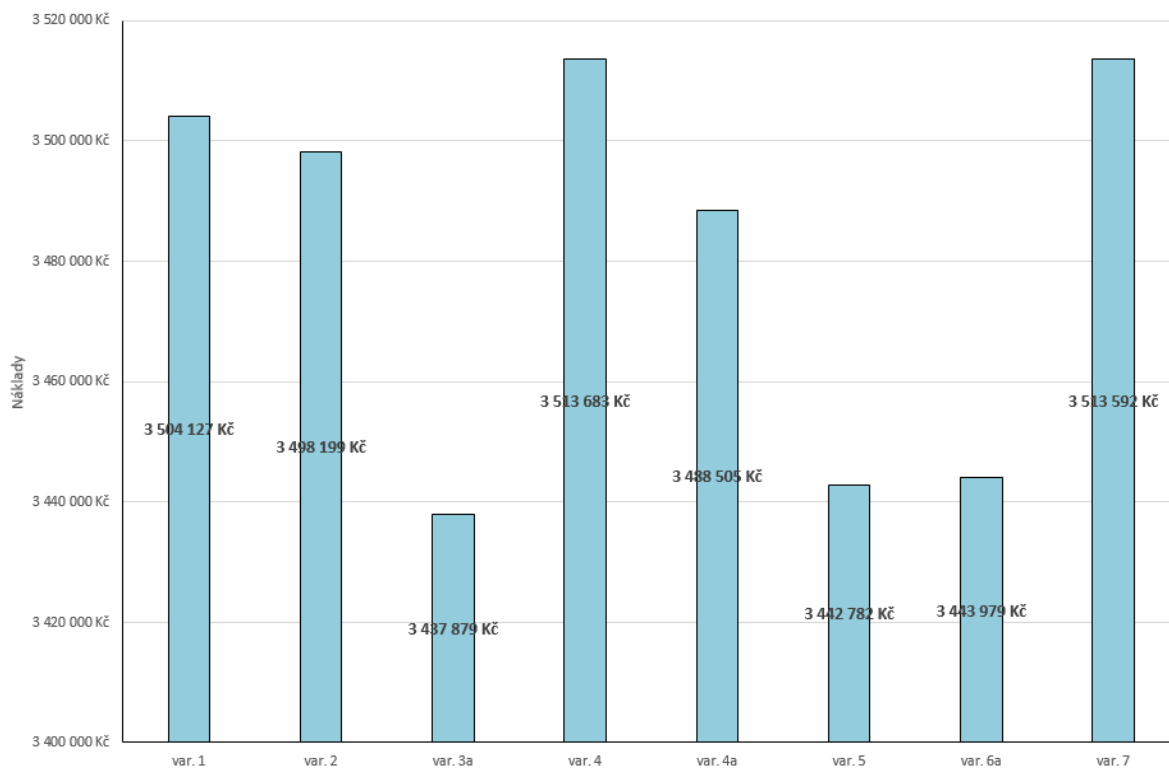
Tab. 4 Celkové výdaje a provozní náklady



Obr. 9 Roční provozní náklady TZB



Obr. 10 Celkové náklady za 15 let provozu - skladba



Obr. 11 Celkové náklady za 15 let provozu

#### 4.4 Ekonomické hodnocení všech variant zdrojů tepla

Ekonomické hodnocení variant bylo provedeno pomocí základních kritérií ekonomické efektivity (NPV, IRR,  $T_s$ ,  $T_{sd}$ ). Kvůli dlouhému období životnosti domu je vyhodnocení provedeno pro období 30 let. Pro zjednodušení je výnos uvažován jako vypočítaná úspora provozních nákladů ostatních variant oproti variantě 1.

Díky stejné době životnosti zvolené pro všechny varianty vytápění, se lze rozhodovat pouze na základě NPV. Z následující tabulky 6, která obsahuje výsledky ekonomického hodnocení všech variant vytápění je patrné, že podle NPV je nejlepší varianta 4, po ní varianta 7 a varianta 6a. Nejhuře si potom vede varianta 4a.

