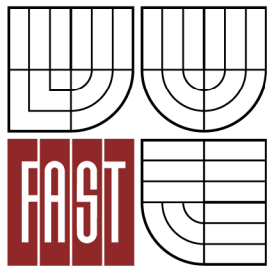


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ**

**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**  
**INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT**

# **ENERGETICKY SOBĚSTAČNÉ RODINNÉ DOMY**

**ENERGY SELF-SUFFICIENT HOUSES**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**JANA ŠOŠOLÍKOVÁ**

**VEDOUČÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. MILOSLAV VÝSKALA**

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Bakalářský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3607R038 Management stavebnictví  
**Pracoviště** Ústav stavební ekonomiky a řízení

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Jana Šošolíková

**Název** Energeticky soběstačné rodinné domy

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Miloslav Výskala

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2013

**Datum odevzdání bakalářské práce** 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

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

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

## **Podklady a literatura**

Humm Otmar, Nízkoenergetické domy,

Tywoniak Jan, Nízkoenergetické domy, principy a příklady,

Srdečný Karel, Energeticky soběstačný dům, realita či fikce?

## **Zásady pro vypracování**

Cílem práce je definovat energeticky soběstačný dům z hlediska pořizovacích a provozních nákladů a provést srovnání s pasivní, nízkoenergetickou a běžnou výstavbou.

- 1) Definice energeticky soběstačného domu, srovnání s nízkoenergetickým, pasivním a aktivním domem,
- 2) Požadavky na konstrukce energeticky soběstačného domu
- 3) Zdroje elektřiny a energií
- 4) Tepelné ztráty a tepelné zisky
- 5) Energetická bilance
- 6) Výstavba rodinných domů v ČR (legislativní prostředí).
- 7) Analýza investičních a provozních nákladů energeticky soběstačného domu.

Výstupem práce je analýza investičních a provozních nákladů energeticky soběstačných domů ve srovnání s ostatní výstavbou.

## **Předeepsané přílohy**

.....  
Ing. Miloslav Výskala  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá energeticky soběstačnými domy ve srovnání s nízkoenergetickou, pasivní a aktivní výstavbou. Cílem praktické části práce je posoudit provozní a investiční náklady energetických staveb a porovnat s ostatními stavbami.

## **Klíčová slova**

Energeticky soběstačný dům, nízkoenergetický dům, pasivní dům, aktivní dům, energetická bilance, součinitel prostupu tepla, obnovitelné zdroje energie

## **Abstract**

This Bachelor's thesis deals with the energy self-sufficient houses compared with the low-energy, passive and active construction. The aim of the practical part of the thesis is to assess the operational and investment costs compare with the energy of another buildings and other structures.

## **Keywords**

Energy self-sufficient house, low-energy building, passive house, active house, energy balance, thermal insulation heat flow coefficient, renewable energy

## **Bibliografická citace VŠKP**

Jana Šošolíková *Energeticky soběstačné rodinné domy*. Brno, 2013. 63 s., 0 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala.

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 28.5.2014

.....  
podpis autora

Jana Šošolíková

**Poděkování:**

Ráda bych touto cestou poděkovala své rodině, že mi umožnila studovat na vysoké škole a podporovala mě. Dále bych chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Miloslavu Výskalovi, za jeho cenné rady při konzultacích a za čas, který si na mě během semestru vyhradil.

## Obsah

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Úvod .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>Definice energeticky soběstačného domu, srovnání s nízkoenergetickým, pasivním a aktivním domem .....</b> | <b>11</b> |
| 2.1      | Historie nízkoenergetické výstavby .....   | 11        |
| 2.2      | Energeticky soběstačné domy .....  | 13        |
| 2.3      | Energeticky soběstačné regiony .....   | 14        |
| 2.4      | Pasivní dům .....  | 15        |
| 2.5      | Nízkoenergetický dům .....   | 15        |
| 2.6      | Aktivní dům.....   | 16        |
| 2.7      | Rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění .....  | 17        |
| <b>3</b> | <b>Požadavky na konstrukce energeticky soběstačného domu .....</b>   | <b>18</b> |
| 3.1      | Volba konstrukcí u novostavby .....  | 18        |
| 3.2      | Ploché střechy.....  | 19        |
| 3.3      | Šikmé střechy s podkrovím .....  | 19        |
| 3.4      | Okna .....   | 20        |
| 3.5      | Srovnání s pasivními domy .....  | 20        |
| 3.6      | Srovnání s nízkoenergetickými domy .....   | 21        |
| 3.7      | Porovnání součinitele prostupu tepla .....   | 21        |
| <b>4</b> | <b>Zdroje elektřiny a energií.....</b>   | <b>22</b> |
| 4.1      | Zdroje energií .....   | 22        |
| 4.1.1    | Sluneční energie .....   | 22        |
| 4.1.2    | Energie ze dřeva.....  | 23        |
| 4.1.3    | Energie větru .....  | 23        |
| 4.1.4    | Energie vody .....   | 23        |
| 4.1.5    | Energie biomasy.....   | 23        |
| 4.2      | Zdroje elektřiny .....   | 25        |
| 4.2.1    | Způsob provozu zdroje elektřiny .....  | 25        |
| 4.2.2    | Ostrovní provoz.....   | 26        |
| 4.2.3    | Elektřina ze slunce .....  | 26        |
| 4.2.4    | Elektřina ze dřeva.....  | 27        |
| 4.2.5    | Elektřina z větru .....  | 27        |
| 4.2.6    | Elektřina z vody .....   | 28        |
| 4.2.7    | Elektřina z bioplynu .....   | 28        |
| 4.2.8    | Elektřina z řepkového oleje a liju.....  | 28        |



|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>Tepelné ztráty a zisky .....</b>  | <b>29</b> |
| 5.1      | Ztráty prostupem tepla.....  | 29        |
| 5.2      | Tepelné ztráty výměnou vzduchu.....  | 30        |
| 5.3      | Vnitřní tepelné zisky .....  | 30        |
| 5.4      | Pasivní solární zisky .....  | 31        |
| 5.5      | Využití tepelných zisků .....  | 31        |
| <b>6</b> | <b>Energetická bilance.....</b>  | <b>33</b> |
| 6.1      | Jak sestavit bilanci.....  | 33        |
| 6.2      | Příklady bilanci.....  | 35        |
| 6.3      | Ekonomická bilance .....   | 36        |
| 6.4      | Jak ovlivnit bilanci .....   | 36        |
| <b>7</b> | <b>Výstavba rodinných domů v ČR (legislativní prostředí) .....</b>               | <b>37</b> |
| 7.1      | Zásady pro stavbu energeticky výhodných domů .....                               | 37        |
| 7.2      | Tepelná ochrana budov .....  | 37        |
| 7.2.1    | Nejnižší vnitřní povrchová teplota.....  | 37        |
| 7.2.2    | Součinitel prostupu tepla.....   | 37        |
| 7.3      | Hospodaření energií .....  | 39        |
| 7.4      | Energetická náročnost budov .....  | 39        |
| 7.5      | Obnovitelné zdroje energie.....  | 39        |
| 7.6      | Zelená úsporám .....   | 40        |
| <b>8</b> | <b>Analýza investičních a provozních nákladů energeticky soběstačného domu .</b> | <b>42</b> |
| 8.1      | Charakteristika rodinného domu .....   | 42        |
| 8.2      | Výpočet ročních nákladů na vytápění .....  | 44        |
| 8.2.1    | Obvyklý rodinný dům .....  | 44        |
| 8.2.2    | Srovnání s ostatní výstavbou.....  | 45        |
| 8.3      | Výpočet Součinitele prostupu tepla U.....  | 47        |
| 8.4      | Úprava obvyklého domu na nízkoenergetický .....                                  | 48        |
| 8.5      | Úprava obvyklého domu na pasivní .....   | 49        |
| 8.6      | Úprava obvyklého domu na energeticky soběstačný .....                            | 49        |
| 8.6.1    | Využití obnovitelných zdrojů energie .....                                       | 50        |
| <b>9</b> | <b>Závěr .....</b>   | <b>55</b> |

# 1 Úvod

Ceny za energie stále rostou a nelze předpokládat, že by v této oblasti nastala nějaká změna, proto je v současné době stále větší snaha náklady na vytápění snížit. U starých budov se snižují tyto náklady zateplením obvodového pláště a výměnou oken s nižší hodnotou součinitele prostupu tepla. Stále více jsou aktuální diskuze o nízkoenergetických domech, jejichž poptávka a nabídka se na trhu značně rozšířila.

Tato bakalářská práce se zabývá energeticky soběstačnými domy ve srovnání s nízkoenergetickou, pasivní a aktivní výstavbou. Každý dům je v teoretické části stručně definován. Velká pozornost je věnována energetickým zdrojům a také popisu jednotlivých zisků a ztrát domu. Klíčovým pojmem práce je energetická bilance, které je věnována celá jedna kapitola. Je zde vysvětleno jak sestavit bilanci a jednotlivé zisky a ztráty jsou názorně nakresleny a popsány na modelu domu.

Pro praktickou část byl zvolen obvyklý rodinný dům se zahradou v zastavěné části města Přerova.

V první části práce budou spočítány roční náklady zvoleného domu na vytápění zemním plynem, dřevem a elektřinou. Dále budou srovnány a zhodnoceny jednotlivé varianty. Po té se provede stejný výpočet s úvahou, že by byla stavba nízkoenergetická, pasivní a nulová. Výsledně bude možné srovnat roční náklady na vytápění pro jednotlivé typy staveb.

Toto srovnání následuje stanovení součinitelů prostupu tepla a jejich porovnání s hodnotami požadovanými, po té bude navržena možná alternativa pro zlepšení tepelně izolačních vlastností. V následující části budou uvedeny možnosti, jak dosáhnout vyhovujících součinitelů prostupu tepla pro nízkoenergetický a pasivní dům.

Na závěr bakalářské práce bude zmíněno, jestli lze využít nějaké obnovitelné zdroje elektřiny pro stávající dům a zda je možné přeměnit tento dům na energeticky soběstačný nebo alespoň snížit jeho provozní náklady. Bude navržena nejvhodnější a nejméně finančně náročná varianta.

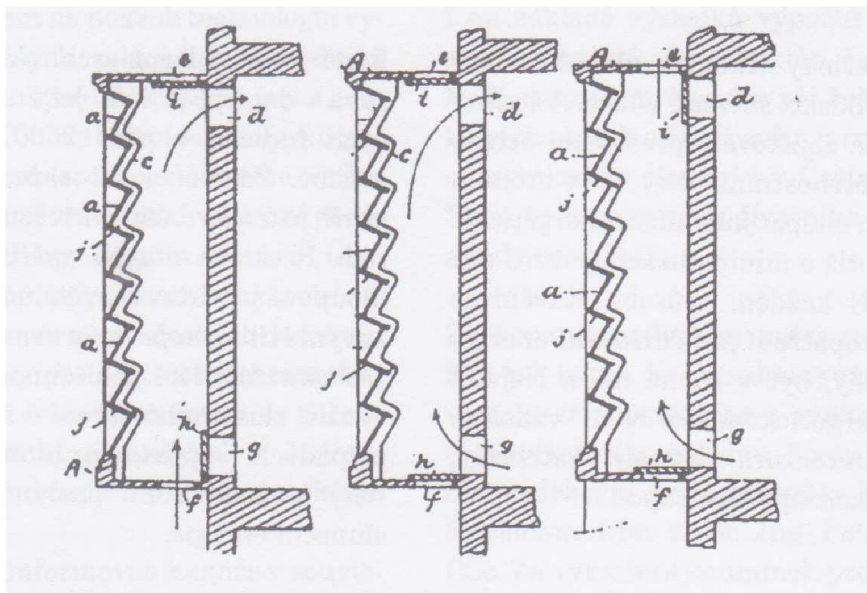
Cílem práce je definovat energeticky soběstačný dům z hlediska pořizovacích a provozních nákladů a provést srovnání s pasivní, nízkoenergetickou a běžnou výstavbou.

## 2 Definice energeticky soběstačného domu, srovnání s nízkoenergetickým, pasivním a aktivním domem

### 2.1 Historie nízkoenergetické výstavby

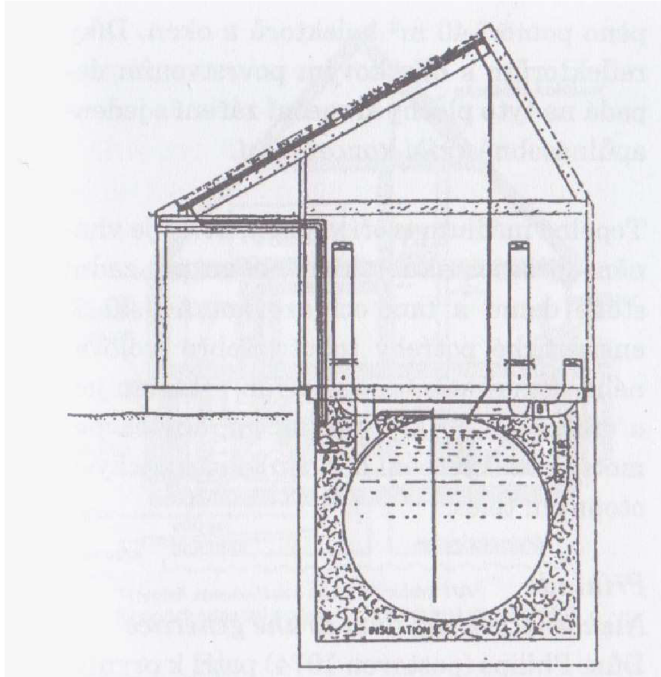
Historie nízkoenergetických domů sahá až do úplného počátku stavitelství. Raná solární architektura se objevila už v době před 3100 lety u severoamerických Indiánů a před 2500 lety v Řecku a Číně. Využití sluneční energie je prokázáno ve starém Řecku.

V roce 1882 se začal používat vzduchový kolektor, jenž byl sestaven Edwardem S. Morsem. Jedná se o skleněný box s rozměry okna, který se přisazuje k obvodové stěně.



Obrázek – 2 – 1 – Vzduchový kolektor podle E. S. Morse z roku 1882 v třech provozních stavech [1]

V roce 1938 se proslavil dům od inženýrů z MIT (Massachusetts Institute of Technology). Má k dispozici 38 m<sup>2</sup> slunečních kolektorů a vodní nádrž o objemu 66 m<sup>3</sup>. Princip spočívá v tom, že teplo z kolektorů se akumuluje do nádrže, která je pod domem. Dále následuje proudění tepla vzduchovým systémem do obytných místností.



