

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství
studijní obor: P - Projektový management a inženýring
akademický rok: 2014/2015

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Martin Šenberk
Zadávací katedra: Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví
Vedoucí diplomové práce: Ing. Iveta Střelcová
Název diplomové práce: Ekonomické porovnání pasivního a klasického rodinného domu
Název diplomové práce
v anglickém jazyce: Economic comparison of passive and classic house

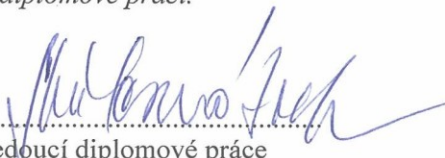
Rámcový obsah diplomové práce: legislativní rámec EU a ČR
investiční náklady pasivního a klasického rodinného domu
ekonomické vyhodnocení

Datum zadání diplomové práce: 22. září 2014 Termín odevzdání: 19. prosince 2014

Diplomovou práci lze zapsat, kromě oboru A, v letním i zimním semestru.


Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu diplomovou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998 (SZŘ ČVUT čl 21, odst. 4).

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.


.....
vedoucí diplomové práce


.....
vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: 6.10.2015


.....
diplomant

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání DP na studijní oddělení a provede zápis údajů do informačního systému fakulty KOS. (zadání v elektronické podobě zašlete na adresu zita.prostejovska@fsv.cvut.cz)

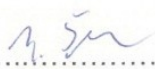
DP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student DP zapsanou.

(Směrnice děkana pro realizaci stud. programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5, odst. 7)

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou (bakalářskou) práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v seznamu použitých zdrojů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 1.1.2015


.....
podpis

**Ekonomické porovnání pasivního a
klasického rodinného domu**

**Economic comparison of passive and classic family
house**

Anotace

Cílem diplomové práce je zjistit zda je výhodnější investovat do pasivního domu nebo zda je lepší pořídit klasický objekt s menší tepelnou izolací a klasickým vytápěním.

Porovnání se provádí u čtyř variant rodinného domu, lišící se zejména zdroji tepla a obálkou budovy. Pro všechny varianty byli stanoveny základní rozpočtové náklady, náklady na vytápění, náklady na údržby a opravy zařízení pro vytápění, náklady na obnovu zdroje tepla a náklady na renovaci.

Nakonec bylo provedeno ekonomické vyhodnocení všech variant, ze kterého nejlépe vyšla varianta domu nesplňující požadavky na pasivní dům vytápěná plynovým kotlem.

Klíčová slova

energie, nízkoenergetický dům, zdroj tepla, tepelné ztráty, náklady

Annotation

The aim of this diploma thesis is to find out if is better to invest in passive house or if is better to buy a classic building with less thermal insulation and classic heating.

The comparison is performed in four variants of the house, differing in main heat source and building envelope. it was determined basic budgetary costs, heating costs, costs of maintenance and repair of heating equipment, the cost of restoring heat and renovation costs, for all variants.

Finally, it was done the economic evaluation of all options, which says the best variant is house, that do not meet the requirements for a passive house and is heated by gas boiler.

Key Words

energy, low-energy house, a heat source, heat losses, costs

Obsah:

1. úvod	3
2. Ekonomické porovnání pasivního a nízkoenergetického domu.....	4
2.1 Legislativa	4
2.1.1 Sdělení komise Evropa 2020	4
2.1.2 Směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU	5
2.1.3 Směrnice Evropského parlamentu a rady 2012/27/EU	8
2.1.4 ČSN ISO 15804+A1	9
2.1.5 Zákon č.406/2000 Sb. O hospodaření energií	11
2.1.6 Vyhláška č. 78/2013 o energetické náročnosti budov	13
2.1.7 Vyhláška č. 480/2012 o energetickém auditu a energetickém posudku 15	
2.2 Výpočty	16
Výpočet tepelných ztrát	16
2.2.1 Součinitel prostupu tepla	16
2.2.2 Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru ¹²	19
2.2.3 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla	22
2.2.4 Návrhová tepelná ztráta větráním	25
2.2.5 Výpočet roční potřeby tepla	27
2.2.6 Roční potřeba tepla pro vytápění	27
2.2.7 Výpočet množství paliva pro vytápění	28
2.2.8 Výpočet primární energie	29
2.3 Budovy s velmi nízkou energetickou náročností	30
2.3.1 Nízkoenergetické budovy	30
2.3.2 Pasivní budovy	30
2.3.3 Energeticky nulové budovy	32
2.3.4 Energeticky nezávislé budovy	33
2.4 Zdroje tepla	34
2.4.1 Zdroje tepla	34
2.4.2 Zdroje tepla na elektřinu	34
2.4.3 Plynové a olejové zdroje tepla	35
2.4.4 Zdroje na tuhá biopaliva	37
2.4.5 Tepelná čerpadla	38

2.4.6	Solární tepelné soustavy	40
2.4.7	Akumulace tepla	42
2.5	Popis objektu.....	43
2.5.1	Popis objektu	43
2.5.2	Popis jednotlivých variant	46
2.6	Ekonomické vyhodnocení	47
2.6.1	Výpočet součinitele prostupu tepla	50
2.6.2	Určení tepelných ztrát objektu	53
2.6.3	Výpočet roční spotřeby energie	54
2.6.4	Spotřeba paliv a elektrické energie.....	56
2.6.5	Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody	57
2.6.6	Ekonomické vyhodnocení.....	59
3.	Závěr.....	63
4.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
5.	SEZNAM GRAFŮ, TABULEK, OBRAZKŮ, ZKRATEK.....	66
6.	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

1. úvod

Cílem práce je posouzení nákladů na pasivní dům ve srovnání s domem klasickým. Náklady se budou porovnávat jak z hlediska pořizovacích nákladů, tak z hlediska provozních nákladů na vytápění.

Podkladem pro diplomovou práci bude projekt pasivního domu, na který se zpracuje položkový rozpočet stavebního objektu. Budou spočítány náklady na roční výdaje týkající se vytápění.

Poté se projekt pasivního domu upraví tak, aby nevyhovoval požadavkům pasivních domů (snížení tloušťky izolací, použití jiných výplní otvorů, jiná otopná soustava). Na tento dům se spočítají tepelné ztráty, navrhne jiná otopná soustava a vypočítají se roční náklady na vytápění.

U obou projektů přibude další alternativa hlavního zdroje tepla, ke které se také spočítají pořizovací náklady a náklady na vytápění.

Nakonec se porovná ekonomická výhodnost všech alternativ.

2. Ekonomické porovnání pasivního a klasického rodinného domu

2.1 Legislativa

2.1.1 Sdělení komise Evropa 2020

V březnu roku 2010 vydává komise sdělení Evropa 2020, strategii pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění. Sdělení komise je reakcí na světovou finanční krizi z roku 2008. Ve sdělení je uvedeno, že by Evropská unie z krize měla vyjít posílena, což bude mít základní vliv na budoucnost v dlouhodobém horizontu. Aby toto posílení bylo možné, je předložena strategie Evropa 2020, která se skládá ze tří hlavních pilířů.¹

- Inteligentní růst: rozvíjet ekonomiku založenou zejména na znalostech a inovacích.
- Udržitelný růst: podporovat konkurenceschopnou a ekologickou ekonomiku.
- Růst podporující začlenění: podporovat ekonomiku s nízkou nezaměstnaností.

Součástí strategie Evropa 2020 je také pět měřitelných cílů, kterých chce Evropská unie do roku 2020 dosáhnout¹

- 75% - ní zaměstnanost obyvatelstva ve věku od 20 do 64 let.
- Investovat 3% HDP do výzkumu a vývoje.
- **Dosažení cílů 20-20-20.**
- Podíl předčasně ukončujících základní školu menší než 10 %.
- Snížit počet lidí ohrožených chudobou o 20%.

¹ Evropská unie. Sdělení komise Evropa 2020: Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění. In: Brusel, 2010. [online]. [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://www.vlada.cz>

Cíle 20-20-20

1. Snížení emisí skleníkových plynů v porovnání s rokem 1990.
2. Zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie v energetickém mixu evropské unie na 20%.
3. Zvýšení energetické účinnosti o 20% v porovnání s rokem 1990.

Na tyto cíle navazují další směrnice a ustanovení Evropské unie, které velkou měrou ovlivňují sektor stavebnictví ve velkém rozsahu.

2.1.2 Směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU

Směrnice o energetické náročnosti budov, nahrazuje směrnicí 2002/91/ES. Podíl budov na celkové spotřebě energie v unii je 40%, tedy velmi vysoký a navíc se toto odvětví rozrůstá, což má za následek i zvyšování spotřeby energie. Pro Evropskou unii je tedy velice důležité využívání energie z obnovitelných zdrojů v oblasti budov a snižování spotřeby energie v tomto sektoru, které by mělo vést ke snižování emise skleníkových plynů.²

Směrnice neudává přesné požadavky pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie, pouze říká, že jejich energetická náročnost by měla být minimální a ve velkém rozsahu kryta z obnovitelných zdrojů.²

Energetická náročnost budovy- množství energie potřebné pro užívání budovy zahrnuje mimo jiné energii pro vytápění, chlazení, osvětlení, větrání a ohřev teplé vody.²

Energie z obnovitelných zdrojů- energie získaná z nefosilných zdrojů jako jsou větrné, geotermální a hydrotermální zdroje, energie z oceánů, biomasy, skládkového a kalového plynu a bioplynu.²

Jmenovitý výkon- výkon stanovený výrobcem, kterého lze dosáhnout při stálém provozu a za předepsané účinnosti²

Tepelné čerpadlo- zařízení, které odebírá teplo z vnějšího prostředí (voda, země vzduch) a předává ho do budov nebo dalších zařízení. Někdy může být tok tepla obrácený.²

² Evropská unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU: o energetické náročnosti budov. In: 2010, L153.

Článek 3 - Přijetí výpočtu energetické náročnosti budovy

Určuje se na základě vypočtené nebo skutečné roční spotřeby energie budovy. Energetická náročnost budovy musí být vyjádřena jasným způsobem a zahrnovat ukazatel energetické náročnosti budovi.²

Metoda výpočtu energetické náročnosti budovy musí zohledňovat následující kritéria.

- Skutečné vlastnosti budovy včetně vnitřních konstrukcí, kterými jsou: tepelná kapacita, izolace, pasivní vytápění, prvky chlazení, tepelné mosty.
- Zařízení pro vytápění a zásobování vodou.
- Zařízení pro klimatizaci.
- Přirozené a nucené větrání včetně průvzdušnosti.
- Zařízení pro osvětlení.
- Orientace, konstrukce a způsob umístění budovy.
- Solární systémy a ochrana proti slunci.
- Vnitřní podmínky a návrhové hodnoty.
- Spotřebu energie.

Článek 4- Stanovení minimálních požadavků na energetickou náročnost

Minimální požadavky na energetickou náročnost budov musí být stanoveny tak, aby bylo dosaženo optimální úrovně nákladů. Minimální požadavky se přezkoumávají jednou za pět let, tak aby byly aktuální. Tyto minimální požadavky neplatí pro budovy, které mají zvláštní architektonickou nebo historickou hodnotu, budovy pro bohoslužby či jiné náboženské účely, budovy s dobou užívání do dvou let, obytné budovy určené k užívání kratší dobu než čtyři měsíce v roce a budovy s celkovou užžitnou podlahovou plochou menší než 50 m².²

Článek 6- nové budovy

Členské státy zajistí, aby nové budovy splňovaly požadavky stanovené článkem 4.²

² Evropská unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU: o energetické náročnosti budov. In: 2010, L153.

Článek 7- stávající budovy

Pokud u stávajících budov probíhá renovace většího rozsahu, ČS zajistí aby tyto budovy, nebo jejich renovované části také splňovaly požadavky stanovené článkem 4.²

Článek 9- budovy s téměř nulovou spotřebou energie

Do 31.12.2020 musí všechny nové budovy splňovat požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Pro nové budovy vlastněné a užívané orgány veřejné moci toto platí do 31.12.2018. Členské státy musí vypracovat plán pro zvýšení počtu budov s téměř nulovou spotřebou energie.²

Článek 10 - finanční pobídky a překážky trhu

Do 30.6.2011 vypracují ČS seznam opatření a nástrojů finanční povahy, tak aby podporovaly cíle této směrnice.²

Článek 11- certifikáty energetické náročnosti

Členské státy zavedou certifikáty energetické náročnosti, které budou obsahovat energetickou náročnost a referenční hodnoty (minimální požadavky). Mohou dále obsahovat hodnoty jako je roční spotřeba energie a procentuální podíl energie z obnovitelných zdrojů k celkové spotřebě. Pokud to bude možné, certifikát bude obsahovat doporučení na zlepšení energetické náročnosti budovy. Doporučení se může týkat například renovace obvodového pláště budovy, renovace různých systémů budovy, nebo se může týkat pouze jen některých prvků v budově. Platnost certifikátu nesmí překročit deset let.²

Článek 12 - vydávání certifikátu energetické náročnosti budovy

Certifikát bude vydáván pro budovy nové, prodávané nebo pronajímané novému nájemníkovi a pro budovy, které disponují celkovou užitkovou podlahovou plochou větší než 500m² a jsou v užívání orgánu veřejné moci. Certifikát musí být novému nájemci či vlastníkovi předložen či předána kopie.²

Článek 14 - inspekce otopných soustav

² Evropská unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU: o energetické náročnosti budov. In: 2010, L153.