Podle rozhodovacího kritéria IRR a  $T_{sd}$ , je však situace značně jiná. Zde je prostor pro další analýzu a podrobnější prozkoumání problematiky a vytvoření například i grafické interpretace kritérií. Takovýto detailnější průzkum by se dal případně realizovat v navazující diplomové práci.

	var. 1	var. 2	var. 3a	var. 4	var. 4a	var. 5	var. 6a	var. 7
Investiční výdaje vč. DPH (stavba + TZB) [Kč]	3 276 886	3 386 136	3 529 886	3 633 547	3 384 227	3 425 052	3 536 257	3 563 627
Provozní náklady [Kč/rok]	34 433	28 010	19 542	18 743	27 576	24 899	19 573	18 970
Rozdíl investičních výdajů [Kč/rok]	0	109 250	253 000	356 661	107 341	148 166	259 371	286 741
Úspora - $CF_t$ [Kč/rok]	0	6 423	14 891	15 690	6 857	9 534	14 860	15 463

Tab. 5 Výstupní hodnoty pro ekonomické hodnocení všech variant

	var. 2	var. 3a	var. 4	var. 4a	var. 5	var. 6a	var. 7
Čistá současná hodnota NPV [Kč]	235 144	253 000	356 661	107 341	148 166	259 371	286 741
Vnitřní výnosové procento IRR [%]	1,1033	1,1124	-1,0754	1,7878	1,8493	0,8964	0,4219
Doba splacení (prostá) $T_s$ [roky]	17	17	23	16	16	17	19
Doba splacení (diskontovaná) $T_{sd}$ [roky]	26	26	35 > t	24	24	27	28
Doba životnosti t [roky]	30	30	30	30	30	30	30
Diskont – d [%]	3	3	3	3	3	3	3
$CF_t$ [Kč]	6 423	14 891	15 690	6 857	9 534	14 860	15 463
Pořadí variant podle NPV	5	4	1	7	6	3	2

Tab. 6 Výsledky ekonomického hodnocení všech variant

Příklady výpočtů pro Variantu 2:

$$\text{Rozdíl inv. výdajů} = \text{Investiční výdaje}_{\text{var.2}} - \text{Investiční výdaje}_{\text{var.1}}$$

$$\text{Rozdíl inv. výdajů}_{\text{var.2}} = 3\,386\,136 - 3\,276\,886 = 109\,250 \text{ Kč}$$

$$\text{Úspora} = \text{Provozní náklady}_{\text{var.2}} - \text{Provozní náklady}_{\text{var.1}}$$

$$\text{Úspora} = 34\,433 - 28\,010 = 6\,423 \text{ Kč}$$

$$\begin{aligned} \text{Zásobitel} &= \frac{q^t - 1}{q^t \cdot (q - 1)} = \frac{(Diskont + 1)^t - 1}{(Diskont + 1)^t \cdot (Diskont - 1)} \\ &= \frac{(0,03 + 1)^{30} - 1}{(0,03 + 1)^{30} \cdot ((0,03 + 1) - 1)} = 19,6 \end{aligned}$$

$$\text{NPV} = \text{Rozdíl inv. výdajů} + CF_t \cdot \text{Zásobitel}$$

$$\text{NPV}_{\text{var.2}} = 109\,250 + 6\,423 \cdot 19,6 = 235\,144 \text{ Kč}$$

$$T_{s\text{var.2}} = \frac{\text{Rozdíl inv. výdajů}}{\text{Úspora}} = \frac{109\,250}{6\,423} = 17 \text{ let}$$

## 5 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala analýzou a hodnocením ekonomických, legislativních a technických aspektů výstavby rodinných a bytových domů. V úvodní části bylo vysvětleno několik pojmů souvisejících s výstavbou a hodnocením domů s nízkou spotřebou energie, které jsou důležité pro orientaci v této problematice.

Další část se zabývala analýzou technických požadavků výstavby. Zde byl z hlediska spotřeby tepla na vytápění a dalších technických parametrů rozebrán rozdíl mezi běžnou novostavbou, nízkoenergetickým, pasivním a nulovým domem. Poslední částí této kapitoly bylo prozkoumání možností rekonstrukce bytového domu, až do pasivního standardu. Všechny typy výstavby byly porovnány v přehledné tabulce.

