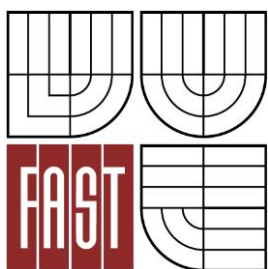




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

# POSOUZENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI NÍZKOENERGETICKÉ VÝSTAVBY

EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF LOW-ENERGY CONSTRUCTIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

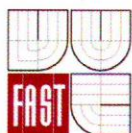
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN SOBOLA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. LUCIE KOZUMPLÍKOVÁ

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

|                                |                                                       |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Studijní program</b>        | B3607 Stavební inženýrství                            |
| <b>Typ studijního programu</b> | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| <b>Studijní obor</b>           | 3607R038 Management stavebnictví                      |
| <b>Pracoviště</b>              | Ústav stavební ekonomiky a řízení                     |

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Martin Sobola

**Název** Posouzení ekonomické efektivnosti  
nízkoenergetické výstavby

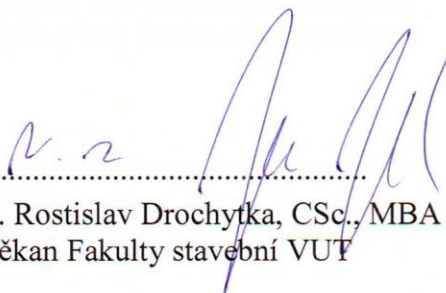
**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Lucie Kozumplíková

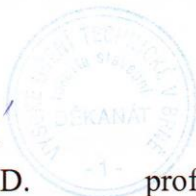
**Datum zadání  
bakalářské práce** 30. 11. 2014

**Datum odevzdání  
bakalářské práce** 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

  
.....  
doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

  
.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT



## **Podklady a literatura**

Korytářová, J., Ekonomika investic, studijní opora VUT FAST, Brno 2006

Fotr, J., Souček, I.: Podnikatelský záměr investičního rozhodování, 1. vydání. Grada, 2005, ISBN 80-247-0939-2

Hudec, M.: Pasivní a rodinný dům, proč a jak stavět. Grada Publishing. 2008. ISBN 978-80-247-2555-0

Smola, J. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Grada Publishing, 2011, ISBN 978-80-247-2995-4

## **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

Cílem práce je posouzení ekonomické efektivity nízkoenergetické výstavby.

1. Investice a investiční rozhodování
2. Metody hodnocení ekonomické efektivity investic
3. Nízkoenergetická výstavba
4. Charakteristika referenčních projektů
5. Průzkum názorů veřejnosti v oblasti nízkoenergetické výstavby
5. Hodnocení ekonomické efektivity referenčních projektů

Požadovaným výstupem je charakteristika referenčních projektů standardní a nízkoenergetické výstavby a posouzení jejich ekonomické efektivity.

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Lucie Kozumplíková  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce je posouzení ekonomické efektivnosti nízkoenergetické výstavby. V práci je přiblížena problematika nízkoenergetické výstavby, její charakteristika, rozdělení, materiálové možnosti, metodika hodnocení a možnosti ekonomického posouzení ve vztahu k investičním nákladům. Praktická část práce se zaměřuje na srovnání investičních a provozních nákladů při výstavbě klasického a nízkoenergetického rodinného domu. V závěru práce je zpracován průzkum veřejnosti formou ankety, která se věnuje ochotě lidí investovat zvýšené finanční prostředky do nízkoenergetické výstavby za předpokladu budoucí úspory. Výstupem bakalářské práce bude výpočet návratnosti zvýšených - počátečních investic při výstavbě referenčního objektu v nízkoenergetickém variantě.

## **Klíčová slova**

Nízkoenergetické domy, tepelná ochrana budovy, zateplovací materiály, úspora energie, doba návratnosti, ekonomická efektivnost, investice, anketa.

## **Abstract**

The aim of this thesis is to assess the economic efficiency of A low-energy construction. The paper focuses on low-energy construction, its characteristics, devision, material options, methodology of evaluation and possibility of economic assessment in regard to investment costs.The practical part of the Bachelor paper focuses on comparing the investment and operating costs for the construction of low-energy house to a classic one. Further, there is a survey of public opinion researched in the form of opinion poll, which deals with the willingness to investmore money in a low-energy construction with a hope for future savings. The outcome of this thesis will present the calculation of returnability of an investment on the construction of a reference object in a low-energy version.

## **Keywords**

Low energy houses, thermal protection of bildings, thermal insulation materials, energy saving heating costs, payback period, economic effiency, investment, inquiry.

### **Bibliografická citace VŠKP**

SOBOLA, Martin. *Posouzení ekonomické efektivity nízkoenergetické výstavby*. Brno, 2015. 73 s., 26 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Lucie Kozumplíková

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29.5.2015

.....  
podpis autora  
Martin Sobola

## **Poděkování**

Touto cestou by som sa chcel poďakovať pani inžinierke Luci Kozumplíkovej za námety, rady, pripomienky, cenné informácie a za celkové vedenie bakalárskej práce.

## OBSAH

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 ÚVOD.....</b>                                                     | <b>10</b> |
| <b>2 INVESTÍCIE .....</b>                                              | <b>11</b> |
| 2.1 Peňažné toky – cash flow .....                                     | 11        |
| 2.2 Ukazovatele pre hodnotenie ekonomickej efektívnosti .....          | 12        |
| 2.2.1 Čistá súčasná hodnota - NPV .....                                | 12        |
| 2.2.2 Jednoduchá doba návratnosti .....                                | 14        |
| 2.2.3 Diskontovaná doba návratnosti.....                               | 14        |
| 2.2.4 Vnútorne výnosové percento IRR .....                             | 15        |
| <b>3 NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA .....</b>                               | <b>17</b> |
| 3.1 Historický vývoj nízkoenergetickej výstavby .....                  | 17        |
| 3.1.1 Dejiny nízkoenergetickej výstavby.....                           | 17        |
| 3.1.2 Novodobý vývoj .....                                             | 17        |
| 3.1.3 Vývoj po roku 1989 v ČR.....                                     | 19        |
| 3.1.4 Podpora štátu formou programu „Zelená úsporám“ .....             | 20        |
| 3.2 Kategórie stavieb podľa ročnej spotreby tepla na vykurovanie ..... | 21        |
| 3.2.1 Ročná merná potreba tepla na vykurovanie.....                    | 21        |
| 3.2.2 Nízkoenergetické domy .....                                      | 22        |
| 3.2.3 Pasívne domy.....                                                | 22        |
| 3.2.4 Domy s nulovou potrebou tepla na vykurovanie.....                | 22        |
| <b>4 NÍZKOENERGETICKÝ DOM.....</b>                                     | <b>23</b> |
| 4.1 Charakteristika nízkoenergetického domu .....                      | 23        |
| 4.1.1 Hlavné výhody/nevýhody nízkoenergetického domu .....             | 23        |
| 4.1.2 Východiska pri realizácii .....                                  | 24        |
| 4.2 Zastavovacie podmienky.....                                        | 25        |
| 4.3 Kompaktná stavebná forma.....                                      | 26        |
| 4.4 Tepelná ochrana rodinného domu .....                               | 27        |
| 4.4.1 Tepelná ochrana budov v právnych a technických predpisoch .....  | 27        |
| 4.4.2 Vonkajšie zatepľovacie systémy.....                              | 30        |
| 4.4.3 Bežne dostupné izolačné materiály .....                          | 30        |
| 4.4.5 Prírodné izolačné materiály .....                                | 35        |
| 4.4.6 Okná v energeticky efektívnych domoch .....                      | 36        |
| 4.5 Tepelné mosty .....                                                | 39        |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6 Tepelné zisky .....                                                       | 41        |
| 4.6.1 Vnútorne tepelné zisky .....                                            | 41        |
| 4.6.2 Vonkajšie tepelné zisky .....                                           | 41        |
| 4.7 Vykurovacia sústava .....                                                 | 42        |
| 4.7.1 Druhy a rozdelenie malých kotlov pre rodinné domy .....                 | 42        |
| 4.7.2 Rozdelenie kotlov podľa druhu využívanej energie .....                  | 43        |
| <b>5 VÝVOJ CIEN ENERGÍÍ VYUŽÍVANÝCH V RODINNÝCH DOMOCH .....</b>              | <b>45</b> |
| <b>6 ZHODNOTENIE INVESTÍCIÍ V NÍZKOENERGETICKEJ VÝSTAVBE .....</b>            | <b>47</b> |
| 6.1 Referenčný objekt, klasický rodinný dom – variant č. 1.....               | 47        |
| 6.1.2 Tepelno-technické parametre referenčného RD .....                       | 50        |
| 6.1.3 Energetická náročnosť klasického RD .....                               | 50        |
| 6.2 Nízkoenergetický rodinný dom - variant č. 2.....                          | 51        |
| 6.2.1 Tepelno-technické parametre nízkoenergetickej varianty .....            | 53        |
| 6.2.2 Energetická náročnosť nízkoenergetického variantu.....                  | 53        |
| 6.3 Náklady na výstavbu a prevádzku rodinného domu .....                      | 54        |
| 6.3.1 Náklady spojené s výstavbou.....                                        | 54        |
| 6.3.2 Náklady na prevádzku .....                                              | 54        |
| 6.4 Výpočet doby návratnosti .....                                            | 56        |
| 6.4.1 Jednoduchá doba návratnosti .....                                       | 56        |
| 6.4.2 Diskontovaná doba návratnosti.....                                      | 56        |
| 6.4.3 Výpočet čistej súčasnej hodnoty – NPV .....                             | 59        |
| 6.4.4 Výpočet vnútorného výnosového percenta - IRR.....                       | 59        |
| 6.4.5 Celkové náklady rodinných domov za 30 rokov .....                       | 60        |
| <b>7 ANKETA – VZŤAH BUDÚCICH INVESTOROV K NÍZKOENERGETICKEJ VÝSTAVBE.....</b> | <b>61</b> |
| 7.1 Obsah ankety .....                                                        | 61        |
| 7.1.2 Vyhodnotenie ankety .....                                               | 62        |
| 7.1.3 Zhrnutie výsledkov .....                                                | 65        |
| <b>8 ZÁVER.....</b>                                                           | <b>66</b> |
| <b>9 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>                                     | <b>68</b> |
| <b>10 ZOZNAM TABULIEK, OBRÁZKOV A GRAFOV .....</b>                            | <b>69</b> |
| <b>11 ZOZNAM SKRATIEK.....</b>                                                | <b>72</b> |
| <b>12 ZOZNAM PRÍLOH .....</b>                                                 | <b>73</b> |

# 1 ÚVOD

Cieľom bakalárskej práce je posúdenie ekonomickej efektívnosti nízkoenergetickej výstavby. V práci je priblížená problematika nízkoenergetickej výstavby, jej charakteristika, rozdelenie, materiálové možnosti, metodika hodnotenia a možnosti ekonomického posúdenia vo vzťahu ku investičným nákladom. Praktická časť práce sa zameriava na porovnanie investičných a prevádzkových nákladov pri výstavbe klasického a nízkoenergetického rodinného domu. V závere práce je spracovaný prieskum verejnosti formou ankety, ktorá sa venuje ochote ľudí investovať zvýšené finančné prostriedky do nízkoenergetickej výstavby za predpokladu budúcej úspory. Výstupom bakalárskej práce bude výpočet návratnosti zvýšených - počiatočných investícií pri výstavbe referenčného objektu v nízkoenergetickom variante.

V dnešnej dobe je otázka výstavby nízkoenergetických domov veľmi diskutovaná a prehodnocovaná. Najmä v posledných rokoch môžeme sledovať zvyšujúci sa záujem či už laickej verejnosti, drobných investorov, ale aj veľkých developerov o danú problematiku. Tento záujem úzko súvisí s tým, že náklady na vykurovanie tvoria najväčšiu časť nákladov na prevádzku budov.

Nízkoenergetická výstavba úzko súvisí so spotrebou energie a jej efektívnym využívaním. Zo štatistík môžeme usúdiť, že populácia ľudí na svete každým rokom narastá a tak otázka spotreby energie je veľmi významná, nakoľko množstvo energie je do značnej miery vyčerpatelné. Nemôžeme však zabudnúť ani na životné prostredie. Povedomie ľudí vedie k tomu, aby sa stavali k otázke zníženia spotreby energie zodpovedne. Preto môžeme sledovať neustále sprísňovanie energetických, ale aj ekologických kritérií zo strany Európskej únie, ale aj každého členského štátu.

Neustále sa zvyšujúce ceny energií a energetická závislosť našej krajiny na dovoze energetických surovín, nás núti šetriť a zároveň hľadať nové zdroje. Česká republika, ale aj celá Európska Únia je odkázaná na dodávky hlavných energetických surovín prevažne z Ruska a ako môžeme v poslednom období sledovať, vývoj geopolitickej situácie je v súčasnosti neistý. Aktuálny konflikt na Ukrajine len zdôrazňuje a upozorňuje na to, ako sme závislí na energetických surovinách dovážaných z Ruska. Je dôležité uvedomiť si, že znížením energetickej náročnosti budov môžeme prispieť aj k zníženiu tejto závislosti.

Jednou z možností ako odpovedať na tento trend je využívanie obnoviteľných zdrojov energie. Jedná sa predovšetkým o získavanie energie zo slnečného žiarenia, vetra, zeme ale aj podzemnej vody. Preto si myslím, že nízkoenergetická výstavba je tou správnou voľbou do budúcnosti.

## 2 INVESTÍCIE

„Pod pojmom investície chápeme v najobecnejšom pohľade proces, kedy dnes vydávame kapitál (peňažné prostriedky), aby sme získali viac v budúcnosti. V podstate vydáme konkrétnu čiastku dnes s očakávaním neistých príjmov v budúcnosti.“ [1]

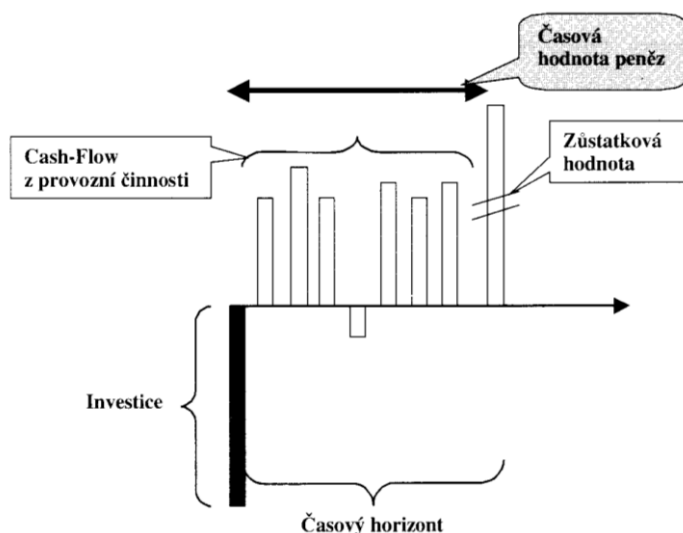
„Tým, že sme investovali (zriekli sme sa konkrétnej čiastky s očakávaním jej budúceho zhodnotenia), sme odložili svoju potrebu s cieľom, že nami investovaná čiastka sa nám do budúcnosti zhodnotí a prinesie nám navýšenie nášho pôvodného kapitálu.“ [1]

### 2.1 Peňažné toky – cash flow

Peňažné toky – cash flow môžeme v jednoduchosti definovať ako príjem alebo výdaj peňažných prostriedkov. Peňažné toky za určité obdobie teda predstavujú rozdiel medzi príjmami a výdajmi peňažných prostriedkov za dané obdobie. Obrázok č.1 charakterizuje priebeh typických peňažných tokov v časovom období. [1]

**Príjmy** – je možné vo vzťahu ku cash-flow charakterizovať, ako peňažné čiastky, alebo toky, ktoré prináša vstupná investícia počas hodnoteného obdobia. [1]

**Náklady** – sú charakterizované ako záporné peňažné toky, ktoré sú potrebné na uskutočnenie, alebo realizáciu danej investície. [1]



Obr. 1 – Příklad investičního projektu s peňažnými tokmi [1]

## 2.2 Ukazovatele pre hodnotenie ekonomickej efektívnosti

Pre záverečné hodnotenie investícií je potrebné stanoviť ich mieru efektívnosti a návratnosti, či je daná investícia výhodná. Po spracovaní cash-flow investícií je potrebné vyhodnotiť účinnosť ich aplikácie. Aby bolo možné previesť záverečné hodnotenie, je potrebné zistiť efektívnosť a zhodnotenie vložených peňažných prostriedkov. K tomu sú využívané metódy vyhodnotenia investícií. [1]

Rozoznávame dve základné skupiny metód, podľa ich vzťahu k časovej hodnote peňazí:

- a) **Metódy statické** - tieto metódy nerešpektujú faktor času, používajú sa na hodnotenie krátkodobých projektov s nízkou požadovanou mierou návratnosti. Napr.: jednoduchá dobá návratnosti. [1]
- b) **Metódy dynamické** - tieto metódy rešpektujú faktor času a používajú sa na hodnotenie investičných projektov, ktoré prebiehajú v dlhšom časovom horizonte. Napr.: čistá súčasná hodnota NPV a vnútorné výnosové percento IRR. [1]

### 2.2.1 Čistá súčasná hodnota - NPV

Pomocou ukazovateľa čistej súčasnej hodnoty môžeme hodnotiť ekonomickú efektívnosť v dlhšom časovom období. Investície týkajúce sa hlavne obstarania investičného majetku majú obvykle dlhodobý charakter, preto je nutné určiť taký mechanizmus, ktorý bude schopný previesť budúce výnosy, u ktorých môžeme predpokladať, že nastanú v budúcich obdobiach, na ich súčasnú hodnotu. Tieto presuny v čase umožňujú mechanizmus, ktorý sa zakladá na matematickej metóde diskontovania. V ekonomickom jazyku ho môžeme nazvať čistou súčasnou hodnotou - NPV (Net PresentValue). [2]

*„NPV investície vychádza z fundamentálneho predpokladu, že peňažné prostriedky sú efektívne investované len v prípade, ak sa výnos z investície je rovný, alebo vyšší ako počiatočný investičný náklad. Vzhľadom k tomu, že sa hodnota peňažných prostriedkov v čase mení, nie je možné toky budúcich výnosov v jednotlivých rokoch jednoducho sčítať. Je treba ich previesť na ich súčasnú hodnotu ( PresentValue, PV ).“*  
[2]

Tento prevod môžeme vypočítať nasledujúcimi vzťahmi:

$$PV = \sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

Kde :

PV ... súčasná hodnota v Kč

$R_i$  ... výnosy v jednotlivých rokoch v Kč

$i$  ... počet rokov od 1 do  $n$

$r$  ... diskontná sadzba ( časová hodnota peňazí ) v %/100

Po výpočte súčasnej hodnoty (PV) môžeme pristúpiť ku výpočtu čistej súčasnej hodnoty. Čistú súčasnú hodnotu (NPV) vypočítame odpočítaním investičných nákladov od súčasnej hodnoty (PV), použitím tohto vzťahu:

$$NPV = PV - IC \quad (2)$$

Kde :

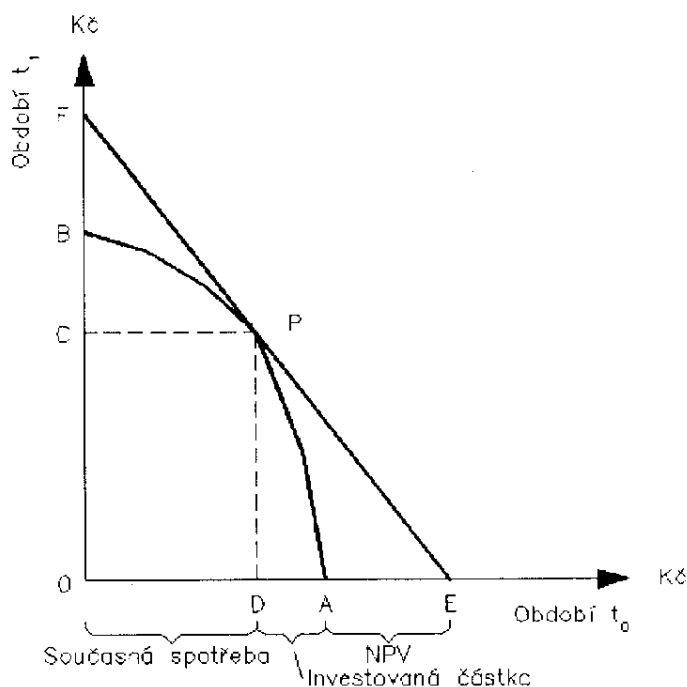
NPV ... čistá súčasná hodnota v Kč

PV ... súčasná hodnota v Kč

IC ... investičný náklad v Kč

Pri výpočte sa riadime rozhodovacím pravidlom pre ukazovateľ NPV. To znamená, že pripúšťame všetky investície s kladnou alebo nulovou NPV. Z toho vyplýva, že prinášajú výnos vyšší, alebo rovnaký s nákladmi, ktoré sme vložili do investície. A naopak odmietame tie, ktoré majú zápornú NPV. [2]

Najpresnejšie vyjadrenie NPV môže znieť aj takto : „Čistá súčasná hodnota predstavuje prírastok zdrojov podniku vyvolaných investovaním.“ [2]



Obr. 2 – Grafické vyjadrenie čistej súčasnej hodnoty [2]

### 2.2.2 Jednoduchá doba návratnosti

Dobu návratnosti môžeme definovať ako počet rokov, za ktoré investičný projekt vytvorí kladné peňažné toky (CF), ktoré sú vo výške investovaných nákladov projektu. V prípadoch, kedy sú peňažné toky (CF) v hodnotených rokoch rovnaké, môžeme dobu návratnosti vypočítat ako pomer investičných nákladov (IN) a ročných (CF). [2]

$$DN = \frac{IN}{CF} \quad (3)$$

### 2.2.3 Diskontovaná doba návratnosti

Pre určenie presnejšej doby návratnosti je potrebné uvažovať aj s časovou hodnotou peňazí. Preto pri výpočte je nutné jednotlivé peňažné toky diskontovať a porovnať sumu diskontovaných tokov s počiatočnými investičnými nákladmi. Čím je doba návratnosti kratšia, tým môžeme vloženú investíciu hodnotiť za priaznivejšiu. [2]