Členské státy zajistí pravidelné inspekce k přístupným částím otopných soustav se jmenovitým výkonem vyšším než 20kW.²

Článek 17- nezávislí odborníci

Členské státy zajistí, aby certifikáty energetické náročnosti byly vystavovány nezávislymi odborníky, kteří budou kvalifikováni a akreditováni pro tuto činnost.

2.1.3 Směrnice Evropského parlamentu a rady 2012/27/EU

Cíle směrnice - tato směrnice zavádí společný rámec opatření na podporu energetické účinnosti v Unii. Cílem je zajistit do roku 2020 splnění hlavního 20% cíle Unie pro energetickou účinnost .

Směrnice zajistí stanovení orientačních cílů v oblasti energetické účinnosti do roku 2020. Členské státy mohou zavést přísnější opatření než tato směrnice, avšak nemohou být v rozporu s unijním právem.

Cíl- spotřeba primární energie unie v roce 2020 nesmí překročit 1474 Mtoe, nebo spotřeba konečné energie nesmí překročit 1087 Mtoe. Každý členský stát stanoví do 30.4.2014 strategii jak tohoto cíle dosáhnout a tato strategie bude každé tři roky aktualizována.³

Primární spotřeba energie - spotřeba energie, která neprošla žádným procesem přeměny; celková primární energie je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie.⁴

Konečná spotřeba energie - energie dodávaná odvětvím jako doprava, služby, průmysl, zemědělství a domácnosti.³

Mtoe - ekvivalent energie rovnající se spálením jednoho milionu tun ropy.

³ Evropská unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/27/EU: o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES. In: 2012, L315. [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>

⁴ Energetická náročnost budov: definice pojmů. [online]. [cit. 2014-10-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>

Článek 4 - Renovace budov

Členské státy přijmou dlouhodobou strategii za účelem uvolnění investic do renovace vnitrostátního fondu budov (veřejný i soukromý sektor). První verze strategie musela být zveřejněna do 30.4.2014.³

Článek 5 - příkladná úloha budov veřejných objektů

Od 1.1.2014 musí každý členský stát ročně renovovat 3% podlahové plochy vytápěných nebo chlazených objektů ve vlastnictví a užívání ústředních vládních institucí. To platí pro objekty s celkovou užitnou podlahovou plochou nad 500m². Od 9.7 2015 nastane změna, při které se sníží hranice na hodnotu 250m². Renovace musí splňovat požadavky dané článkem 4 ve směrnici 2010/31/EU.³

Článek 7- systém povinného zvyšování energetické účinnosti

Každý členský stát vytvoří systém zvyšování energetické účinnosti tak, aby všichni distributoři a maloobchodní prodejci energie dosáhli každý rok úspor ve výši 1,5% objemu ročního prodeje energie.³

Jsou dva možné přístupy.

- Pro distributory a maloobchodní prodejce- prostřednictvím poradenských služeb.
- Pro ČR- prostřednictvím zákonů a práva (např. dotace).

Další články pojednávají například o zavedení měření skutečně spotřebované energie v domácnostech, o snadném a bezplatném přístupu k těmto změřeným informacím. Dále o sankcích a o posouzení potenciálu kombinované výroby elektřiny a tepla v oblasti zvýšení energetické účinnosti.

2.1.4 ČSN ISO 15804+A1

Tato evropská norma poskytuje základní pravidla pro všechny stavební výrobky a služby. Poskytuje návod, který zajistí, že budou všechna environmentální

³ Evropská unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/27/EU: o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES. In: 2012, L315. [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>

prohlášení o produktu (EPD) pro stavební výrobky, stavební služby a stavební procesy získávána a ověřována.

Environmentální prohlášení o produktu nese informace, které jsou přesné, dají se ověřit a jsou nezavádějící. Použití EPD (prohlášení o produktu) podporuje neustálé zlepšování v environmentální oblasti. V EPD jsou informace týkající se emisí, které mají vliv na lidské zdraví, půdu a vodu.

V normě je definován způsob, jak mají být výrobky a služby posouzeny a prezentovány. Popisuje jednotlivá stádia životního cyklu a rozděluje je na jednotlivé procesy, dále obsahuje pravidla pro vývoj scénářů a způsob výpočtu LCI (life cycle inventory) a LCIA (life cycle impact assessment). Jsou zde zakotveny pravidla pro podávání zpráv a informací, které se týkají životního prostředí a lidského zdraví a podmínky na základě kterých může být produkt porovnán. Typy jednotlivých EPD jsou rozděleny podle stádií životního cyklu produktu.

- Produkt - získávání surovin, doprava, výroba.
- Výstavba - doprava, výstavba/instalace.
- Užití - užití, údržba, oprava, renovace, provozní spotřeba energie, provozní spotřeba vody.
- Konec života- demolice, doprava, nakládání s odpadem, skládka.

Každý typ zahrnuje veškerou spotřebu energie, vody a všech materiálů, včetně nakládání s odpadem, vztahující se k danému stádiu životního cyklu. V EPD jsou také posouzeny dopady na životní prostředí a to v několika kategoriích.

Jednotlivé kategorie dopadu:

- globální oteplování,
- poškození ozonové vrstvy,
- acidifikace půdy a vody,
- eutrofizace,
- tvorba fotooxidantů,
- čerpání abiotických zdrojů.

Každé EPD obsahuje: obecné informace o produktu, prohlášení o environmentálních charakteristikách, scénáře a doplňující informace, informace o nebezpečných látkách.⁵

⁵ ČSN EN 15804 +A1. *Udržitelnost staveb: Environmentální prohlášení o produktu*. 2014.

2.1.5 Zákon č.406/2000 Sb. O hospodaření energií

Zákon č.406/2000 v sobě implementuje evropskou směrnici 2010/31/eu. Zákon stanovuje pravidla pro tvorbu státní energetické koncepce, opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a požadavky na energetické štítky produktů spojených se spotřebou energie.

U kotlů s výkonem nad 20 kW musí zajistit vlastník pravidelnou kontrolu, jejímž výsledkem je písemná zpráva. Stejnou povinnost má vlastník klimatizačního systému s výkonem nad 12 kW. Tuto kontrolu provádí energetický specialista. Tato povinnost se však neváže na rodinné domy, stavby, byty a domy pro rodinnou rekreaci, které nejsou využívány výhradně pro podnikatelskou činnost.⁶

§7 Snižování energetické náročnosti budov

Energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie musí splňovat nové budovy jejichž vlastníkem a uživatelem je orgán veřejné moci a jejichž celková energeticky vztažná plocha je větší než 1500m² (od 1.1.2016), 350m² (od 1.1.2017), menší než 350m² (od 1.1.2018). Dále energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie musí splňovat nové budovy s celkovou energetickou vztažnou plochou nad 1500m² (od 1.1.2018), s plochou nad 350m² (od 1.1.2019) a všechny budovy od 1.1.2020. Nově vzniklé budovy se také musí prokázat průkazem energetické náročnosti budovy, který bude obsahovat technické, ekonomické, a ekologické posouzení včetně proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie. Toto nařízení platí také pro dokončené budovy, u kterých je provedena větší změna. Nové budovy musí být dále vybaveny přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie konečným uživatelům. Vlastník či stavebník nové budovy musí zajistit, aby při užívání budovy nebyly překročeny měrné ukazatele spotřeby tepla.⁶

Tato ustanovení neplatí pro budovy:

- s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 50m²,
- které jsou kulturní památkou, nebo jsou v památkové zóně či rezervaci,
- navrhované a obvykle užívané pro bohoslužby a pro náboženské účely,
- budovy určené pro rodinnou rekreaci,

⁶ Česká republika. Zákon č.406/2000 sb.: o hospodaření energií. In: 2000.

- v kterých jsou výrobní, průmyslové a zemědělské provozy a mají spotřebu energie menší než 700GJ ročně,
- u kterých se vlastník či stavebník budovy prokáže energetickým auditem, že to není technicky nebo ekonomicky vhodné.

§7a Průkaz energetické náročnosti budovy

Stavebník nebo vlastník budovy je povinen zajistit zpracování průkazu energetické náročnosti budovy u budov nových či u budov u kterých je provedena větší změna.

Toto nařízení platí zejména pro budovy:

- užívané orgánem veřejné moci (od 1.7.2013) s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500m²
- užívané orgánem veřejné moci (od 1.7.2015) s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250m²
- bytové či administrativní s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1500 m² (do 1.1.2015)
- bytové či administrativní s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1000 m² (do 1.1.2017)
- bytové či administrativní s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 1000 m² (do 1.1.2017)

Dále je vlastník či společenství vlastníků povinno nechat si vypracovat průkaz při:

- prodeji celé či ucelené části budovy
- pronájmu budovy
- pronájmu ucelené části budovy (od 1.1.2016)

Průkaz platí deset let a musí být zhotoven pouze příslušným energetickým specialistou, či osobou usazenou v jiném členském státě Evropské unie, která je oprávněna k provedení takového úkonu podle právních předpisů daného členského státu.⁶

§8 Energetické štítky

Výrobky spojené se spotřebou energie, na které se vztahují požadavky na označování energetickými štítky a dodání informačních listů, stanoví přímo použitelný předpis Evropské unie nebo právní předpis členského státu.⁶

⁶ Česká republika. Zákon č.406/2000 sb.: o hospodaření energií. In: 2000.

Technická dokumentace produktu musí obsahovat:

- popis výrobku
- výpočty, pokud je tak stanoveno právním předpisem
- zápisy o vykonaných zkouškách
- výpočty nebo odvození informací, které byly získány formou zkoušek podobných výrobků

§9 Energetický audit

Stavebník či vlastník budovy je povinen si pro budovu nechat vypracovat energetický audit v případě že:

- budova má za poslední dva roky vyšší spotřebu energie než je stanovena zvláštním předpisem
- proběhla větší změna a nevyhovuje požadavkům na energetickou náročnost budovy

Audit je zpracováván energetickým specialistou, či osobou v jiném členském státě, která je v daném státě oprávněna k takovému výkonu.⁶

2.1.6 Vyhláška č. 78/2013 o energetické náročnosti budov

Tato vyhláška řeší především směrnici evropské unie 2010/31/eu.⁷

§3 ukazatel energetické náročnosti budovy a jejich stanovení

Energetická náročnost budovy se měří podle několika ukazatelů

- Celková primární energie za rok
- Neobnovitelná energie za rok
- Celková dodaná energie za rok
- Dílčí dodané energie za rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla

⁶ Česká republika. Zákon č.406/2000 sb.: o hospodaření energií. In: 2000.

⁷ Česká republika. Vyhláška č. 78/2013 Sb.: o energetické náročnosti budov. In: 2013. [online]. [cit. 2014-11-1]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-78-2013-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>

- Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí
- Účinnost technických systémů

§4 výpočet dodané energie

Dodaná energie se vypočte jako součet vypočtené spotřeby energie a pomocné energie. Celková dodaná energie se vypočte součtem jednotlivých dodaných energií a vyjádří se také pomocí jednotlivých energonositelích.