Legislativní požadavky výstavby domů s nízkou spotřebou energie, jsou další významnou částí bakalářské práce. Byl zde probrán zákon o hospodaření energií, vyhláška o energetické náročnosti budov a nově formulovaná norma pro tepelnou ochranu budov. Je zde probrán také vývoj legislativy týkající se výstavby domů s nízkou spotřebou energie od roku 2010, kdy vydala EU novou směrnici, ukládající členským státům implementovat do svých právních řádů povinnost stavět nejdéle do roku 2021 veškeré budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

Poslední kapitolou bakalářské práce je ekonomické hodnocení pro výběr optimálního řešení. Zabývá se závislostí ekonomické efektivity na investičních výdajích a provozních nákladech energeticky úsporné výstavby na příkladu realizovaného rodinného domu. Zkoumá různé varianty větrání a zdrojů tepla, které pomocí ekonomických ukazatelů jako je NPV, IRR,  $T_s$  a  $T_{sd}$ , porovnává a hodnotí. Podle kritéria NPV vyšla jako nejvýhodnější varianta s rovnotlakým větráním, podlahovým topením, tepelným čerpadlem vzduch / voda a zásobníkem TAT. Diskontovaná doba splacení však vyšla vyšší než doba životnosti. Kritérium IRR vyhodnotilo jako nejlepší variantu s rovnotlakým větráním, teplovzdušným vytápěním, tepelným čerpadlem vzduch / voda, elektrickým ohřivačem VZT, elektrickými žebříky a boilerem. Tato varianta má i nejnižší dobu splacení jak prostou, tak i diskontovanou. Při realizaci, by tedy bylo vhodné ji zvolit.

Tato bakalářská práce dává prostor k další analýze a optimalizaci řešení při výstavbě domů s nízkou spotřebou energie, například v navazující diplomové práci.

## 6 Přílohy

### 6.1 Seznam obrázků

Obr. 1	Tepelné ztráty rodinného a bytového domu.....	12
Obr. 2	Tepelné ztráty domu při různých teplotách.....	13
Obr. 3	Běžná novostavba – typový dům Pluto.....	19
Obr. 4	Nízkoenergetický dům v Cholupicích.....	20
Obr. 5	Pasivní dům v Hradčanech u Tišnova.....	23
Obr. 6	Nulový dům Air House.....	24
Obr. 7	Škála energetické náročnosti domů.....	27
Obr. 8	Realizovaný EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou.....	33
Obr. 9	Roční provozní náklady TZB.....	35
Obr. 10	Celkové náklady za 15 let provozu - skladba.....	36
Obr. 11	Celkové náklady za 15 let provozu.....	36

### 6.2 Seznam vzorců

Rovnice 1:	Součinitel postupu tepla.....	10
Rovnice 2:	Faktor tvaru budovy.....	16

### 6.3 Seznam tabulek

Tab. 1	Základní požadavky na energeticky nulové domy podle ČSN 73 0540-2.....	30
Tab. 2	Parametry EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou.....	33
Tab. 3	Zdroje tepla pro EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou.....	34
Tab. 4	Celkové výdaje a provozní náklady.....	35
Tab. 5	Výstupní hodnoty pro ekonomické hodnocení všech variant.....	37
Tab. 6	Výsledky ekonomického hodnocení všech variant.....	38