## 2.2.4 Vnútorne výnosové percento IRR

Medzi ďalšie ekonomické ukazovatele, ktorými môžeme hodnotiť ekonomickú efektívnosť projektu patrí vnútorné výnosové percento IRR – Internal Rate of Return. IRR môžeme definovať ako určitý výnos, pri ktorom navrhované peňažné toky vytvoria nulovú hodnotu NPV. V obecnej rovine môžeme povedať, že IRR predstavuje hodnota diskontnej sadzby  $r$ , ktorá vyhovuje tejto rovnici:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} = 0 \quad (4)$$

Tento ekonomický ukazovateľ je možné tiež definovať ako percentuálnu výnosnosť daného projektu za celé jeho hodnotené obdobie. [2]

Odhadovaná hodnota IRR sa dá vypočítať cestou lineárnej interpolácie, ktorá prebieha v nasledujúcich krokoch:

1. odhad hodnoty IRR ( $r$ ) projektu
2. výpočet NPV pre toto IRR ( $r$ )
3. nasleduje porovnanie s rozhodovacími kritériami:
  - a.  $NPV=0$  ...odhad je správny
  - b.  $NPV>0$  ...odhad je nízky ( $r_1$ )
  - c.  $NPV<0$  ...odhad je vysoký ( $r_2$ )
4. postup bude opakovaný, pokiaľ nebude dosiahnutá kladná a záporné NPV
5. dosadením do interpolačného vzorca stanovíme skutočnú hodnotu IRR [2]

$$IRR = r_1 + \frac{NPV +}{|NPV +| + |NPV -|} \times (r_2 - r_1)$$

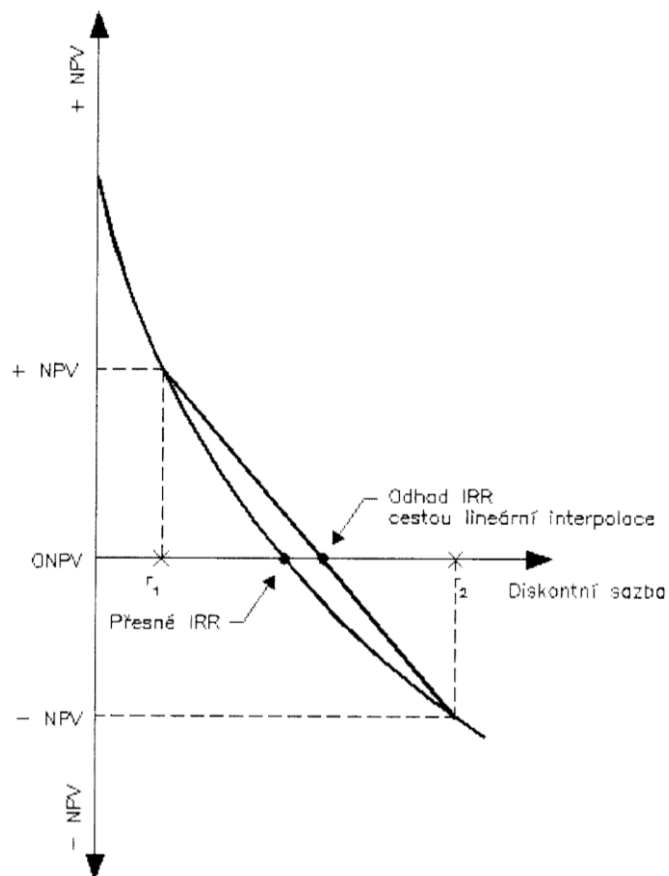
(5)

Kde :  $r_1$  ...predstavuje hodnotu odhadovaného IRR pre kladnú NPV

$r_2$  ...predstavuje hodnotu odhadovaného IRR pre zápornú NPV

NPV+ ...kladná čistá súčasná hodnota

NPV- ...záporná čistá súčasná hodnota [2]



Obr. 3 - Grafické znázornenie vnútorného výnosového percenta IRR [2]

## 3 NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA

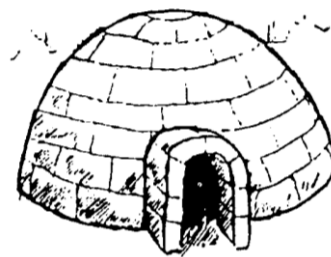
### 3.1 Historický vývoj nízkoenergetickej výstavby

#### 3.1.1 Dejiny nízkoenergetickej výstavby

Už od úplného počiatku ľudstva bol príbytok, alebo neskôr dom, základným predpokladom pre prežitie. Jeho historický vývoj úzko súvisel s rozvojom myslenia a technologickým pokrokom. Už prvé ľudské obydli sa zameriavali hlavne na ochranu proti poveternostným vplyvom a zároveň sa snažili minimalizovať využitie energie na zabezpečenie tepelnej pohody. Tvar, forma, energetická a technologická náročnosť týchto príbytkov bola podriadená predovšetkým miestnym klimatickým podmienkam. Tieto znaky môžeme veľmi dobre vidieť či už pri otvorených stavebných formách, ktoré sa využívali najmä v trópoch, alebo naopak u obydli eskimáckych kmeňov na úrovni polárneho kruhu. [3]



Obr. 4 - Otvorená forma v trópoch [3]



Obr. 5 - Eskimácke iglu [3]

Potrebu výstavby nízkoenergetických domov, vyslovil už slávny Sokrates, ktorý podľa legendy povedal: „Ideálny dom je v lete chladný, v zime teplý“. [3]

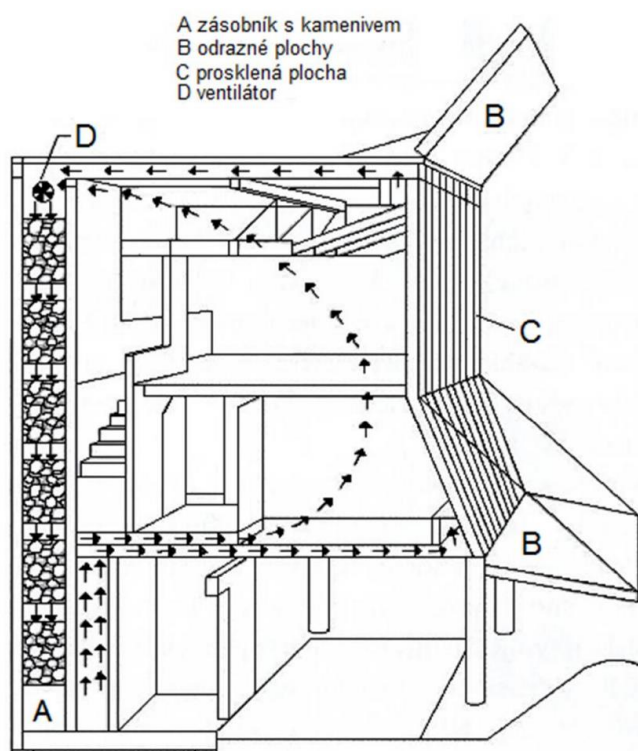
Medzi priekopníkov vo využívaní pasívnych solárnych ziskov patria predovšetkým starovekí Gréci, ktorí v období 500 rokov p.n.l. začali stavať domy, ktoré boli zámerné orientované a architektonicky postavené tak, aby využili čo najviac slnečného žiarenia. Príkladom tejto rannej solárnej architektúry je malá osada Olynthus v Makedónii. Táto grécka osada bola tvorená rovnobežnými ulicami, medzi ktorými stáli na juh orientované pasívne solárne domy. [3]

#### 3.1.2 Novodobý vývoj

Nízkoenergetická výstavba vďaka svojmu najväčšiemu rozmachu ropnej kríze, ktorá sa prejavila v prvej polovici sedemdesiatych rokov. Ľudia si začali uvedomovať, že nadmerné plytvanie energie nie je udržateľné vzhľadom na vyčerpatelnosť fosílnych palív. Kolískou prvých nízkoenergetických domov využívajúcich obnoviteľné zdroje bol americký kontinent, nakoľko kríza najviac zasiahla Spojené štáty Americké. [3]

Hľadanie nových riešení v oblasti úspory energie priniesli nízkoenergetické domy prvej generácie. Hlavný dôraz sa kládol na využitie slnečnej energie formou kolektorov, solárnych skleníkov a sklenených stien. V domoch sa obvykle používali zásobníky, v ktorých sa akumulovalo získané teplo. Nízkoenergetické domy prvej generácie však mali aj svoje slabiny, ktoré pramenili hlavne z podceňovania vplyvu tepelných strát, tepelných mostov a vzduchotesnosti. [3]

Najznámejším predstaviteľom tejto generácie je lyžiarska chata postavená v roku 1977 v meste Windham (štát Vermont, USA). Približne 100 m<sup>2</sup> obytnej plochy je vykurovaných za pomoci okenných kolektorov. Princíp získania slnečnej energie je zabezpečený osadením reflektorov, ktoré sústreďujú slnečné žiarenie do teplovzdušného kolektora a na okennú plochu. Teplo zo vzduchu sa ukladá v zásobníku naplnenom kamenivom a odtiaľ je znovu vydané do priestoru. Reflektory sa počas roka musia dvakrát natočiť tak, aby sústreďovali v každom období čo najväčšie množstvo energie. Z výpočtov sa zistilo, že 70% energie potrebnej na vykurovanie chaty je tvorené slnečnou energiou a len 30% sa musí získať dodatočnými zdrojmi. [3]



Obr. 6 – Schematický rez lyžiarskou chatou v meste Windham z roku 1977 [3]

Nakoľko bola výstavba nízkoenergetických domov prvej generácie finančne náročná a možnosť obmedzenia tepelných strát s vývojom nových izolačných materiálov a technologických zariadení aktuálna, tak sa vo výstavbe prešlo na druhú generáciu nízkoenergetických domov. Domy tejto generácie sa vyznačujú hlavne týmito

parametrami: zvýšeným dôrazom na tepelnú izoláciu, zvýšenou vzduchotesnosťou a zónovaním vnútorného priestoru. Projektanti začali navrhovať nové aktívne technológie, ktoré sú v dnešnej dobe už bežne dostupné, jedná sa hlavne o riadené vetranie s rekuperáciou, použitie tepelných čerpadiel a solárnych kolektorov.[3]

### **3.1.3 Vývoj po roku 1989 v ČR**

Zmena politického režimu po roku 1989 priniesla nielen prechod na tržné hospodárstvo, ale aj postupné narovnanie cien energií a prelomenie informačnej bariéry. Všetky tieto zmeny mali vplyv či už na rozvoj, ale hlavne na povedomie ľudí o nízkoenergetickej výstavbe v Českej republike. Medzi priekopníkov v tejto oblasti môžeme zaradiť významných architektov a projektantov ako sú: Pavel Vaněček, Vladimír Žďára, Aleš Damaška a ďalší. [4]

Medzi prvé nízkoenergetické projekty realizované na území Českej republiky sa zaraďuje „Slnecný penzión“ vo Svitavách od architektov Hrazdíra a Hudca realizovaný v roku 1993. Prvou developerskou spoločnosťou, ktorá sa cielene zamerala na nízkoenergetickú výstavbu bytov je firma JRD, ktorá zrealizovala niekoľko nízkoenergetických bytov v Prahe – Dolních Měcholupách. Ďalšou spoločnosťou, ktorá úspešne zrealizovala projekty nízkoenergetickej výstavby je spoločnosť SKANSKA, ktorá vybudovala centrum „Čabárna“ v Kladně. [4]

Vstup Českej republiky 1. května 2004 do EU ovplyvnil vývoj danej problematiky na domácej pôde. Európska únia sa snaží každým rokom presadiť sprisňovanie tepelno-technických požiadaviek a znižovanie energetickej náročnosti budov. Najviditeľnejším výsledkom snaženia bolo prehlásenie Európskeho parlamentu z januára 2008, ktorým komisia vyzýva, aby všetky nové budovy vyžadujúce vykurovanie alebo chladenie slúžiace pre administratívne potreby únie, boli postavené v pasívnom štandarde. V celej Európskej únii vznikajú organizácie a spoločnosti zameriavajúce sa na poskytovanie informácií, vzdelávanie a sprostredkovanie kontaktov medzi ľuďmi a firmami zameriavajúcimi sa na znižovanie energie v oblasti výstavby rodinných domov. 19. května 2010 bola vládám členským zemí EU adresovaná Smernica Európskeho parlamentu a rady o energetickej náročnosti budov. Jej podstatou je snaha o dosiahnutie takého stavu, aby do roku 2020 boli realizované iba budovy, ktorých potreba energie sa bude blížiť k nule. [4]

### **3.1.4 Podpora štátu formou programu „Zelená úsporám“**

V súčasnosti je na území ČR viditeľná značná podpora štátu, ktorá je zameraná na výstavbu nízkoenergetických budov a takých opatrení, ktoré vedú ku zníženiu spotreby energie a negatívneho dopadu na životné prostredie.

Zelená úsporám je rozsiahly program ministerstva životného prostredia, ktorý je spravovaný Štátnym fondom životného prostredia a slúži na poskytovanie dotácií pre energetické opatrenia slúžiace na úsporu energie. Program je financovaný z prostriedkov získaných z predaja emisných kót na vypúšťanie skleníkových plynov podľa Kjótskeho protokolu. [5]

Program poskytuje dotácie na realizáciu energeticky úsporných domov alebo bytových jednotiek a tiež na obstaranie vykurovania na báze obnoviteľných zdrojov energie. Dotácie sú konkrétne poskytované a využívané najmä na zateplenie domu, výmenu okien, obstaranie jednotky na rekuperáciu tepla a výmenu neekologického zariadenia na vykurovanie, alebo prípravu teplej vody (kotly na biomasu, solárne kolektory, tepelné čerpadlá). [5]

Prvá fáza programu odštartovala 22.4.2009 a možnosť pridelenia dotácie trvala do 31.12.2012. Po veľkom úspechu bol program zelená úspora obnovený v auguste 2013 programom „*Nová zelená úsporám 2013*“ a v roku 2014 program taktiež pokračoval pod rovnakým označením „*Nová zelená úspora 2014*“. V súčasnosti sa rozbehlo v poradí už štvrté kolo dotačného programu a pre tento rok 2015 je na energetické úspory určených 1,1 mld. korún, z toho je 600 miliónov určených pre majiteľov rodinných domov na celom území českej republiky a 500 miliónov pre majiteľov bytových domov v Prahe. [5]

## 3.2 Kategórie stavieb podľa ročnej spotreby tepla na vykurovanie

Pre základné zatriedenie stavieb podľa ročnej spotreby tepla, môžeme využiť ukazovateľ, ktorý udáva aké veľké množstvo energie je potrebné na zabezpečenie tepelnej pohody v rodinnom dome.

### 3.2.1 Ročná merná potreba tepla na vykurovanie

Výpočet mernej potreby tepla na vykurovanie sa predovšetkým riadi normami ČSN EN ISO 13790, ČSN ISO 13789 a ČSN 73 0540-4. Tento ukazovateľ stanovuje teplo potrebné na vykurovanie objektu za rok vzťahnuté k 1 m<sup>2</sup> obytnej plochy. Jeho výpočet sa stanovuje nasledovne: [6]

$$Q_H = 0,9 \times (Q_T + Q_L) - (Q_I + Q_S) \quad (kWh/m^2 \cdot a) \quad (6)$$

Kde :  $Q_H$  ... merná potreba tepla na vykurovanie budovy

$Q_T$  ... potreba tepla na krytie straty prechodom tepla konštrukciami

$Q_L$  ... potreba tepla na krytie tepelných strát výmenou vzduchu

$Q_I$  ... vnútorné tepelné zisky (metabolické teplo, el. spotrebiče, osvetlenie)

$Q_S$  ... solárne zisky oknami [6]

Na základe potreby tepla na vykurovanie môžeme rodinné domy rozdeliť do základných kategórií.

Tab. 1 - Rozdelenie budov, podľa ročnej potreby tepla na vykurovanie [6]

| Kategórie                                                                       | Potreba tepla na vykurovanie                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Staršie budovy                                                                  | častokrát dvojnásobok hodnôt pre obvyklé novostavby                   |
| Obvyklá novostavba podľa aktuálnych záväzných požiadavkov platných do roku 2015 | 80-140 kWh/(m <sup>2</sup> a)<br>v závislosti na faktore tvaru A/V    |
| Nízkoenergetický dom                                                            | ≤ 50 kWh/(m <sup>2</sup> a)                                           |
| Pasívny dom                                                                     | ≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> a)                                           |
| Dom s nulovou potrebou tepla na vykurovanie                                     | < 5kWh/(m <sup>2</sup> a)                                             |
| Energeticky nulový dom                                                          | potreba konečnej energie na prevádzku domu = 0 kWh/(m <sup>2</sup> a) |

### 3.2.2 Nízkoenergetické domy

Za nízkoenergetické domy považujeme tie, ktorých ročná spotreba tepla na vykurovanie nepresahuje hodnotu 50 kWh/(m<sup>2</sup>a). Túto hodnotu definuje norma ČSN 730540 a dané kritérium sa používa bez ohľadu na tvar budovy. [6]

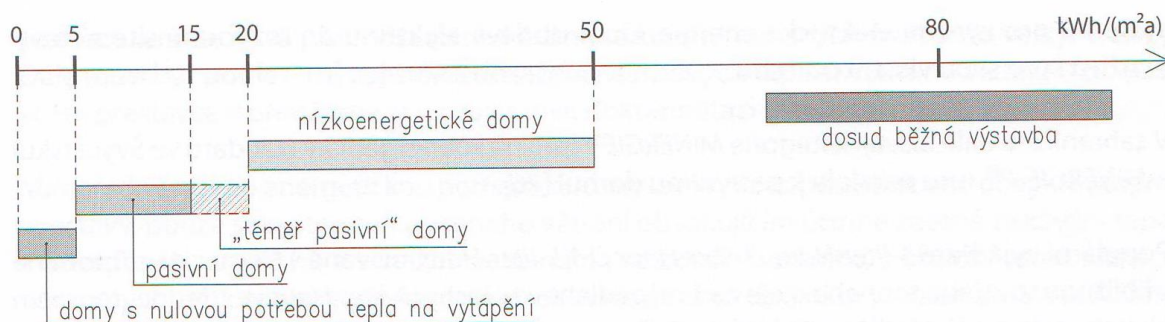
### 3.2.3 Pasívne domy

Ako pasívne domy sú v norme ČSN 730540 definované tie, ktorých ročná spotreba tepla na vykurovanie nepresahuje hodnotu 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). Tento parameter však nie je jediný, ktorý musia objekty splniť, aby mohli byť zaradené medzi pasívne domy. Veľmi prísna požiadavka je kladená tiež na celkovú neprievzdušnosť budovy a je limitovaná hodnotou  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$  a súčasne nemôže pri týchto budovách celkové množstvo primárnej energie spojené s prevádzkou budovy presiahnuť hodnotu 120 kWh/(m<sup>2</sup>a). [6]

V reálnom živote sa však objavuje množstvo budov, ktoré sa svojim poňatím a použitím technických prostriedkov pasívnym domom do značnej miery blížia, avšak nespĺňujú niektorú z daných technických požiadaviek. K ich označeniu sa preto používa termín „*takmer pasívne domy*“. [6]

### 3.2.4 Domy s nulovou potrebou tepla na vykurovanie

Ako „*Domy s nulovou potrebou tepla na vykurovanie*“ označujeme tie budovy, ktorých spotreba tepla sa blíži k hodnote 0. Teda nepresahuje normou stanovenú hodnotu 5 kWh/(m<sup>2</sup>a). Tieto riešenia rodinných domov sú však zatiaľ skôr výnimočné. Nájsť ich však môžeme pri väčších administratívnych budovách a ďalších budovách, ktoré dokážu vyprodukovať veľké množstvo vnútorného tepla, tým sa myslí : množstvo osôb, kancelárske technológie, počítačové severy atď. [6]



Obr. 7 – Grafické znázornenie mernej ročnej potreby tepla na vykurovanie [6]

## 4 NÍZKOENERGETICKÝ DOM

Nízkoenergetická výstavba je jednou z možností, ako reagovať na tendenciu rastu cien energií a znižovania negatívneho dopadu na životné prostredie.

### 4.1 Charakteristika nízkoenergetického domu

Energetickú spotrebu rodinného domu je možné znížiť pomocou cielených opatrení. Vďaka tomu môže byť prevádzkovateľ pripravený na rast cien energií v budúcnosti a zároveň si zvýši komfort bývania. Nízkoenergetický dom je taký dom, ktorý musí spĺňať špecifikáciu na energetickú náročnosť, týkajúcu sa množstva energie potrebnej na vykurovanie, ktorá je definovaná v tabuľke č. 1. Úspora nákladov na vykurovanie je približne o 40% nižšia v porovnaní s klasickou výstavbou. [7]

Čím väčšia je snaha o zníženie energetickej náročnosti rodinného domu, tým náročnejší je výber energetickej stratégie pre budovu. V praxi to znamená, že už pri návrhu je nutné čo najpresnejšie simulovať správanie sa budovy. [7]

Cieľom nízkoenergetickej výstavby je v prvom rade hľadisko ekonomické – energetické úspory pri prevádzke, ale aj ekologické – zlepšenie stavu životného prostredia znižovaním objemu spotreby energie. [7]

#### 4.1.1 Hlavné výhody/nevýhody nízkoenergetického domu

Dôvody prečo sa rozhodnúť pre výstavbu nízkoenergetického rodinného domu sú viaceré. Vo všeobecnosti ich môžeme rozdeliť na dôvody - výhodné a nevýhodné.