Obrázek – 2 – 2 – Slavný dům MIT s 38 m<sup>2</sup> slunečních kolektorů a 66 m<sup>3</sup> vodního zásobníku [1]

V polovině 70. letech dochází v Americe k průlomu. Charakteristické rysy nízkoenergetických domů první generace:

- Byl podceňován vliv tepelných ztrát
- Největší váha byla kladena na pasivní solární zisky, přehřívání prostorů nebylo řídkým jevem
- Tepelné mosty byly příliš četné a příliš velké
- Nebyla věnována pozornost vzduchotěsnosti, domy nebyly těsné [1]

V roce 1975 byla ve Švédsku platná stavební norma SNB 75, která je po právu označována jako základ dnešních nízkoenergetických staveb. Podle této normy domy nesměly přesáhnout součinitel prostupu tepla (součinitel je popsán v bodě 7.2.2):

- Stěna 0,3 W/(m<sup>2</sup>.K)
- Střecha 0,2 W/(m<sup>2</sup>.K)
- Podlaha 0,3 W/(m<sup>2</sup>.K)
- Okno W/(m<sup>2</sup>.K)

Tloušťka tepelné izolace u obvodové stěny byla přibližně 12 cm.

V osmdesátých letech dvacátého století, kdy už byly ověřeny nízkoenergetické budovy v praxi, byl vytvořen a publikován princip pasivního domu - návrh domu, na jehož vytápění by spolu s vnitřními zisky (teplo produkované uživateli, domácími spotřebiči apod.) a pasivními solárními zisky okny postačilo jen takové množství vzduchu, které by bylo nutné tak jako tak přivádět z hygienických důvodů. [2] V roce 1996 byl v Darmstadtu realizován bytový dům v tomto energetickém standardu. Po této aplikaci následovalo nezvratné urychlení vývoje.

Roku 1997 vznikla konference Passivhaustagung, kde každý rok probíhá mezinárodní výměna informací. Mimo informační akce zde probíhá i značné množství veřejných školení.

V německy mluvících zemích byl rozvoj nízkoenergetických a pasivních staveb nejvíce patrný. Příznivý vliv měla světová výstavba v Hannoveru v roce 2000, díky níž bylo postaveno větší množství pasivních domů.

Směrnice o energetické náročnosti budov, která byla relativně nedávno zavedena v členských zemích EU (obsahuje povinné zpracování průkazů energetické náročnosti a další opatření), byla v květnu 2010 nahrazena novým zněním. [3] Jedna z nich pojednává, že od roku 2021 se mají budovy realizovat jako energeticky nulové nebo takové úrovně blízké. Podle směrnice je na členských zemích, jak si stanoví metody hodnocení a cílové hodnoty energetické náročnosti. Ve zdroji [3] se uvádí, že společně závazné je pouze to, že do provozní energetické náročnosti se musí započítat energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie na provoz technických systémů budovy a elektrická energie na umělé osvětlení.

V současné době jsou nízkoenergetické domy stále více známé. Nabídka a poptávka těchto budov pořád roste.

## **2.2 Energeticky soběstačné domy**

Podle zdroje [4] je energetická nezávislost pojem označující míru soběstačnosti subjektu v otázce uspokojování energetických potřeb.

Faktory podporující energetickou nezávislost:

- Využití vlastních primárních zdrojů energetických zdrojů
- Efektivní přeměna zdrojů na energii – např. využitím kombinované výroby elektřiny a tepla – tzv. kogenerace
- Úspory na straně spotřeby elektřiny a tepla
- Obnovitelné zdroje energie [4]

Charakteristika energeticky soběstačných domů ze zdroje [5]:

- Nepotřebují žádné přivedené sítě
- Využívají k vytápění slunce a přebytečné teplo ukládají do hmoty hlíny, kterou jsou obklopeny, většinou jde o domy přihrnuté zemí
- Odpadní vodu si čistí v kořenových čistírnách
- Jsou vybaveny důmyslným větráním přes zemní výměník
- Skladují si kolem 20 m<sup>3</sup> vody, kterou si čistí pro různé využití
- Mají předsazený skleník na pěstování zeleniny a ovoce pro rodinu

Energeticky soběstačný dům nemá potřebu dodávek energie ze zdrojů mimo budovu. Většinou se jedná se o domy, které se nachází v nezastavěných oblastech, tudíž napojení na energetické sítě by nebylo možné.

Po skončení 2. světové války byl energeticky soběstačný každý venkovský statek. Jeho obyvatelé zajišťovali nejen energii, tedy dřevo z vlastního lesa a krmení pro tažná zvířata, ale stačili i pěstovat a prodávat nejrůznější potraviny, dobytek a jiné zboží. Dnes je možné, aby statek produkoval a prodával biopaliva (dřevo, štěpku, pelety nebo brikety ze dřeva, slámy, šťovíku nebo jiné plodiny, případně obilí, kukuřici na topení). Může také vyrábět elektřinu a přebytky prodávat. Znamená to však, že někdo z obyvatel se bude energiím věnovat profesionálně. Jde vlastně o specifické podnikání, kdy je energetická soběstačnost jen jakýmsi „vedlejším produktem“. [6]

Podobně by mohl fungovat dům s vlastní vodní (nebo i větrnou) elektrárnou. Takových je ale málo, místa vhodná současně pro elektrárnu i pro dům jsou vzácná. Mnohem spíše se setkáme s požadavkem, aby energetika domu fungovala „samovolně“, bez větších nároků na obsluhu, podobně třeba jako „vodní hospodářství“ v případě domu s vlastní studnou a kořenovou čističkou. V tom případě si dům musí v podstatě vystačit jen se sluneční energií, která na něj dopadne. Takovému požadavku vyhoví třeba pasivní dům s fotovoltaickou elektrárnou na střeše. [6]

### **2.3 Energeticky soběstačné regiony**

Cílem energetické soběstačnosti jakýkoliv regionů by mělo být přesunutí výroby energie co nejbližší k místům spotřeby. K tomu je třeba využívat zejména lokálně dostupné obnovitelné zdroje. Nicméně zejména o přesné definici energetické soběstačnosti obcí se zatím vedou odborné i laické diskuse. [7]

Podle Ekologického institutu Veronica znamená energetická soběstačnost obcí a regionů nezávislost na dodávkách energie (elektřiny, plynu či jiných paliv) ze vzdálených externích zdrojů. Obce tak získávají možnost rozhodovat na obecní úrovni, kontrolovat finanční toky, zohledňovat místní podmínky a potřeby své a svých obyvatel. Občané nejsou ohroženi růstem cen a místní produkce tepla je zárukou především energetické bezpečnosti na nestabilním mezinárodním trhu s fosilními palivy. [7]

Podle Karla Merhauta, místopředsedy občanského sdružení LEA, soběstačnost vyjadřuje poměr mezi spotřebou a výrobou, a to především na základě výpočtu spotřeby elektrické a tepelné energie a výroby, která je zajištěna kombinovaným energetickým mixem. [7]

Jedním z motivů, proč by se obec měla stát soběstačnou, mělo být snížení emisí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) v souladu s unijním cílem známým jako 20-20-20 a závazkem ČR. Na prvním místě ale vždy bude ekonomika, tedy zda se to obci vyplatí. [7]

## **2.4 Pasivní dům**

Pasivní dům na rozdíl od energeticky soběstačného musí být připojen k energetické síti. Potřeba tepla na vytápění u pasivního domu nepřesahuje 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), viz tabulka 2 – 1. Pasivní dům není opatřen obvyklou otopnou soustavou. Je zde navržen systém nuceného větrání. Kvůli období velmi nízkých venkovních teplot je součástí soustavy účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu a malé zařízení pro dohřev vzduchu.

## **2.5 Nízkoenergetický dům**

Nízkoenergetický dům má nízkou spotřebou energie v porovnání s běžnou výstavbou. Obvyklá novostavba má potřebu tepla na vytápění 80 – 140 kWh/(m<sup>2</sup>a), viz tabulka 2 – 1. U starších budov se jedná až o dvojnásobek hodnoty pro obvyklé novostavby. U nízkoenergetických domů potřeba tepla na vytápění nepřesahuje 50 kWh/(m<sup>2</sup>a), viz tabulka 2 – 1. Tyto domy jsou na rozdíl od energeticky soběstačných opatřeny otopnou soustavou a musí být připojeny k energetické síti.

## 2.6 Aktivní dům

Dům, který vyprodukuje více energie, než sám spotřebuje, se nazývá aktivní. Taktéž i tyto domy musí být napojeny na elektrickou síť. Ta bývá využívána jako akumulátor. V zimním období si dům bere elektřinu z elektrické sítě. V letním období dochází k jejímu návratu. Elektřina se získává například z fotovoltaických panelů, (obrázek 2 – 3, 2 – 4). Stejný princip je i u tepla. V zimě bývá odebíráno teplo například z obecní výtopny. V létě dům získá teplo ze solárního systému. Aktivní dům by bez napojení na síť nefungoval. Náklady na pořízení jsou nižší než u energeticky soběstačného domu.

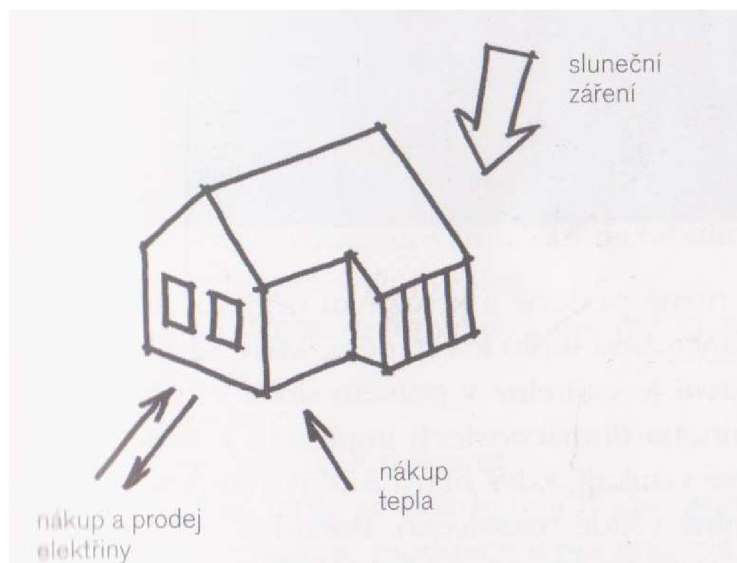


Obrázek – 2 – 3 – Fotovoltaický panel integrovaný do sřešní krytiny [8]



Obrázek – 2 – 4 – Fotovoltaický panel na terénu [9]





Obrázek – 2 – 4 – Model aktivního rodinného domu [8]

## 2.7 Rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění

Tabulka – 2 – 1 – Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [2]

| Kategorie   | Potřeba tepla na vytápění                                       |
|---|---|
| Starší budovy   | Často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby a více          |
| Obvyklá novostavba (podle aktuálních závazných požadavků) | 80-140 kWh/(m <sup>2</sup> a) v závislosti na faktoru tvaru A/V |
| Nízkoenergetický dům                                      | ≤50 kWh/(m <sup>2</sup> a)                                      |
| Pasivní dům   | ≤15 kWh/(m <sup>2</sup> a)                                      |
| Nulový dům  | <5 kWh/(m <sup>2</sup> a)                                       |
| Energeticky soběstačný dům                                | 0 kWh/(m <sup>2</sup> a)  |
| Aktivní dům   | Vyrobí více energie, než spotřebuje                             |

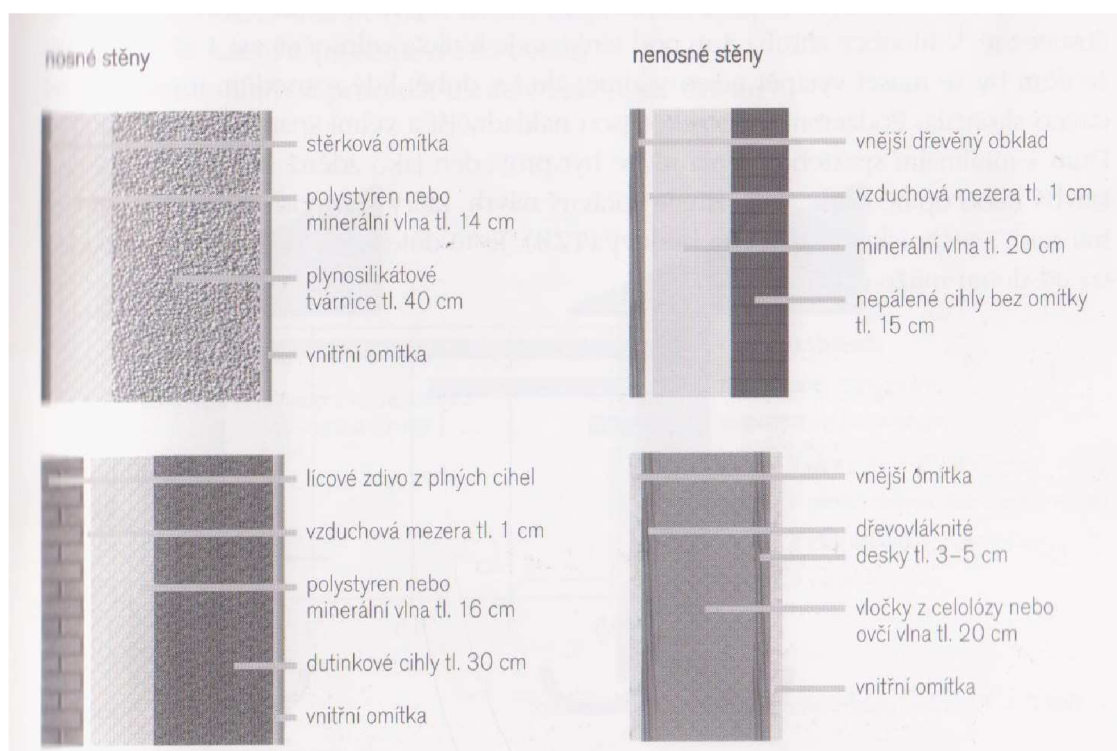
Pro přehlednost je uvedena předcházející tabulka, která shrnuje jednotlivé potřeby tepla pro zmíněné typy budov. Nejméně tepla potřebuje nulový dům a nejvíce starší budovy, jejichž spotřeba tepla může být větší než dvojnásobek průměrné spotřeby novostavby. Energeticky soběstačný dům nepotřebuje připojení k energetické síti. Aktivní dům vyrobí více energie, než sám spotřebuje.