Dílčí dodané energie:

- na vytápění
- na chlazení
- na větrání
- na úpravu vlhkosti vzduchu
- na přípravu teplé vody
- na osvětlení

Při využití tepelného čerpadla se počítá s rozdílem tepla, které tepelné čerpadlo dodává a energie kterou tepelné čerpadlo potřebuje na svůj provoz.⁷

§5 výpočet primární energie

Celková primární a celková primární neobnovitelná energie se vypočítá jako suma součinu jednotlivých energonositelů a jejich faktorů.⁷

§6 Posouzení proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie

Jako alternativní systém dodávek energie se rozumí:

- systém dodávky energie, který využívá obnovitelných zdrojů
- systém využívající kombinované výroby tepla a elektrické energie
- systém dodávající tepelnou energii
- systém s tepelným čerpadlem

Posouzení se týká:

1. technické stránky systému

⁷ Česká republika. Vyhláška č. 78/2013 Sb.: o energetické náročnosti budov. In: 2013. [online] [cit. 2014-11-1]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-78-2013-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>

2. ekonomické stránky systému
3. ekologické stránky systému

2.1.7 Vyhláška č. 480/2012 o energetickém auditu a energetickém posudku

Tato vyhláška stanovuje rozsah a obsah energetického auditu a posudku. Povinnost zpracování energetického auditu platí pro právnické i fyzické osoby a to v případě, že vlastní budovy s celkovou spotřebou 35 000 GJ/rok (u budov organizačních složek států, krajů obcí je tato hodnota rovna 1500GJ/rok) celkem za všechny budovy a že daná budova (nebo energetické hospodářství) má větší celkovou spotřebu energie než 700 GJ/rok.⁸

Energetický audit obsahuje:

- titulní list
- identifikační údaje
- popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu
- vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu
- návrhy opatření ke zvýšení účinnosti užití energie
- varianty z návrhu jednotlivých opatření
- výběr optimální varianty
- doporučení energetického specialisty
- evidenční list energetického auditu
- kopii dokladu o vydání oprávnění dle zákona 406/2000 sb.

V návrhu jednotlivých opatření musejí být zejména roční úspory energie v porovnání se stávajícím stavem, finanční náročnost opatření, porovnání provozních nákladů před a po opatření. Z daného návrhu na opatření se vypracují nejméně dvě varianty. Tyto varianty musí také obsahovat ekonomické vyhodnocení zahrnující například dobu návratnosti investice, čistou současnou

⁸ Česká republika. Vyhláška č. 480/2012: o energetickém auditu a energetickém posudku. In: 2012. [online]. [cit. 2014-11-7]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-480-2012-sb-o-energetickem-auditu-a-energetickem-posudku>

hodnotu a vnitřní výnosové procento. Dále musí obsahovat ekologické vyhodnocení, stanovení okrajových podmínek a celkovou energetickou bilanci. Výsledná varianta se vybere dle ekonomického vyhodnocení s ohledem na úsporu energie a ekologického vyhodnocení a také dle kritérií dotačních programů.

Povinnost pro vypracování energetického posudku není uvedena.

Energetický posudek obsahuje:

- titulní list
- účel zpracování
- identifikační údaje
- stanovisko energetického specialisty
- evidenční list energetického posudku
- kopii dokladu o vydání oprávnění pro osoby dle platného právního předpisu

Součástí stanoviska energetického specialisty je stanovení výsledku posudku, vyhodnocení plnění parametrů, doporučená opatření, vyhodnocení podkladů, vyhodnocení provedených opatření, vyhodnocení dosahování limitů a závěrečný výrok o naplnění energetického posudku.⁸

2.2 Výpočty

Výpočet tepelných ztrát

V celkové spotřebě energie hraje velice důležitou roli spotřeba energie potřebná na vytápění objektu, se kterou jsou spjaty tepelné ztráty budovy.

2.2.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel nám udává množství tepla, které projde danou konstrukcí za 1 sekundu při rozdílu teplot 1 K.

⁸ Česká republika. Vyhláška č. 480/2012: o energetickém auditu a energetickém posudku. In: 2012. [online]. [cit. 2014-11-7]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-480-2012-sb-o-energetickem-auditu-a-energetickem-posudku>

Výpočet součinitele prostupu tepla pro neprůsvitné části: ⁹

$$U = \frac{1}{R_{si} + \Sigma R_n + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \Sigma \frac{S_n}{\lambda_n} + R_{se}}$$

- U součinitel prostupu tepla [w/m²*K]
- R_{si} vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla [m²*K/W]
- R_{se} vnější tepelný odpor při přestupu tepla [m²*K/W]
- R_n tepelný odpor n-té stavební konstrukce [m²*K/W]
- S_n tloušťka stěny n-té stavební konstrukce [m]
- λ_n součinitel tepelné vodivosti n-té stavební konstrukce [W/m*K]

Tabulka 1-tepelný odpor při přestupu tepla

tepelný odpor při přestupu tepla [m ² *K/W]	směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
R _{si}	0,1	0,13	0,17
R _{se}	0,04	0,04	0,04

Zdroj: ČSN EN ISO 6946

Výpočet součinitele prostupu tepla pro průsvitné části: ¹⁰

$$U_{okna} = \frac{\Sigma S_{skla} + U_{skla} + \Sigma S_{rámu} + U_{rámu} + \Sigma l_{skla} + \Psi_{skla}}{\Sigma S_{skla} + \Sigma S_{rámu}}$$

- U_{okna} součinitel prostupu tepla okna [w/m²*K]
- U_{skla} součinitel prostupu tepla zasklení [w/m²*K]
- S_{skla} plocha zasklení [m²]
- U_{rámu} součinitel prostupu tepla rámu [w/m²*K]
- S_{rámu} plocha rámu [m²]
- l_{skla} viditelný obvod zasklení [m]

⁹ ČSN EN ISO. 6946: Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda. 2008. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-iso-6946-2008-12>

¹⁰ ČSN EN ISO. 10077: Tepelné chování oken, dveří a okenic. 2007. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-iso-10077-1-2007-05>

ψ_{skla} lineární součinitel prostupu tepla zasklení a rámu okna [w/m*K]

Výpočet součinitele prostupu tepla části přilehlé na zemině(z=0):¹¹

$$B' = \frac{S_{\text{podlahy}}}{0,5 * O_{\text{podlahy}}}$$

B' charakteristické číslo podlahy [-]

S plocha podlahy [m²]

O obvod podlahy oddělující vytápěný prostor podlahy od venkovního prostředí [m]

$$d_t = w + \lambda_{\text{zeminy}} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se})$$

$$d_t < B' \Rightarrow U_{\text{podlahy}} = \frac{2 \cdot \lambda_{\text{zeminy}}}{\Pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\Pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right)$$

$$d_t < B' \Rightarrow U_{\text{podlahy}} = \frac{\lambda_{\text{zeminy}}}{0,457 \cdot B' + d_t}$$

d_t celková ekvivalentní tloušťka podlahy [m]

R_{si} vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla [m²*K/W]

R_f tepelný odpor podlahy (všech tepelně izolačních vrstev, včetně nášlapné vrstvy) [m²*K/W]

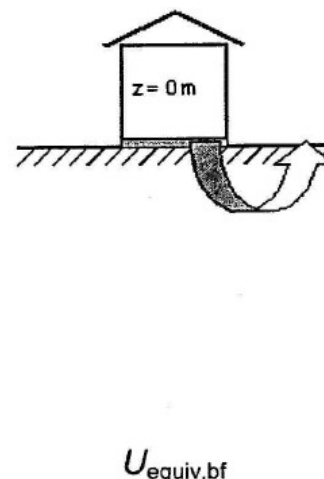
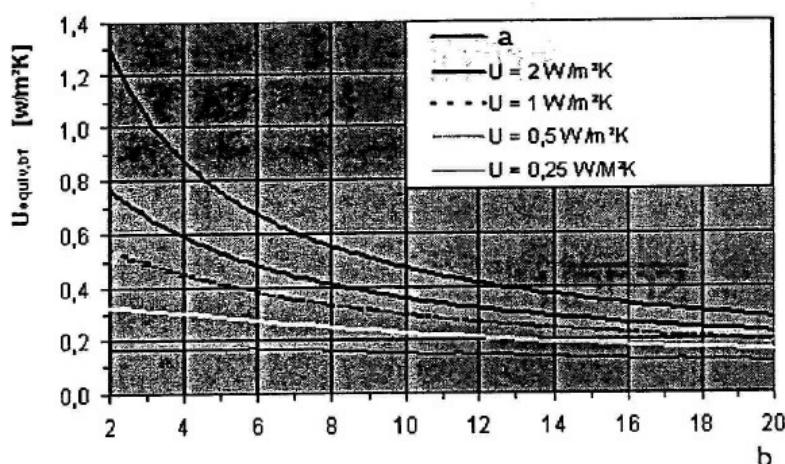
R_{se} vnější tepelný odpor při přestupu tepla [m²*K/W]

Výsledný součinitel prostupu tepla podlahou se musí převést na ekvivalentní součinitel prostupu tepla ($U_{\text{equiv,k}}$) pomocí následujícího grafu:¹²

¹¹ ČSN EN ISO. 13 370: *Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*. 2007. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-iso-10077-1-2007-05>

¹² ČSN EN. 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-12831-2005-03>

Obrázek 1-ekvivalentní součinitel prostupu tepla



Zdroj: ČSN EN 12831

Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru¹²

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i}$$

Φ_i celková návrhová ztráta vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta vstupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

ČSN 730540-2:2011 Požadavky:

Norma udává tepelně technické požadavky pro budovy s požadavkem na vnitřní klima. Základními požadavky jsou:

- tepelná ochrana budov
- úspora energie
- ochrana zdraví, životních podmínek a životního prostředí

Platí pro novostavby, rekonstrukce, při změně užívání budovy a dalších změn dokončených budov.¹³

Definice obálky budovy:

Všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici nebo zóny, které jsou vystaveny prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch

¹² ČSN EN. 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-12831-2005-03>

¹³ ČSN. 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2011. [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-2-2011-10>

v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní teplotu.¹³

Pasivní budova, pasivní dům

Budova s nízkou potřebou tepla na vytápění, nepřekračující 20kWh/(m²*a), splňující současně soubor dalších požadavků a podmínek.¹³

Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce:

Vypočtené součinitele prostupu tepla (U , U_{okna} , $U_{podlahy}$) se porovnávají s požadovanými a doporučenými hodnotami v normě ČSN 730540-2:2011 požadavky. Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí musí být nižší nebo roven, než jsou požadované hodnoty v následující tabulce (platí pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18-22 °C).

Tabulka 2- požadované a doporučené prostupy tepla

popis konstrukce	součinitel prostupu tepla [w/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{n,20}$	doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
stěna vnější	0,3 1)	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,2	
střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2	0,18 až 0,12
střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°	0,24	0,16	0,15 až 0,1
strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,1
strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,1
stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,3 1)	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,2	
podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině 4),6)	0,45	0,3	0,22 až 0,15
strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,3 až 0,2
strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině 6)	0,85	0,6	0,45 až 0,3
stěna mezi sousedními budovami 3)	1,05	0,7	0,5
strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,7	

¹³ ČSN. 73 0540-2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. 2011. [online]. [cit. 2014-11-15].

Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-2-2011-10>

stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,3	0,9	
strop vnitřní mezi prostory do 5°C včetně	2,2	1,45	
stěna vnitřní mezi prostory do 5°C včetně	2,7	1,8	
výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 2)	1,2	0,8 až 0,6
šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 7)	1,1	0,9
dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w/A$ [m ² /m ²], kde A....celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP) [m ²]. A _wplocha průsvitné výplně otvoru sloužícího převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu LOP [m ²].	$f_w \leq 0,5$	0,3 + 1,4f _w	0,2 + f _w 0,15 + 0,85f _w
	$f_w \geq 0,5$	0,7 + 0,6f _w	
kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1
nekovový rám výplně otvoru 5)	-	1,3	0,9 - 0,7
rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2
POZNÁMKY			
1)....pro jednotlivé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m ² K).			
2)....nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m ² K).			
3)....nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana nauvedené úrovni.			
4)....v případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru			
5)....platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevohliníkové rámy.			
6)....odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.			
7)....nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m ² K).			