**Výhody:** 1. Úspora nákladov na vykurovanie

2. Využitie tepelných ziskov

3. Veľmi dobré parametre vzduchotesnosti a bezhlučnosti

4. Šetrnosť k životnému prostrediu

5. Tepelná pohoda vnútorného prostredia

6. Návratnosť investície

**Nevýhody:** 1. Vyššia obstarávacía cena

2. Vyššia náročnosť pri realizácii konštrukčných detailov

3. Nižšia tvarová variabilita

#### 4.1.2 Východiska pri realizácii

Základným východiskom pri realizácii nízkoenergetických domov je koncepčný prístup k jeho navrhovaniu a prepojeniu rôznych opatrení. Základnú koncepciu a opatrenia na dosiahnutie nízkoenergetického štandardu charakterizujú tieto prvky:

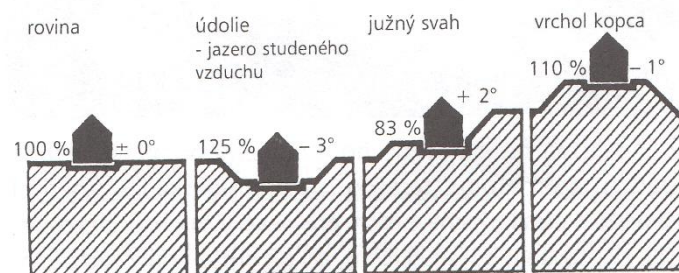
- **zastavovacie podmienky** – výber lokality, miestna klíma, konfigurácia okolitého terénu, vegetácia a jej orientácia voči domu
- **kompaktná stavebná forma** – stavebná forma budovy a jej zónovanie
- **zvýšená tepelná ochrana obvodového plášťa** - dosiahnutie vynikajúcich tepelnoizolačných vlastností podlahy, stien, strechy, okien a dverí
- **tepelnoizolačné opatrenia v konštrukčných stykoch** – obmedzenie vzniku tepelných mostov v miestach styku konštrukcií
- **dostatočná vzduchotesnosť** – vylúčenie netesností
- **pasívne solárne zisky** – pri návrhu treba dbať na to, aby sa slnečná energia v podobe pasívnych solárnych ziskov využívala čo najefektívnejšie, tak aby bola zabezpečená tepelná pohoda v dome či už v zime, ale aj v lete
- **optimálne zvolená vykurovacia sústava** – s vhodným výkonom a účinnou reguláciou
- **energeticky úsporná príprava teplej vody** – aktívne využitie solárnych systémov
- **efektívne využívanie elektrickej energie** – použitie úsporných domácich spotrebičov a svetelných zdrojov
- **správanie sa užívateľov** – uvedomelá obsluha s prihliadnutím na ročné obdobia technických zariadení domu. [7]

## 4.2 Zastavovacie podmienky

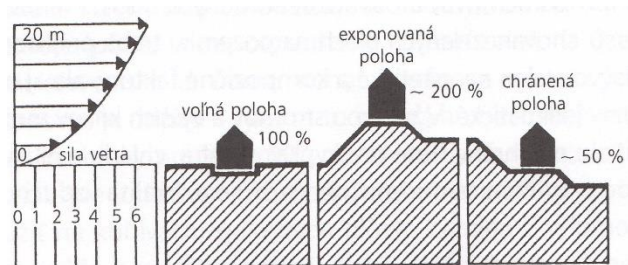
Dôležitou súčasťou návrhu nízkoenergetického domu je aj urbanistická koncepcia. V tejto oblasti je možné minimálnymi prostriedkami dosiahnuť značne veľké energetické úspory. [7]

Hlavným predpokladom pre správny výber a čo najoptimálnejšie využitie stavebného pozemku na realizáciu nízkoenergetického domu je vyhodnotenie daných podmienok prírodného prostredia vo vybranej lokalite, pretože energetickú bilanciu budovy výrazne ovplyvňuje miestna klíma. Pri rozhodovaní o správnom umiestnení stavby treba prihliadať na tieto faktory, ktoré sú ovplyvnené miestnou klímou:

- nadmorská výška
- svahovitosť a tvar terénu v danej lokalite
- poveternostné pomery v lokalite
- hustota okolitej zástavby
- hustota a druh okolitej vegetácie



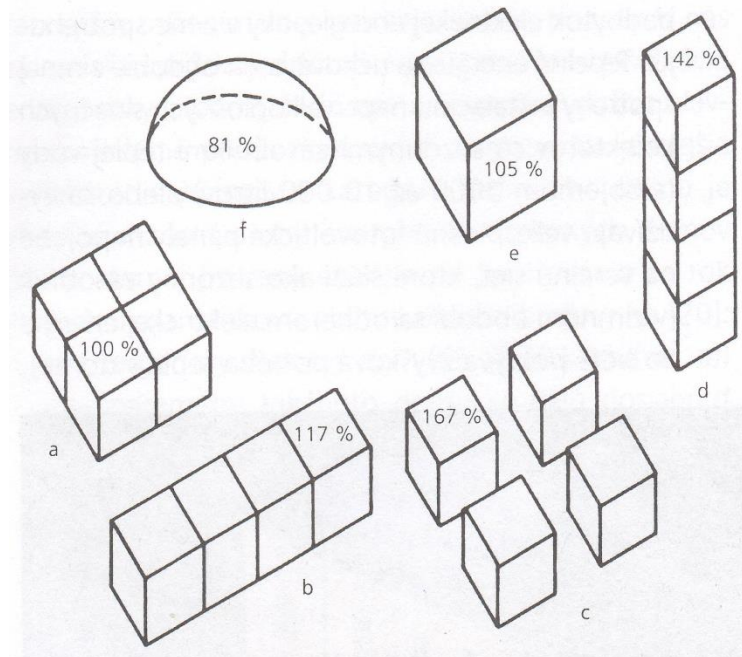
Obr. 8 – Tepelné straty budovy (%) a teplota okolitého vzduchu v závislosti od jej umiestnenia vo svahu [7]



Obr. 9 – Tepelné straty budovy (%) v závislosti od vplyvu vetra a od jej umiestnenia vo svahu [7]

### 3.3 Kompaktná stavebná forma

Predpokladom energeticky úsporného bývania je spojenie kompaktnej stavebnej formy a výborných tepelno-izolačných parametrov obvodového plášťa rodinného domu. Jeden z určujúcich parametrov potreby energie na vykurovanie je pomer ochladzovaných obalových konštrukcií budovy ( $A$ ) a jej obostavaného objemu ( $V$ ). Nízkoenergetický dom by mal mať vzhľadom na svoj objem čo najmenší obsah vonkajšej plochy. Vyplýva to z toho, že s rastúcim pomerom  $A/V$  sa zvyšuje aj potreba energie na vykurovanie. Pomer  $A/V$  sa v praxi pohybuje v rozpätí 0,2-1,2. [7]



Obr. 10 – Vplyv formy objektu na tepelné straty, pri rovnakom objeme [7]

Balkóny, vikiere, niky a rôzne zalomenia fasády zväčšujú vonkajšiu plochu obvodového plášťa a tak prispievajú k zvyšovaniu energetickej náročnosti členitej budovy. Treba však povedať, že pri veľmi dobre izolovaných budovách vplyv tvaru konštrukcie stráca na význame, pretože podiel tepelných strát prechodom tepla cez obálku budovy klesá. Obrázok č. 6 poukazuje na vplyv tvaru konštrukcie na tepelné straty, pri ich rovnakom objeme. [7]

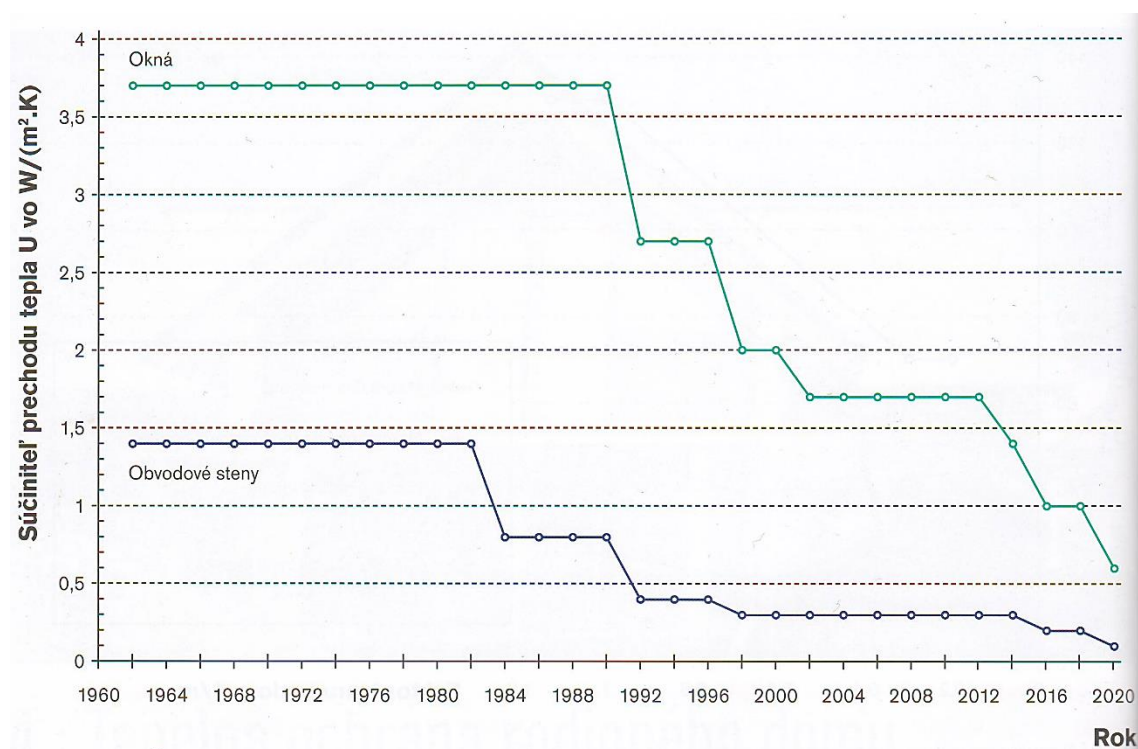
### 3.4 Tepelná ochrana rodinného domu

Najlepšou možnosťou pre zachovanie energie v budove je zníženie jej tepelných strát cez obvodové konštrukcie – vonkajšie steny, strechu, podlahy, okná a dvere. Ak zvýšime ich tepelno-technické vlastnosti, automaticky zlepšíme tepelnú ochranu budovy. Tieto opatrenia majú pozitívny vplyv či už pri novostavbách, ale aj pri realizovaných rekonštrukciách. [8]

#### 3.4.1 Tepelná ochrana budov v právnych a technických predpisoch

Pri prvotnom navrhovaní budov nie je tepelná ochrana obvykle na prvom mieste. Treba však povedať, že požiadavky na energetickú úspornosť budov stále viac vystupujú do popredia a majú väčšiu váhu. U nás (SR, ČR) ale aj v iných okolitých krajinách existujú normatívne limity potreby tepla na vykurovanie budov. Je však pomerne silná tendencia navrhovať nové budovy, ktoré majú výrazne nižšiu spotrebu energie v porovnaní so štátom určenými limitmi. [8]

Požiadavky na budovy sú konkrétnym vyjadrením potreby teplého, suchého, zdravého, bezpečného a ekonomicky prijateľného prostredia na bývanie a prácu. Základné požiadavky na stavby vyžaduje novela zákona č. 100/2013 Sb. O technických požiadavkách na výrobky. [8]



Obr. 11 - Vývoj požiadaviek na súčiniteľ prechodu tepla konštrukciami  $U$  [8]

Potrebné funkčné požiadavky, vlastnosti prostredia a stavebných konštrukcií ale aj potrebné výpočtové metódy sú stanovené v Českých štátnych normách ČSN 730540 - 2. Kritéria na posudzovanie a navrhovanie stavebných konštrukcií sú predpísané v norme ČSN 73540 - 2 a sú definované takto:

- **Kritérium minimálnych tepelnoizolačných vlastností stavebnej konštrukcie** – stanovenie maximálnej hodnoty súčiniteľa prechodu tepla  $U$  alebo minimálnej hodnoty tepelného odporu  $R$ .
- **Kritérium výmeny vzduchu** – minimálne množstvo výmeny vzduchu v miestnosti.
- **Hygienické kritérium** – minimálna teplota vnútorného povrchu
- **Energetické kritérium** – maximálna merná potreba tepla na vykurovanie – za rok.
- **Splnenie predpokladu energetickej hospodárnosti** – overenie splnenia minimálnej požiadavky na energetickú hospodárnosť budovy [8]

Súčasťou projektovej dokumentácie projektu pre stavebné povolenie by mal byť aj tepelno-technický posudok, v ktorom sa preukáže vlastnosti tepelnej ochrany budovy. Pre potencionálnych investorov je dôležité, aby si tento posudok dali vypracovať ešte pred samotnou realizáciou a tak urobili všetko preto, aby sa dosiahla výborná tepelná ochrana a dobrá energetická hospodárnosť pri užívaní budovy. Pri kolaudácii sa vypracováva energetický certifikát, ktorý zaraďuje budovu do triedy podľa spotreby a využívania energie. Súčasťou energetického certifikátu býva aj súbor opatrení na zlepšenie energetickej hospodárnosti. Pri kolaudácii je však už neskoro. Stavebník už nemá chuť realizovať ďalšie energeticky úsporné opatrenia, preto tieto návrhy sú skôr formálneho charakteru, ale treba povedať, že v budúcnosti sa dajú zužitkovať pri rekonštrukcii alebo obnove stavebného objektu. [8]

Cieľom tepelno-technického posudku a návrhu tepelnej ochrany jednotlivých stavebných častí objektu je:

- Zabezpečenie správnej funkcie z hľadiska tepelnej ochrany – dosiahnutie tepelnoizolačných vlastností, obmedzenie alebo vylúčenie kondenzácie vodných pár vo vnútri konštrukcie, vylúčenie tepelných mostov.
- Zabezpečenie požadovaného stavu vnútorného prostredia – dosiahnutie tepelnej pohody, dodržanie potrebných parametrov vzduchu podľa požiadaviek.
- Minimalizácie energetických nárokov – zníženie tepelných strát, čo najefektívnejšie využívanie solárnych ziskov. [8]

Tab. 2 - Požadavky normy CSN 73 0540 – 2 na tepelnú obálku budovy [9]

| Popis konstrukce                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                | Součinitel prostupu tepla<br>[W/(m <sup>2</sup> ·K)] |                                    |                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                | Požadované hodnoty<br>$U_{N,20}$                     | Doporučené hodnoty<br>$U_{rec,20}$ | Doporučené hodnoty pro pasivní budovy<br>$U_{pas,20}$ |
| Stěna vnější                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                | 0,30 <sup>1)</sup>                                   | těžká: 0,25                        | 0,18 až 0,12                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                |                                                      | lehká: 0,20                        |                                                       |
| Střecha strmá se sklonem nad 45°                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                | 0,30                                                 | 0,20                               | 0,18 až 0,12                                          |
| Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                | 0,24                                                 | 0,16                               | 0,15 až 0,10                                          |
| Strop s podlahou nad venkovním prostorem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                | 0,24                                                 | 0,16                               | 0,15 až 0,10                                          |
| Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                | 0,30                                                 | 0,20                               | 0,15 až 0,10                                          |
| Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                | 0,30 <sup>1)</sup>                                   | těžká: 0,25                        | 0,18 až 0,12                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                |                                                      | lehká: 0,20                        |                                                       |
| Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 0,45                                                 | 0,30                               | 0,22 až 0,15                                          |
| Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                | 0,60                                                 | 0,40                               | 0,30 až 0,20                                          |
| Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                | 0,75                                                 | 0,50                               | 0,38 až 0,25                                          |
| Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                | 0,75                                                 | 0,50                               | 0,38 až 0,25                                          |
| Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                | 0,85                                                 | 0,60                               | 0,45 až 0,30                                          |
| Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                | 1,05                                                 | 0,70                               | 0,5                                                   |
| Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                | 1,05                                                 | 0,70                               |                                                       |
| Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                | 1,30                                                 | 0,90                               |                                                       |
| Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                | 2,2                                                  | 1,45                               |                                                       |
| Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                | 2,7                                                  | 1,80                               |                                                       |
| Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 1,5 <sup>2)</sup>                                    | 1,2                                | 0,8 až 0,6                                            |
| Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                | 1,4 <sup>7)</sup>                                    | 1,1                                | 0,9                                                   |
| Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                | 1,7                                                  | 1,2                                | 0,9                                                   |
| Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                | 3,5                                                  | 2,3                                | 1,7                                                   |
| Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                | 3,5                                                  | 2,3                                | 1,7                                                   |
| Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                | 2,6                                                  | 1,7                                | 1,4                                                   |
| Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru<br>$f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ,<br>kde<br>A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m <sup>2</sup> ;<br>A <sub>w</sub> plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m <sup>2</sup> . | $f_w \leq 0,5$ | $0,3 + 1,4 \cdot f_w$                                | 0,2 + $f_w$                        | 0,15 + 0,85· $f_w$                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $f_w > 0,5$    | $0,7 + 0,6 \cdot f_w$                                |                                    |                                                       |
| Kovový rám výplně otvoru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                | –                                                    | 1,8                                | 1,0                                                   |
| Nekovový rám výplně otvoru <sup>5)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                | –                                                    | 1,3                                | 0,9 – 0,7                                             |
| Rám lehkého obvodového pláště                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                | –                                                    | 1,8                                | 1,2                                                   |

### 3.4.2 Vonkajšie zatepl'ovacie systémy

V prípade nízkoenergetických domov tvorí rozhodujúci podiel čo do objemu použitých, respektíve zabudovaných materiálov, obvykle tepelná izolácia. Pre bežné nízkoenergetické domy je pre predstavu potreba 100-150 m<sup>3</sup> tepelných izolácií. Na trhu s tepelnými izoláciami je veľké množstvo rôznych druhov izolácií, ktoré sa líšia použitým materiálom a rozdielnymi vlastnosťami. V posledných rokoch môžeme sledovať trend orientujúci sa na výber takých tep. izolácií, ktoré pri výrobe nezaťažujú životné prostredie. [8]

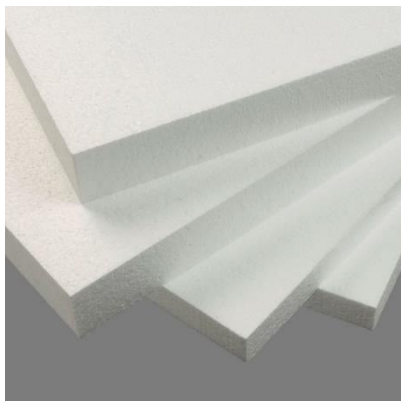
### 3.4.3 Bežne dostupné izolačné materiály

#### Izolácie na báze polystyrénu

Najviac používaní reprezentanti sú penové expandované polystyrény označované tiež EPS a extrudované – vytlačované polystyrény označované XPS. Obidva typy sa vyrábajú z rovnakej vstupnej suroviny, ktorou sú granulity polystyrénu. Tieto dva typy sa líšia len v doplnkových prísadách a v spôsobe výroby. Penový polystyrén najviac vystihuje jeho známa guľôčková štruktúra a extrudovaný polystyrén má zase uzatvorenú homogénnu štruktúru. K zlým vlastnostiam polystyrénov patrí ich nízka odolnosť voči UV žiareniu a ich nízka odolnosť voči ropným produktom – riedidlá a organické rozpúšťadlá. [8]

- **Expandovaný polystyrén – EPS**

V Dnešnej dobe patrí EPS medzi najpoužívannejšie izolačné materiály v stavebníctve. Tepelnoizolačné výrobky z EPS môžeme rozdeliť do kategórií podľa navrhnutého použitia. Výrobky značené označením EPS Z sú tepelnoizolačné dosky najčastejšie využívané na izoláciu podláh. U výrobkoch označených EPS S je kladený dôraz na stabilitu a presnosť rozmerov, sú určené obvykle na zateplenie plochých striech. Výrobky označené EPS F sú určené na použitie vo vonkajších kontaktných zatepl'ovacích systémoch. [8]



Obr. 12 – EPS [10]



Obr. 13 – EPS šedý [10]

Základnou surovinou, ktorá vstupuje do výroby je styrén. Pri výrobe sa pridávajú retardéry horenia, s cieľom zaistiť samozahasenie materiálu. Najčastejšie sa dodáva vo forme dosiek s rôznou hrúbkou. [8]

V posledných rokoch vstúpil na trh tzv. šedý polystyrén, vyznačujúci sa lepšími tepelno-technickými vlastnosťami, ktoré sú o 15-20 % lepšie než u klasického bieleho EPS. [8]

- Využitie: ploché strechy, podlahy, fasády
- Pevnosť: 70-200 kPa
- Balenie: obvykle dosky š x d, 500 x 100 mm
- Hrúbka: 10-260 mm
- Tepelná vodivosť – klasický biely EPS:  $\lambda_D = 0,034 - 0,039 \text{ W/m.K}$
- Tepelná vodivosť – šedý EPS:  $\lambda_D = 0,029 - 0,033 \text{ W/m.K}$
- Najznámejší výrobcovia: Austrotherm, Izopol, Polyform

#### • Extrudovaný polystyrén – XPS

Výrobný proces sa zakladá na extrahovaní suroviny, ktorá sa vytláča na pás, na ktorom je tvarovaná kalibračným valcom. Týmto procesom sa dosahuje zvýšenie tepelnej vodivosti a zníženie nasiakavosti materiálu. V porovnaní s EPS má XPS lepšie mechanické vlastnosti a menšie objemové zmeny. Nadväznosť jednotlivých dosiek a zamedzenie tvorby tepelných mostov je zabezpečené po obvode dosiek vytvoreným perom a drážkou. Pri zatepľovaní rodinných domov sa XPS najčastejšie používa na zateplenia základov a soklovej časti. Pre XPS je charakteristické zafarbenie do pastelových farieb najčastejších odtieňov : svetlo-modrej, zelenej, fialovej alebo ružovej farby, ktoré znázorňuje obrázok 14. [8]

- Využitie: miesta so zvýšenou vlhkosťou – zateplenie spodnej stavby
- Balenie: obvykle dosky š x d, 600 x 1250 mm
- Hrúbka: 20-120 mm
- Tepelná vodivosť – klasický biely EPS:  $\lambda_D = 0,030 - 0,040 \text{ W/m.K}$
- Najznámejší výrobcovia: Austrotherm, Izopol, Polyform



Obr. 14 – XPS [10]

## Minerálna vlna (MW)

Minerálna vlna patrí k najrozšírenejším tepelným izoláciám na trhu. Vyrába sa vo výrobných závodoch na linkách. Medzi minerálne izolácie patrí izolácia z kamenných vlákien a sklená vlna. Tieto dva druhy sa od seba odlišujú nielen vstupnou surovinou, ale aj priemerom a dĺžkou vlákien. [11]

- **Sklená vlna**

Základnými vstupnými surovinami pri výrobe sklenej vlny je zmes piesku a črepov skla. Výroba začína tavením týchto zmesí pri teplote  $1450^{\circ}\text{C}$ . Tavenina následne putuje do rozvlákňovacích strojov, ktoré produkujú samotné vlákna. Tieto vlákna padajú na pás, kde sa ukladajú na seba a tak vytvárajú rohož bielej sklenej vaty. Poslednou fázou výroby je prechod rohože cez vytvrdzovaciu pec, z ktorej následne vychádza koberec sklenej vaty, ktorý sa reže na pásy alebo dosky. Výhodou pri výrobe je použitie recyklovaných materiálov, ako sú napríklad: sklenené črepy, alebo staré obrazovky CRT. [11]

- Využitie: šikmé strechy, prevetrané fasády, podhl'ady, priečky
- Balenie: obvykle role o šírke = 1200 mm a dĺžke závislej od hrúbky
- Hrúbka: 50-260 mm
- Tepelná vodivosť:  $\lambda_D = 0,032 - 0,045 \text{ W/m.K}$
- Najznámejší výrobcovia: Knauf, Isover a Rockwool