### 3 Požadavky na konstrukce energeticky soběstačného domu

Nejvýhodnější tvar energeticky soběstačného domu je kompaktní. Nevhodné jsou domy s výčnělkou, výstupy a přízemní nízké domy. Výhodou jsou zřejmě nižší pořizovací náklady právě kompaktního domu, jehož plocha obvodového pláště je výrazně menší než plocha klasického domu. Nejsou vhodné ani podsklepené domy, z důvodu vyšších nákladů na zařízení, opravu a provoz, v tomto případě by bylo nutné topit nejen v zimním období, ale i v letních měsících. Energeticky soběstačné domy se navrhuje obvykle jako zděná stavba konstrukce.

#### 3.1 Volba konstrukcí u novostavby

Součinitel prostupu tepla pro energeticky soběstačné domy (viz bod 7.2.2) u izolací stěn, střechy a podlahy je menší než  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Tloušťka těchto izolací je kolem 20 až 30 cm. Celková tloušťka nosných obvodových stěn je přes půl metru. Z toho důvodu se používá zdivo co nejtenčí. Pokud se požadují tenčí nosné stěny, navrhne se skeletová nebo rámová nosná konstrukce. Tento systém je jednodušší u dřevostaveb.



Obrázek – 3 – 1 – Příklad různých konstrukcí se součinitelem prostupu tepla  $U < 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [8]

K velkým tepelným ztrátám dochází v místě tepelných mostů. Ztráty tepelnými mosty tvoří i několik desítek procent celkového prostupu tepla. Měly by být správně provedeny všechny konstrukční detaily. Ke ztrátám dochází i v místech, které je složité nebo vyloučené zateplit.

Energeticky soběstačný rodinný dům, musí mít izolovány obvodově stěny. Dále vnitřní stěny, které oddělují prostor od vytápěného a nevytápěného prostoru a podlahy, které leží na terénu. Musí být také provedeno důkladné zateplení střech.

### **3.2 Ploché střechy**

Vlhkost u nevětraných střech nesmí proniknout do konstrukce. Vlhké a nevětrané prostory mají nepříznivý vliv na betonové a dřevěné skladby. U vnitřního povrchu stěny musí být provedena parotěsná zábrana.

U větraných střech stačí, aby se vlhkost, která se dostala do konstrukce v zimě, v letním období odpařila.

### **3.3 Šikmé střechy s podkrovím**

Podkroví je lehká dřevěná konstrukce, která je při větší ploše střešních oken náchylná na přehřívání.

Šikmé střechy se navrhují většinou větrané, s dostatečnou tloušťkou izolace 20 cm a více a s minimálními tepelnými mosty. Na krokve, které mají běžně tloušťku 14 až 16 cm, se připevňuje rošt z vodorovných silnějších latí. Je to z důvodu, že tloušťka krokví je v tomto případě nedostatečná. Do roštu se vloží další vrstva izolantu, tím se sníží tepelné mosty a mezi vrstvy izolace lze vložit parotěsnou zábranu.

Další opatření je použití dřevěných nosníků profilu „I“, na které se vloží izolace potřebné tloušťky. Tepelné mosty jsou zde také potlačeny, protože střední část nosníku je poměrně tenká.

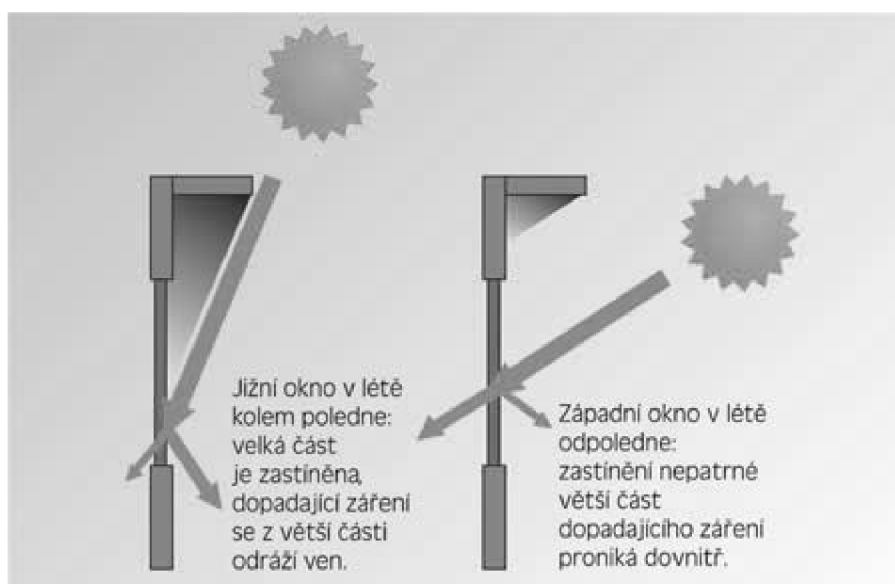
Pod střešní krytinu se navrhuje pojistná hydroizolace, která musí být oddělena od izolace vzduchovou mezerou.

### 3.4 Okna

Okna musí mít velmi dobré izolační schopnosti. Všeobecně platí pravidlo, čím více je v okně mezer, tím lépe izoluje. Používají se i trojskla. U zasklení je velmi důležitá orientace na světové strany.

Na severní straně by měly mít co nejlepší izolační schopnosti, na propouštění energie dovnitř tolik nezáleží. Naopak u orientace na jih je dobré použít dvojsklo, izolační schopnost může být horší. Při umístění oken na východ a západ by docházelo k přehřívání domu při ranních a večerních hodinách, proto je umístění na těchto stranách nevhodné. V nezbytných případech lze použít okno, které propouští jen minimum solární energie.

Při návrhu se bere zřetel také na hluk z ulice, soukromí obyvatel a taktéž by nemělo docházet k zastínění prosklení.



Obrázek – 3 – 1 – Zastínění oken [8]

### 3.5 Srovnání s pasivními domy

Součinitel prostupu tepla pasivních domů (viz bod 7.2.2) u obvodových stěn, střechy a stropů je maximálně  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , spíše se snaží dosáhnout hodnoty  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Masivní stavební materiály nejsou schopny zároveň splnit tento požadavek a mít vhodnou tloušťku. Z toho důvodu se používají vícevrstvé konstrukce.

Součinitel prostupu tepla kompletního okenního systému u pasivních domů nesmí přesáhnout hodnotu 0,8 W/(m<sup>2</sup>K). Jako konstrukce okenních rámců se používají plastové rámy se zabudovanou tepelnou izolací v dutinách rámců. Mohou být navržena i dřevěná okna, které mají jádro z tepelné izolace. Okenní rámy jsou vždy slabé místo.

Zasklení je řešeno pouze izolačními trojskly se dvěma vrstvami tepelně izolačního pokovení a plynovou výplní v prostoru mezi skly. Hodnota součinitele prostupu tepla u zasklení by měla být mezi 0,5 W/(m<sup>2</sup>K) a 0,8 W/(m<sup>2</sup>K). Stupeň celkové energetické propustnosti slunečního záření by neměl klesnout pod hodnotu 0,45.

### 3.6 Srovnání s nízkoenergetickými domy

Také u nízkoenergetického domu platí zásada dobré izolace. U těchto staveb nejsou kladeny tak přísné požadavky. Součinitel prostupu tepla (viz bod 7.2.2) u obvodového pláště se uvádí maximálně 0,2 W/(m<sup>2</sup>K), při tloušťce 20 cm kvalitní izolační hmoty, toho lze dosáhnout i jednovrstvým zdivem.

### 3.7 Porovnání součinitele prostupu tepla

Tabulka – 3 – 1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům [10]

| Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K] | Běžné novostavby (ČSN 73 0540-2) |      | Nízkoenergetický dům | Pasivní dům |
|---|----------------------------------|------|----------------------|-------------|
|   | požad.                           | dop. | doporučené           |             |
| Obvodové stěny - těžké                            | 0,38                             | 0,25 | 0,19                 | 0,15        |
| Obvodové stěny - lehké                            | 0,30                             | 0,20 | 0,15                 | 0,12        |
| Střecha plochá n. šikmá do 45 °                   | 0,24                             | 0,16 | 0,12                 | 0,12        |
| Podlaha nad exteriérem                            | 0,24                             | 0,16 | 0,12                 | 0,12        |
| Podlaha na terénu                                 | 0,45                             | 0,30 | 0,20                 | 0,15        |
| Okna  | 1,70                             | 1,20 | 0,80                 | 0,80        |

V tabulce 3 – 1 jsou uvedeny součinitele prostupu (viz bod 7.2.2.) pro běžné novostavby, nízkoenergetický a pasivní dům. Čím je nižší hodnota součinitele, tím jsou lepší tepelně izolační vlastnosti. Nejvyšší hodnota U je pro běžné novostavby a nejnižší pro pasivní domy.

## 4 Zdroje elektřiny a energií

Problémem v současné době je závislost na dodávkách energie. Soběstačnost a nezávislost se vyskytuje v osídlené Evropě velmi málo. Příkladem může být chata v lese, kde nevedou inženýrské sítě a obyvatelé se bez elektřiny musí obejít.

### 4.1 Zdroje energií

Energie se získává z různých paliv a jednotlivé druhy energií nelze jednoduše zaměnit. K přeměně energie je potřeba nějaké zařízení a nelze vyloučit ztráty. Stejná energie pak bude mít jinou cenu, stanovenou dle zdroje a způsobu získání

#### 4.1.1 Sluneční energie

Při přímém užití solární sálavé energie pro pozemní stavby přicházejí v úvahu především tři technologie:

- Pasivní využití (okny a zasklenými přístavbami)
- Hybridní využití (konvektivními systémy, okenními a vzduchovými kolektory)
- Aktivní využití (slunečními kolektory)

Zařízení pro pasivní využití sluneční energie se řadí ke stavebnímu řešení budovy a zařízení pro aktivní a hybridní využití sluneční energie k domovní technice (k systémům TZB). Zisky z pasivního využití lze uložit na několik hodin, z hybridního využití až na několik dnů. Nejdelší dobu uložení, několik týdnů nebo měsíců mají zisky z aktivních systémů.

Tabulka – 4 – 1 – Energie slunečního záření dopadající na různě orientované svislé plochy v ročním průměru a v zimě – ve srovnání s vodorovnou plochou [8]

| Orientace osluněné plochy  | Jih   | Východ | Západ | Sever |
|--|-------|--------|-------|-------|
| <b>Roční globální záření na svislé plochy ve srovnání s vodorovnou plochou (100 %)</b> | 77 %  | 54 %   | 56 %  | 26 %  |
| <b>Globální sluneční záření v zimě ve srovnání s vodorovnou plochou (100 %)</b>        | 155 % | 60%    | 69 %  | 32 %  |

Z uvedené tabulky 4 – 1 lze vyčíst, že na jižní svislou plochu dopadá nejvíce energie slunečního záření a nejméně na severní plochu.

#### **4.1.2 Energie ze dřeva**

Pro nízkoenergetické domy je dřevo jako palivo vhodné, kvůli jeho dobré skladovatelnosti. Nevýhodou je ekologičnost, která při vytápění tímto pevným palivem není vždy bezproblémová. Mnoho druhů kamen na dřevo má špatnou konstrukci a nelze často ani správně obsluhovat.

#### **4.1.3 Energie větru**

Větrná energie je jedna z forem sluneční energie. Vzniká díky tomu, že Slunce zahřívá Zemi nerovnoměrně. Mezi různě zahřátými oblastmi vzduchu v zemské atmosféře vznikají tlakové rozdíly, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Pod pojmem vítr rozumíme pouze horizontální složku proudění vzduchu, ve vrstvě několika desítek metrů nad zemí jsou stoupavé vzdušné proudy nevýznamné. [11]

Potenciál větrné energie v ČR se odhaduje na 4 000 GWh. To je asi 4 % naší celkové spotřeby. V bilanci celkové energetické spotřeby jde asi o jedno procento. [11]

Větrná energie se lze poměrně snadno přeměnit na elektřinu. Větrné elektrárny na území ČR stále přibývají.

#### **4.1.4 Energie vody**

Energie vody vzniká při koloběhu vody na Zemi působením sluneční energie a gravitační síly Země. Vodní energie je využívána pro výrobu elektřiny ve vodních elektrárnách na základě jejího proudění a tlaku. [12]

Vodní energie poskytuje celosvětově největší podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a vedle pevné biomasy je nejpoužívanějším zdrojem energie. [12]

Energii vody lze velmi dobře přeměnit na elektřinu.

#### **4.1.5 Energie biomasy**

Biomasa se označuje jako hmota organického původu, která vzniká při dopadání sluneční energie. Může sloužit i jako akumulátor a lze ji dlouhodobě skladovat. Jako zápor se uvádí nízká účinnost přeměny slunečního záření na energii. Podle [13] se z hektaru pole získá hmota s energetickým obsahem 40 až 90 MWh, záleží na typu plodiny. To je méně než 1 % slunečního záření, které na tuto plochu za rok dopadne.