Zdroj: ČSN 73 0540-2

Průměrný součinitel prostupu tepla:

Budovy musí splňovat požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$.¹³

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

U_{em} hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro daný objekt

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

$$U_{em} = H_T/A$$

H_T měrná tepelná ztráta prostupem obálky budovy [W/K]

A plocha obálky budovy [m²]

¹³ ČSN. 73 0540-4: *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://shop.normy.biz/detail/72542>

Pro budovy s vnitřní návrhovou teplotou se $U_{em,N}$ vypočítá ze vztahu:

$$U_{em,N,20} = \sum \frac{(U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum A_j} + 0,02$$

$U_{em,N,20}$ požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro objekty s převažující návrhovou vnitřní teplotou (18-22 °C)

$U_{N,j}$ požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce obálky budovy [w/m²*K]

A_j plocha konstrukce obálky budovy [m²]

b_j teplotní redukční činitel [-]

Hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro objekty s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18-22 °C může být maximálně 0,5 [w/m²*K].¹³

2.2.3 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [W/K]

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [W/K]

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru v ustáleném stavu [W/K]

$H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K]

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C]

¹³ ČSN. 73 0540-4: *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://shop.normy.biz/detail/72542>

Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_1 \cdot h \cdot e_i$$

A_k plocha stavební části [m²]

e_k, e_i korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů (základní hodnota =1)

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/m²*K]

h délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a venkovním prostorem [m]

ψ_1 činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [W/m*K]

Zjednodušená metoda pro stanovení lineárních tepelných ztrát

Při této úpravě se nepočítá s lineárními tepelnými ztrátami¹²

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$$

U_{kc} korigovaný součinitel prostupu tepla [W/m²*K]

ΔU_{tb} korekční součinitel závisející na druhu stavební části [W/m²*K]

Tabulka 3-korekční součinitel pro svislé stavební části

počet "průniků" stropních konstrukcí	počet "průniků" stěn	Δu_{tb} pro svislé stavební části W/m ² *k	
		objem prostoru ≤100m ³	objem prostoru ≥100m ³
0	0	0,05	0
	1	0,1	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,2	0,1
	1	0,25	0,15
	2	0,3	0,2
2	0	0,25	0,15
	1	0,3	0,2
	2	0,35	0,25

Zdroj: ČSN EN 12831

¹² ČSN EN. 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-12831-2005-03>

Tabulka 4- korekční součinitel pro vodorovné části

stavební část		Δu_{tb} pro vodorovné stavební části W/m ² *k
lehká stropní/podlahová konstrukce (ocel, dřevo)		0
těžká stropní podlahová konstrukce (např. betonová)	počet stran v kontaktu s venkovním prostředím	1
		2
		3
		4

Zdroj: ČSN EN 12831

Tabulka 5- korekční součinitel pro otvorové výplně

plocha stavební části m ²	Δu_{tb} pro otvorové výplně W/m ² *k
0 až 2	0,5
> 2 až 4	0,4
> 4 až 9	0,3
> 9 až 20	0,2
> 20	0,1

Zdroj: ČSN EN 12831

Přibližně lze ΔU_{tb} určit také pomocí tabulky:**Tabulka 6 - ΔU_{tb}**

typ budovy	Δu_{tb} W/m ² *k
budovy s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami	0,02
budovy s mírnými tepelnými vazbami	0,05
budovy s běžnými tepelnými vazbami	0,1
budovy s výraznými tepelnými mosty	0,2

Zdroj: ČSN 730540-4

Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,iue}$ ¹²

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u$$

b_u teplotní redukční čísel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

¹² ČSN EN. 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-12831-2005-03>

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota nevytápěného prostoru ve stupních celsia [°C]

Součinitel tepelné ztráty $H_{T,ig} z=0$

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w$$

f_{g1} korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty (základní hodnota =1,45) [-].

f_{g2} teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-].¹²

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

G_w korekční činitel ovlivňující vliv spodní vody (je-li spodní voda pod objektem v hloubce těší než 1m $G_w=1$) [-].¹²

2.2.4 Návrhová tepelná ztráta větráním

Výpočet návrhové ztráty větráním:

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

H_{Vi} součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]

$$H_{v,i} = 0,34 \cdot V_i$$

V_i objemový průtok vzduchu [m³/h]

Podmínka: vzorec platí při konstantní měrné tepelné kapacitě a hustotě vzduchu

Výpočet objemového průtoku vzduchu při přirozeném větrání:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i})$$

$V_{inf,i}$ infiltrace obvodovým pláštěm budovy [m³/h]

$V_{min,i}$ hygienické množství vzduchu [m³/h]

¹² ČSN EN. 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-12831-2005-03>

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$$

V_i objem vytápěné místnosti [m^3]

n_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [h^{-1}]¹²

Tabulka 7- minimální intenzita výměny vzduchu

druh místnosti	n_{min}
obytná místnost (základní)	0,5
kuchyně nebo koupelna s oknem	1,0
kancelář	1,5
zasedací místnost, učebna	2,0

Zdroj: ČSN EN 12831

Výpočet infiltrace obvodovým pláštěm budovy přirozeným větráním:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$$

n_{50} intenzita výměny vzduchu [h^{-1}] při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy zahrnující účinky přívodu vzduchu¹²

Tabulka 8-intenzita výměny vzduchu

stavba	n50		
	stupeň těsnosti obvodového pláště budovy (kvalita těsnění okna)		
	vysoká	střední	nízká
rodinný dům s jedním bytem	<4	4 až 10	>10
jiné bytové domy nebo budovy	<2	2 až 5	>5

Zdroj: ČSN EN 12831

e_i stínící činitel

Tabulka 9-stínící činitel

třída zastínění	e		
	v.p. bez nechráněných otvorových výplní	v.p. s jednou nechráněnou otvorových výplní	v.p. s více než jednou nechráněnou otvorových výplní
žádné zastínění	0	0,03	0,05
mírné zastínění	0	0,02	0,03
velké zastínění	0	0,01	0,02

Zdroj: ČSN EN 12831

¹² ČSN EN. 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-12831-2005-03>

ε_i výškový korekční činitel

Tabulka 10- výškový korekční činitel

výška vytápěného prostoru nad úrovní země	ε
0-10m	1,0
>10-30m	1,2
>30m	1,5

Zdroj: ČSN EN 12831

2.2.5 Výpočet roční potřeby tepla

Roční potřeba tepla je energie dodaná objektu za jeden rok, vypočítá se ze vztahu:¹⁴

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} + Q_{VZT,r} + Q_{TECH,r}$$

Q_r roční potřeba tepla [Wh/rok]

$Q_{VYT,r}$ roční potřeba tepla pro vytápění [Wh/rok]

$Q_{TUV,r}$ roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody [Wh/rok]

$Q_{VZT,r}$ roční potřeba tepla pro ohřev vzduchu a vzduchotechnické zařízení [Wh/rok]

$Q_{TECH,r}$ roční potřeba tepla pro technologii [Wh/rok]¹⁴

2.2.6 Roční potřeba tepla pro vytápění

Roční potřeba tepla pro vytápění se vypočítá ze vztahu:

$$Q_{vyt,r} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot (t_{is} - t_{es}) \cdot e_t \cdot e_d}{t_{is} - t_e}$$

Q_c tepelná ztráta objektu [W]

ε opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění a nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací [-]

t_{es} průměrná denní teplota v otopném období [°C]

d počet dnů otopného období v roce

t_{is} průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C]

t_e výpočtová vnitřní teplota [°C]

e_t snížení teploty během dne, respektive v noci [-]

e_d zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu [-]¹⁴

¹⁴ ČVUT. [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz>

opravný součinitel ε se vypočítá ze vztahu:

$$\varepsilon = \frac{Q_p}{Q_c}$$

Q_p tepelná ztráta prostupem [W]

Q_c celková tepelná ztráta [W]

Spotřeba tepla na vytápění

Spotřeba tepla na vytápění se stanoví takto:¹⁴

$$Q_{vyt} = \frac{Q_{vyt.r}}{\eta_R \cdot \eta_o \cdot \eta_k}$$

Q_{vyt} skutečná spotřeba tepla na vytápění

η_R účinnost rozvodů tepelné energie

η_o účinnost obsluhy (regulace)

η_k účinnost zdroje tepla

2.2.7 Výpočet množství paliva pro vytápění

$$U_{vyt+tv} = \frac{Q_{vyt}}{H_u}$$

H_u výhřevnost paliva [MJ/m³;MJ/kg]

Tabulka 11- tabulka výhřevnosti paliva

palivo	výhřevnost Mj/m3;Mj/kg
zemní plyn (tranzitní)	35,87
zemní plyn (Norský)	39,65
Bioplyn (CH4)	34,01
Dřevní štěpka	12,18
palivové dřevo	14,62
Hnědé uhlí	17,18
černé uhlí	23,92

Zdroj: ČSN EN 12831

¹⁴ČVUT. [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz>

2.2.8 Výpočet primární energie

Primární energie je energie, která nebyla nijak transformována. Rozděluje se na energii z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů. Pro hodnocení budov se jedná o výpočet primární neobnovitelné energie, jelikož má dopad na životní prostředí, emise Co₂ a protože použití obnovitelných zdrojů energie snižuje spotřebu neobnovitelných zdrojů. Pro výpočet primární neobnovitelné energie se používá faktor neobnovitelné primární energie, který zahrnuje energii na těžbu, dopravu, zpracování, uskladnění, výrobu a distribuci, prostě energii na úkony potřebné pro dodávku energie do budovy. Primární energie se vypočítá jako součin spotřeby energie a příslušného faktoru primární energie (či faktoru energetické přeměny).¹⁵

Tabulka 12- faktory energetické přeměny

zdroj	faktor energetické přeměny (kWh/kWh)
zemní plyn a další fosilní paliva	1,1
elektrická energie	3
dřevo, ostatní biomasa	0,05
dřevěné pelety	0,15
soustava zásobování teplem- fosilní paliva	1,5
soustava zásobování teplem- biomasa	0,3
solární systémy termické	0,05
solární systémy fotovoltaické - pro vlastní potřebu budovy	0,05
solární systémy fotovoltaické - zapojené do veřejné sítě	0,2
solární systémy fotovoltaické nahrazující konvenční výrobu el. en. 1)	-2,8
spalování biomasy nahrazující výrobu tepla spalováním plynu 1)	-1
1) hodnoty jsou odvozeny zjednodušeně, jako rozdíl faktoru energetické přeměny obnovitelného a konvenčního zdroje (pro fotovoltaický systém 0,2-3,0) 2) hodnoty faktoru primární energie se stanovují	

Zdroj: ČSN 730540-2

¹⁵ ČVUT. [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz>

2.3 Budovy s velmi nízkou energetickou náročností

Budovy s nízkou energetickou náročností norma ČSN 730540-2 rozděluje do několika skupin:¹³

- nízkoenergetické budovy
- pasivní budovy
- energeticky nulové budovy
- energeticky nezávislé budovy

Pokud chceme, aby takové budovy byly co nejefektivnější, nestačí dbát pouze na dobré zateplení a vhodný zdroj tepla. Důraz musíme dát také na umístění budovy na pozemku, velikosti a členitosti budovy, velikosti prosklených ploch, prostorové uspořádání, dispozici, orientaci na světové strany a také na základní konstrukční řešení.¹⁶

2.3.1 Nízkoenergetické budovy

Nízkoenergetické budovy jsou pomyslně na nejnižší příčce energeticky nenáročných budov. Důraz je kladen především na dobré zateplení obálky budovy. Za nízkoenergetickou budovu norma považuje budovu, jejíž hodnota průměrného součinitele prostupu tepla splňuje doporučenou hodnotu. Zároveň měrná potřeba tepla nesmí překračovat hodnotu $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.¹³

2.3.2 Pasivní budovy

Pasivní budovy charakterizuje ještě nižší potřeba energie na zajištění vnitřního prostředí než nízkoenergetické domy. U pasivních domů je snaha co nejvíce minimalizovat potřebu primární energie. Hodnotí se zde energie potřebná k vytápění, chlazení, ohřev TV a el. energie na provoz energetických systémů (chlazení se hodnotí pouze u neobytných pasivních domů, jelikož obytné budovy musí být navrženy tak, aby strojní chlazení nebylo potřebné, pokud i přesto je použito v budově strojní chlazení, musí být započítáno do potřeby energie).