Obr. 15 – Minerálna vlna [11]

- **Kamenná vlna**

Vyrába sa tavením rôznych kombinácií hornín, medzi ktorými prevažuje čadič. Proces výroby je podobný výrobe sklenej vaty, kamenná vlna sa však taví pri vyššej teplote, ktorá dosahuje až  $1600^{\circ}\text{C}$ . Vyrába sa najmä vo forme dosiek. Má vyšší bod tavenia, preto je predurčená do konštrukcií so zvýšeným požiarou odolnosťou. Ako izolácia sa da využiť až do teploty  $750^{\circ}\text{C}$ . [11]

- Využitie: ploché strechy, fasády, podlahy, (šikmé strechy a priečky)
- Balenie: obvykle dosky o rozmeroch š x d, 600x1000 MM
- Hrúbka: 50-240 mm
- Tepelná vodivosť:  $\lambda_D = 0,032 - 0,045 \text{ W/m.K}$
- Najznámejší výrobcovia: Knauf, Isover a Rockwool



Obr. 16 – Kamenná vlna [11]

- **Základné vlastnosti**

**výhody:**

- nízky súčiniteľ tepelnej vodivosti
- dobrá spracovateľnosť – dajú sa ľahko rezať
- chemicky neutrálne – nereagujú s okolitými materiálmi
- anorganický materiál – nepodporuje vznik plesní
- nehorľavé – zaradenie do triedy horľavosti A1

**nevýhody:**

- nevhodnosť do prostredia s vysokou vlhkosťou
- vyhľadávané miesto hlodavcov – nutnosť zabezpečiť
- vyššia cena oproti alternatívam – polystyrén

## **Polyuretán (PUR)**

Polyuretánové izolácie sa vyrábajú chemickou reakciou dvoch látok a to: polyalkoholmi a izokyanátami. Pri tejto reakcii dochádza k zohrievaniu materiálu a v dôsledku pôsobenia rozpínania k vzniku malých bublín v materiáli. Vzniknutá pena má veľmi dobré tepelné vlastnosti. Z tvrdej polyuretánovej peny sa vyrábajú izolačné dosky, ktoré bývajú väčšinou laminované rôznymi materiálmi – hliníková fólia. Ďalšou možnosťou použitia je striekanie PUR priamo na mieste potreby izolácie. Touto technológiou vzniká súvislá bezspojová tepelnoizolačná vrstva bez tepelných mostov. [8]

- Využitie: izolácie stien, strechy, podkrovia
- Tepelná vodivosť:  $\lambda_D = 0,019 - 0,023 \text{ W/m.K}$
- Pevnosť v tlaku: až do 400 kPa



Obr. 17 - Aplikácia polyuretenovej peny [8]

### Vákuový izolačný panel (VIP)

Vákuová izolácia predstavuje revolúciu v stavebníctve, pretože jej tepelno-technické vlastnosti sú až 10x účinnejšie ako doteraz známe izolačné materiály. To znamená, že namiesto 300 mm štandardnej izolácie postačí 30 mm vákuovej izolácie. Treba však povedať, že tento druh izolácie je pomerne nový a náročný na výrobu, preto v súčasnej dobe nie je veľmi využívaný, nakoľko cena za  $1\text{m}^2$  sa pohybuje od 2500 Kč v závislosti na hrúbke. [4]



Obr. 18 – Vákuový izolačný panel [4]

Princíp výroby a technológie spočíva v tom, že vzduch je síce dobrý izolant, ale vákuum je podstatne lepšie. To znamená, že teplo sa cez izolant neprenáša vedením, ale iba sálaním, čo je podstatne menší prechod. Štruktúra izolantu je na báze sendvičového panelu. Jadro obvykle tvorí kryštalická sieť tvorená z veľmi tenkých vlákien najčastejšie oxidu kremičitého. Táto vrstva je schopná panelu zaistiť stály tvar. Z tejto vysoko poréznej vrstvy jadra je odsatý vzduch, a tak je vytvorené vákuum. Vonkajší obal panelu musí byť preto pevný a hlavne neprievzdušný, preto je vyrábaný z plastu a na vonkajšej strane je pokovený slabou vrstvou hliníka. [4]

- Využitie: zateplenie podláh, izolácie terás, súčasť sendvičových fasád
- Balenie: obvykle panely o rozmeroch d x š 1250x300 MM
- Hrúbka: 20-80 mm
- Tepelná vodivosť:  $\lambda_D = 0,006 - 0,08 \text{ W/m.K}$
- Najznámejší výrobcovia: ISOVER, Wacker Chemie, Variotec

#### 4.4.5 Prírodné izolačné materiály

Do tejto kategórie izolačných materiálov môžeme zaradiť výrobky na báze prírodných vlákien. Tieto materiály obvykle majú výborné tepelnoizolačné vlastnosti, ktorými sa vyrovnajú bežným dostupným konvenčným materiálom. Súčasne však ponúkajú svoje špecifické vlastnosti, ktoré vyplývajú z prírodnej povahy materiálu. [8]

##### Slama

Slama sa používa na izoláciu vo forme balíkov, z ktorých sa následne robí výplň stavebnej konštrukcie, alebo sa vyrába vo forme vláknitej izolácie, ktorou sa plnia kazetové drevené konštrukcie. Súčiniteľ tepelnej vodivosti sa pohybuje v rozmedzí 0,05 až 0,07 W/m.k. Objemová hmotnosť balíkov po inštalácii sa pohybuje okolo 90 kg/m<sup>3</sup>. Podstatnou nevýhodou slamenej izolácie je jej nízka odolnosť voči vlhkosti a odolnosť proti požiaru. [8]

##### Korok

Korok ako surovina je prírodný materiál, ktorý sa vyrába z kôry korkového duba, ktorý má regeneračnú schopnosť obnovenia kôry. Preto nedochádza k poškodeniu stromu pri opakovanom lúpaní kôry. Izolácia je obvykle spracovaná do izolačných dosiek, ktoré majú dobré tepelno-izolačné a zvukoizolačné vlastnosti. Súčiniteľ prechodu tepla sa pohybuje na úrovni  $\lambda_D = 0,04 \text{ W/m.K}$ . Korok je tvarovo a rozmerovo stály a nie je citlivý na vlhkosť. Medzi pozitívne vlastnosti tiež patrí, že je odolný proti mikroorganizmom. [6]

##### Ovčia vlna

Ovčia vlna je veľmi účinný prírodný izolačný materiál, ktorý je svojou tepelnou vodivosťou porovnateľný s najkvalitnejšími izoláciami. Je to pritom materiál, ktorý sa vyrába na báze prírodných zdrojov a pri jeho výrobe sa spotrebuje minimálne množstvo energie. Počas výrobného procesu sa vlna niekoľko krát preperie, aby sa zbavila nečistôt a lanolínu. Pri prepieraní sa pridávajú chemické latky, ktoré zabezpečujú odolnosť voči živočíšnym škodcom a taktiež zvyšujú požiaru odolnosť materiálu. Pre zlepšenie tvarovej stálosti sa vlákna môžu miešať s polyesterovými vláknami, alebo sa prichytávajú na nosný podklad, ktorý obvykle tvorí filcová podložka. Tieto materiály sú dostupné vo forme zrolovaných balíkov vyrábaných v rôznej hrúbke. Izolácia je vhodná na použitie

pri izolácií podkrovia, alebo drevených roštových stien. Súčiniteľ tepelnej vodivosti sa pohybuje na úrovni  $\lambda_D = 0,039 \text{ W/m.K}$ . [8]

### **Konopné vlákna**

Tepelnoizolačné materiály sa z konopnej rastliny vyrábajú vo forme rohoží, rolovaných materiálov a tiež vo forme rúna. Pri výrobe izolantu sa ku konopnému vláknu pridáva uhličitan sodný, ktorý zlepšuje odolnosť proti ohňu. Materiál je tiež odolný proti vlhkosti, mikroorganizmom, plesniam a živočíšnym škodcom. Tepelno-izolačné vlastnosti konopných vlákien dosahujú úroveň minerálnej vaty a teda súčiniteľ tepelnej vodivosti je na úrovni  $\lambda_D = 0,035\text{--}0,040 \text{ W/m.K}$ . Tieto materiály majú však dvojnásobne lepšie tepelno-akumulačné vlastnosti. [8]

### **4.4.6 Okná v energeticky efektívnych domoch**

Vo všeobecnosti, okná v rodinných domoch môžeme charakterizovať ako miesta významných tepelných strát, ale naopak aj ako miesta významných tepelných ziskov, preto sú ďalším kľúčovým prvkom pri návrhu alebo koncepcií nízkoenergetických domov. Technické vlastnosti okien, rozmiestnenie, veľkosť a nadväznosť na obvodové konštrukcie majú zásadný význam pre celý dom, najmä na jeho estetické, funkčné a v neposlednom rade energetické vlastnosti. Netreba však zabúdať na to, že okná tvoria podstatnú položku v investičných nákladoch pri výstavbe rodinných domov. [8]

Vývoj okien pre potreby nízkoenergetickej výstavby sleduje tak minimalizáciu tepelných strát, ako aj čo najmenšiu redukciu prestupu pasívnych solárnych ziskov zasklením. Preto veľmi kvalitne navrhnuté okná môžu mať počas vykurovacieho obdobia pozitívnu tepelnú bilanciu. To znamená, že v súčte za celé obdobie nimi môže do interiéru preniknúť viacej energie, ako nimi unikne. Veľmi dôležité pri návrhu rozmiestnenia okien v nízkoenergetických domoch je ich správna orientácia voči svetovým stranám. Preto sa neodporúča projektovanie okien na severnú stranu, ale väčšina presklených častí by mala byť orientovaná na juh. To prináša v zimných obdobiach pasívne solárne zisky a v letných obdobiach sa musí sekundárnymi opatreniami zamedziť nadmernému prehrievaniu objektu. Pokiaľ to dispozícia pozemku dovoľuje je najjednoduchšia výsadba listnatých stromov, ktoré počas leta svojimi listami obmedzia priame žiarenie slnka, a naopak, počas zimy dovoľia prenikanie slnečných lúčov na presklené plochy. Samozrejme, existuje aj mnoho ďalších technických riešení ako zamedziť nadmernému prehrievaniu. Najpoužívanejšie sú rôzne tienidlá ako napríklad markízy a žalúzie. Podmienkou je, aby okná mali okrem veľmi nízkeho súčiniteľa prestupu tepla aj relatívne vysoký súčiniteľ celkovej priepustnosti slnečného žiarenia. [8]

Tento vzťah je možné orientačne vyjadriť takto :

$$U_g - 1,6 \times g < 0 \quad (7)$$

Kde hodnoty znamenajú :  $U_g$  – súčiniteľ prechodu tepla sklom

$g$  – celková priepustnosť slnečného žiarenia

Zo vzťahu vyplýva, potreba dosahovať hodnotu  $g$  0,5 a viac pri hodnote  $U_g=0,7$ . Tento predpoklad spĺňajú veľmi dobré trojsklá s pokovenou vrstvou. [8]

Výsledný prestup tepla oknami je ovplyvnený :

- tepelno-technickými vlastnosťami skla
- vlastnosťami rámu
- pomerom plochy zasklenia a celého okna
- väzbou medzi oknom a obvodovou konštrukciou
- vlastnosťami distančného rámika na okraji zasklenej časti
- kvalitou skutočného osadenia

Pri návrhu okien pre

Súčiniteľ prechodu tepla oknom sa vypočíta podľa vzorca:

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \Psi_g}{A_g + A_f} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (8)$$

Kde :

$U_w$  – súčiniteľ prechodu tepla oknom       $A_f$  – plocha rámu

$U_g$  – súčiniteľ prechodu tepla sklom       $I_g$  – dĺžka skla, distančného rámika v skle

$A_g$  – súčiniteľ prechodu tepla rámom       $\Psi_g$  – lineárny stratový súčiniteľ

$A_g$  – plocha skla

Čím je hodnota súčiniteľa prechodu tepla oknom nižšia, tým okno disponuje lepšími tepelnoizolačnými vlastnosťami. Pri výbere okna s vhodnými a správnymi tepelnoizolačnými vlastnosťami môžeme podstatne znížiť úniky tepla a tým aj náklady na vykurovanie rodinného domu. [6]

Najrozšírenejšie materiály používané na výrobu okien sú : drevo, hliník, plast a ich vzájomné kombinácie. Posledné európske štatistiky hovoria o tom že, podiel materiálov na výrobu okien v štátoch EU je nasledovný : 56% PVC, 22% hliníkové zliatiny, 18% drevo a 4% drevo-hliník. Pri uvažovaní nad výberom najvhodnejšieho materiálu sú dôležité nielen tepelnoizolačné vlastnosti, ale aj estetický vzhľad. [8]

V dnešnej dobe je ponuka výplní okien veľmi bohatá a technologický vývoj stále pokračuje. Zasklievanou jednotkou je najčastejšie dvojisko alebo trojsko s úpravami povrchu pokovaním, aby dochádzalo k zníženiu sálavej výmeny tepla v dutinách medzi sklami. Medzi ďalšie úpravy, ktoré znižujú tepelný prechod, patrí plnenie dutín vzácnymi plynmi ako sú: argón, kryptón a xenón. Rámy sa v poslednej dobe stali slabším miestom okna ako zasklenie. Sú ponúkané v rôznych variantoch vyhotovenia a skladby materiálu. Najčastejšie používané sú rámy z PVC vystužené oceľovým profilom, ktoré pozostávajú z 5-8 komôr naplnených vzduchom, alebo tepelnoizolačným materiálom. [8]

Pre potreby nízkoenergetickej výstavby sa v dnešnej dobe používajú hlavne okná, ktoré majú najlepšie tepelnoizolačné vlastnosti na trhu. Jedná sa hlavne o okná, ktoré používajú trojsko a ich rámy sú tvorené veľkým počtom komôr a sú dodatočne izolované prídavnými izolantmi. Bežne dosiahnuteľná hodnoty súčiniteľa prestupu tepla okien používaných v nízkoenergetických domoch sa pohybujú na úrovni  $U = 0,7-1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . V súčasnosti každý z predajcov má vo svojej ponuke typy okien, ktoré sa svojím parametrami hodia pre nízkoenergetickú výstavbu. [8]

Oplatí sa investovať do okien s lepšími tepelno-technickými vlastnosťami? Pre názornú ukážku je uvedený jeden príklad. Jedná sa o celkovú zasklenú plochu o výmere  $12 \text{ m}^2$ . Priemerný rozdiel medzi teplotami v exteriéri a interiéri predstavuje  $-15^\circ\text{C}$  a vykurovacie obdobie trvá 180 dní. Priemerná cena za dodanú elektrickú energiu na vykurovanie je 4,5 Kč za kWh.

Použitie : a) dvojisko ...  $U = 1,2 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$

b) trojsko ...  $U = 0,7 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$

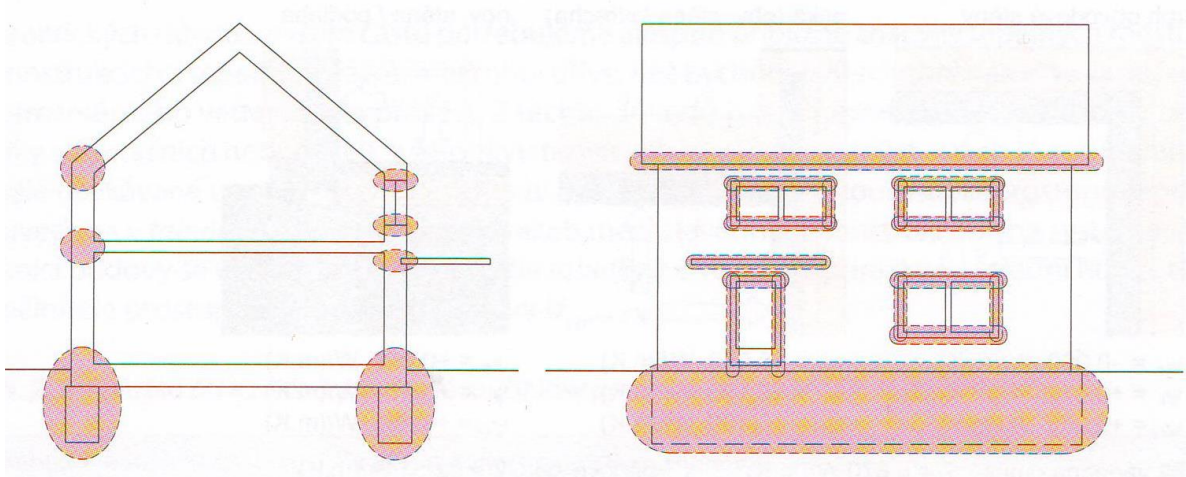
Číže rozdiel v koeficiente prestupu tepla je  $0,5 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$ . To znamená, že na pokrytie rozdielu tepelných strát cez  $1 \text{ m}^2$  zasklenej plochy je potrebné vynaložiť o 0,5 W energie menej - v prípade využitia trojskla. Rozdiel v prípade kúpy okien s trojsklom činí približne  $400 \text{ Kč/m}^2$  zasklenej plochy. Celkový rozdiel v spotrebe tepla za jedno vykurovacie obdobie predstavuje hodnotu 311,04 kWh. Číže ročná úspora za energie predstavuje približne 1399 Kč. Návratnosť vstupnej investície sa teda môže očakávať približne v 3,8 roku od kúpy okien.

## 4.5 Tepelné mosty

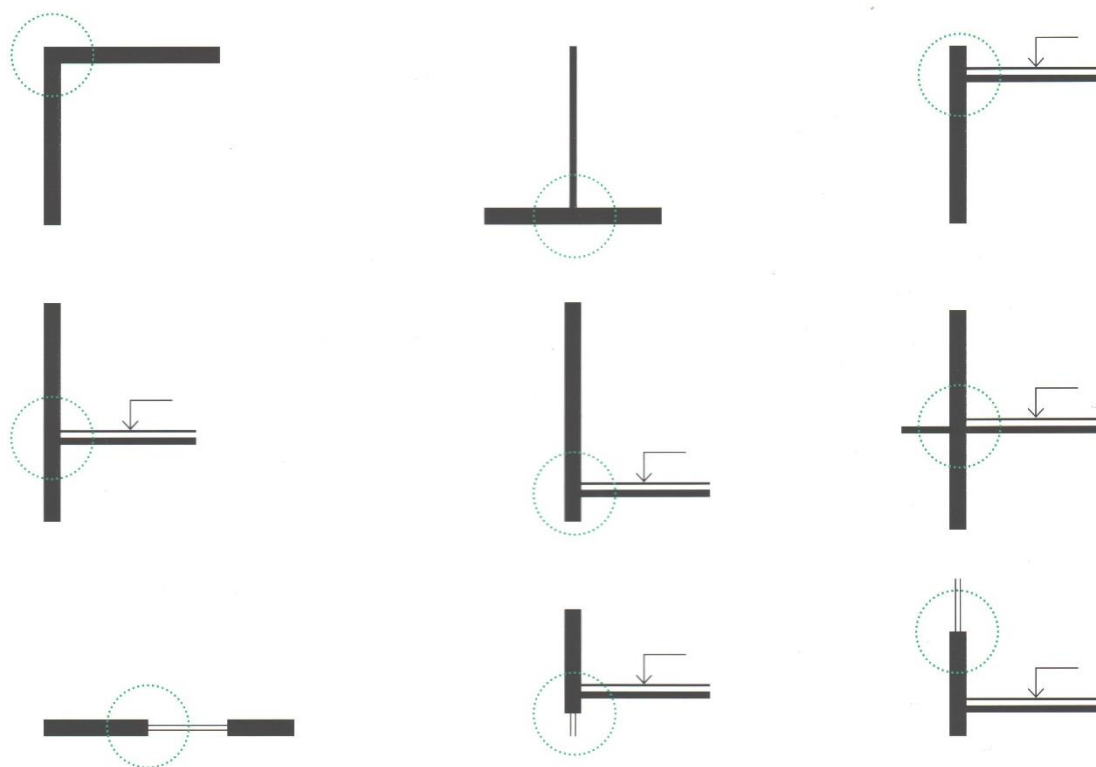
Sú problematické miesta v stavebnej konštrukcii, ktoré spôsobujú tepelné straty. Tieto straty tvoria podstatnú časť tepelných únikov, preto je veľmi dôležité pri návrhu budovy dbať na čo najlepšie konštrukčné vyriešenie problematických detailov. [6]

Tepelný most je miesto, kde je izolačná schopnosť konštrukcie oslabená. Vo všeobecnosti môžeme takéto body alebo miesta hľadať v styku medzi časťami stavebných konštrukcií, alebo na miestach, kde sa mení skladba stavebných materiálov. Preto môžeme obecné tvrdiť, že ak sa v stavebnej konštrukcii vyskytuje tepelný most, môžeme predpokladať, že jeho teplota v zimnom období na vnútornom povrchu bude nižšia, ako je teplota v bežnom, nenarušenom mieste tepelným mostom. A naopak, teplota na vonkajšom povrchu tepelného mosta bude vyššia, ako je teplota v bežnom mieste. Toto tvrdenie je dôsledkom toho, že v mieste tepelného mostu má konštrukcia vyššiu tepelnú vodivosť, ako v bežnom mieste. Na obrázku 19 a 20 je možné vidieť miesta, kde sa v obytných budovách najčastejšie vyskytujú tepelné mosty:

- vonkajší kút tvorený stykom dvoch vonkajších stien
- vnútorný kút tvorený stykom vonkajšej steny a vnútornej steny
- styk obvodovej steny a strechy
- styk obvodovej steny a stužujúceho venca
- styk obvodovej steny a podlahy
- styk medzi vysunutou konštrukciou a jej ukotvením do stropnej konštrukcie
- styk nadokenného prekladu a obvodovej konštrukcie
- styk obvodovej steny pri otvore – parapet, ostenie [6]



Obr. 19 - Najčastejšie sa vyskytujúce tepelné mosty [6]



Obr. 20 – Kritické miesta vzniku tepelných mostov [8]

Obvodový plášť budovy musí byť navrhnutý tak, aby dostatočne chránil celú budovu pred negatívnymi vplyvmi tepelných mostov. Vo všetkých miestach, kde sa vyskytujú tepelné mosty, je potrebné použiť tepelno-izolačný materiál s takou hrúbkou a vlastnosťami, aby pokles vnútornej povrchovej teploty bol čo najnižší a v žiadnom prípade nedosiahol hodnotu rovnú alebo prevyšujúcu kritickú povrchovú teplotu. Miesta s nízkou povrchovou teplotou môžu spôsobovať hygienické problémy – rast plesni, kondenzáciu vodných pár a nasiakanie povrchov. [6]