Biomasu můžeme rozdělit podle obsahu vody:

- Suchá (zejména dřevo a dřevní odpady, sláma a další suché zbytky z pěstování zemědělských plodin). Lze ji spalovat přímo, popřípadě po dosušení.
- Mokrá (zejména tekuté odpady, jako kejda a další odpady ze živočišné výroby a tekuté komunální odpady). Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích.
- Speciální biomasa (olejniny, škrobové a cukernaté plodiny). Využívá se ve speciálních technologiích k získání energetických látek (zejména bionafty nebo lihu). [13]

V přírodních podmínkách ČR lze využívat biomasu těchto kategorií:

Biomasa odpadní:

- Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny – řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch
- Lesní odpady (dendromasa) – po těžbě dříví zůstává v lese určitá část stromové hmoty nevyužita (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky a dendromasa z prvních probírek a prořezávek)
- Organické odpady z průmyslových výrob – spalitelné odpady z dřevařských provozoven (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konverzáren
- Odpady ze živočišné výroby – hnůj, kejda, zbytky krmiv, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit
- Komunální organické odpady – kaly, organický tuhý komunální odpad [13]

Biomasa záměrně produkovaná k energetickým účelům, energetické plodiny:

Tabulka – 4 – 2 – Energetické plodiny [13]

|                  |  |
|------------------|--|
| Lignocelulózou   | Dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty)  |
|                  | Obiloviny (celé rostliny)  |
|                  | Travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty)                 |
|                  | Ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka) |
| Olejnaté         | Řepka olejka, slunečnice, len, dýně (semeno)                                   |
| Škrobo-cukernaté | Brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), topinambur, cukrová třtina, kukuřice     |



Tabulka – 4 – 3 – Základní technologie zpracování a příprava ke spalování [13]

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Termo-chemická přeměna      | Pyrolýza (produkce plynu, oleje)                                     |
|                             | Zplyňování (produkce plynu)  |
| Bio-chemická                | Fermentace, alkoholové kvašení (produkce etanolu)                    |
|                             | Anaerobní vyhnívání, metanolové kvašení (produkce bioplynu)          |
| Mechanicko-chemická přeměna | Lisování olejů (produkce kapalných paliv, oleje)                     |
|                             | Esterifikace surových bio-olejů (výroba bionafty a přírodních maziv) |
|                             | Štípání, drcení, lisování, peletace, mletí (výroba pevných paliv)    |

Z energetického hlediska můžeme energii z biomasy získat převážně termo-chemickou přeměnou, jedná se o spalování. V tabulce 3 – 3 jsou vypsány základní technologie zpracování a přípravy ke spalování. Přeměna může být termo-chemická, bio-chemická nebo mechanicko-chemická.

## 4.2 Zdroje elektřiny

K výrobě elektřiny je nutný nějaký točivý motor k pohánění generátoru nebo dynamu. Výjimku tvoří fotovoltaické panely a palivové články.

### 4.2.1 Způsob provozu zdroje elektřiny

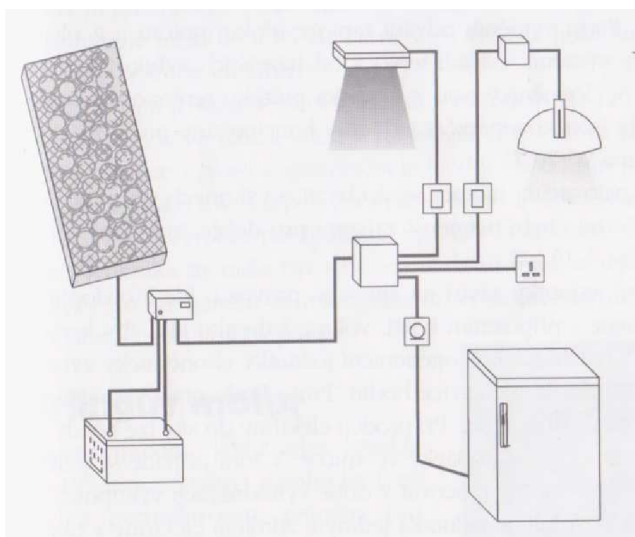
Při dodávce do veřejné sítě musí zdroj elektřiny splňovat technické předpisy určené provozovatelem sítě. Elektřina, kterou dodávají generátory, musí být o předepsaných parametrech. U fotovoltaických panelů a jiných zdrojů produkující stejnosměrný proud musí být navržen střídač, který převede stejnosměrný proud na střídavý proud se správnou frekvencí. Dodávka do sítě přináší příjem. Výhodou je, že síť pojme všechny přebytky vyrobené zdrojem. Ze sítě si může dům elektřinu i odebrat. Tento způsob se vyskytuje u aktivních staveb.

Investičně výhodnější je zdroj připojený k síti, než zdroj používaný v tzv. ostrovním provozu. Nevýhodou je, že jeho provoz je administrativně náročnější.

Elektřina vyrobená z obnovitelného zdroje nebo z kombinované výroby elektřiny a tepla se může prodat do sítě za regulovanou výkonnou cenu, která se každý rok mění a stanovuje ji Energetický regulační řád.

#### 4.2.2 Ostrovní provoz

V ostrovním provozu je zdroj nezávislý na síti. Je vhodný ho tedy používat tam, kde se nenachází síť. Zdroje poháněné spalovacími motory při zátěži snižují otáčky, dochází k poklesu frekvence generovaného střídavého proudu. To se vyskytuje i u vodních a větrných elektráren. Z toho důvodu dochází pak ke špatnému pracovnímu spotřebičů a může nastat i jejich zničení, aby k tomu nedošlo, navrhujeme doplnění zdroje elektronickou regulací. Nevýhodou je její cena a náročnost. Menších zdroje jako jsou fotovoltaické panely a malé větrné elektrárny je potřeba doplnit baterií akumulátorů, které vyřeší problém se stejnosměrným proudem. Regulace i akumulátor navyšují cenu stavby.



Obrázek – 4 – 4 – Fotovoltaický systém ostrovního provozu [8]

#### 4.2.3 Elektřina ze slunce

K přímé přeměně slunečního záření na elektřinu se používají fotovoltaické články, které se hodí spíše pro aktivní domy, z důvodu přebytku slunečního záření v létě a nedostatku v zimě. U fotovoltaických panelů záleží na jejich poloze a orientaci. Umísťují se nejčastěji na střechu domu, pokud to není možné, tak se navrhují na konstrukci na terénu. Při vysokých teplotách se zhoršuje jejich výkonnost, musí být zajištěno dostatečné odvětrání zadní strany článků

Energetické zisky se mohou zvýšit navržením konstrukcí, které umožňují natočení panelu tak, že sluneční paprsky dopadají vždy kolmo. Podle [8] dochází ke zvýšení výnosů až o 36 %.

Články lze doplnit zrcadly, která sbírají další slunečního záření. Existují i systémy se zrcadly a natáčením panelů zároveň. Podle [8] je výnos o 56 % vyšší.

Fotovoltaický systém lze použít i v ostrovním provozu, za předpokladu použití nejúspěšnějších spotřebičů. Panely se musí doplnit akumulátory elektřiny, z důvodu vyrovnání odběrových špiček.

#### **4.2.4 Elektřina ze dřeva**

I v současnosti se dá pohánět pístový spalovací motor elektroagregátu dřevoplynem. Při zahřívání dřeva bez přístupu vzduchu, dochází k uvolnění hořlavé složky ve formě dřevoplynu. Musí se ale vyčistit od prachových částic, jinak může dojít ke zkrácení životnosti motoru, snížení spolehlivosti a zvýšení servisních nákladů. Nevhodná je také vodní pára, dehty a jiné nežádoucí složky.

Jako palivo pro dřevoplynový agregát se používá dřevo měkké i tvrdé a dřevní odpad. Vlhkost dřeva nesmí být vyšší než 20 %.

V dnešní době se elektrocentrály na dřevoplyn vyskytují na trhu málo. Jednotky jsou navrženy na velmi vysoký výkon, až desetkrát více než by stačil pro moderní rodinný dům. Požití dřevoplynové jednotky v ostrovním provozu je velmi problematické. Výhodnější je provoz v místě, kde se nachází síť.

Obecně lze konstatovat, že výroba elektřiny ze dřeva není dosud komerčně dostupná. Během nejbližších deseti roků se ale situace výrazně zlepší, neboť na vývoji různých technologií pracuje stále více firem. [8]

#### **4.2.5 Elektřina z větru**

U energeticky soběstačného rodinného domu jsou větrné elektrárny problematické. Dům by měl být postaven na místě, aby byl před větrem chráněn.

Elektrárna potřebuje přístup k co největšímu větrnému zatížení, nízko nad zemí je vzduch zpomalován překážkami tvořené stromy, vegetací a domy. Dalším problémem je, že nefouká vždy a elektrárna musí být doplněna akumulátory nebo jiným zdrojem.

Pro výstavbu je nutné dostat stavební povolení s vyjádřením sousedů, ochrany přírody a dalších státních institucí.

#### **4.2.6 Elektřina z vody**

K výrobě elektřiny z vody musí být dům v blízkosti vhodného vodního toku. Většina míst pro komerční využití už je zastavěna. Pokud bude elektřina z vodní energie zásobovat pouze jeden rodinný dům, postačí lokalita s poměrně malým potenciálem, ten zjistíme podle dostupného spádu a průtoku.

Při realizování elektrárny, se musí vybudovat v toku jez, hráz, přivaděč atd. Při zásahu do vodního toku, se musí získat stavební povolení se souhlasem správce toku a povolení pro nakládání s vodami.

#### **4.2.7 Elektřina z bioplynu**

Bioplyn se také používá pro pohon elektrocentrály. Jeho čištění i nutné úpravy motorů už nejsou takovým problémem jako u dřevoplynu.

Zdrojem bioplynu je hnůj, kejdy nebo jiné zemědělské a potravinářské odpady. K jeho vzniku dochází při rozkladu organických látek, které jsou v uzavřených nádržích bez přítomnosti kyslíku.

Jedna dojnice vyprodukuje za den asi 1,2 m<sup>3</sup> bioplynu. Z něho lze v kogenerační jednotce získat 1,7 kWh elektřiny a asi 4,4 kWh tepla. [8] Ke hnoji se může přidávat jiná organická hmota např. zbytky z kuchyně.

Každá bioplynová stanice má individuální výstavbu. Je to z toho důvodu, že farmy mají jiné zvířata, hnoje, požadavky na použití energie atd. Bioplynová technologie je finančně velmi nákladná, kvůli požadavkům na bezpečnost a spolehlivosti provozu. V ČR nyní existuje pouze jedna firma, která staví bioplynové stanice pro rodinné domy.

#### **4.2.8 Elektřina z řepkového oleje a lihu**

Benzinové motory běžných elektrocentrál lze upravit pro pohon lihem, podobně se mohou upravit dieselové motory pro pohon olejem. Existují i motory speciálně konstruované na spalování oleje. [8]

Při výrobě lihu pro vlastní potřebu se setkáváme s omezením v podobě zákona o lihu a spotřební dani. Bioethanolu a bionaftě se tento zákon netýká, ale výroba je velmi finančně náročná. Pro rodinný dům nebo farmu se tento způsob výroby elektřiny vůbec nevyplatí.

## 5 Tepelné ztráty a zisky

Tepelná ztráta vyjadřuje výkon zdroje tepla, který je nutný při udržení požadované teploty při nejnižší venkovní teplotě. Skutečná tepelná ztráta je v každém ročním období jiná. To je ovlivněno rozdílem vnitřní a vnější teploty domu.

V budově musí být navržen zdroj tepla (kotel), který bude svým výkonem odpovídat tepelné ztrátě. Pokud bude menší, nezvládne v zimním období vytopit dům na požadovanou teplotu. U kotlů se výkon navrhuje zvětšit o různé přírázky. Například z důvodu rychlejšího vytopení po noční přestávce. U modernějších zdrojů, tato přírážka odpadá, protože dokážou pracovat téměř nepřetržitě. Pokud kotel ohřívá vodu, dochází opět k vyššímu výkonu.

Tepelné ztráty můžeme rozdělit na ztráty prostupem tepla a ztráty výměnou vzduchu. Prostup tepla může probíhat konstrukcemi přímo, pokud jsou v kontaktu s venkovním vzduchem, nebo nepřímo, pokud je mezi vytápěným prostorem a exteriérem prostor nevytápěný. Dalším složitějším případem je prostup tepla přes zeminu přiléhající k budově. [2]

### 5.1 Ztráty prostupem tepla

Měrná ztráta prostupem tepla  $H_T$  se vypočítá podle vztahu:

$$H_T = L_D + L_S + H_U \quad (5.1)$$

Kde je:

$L_D$  tepelná propustnost obvodovým pláštěm mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím

$L_S$  ustálená tepelná propustnost přes zeminu

$H_U$  měrná ztráta prostupem tepla přes nevytápěné prostory [2]

Před výpočtem musí být jednoznačně určen vytápěný prostor budovy. Tato ztráta je uvažována na hranici vytápěného prostoru.

## 5.2 Tepelné ztráty výměnou vzduchu

Měrná tepelná ztráta výměnou vzduchu  $H_V$  se stanoví podle vztahu:

$$H_V = \rho \cdot c \cdot V \quad (5.2)$$

Kde je:

$\rho$  ... hustota vzduchu [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c$  ... měrná tepelná kapacita vzduchu [ $\text{J}/(\text{kgK})$ ]

Tepelná kapacita vzduchu  $\rho \cdot c$  se uvažuje hodnotou  $1200 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$ , což odpovídá  $33 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$ . [2]

Musí se znát množství vzduchu, které se z vytápěného místa odvádí. Na jeho místo se pak přivede čerstvý vzduch, který by měl odpovídat hygienickým a dalším požadavkům.

Je nutné, aby intenzita výměny vzduchu v místnosti „n“ v době, kdy je užívána, splňovala v zimním období podmínku:

$$n_N \leq n \leq 1,5n_N \quad (5.3)$$

Kde je:

$n_N$  ... požadovaná intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti [ $\text{h}^{-1}$ ], přepočítaná z minimálních množství potřebného čerstvého vzduchu stanovených v jiných předpisech (směrnících, vyhláškách, zákonech). [2]

V obytných budovách je  $n_N$  mezi hodnotami  $0,3 \text{ h}^{-1}$  až  $0,6 \text{ h}^{-1}$ .

## 5.3 Vnitřní tepelné zisky

Započítávání vnitřních tepelných zisků velmi ovlivňuje celkový výsledek energetické bilance. Výsledky pro odlišné varianty stejné budovy jsou porovnatelné, jestliže se přistupuje k započítávání vnitřních tepelných zisků jednotně. To platí i při kontrole splnění energetického cíle. Podle ČSN EN ISO 13790 [14] by se měly používat údaje na národní úrovni. Pokud to není možné, je doporučeno používat hodnotu vnitřních tepelných zisků  $5 \text{ W}/\text{m}^2$ . Tato hodnota je pro nízkoenergetické rodinné a bytové domy příliš vysoká a používá se základní smluvní hodnota  $2,1 \text{ W}/\text{m}^2$  (obytné plochy). Doporučuje se uvažovat spíše s nižším číslem.

## 5.4 Pasivní solární zisky

Jedná se o energii, která se dostane dovnitř budovy přes prosklené plochy v obvodovém plášti.