¹³ ČSN. 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2011. [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-2-2011-10>

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

Povinně se musí hodnotit celková průvzdušnost obálky budovy při rozdílu tlaků 50 Pa, která nesmí překročit hranici $0,6 \text{ h}^{-1}$. Pasivní domy musí splňovat další kritéria, která jsou znázorněna v tabulce.¹³

Tabulka 13- požadavky pasivních budov

		průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} [\text{w}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$	měrná potřeba tepla na vytápění $[\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})]$	měrná potřeba energie na chlazení $[\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})]$	měrná potřeba primární energie $[\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})]$
obytná budova	rodinný dům	$\leq 0,25$ požadováno $\leq 0,2$ doporučeno	≤ 20 požadováno ≤ 15 doporučeno	0 2)	≤ 60
	bytový dům	$\leq 0,35$ požadováno $\leq 0,3$ doporučeno	≤ 15	0 2)	≤ 60
neobytná budova s převažující teplotou 18-22 °C		$\leq 0,35$ 1)	≤ 15	≤ 15	≤ 120
ostatní budovy		požadavky stanoveny individuálně s využitím aktuálních poznatků odborné literatury			≤ 120
1) uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna $0,75 U_{em,N}$ 2) stavební zařízení musí být takové, aby strojní zařízení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo dodatečně použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče					

Zdroj: ČSN 730540-2:2011

¹³ ČSN. 73 0540-2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. 2011. [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-2-2011-10>

Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie pasivních budov:¹³

Tabulka 14- hodnocení pasivních budov

	obytné budovy	neobytné budovy
vytápění	hodnoceno	hodnoceno
chlazení a úprava vlhkosti	nehodnoceno 1)	hodnoceno
příprava teplé vody	hodnoceno	hodnoceno
pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů	hodnoceno	hodnoceno
elektrické spotřebiče a umělé osvětlení	nehodnoceno	nehodnoceno
<p>1) stavební zařízení musí být takové, aby strojní zařízení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo dodatečně použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče</p>		

Zdroj: ČSN 730540-2:2011

2.3.3 Energeticky nulové budovy

Bilance primární energie jak už z názvu budovy vyplývá by měla být rovna 0. Budova je však připojená na klasické energetické sítě. Energeticky nulová budova má dvě úrovně:¹⁷

- úroveň A - do hodnocení energetických potřeb se zahrnou veškeré potřeby energie jako u neobytné pasivní budovy, včetně potřeby elektrické energie pro spotřebiče a umělé osvětlení.
- úroveň B - do hodnocení energetických potřeb se zahrnou veškeré potřeby energie jako u úrovně A s tím rozdílem, že se nezahrnuje potřeba elektrické energie na elektrické spotřebiče

¹³ ČSN. 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2011. [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-2-2011-10>

¹⁷ *Pasivní domy: principy, projekty, realizace, mýty*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ, 2010, 170 s. ISBN 978-80-254-8508-8.

Další hodnoty pro obě úrovně jsou uvedeny v tabulce:

Tabulka 15-požadavky energeticky nulových budov

závažnost kritéria		požadovaná hodnota	doporučená hodnota	požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
		průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [w/m ² *K]	měrná potřeba tepla na vytápění E_A [kWh/(m ² *a)]	Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů PE _A [kWh/(m ² *a)]	
				úroveň A	úroveň B
obytné budovy	nulový	rodinné domy ≤ 0,25	rodinné domy ≤ 20	0	0
	blízký nulovému	bytové domy ≤ 0,35	bytové domy ≤ 15	80	30
neobytné budovy 2)	nulový	≤ 0,35 1)	≤ 0,3	0	0
	blízký nulovému			120	90

1) uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě $U_{em,rec}$
2) neobytné budovy s převažující vnitřní teplotou 18-22°C včetně. Pro jiné budovy není stanoveno

Zdroj: ČSN 730540-2:2011

2.3.4 Energeticky nezávislé budovy

Energeticky nezávislé budovy jsou takové, které nepotřebují napojení na rozvodné sítě mimo budovu. Většinou to jsou budovy, které jsou ve velké vzdálenosti od obydlených oblastí a vedení sítí by proto bylo velmi složité. Taková budova by měla být alespoň v pasivním standardu. Součástí technického zázemí by měli být zásobníky elektrické energie a tepla pro vyrovnání rozdílu mezi produkcí a odběrem energií. Vhodné je také využít akumulace tepla pod základy objektu.¹³

¹³ ČSN. 73 0540-2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. 2011. [online]. [cit. 2014-11-15].

Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-2-2011-10>

2.4 Zdroje tepla

2.4.1 Zdroje tepla

Zdrojem tepla rozumíme zařízení, které nám dodává potřebné teplo pro vytápění, ohřevu vzduchu, pitné vody, případně pro další zařízení. Při návrhu budov s nízkou energetickou náročností se snažíme navrhnout zdroj, který má malou potřebu primární energie tj. využívá obnovitelných zdrojů (tepelná čerpadla, solární systémy, kotle na biopaliva), či využívá primární paliva do maximální možné míry (kondenzační kotle).¹⁸

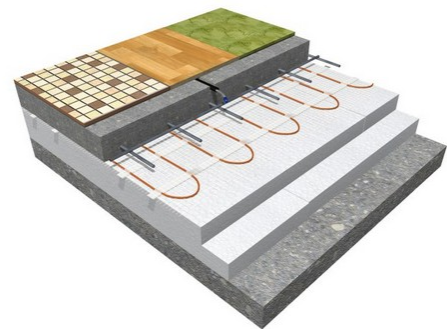
2.4.2 Zdroje tepla na elektřinu

Elektrické zdroje tepla mají spoustu výhod, jejich účinnost například dosahuje hodnot až 98%. Zařízení tohoto typu jsou velmi malá a levná. Patří mezi ně

odporové kabely, elektrické vložky, topné fólie, elektrické kotle, zářiče, zásobníkové ohřivače, a přímotopná tělesa. Problém je však ve spotřebě samotné elektrické energie, která má špatnou bilanci při přepočtu na primární energii. Další zápornou vlastností elektrické energie je její cena. Při porovnání s dalšími zdroji mají elektrické zdroje tepla jedny z nejvyšších provozních nákladů.¹⁹

Většinou se takové zdroje používají jako záložní zdroje energie, pokud jsou potřeba.¹⁶

Obrázek 2- poloakumulační topné elektrické rohože



Zdroj: fenixgroup.cz

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

¹⁸ POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům*. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008, x, 182 s. ISBN 978-80-7366-131-1.

¹⁹ *Tzbinfo* [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>

2.4.3 Plynové a olejové zdroje tepla

Plynové zdroje tepla většinou spalují zemní plyn, který tvoří z 98% metan. Zemní plyn je veden veřejnými plynovody. Pokud není objekt napojen na plynovod užívají se zdroje na propan. Propan je uskladněný v tlakových zásobnících v blízkosti objektu. Zdroje na kapalná paliva používají lehké topné oleje, které jsou také umístěny v zásobnících u objektu. Princip těchto zdrojů je založen na spalování

Obrázek 3- kondenzační kotel VIADRUS NAOS K4



Zdroj: viadrus.cz

paliv, které se sloučí s kyslíkem obsaženým ve vzduchu. Výsledkem tohoto procesu je tepelná energie, voda, oxid uhličitý a další spaliny závislé na složení paliva.¹⁶

Odběrná plynová zařízení se rozdělují do několika skupin, jednou z nich je rozdělení dle přívodu spalovacího vzduchu:¹⁹

- kategorie A - vzduch pro spalování se přivádí z prostoru, kde je spotřebič umístěn a spaliny jsou odváděny do téhož prostoru
- kategorie B - vzduch pro spalování se přivádí z prostoru, kde je spotřebič umístěn a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru
- kategorie C - vzduch pro spalování se přivádí z venkovního prostoru a spaliny jsou také odváděny do

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

¹⁹ Tzbinfo [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>

venkovního prostoru

Další rozdělení je podle možného způsobu provozu, podle kterého se dělí kotle na plynná i kapalná paliva:

- Klasické – kotel, který nevyužívá teplo vzniklé kondenzací vodní páry obsažené ve spalinách, účinnost takových kotlů dosahuje 88%.
- Nízkoteplotní- u těchto kotlů je možné, že dojde ke kondenzaci vodní páry, mají korozivzdorný výměník a účinnost takových kotlů dosahuje 92%.¹⁶
- Kondenzační - jsou navrženy tak, aby využívaly latentní teplo, které vznikne při kondenzaci vodní páry obsažené ve spalinách. Obsahují tedy nerezový výměník a spalinový ventilátor pro odvod spalin, jelikož spaliny nemají tak vysokou teplotu. U plynových kotlů tohoto typu dosahuje účinnost až 106% (při použití výhřevnosti).²⁰

Vzhledem ke konstrukci kondenzačních kotlů je vhodné použít je v kombinaci s nějakou nízkoteplotní otopnou soustavou (např. podlahové, nebo stěnové vytápění, topná voda v soustavě je maximálně 65°C). Při tomto spojení se potenciál kotle využije na maximum, jelikož vodní páry (v případě zemního plynu) kondenzují při teplotě 57°C a nižší. Kondenzační kotle mají také velký rozsah výkonu a to v rozmezí cca 20-100 %.¹⁶

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

²⁰ *Topenářská příručka*. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2.

2.4.4 Zdroje na tuhá biopaliva

Mezi tuhá biopaliva patří kusové dřevo, štěpky, pelety a dřevní brikety. Mezi kapalná biopaliva patří biolín a biooleje, které se však moc nepoužívají. Pro nejlepší využití biopaliva se doporučuje využívat kotle s dvoustupňovým spalováním, tedy takovým, které využívá teplo nejen z vyhoření paliva, ale také z vyhoření plynu vzniklého při spalování. Účinnost kotlů na biopaliva závisí na vlhkosti paliva (doporučuje se <20%).¹⁶ Kotle na biopaliva se rozdělují na:

- Zplyňovací kotel

s ručním přikládáním

- tyto kotle jsou

vhodné, aby pracovaly s vysokými provozními teplotami (80-90 °C). Při těchto teplotách se pohybují účinnosti kotlů okolo 85%. Takové kotle se regulují pouze pomocí spalovacího vzduchu a to v rozmezí cca 50-100% výkonu. Kotle na biomasu s ručním přikládáním se musí zabezpečit proti přehřátí kotle (např. při výpadku činnosti oběhového čerpadla v soustavě), nejčastěji pomocí chladicí smyčky.

Automatické kotle - jsou určeny pro sypké palivo (pelety, štěpky, piliny) a jsou vybaveny zařízením, které dopravuje palivo do spalovacího prostoru. Kotel se reguluje množstvím dopraveného paliva a přívodem spalovacího

Obrázek 4- kotel na biopaliva značky VERNER



Zdroj: modernivytapeni.cz

vzduchu. To má za následek lepší regulaci výkonu mezi 25 a 100% a také vyšší účinnost 85-92%.¹⁶

V obou případech se doporučuje využití akumulční nádrže v soustavě a to zejména kvůli lepší regulaci výkonu.

- Interiérová lokální topidla - mezi ně patří krby, krbové vložky, kamna a další. Tato topidla se vyznačují vysokou potřebou spalovacího vzduchu a nízkou účinností. Takové zdroje tepla odvádějí část výkonu přímo do prostoru, ve kterém se nachází a část do soustavy, pokud jsou vybavená teplovodním výměníkem (často napojeným do akumulční nádrže). Většinou se regulují pouze přívodem spalovacího vzduchu.¹⁶

Obrázek 5- tepelné čerpadlo ATREA TCA 3,1

2.4.5 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo umožňuje odebrat teplo z vnějšího prostředí a předávat ho na vyšší teplotní hladinu, díky tomu se toto teplo může využít pro vytápění či jiné účely.¹⁶

Druhy čerpadel:

Parní kompresorová tepelná čerpadla - k odsávání par z výparníku a pro stlačení používají kompresor¹⁶

Sorpční tepelná čerpadla- zde je kompresor nahrazen procesem sorpce a desorpce.¹⁹



Zdroj: atrea.cz

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

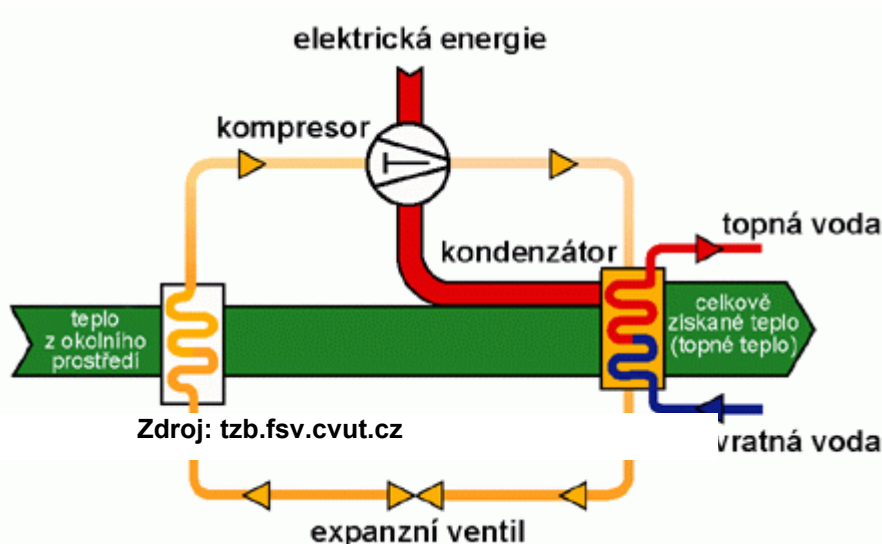
¹⁹ Tzbinfo [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>

Čerpadla jsou schopná odebírat teplo z vody, vzduchu a země, dělí se také podle toho, kam teplo předávají (voda, vzduch). Kompresorová tepelná čerpadla obsahují čtyři základní části: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Jako médium je použito chladivo, které se ve výparníku ohřeje a změní svoje skupenství na plynné, poté jsou tyto páry stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Následuje kondenzátor, kde páry zkondenzují, tudíž předají energii do výměníku, nakonec chladivo putuje do expanzního ventilu , kde se tlak chladiva sníží na

Obrázek 6- schéma tepelného čerpadla

původní hodnotu ve výparníku.¹⁶

Topný faktor je veličina, která udává efektivitu tepelného čerpadla. Je to poměr



mezi tepelnou energií, které čerpadlo dodá a potřebou energie pro pohon čerpadla. Topný faktor je velice závislý na provozních podmínkách a může být v rozmezí 1,5-7.²¹ Zejména závisí na

rozdílu mezi oběma teplotními hladinami, čím menší rozdíl je , tím vyšší je topný faktor, je tedy vhodné volit nízkoteplotní soustavu pro vytápění.