## 6.4 Seznam použité literatury a zdrojů informací

- [1] BERANOVSKÝ, Jiří, Petr VOGEL a František MACHOLDA. PASIVNÍ PANELÁK? ANO, TO MYSLÍME VÁŽNĚ!. JAGA GROUP, s. r. o. [online]. 2014 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/architektura/stavby-a-budovy/bytove-domy/pasivni-panelak-ano-to-myslime-vazne>
- [2] BERANOVSKÝ, Jiří a Jan POKORNÝ. EKOWATT. JE ÚSPORNÝ DŮM OPRAVDU ÚSPORNÝ?: Z ČEHO POSTAVIT ÚSPORNÝ DŮM?. Švábky 2, 190 00 Praha 8: EkoWATT, 2014. ISBN 978-80-87333-10-5.
- [3] JINDRÁK, Martin. Energetická náročnost. ČKAIT Praha, 2014.
- [4] KOLODĚJ, Jan. Ekonomická výhodnost pasivních domů. TZB-info [online]. 2012 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>
- [5] LEDVINA, Petr. Co je to nulový dům? Ekoporadna.cz [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Co\\_je\\_to\\_nulovy\\_dum%3F](http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Co_je_to_nulovy_dum%3F)
- [6] MATERNA, Dan. MAFRA [online]. [cit. 20.5.2015]. Dostupný na WWW: [http://bydleni.idnes.cz/foto.aspx?r=dum\\_osobnosti&c=A110120\\_161305\\_dum\\_osobnosti\\_web&foto=WEB38a23b\\_12.JPG](http://bydleni.idnes.cz/foto.aspx?r=dum_osobnosti&c=A110120_161305_dum_osobnosti_web&foto=WEB38a23b_12.JPG)
- [7] POJAR, Petr. Od letošního roku se staví minimálně nízkoenergetické domy. ČESKÝ INTERNET s.r.o. [online]. 2012 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/od-letosniho-roku-se-stavi-minimalne-nizkoenergeticke-domy-20754.html>
- [8] TOMÁŠKOVÁ, Monika. MAFRA [online]. [cit. 20.5.2015]. Dostupný na WWW: [http://bydleni.idnes.cz/foto.aspx?r=stavba&foto1=WEB4d6074\\_profimedia\\_0070530133.jpg](http://bydleni.idnes.cz/foto.aspx?r=stavba&foto1=WEB4d6074_profimedia_0070530133.jpg)
- [9] TYWONIAK, Jan. Nulové domy. TZB-info [online]. 2011 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy>
- [10] VIRT, Robert. www.mujdum.cz [online]. [cit. 20.5.2015]. Dostupný na WWW: [http://media.novinky.cz/843/368432-top\\_foto1-uvyq2.jpg?1366039805](http://media.novinky.cz/843/368432-top_foto1-uvyq2.jpg?1366039805)
- [11] ANONYM,. 4 energetické standardy. Atelier NÁŠ DŮM s.r.o. [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.nasdum.cz/nase-sluzby/4-energeticke-standardy>
- [12] ANONYM,. CO JE PASIVNÍ DŮM? Centrum pasivního domu [online]. 2014 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [13] ANONYM. Chci stavět [online]. 2010 [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.heluz.cz/chci-stavet/jaky-dum/energeticky-vyhovujici-domy/>
- [14] ANONYM,. Dotace a legislativa. BAHAL ČR a.s. [online]. 2013 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z:

<http://bahal.adineo.eu/cs/financovani-nizkoenergetickych-a-pasivnich-domu/dotace-a-legislativa/>

- [15] ANONYM,. *Kategorie domů. Pasiv stav [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.pasivstav.cz/cs/kategorie-domu>*
- [16] ANONYM,. *Nízkoenergetické domy. TZB-info [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-domy>*
- [17] ANONYM,. *Pasivní domy. Nalezeno.cz [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/pasivni-domy.dic>*
- [18] ANONYM,. *Rekuperace. Nalezeno.cz [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/rekuperace.dic>*
- [19] ANONYM,. *Součinitel prostupu tepla. TZB-info [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>*
- [20] ANONYM,. *Tepelné ztráty. Energetický poradce PRE [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/tepelne-ztraty/>*
- [21] ANONYM,. *Tvar a dispozice domu. Inesta Alta s.r.o. [online]. 2014 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.nizkoenergetickydum.cz/tvar-dispozice-domu>*
- [22] REDAKCE,. *Tepelné zisky od vnitřních zdrojů. TZB-info [online]. 2006 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>*
- [23] AUTOR NEUVEDEN. *AIR House [online]. [cit. 20.5.2015]. Dostupný na WWW: [http://www.airhouse.cz/data/uploads/air-house\\_architektonicky-koncept/ctu\\_render\\_east-elevation\\_2013-04-25\\_cropped.jpg](http://www.airhouse.cz/data/uploads/air-house_architektonicky-koncept/ctu_render_east-elevation_2013-04-25_cropped.jpg)*
- [24] AUTOR NEUVEDEN. *EkoWATT [online]. [cit. 20.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>*