Účinná sběrná plocha se vypočítá ze vztahu:

$$A_S = A \times F_S \times F_C \times F_F \times g \quad (5.4)$$

Kde je:

- A celková plocha A zaskleného prvku [m<sup>2</sup>]
- g celková energetická propustnost slunečního záření
- F<sub>F</sub> korekční činitel rámu
- F<sub>S</sub> korekční činitel stínění
- F<sub>C</sub> korekční činitel clonění [2]

## 5.5 Využití tepelných zisků

Při využití tepelných zisků, musí být tepelná soustava opatřena regulací, která právě při tomto zisku omezí dodávku tepla ze zdroje. Přebytečný tepelný zisk se akumuluje do hmot, které se nachází v blízkosti domu. Pokud tyto hmoty nejsou k dispozici, může se dům přehřát.

Tradiční zděné budovy dokážou velmi dobře teplo akumulovat do stěn. Teplo se používá k vyrovnání několikahodinové přestávky při topení v kamnech nebo uhelných kotlích ústředního topení. Pokud jsou v domě navrženy elektrické přímotopy, jejichž činnost může být kdykoli zastavena, akumulární schopnost stěn klesá. To nastává i u maloobjemových radiátorů, teplovzdušného vytápění aj.

U dobře izolovaných a prosklených domů dochází k dobré akumulaci tepla. Pomocí oken se dovnitř budovy dostane více tepla, než je tepelná ztráta. Přebytečné teplo se pak akumuluje do obvodových stěn, příček a nábytku. Teplota roste v interiéru pomalu a až se nemá teplo kam akumulovat, dochází ke zvýšení teploty. Přebytečnou energii uživatel uvolní otevřením okna. Při západu slunce, tak se teplo z konstrukcí uvolňuje zpět do místnosti. V domě dochází ke kolísání teploty v rozmezí cca 18 až 25 °C.

Velmi dobře akumulovat teplo dokážou těžké konstrukce. Menší akumulární schopnosti mají děrované cihly a lehké tvárnice. Horší schopnosti mají dřevostavby s lehkým obvodovým pláštěm. Teplo se může akumulovat do hmotných příček, podlah a vnitřního zařízení.

Vodní akumulátory jsou vhodné pro akumulaci tepla ze zdrojů. Voda má velkou tepelnou kapacitu, je levná a pro akumulaci je nejvhodnější.

Používají se tlakové zásobníky, které musí být odolné vůči tlaku až 1 MPa. Bývají doplněné expanzní nádobou, z důvodu změny objemu vody při zahřátí. Jsou svařovány z oceli a jejich cena je vyšší. Při potřebě větších objemů se navrhuje beztlakové zásobníky. Jako materiál se používá plast, beton atd.

Důležité je, jak velký teplotní rozdíl může v nádrži vzniknout. Horní mez je maximálně 90 °C, při vyšších teplotách se voda začne vařit a dochází ke kolapsu systému. Dolní teplotu ovlivňuje navržená konstrukce vytápěcího systému. V zimním období se jedná o hodnotu až 70 °C, u nízko-teplotních systémů 50 °C, u podlahového vytápění 30 °C. Když není potřeba tolik topit, může teplota vstupní vody klesnout a tím dojde ke zvýšení kapacity nádrže.

Tabulka – 5 – 1 – Akumulace tepla v různých stavebních materiálech [8]

| <b>Materiál</b>                       | <b>Akumulační schopnost [kW/(m<sup>3</sup>K)]</b> |
|---------------------------------------|---|
| Beton                                 | cca 0,62  |
| Plné pálené cihly                     | cca 0,42  |
| Nepálené cihly, hliněné omítky        | cca 0,30  |
| Dutinkové cihly (Porotherm a podobně) | cca 0,16  |
| Plynosilikát (Ytong a podobně)        | cca 0,13  |
| Keramická dlažba                      | cca 0,50  |
| Dřevo měkké                           | cca 0,28  |
| Pěnový polystyren                     | cca 0,007   |
| Papír (knihy)                         | cca 0,60  |
| Ocel                                  | 0,96  |

V tabulce lze vyčíst, že vysoké akumulační schopnosti má ocel, beton, keramická dlažba. Horší schopnosti má pěnový polystyren, plynosilikát nebo dutinkové cihly.



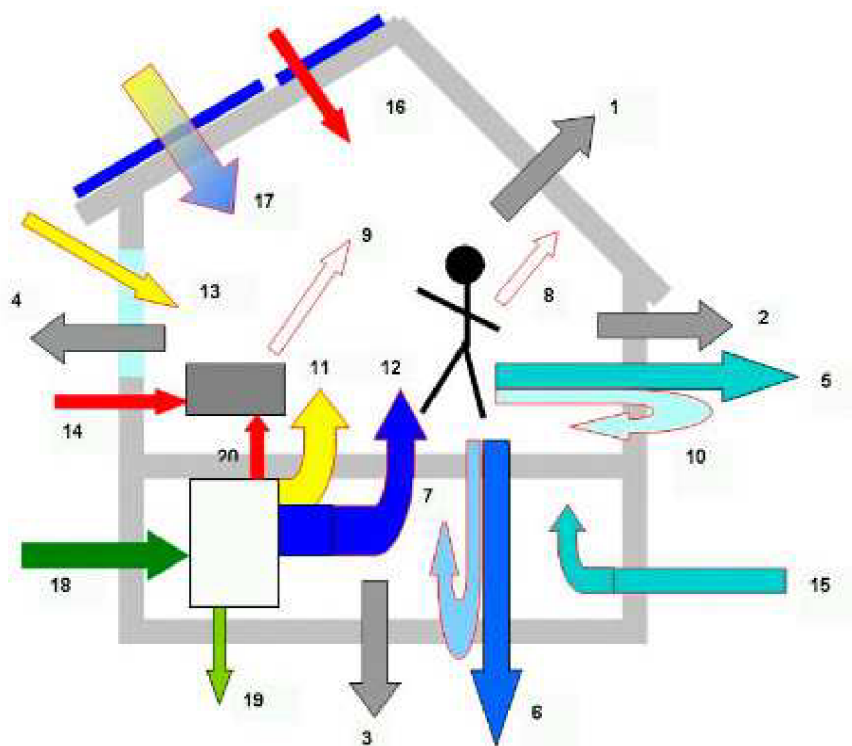
## 6 Energetická bilance

### 6.1 Jak sestavit bilanci

Energetická bilance domu je velmi důležitá pro plánování energetické soběstačnosti. Při sestavování bilance je potřeba znát všechny energetické zisky a ztráty, případně i potřeby a zdroje. Následně je třeba zvážit, zda lze snížit ztráty a jaká bude finanční náročnost. Dále se musí zjistit zisky a míry jejich skutečného využití. Rozdíl mezi zisky a ztrátami musí být finančně kryty.

Energetická bilance se skládá ze tří základních položek:

- Vytápění
- Ohřev vody
- Ostatní provoz domácnosti



Obrázek – 6 – 1 – Energetické toky pro sestavování bilance [15]

Na obrázku 6 – 1 jsou vyznačeny jednotlivé energetické zisky a ztráty. V následujících tabulkách jsou uvedeny vysvětlivky pro jednotlivé šipky.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | ztráty související s konstrukcí domu |
|  | ztráty související s větráním        |
|  | ztráty související s ohřevem vody    |
|  | zisky pro vytápění                   |
|  | zisky pro ohřev vody                 |
|  | zisky pro větrání                    |
|  | vnitřní zisky (vytápění i větrání)   |
|  | dodávka elektřiny                    |
|  | dodávka paliva                       |

Tabulka – 6 – 1 – Energetické ztráty [15]

| <b>Ztráty</b> |                           |   |                          |
|---------------|---------------------------|---|--------------------------|
| 1             | Ztráty prostupem střechou | 4 | Ztráty okny a prosklením |
| 2             | Ztráty prostupem stěnami  | 5 | Ztráty větráním          |
| 3             | Ztráty prostupem podlahou | 6 | Teplo pro ohřev vody     |

Tabulka – 6 – 2 – Energetické zisky [15]

| <b>Zisky</b> |  |      |                                    |
|--------------|--|------|------------------------------------|
| 7            | Rekuperace tepla z odpadní vody                  | 14 a | Vodní energie                      |
| 8            | Zisky od osob                                    | 14 b | Větrná energie                     |
| 9            | Zisky od spotřebičů                              | 15   | Zisk zemního výměníku tepla        |
| 10           | Rekuperace tepla z odpadního vzduchu             | 16   | Elektřina z fotovoltaických panelů |
| 11           | Dodávka tepla pro vytápění                       | 17   | Aktivní solární zisky (kolektory)  |
| 12           | Dodávka tepla pro ohřev vody                     | 18   | Palivo                             |
| 13           | Pasivní solární zisky (okna, prosklení)          | 19   | Ztráty ve vlastním zdroji          |
| 14           | Elektřina z vnějšího zdroje (vlastní elektrárna) | 20   | Dodávka elektřiny z kogenerace     |

## 6.2 Příklady bilancí

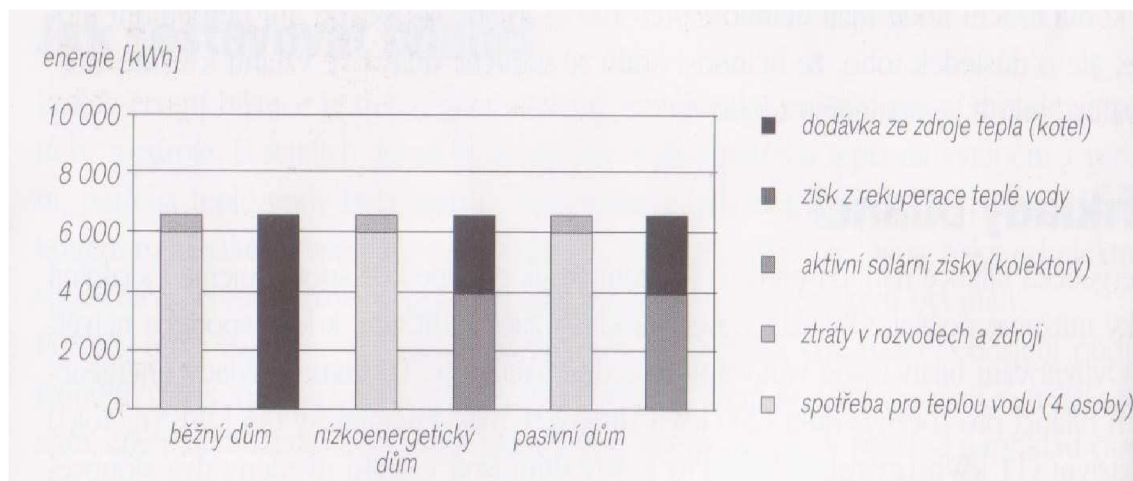
Pomocí energetické bilance lze zjistit, kolik se spotřebuje energie a s jakými zisky se může počítat.

Tabulka – 6 – 3 – Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [8]

| <b>Bilance vytápění [kWh]</b>                | <b>Běžný dům</b> | <b>Nízkoenergetický dům</b> | <b>Pasivní dům</b> |
|--|------------------|-----------------------------|--------------------|
| Potřeba tepla na vytápění (ztráty prostupem) | 20 000           | 10 000                      | 7 000              |
| Potřeba tepla na větrání (ztráty větráním)   | 10 000           | 10 000                      | 10 000             |
| Ztráty ve zdroji                             | 4 500            | 800                         | 200                |
| Pasivní solární zisky (okny, prosklením)     | 1 000            | 4 000                       | 5 000              |
| Zisky od osob                                | 1 000            | 1 000                       | 1 000              |
| Zisky od spotřebičů                          | 2 000            | 2 000                       | 2 000              |
| Zisk zemního výměníku tepla                  | 0                | 0                           | 500                |
| Zisk z rekuperace tepla z větracího vzduchu  | 0                | 7 000                       | 7 000              |
| Spotřeba tepla v palivu                      | 30 500           | 6 800                       | 1 700              |

V tabulce 6 – 3 jsou uvedeny hodnoty pro bilanci tepla na vytápění pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům. Potřeba tepla na větrání, teplotní zisky přijaté od osob a zisky ze spotřebičů jsou pro všechny domy stejné.

Nízká spotřeba tepla neznámá, že provozní náklady jsou také nízké. V domě se platí za teplo, za ohřev vody a za elektřinu. Každé palivo má jinou cenu a z toho důvodu nelze porovnávat jen kilowatthodiny spotřeby, ale i náklady.



Obrázek – 6 – 2 – Bilance spotřeby tepla pro přípravu teplé vody - příklad [8]

Na obrázku 6 – 2 je znázorněn graf bilance spotřeby tepla pro přípravu teplé vody pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům. Spotřeba teplé vody a ztráty v rozvodech a zdroji jsou u všech staveb stejné. U běžného domu nejsou solární zisky ani zisky z rekuperace teplé vody.

### 6.3 Ekonomická bilance

Rodinný dům lze z ekonomického hlediska pojmut jako jeden celek, který má provázané části. Pokud dojde ke změně jakékoliv této části, projeví se to ve zbytku systému. Například pokud v místnosti bude zapnutých několik počítačů, nebude se muset už tolik topit, ale bude větší spotřeba elektřiny.

U energeticky soběstačného domu nemá tato bilance smysl. Žádná energie není zadarmo. Slunce svítí sice bez nákladů na finance, ale fotovoltaický systém, který paprsky přemění na elektřinu, vyžaduje minimálně vstupní náklady. I u ostatních systému platí stejný princip.

### 6.4 Jak ovlivnit bilanci

Bilanci je možno ovlivňovat u spotřeby i u zdrojů. Tyto strany musí být navrženy tak, aby byly co nejméně finančně nákladné. Energie, která se nemusí vyrábět, bývá většinou nejlevnější.

Je důležité zvolit vhodný druh vytápěcího zařízení, tak aby úsporná opatření neztrácela smysl. Například určitý minimální výkon u kotle nesmí být vyšší, než je tepelná ztráta domu.

## 7 Výstavba rodinných domů v ČR (legislativní prostředí)

### 7.1 Zásady pro stavbu energeticky výhodných domů

Energeticky výhodný dům by měl mít kompaktní tvar. Fasáda na jižní straně se požaduje co největší, naopak na severní straně co nejmenší. Velké prosklené plochy je vhodné umístit na jižní straně fasády.

Vedlejší a skladovací prostory je vhodné volit na sever, obytné místnosti se navrhuje k jihu. Garáž se orientuje k severní fasádě budovy. Energeticky výhodnější jsou řadové domy, než samostatně stojící. Energetická náročnost budov je stanovena vyhláškou č. 78/2013.