## 4.6 Tepelné zisky

Tepelné zisky môžeme definovať ako teplo prijaté z iných zdrojov, než zo zdrojov primárne určených na vykurovanie obytných priestorov. Tepelné zisky vo všeobecnosti rozdeľujeme na vnútorné a vonkajšie. Medzi vnútorné predovšetkým zaraďujeme metabolické teplo, teplo z elektrických spotrebičov a teplo z umelého osvetlenia. Do vonkajších tepelných ziskov započítavame pasívne solárne zisky. Tieto zisky predstavujú solárnu energiu prenikajúcu do interiéru. Musíme si však uvedomiť, že všetky tieto zisky sú relatívne premenlivé a závisia na mnohých faktoroch. Preto ich presné stanovenie je veľmi obťažné, nakoľko je zložité počítať s rovnakými podmienkami po celú dobu životného cyklu budovy. [6]

### 4.6.1 Vnútorné tepelné zisky

Pri výpočte vnútorných tepelných ziskov započítavame ako prvý faktor metabolické teplo od osôb a teplo uvoľňované do vykurovaných priestorov užívaním domácich spotrebičov a umelého osvetlenia. Vnútorné tepelné zisky vypočítavame podľa projektovaného obsadenia rodinného domu osobami. Pri výpočte zohľadňujeme predpoklad, že osoby sa v dome nachádzajú rovnomerne 70% ročného obdobia, z toho vyplýva, že používame koeficient prítomnosti rovný hodnote 0,7. Metabolické teplo a teplo, ktoré je uvoľňované do vykurovaného priestoru zapnutými elektrospotrebičmi a umelým osvetlením sa uvažuje hodnotou 100 W na prítomnú osobu, bez ohľadu na jej vek. K tejto hodnote sa pripočítava 100 W stálej produkcie tepla na každú bytovú jednotku, bez ohľadu na prítomnosť osôb. Tento výpočet je zjednodušením reálnych hodnôt, ale približne zodpovedá iným jednoduchým metódam. [6]

### 4.6.2 Vonkajšie tepelné zisky

Pre stanovenie vonkajších tepelných ziskov, ktorých hlavnou súčasťou sú pasívne solárne zisky, musíme uvažovať viacero faktorov, ktoré ovplyvňujú výpočet:

- množstvo energie slnečného žiarenia, ktoré dopadá na presklenenú plochu
- schopnosť presklenených otvorov prepúšťať slnečné žiarenie do interiéru
- skutočná veľkosť oslnenej plochy, ktorej veľkosť je závislá na redukčných súčiniteľoch : zatienenie okolitým terénom, zatienenie vedľajšou výstavbou a zatienením časťami vlastnej konštrukcie, napríklad: balkón, lodžia a markíza

## 4.7 Vykurovací sústava

Ako zdroj tepla môžeme charakterizovať technologické zariadenie, ktoré premieňa dodanú energiu na teplo. Teplo sa v budovách obvykle využíva na ohrev dvoch základných potrieb: ohrev teplej vody a ohrev vykurovacej sústavy. Pri návrhu vykurovacej sústavy pre nízkoenergetickú výstavbu sa odporúča využitie takej energie, ktorej primárna energia pri výrobe nezaťažuje životné prostredie vysokými emisiami. Ide hlavne o využitie obnoviteľných zdrojov tepla (solárne tepelné sústavy, tepelné čerpadlá, rekuperačné jednotky, kotle na spaľovanie biopalív, plynové - kondenzačné kotle). Je dôležité optimalizovať návrh tak, aby sa dosiahla vysoká účinnosť využitia energie. Pri návrhu sa treba vyhnúť zbytočnému predimenzovaniu vykurovacej sústavy – preto obvykle navrhujeme malé kotly s výkonom 5-30 kW alebo kombinované sústavy využívajúce viacero zdrojov energie. Hlavný dôraz však treba klásť na účinnú reguláciu vykurovacej sústavy. [8]

### 4.7.1 Druhy a rozdelenie malých kotlov pre rodinné domy

Kotly prevažne navrhované pre malé zdroje tepla sa rozdeľujú podľa viacerých kritérií z ktorých najdôležitejšie sú:

- a) podľa druhu spaľovaného paliva:
  - kvapalné - ľahký a extra ľahký vykurovací olej
  - plynové palivá – zemný plyn
  - elektrické – priamovýhrevné, alebo poloakumulačné
- b) podľa teploty vody v obehu:
  - klasické – teplota vody do 90°C
  - nízkoteplotné – teplota vody okolo 60°C
  - kondenzačné – teplota vody pod 60°C
- c) podľa účelu odberu tepla:
  - jednokruhové – určené len na vykurovanie
  - dvojokruhové – určené na vykurovanie a ohrev teplej vody
- d) podľa odvodu spalín:
  - prirodzený odvod spalín
  - nútený odvod spalín
- e) podľa spôsobu ohrevu teplej vody:
  - prietokové
  - zásobníkové
- f) podľa spôsobu vyhotovenia:
  - voľné
  - skriňové
  - zavesené – nástenné [8]

## 4.7.2 Rozdelenie kotlov podľa druhu využívanej energie

### Elektrické kotly

Elektrická energia je v dnešnej dobe dostupná pre budovy takmer kdekoľvek z dôvodu jej využitia aj na iné účely ako na vykurovanie, a to napr. osvetlenie, domáce spotrebiče atď. Preto jej využitie na vykurovanie nie je technickým problémom. Na trhu je k dispozícii pomerne mnoho lacných zariadení (elektrické vložky, sálavé panely, elektrické kotly, zásobníkové ohrievače). Avšak s ohľadom na nepriaznivú bilanciu primárnej energie pri výrobe elektrickej energie a pomerne vysokú cenu za jednotku el. energie sa neodporúča návrh vykurovacej sústavy využívajúcej len elektrickú energiu. Tento druh vykurovania môžeme uvažovať len ako záložný alebo doplnkový zdroj. [8]

### Plynové kotly

Tento druh kotlov môžeme zaradiť medzi najpoužívanejší spôsob prípravy teplej vody a ohrevu vody slúžiacej na vykurovanie. Podľa účinností ich rozdeľujeme na:

- **Štandardné** – sú to kotly bez kondenzácie vodných pár vznikajúcich zo spalín, ich účinnosť sa pohybuje okolo 88 %.
- **Nízkoteplotné** – za určitých podmienok môže dochádzať ku kondenzácii vodných pár, účinnosť sa pohybuje okolo 92 %.
- **Kondenzačné** - už ich názov naznačuje, že sú zámerne navrhnuté na prevádzku pri ktorej sa opätovne využívajú kondenzácie, ktoré vznikajú z teplých spalín. Po zaistení kondenzácie sa môže ich účinnosť pohybovať až do 106 %.

Pre využitie plynových kotlov v nízkoenergetickej výstavbe sa zásadne odporúča navrhovať len kondenzačné typy, ktorých účinnosť premeny primárnej energie je podstatne vyššia. [12]

### Solárne kolektory

Solárne kolektory pracujú na princípe premeny fototermálnej energie slnečného žiarenia v prospech tepelnej energie. Tepelná energia je spravidla odvedená do tepelných akumulátorov, kde je uskladnená a využívaná až v dobe jej potreby. Kolektory môžeme vo všeobecnosti rozdeliť podľa druhu teplotnej látky na: vzduchové, kvapalinové a podľa konštrukčného usporiadania na: nezasklené, zasklené, ploché a trubicové. Výkon a účinnosť solárnych kolektorov je oproti väčšine iných tepelných zdrojov významné závislá na prevádzkových podmienkach, ktoré ovplyvňuje najmä orientácia voči svetovým stranám a nastavený sklon. [12]

Využitie solárnej energie formou kolektorov je v prvom rade určené na prípravu, respektíve ohrev teplej vody. Solárne sústavy pre potreby rodinného domu sa projektujú z pravidla na 50 až 70 % pokrytia potreby teplej vody a dosahujú merných ročných ziskov 300 až 400 kWh/(m<sup>2</sup>.a). Stále väčšie uplatnenie v budovách nachádzajú solárne sústavy, ktoré združujú prípravu teplej vody a vykurovania, takzvané solárne kombinované

sústavy. Prepojením solárnej sústavy s vykurovacou pre pokrytie potreby tepla, obzvlášť v jarých a jesenných mesiacoch, je možné vzhľadom k nízkym prevádzkovým teplotám vykurovacej sústavy, výhodným tiež pre efektívnu prevádzku solárnych kolektorov. Od zložitosti navrhutej solárnej sústavy sa odvíja aj cena, ktorá je v prípade kolektorov pomerne vysoká, preto sa odporúča navrhovať len také sústavy, ktoré pokrývajú max. 30 % potreby tepla na vykurovanie. [12]

### **Tepelné čerpadlá**

Tepelné čerpadlo je zariadenie, ktoré je schopné odoberať teplo z okolitého prostredia (zem, voda, vzduch) za pomoci elektrickej energie. Toto teplo je ďalej spracované buď na vyššiu, alebo nižšiu teplotu a potom distribuované do vykurovacieho, prípadne chladiaceho systému v objekte. Najrozšírenejšie zariadenia pracujúce na tomto princípe rozdeľujeme nasledovne: vzduch-voda, vzduch-vzduch, zem-voda, voda-zem. Účinnosť tepelného čerpadla je výrobcom udávaná ako výkonové číslo, ktoré predstavuje pomer medzi tepelným výkonom a elektrickým príkonom, teda vlastnou spotrebou energie. [13]

### **Rekuperácia – spätné získavanie tepla**

Rekuperácia je jednoduchý a veľmi účinný systém so spätným získavaním tepla, ktorý zaisťuje nielen neustály prívod čerstvého vzduchu, ale aj značné úspory vo vykurovaní. Energia potrebná na dohrev vzduchu pre klasické vetranie oknami v bežnom zrekonštruovanom alebo novom dome často predstavuje až 40 % ročných nákladov na vykurovanie. V nevetraných objektoch dochádza ku koncentrácii oxidu uhličitého, pridáva sa vlhkosť, zápachy a výpary, čo vedie k zhoršeniu kvality vzduchu, tvorbe plesní, množeniu roztočov, únave a zhoršeniu zdravotného stavu. [8]

Klasická rekuperačná jednotka pozostáva z rekuperačného výmenníka, dvoch ventilátorov, vzduchových filtrov a účinnej regulácie. Princíp spočíva v tom, že odvádzaný znečistený vzduch, ktorý odchádza z miestnosti, nám pri prechode výmenníkom bezkontaktné ohrieva čerstvý vzduch, prichádzajúci z chladného vonkajšieho prostredia. Čerstvý vzduch sa teda pred vstupom do miestnosti takmer zadarmo predhrieva bez toho, aby došlo k zmiešaniu so vzduchom odvádzaným. [8]

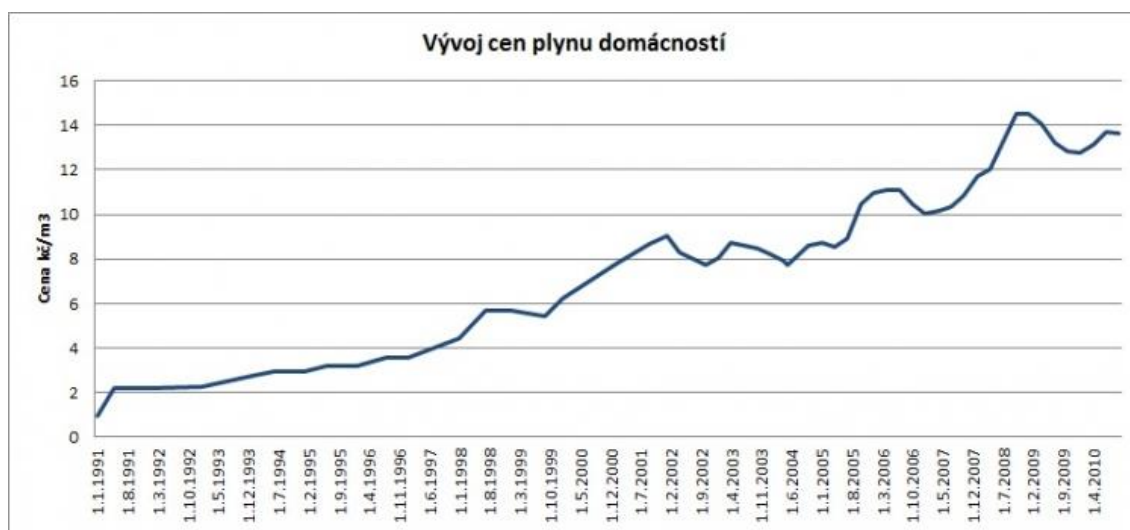


Obr. 21 – Princíp rekuperácie vzduchu [8]

## 5 VÝVOJ CIEN ENERGIÍ VYUŽÍVANÝCH V RODINNÝCH DOMOCH

Každá bytová jednotka v dnešnej dobe využíva energiu či už na bežný chod, tepelnú pohodu, ale aj na technologické vymožitelnosti dnešnej doby. Ceny energií a ich každoročný konečný účet tvorí hlavný náklad na bývanie každého z nás. Preto si treba uvedomiť, že znížením ich spotreby znížime aj náklady na bývanie a zmenšíme negatívny dopad na životné prostredie.

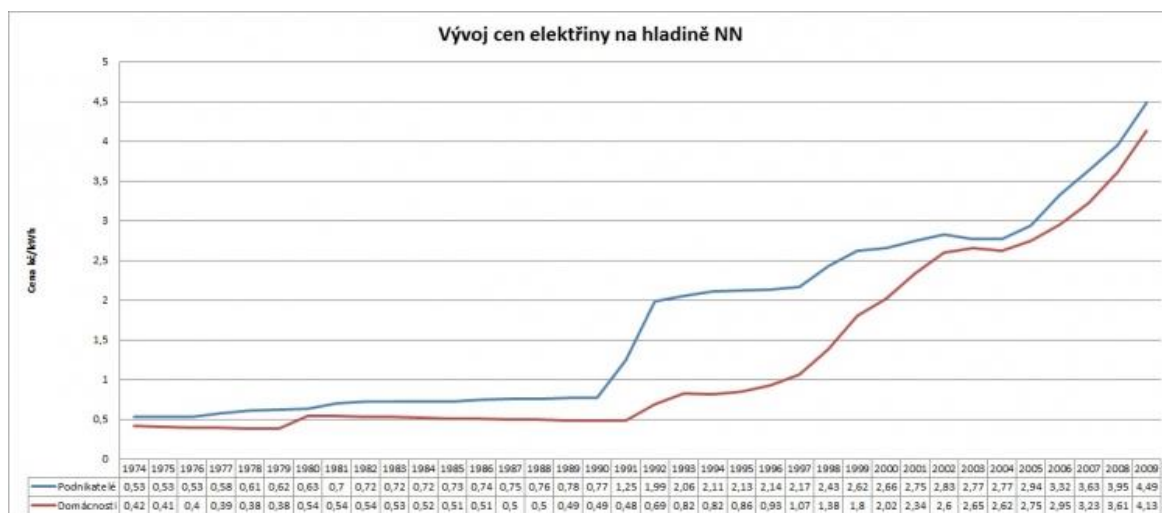
Najpoužívateľnejšími zdrojmi energie v dnešnej dobe pre chod domácnosti je predovšetkým elektrina a zemný plyn. Z historických štatistík je možné tvrdiť, že ich cena za mernú jednotku neustále rastie a bude rásť. Je to spôsobené najmä tým, že v prípade plynu sa jedná o fosílné palivo, ktorého množstvo je obmedzené a už teraz vieme, že sa v budúcnosti vyčerpá a budeme nútení nájsť novú alternatívu. Ďalším faktorom, ktorý ovplyvňuje cenu smerom na hor je ten, že počet populácie na svete naďalej stúpa a dopyt po energetických zdrojoch bude neustále rásť.



Graf 1 - Vývoj cien plynu v ČR [14]

V dnešnej dobe môžeme sledovať na trhu s energetickými komoditami miernu stagnáciu, ktorá je spôsobená predovšetkým ekonomickou krízou, ktorá začala v roku 2006 a jej vplyv trvá doteraz. Veľkú časť štátov trápi v ich ekonomikách nulová inflácia, alebo v niektorých prípadoch aj deflácia, ktorá sa odráža aj na cenách energií. Je však takmer isté, že táto situácia nebude pretrvávať večne, už teraz je čitateľné z ekonomických ukazovateľov jednotlivých ekonomík štátov ozdravenie.

Graf č. 1, 2 zobrazuje vývoj cien zemného plynu a elektrickej energie pre potreby domácností. Z grafov je čitateľné, že za posledných 30 rokov jednotková cena za 1 kWh elektrickej energie priemerne narástla osem násobne a cena zemného plynu takmer dvanásť násobne. Je ťažké predpovedať budúci vývoj cien energií, ale práve pre faktory spomenuté vyššie, je viac než jasné, že cena energií v nasledujúcich rokoch určite nebude klesať, ale naopak bude rásť. Preto znižovanie energetickej náročnosti rodinných domov má svoje opodstatnenie.



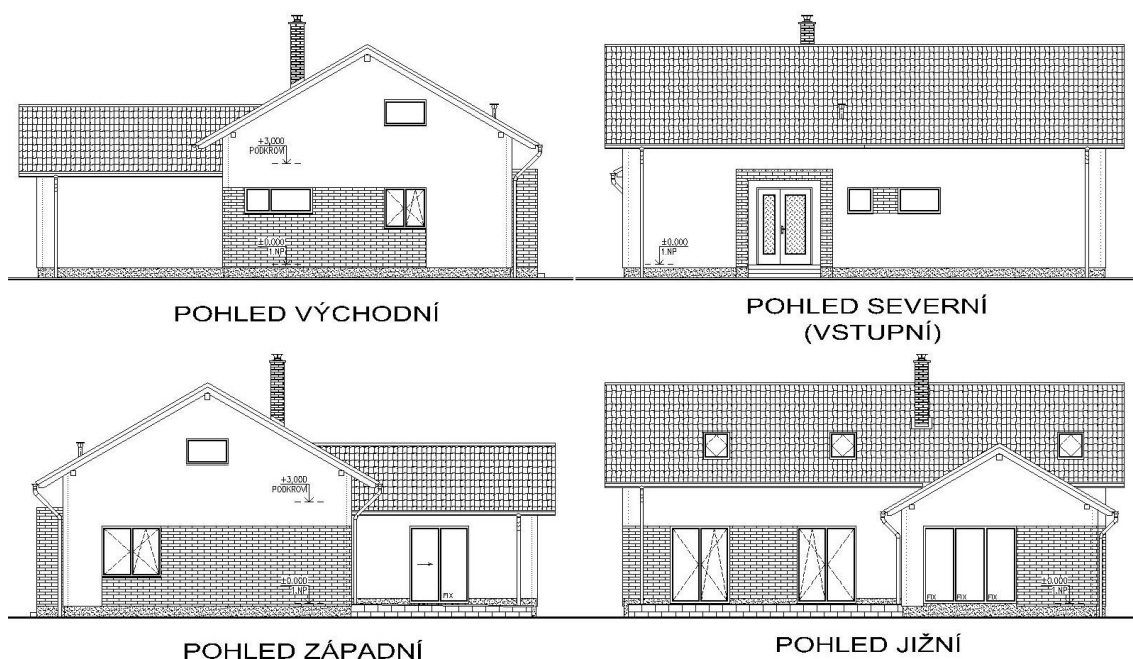
Graf 2 - Vývoj cien elektriny pre domácnosti (červená krivka) v ČR [14]

## 6 ZHODNOTENIE INVESTÍCIÍ V NÍZKOENERGETICKEJ VÝSTAVBE

Jeden z hlavných dôvodov prečo investovať do nízkoenergetickej výstavby je ten, že náklady na vykurovanie klasických neefektívnych rodinných domov tvoria najväčšiu časť prevádzkových výdajov. To znamená, že cieľenými opatreniami môžeme tento podstatný výdaj znížiť a zároveň zvýšiť komfort bývania užívateľov. Svojou prácou chcem dokázať, že zvýšením počiatočných investičných nákladov pri výstavbe rodinného domu, znížime energetickú náročnosť stavby a dosiahneme úsporu financií v budúcnosti.

### 6.1 Referenčný objekt, klasický rodinný dom – variant č. 1

Pre potreby posúdenia výhodnosti vstupných investícií posluží návrh referenčného rodinného domu v obci Libiče nad Vltavou, ktorého výstavba začne v druhej polovici roku 2015. Výkresy 1NP, 2NP a rezu referenčného objektu sú súčasťou prílohy č. 1.



Obr. 22 – Referenčný rodinný dom Libiče nad Vltavou – pohľady. Zdroj autor

Konkrétne sa jedná sa o dvojpodlažný rodinný dom určený pre potreby 4 člennej rodiny. V prvom nadzemnom podlaží sa nachádzajú dve detské izby, jedna spálňa, kuchyňa, obývačka s jedálňou, WC + oddelená kúpeľňa, technická miestnosť pre potreby vykurovacieho zariadenia a malá šatňa. V druhom nadzemnom podlaží - podkroví je situovaná pracovňa podľa požiadaviek objednávateľa domu a miestnosť určená pre vybavenie posilňovacími zariadeniami.

Tab. 3 – Popis referenčného objektu

| Popis referenčného objektu |                      |
|----------------------------|----------------------|
| Lokalita                   | Lybiče nad Vltavou   |
| Dispozícia                 | dvojpodlažný dom 7+1 |
| Zastavaná plocha           | 148 m <sup>2</sup>   |
| Podlahová plocha           | 214 m <sup>2</sup>   |
| Obostavaný priestor        | 768 m <sup>3</sup>   |

Zdroj: vlastné spracovanie

Obvodové steny sú navrhnuté z brúseného muriva HELUZ 24 P+D, dodatočne zatepleného kontaktným zatepl'ovacím systémom s použitím fasádneho polystyrénu o hrúbke 100 mm. Vnútorne nosné múry budú vymurované z totožného muriva a priečky z muriva o hrúbke 125 a 80 mm. Strecha rodinného domu je typu sedlová s medzikrovovým zateplením o hrúbke 160mm a sklonom 30 stupňov. Krytinou strechy je betónová škridla od výrobcu KM-BETA. Výplne otvorov budú tvoriť EURO okná s použitím štandardného dvojskla a technickými parametrami  $U_w=1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Jednotlivé skladby konštrukcií popisujú tabuľky č. 4, 5, 6. Vykurovanie objektu je zabezpečené plynovým kondenzačným kotlom značky Geminox s výkonom 2,4-17,2 kW. Distribúcia tepla je naprojektovaná ako podlahové vykurovanie v 1NP a 2NP.