U elektricky poháněných tepelných čerpadel je důležité přikládat topnému faktoru značnou váhu kvůli faktoru primární energie, který je roven 3.²²

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

²¹ *ABECEDA* [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.abeceda-čerpadel.cz/>

²² DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla: [biomasa, tepelná čerpadla, solární systémy]*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-730-0079-2.

$$COP > F \cdot \eta_k$$

COP topný faktor

F Faktor energetické přeměny

η_k účinnost nahrazovaného zdroje tepla na fosilní paliva

Pokud porovnáme kondenzační plynový kotel s tepelným čerpadlem poháněným kompresorem na elektřinu, pak takové čerpadlo, aby vykazovalo úsporu primárních paliv musí mít topný faktor vyšší než 2,9.¹⁶

2.4.6 Solární tepelné soustavy

Solární tepelné soustavy využívají přeměnu energie ve slunečním záření na tepelnou. Děje se tak v solárních kolektorech a energie je dále předávána teplotonosnému médiu. Solární kolektory rozdělujeme podle teplotonosné látky:

- vzduchové
- kapalinové

Dále se kolektory dělí podle konstrukce:

- zasklené
- nezasklené
- ploché
- trubkové
- trubkové dvojstěnné
- a další

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

Obrázek 7- solární kolektor



Zdroj: solarobchod.cz

Všeobecně výkon

solárních kolektorů je velice závislý na provozních podmínkách. Většinou při vyšší teplotě média mají kolektory nižší účinnost, jelikož mají větší tepelné ztráty. Záleží také na rychlosti větru, který působí na kolektor. Čím větší rychlost tím

samořejmě dochází k větším ztrátám (pro

takové prostředí je lepší zasklený kolektor). Výkon dále závisí na návrhu komponent, tepelných ztrátách soustavy, orientaci, sklonu a samozřejmě na ploše kolektorů. Ve většině aplikací tohoto zdroje tepla není možné, aby byl primární zdrojem pro jeho velkou závislost na slunečním záření. Účinnost soustavy se vypočítá jako poměr měrného zisku soustavy a roční dopadající energie na plochu kolektoru.¹⁶

Často se takový zdroj využívá pro predehřev a přípravu TV, jelikož je potřeba TV přibližně konstantní. Někdy je tento zdroj také kombinován s vytápěním, největší přínos má v jarních a podzimních měsících. Solární soustavy se často kombinují se zásobníky tepla.¹⁶

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

2.4.7 Akumulace tepla

Většina soustav s využitím obnovitelných zdrojů tepla (solární tepelné soustavy, tepelná čerpadla, zdroje na spalování biopalin) vyžadují pro svůj provoz akumulční zásobník.¹⁶

Většina akumulčních zásobníků uchovává citelné teplo (ohřátá voda), některé však pro úschovu energie používají změny skupenství. Zásobníky tepla nám vyrovnávají rozdíly mezi dodávkou a odběrem tepla. U solárních soustav hrají hlavní roli v otázce celkového výkonu soustavy. U tepelných čerpadel zase akumulční zásobník chrání čerpadlo před častým spínáním a umožní čerpadlu pracovat, alespoň z většiny, na noční proud. U kotlů na biopaliva akumulční zásobníky pomáhají zvýšit účinnost a snížit produkci emisí.²³

Obrázek 8-
zásobník tepla
ATREA



Zdroj: atrea.cz

¹⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

²³ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.

2.5 Popis objektu

2.5.1 Popis objektu

K porovnání pořizovacích a provozních nákladů jsem si vybral pasivní dům. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepený rodinný dům ve tvaru písmene L s plochou střechou. Objekt se nachází v obci Přezletice, severovýchodně od Prahy. Obytné místnosti jsou orientovány na jih, naproti tomu pomocné místnosti a koupelny jsou orientovány severním směrem.

Rodinný dům je založen na železobetonových pasech, které procházejí méně únosnou zeminou do více únosné zeminy v celkové hloubce 2,14 m. Na základové pasy navazuje železobetonová základová deska o tloušťce 150 mm.

Pod základovou deskou se nachází souvrství z PVC sloužící jako hydroizolace a protiradonové opatření. Pod touto vrstvou je položena tepelná izolace z nenasákavého pěnového polystyrenu o celkové vrstvě 240 mm. Tepelná izolace je položena na pískovém podsypu tak, aby nedošlo k poškození polystyrenu. Izolace je také vedena na vnější straně základových pasů.

Obrázek 9- Jižní pohled



Zdroj: projektová dokumentace objektu

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny z vápenopískových tvárnic firmy VAPIS o třídě pevnosti 25 MPa. Obvodovou stěnu tvoří tvárnice o tloušťce 175 a 200 mm, vnitřní nosné stěny mají tloušťku 240 a 200 mm.

Svislé vnitřní oddělující konstrukce jsou z vápenopískových tvárnic tloušťky 115 a 70 mm.

Vodorovné nosné konstrukce jsou z monolitického železobetonu o tloušťce 150mm. Věnce a překlady o délce větší než 1500mm jsou také železobetonové, ostatní překlady jsou systémové. Schodiště je taktéž z monolitického železobetonu.

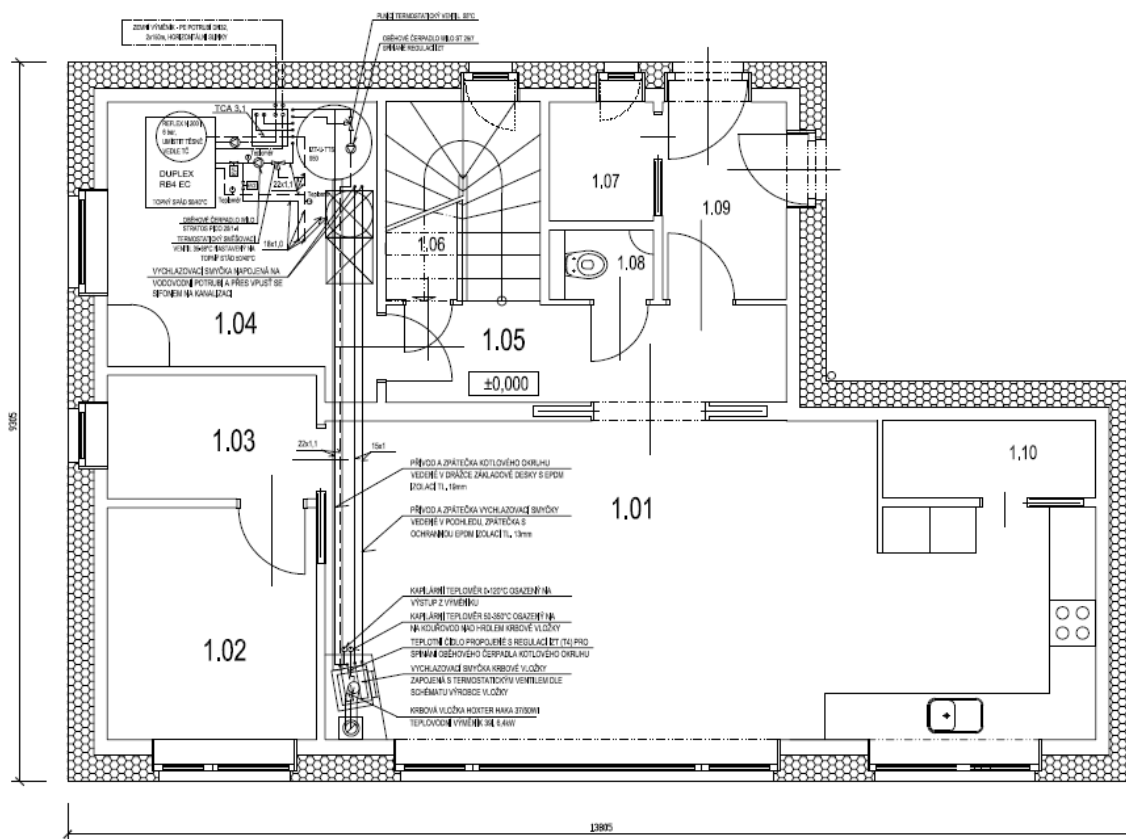
Střecha je plochá, dvouplášťová, větraná, na povrchu střechy je hydroizolace se štěrkovým posypem. Izolaci střechy tvoří foukaná izolace o průměrné mocnosti vrstvy 600mm.

Fasáda je zateplena polystyrenovými deskami o celkové tloušťce 340 mm, na které je natažena tenkovrstvá silikátová omítka.

Okna a výplně otvorů v obvodové stěně jsou tvořena z dřevěných rámu a z trojskla.

V druhém nadzemním podlaží na jižní straně je umístěna stínící markýza, která zabraňuje velkým tepelným ziskům v letním období.

Obrázek 10-1NP



Zdroj: projektová dokumentace objektu

Vytápění domu zajišťuje vzduchotechnická jednotka DUPLEX RB4 EC od firmy ATREA o výkonu 4kW. Tato jednotka je napojena na akumulční zásobník ATREA IZT-U-TTS 950 o objemu 931 litrů. Jako hlavní zdroj tepla slouží tepelné čerpadlo ATREA TCA 3,1 o výkonu 3,1 kW. Dalším zdrojem tepla je krbová vložka s tepelným výkonem 6,4 kW a 1,6kW do místnosti.

Všechny místnosti je možno větrat přirozeným větráním, avšak v topné sezóně je vhodné využívat nuceného větrání, kvůli rekuperaci tepla a tím snížení tepelných ztrát větráním. Teplá voda se průtokově ohřívá v akumulčním zásobníku ATREA, na který je napojeno tepelné čerpadlo a krbová vložka. Akumulční zásobník je vybaven topnými patronami pro případ nefungujícího hlavního zdroje tepla, patrony mají výkon 4 kW.

Obrázek 11- severní pohled



Zdroj: projektová dokumentace objektu

2.5.2 Popis jednotlivých variant

Pro porovnání jsem upravil objekt a to tak, aby nevyhovoval parametrům pro pasivní dům. Takový objekt nazývám **klasický dům**. Dispozice a konstrukční systém byl zachován. Úprava spočívala ve ztenčení vrstvy tepelné izolace na obvodovém zdivu a to na nejnižší hodnotu, při které součinitel prostupu tepla pro obvodové zdivo bude stále vyhovovat normě ČSN 730540-2. Výsledná tloušťka tepelné izolace u obvodového zdiva je 100 mm. Stejně tak byla upravena izolace střechy a izolace pod základovou deskou. Izolace střechy se snížila z tloušťky 600 mm na 150 mm a izolace pod deskou se snížila na hodnotu 100 mm. U objektu byla také vyměněna okna, místo oken s trojskly byla použita okna s dvojskly.

Pro takto upravený objekt byla navržena otopná soustava. Jedná se o dvoutrubkovou teplovodní soustavu vedenou v měděném potrubí, pájeném natvrdo. Jako otopná tělesa byla použita desková tělesa značky KORADO model RADIK VK instalována s termostatickou hlavicí GIACOMINI R470H. Za zdroj byl zvolen plynový nástěnný kotel Vaillant VU 122/3-5 turboTEC plus o výkonu 6,4-12 kW. Kotel je umístěn v technické místnosti 1.04. Součástí kotle je expanzní

nádoba o velikosti 6l, která dostatečně jistí otopnou soustavu. Dále je v kotli pojišťovací ventil a oběhové čerpadlo. Pro ohřev TV jsem navrhl zásobníkový elektrický ohříváč

Další zdroje

U obou objektů jsem navrhl druhou variantu hlavního zdroje tepla. U pasivního domu bylo vyměněno tepelné čerpadlo za plynový kondenzační kotel GEMINO THRS 1-10c o tepelném výkonu 1,1-9,5 kW. U pasivního domu se tak změní spotřeba primární energie, míru změny jsem však nezkoumal, zaměřil jsem se na rozdílné náklady, díky této změně nemusí daný objekt vyhovovat požadavkům na pasivní dům.