### 7.2 Tepelná ochrana budov

Požadavky na tepelnou ochranu budov určuje tepelně technická norma ČSN 73 0540-2. Od listopadu 2011 je platná revidovaná 2. část normy. Některé požadavky se zpřísnily a některé jsou mírnější.

#### 7.2.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota

Pomocí povrchové teploty lze zjistit, zda navržená stavební konstrukce vyhovuje požadavkům a tudíž nemůže dojít na povrchu ke kondenzaci vzdušné vlhkosti, po které by následovaly další negativní jevy. K tomuto zjištění se musí provést výpočet tzv. teplotního faktoru vnitřního povrchu, který se pak porovná s kritickým teplotním faktorem. Při hodnotě rovné kritickému teplotnímu faktoru je konstrukce ohrožena kondenzací vzdušné vlhkosti.

#### 7.2.2 Součinitel prostupu tepla

Pomocí součinitele prostupu tepla  $U$  je možné určit jak je odolná konstrukční skladba proti unikání tepla.

Hodnota součinitele prostupu tepla závisí:

- Součiniteli tepelné vodivosti materiálu  $\lambda$  (W/m.K)
- Tloušťce materiálu  $d$  (m)
- Hodnotě odporu proti přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si}$  a na vnější straně konstrukce  $R_{se}$  ( $m^2 \cdot K/W$ ) [16]

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce se stanovují pomocí tabulkových hodnot, které jsou dány podle ČSN 73 0540-2. Tyto normové hodnoty platí pro budovy, kde je vnitřní návrhová teplota 18°C - 22°C.

Součinitel prostupu tepla  $U$  se vypočítá podle vzorce:

$$U = 1 / R_T \text{ [W/(m}^2\text{.K)]} \quad (7.1)$$

Kde je:

$R_T$  tepelný odpor konstrukce, který se vypočítá podle vzorce:

$$R_T = R_{si} + \sum R_j + R_{se} \text{ [m}^2\text{.K/W]} \quad (7.2)$$

$$R_j = d_i / \lambda_i \quad (7.3)$$

Kde je:

$R_{si}$  tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce [m<sup>2</sup>.K/W]

$R_j$  tepelný odpor jednotlivých vrstev [m<sup>2</sup>.K/W]

$d_i$  tloušťka vrstvy v konstrukci [m]

$\lambda_i$  výpočtová tepelná vodivost materiálu [W/m.K]

$R_{se}$  tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [m<sup>2</sup>.K/W]  
[17]

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy nesmí překročit hodnotu, která je stanovena normou.

Konkrétně tedy platí vztah:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (7.4)$$

Kde je:

$U_{em,N}$  požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [16]

### **7.3 Hospodaření energií**

Zákon č. 406/2000 sb. o hospodaření energií zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a stanoví:

- některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií
- pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie
- požadavky na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie,
- požadavky na uvádění spotřeby energie a jiných hlavních zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie
- požadavky na informování a vzdělávání v oblasti úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů [18]

### **7.4 Energetická náročnost budov**

Úřad pro technickou normalizaci vydal výpočtovou technickou normu ČSN EN ISO 13790, která se zabývá výpočtem potřeby energie na vytápění a chlazení.

Tato norma obsahuje informace o přístupech k výpočtovým hodnocením a popisy výpočtových algoritmů a některé vstupní a další údaje a je určena především pro zpracovatele výpočetních programů.

### **7.5 Obnovitelné zdroje energie**

Energetická politika Evropské unie požaduje maximální využívání alternativních zdrojů.

Podle výsledků průzkumu provedeného statickým úřadem EU Eurostat považuje zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie bilanci spotřeby energie za jeden z prioritních úkolů svých vlád 90 % občanů členských zemí. [19]

Podle [19] se Česká republika při vstupu do Evropské unie zavázala, že v roce 2010 bude podíl výroby elektrické energie z alternativních zdrojů až 8% z celkové výroby. Tento cíl se Česku povedl přibližně splnit. V roce 2020 by měla být tato hodnota navýšena na 13,5 % z celkové hrubé spotřeby energií.

Mezi obnovitelné zdroje patří:

- Energie vody
- Geotermální energie
- Spalování biomasy
- Energie větru
- Energie slunečního záření
- Využití tepelných čerpadel
- Energie příboje a přílivu oceánu [19]

Obnovitelné zdroje energie jsou podporovány formou výkupní ceny a zeleným bonusem.

Zelený bonus je příplatek k tržní ceně elektřiny. Prodává-li výrobce elektřinu za smlouvanou tržní cenu distributorovi elektrické energie nebo vyrobenou elektřinu sám spotřebuje, má právo navíc inkasovat od provozovatele přenosové nebo regionální distribuční soustavy na základě předloženého výkazu zelené bonusu. Výše zeleného bonusu je pro každý druh OZE každoročně upravován a zveřejňován v cenovém rozhodnutí ERÚ. [20]

## **7.6 Zelená úsporám**

Nová Zelená úsporám je velký dotační program, z něhož mohou majitelé rodinných domů a dalších nemovitostí získat finanční příspěvek na opatření vedoucí k úspoře energií.

### **Zateplení domů**

Podle [21] se výše státní podpory v rámci programu Nová zelená úsporám odvíjí od úspor, které se zateplením domu dosáhne. Čím se lépe dům zateplí, tím se obdrží větší finanční podpora od státu. Při nejkvalitněji provedeném zateplení, kdy se sníží energetickou náročnost domu o více než 60 %, se obdrží podpora ve výši 50 % nákladů.

### **Výměna oken**

Také u výměny oken je možné získat dotaci. Čím větší úspory energie se dosáhne, tím se získá vyšší dotace. Pokud se bude chtít dosáhnout na nejvyšší 50 % dotaci, tak bude podle [22] nejspíš nutné osazení domu kvalitními izolačními trojskly.

Výměna samotných oken pro splnění podmínek dotací nestačí, vždy je současně nutné dům také zateplit. [22]



## **Kotle**

Spolu s dalšími opatřeními (zateplení domu) je možné podle [23] získat i dotaci na výměnu lokálního zdroje tepla.

## **Tepelná čerpadla**

Přestože tepelné čerpadlo představuje při modernizaci vytápění výrazný výdaj, jeho návratnost je poměrně rychlá. Dotace v rámci Nové zelené úspory ekonomickou návratnost tepelného čerpadla ještě zrychlí. Dotaci bude možné uplatnit v rámci oblasti Snižování energetické náročnosti budov. [24]

## **Výstavba domů**

Na výstavbu domů v nízkoenergetickém standardu lze získat dotaci. Požadavky na energetické parametry domu jsou velmi přísné. Hlavní podmínkou je instalace nuceného větrání s rekuperací tepla.

Podle [25] je maximální výše dotace při výstavbě pasivního domu až 550 000 Kč.

## **8 Analýza investičních a provozních nákladů energeticky soběstačného domu**

### **8.1 Charakteristika rodinného domu**

Rodinný dům byl postavený v roce 1938 na ulici Sumínova 2335/7 ve městě Přerov, v zastavěné oblasti. Stavba byla navržena jako dvojdomek se společnou středovou zdí. Součástí domu je velká zahrada. Objekt má dvě nadzemní podlaží a je zcela podsklepen. Součástí je i neobytná půda.

Půdorys domu je obdélníkový o rozměrech 9 200 x 11 000 mm. Celková zastavěná plocha činí 101,2 m<sup>2</sup>. Světlá výška 1.PP je 2,08m, u 1.NP a 2.NP 2,95m.

Dům byl realizován pomocí cihel plných pálených o rozměrech 290 x 140 x 65 mm. Obvodové stěny mají tloušťku 450 mm, vnitřní nosné stěny 300 a nenosné příčky 150 mm. Cihly jsou spojeny pomocí cementové malty, tloušťka spár je 10 mm.

Stropy jsou rákosové. Mezi vytápěnými a nevytápěnými prostory nejsou provedeny tepelné izolace.

Sedlová střecha je ve sklonu 30°. Byl zde navržen krov s ležatou stolicí. Zastřešení je provedeno pomocí kanadské šindele.

Vstupní dveře do objektu jsou dřevěné. Okna jsou plastová s izolačním dvojsklem.

Jedná se o obvyklý rodinný dům, který má potřebu tepla na vytápění v rozmezí 80 až 140 kWh/(m<sup>2</sup>a). V 1.PP jsou umístěn kotel na plyn i tuhá paliva. Systém vytápění je pomocí teplovodních radiátorů.

Voda je ohřívána pomocí plynového bojleru.



Obrázek – 8 – 1 – Rodinný dům v Přerově



Obrázek – 8 – 2 – Zahrada rodinného dům v Přerově

## 8.2 Výpočet ročních nákladů na vytápění

V této kapitole budou zjišťovány roční náklady na vytápění zemním plynem, dřevem a elektřinou.

Nejprve se provede výpočet ročních nákladů pro stávající obvyklý dům, dále pro srovnání se stanoví náklady pro nízkoenergetickou, pasivní a nulovou stavbu. Všechny výpočty jsou aplikovány na stejný dům, který je uveden v bodě 8.1.

Půdorys domu je obdélníkový o rozměrech 9 200 x 11 000 mm. Celková podlahová plocha činí 101,2 m<sup>2</sup>. Stavba má dvě vytápěná podlaží.

### 8.2.1 Obvyklý rodinný dům

Potřeba tepla obvyklých staveb a je v rozmezí 80 až 140 kWh/(m<sup>2</sup>a), viz tabulka 2 – 1.

Vynásobením podlahové plochy a potřeby tepla na vytápění se zjistí spotřeba domu.

$$80 \times 101,2 \times 2 = 16\,192 \text{ kWh/a}$$

$$140 \times 101,2 \times 2 = 28\,336 \text{ kWh/a}$$

### Výpočet ročních nákladů na vytápění zemním plynem

Roční spotřeba na vytápění se podělí výhřevností plynu (pro výpočet je nutné kWh převést na MJ). Tím se zjistí celková potřeba plynu v m<sup>3</sup> za rok. Celkové roční náklady se stanoví ze znalosti roční spotřeby plynu a ceny za m<sup>3</sup>

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$16\,192 \times 3,6 = 58\,291,2 \text{ MJ}$$

$$28\,336 \times 3,6 = 102\,009,6 \text{ MJ}$$

Výhřevnost zemního plynu – 33,48 MJ/m<sup>3</sup> [26]

Cena zemního plynu od firmy RWE Energie, a.s. – 14,20 Kč/m<sup>3</sup> [27]

$$58\,291,2 / 33,48 = 1\,741,07 \text{ m}^3 \text{ plynu}$$

$$102\,009,6 / 33,48 = 3\,046,88 \text{ m}^3 \text{ plynu}$$

$$1\,741,07 \times 14,20 = 24\,723 \text{ Kč}$$

$$3\,046,88 \times 14,20 = 43\,266 \text{ Kč}$$

Roční náklady na vytápění zemním plynem u obvyklého rodinného domu jsou v rozmezí 24 723 Kč až 43 266 Kč.

Ke zjištění ročních nákladů na vytápění dřevem a elektřinou se použije stejný výpočet jak v předcházející části.

### **Výpočet ročních nákladů na vytápění dřevem**

Výhřevnost palivového dřeva – 14, 62 MJ/kg [27]

Cena palivového dřeva (dub) – 1 440 Kč / 450 kg [28]

$58\,291,2 / 14,62 = 3\,987,09$  kg dřeva

$102\,009,6 / 14,62 = 6\,977,40$  kg dřeva

$3\,987,09 \times 3,2 = 12\,759$  Kč

$6\,977,40 \times 3,2 = 22\,328$  Kč

Roční náklady na vytápění palivovým dřevem u obvyklé rodinného domu jsou v rozmezí 12 759 Kč až 22 328 Kč.

### **Výpočet ročních nákladů na vytápění elektřinou**

Cena elektřiny (E.ON) – 2,80 Kč/kWh [29]

$16\,192 \times 2,80 = 45\,338$  Kč

$28\,336 \times 2,80 = 79\,341$  Kč

Roční náklady na vytápění elektřinou u obvyklé stavby jsou v rozmezí 45 338 Kč až 79 341 Kč.

### **8.2.2 Srovnání s ostatní výstavbou**

Pro jednotlivé typy staveb budou uvažovány potřeby tepla na vytápění, které jsou uvedeny v tabulce 2 – 1.

Stanovené hodnoty jsou pro přehlednost zaznamenány v následujících tabulkách.

Tabulka – 8 – 1 – Porovnání roční spotřeby rodinného domu

| <b>Rodinný dům</b>     | <b>Spotřeba kWh/a</b> |
|------------------------|-----------------------|
| Energeticky soběstačný | Téměř 0               |
| Nulový                 | < 1 012               |
| Pasivní                | ≤ 3 036               |
| Nízkoenergetický       | ≤ 10 120              |
| Obvyklý                | 16 192 – 28 336       |

Největší spotřebu má stávající obvyklý dům. Kdyby se tento dům upravil na nízkoenergetický, byla by jeho spotřeba cca 2x nižší. Pasivní dům nemá ani čtvrtinovou spotřebu jako stávající.

Tabulka – 8 – 2 – Porovnání potřeby zemního plynu a dřeva rodinného domu

| <b>Rodinný dům</b>     | <b>Potřeba zemního plynu [m<sup>3</sup>/rok]</b> | <b>Potřeba dřeva [kg/rok]</b> |
|------------------------|--|-------------------------------|
| Energeticky soběstačný | Téměř 0  | Téměř 0                       |
| Nulový                 | < 108,82   | < 249,12                      |
| Pasivní                | ≤ 326,45   | ≤ 747,54                      |
| Nízkoenergetický       | ≤ 1 088,17                                       | ≤ 2 491,93                    |
| Obvyklý                | 1 741,07 - 3 046,88                              | 3 987,09 - 6 977,40           |

Největší potřebu zemního plynu a dřeva má obvyklý dům, následovaný nízkoenergetickým, pasivním, nulovým a téměř nulovou potřebu má energeticky soběstačný rodinný dům.