Výsledné súčinitele prestupu tepla, pre jednotlivé skladby konštrukcie boli stanovené na základe výpočtu stanoveného pomocou programu ENERGIE 2014.

Tab. 4 - Skladba obvodovej steny klasického RD

| Skladba obvodovej steny |                              |             |                                                |                                                  |
|-------------------------|------------------------------|-------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Č.                      | Materiál                     | Hrúbka [mm] | Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$ [W/m.K] | Súčiniteľ prestupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K] |
| 1                       | Silikátová omietka           | 3           | 0,740                                          |                                                  |
| 2                       | Lepiaca a stierkovacia hmota | 5           | 0,540                                          |                                                  |
| 3                       | BACHL EPS 70F                | 100         | 0,039                                          |                                                  |
| 4                       | Lepiaca a stierkovacia hmota | 10          | 0,540                                          |                                                  |
| 5                       | Keramické murivo HELUZ PLUS  | 250         | 0,144                                          |                                                  |
| 6                       | Vápenocementová omietka      | 15          | 0,760                                          |                                                  |
|                         |                              |             | <b>Výsledný U</b>                              | <b>0,215</b>                                     |

Zdroj: vlastné spracovanie

Tab. 5 - Skladba podlahy na teréne klasického RD

| Skladba podlahy na teréne |                                      |             |                                                |                                                  |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Č.                        | Materiál                             | Hrúbka [mm] | Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$ [W/m.K] | Súčiniteľ prestupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K] |
| 1                         | Betón hutný                          | 200         | 1,400                                          |                                                  |
| 2                         | Styrotrade EPS 100 S                 | 100         | 0,037                                          |                                                  |
| 3                         | Systémová deska Styrotrade PT        | 50          | 0,034                                          |                                                  |
| 4                         | Beton hutný                          | 60          | 1,400                                          |                                                  |
| 5                         | Mirelon                              | 2           | 0,038                                          |                                                  |
| 6                         | Nášlapná vrstva – laminátové parkety | 8           | 0,210                                          |                                                  |
|                           |                                      |             | <b>Výsledný U</b>                              | <b>0,246</b>                                     |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

Tab. 6 - Skladba strechy klasického RD

| Skladba strechy |                              |             |                                                |                                                  |
|-----------------|------------------------------|-------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Č.              | Materiál                     | Hrúbka [mm] | Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$ [W/m.K] | Súčiniteľ prestupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K] |
| 1               | Knauf TI 140 – medzikrokvová | 160         | 0,049*                                         |                                                  |
| 2               | Knauf TI 140 - podkrokvová   | 60          | 0,038                                          |                                                  |
| 3               | Sádrokartón                  | 12,5        | 0,220                                          |                                                  |
|                 |                              |             | <b>Výsledný U</b>                              | <b>0,157</b>                                     |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

\*súčiniteľ prechodu tepla je zvýšený vplyvom nehomogénneho prostredia – krokvy

### 6.1.2 Tepelno-technické parametre referenčného RD

Po vypočítaní jednotlivých súčiniteľov prestupu tepla stavebnými konštrukciami, môžeme ich hodnoty porovnať s doporučenými a požadovanými, ktoré predpisuje norma ČSN 730540-2. Súhrny zoznam predstavuje tabuľka 7.

Tab. 7 – Súhrnný prehľad parametrov stavebných konštrukcií

| Konštrukcia       | Súčiniteľ prestupu tepla konštrukciou $U$ [ $W/m^2.K$ ] | Doporučená hodnota súčiniteľu prestupu tepla $U_{rec,20}$ [ $W/m^2.K$ ] | Požadovaná hodnota súčiniteľu prestupu tepla $U_{n,20}$ [ $W/m^2.K$ ] | Splňuje Áno/Nie |
|-------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Obvodová stena    | 0,215                                                   | 0,25                                                                    | 0,30                                                                  | Áno             |
| Podlaha na teréne | 0,246                                                   | 0,30                                                                    | 0,45                                                                  | Áno             |
| Strecha           | 0,157                                                   | 0,16                                                                    | 0,24                                                                  | Áno             |
| Výplň otvoru      | 1,2                                                     | 1,20                                                                    | 1,50                                                                  | Áno             |
| Strešné okno      | 1,2                                                     | 1,70                                                                    | 2,60                                                                  | Áno             |
| Vstupné dvere     | 1,2                                                     | 1,20                                                                    | 1,70                                                                  | Áno             |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

### 6.1.3 Energetická náročnosť klasického RD

Energetická náročnosť klasického rodinného domu bola určená podľa vyhl. MPO ČR č. 78/2013 Sb., na základe vstupných údajov dosadených podľa projektovej dokumentácie a vypočítaných tepelno-technických parametrov zhrnutých v tabuľke č. 7. Výpočet bol urobený v programe ENERGIE 2014 a jeho cieľom bolo zistiť mernú potrebu tepla na vykurovanie vzťahnutú na  $1 m^2$  podlahovej plochy, výpočet je súčasťou prílohy č. 4. Nasledujúca tabuľka č. 8 informuje o výsledných energetických parametroch hodnotenej budovy.

Tab. 8 – Energetická charakteristika klasického RD

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| Energeticky vzťahná plocha [ $m^2$ ]               | 254,69    |
| Priemerný súčiniteľ prestupu tepla [ $W/m^2.K$ ]   | 0.29      |
| Tvarový faktor $A/V$ [ $m^2/m^3$ ]                 | 0.67      |
| Merná potreba tepla na vykurovanie [ $kWh/m^2.a$ ] | <b>70</b> |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

## 6.2 Nízkoenergetický rodinný dom - variant č. 2

Pre potrebu posúdenia ekonomickej výhodnosti jednotlivých variantov výstavby rodinného domu je potrebné referenčný objekt – klasický rodinný dom upraviť zámernými opatreniami tak, aby sa dosiahli parametre nízkoenergetickej výstavby, ktoré presne určuje maximálna potreba energie na vykurovanie, a to 50 kWh/(m<sup>2</sup>.a). Ide hlavne o pridanie hrúbky izolácie v jednotlivých skladbách konštrukcie a použitie kvalitnejších výplní stavebných otvorov – použitie izolačného trojskla. V nasledujúcich tabuľkách č. 9, 10, 11 sú presne popísané jednotlivé skladby stavebných konštrukcií spolu s tepelno-technickými parametrami, ktoré boli stanovené výpočtom v programe ENERGIE 2014.

Tab. 9 – Skladba obvodovej steny nízkoenergetického variantu

| Skladba obvodovej steny |                               |             |                                                |                                                  |
|-------------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Č.                      | Materiál                      | Hrúbka [mm] | Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$ [W/m.K] | Súčiniteľ prestupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K] |
| 1                       | Silikátová omietka            | 3           | 0,740                                          |                                                  |
| 2                       | lepiaca a stierkovacia hmota  | 5           | 0,540                                          |                                                  |
| 3                       | KNAUF FKD S - MW              | 160         | 0,036                                          |                                                  |
| 4                       | Lepiaca a stierkovacia hmota  | 10          | 0,540                                          |                                                  |
| 5                       | Ker. Murivo HELUZ FAMILY 2in1 | 250         | 0,057                                          |                                                  |
| 6                       | Vápenocementová omietka       | 15          | 0,760                                          |                                                  |
|                         |                               |             | <b>Výsledný U</b>                              | <b>0,111</b>                                     |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

Pre zlepšenie tepelno-izolačných parametrov strešnej konštrukcie, na ktorú sú kladené najvyššie požiadavky, čo sa týka normovaných hodnôt bola skladba upravená pridaním podkrokového zateplenia izoláciou Knauf TI 33 o hrúbke 160 mm.

Tab. 10 - Skladba strechy nízkoenergetického variantu

| Skladba strechy |                                  |             |                                                |                                                  |
|-----------------|----------------------------------|-------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Č.              | Materiál                         | Hrúbka [mm] | Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$ [W/m.K] | Súčiniteľ prestupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K] |
| 1               | KNAUF UNIFIT 032 – medzikrokvová | 160         | 0,046*                                         |                                                  |
| 2               | KNAUF UNIFIT 032 - podkrokvová   | 160         | 0,032                                          |                                                  |
| 3               | Sadrokartón                      | 12,5        | 0,220                                          |                                                  |
|                 |                                  |             | <b>Výsledný U</b>                              | <b>0,120</b>                                     |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

\*súčiniteľ prechodu tepla je zvýšený vplyvom nehomogénneho prostredia – krokvy

Skladba podlahy bola upravená pridaním tepelno-izolačnej vrstvy, využívanej hlavne pri výstavbe pasívnych, alebo nízkoenergetických stavieb. Konkrétne sa jedná o spodnú vrstvu, ktorú bude tvoriť 200 mm hrubá vrstva penového skla, ktoré má výborné tepelno-izolačné vlastnosti.

Tab. 11 - Skladba podlahy na teréne nízkoenergetického variantu

| Skladba podlahy na teréne |                                      |             |                                                |                                                  |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Č.                        | Materiál                             | Hrúbka [mm] | Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$ [W/m.K] | Súčiniteľ prestupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K] |
| 1                         | Penové sklo GEOCELL                  | 200         | 0,08                                           |                                                  |
| 2                         | Betón hutný                          | 200         | 1,40                                           |                                                  |
| 3                         | Styrotrade EPS 150 S                 | 100         | 0,037                                          |                                                  |
| 4                         | Systémová doska Styrotrade PT        | 50          | 0,034                                          |                                                  |
| 5                         | Beton hutný                          | 60          | 1,40                                           |                                                  |
| 6                         | Mirelon                              | 2           | 0,038                                          |                                                  |
| 7                         | Nášlapná vrstva – laminátové parkety | 8           | 0,21                                           |                                                  |
|                           |                                      |             | <b>Výsledný U</b>                              | <b>0,140</b>                                     |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

### 6.2.1 Tepelno-technické parametre nízkoenergetickej varianty

Po vypočítaní jednotlivých súčiniteľov prestupu tepla stavebnými konštrukciami, môžeme ich hodnoty porovnať s doporučenými a požadovanými, ktoré predpisuje norma ČSN 730540-2, obdobne ako v prípade referenčného objektu. Súhrny zoznam predstavuje tabuľka 12.

Tab. 12 – Súhrnný prehľad parametrov stavebných konštrukcií pre nízkoenergetický variant

| Konštrukcia       | Súčiniteľ prestupu tepla konštrukciou $U$ [ $W/m^2.K$ ] | Doporučená hodnota súčiniteľa prestupu tepla $U_{rec,20}$ [ $W/m^2.K$ ] | Požadovaná hodnota súčiniteľa prestupu tepla $U_{n,20}$ [ $W/m^2.K$ ] | Splňuje Áno/Nie |
|-------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Obvodová stena    | 0,111                                                   | 0,25                                                                    | 0,30                                                                  | Áno             |
| Podlaha na teréne | 0,140                                                   | 0,30                                                                    | 0,45                                                                  | Áno             |
| Strecha           | 0,120                                                   | 0,16                                                                    | 0,24                                                                  | Áno             |
| Výplň otvoru      | 0,8                                                     | 1,20                                                                    | 1,50                                                                  | Áno             |
| Strešné okno      | 1,2                                                     | 1,70                                                                    | 2,60                                                                  | Áno             |
| Vstupné dvere     | 1,2                                                     | 1,20                                                                    | 1,70                                                                  | Áno             |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

### 6.2.2 Energetická náročnosť nízkoenergetického variantu

Energetická náročnosť nízkoenergetického variantu bola určená rovnako ako v prípade klasického rodinného domu podľa vyhl. MPO ČR č. 78/2013 Sb., na základe vstupných údajov dosadených podľa navrhovaných skladieb stavebných konštrukcií, ktoré sú zhrnuté v tabuľke 12. Výpočet bol urobený v programe ENERGIE 2014 a jeho cieľom bolo zistiť mernú potrebu tepla na vykurovanie vzťahnutú na  $1m^2$ , výpočet je súčasťou prílohy č. 5. Nasledujúca tabuľka 13 informuje o výsledných energetických parametroch hodnotenej budovy.

Tab. 13 – Energetická charakteristika nízkoenergetického RD

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| Energeticky vzťahná plocha [ $m^2$ ]               | 259,19    |
| Priemerný súčiniteľ prestupu tepla [ $W/m^2.K$ ]   | 0.20      |
| Tvarový faktor $A/V$ [ $m^2/m^3$ ]                 | 0.63      |
| Merná potreba tepla na vykurovanie [ $kWh/m^2.a$ ] | <b>37</b> |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

## 6.3 Náklady na výstavbu a prevádzku rodinného domu

V nasledujúcej časti je vysvetlený postup a zdroj informácií potrebných pre určenie celkových nákladov potrebných na výstavbu a prevádzku rodinného domu v ďalších rokoch jeho využívania. Náklady sú vypočítané pre obidva zo sledovaných variantov výstavby rodinných domov. Financovanie výstavby bude pokryté z vlastných zdrojov investora.

### 6.3.1 Náklady spojené s výstavbou

Pre identifikáciu nákladov na výstavbu dvoch variantov rodinného domu bol použitý získaný položkový rozpočet od projekčnej spoločnosti, ktorý bol vypracovaný v rozpočtárskom programe BUILDpower na základe projektovej dokumentácie. Pre porovnanie nákladov na obstaranie jednotlivých variantov bolo potrebné upraviť jednotlivé položky rozpočtu podľa navrhnutých skladieb stavebných konštrukcií. V prípade klasického rodinného domu sa vychádzalo z poskytnutého rozpočtu referenčného objektu. Pri úprave rozpočtu pre nízkoenergetický variant sa zmenili nasledovné položky: cena okien vzrástla na základe použitia moderných, úsporných plastových EURO okien s výplňou trojskla, zmenili sa položky predstavujúce izoláciu jednotlivých stavebných konštrukcií a materiál použitý na murovanie zvislých obvodových konštrukcií s lepšími tepelnoizolačnými vlastnosťami. Výška obstarávacích nákladov jednotlivých variantov je zhrnutá v krycích listoch rozpočtov, ktoré sú v prílohe č. 2 a 3. V tabuľkách č. 9, 10, 11 je vypísaná presná skladba jednotlivých stavebných konštrukcií so špecifikáciou a ich tepelno-izolačnými vlastnosťami.

Tab. 14 – Výška obstarávacích nákladov jednotlivých rodinných domov

|                           | Klasický RD  | Nízkoenergetický RD |
|---------------------------|--------------|---------------------|
| <b>Cena RD bez DPH</b>    | 4 549 800 Kč | 4 774 703 Kč        |
| <b>DPH 15%</b>            | 682 470 Kč   | 716 206 Kč          |
| <b>Celková cena spolu</b> | 5 232 270 Kč | 5 490 909 Kč        |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

### 6.3.2 Náklady na prevádzku

Na základe výpočtu energetickej náročnosti podľa vyhl. MPO ČR č. 78/2013 Sb. v špecializovanom programe ENERGIE 2014LT boli stanovené ročné množstvá energie

potrebné na vykurovanie rodinného domu v kWh/(m<sup>2</sup>.a). Výpočet bol urobený pre obidva varianty rodinného domu, čiže pre klasický rodinný dom podľa navrhnutých skladieb stavebných konštrukcií a pre nízkoenergetický model podľa zvolených opatrení pre zvýšenie tepelno-izolačných vlastností. Na základe získanej potreby tepla vzťahnutej k jednotke plochy a celkovej podlahovej plochy rodinného domu dostaneme po ich vynásobení celkovú potrebnú energiu na vykurovanie rodinného domu za rok. Získané hodnoty sú zaznamenané v tabuľke číslo 15.

Tab. 15 – Ročná potreba energie na vykurovanie dvoch variant RD

|                     | Merná potreba tepla na vykurovanie [kWh/m <sup>2</sup> .a] | Podlahová plocha [m <sup>2</sup> ] | Ročná potreba energie na vykurovanie [kWh] |
|---------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|
| Klasický RD         | 70                                                         | 214,34                             | 15 003                                     |
| Nízkoenergetický RD | 37                                                         |                                    | 7 930                                      |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

Po získaní hodnôt celkovej ročnej potreby tepla na vykurovanie RD je potrebné stanoviť skutočné náklady spojené s vykurovaním. Vykurovacía sústava je navrhnutá ako nízkotepelná s použitím plynového kotla a distribúciou pomocou podlahového kúrenia. Súčasná cena za 1 kWh zemného plynu je určená priemernou cenou v ČR, určenou pre odberateľov využívajúcich zemný plyn na vykurovanie a prípravu teplej vody v domácnostiach. Celkové prevádzkové náklady sú vypočítané v tabuľke 16.

Tab. 16 – Prevádzkové náklady jednotlivých rodinných domov za 1 rok

|                     | Ročná potreba energie na vykurovanie [kWh] | Cena za 1kWh zemného plynu 2015 [Kč] | Prevádzkové náklady celkom [Kč] |
|---------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Klasický RD         | 15 003                                     | 1,457                                | 21 859                          |
| Nízkoenergetický RD | 7 930                                      |                                      | 11 554                          |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

## 6.4 Výpočet doby návratnosti

V prechádzajúcej časti sme na základe výpočtu energetickej náročnosti, obstarávacích a prevádzkových nákladov stanovil celkovú výšku vstupnej investície a ročné náklady na vykurovanie. Teraz môžeme pristúpiť k samotnému výpočtu ekonomickej efektívnosti pri výstavbe v prípade nízkoenergetického rodinného domu.

### 6.4.1 Jednoduchá doba návratnosti

Pre výpočet jednoduché doby návratnosti je potrebné vo výpočte uvažovať s hodnotami, ktoré predstavujú obstarávacie a prevádzkové náklady v prípade výstavby jednotlivých variantov rodinných domov, ktoré sú zhrnuté v tabuľkách č. 14 a 16.

Jednoduchá doba návratnosti je slovne vyjadrený prelom v čase, kedy výnosy tvorené z úspor v prípade nízkoenergetickej varianty pokryjú zvýšené investičné náklady pri výstavbe. Jednoduchú dobu návratnosti získame teda tak, že rozdiel medzi obstarávacími nákladmi podelíme ročnou úsporou v prípade nízkoenergetického variantu. Zo získaných, hodnôt ktoré sú v tabuľke 17 nám vyšlo, že jednoduchá doba návratnosti je v prípade výstavby nízkoenergetického domu 25,09 rokov.

Tab. 17 – Jednoduchá doba návratnosti

|                     | Obstarávacie náklady [Kč] | Rozdiel medzi obstarávacími Nákladmi [Kč] | Ročná úspora prevádzkových nákladov [Kč] | Jednoduchá doba návratnosti [rok.] |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| Klasický RD         | 5 232 270                 | -                                         | -                                        | -                                  |
| Nízkoenergetický RD | 5 490 909                 | 258 639                                   | 10 305                                   | 25,09                              |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

### 6.4.2 Diskontovaná doba návratnosti

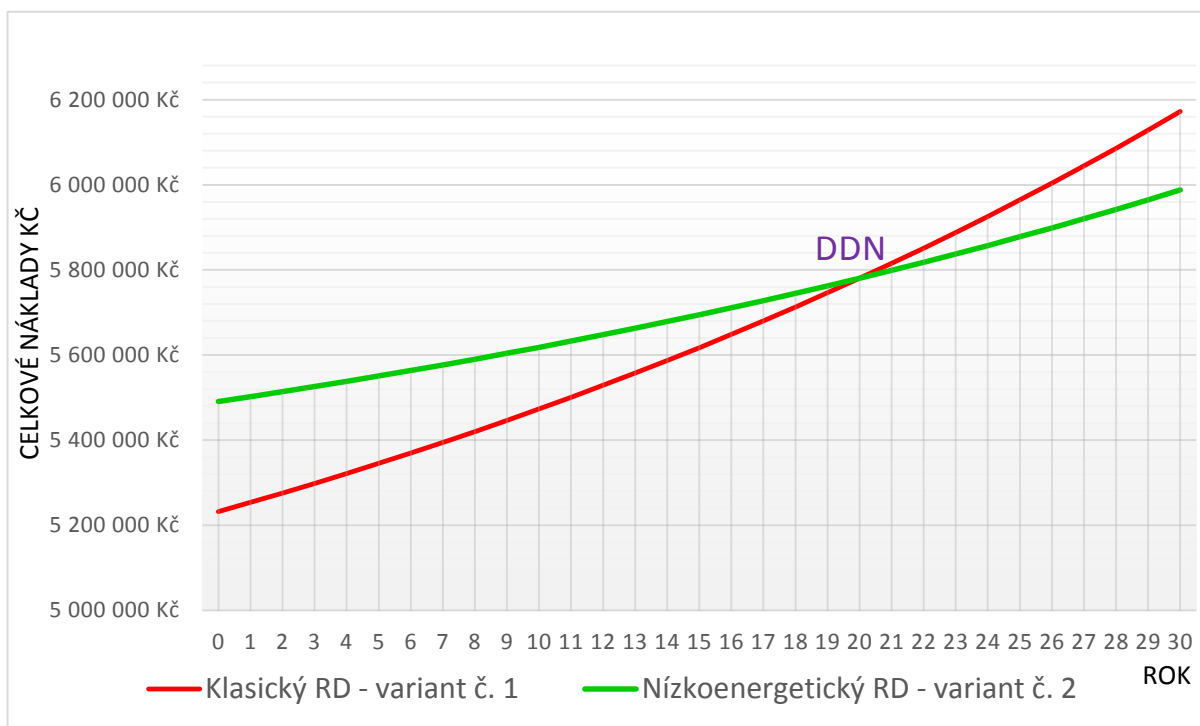
Pre získanie presnejších výsledkov je potrebné vo výpočte uvažovať s diskontnou sadzbou, ktorá predstavuje očakávanú výnosnosť a zahrňuje v sebe riziko spojené s investovaným kapitálom. Výška diskontnej sadzby súvisí s úrokmi dlhodobých vkladov v bankách. V súčasnosti sa úroky poskytované bankami pohybujú na úrovni 1,0 až 2,5%. Pre náš prípad je teda výška diskontnej sadzby zvolená v strede na úrovni 1,5%. Pri výpočte tiež predpokladáme ročný rast ceny energií - plynu o 4 %. V tabuľke 18 je uvedený prehľad úspory nákladov v jednotlivých rokoch, ktoré sa menia v závislosti na diskontnom faktore. Výpočet je potrebné robiť dovedy, kým kumulované úspory nepresiahnu rozdiel v obstarávacích nákladoch, čo je v našom prípade čiastka 258 639Kč. Z výpočtov, ktoré sú uvedené v tabuľke č.18 nám vyšlo, že diskontovaná doba návratnosti v prípade výstavby nízkoenergetického rodinného domu je teda 20 rokov a 1 mesiac.