U klasického domu byl navržen kotel VIADRUS Hercules DUO na tuhá paliva, který spaluje i dřevní pelety. Kotel má výkon 6-20 kW. V souvislosti s výměnou zdroje došlo také k jinému jištění otopné soustavy, jelikož kotel Hercules DUO v sobě nemá integrovanou tlakovou nádobu, byla navržena tlaková nádoba o objemu 12l.

Výsledkem těchto úprav jsou tedy čtyři varianty:

- pasivní dům s tepelným čerpadlem
- dům s kondenzačním kotlem (tento dům nemusí vyhovovat všem požadavkům pro pasivní domy)
- klasický dům s plynovým kotlem
- klasický dům s kotlem na tuhá paliva

Cílem mého zkoumání bude tedy zjistit, která z variant je finančně nejvýhodnější.

2.6 Ekonomické vyhodnocení

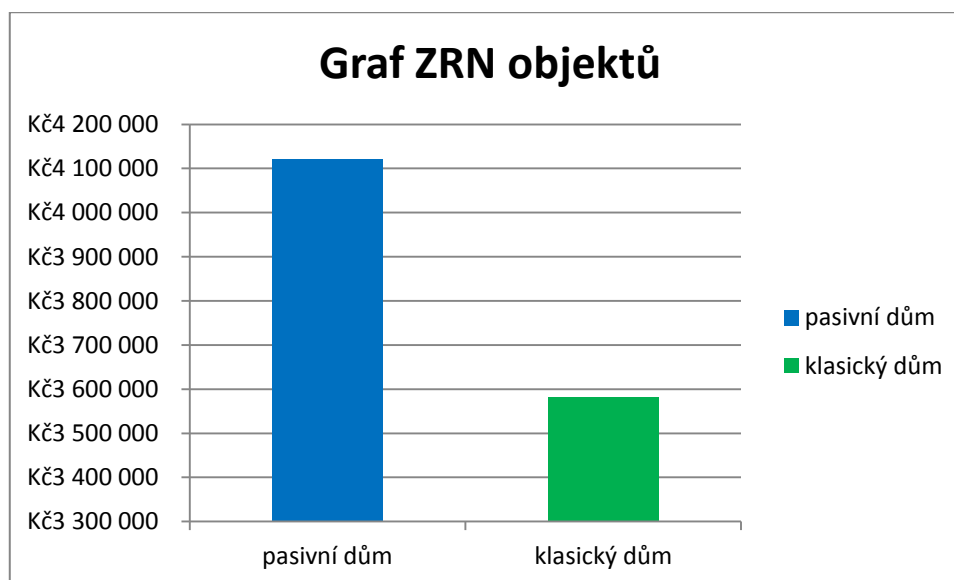
Na všechny varianty domu byl vypracován položkový rozpočet, jehož výsledkem jsou základní rozpočtové náklady jednotlivých domů. Náklady nezahrnují další stavební objekty, jako jsou terénní úpravy, garáž, přípojky sítí, oplocení, vjezd. Rozpočet byl vytvořen v softwaru KROS plus ve verzi 17.20 s databází ÚRS PRAHA 2014 01KD.

Tabulka 16 souhrn ZRN jednotlivých variant objektu

objekt	ZRN objektu bez zařízení na vyt. a ohřev TV	ZRN na zařízení pro vyt. a ohřev TV (otopná soustava, zdroje tepla, vzduchotechnika a další)	základní rozpočtové náklady celkem
pasivní dům s tepelným čerpadlem	4 120 140 Kč	812 979 Kč	4 933 119 Kč
dům kondenzačním kotlem	4 120 140 Kč	655 560 Kč	4 775 700 Kč
klasický dům plynový kotel	3 582 700 Kč	123 223 Kč	3 705 922 Kč
klasický dům s kotlem na tuhá paliva	3 582 700 Kč	182 635 Kč	3 765 335 Kč

Zdroj: vlastní zpracování, souhrn ZRN

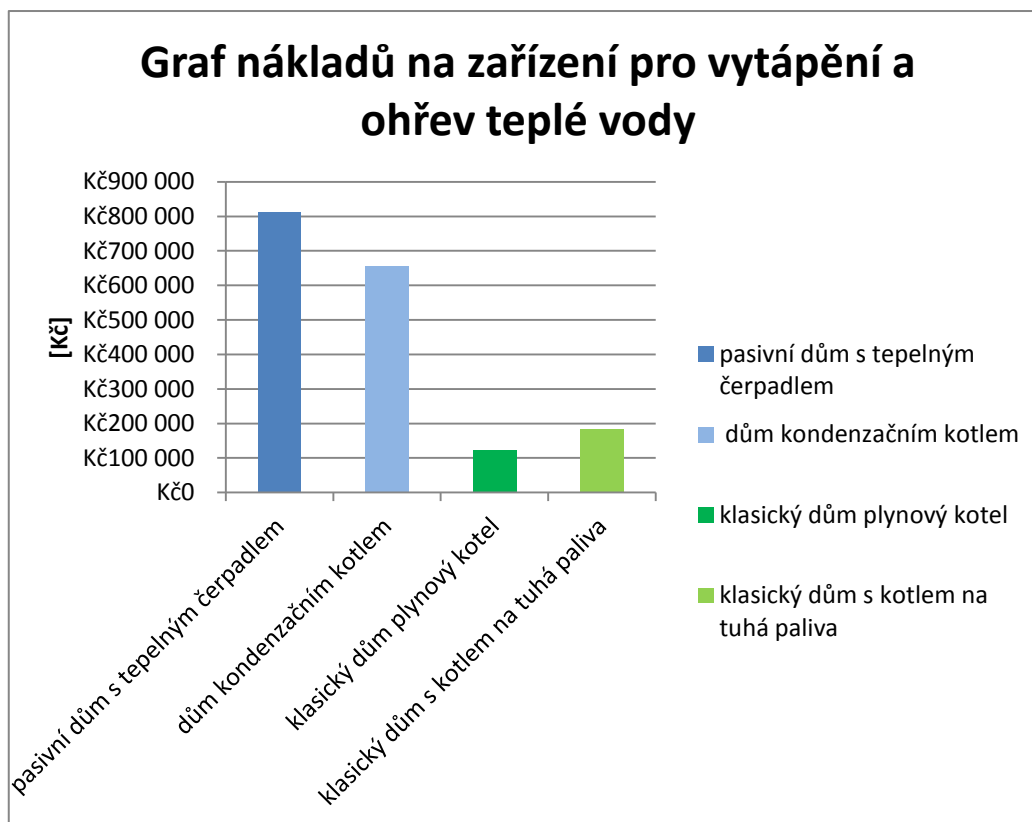
Graf 1 náklady objektů bez zařízení na vytápění a ohřev TV



Zdroj: vlastní zpracování, souhrn ZRN

Z grafu je patrné, že náklady na pasivní dům jsou mnohem vyšší než náklady na klasický dům. Rozdíl činí **540 000 Kč**. V této částce ještě nejsou zahrnuta zařízení pro vytápění a ohřev teplé vody (zdroje tepla, otopná soustava, vzduchotechnika, vzduchotechnická jednotka, rozvody atd.). **Rozdíl nákladů tedy tvoří stavební úprava obalových konstrukcí a jiný druh oken a otvorů.**

Graf 2 náklady na zařízení pro vytápění a ohřev teplé vody



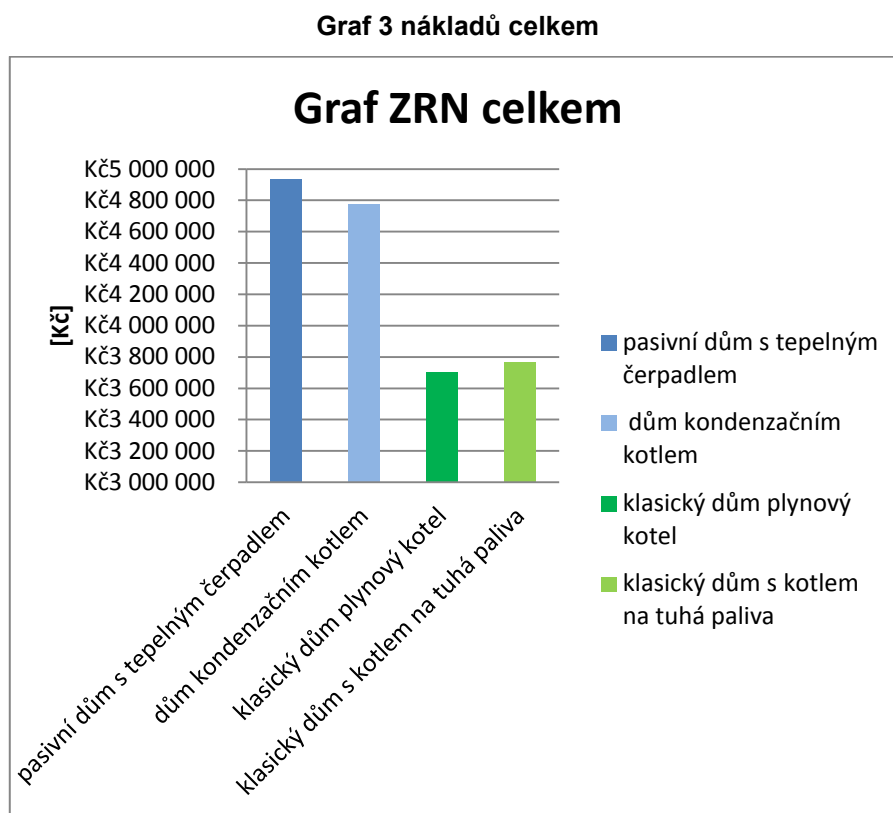
Zdroj: vlastní zpracování, souhrn ZRN

V grafu č. 2 jsou náklady na zařízení pro vytápění a ohřev teplé vody. Tyto náklady byly také vytvořeny v programu KROS plus ve verzi 17.20. U pasivního domu a domu s kondenzačním kotlem je vidět veliký rozdíl oproti domu klasickému. Je to dáno jiným způsobem vytápění, náklady zahrnují pořízení vzduchotechnického potrubí, primárního a sekundárního zdroje tepla, akumulární nádrže, teplovodního potrubí, vzduchotechnické jednotky, plošného kolektoru, čerpadel a dalších. Rozdíl nákladů v tomto grafu mezi pasivním domem a domem s kondenzačním kotlem je pouze v různých nákladech na pořízení zdroje. Nejvyšší náklady má varianta pasivního domu s tepelným čerpadlem.

Nižší náklady mají obě varianty klasického domu. Ve srovnání s prvními variantami mají pouze jednoduchou otopnou soustavu z měděných trubek, deskových těles a jedním zdrojem tepla.

Vyšší náklady u klasického domu s kotlem na tuhá paliva jsou dány potřebou externí tlakové nádoby a oběhového čerpadla. Náklady také zvyšuje cena samostatného kotle, který má oproti plynovému kotli více mechanických součástí,

je složitější a musí být větší. Nejnižšími náklady disponuje varianta s plynovým kotlem, které činí 123 223 Kč.



Zdroj: vlastní zpracování, souhrn ZRN

Tento graf znázorňuje součet nákladů na stavební objekt a zařízení pro vytápění objektu.

Opět jako varianta s nejvyššími náklady vychází pasivní dům s tepelným čerpadlem ve výši 4 933 000 Kč. Oproti tomu náklady na variantu s plynovým kotlem jsou 3 706 000 Kč, rozdíl tedy činí 1 227 000 Kč, což je vysoká částka.

Očekává se proto, že obě varianty pasivního domu budou mít výrazně nižší náklady na provoz.

2.6.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

U varianty pasivního domu byla známa tepelná ztráta objektu (z technické zprávy), bylo tedy možné vyměnit tepelné čerpadlo za jiný zdroj tepla, kterým byl zvolen kondenzační kotel.

Při změně jednotlivých skladeb konstrukcí a dalších otvorů ve zdivu, se změnila tepelná ztráta objektu i jednotlivých místností.