Tabulka – 8 – 3 – Porovnání ročních nákladů na vytápění zemním plynem, dřevem a elektřinou

| Rodinný dům            | Vytápění zemním plynem [Kč/rok] | Vytápění dřevem [Kč/rok] | Vytápění elektřinou [Kč/rok] |
|------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Energeticky soběstačný | Téměř 0                         | Téměř 0                  | Téměř 0                      |
| Nulový                 | < 1 545                         | < 797                    | < 2 834                      |
| Pasivní                | ≤ 4 636                         | ≤ 2 392                  | ≤ 8 501                      |
| Nízkoenergetický       | ≤ 15 452                        | ≤ 7 974                  | ≤ 28 336                     |
| Obvyklý                | 24 723 - 43 266                 | 12 759 - 22 328          | 45 338 - 79 341              |

Nejméně finančně náročné je vytápění dřevem, pak zemním plynem a nejdražší je vytápění pomocí elektřiny.

### 8.3 Výpočet Součinitele prostupu tepla U

Pro stávající obvyklý rodinný dům a jeho jednotlivé konstrukce, který je popsán v bodě 7.1, se stanoví jednotlivé součinitelé prostupu tepla. Tento součinitel je popsán v bodě 7.2.2. Pomocí výpočtu je možné zjistit, zda konstrukce vyhovují požadovanému U (tabulka 2 – 1).

Výpočet součinitele prostupu tepla u obvodového pláště:

Skladba:

- Vnitřní vápenocementová omítka –  $\lambda = 0,99 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  [30],  $d = 20 \text{ mm}$
- Cihla plná pálená -  $\lambda = 0,80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  [30],  $d = 430 \text{ mm}$
- Vnější vápenocementová omítka -  $\lambda = 0,99 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  [30],  $d = 30 \text{ mm}$

Dosazení do vzorce (7.2):

$$R_T = 0,13 + 0,020/0,99 + 0,430/0,80 + 0,030/0,99 + 0,04$$

$$R_T = 0,758 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Dosazení do vzorce (7.1):

$$U = 1 / 0,764$$

$$U = 1,32 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Stejný postup výpočtu se použije i u rákosového stropu. Hodnota součinitele prostupu tepla je  $1,35 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

V rodinném domu byly navrženy plastové okna s izolačním dvojsklem, jejíž součinitel prostupu tepla je  $1,50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

Tabulka – 8 – 4 – Součinitelé prostupu tepla konstrukcí u stávajícího domu

|                      | Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> .K)] |       |      |
|----------------------|---|-------|------|
|                      | Obvodové stěny                                    | Strop | Okna |
| <b>Stávající dům</b> | 1,32  | 1,35  | 1,50 |

Součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí u stávajícího domu, viz tabulka 8 – 4, neodpovídají požadovaným součinitelům, které jsou uvedeny v tabulce 3 – 1. Dochází k velkým tepelným ztrátám.

Obvodově stěny a strop mezi vytápěným a nevytápěným prostorem je potřeba doplnit tepelnou izolací tloušťky alespoň 100 mm.

## 8.4 Úprava obvyklého domu na nízkoenergetický

V tabulce 8 – 4 jsou vypsány součinitelé prostupu tepla u konstrukcí stávajícího rodinného domu. Tyto hodnoty jsou pro nízkoenergetickou stavbu nevyhovující. V tabulce 3 – 1 jsou uvedeny doporučené součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí pro nízkoenergetické domy.

Ve stávajícím domu je potřeba vyměnit okna, aby splňovala doporučenou hodnotu  $U = 0,80 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Tuto hodnotu splňuje okno s izolačním trojsklem.

Strop mezi vytápěným a nevytápěným prostorem je třeba doplnit tepelnou izolací tloušťky 300 mm. Doplněním izolace se hodnota  $U$  sníží na  $0,12 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  a bude již vyhovovat doporučenému součiniteli prostupu tepla pro nízkoenergetické domy.



Obvodové stěny se opatří tepelnou izolací tloušťky 300 mm. Součinitel prostupu tepla obvodového pláště pak bude mít hodnotu 0,12 W/(m<sup>2</sup>.K). Doporučená hodnota je 0,15 W/(m<sup>2</sup>.K).

Tabulka – 8 – 5 – Součinitelé prostupu tepla konstrukcí po úpravě stávajícího domu na nízkoenergetický

|                      | Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> .K)] |       |      |
|----------------------|---|-------|------|
|                      | Obvodové stěny                                    | Strop | Okna |
| <b>Stávající dům</b> | 0,12  | 0,12  | 0,80 |

V tabulce 8 – 5 jsou shrnuty stanovené součinitele prostupu tepla obvodových stěn a stropu po přidání 300 mm telené izolace. Součinitel prostupu tepla u obvodové stěny vyhovuje přesně doporučené hodnotě pro nízkoenergetické domy. U stropu je tento součinitel nižší o 0,03 W/(m<sup>2</sup>.K), než je doporučená hodnota.

## 8.5 Úprava obvyklého domu na pasivní

Doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro pasivní domy jsou vypsány v tabulce 3 – 1. Součinitel u oken a stropů je stejný jako u nízkoenergetických staveb. U obvodových stěn je tento součinitel pro pasivní domy o 0,03 W/(m<sup>2</sup>.K) nižší, než pro nízkoenergetické domy.

Vypočítané součinitelé prostupu tepla, po úpravě stávajícího domu na nízkoenergetický viz tabulka 8 – 5, vyhovují i pro úpravu na pasivní stavbu. Obvodové stěny a strop mezi vytápěným a nevytápěným podlažím se také doplní tepelnou izolací tloušťky 300 mm. Pro pasivní dům vyhovuje okno s izolačním trojsklem.

## 8.6 Úprava obvyklého domu na energeticky soběstačný

U energeticky soběstačných rodinných domů je vhodné volit tepelnou izolaci u stěn a u stropů 200 - 300 mm, okna se používají s izolačním trojsklem, viz kapitola 3.

V této kapitole budou posuzovány vhodné možnosti, kterými by bylo možné získat vlastnosti energetické soběstačnosti obvyklého rodinného domu, který je popsán v bodě 8.1.

## 8.6.1 Využití obnovitelných zdrojů energie

### Energie větru

Získání elektřiny z větrné energie je pro posuzovaný stávající rodinný dům nevhodné. Stavba nespĺňuje požadavky pro zrealizování větrné elektrárny.

Tabulka – 8 – 6 – Hlavní požadavky pro zrealizování větrné elektrárny [31]

| Hlavní požadavky pro zrealizování větrné elektrárny | Zhodnocení |
|---|------------|
| Vyšší nadmořská výška (obvykle nad 500 m n. m)      | Nespĺňuje  |
| Nezastavěná oblast                                  | Nespĺňuje  |
| Intenzivní vítr                                     | Nespĺňuje  |

Rodinný dům je postaven v zastavěném území, kde by hluk elektrárny rušil obyvatele v okolí. Elektrárna by neměla ani potřebné množství větru.

Stavba větrné elektrárny je výhodná v nezastavěné oblasti, kde intenzivně vane vítr. Vhodná nadmořská výška je kolem 500 m n. m. Rozběhová rychlost běžných elektráren je kolem 3 m/s. Lokalita musí být dostupná pro těžké mechanismy. Elektrárna by měla být v dostatečné vzdálenosti od obydlí, kvůli rušení obyvatel hlukem. Pro vlastní výstavbu se musí získat územní rozhodnutí a následně stavební povolení.

Při dodávce elektřiny do sítě je nutno získat licenci k výrobě elektřiny podle energetického zákona 458/2000 Sb. a musí být splněny technické podmínky pro připojení k síti

Ceny větrných elektráren se stále snižují. Malá domácí větrná elektrárna je v řádech desítek až stovek tisíc korun. Konkrétní cena je ovlivněna řadou faktorů, jako je velikost elektrárny, použitá technologie nebo značka.

Dotace na větrnou energii jsou vypláceny buď formou výkupních cen elektřiny, kdy výrobce dostává za každou vyrobenou kilowatthodinu určitou částku, nebo formou tzv. zelených bonusů. Také v tomto případě je vyplácena určitá částka za kWh, je ale nižší než v případě výkupních cen, protože výrobce elektřinu sám spotřebovává. [32]

Podle [33] je v roce 2014 1 kWh, vyrobená větrnou elektrárnou, vykupována za 2,014 Kč. Zelený bonus je pro tento rok 1,536 Kč za 1 kWh.

## Energie vody

Využití vodní energie pro výrobu elektřiny z vody pro posuzovaný rodinný dům není možná.

Tabulka – 8 – 7 – Hlavní požadavky pro zrealizování vodní elektrárny [34]

| Hlavní požadavky pro zrealizování vodní elektrárny | Zhodnocení |
|--|------------|
| Vhodný vodní tok                                   | Nesplňuje  |

V blízkosti stavby není žádný vodní tok. Na českých řekách a přehradách už není místo na zrealizování nové vodní elektrárny s výkonem nad 10 MW.

Ke stavbě malé vodní elektrárny se potřebuje v blízkosti domu volný prostor na menším toku. Je potřeba zjistit jak se mění průtok v závislosti na počasí. Lokalita musí být dostupná pro těžké mechanismy. Elektrárna nesmí svým hlukem rušit obyvatele v okolí. Před stavbou se musí získat povolení k nakládání s vodami a stavební povolení. Dále je potřeba zřídit licence a získat souhlas distribuční společnosti s připojením nového zdroje do sítě

Podle [33] je v roce 2014 1 kWh, vyrobená vodní elektrárnou, vykupována za 2,449 Kč. Zelený bonus je pro tento rok 1,679 Kč za 1 kWh.

## Energie slunce

Ze slunce je jednodušší získat teplo než elektřinu. Do budovy se teplo dostane přes jižní okna slunečními paprsky. Aby se nedostalo zpátky ven, je třeba navrhnout dobře izolující okna, stěny, strop a podlahu.

Pro posuzovaný rodinný dům je možné zrealizování fotovoltaiky, viz bod 4.2.3.

Tabulka – 8 – 8 – Hlavní požadavky pro zrealizování fotovoltaické elektrárny [35]

| Hlavní požadavky pro zrealizování fotovoltaiky  | Zhodnocení |
|---|------------|
| Volný prostor na umístění fotovoltaického panelu na jižní části střechy (popřípadě volný terén) | Splňuje    |
| Střecha nesmí být zastíněna (popřípadě terén)   | Splňuje    |

Na jižní část sedlové střechy lze nainstalovat fotovoltaické panely. Fotovoltaika může být navržena i na ploše volného nezastíněného terénu zahrady (obrázek 8 – 2). Ideální sklon panelů pro celoroční provoz je 40° vzhledem k vodorovné rovině.

Pokud vezmeme solární panel 230 Wp, tak informace Wp (Watt-peak) říká, že v ideálních podmínkách maximálního svitu, bude panel dávat 230 W výkonu. Pro reálné podmínky však uvažujeme, že při plném slunci v poledne takový panel bude vyrábět 200 Wattů reálného výkonu. [36]

Podle [36] 1 panel za 1 rok vyrobí 160 kWh energie a aktuální cena panelu 230 Wp je 4 500 Kč s DPH 20 %.

Na jižní část střechy lze umístit 30 panelů o rozměrech 1650 x 992 x 46 mm a na nezastíněné zahradě domu je možné navrhnout také 30 panelů. Ročně by tyto panely byly schopny vyrobit 9,60 kWh energie a by celkem stála 270 000 Kč.

Podle [33] byla v roce 2013 1 kWh vyrobená využitím slunečního záření, vykupována za 2,479 Kč. Cena je uvedena pro instalovaný výkon výroby od 5 kW do 30 (včetně) kW. Zelený bonus byl pro minulý rok 1,879 Kč za 1 kWh.

Podle [37] novela zákonem schválená Senátem ukončuje podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů uvedených do provozu od 1. ledna 2014. Kromě toho stanovila, že elektřina z elektráren uvedených do provozu v letech 2009 a 2010 bude po dobu tří let podléhat 26 % dani.

Z tohoto důvodu již není výhodné vyrábět elektřinu pomocí fotovoltaiky. Elektřina by se musela spotřebovat v ten okamžik, co by se vyrobila.

### **Energie ze dřeva**

Pro posuzovaný rodinný dům není vytápění dřevem energeticky soběstačnou variantou.

Tabulka – 8 – 10 – Hlavní požadavky pro vytápění dřevem [38]

| <b>Hlavní požadavky pro zrealizování fotovoltaiky</b> | <b>Zhodnocení</b> |
|---|-------------------|
| Zdroj dřeva   | Nesplňuje         |
| Skladovací prostory                                   | Splňuje           |
| Kotel na tuhá paliva                                  | Splňuje           |

Ve sklepech rodinného domu se nachází kotel na tuhá paliva. Součástí domu je i velký sklep, kde lze dřevo dobře skladovat. K dispozici není vlastní dřevo. Na zahradě (obrázek 8 – 2) se může pěstovat pár rychle rostoucích dřevin, jsou platany, topoly (černý, balzamový), pajasany (žláznatý), akáty a olše, ale nepokryjí celkovou spotřebu dřeva.

Vytápění dřevem se týká rodinný domů, chalup, chat a podobných objektů, které mají k dispozici vlastní les. Výhodu mají i obyvatelé venkova, kteří žijí v blízkosti lesa a pily. Stavba musí mít dostatečné skladovací prostory. Podle [38] je potřeb mít skladovací prostor, který pojme minimálně jednu roční spotřebu dřeva, což pro běžný rodinný domek představuje asi 40 m<sup>3</sup>.

Spotřeba dřeva je ovlivňovaná velikostí vytápěného prostoru a nároky na vytápění jednotlivých místností. Důležité je i to, jak je dřevo vysušeno. Vlhčí dřevo má horší výhřevnost a vyšší spotřebu. Také záleží, jaký se použije druh dřeva. Nejvhodnější je tvrdé dřevo (např. dub, buk).

Elektřina ze dřeva není dosud komerčně dostupná, viz bod 4.2.3.

### **Energie biomasy**

Posuzovaný dům má k dispozici zahradu (obrázek 8.2), kde je možné pěstovat energetické plodiny, ale velikost zahrady neumožní vypěstovat tolik plodin, aby pokryly celkovou potřebu na vytápění.