Tab. 18 – Prehľad predpokladaných výnosov a diskontovanej doby návratnosti

| Počet rokov | Klasický rodinný dom |                                  |              | Nízkoenergetický rodinný dom |                                  |              | Výsledné hodnoty        |                       |                      |                    |
|-------------|----------------------|----------------------------------|--------------|------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
|             | Potreba v kWh/rok    | Jednotková cena za plyn v Kč/kWh | Náklady v Kč | Potreba v kWh/rok            | Jednotková cena za plyn v Kč/kWh | Náklady v Kč | Výnosy Rn v Kč = úspora | Diskontný faktor 1,5% | Rn v Kč diskontované | Rn v Kč kumulované |
| 1           | 15003                | 1,4570                           | 21 859,37    | 7930                         | 1,4570                           | 11 554,01    | 10 305,36               | 0,9852                | 10 153,07            | 10 153,07          |
| 2           | 15003                | 1,5153                           | 22 733,75    | 7930                         | 1,5153                           | 12 016,17    | 10 717,58               | 0,9707                | 10 403,14            | 20 556,21          |
| 3           | 15003                | 1,5759                           | 23 643,10    | 7930                         | 1,5759                           | 12 496,82    | 11 146,28               | 0,9563                | 10 659,38            | 31 215,58          |
| 4           | 15003                | 1,6389                           | 24 588,82    | 7930                         | 1,6389                           | 12 996,69    | 11 592,13               | 0,9422                | 10 921,92            | 42 137,50          |
| 5           | 15003                | 1,7045                           | 25 572,37    | 7930                         | 1,7045                           | 13 516,56    | 12 055,81               | 0,9283                | 11 190,93            | 53 328,44          |
| 6           | 15003                | 1,7727                           | 26 595,27    | 7930                         | 1,7727                           | 14 057,22    | 12 538,05               | 0,9145                | 11 466,57            | 64 795,01          |
| 7           | 15003                | 1,8436                           | 27 659,08    | 7930                         | 1,8436                           | 14 619,51    | 13 039,57               | 0,9010                | 11 749,00            | 76 544,01          |
| 8           | 15003                | 1,9173                           | 28 765,44    | 7930                         | 1,9173                           | 15 204,29    | 13 561,15               | 0,8877                | 12 038,39            | 88 582,40          |
| 9           | 15003                | 1,9940                           | 29 916,06    | 7930                         | 1,9940                           | 15 812,46    | 14 103,60               | 0,8746                | 12 334,90            | 100 917,29         |
| 10          | 15003                | 2,0738                           | 31 112,70    | 7930                         | 2,0738                           | 16 444,96    | 14 667,74               | 0,8617                | 12 638,71            | 113 556,01         |
| 11          | 15003                | 2,1567                           | 32 357,21    | 7930                         | 2,1567                           | 17 102,76    | 15 254,45               | 0,8489                | 12 950,01            | 126 506,02         |
| 12          | 15003                | 2,2430                           | 33 651,50    | 7930                         | 2,2430                           | 17 786,87    | 15 864,63               | 0,8364                | 13 268,98            | 139 775,00         |
| 13          | 15003                | 2,3327                           | 34 997,56    | 7930                         | 2,3327                           | 18 498,34    | 16 499,21               | 0,8240                | 13 595,80            | 153 370,79         |
| 14          | 15003                | 2,4260                           | 36 397,46    | 7930                         | 2,4260                           | 19 238,28    | 17 159,18               | 0,8118                | 13 930,67            | 167 301,47         |
| 15          | 15003                | 2,5231                           | 37 853,36    | 7930                         | 2,5231                           | 20 007,81    | 17 845,55               | 0,7999                | 14 273,79            | 181 575,26         |
| 16          | 15003                | 2,6240                           | 39 367,49    | 7930                         | 2,6240                           | 20 808,12    | 18 559,37               | 0,7880                | 14 625,36            | 196 200,62         |
| 17          | 15003                | 2,7289                           | 40 942,19    | 7930                         | 2,7289                           | 21 640,44    | 19 301,75               | 0,7764                | 14 985,59            | 211 186,21         |
| 18          | 15003                | 2,8381                           | 42 579,88    | 7930                         | 2,8381                           | 22 506,06    | 20 073,82               | 0,7649                | 15 354,70            | 226 540,91         |
| 19          | 15003                | 2,9516                           | 44 283,07    | 7930                         | 2,9516                           | 23 406,30    | 20 876,77               | 0,7536                | 15 732,89            | 242 273,80         |
| 20          | 15003                | 3,0697                           | 46 054,40    | 7930                         | 3,0697                           | 24 342,56    | 21 711,84               | 0,7425                | 16 120,40            | 258 394,20         |
| 21          | 15003                | 3,1925                           | 47 896,57    | 7930                         | 3,1925                           | 25 316,26    | 22 580,31               | 0,7315                | 16 517,45            | 274 911,65         |
| 22          | 15003                | 3,3202                           | 49 812,44    | 7930                         | 3,3202                           | 26 328,91    | 23 483,53               | 0,7207                | 16 924,29            | 291 835,94         |

Zdroj: vlastné spracovanie

Graf č. 4 informuje o priebehu nákladov určených na vykurovanie jednotlivých variantov výstavby rodinného domu počas 30 rokov ich užívania. Náklady sú vypočítané pri predpokladanom raste ceny zemného plynu o 4 % ročne a diskontnej sadzbe na úrovni 1,5 %. Graf tiež informuje o diskontovanej dobe návratnosti (DDN) zvýšenej vstupnej investície v prípade variantu č. 2 , ktorú predstavuje prienik kriviek a jej hodnota je 20 rokov a 1 mesiac.



Graf 4 – Priebeh diskontovaných nákladov na vykurovanie a DDN. Zdroj autor

### 6.4.3 Výpočet čistej súčasnej hodnoty – NPV

Pre výpočet čistej súčasnej hodnoty je potrebné definovať dĺžku trvania danej investície, v prípade vplyvu tepelno-izolačných opatrení sa teda v našom prípade jedná o predpokladanú minimálnu životnosť daných opatrení. Životnosť izolačných materiálov závisí predovšetkým od kvality ich realizácie a od životnosti jednotlivých materiálov izolačnej skladby. Preto vo výpočte budeme uvažovať s minimálnou životnosťou v trvaní 30 rokov.

Prvou časťou výpočtu je stanovenie PV, teda súčasnej hodnoty podľa vzťahu (1), ktorý predstavuje súčet jednotlivých úspor na nákladoch spojených s vykurovaním vo variante nízkoenergetického domu. Tieto náklady budeme diskontovať sadzbou 1,5 %, podobne ako v prípade výpočtu diskontovanej doby návratnosti v tabuľke 18. Po stanovení PV, môžeme prejsť k samotnému výpočtu čistej súčasnej hodnoty a to tak, že od PV odpočítame investičný náklad podľa vzťahu (2). Investičný náklad predstavuje rozdiel v obstarávacích nákladoch, ktoré sú vypočítane v tabuľke 17.

Tab. 19 – Výpočet čistej súčasnej hodnoty

|                                                  |                |
|--------------------------------------------------|----------------|
| <b>Súčasná hodnota - PV<br/>za 30 rokov [Kč]</b> | 443 132        |
| <b>Investičný Náklad<br/>IC v [Kč]</b>           | 258 639        |
| <b>Čistá súčasná hodnota<br/>NPV=PV-IC [Kč]</b>  | <b>184 493</b> |

*Zdroj: vlastné spracovanie*

Z výsledkov, ktoré sú zhrnuté v tabuľke č. 19 môžeme usúdiť, že zvolená investícia do nízkoenergetických opatrení je efektívna, o čom vypovedá kladná hodnota NPV, za hodnotené obdobie 30 rokov.

### 6.4.4 Výpočet vnútorného výnosového percenta - IRR

Medzi ďalšie spôsoby, ktorými môžeme vyjadriť ekonomickú efektívnosť hodnotenej investície je vnútorné výnosové percento IRR. Týmto ukazovateľom vypočítame percentuálnu výnosnosť investície za celé hodnotené obdobie. Výpočet bol urobený na základe vzťahu (5), v ktorom bolo potrebné stanoviť kladnú a zápornú hodnotu NPV a ich diskontnú sadzbu. Pre výpočet kladnej hodnoty NPV, sme použili hodnoty, ktoré už boli vypočítane v tabuľke 19 pri výpočte NPV hodnoteného projektu. V stanovení zápornej čistej súčasnej hodnoty - NPV sme uvažovali s diskontným faktorom vo výške 6 %, výpočty kladnej a zápornej hodnoty NPV sú súčasťou prílohy č.

6, 7. Po dosadení získaných hodnôt do vzťahu (5) sme vypočítali vnútorné výnosové percento zvýšenej investície, v prípade výstavby rodinného domu v nízkoenergetickom štandarde. Výsledná hodnota IRR je v tabuľke č. 20 a jej hodnota je 5,29 %.

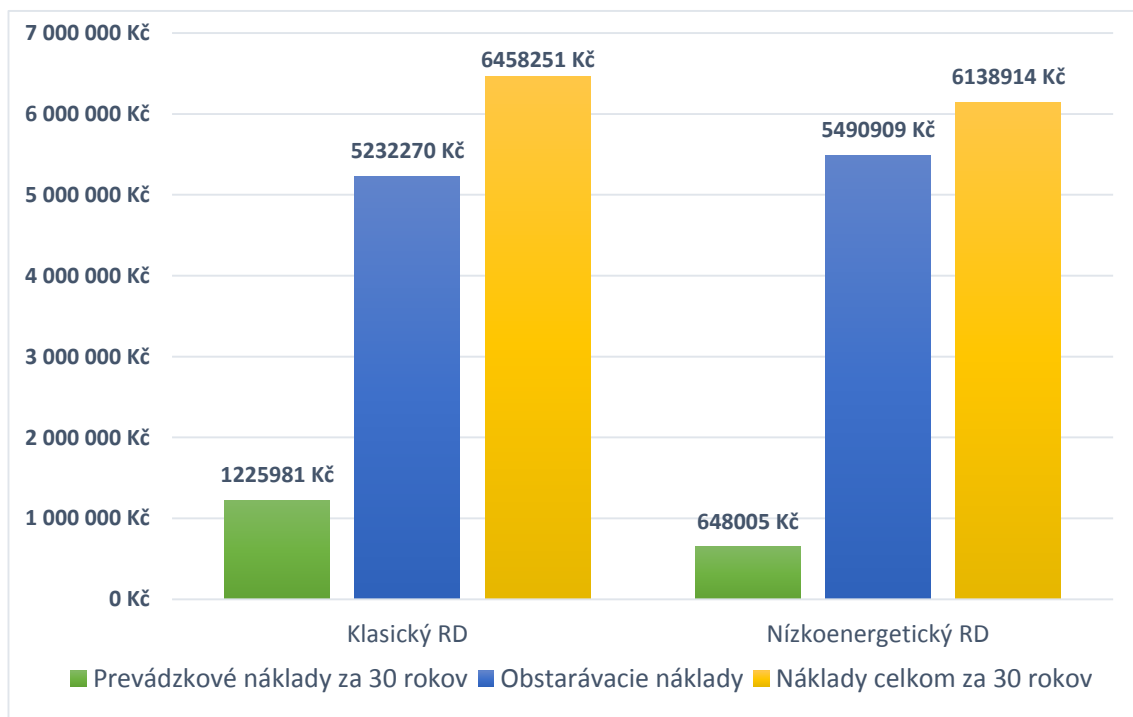
Tab. 20 – Výpočet vnútorného výnosového percenta IRR

|                                  | NPV +   | NPV -   |
|----------------------------------|---------|---------|
| Hodnota NPV                      | 184 493 | -34 347 |
| Diskontný faktor                 | 1,5 %   | 6 %     |
| IRR – vnútorné výnosové percento | 5,29 %  |         |

Zdroj: vlastné spracovanie

#### 6.4.5 Celkové náklady rodinných domov za 30 rokov

Nasledujúci graf č. 3 zobrazuje celkové náklady jednotlivých variantov výstavby rodinných domov počas obdobia 30 rokov. Obstarávacie náklady sú vypočítané na základe rozpočtov k jednotlivým variantom (príloha č. 2, 3), prevádzkové náklady boli stanovené za predpokladu, že cena energií – zemného plynu bude konštantne rásť o 4 % ročne. Tento predpoklad bol určený na základe vývoja cien, ktorý bol podrobnejšie rozobrať v kapitole č. 5.



Graf 3 – Celkové náklady rodinných domov za 30 rokov. Zdroj – autor

## **7 ANKETA – VZŤAH BUDÚCICH INVESTOROV K NÍZKOENERGETICKEJ VÝSTAVBE**

Cieľom anketového prieskumu je analyzovať povedomie mladých ľudí vo vzťahu k nízkoenergetickej výstavbe a jej investičnej náročnosti. Dôvod, prečo bol vytvorený prieskum tohto typu je ten, že mladých ľudí alebo mladé rodiny môžeme zaradiť do cieľovej skupiny potencionálnych investorov, ktorí v najbližšej dobe budú možno stáť pred otázkou výstavby rodinného domu. Preto ich názor a ochota investovať je veľmi dôležitý faktor, ktorý súvisí so stavebnou činnosťou orientovanou aj na nízkoenergetickú výstavbu. Výsledky tohto prieskumu ukážu, do akej miery si ľudia uvedomujú prínosy nízkoenergetickej výstavby a ich ochotu obetovať zvýšené investičné náklady pri výstavbe.

Dnešná doba prináša veľké množstvo možností v oblasti informačných technológií, preto vytvorenie ankety bolo vypracované pomocou bezplatnej služby Google documents, ktorá umožňuje jednoduchý návrh a prehľadné zobrazenie výsledkov. Anketa bola distribuovaná prostredníctvom sociálnych sietí, na ktorých som sa snažil osloviť čo najväčší počet mladých ľudí a zistiť ich názor na danú tému.

Cieľová skupina vybraných respondentov boli prevažne mladí ľudia študujúci na stavebnej fakulte VUT.

### **7.1 Obsah ankety**

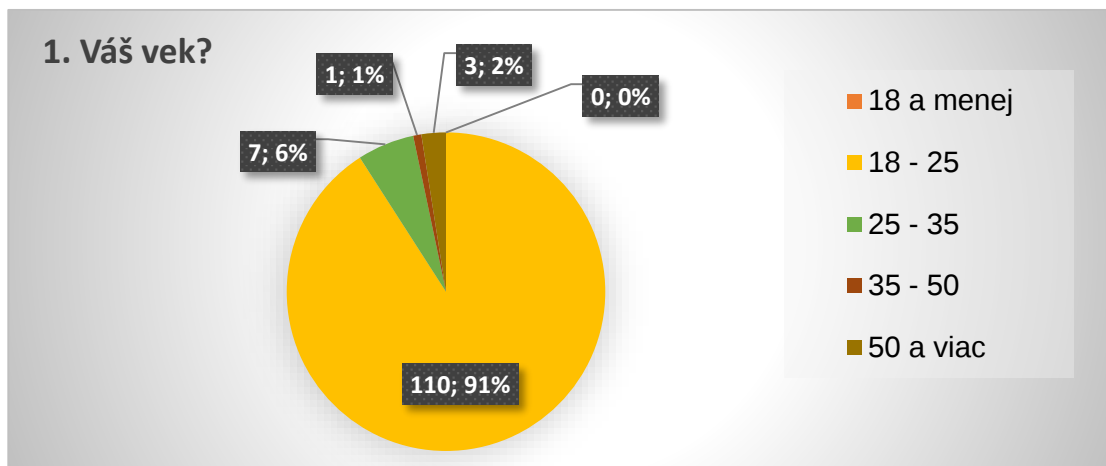
Pri tvorbe obsahu bol kladený dôraz v prvom rade na vedomosti oslovených respondentov a na ich ochotu investovať v oblasti nízkoenergetickej výstavby. Anketa obsahuje sedem otázok, v ktorých je možnosť označiť len jednu vybranú odpoveď. V prílohe č. 8 je zoznam všetkých otázok s príslušnými možnosťami na odpoveď.

#### **Zoznam otázok:**

1. Váš vek?
2. Zaujal Vás termín nízkoenergetická výstavba?
3. Vedeli ste o tom, že nízkoenergetickými opatreniami môžete znížiť spotrebu energie v domácnosti až o 40 %?
4. Predstavte si, že ste v roli budúceho investora v oblasti výstavby rodinného domu pre vlastnú potrebu. Pre aký typ RD by ste sa rozhodli?
5. Pri výstavbe rodinného domu v nízkoenergetickom štandarde musíte počítať so zvýšenými investičnými nákladmi. Akú výšku investície by ste boli ochotní investovať?
6. Aká je pre Vás prípustná časová návratnosť vstupnej investície?
7. Ste za využívanie alternatívnych zdrojov energie?

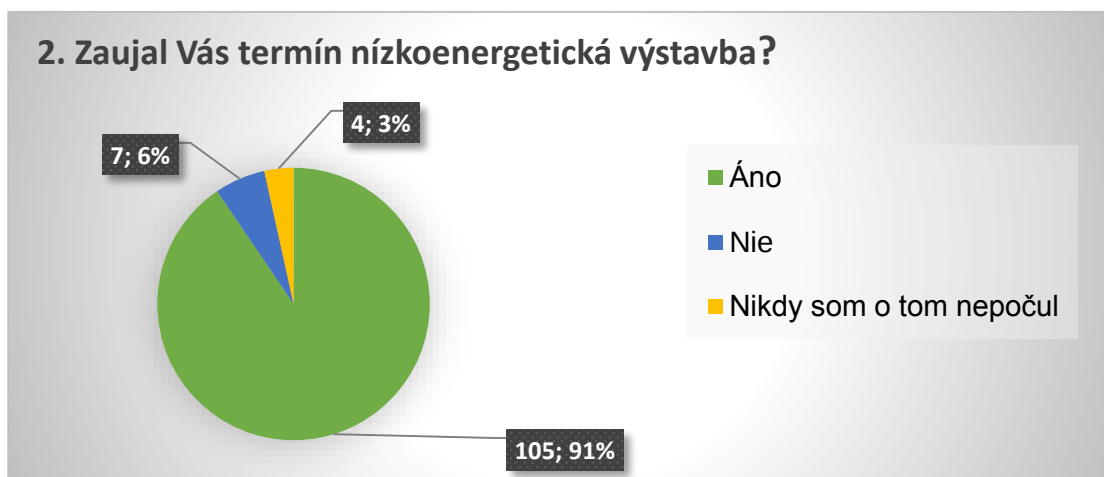
### 7.1.2 Vyhodnotenie ankety

Po ukončení možnosti odpovedať na vytvorenú anketu, dosiahol celkový počet zapojených respondentov hodnotu 121. Zo súhrnných výsledkov bol vytvorený pre každú z otázok výsledný graf, ktorý v percentuálnom zobrazení vypovedá, koľko ľudí sa rozhodlo pre jednu z možných odpovedí.



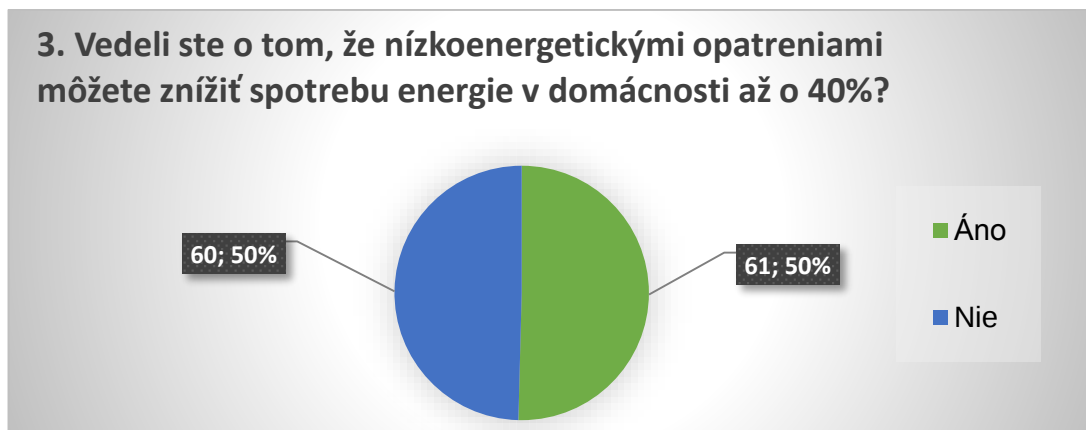
Graf 5 – Anketová otázka č. 1. Zdroj – autor

Z celkového počtu 121 respondentov tvorí cieľová skupina mladých ľudí vo veku 18 - 25 rokov, 91% celkovej vzorky opýtaných.



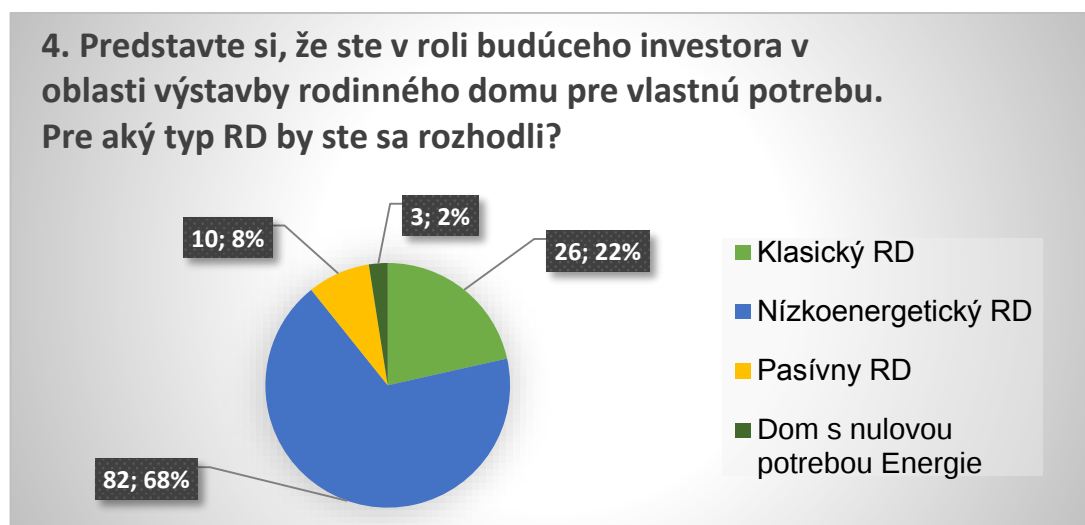
Graf 6 – Anketová otázka č. 2. Zdroj – autor

Na otázku č. 2 odpovedalo kladne 91 % respondentov. Tento výsledok potvrdzuje len to, že téma nízkoenergetickej výstavby je v dnešnej dobe aktuálna a mladí ľudia majú o ňu záujem. Iba 6 % opýtaných prejavilo nezáujem o danú tému a zvyšné 3 percenta o danej téme nikdy nepočuli.



Graf 7 – Anketová otázka č. 3 Zdroj – autor

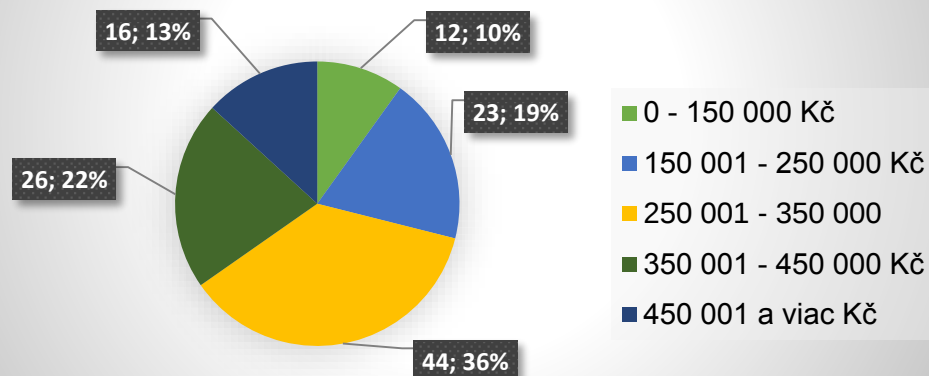
Veľku váhu prikladám výsledkom otázky č. 3, ktorej cieľom bolo zistiť, či opýtaní vedia o hlavnom prínose nízkoenergetickej výstavby. Výsledky ukázali, že až 50 % z opýtaných nevedelo, že nízkoenergetickou výstavbou môžeme znížiť spotrebu energie v domácnostiach až o 40 %. Z toho vyplýva, že verejnosť nie je dostatočne informovaná o výhodách nízkoenergetickej výstavby.



Graf 8 – Anketová otázka č. 4. Zdroj – autor.

Otázka č. 4 sa zameriavala na výber kategórie rodinného domu. Z výsledkov môžeme tvrdiť, že 68 % ľudí by v prípade výstavby rodinného domu zvolilo variant nízkoenergetického štandardu, 22 % by si uprednostnilo klasický variant výstavby, 8 % opýtaných by si zvolilo pasívny rodinný dom a len 2 % ľudí by bolo ochotných investovať do domu s nulovou potrebou energie.

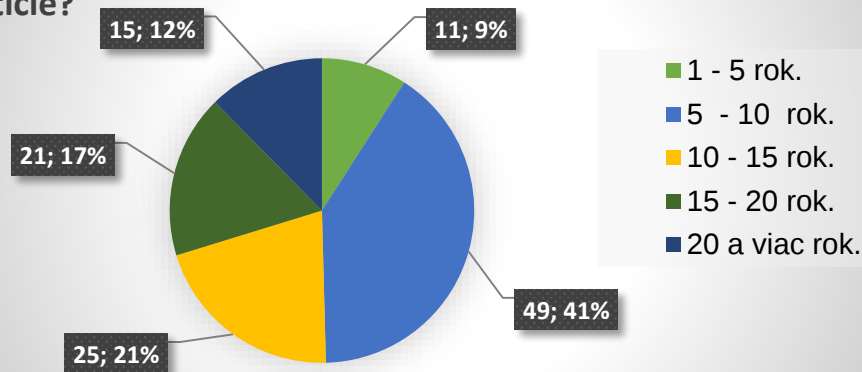
**5. Pri výstavbe RD v nízkoenergetickom štandarde musíte počítať so zvýšenými investičnými nákladmi. Akú výšku investície by ste boli ochotní investovať?**



Graf 9 – Anketová otázka č. 5. Zdroj – autor.

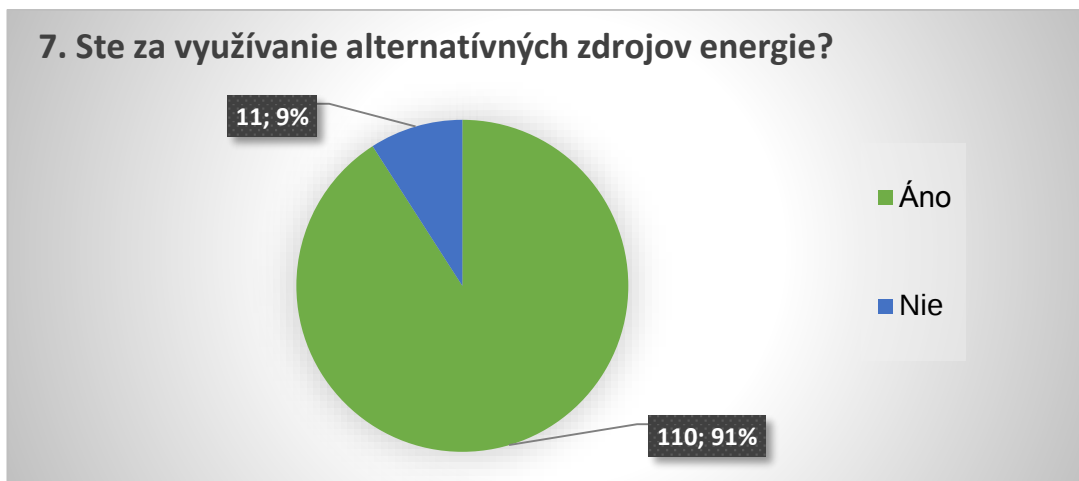
Otázka č. 5 sa zameriáva na výšku finančnej investície, ktorú by boli ochotní ľudia investovať v prípade opatrení na zníženie energetickej náročnosti. Najväčšiu skupinu predstavuje 44 % respondentov, ktorí sa rozhodli pre investíciu v rozmedzí 250 000 až 350 001 Kč. Zhruba rovnaký počet 19 – 22 % ľudí by investovalo čiastku v intervale 150 000 – 250 001 a 350 000 – 450 001 Kč. Pre najnižší investičný interval sa rozhodlo 10 % a naopak, pre najvyššiu možnú investíciu by bolo 13 % opýtaných.

**6. Aká je pre Vás prípustná časová návratnosť vstupnej investície?**



Graf 10 – Anketová otázka č. 6. Zdroj – autor.

Časovej návratnosti vstupnej investícií sa venovala otázka č. 6, podľa ktorej výsledkov by 41 % respondentov zvolilo časové obdobie v trvaní 5 – 10 rokov. Nasledova skupina 21 % ľudí, ktorých očakávaná doba návratnosti investície predstavuje 10 – 15 rokov, 17 % by sa rozhodlo pre obdobie 15 – 20 rokov a iba 9 % opýtaných 1 – 5 roky. Najtrpezlivejších ľudí predstavuje 12 %, ktorí sú ochotní čakať najdlhšie, a to 20 a viac rokov.



Graf 11 – Anketová otázka č. 7. Zdroj – autor.

Posledná otázka č. 7 sledovala názor na využívanie alternatívnych zdrojov energie ako sú solárne kolektory, teplovodné čerpadlá a kotly využívane na spaľovanie biomasy. Z výsledkov je jasné, že väčšina z opýtaných 91 % je za využívanie alternatívnych zdrojov energie.

### 7.1.3 Zhrnutie výsledkov

Výsledky ankety na tému nízkoenergetická výstavba prezentujú súčasný názor mladých ľudí na danú problematiku.

Ich pridanú hodnotu vidím najmä v tom, že firmy orientujúce sa na nízkoenergetickú výstavbu by mali zohľadniť a rešpektovať tieto výsledky. To znamená, že v prvom rade pracovať na väčšej informovanosti verejnosti o prínosoch nízkoenergetickej výstavby a v druhom rade prispôbiť svoju ponuku produktov a služieb požiadavkam potencinálnych zákazníkov, teda investorov. To je zvýšená investícia v peňažnom intervale 250 – 350 tisíc Kč s časovou návratnosťou v rozmedzí 5 až 10 rokov.

## 8 ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo zhodnotenie ekonomickej efektívnosti v nízkoenergetickej výstavbe na zvolenom referenčnom objekte.

V úvodnej časti bakalárskej práce sú popísané možnosti hodnotenia ekonomickej efektívnosti a výhodnosti vložených investícií. Nasledoval historický vývoj nízkoenergetickej výstavby, od jej dejín, až po súčasnú situáciu a podporu štátu v danej problematike. V ďalšej časti bolo popísané základné rozdelenie budov podľa ročnej spotreby energie. Na základe tohto rozdelenia bol presne špecifikovaný pojem nízkoenergetická výstavba, jej výhody a nevýhody. Nasledujúca časť sa venovala koncepcií nízkoenergetického domu z pohľadu zastavovacích podmienok, kompaktnej stavebnej forme, tepelno-technických požiadaviek, tepelným mostom a tepelným ziskom. Pozornosť tiež bola venovaná oknám, ako najslabšiemu článku obálky budovy, a na jednoduchom príklade bola popísaná energetická úspornosť pri použití kvalitnejších otvorových výplní. V teoretickej časti bakalárskej práce boli tiež popísané bežné izolačné materiály, ich tepelno-izolačné vlastnosti a možnosti použitia. Keďže nízkoenergetická výstavba je orientovaná aj na životné prostredie, boli popísané a vymenované izolačné materiály, ktoré sú vyrábané na báze prírodných vlákien. Ďalšia časť bola zameraná na vykurovacie systémy, ich rozdelenie a taktiež využitie obnoviteľných zdrojov energie. Posledná kapitola teoretickej časti popisovala vývoj cien energií využívaných v rodinných domoch.

V praktickej časti bakalárskej práce je popísaný referenčný objekt – klasický rodinný dom ako variant č. 1, jeho tepelno-technické parametre a vypočítaná energetická náročnosť. Na základe cielených opatrení pre zníženie potreby tepla na vykurovanie bol referenčný objekt upravený na variant č. 2 tak, aby na základe ročnej potreby tepla na vykurovanie patril medzi nízkoenergetickú výstavbu. Tieto opatrenia boli ocenené v rozpočtárskom programe BUILDpower a tak vznikol rozdiel v obstarávacej cene, ktorý bol definovaný ako zvýšená investícia.

V ďalšej časti boli vyčíslené celkové ročné náklady na vykurovanie oboch variantov rodinného domu pri súčasných cenách energií. Rozdiel medzi jednotlivou výškou nákladov určil finančnú úsporu, ktorá vzniká pri prevádzke nízkoenergetického rodinného domu. Na základe tejto úspory bola vypočítaná jednoduchá doba návratnosti zvýšenej investície. Pre presnejšie výsledky bol do úvahy vzatý aj predpoklad, že cena energií v nasledujúcich rokoch bude rásť o 4 % a peniaze budú strácať svoju hodnotu o 1,5 %, preto bola určená diskontovaná doba návratnosti. Z ekonomického hľadiska boli vypočítané ukazatele čistej súčasnej hodnoty a vnútorného výnosového percenta, na základe ktorých bolo rozhodnuté, že zvýšená investícia je efektívna.

Posledná kapitola praktickej časti sa venovala analýze vedomostí a očakávaní ľudí ohľadne nízkoenergetickej výstavby formou elektronickej ankety, do ktorej sa zapojilo celkovo 121 ľudí. Podľa konečných výsledkov bol urobený rozbor jednotlivých otázok.

Výstupom bakalárskej práce je vyhodnotenie ekonomickej efektívnosti v prípade výstavby rodinného domu vo variante č. 2, a to v nízkoenergetickom štandarde, ktorého obstarávacía cena je o 258 639 Kč vyššia v porovnaní s klasickým rodinným domom. Ekonomická efektívnosť bola vypočítaná za predpokladu rastu cien zemného plynu ročne o 4 % a diskontného faktoru na úrovni 1,5 %, za hodnotené obdobie 30 rokov, ktoré bolo stanovené minimálnou životnosťou izolačnej skladby. Energetická úspora nízkoenergetického domu predstavuje ročne 7073 kWh dodanej energie, čo je v peňažnom vyjadrení o 10305 Kč menej ako v porovnaní s klasickým rodinným domom. Jednoduchá doba návratnosti vložennej investície je 25 rokov a 1 mesiac, diskontovaná doba návratnosti je 20 rokov a 1 mesiac. Ukazovatele ekonomickej efektívnosti zvýšenej investície NPV a IRR vyšli nasledovne: čistá súčasná hodnota pri uvažovanom diskontnom faktore 1,5 % má kladnú hodnotu NPV=184 493 Kč. Z toho vyplýva, že vložená investícia je efektívna a jej vnútorné výnosové percento IRR=5,29 % informuje o reálnom zhodnotení investície po dobu 30 rokov.

Výstavba nízkoenergetických domov sa pomaly stáva bežnou súčasťou výstavby v Českej republike. Tento fakt je podmienený hlavne tým, že každoročná úspora nákladov postupne vedie k návratnosti zvýšenej investície pri výstavbe. Na základe hodnotenia ekonomickej efektívnosti variantu č. 2, teda nízkoenergetického rodinného domu, sa ukázalo, že návratnosť vstupnej investície je približne 20 rokov. Skutočnú dobu návratnosti však ovplyvňuje dĺžka životnosti tepelno-izolačných opatrení a vývoj cien energií, ktorý ale nevieme s určitosťou predpovedať. To znamená, že pri výbere rodinného domu nemusí vždy rozhodovať obstarávacía cena, ale aj výška prevádzkových nákladov, ktorá sa odráža od úspory energie na vykurovanie. Rozhodnutie pre výstavbu nízkoenergetického rodinného domu môžeme preto chápať ako investíciu, pri ktorej očakávame budúcu úsporu.

## 9 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] PROSTĚJOVSKÁ, Z. a Václav LIŠKA. *Investování pro stavaře*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 84 s. ISBN 978-80-86946-35-1
- [2] KORYTÁROVÁ, J., 2006. *Ekonomika investic*. Brno: studijní opora VUT FAST. 2006. 171s.
- [3] HUMM, O. 1999. *Nízkoenergetické domy*. Praha: GradaPublishing, spol. s. r. o., 1999. 351s. ISBN 80-7169-657-9
- [4] SMOLA, J. 2011. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasívních domu*. Praha: GradaPublishinga.s., 2011. 342s. ISBN 978-80-247-2995-4
- [5] *Nová zelená úsporám 2015* [on line 9.5.2015, 10:2hod.]. Dostupné na <<http://stavba.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/12506-nova-zelena-usporam-2015>>.
- [6] TYWONIAK, J., a kol. 2008. *Nízkoenergetické domy 2 principy a příklady*. Praha : GradaPublishing a.s., 2008. 189s. ISBN 978-80-247-2061-6
- [7] NAGY, E. 2002. *Nízkoenergetický ekologický dom*. Bratislava: Jagagroup, v. o. s., 2002. 283s. ISBN 80-88905-70-2
- [8] PIFKO, H., a kol. 2013. *Dom na 3E*. Bratislava: VYDAVATEĽSTVO EUROSTAV, spol. s.r.o., 2013. 122s. ISBN 978-80-89228-36-2
- [9] *Tepelná ochrana budov : část 2 požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2011, 53 s.
- [10] *Tepelné izolácie*. [on line 2.4.2015, 08:02hod.]. Dostupné na <<http://www.istavebnictvo.sk/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>>.
- [11] *Minerálna vlna a jej použitie*. [on line 2.4.2015, 08:02hod.]. Dostupné na <<http://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/tepelne-izolacie/mineralna-vlna-a-jej-pouzitie>>.
- [12] TYWONIAK, J., a kol. 2012. *Nízkoenergetické domy 3*. Praha: GradaPublishing a.s., 2012. 193s. ISBN 978-80-247-3832-1
- [13] QUASCHNING, V. 2010. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: GradaPublishinga.s., 2010. 290s. ISBN 978-80-247-3250-3
- [14] *Vývoj cen energií 1. díl* [on line 3.5.2015, 18:27hod.]. Dostupné na <<http://www.jednotne.cz/clanky/vyvoj-cen-energi1.html>>.

## 10 ZOZNAM TABULIEK, OBRÁZKOV A GRAFOV

### **Zoznam tabuliek:**

Tabuľka č. 1: Rozdelenie budov, podľa ročnej potreby tepla na vykurovanie

Tabuľka č. 2: Požiadavky normy CSN 73 0540 – 2 na tepelnú obálku budovy

Tabuľka č. 3: Popis referenčného objektu

Tabuľka č. 4: Skladba obvodovej steny klasického RD

Tabuľka č. 5: Skladba podlahy na teréne klasického RD

Tabuľka č. 6: Skladba strechy klasického RD

Tabuľka č. 7: Súhrnný prehľad parametrov stavebných konštrukcií

Tabuľka č. 8: Energetická charakteristika klasického RD

Tabuľka č. 9: Skladba obvodovej steny nízkoenergetického variantu

Tabuľka č. 10: Skladba podlahy na teréne nízkoenergetického variantu

Tabuľka č. 11: Skladba strechy nízkoenergetického variantu

Tabuľka č. 12: Súhrnný prehľad parametrov stavebných konštrukcií pre  
nízkoenergetický variant

Tabuľka č. 13: Energetická charakteristika nízkoenergetického RD

Tabuľka č. 14: Výška obstarávacích nákladov jednotlivých rodinných domov

Tabuľka č. 15: Ročná potreba energie na vykurovanie dvoch variant RD.

Tabuľka č. 16: Prevádzkové náklady jednotlivých rodinných domov

Tabuľka č. 17: Jednoduchá doba návratnosti

Tabuľka č. 18: Výpočet diskontovanej doby návratnosti

Tabuľka č. 19: Výpočet čistej súčasnej hodnoty

Tabuľka č. 20: Výpočet vnútorného výnosového percenta IRR

### **Zoznam obrázkov:**

Obrázok č. 1: Príklad investičného projektu s peňažnými tokmi

Obrázok č. 2: Grafické vyjadrenie čistej súčasnej hodnoty

Obrázok č. 3: Grafické znázornenie IRR

Obrázok č. 4: Otvorená forma v trópoch

Obrázok č. 5: Eskimácke iglu

Obrázok č. 6: Schematický rez lyžiarskou chatou v meste Windham z roku 1977

Obrázok č. 7: Grafické znázornenie mernej ročnej potreby tepla na vykurovanie

Obrázok č. 8: Tepelné straty budovy (%) a teplota okolitého vzduchu v závislosti od jej umiestnenia vo svahu

Obrázok č. 9: Tepelné straty budovy (%) v závislosti od vplyvu vetra a od jej umiestnenia vo svahu

Obrázok č. 10: Vplyv formy objektu na tepelné straty, pri rovnakom objeme

Obrázok č. 11: Vývoj požiadaviek na súčiniteľ prechodu tepla konštrukciami U

Obrázok č. 12: EPS

Obrázok č. 13: EPS šedý

Obrázok č. 14: XPS

Obrázok č. 15: Minerálna vlna

Obrázok č. 16: Kamenná vlna.

Obrázok č. 17: Aplikácia polyuretánovej peny

Obrázok č. 18: Vákuový izolačný panel

Obrázok č. 19: Najčastejšie sa vyskytujúce tepelné mosty

Obrázok č. 20: Kritické miesta vzniku tepelných mostov

Obrázok č. 21: Princíp rekuperácie vzduchu

Obrázok č. 22: Referenčný rodinný dom Libiče nad Vltavou – pohľady

**Zoznam grafov:**

Graf č. 1: Vývoj cien plynu v ČR

Graf č. 2: Vývoj cien elektriny pre domácnosti (červená krivka) v ČR

Graf č. 3: Prehľad diskontovaných nákladov za obdobie 30 rokov

Graf č. 4: Prehľad celkových nákladov za 30 rokov užívania

Graf č. 5: Anketová otázka č. 1

Graf č. 6: Anketová otázka č. 2

Graf č. 7: Anketová otázka č. 3

Graf č. 8: Anketová otázka č. 4

Graf č. 9: Anketová otázka č. 5

Graf č. 10: Anketová otázka č. 6

Graf č. 11: Anketová otázka č. 7

## 11 ZOZNAM SKRATIEK

|           |                                                                     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| CF        | Cash flow – peňažné toky                                            |
| ČR        | Česká republika                                                     |
| ČSN       | České štátne normy                                                  |
| DDN       | Diskontovaná doba návratnosti                                       |
| DPH       | Daň z pridanej hodnoty                                              |
| EPS       | Penový expandovaný polystyrén                                       |
| EU        | Európska únia                                                       |
| IRR       | Vnútorne výnosové percento - Internal Rate of Return                |
| MW        | Minerálna vata                                                      |
| ND        | Nízkoenergetický dom                                                |
| NPV       | Čistá súčasná hodnota                                               |
| PV        | Súčasná hodnota (Present Value)                                     |
| RD        | Rodinný dom                                                         |
| XPS       | Vytlačovaný, extrudovaný polystyrén                                 |
| $U_g$     | $[W/(m^2.K)]$ Súčiniteľ prestupu tepla zasklenou plochou            |
| $U_w$     | $[W/(m^2.K)]$ Súčiniteľ prestupu tepla oknom                        |
| $A/V$     | $[m^2/m^3]$ Pomerový ukazovateľ geometrickej charakteristiky budovy |
| $n_{50}$  | $[h^{-1}.K]$ Doporučená hodnota celkovej výmeny vzduchu             |
| $Q_H$     | $[kWh/(m^2.a)]$ Merná potreba tepla na vykurovanie budovy           |
| $U$       | $[W/(m^2.K)]$ Súčiniteľ prestupu tepla                              |
| $U_n$     | $[W/(m^2.K)]$ Doporučená hodnota súčiniteľu prestupu tepla          |
| $\lambda$ | $[W/m.K]$ Súčiniteľ tepelnej vodivosti materiálu                    |

## **12 ZOZNAM PRÍLOH**

Príloha č. 1: Výkresová dokumentácia – 1NP, 2NP, REZ A-A

Príloha č. 2: Krycí list rozpočtu – variant č. 1

Príloha č. 3: Krycí list rozpočtu – variant č. 2

Príloha č. 4: Výpočet energetickej náročnosti – variant č. 1

Príloha č. 5: Výpočet energetickej náročnosti – variant č. 2

Príloha č. 6: Pomocná tabuľka pre výpočet NPV +

Príloha č. 7: Pomocná tabuľka pre výpočet NPV -

Príloha č. 8: Obsah ankety