Tabulka – 8 – 11 – Hlavní požadavky pro pěstování energetických plodin [39]

| <b>Hlavní požadavky pro pěstování energetických plodin</b> | <b>Zhodnocení</b> |
|--|-------------------|
| Velký pozemek  | Nesplňuje         |
| Kotel na tuhá paliva                                       | Splňuje           |

Energie biomasy je popsána v bodě 4.5.1. Lze ji pěstovat záměrně pro energetické účely. Je potřeba zjistit, jestli zisk bude vyšší, než náklady na pěstování a na výrobu. Např. podle [39] má řepková sláma výhřevnost 15,0 – 17,5 GJ/t a obilná sláma 14,0 – 14,4 GJ/t. Řepkový olej se zpracovává na naftu a mazadla.

Spalování biomasy je výhodné pro stavby s velkým pozemkem, který je vhodný pro pěstování energetických plodin.

Stávající stavba neumožňuje zrealizování bioplynové stanice, která je popsána v bodě 4.2.7.

Tabulka – 8 – 12 – Hlavní požadavky pro zrealizování bioplynové stanice [40]

| Hlavní požadavky pro zrealizování bioplynové stanice | Zhodnocení |
|--|------------|
| Rostlinný nebo živočišný odpad                       | Nesplňuje  |

Na zahradě domu nelze mít velký chov dobytku.

Zrealizování malé domácí bioplynové stanice se vyplatí pro farmy s chovem dobytku, jejichž hnůj není kde uplatnit nebo s velkým množstvím rostlinného odpadu. Velkou výhodou elektrárny je, že vyrábí energii po celý rok a není závislá na větru nebo slunci.

Cena malé bioplynové stanice podle [40] závisí na řadě faktorů, mimo jiné i výši instalovaného výkonu. Lze ji koupit za několik desítek tisíc korun, zařízení o vyšším výkonu je samozřejmě dražší.

Výkupní cena elektřiny v případě malých bioplynových stanic podle [33] byla v roce 2013 stanovena na 3,55 Kč za 1 kWh a zelený bonus byl pro minulý rok 2,70 Kč. U větších stanic byla cena nižší, konkrétně 3,04 Kč za 1 kWh a zelený bonus byl 2,19 Kč.

Ve zdroji [41] je uvedeno, že je zastavená provozní podpora pro nové bioplynové stanice, které budou uvedeny do provozu po 1.1.2014.

Z toho důvodu zrealizování nové stanice není již ekonomicky výhodné.

### **Tepelná čerpadla**

V zemi, vodě i ve vzduchu je obsaženo nesmírné množství tepla; jeho nízká teplotní hladina však neumožňuje přímé energetické využití. Tepelná čerpadla jsou zařízení, která umožňují odnímat teplo okolnímu prostředí, převádět je na vyšší teplotní hladinu a předávat ho cíleně pro potřeby vytápění nebo pro ohřev teplé užitkové vody. Tepelná čerpadla neprodukuje odpad, jde o zcela bezodpadovou technologii. [42]

U stávajícího rodinného domu lze navrhnout tepelné čerpadlo pro vytápění a ohřev vody.

## Závěr

Pro bakalářskou práci byl vybrán obvyklý rodinný dům se zahradou v zastavěné části Přerova.

Pomocí výpočtu byly zjištěny případné roční náklady na vytápění zemním plynem, dřevem a elektřinou zvoleného domu. Ekonomicky nejvýhodnější varianta je vytápění dřevem, jedná se o částku 12 759 Kč - 22 328 Kč za rok.

Součinitel prostupu tepla domu nevyhovuje požadovanému součiniteli pro obvyklé rodinné domy. Aby tato hodnota  $U$  vyhovovala, je potřeba obvodový plášť a strop mezi vytápěným a nevytápěným prostorem doplnit tepelnou izolací tloušťky alespoň 100 mm.

V teoretické části byly definovány nejdůležitější obnovitelné zdroje elektřiny a v praktické části bylo uvedeno, zda je možné tuto variantu aplikovat na stávající dům. Dále bylo zmíněno i případné vhodné umístění.

Z vybraného obvyklého rodinného domu v současné době není možné vytvořit zcela energeticky soběstačnou stavbu. Pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu po 1.1.2014 není již žádná podpora a to ani formou zeleného bonusu, ani formou výkupních cen. Ostatní varianty využití obnovitelného zdroje k výrobě elektřiny jsou pro stávající dům nevhodné.

Ze stávající stavby by bylo velmi obtížné a finančně náročné vytvořit pasivní stavbu. Domy mají potřebu tepla na vytápění  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  a této hodnoty by nejspíš nebylo ani možné dosáhnout. Definice pasivního domu je uvedena v teoretické části práce. V současnosti při výstavbě pasivního domu můžeme získat státní podporu až ve výši 550 000 Kč, podmínkou je však instalace nuceného větrání s rekuperací tepla.

Obvyklý dům lze předělat na nízkoenergetickou stavbu. Bude potřeba vyměnit stará okna za nová s požadovaným součinitelem prostupu tepla  $U = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . a obvodové stěny a stropy mezi vytápěným a nevytápěným prostorem zateplit, tak aby konstrukce splnily požadovanou hodnotu  $U = 0,12$ . Pro zateplení domu a výměnu oken můžeme obdržet finanční podporu ve výši až 50 %.

Novostavba je energeticky soběstačná, jestliže nemá potřebu dodávek energie ze zdrojů mimo budovu. Musí mít k dispozici nějaký obnovitelný zdroj elektřiny. Pro uvedení fotovoltaické elektrárny a bioplynové stanice do provozu po 1.1.2014 není již žádná státní podpora. Elektřina nelze prodávat a musí být spotřebována v okamžik, kdy je vyrobena. Při uvedení větrné a vodní elektrárny do provozu v tomto je možné získat státní podporu. Stavby elektrárny musí samozřejmě splňovat požadavky, které jsou uvedeny v teoretické části bakalářské práci. Pro úplnou energetickou soběstačnost je potřeba velký pozemek pro pěstování dřevin, které se bude následně požívat jako topné palivo.

Stávající obvyklý rodinný dům doporučuji přeměnit na nízkoenergetickou stavbu. Bude potřeba vyměnit okna, aby splňovala doporučenou hodnotu  $U = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Tuto hodnotu splňuje okno s izolačním trojsklem. Obvodové stěny a stropy mezi vytápěným a nevytápěným prostorem se opatří tepelnou izolací tloušťky 300 mm. Součinitel prostupu tepla u těchto konstrukcí pak bude mít hodnotu  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Jako nejvhodnější varianta vytápění se jeví koupě dřevěného paliva, které lze skladovat ve sklepě. Cena dřeva za jeden rok pro nízkoenergetické stavby není vyšší než 7 974 Kč. Výhodná investice je také zrealizování tepelného čerpadla pro ohřev vody a vytápění. Díky programu Nová zelená úsporám, je možné získat státní podporu pro zateplení domu, výměny oken i na tepelné čerpadlo.



## Seznam použité literatury

- [1] HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999, 353 s. ISBN 80-716-9657-9.
- [2] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 193 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [3] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [4] Wikipedia. *Energetická nezávislost*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Energetick%C3%A1\\_nez%C3%A1vislost](http://cs.wikipedia.org/wiki/Energetick%C3%A1_nez%C3%A1vislost)
- [5] Energeticky soběstačný dům. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.energeticky-sobestacny-dum.cz/>
- [6] ABS portál. *Energeticky soběstačný dům*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/jak-postavit-energeticky-sobestacny-dum>
- [7] Energie 21. *Energetická soběstačnost obcí*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://energie21.cz/slozita-cesta-k-energeticke-sobestacnosti/>
- [8] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům - realita, či fikce?*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, viii, 92 s. 21. století. ISBN 80-736-6052-0. Dřív 5!!!!!!
- [9] Ekowatt. *Výroba elektřiny*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/energie-slunce---vyroba-elektriny>
- [10] Ekowatt. *Zásady výstavby pasivních domů*. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-pasivnich-domu>
- [11] Ekowatt. *Energie větru*. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vetru>
- [12] Na zeleno. *Vodní energie*. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vodni-energie.dic>
- [13] Ekowatt. *Energie biomasy*. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>
- [14] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení

- [15] Ekowatt. *Energetická bilance domu*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/uspory/energeticka-bilance-domu.shtml>
- [16] Inkapo. *Tepelná ochrana budov*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: [http://www.inkapo.cz/csn-730540-2\\_2011](http://www.inkapo.cz/csn-730540-2_2011)
- [17] TREUOVÁ, Lea. *Součinitel prostupu tepla*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/BT03\\_S/1\\_Soucinitel\\_prostupu%20U\\_bt03.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/BT03_S/1_Soucinitel_prostupu%20U_bt03.pdf)
- [18] TZB info. *Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii>
- [19] Alternativní zdroje. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/>
- [20] Solární energie. *Zelený bonus*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://solarnienergie-cz.webnode.cz/zeleny-bonus-jak-funguje/>
- [21] Jak na zelenou. *Dotace na zateplení domu*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/dotace-na-zatepleni-domu/>
- [22] Jak na zelenou. *Dotace na výměnu oken*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/dotace-na-vymenu-oken/>
- [23] Jak na zelenou. *Dotace na úsporné kotle*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/dotace-na-usporne-kotle/>
- [24] Jak na zelenou. *Dotace na tepelná čerpadla*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/dotace-na-tepelna-cerpadla/>
- [25] Jak na zelenou. *Dotace na výstavbu nízkoenergetických domů*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/dotace-na-vystavbu-nizkoenergeticky-domu/>
- [26] Vytápění TZB info. *Výhřevnosti paliv*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
- [27] E zemní plyn. *Cena zemního plynu za m<sup>3</sup>*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.ezemniplyn.cz/cena-zemniho-plynu-za-1m3/>

- [28] Váš dřevník. *Cena štípaného dřeva - dub rovnatý*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.vasdrevnik.cz/ceniky/Vasdrevnik.cz-Cenik-stipaneho-dreva-dub-rovnany.pdf>
- [29] Finanční noviny. *Cena elektřiny za kWh*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.financninoviny.cz/zpravy/kolik-v-prumeru-zaplatite-za-kwh-elektřiny-v-roce-2014-/1075861>
- [30] Finanční noviny. *Cena elektřiny za kWh*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: [http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068\\_katalog.html](http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html)
- [31] Alternativní zdroje. *Větrné elektrárny*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z <http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektřarny.htm>
- [32] Ekolid. *Větrné elektrárny*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/vetrne-elektřarny-prehled-ceniku/>
- [33] Energetický regulační úřad. *Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: [http://www.eru.cz/documents/10540/462894/CR\\_POZE\\_04\\_2013.pdf/fcc8b49f-c021-475a-b3b7-a375e0074b84](http://www.eru.cz/documents/10540/462894/CR_POZE_04_2013.pdf/fcc8b49f-c021-475a-b3b7-a375e0074b84)
- [34] Na zeleno. *Vodní energie*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z <http://www.nazeleno.cz/vodni-energie.dic>
- [35] Ekowatt. *Energie slunce*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---slunecni-teplo-ohrev-vody-a-vzduchu>
- [36] Ekobydlení. *Solární elektrárny*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/solarni-elektřarny/kolik-elektřiny-vyrobi-solarni-panel-vyplati-se>
- [37] Ekobydlení. *Solární elektrárny*. [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/solarni-elektřarny/provozovatele-solarnich-elektřaren-zaluzi-stat-a-pozaduji-33-mld#comments>
- [38] Energetický. *Dřevo*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://energeticky.cz/61-drevo.html>
- [39] Ekowatt. *Energie biomasy*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>

[40] Ekolid. *Bioplynová elektrárna*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/bioplynova-elektrarna-vyplati-se/>

[41] TZB info. *Ukončení podpory obnovitelných zdrojů*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-obnovitelna-energie/10336-senat-posvetil-ukonceni-podpory-obnovitelnych-zdroju>

[42] Alternativní zdroje. *Tepelná čerpadla*. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/tepelna-cerpadla-otec.htm>

## **Seznam použitých zkratek**

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| EU  | Evropská unie              |
| TZB | technické zařízení budov   |
| ČR  | Česká republika            |
| RD  | rodinný dům                |
| OZE | obnovitelné zdroje energie |
| ERÚ | energetický regulační úřad |

## Seznam obrázků

- 2 – 1 Vzduchový kolektor podle E. S. Morse z roku 1882 v třech provozních stavech
- 2 – 2 Slavný dům MIT s 38m<sup>2</sup> slunečních kolektorů a 66 m<sup>3</sup> vodního zásobníku
- 2 – 3 Fotovoltaický panel integrovaný do střešní krytiny
- 2 – 4 Fotovoltaický panel na terénu
- 2 – 5 Model aktivního rodinného domu
- 3 – 1 Příklad různých konstrukcí se součinitelem prostupu tepla  $U < 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- 3 – 2 Zastínění oken
- 4 – 4 Fotovoltaický systém ostrovního provozu
- 6 – 1 Energetické toky pro sestavování bilance
- 6 – 2 Bilance spotřeby tepla na vytápění – příklad
- 8 – 1 Rodinný dům v Přerově
- 8 – 2 Zahrada rodinného dům v Přerově

## Seznam tabulek

- 2 – 1 Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění
- 3 – 1 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům
- 4 – 1 Energie slunečního záření dopadající na různě orientované svislé plochy v ročním průměru a v zimě – ve srovnání s vodorovnou plochou
- 4 – 2 Energetické plodiny
- 4 – 3 Základní technologie zpracování a příprava ke spalování
- 5 – 1 Akumulace tepla v různých stavebních materiálech
- 6 – 1 Energetické ztráty
- 6 – 2 Energetické zisky
- 6 – 3 Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění
- 8 – 1 Porovnání roční spotřeby rodinného domu
- 8 – 2 Porovnání potřeby zemního plynu a dřeva rodinného domu
- 8 – 3 Porovnání ročních nákladů na vytápění zemním plynem, dřevem a elektřinou
- 8 – 4 Součinitelé prostupu tepla konstrukcí u stávajícího domu
- 8 – 5 Součinitelé prostupu tepla konstrukcí po úpravě stávajícího domu na nízkoenergetický
- 8 – 6 Hlavní požadavky pro zrealizování větrné elektrárny
- 8 – 7 Hlavní požadavky pro zrealizování vodní elektrárny
- 8 – 8 Hlavní požadavky pro zrealizování fotovoltaiky
- 8 – 9 Vyrobena energie pomocí fotovoltaiky
- 8 – 10 Hlavní požadavky pro vytápění dřevem
- 8 – 11 Hlavní požadavky pro pěstování energetických plodin
- 8 – 12 Hlavní požadavky pro zrealizování bioplynové elektrárny