Pro určení nákladů u obou **variant klasického domu** bylo nutné navrhnout zcela novou otopnou soustavu.

Musela proto být spočítána

- tepelná ztráta objektu,
- navržené otopná tělesa a dimenze potrubí,
- nový zdroj a jištění otopné soustavy.

Pro výpočet tepelných ztrát prostupem u jednotlivých konstrukcí musel být určen součinitel prostupu tepla. **Postup výpočtu je uveden v kapitole 1.2.2 součinitel prostupu tepla.** Výsledkem výpočtu je tabulka č.17.

Tabulka 17 součinitel prostupu tepla pro obvodovou stěnu s tloušťkou tvárnice 175 mm

obvodová stěna 175		
Rsi	0,13	(-)
Rse	0,04	(-)
vrstvy	Sn (m)	λ_n (w/mk)
Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená ručně	0,0025	0,99
vápenocementové zdivo VAPIS 6 DF (175) LPE 25–1,8	0,175	0,99
lepidlo pro zateplovací systém	0,005	0,9
izolace EPS neoWall NEO 032	0,1	0,032
silikátová zrnitá omítka	0,0015	0,7
součinitel prostupu tepla	0,287	(w/m2k)
požadovaná hodnota normou	0,3	(w/m2k)
U<U _n zdivo vyhovuje		

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z projektu vytápění klasického domu

Pro porovnání byl vypočítán součinitel prostupu tepla u stejné stěny pasivního domu.

Tabulka 18 součinitel prostupu tepla pro obvodovou stěnu s tloušťkou tvárnic 175 mm pasivního domu

obvodová stěna 175		
Rsi	0,13	(-)
Rse	0,04	(-)
vrstvy	S_n (m)	λ_n (w/mk)
Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená ručně	0,0025	0,99
vápenocementové zdivo VAPIS 6 DF (175) LPE 25–1,8	0,175	0,99
lepidlo pro zateplovací systém	0,005	0,9
izolace EPS neoWall NEO 032	0,34	0,032
silikátová zrnitá omítka	0,0015	0,7
součinitel prostupu tepla	0,0911	(w/m ² k)
požadovaná hodnota normou	0,3	(w/m ² k)
U < U _n zdivo vyhovuje		

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z projektu vytápění klasického domu

Z porovnání obou součinitelů je patrné, že druhý je výrazně nižší, jelikož má daleko větší tloušťku tepelné izolace. **Znamená to tedy nižší tepelnou ztrátu prostupem pro pasivní dům, která by měla mít vliv na nižší provozní náklady.**

Takto byl určen součinitel prostupu tepla u všech konstrukcí pro klasický dům.

Tabulka 19 součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí pro klasický dům

konstrukce	součinitel prostupu tepla [w/(m ² *K)]
obvodová stěna tl. 175 mm	0,287
obvodová stěna tl. 200 mm	0,285
vnitřní nosná stěna tl. 240 mm	1,971
vnitřní stěna tl. 175 mm	2,358
vnitřní stěna tl. 115 mm	2,401
vnitřní stěna tl. 70 mm	2,991
střecha	0,217
podlaha s parketami 1,01	0,130
podlaha s dlažbou 1,04	0,135
strop s parketami	0,917
strop s dlažbou	0,972

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z projektu vytápění klasického domu

2.6.2 Určení tepelných ztrát objektu

V tabulce jsou vypočteny tepelné ztráty jednotlivých místností, skládající se z tepelných ztrát prostupem a tepelných ztrát větráním. Podrobný výpočet ztrát je v příloze diplomové práce.

Celková tepelná ztráta objektu je 7493 W, ta je ve srovnání s tepelnou ztrátou pasivního domu (2097 W) téměř čtyřnásobná.

Tabulka 20- výpočet tepelných ztrát klasického domu

místnost	ztráty prostupem tepla [W]	ztráty větráním [W]	celkem [W]
1,01	1 488,66	805,84	2 294,49
1,02	407,27	114,57	521,84
1,03	- 74,94	33,00	- 41,95
1,04	137,99	37,14	175,13
1,05	- 181,82	116,24	- 65,58
1,06	69,52	-	69,52
1,07	- 7,90	13,18	5,28
1,08	173,83	47,59	221,42
1,09	172,69	43,15	215,84
1,1	0,13	-	0,13
2,01	664,46	222,74	887,21
2,02	318,97	90,82	409,79
2,03	407,87	166,53	574,40
2,04	454,81	176,75	631,56
2,05	121,91	38,56	160,47
2,06	703,20	340,19	1 043,39
2,07	- 737,69	-	- 737,69
2,08	760,33	367,73	1 128,06
celkem	4 879,30	2 614,02	7 493,32

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z projektu vytápění klasického domu

Po výpočtu tepelných ztrát byla navržena desková otopná tělesa KORADO RADIK VK a vypočítány dimenze potrubí. Dále byly navrženy zdroje a jistění soustavy, podrobný výpočet je uveden v příloze.

2.6.3 Výpočet roční spotřeby energie

Roční potřeba tepla pro vytápění byla vypočítána podle kapitoly 1.2.6, v tabulce je výpočet proveden pro dům s plynovým kotlem a kotlem na tuhá paliva.

Tabulka 21- roční potřeba tepla pro vytápění klasického domu

roční potřeba tepla pro vytápění			
Qc	tepelná ztráta objektu	7493,32	W
d	počet dnů otopného období	225,00	dny
tis	průměrná výpočtová vnitřní teplota	18,982	°C
tes	průměrná teplota za otopné období	4,3	°C
ei	nesoučasnost tep. Ztráty prostupem a infiltrací	0,85	-
et	součinitel při přerušení vytápění	0,9	-
ed	součinitel zkrácení doby vytápění	1	-
ε	opravný součinitel	0,651153676	-
te	venkovní výpočtová teplota	-12	°C
Q _{vyt,r}	roční potřeba tepla pro vytápění	40 454 449 396,66	J/rok
Q _{vyt,r}	roční potřeba tepla pro vytápění	11,24	Mwh/rok

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z projektu vytápění klasického domu

Potřeba tepla pro vytápění pro pasivní dům a dům s kondenzačním kotlem byla převzata z energetického štítku budovy, který je součástí projektové dokumentace, z níž se spočítala spotřeba energie. Do spotřeby energie se nezapočítává pomocná energie, která je nutná pro provoz dalších zařízení (oběhová čerpadla, ventilátory a další).

Tabulka 22- výpočet roční spotřeby energie

typ domu	roční potřeba tepla [MWh/rok]	účinnost zdroje η_k, COP [-]	účinnost obsluhy η_o [-]	účinnost rozvodu η_r [-]	roční spotřeba tepla [MWh/rok]	vypočtená spotřeba energie pro vytápění [MWh/rok]	rozdělení spotřeby tepla dle zdrojů
pasivní dům s tepelným čerpadlem	2,672	3,5	0,88	0,87	0,798	1,728	TČ 80%
		0,75	0,88	0,87	0,931		krbová vložka 20%
dům s kondenzačním kotlem	2,672	1,06	0,88	0,87	2,634	3,565	kondenzační kotel 80%
		0,75	0,88	0,87	0,931		krbová vložka 20%
klasický dům s plynovým kotlem	11,24	0,97	0,96	0,97	12,441	12,441	plynový kotel
klasický dům s kotlem na tuhá paliva	11,24	0,873	0,9	0,97	14,745	14,745	kotel na tuhá paliva

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z roční spotřeby energie

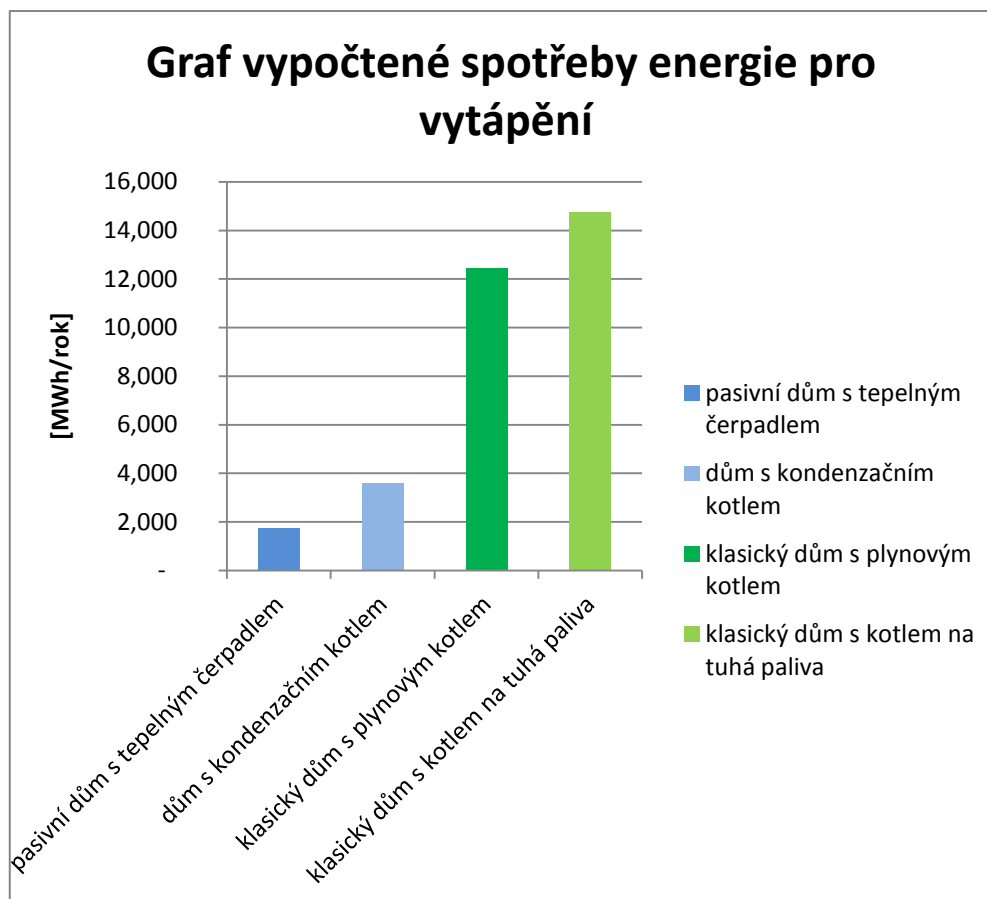
Pro výpočet byly použity účinnosti a topný faktor udávaný výrobcem a to u všech zdrojů. Při reálném provozu by však zdroje takto vysoké účinnosti nedosahovaly, nebo by dosahovaly ale ne po celou dobu užívání. Reálná spotřeba energie by tedy byla u všech variant o malou část vyšší.

Z tabulky vyplývá, že největší spotřebu energie na vytápění má dům s kotlem na tuhá paliva používající dřevěné pelety. Je to dáno nejen vyšší tepelnou ztrátou objektu oproti pasivnímu domu, ale také horší účinností zdroje.

O něco menší spotřebu energie má dům s plynovým kotlem.

Nejnižší spotřebu energie na vytápění má pasivní dům, což je dáno kombinací nízkých ztrát a energeticky šetrným zdrojem tepla. Jednotlivé roční spotřeby energie jsou znázorněny v grafu 4.

Graf 4 spotřeby energií pro vytápění



Zdroj: vlastní zpracování, převzato z roční spotřeby energie

2.6.4 Spotřeba paliv a elektrické energie

Po výpočtu spotřeb energií se vypočítala spotřeba jednotlivých paliv a elektrické energie a to podílem spotřeby energie a výhřevnosti. Výsledky výpočtu jsou v tabulce č.22.

Tabulka 23- výpočet spotřeby paliva

	palivo, elektrická energie	vypočtená spotřeba energie pro vytápění Mwh/rok	spotřeba energie pro dané palivo/ elektřinu [Mwh/rok; MJ/rok]	výhřevnost paliva [MJ/kg; MJ/m3]	spotřeba paliva, elektřiny [kg, m3, kWh]	jednotka
pasivní dům s tepelným čerpadlem	elektrická energie	1,728	0,80	-	0,798	MWh
	polena, měkké dřevo		3 350,47	18,56	180,52	kg
dům s kondenzačním kotlem	zemní plyn	3,565	9 482,46	35,87	264,36	m3
	polena, měkké dřevo		3 350,47	18,56	180,52	kg
dům s plynovým kotlem	zemní plyn	12,441	44 786,96	35,87	1 248,59	m3
dům s kotlem na tuhá paliva	dřevní pelety	14,745	53 080,84	17,3	3 068,26	kg

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/> , vlastní zpracování, převzato z spotřeby paliva

2.6.5 Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody

Pro jednotlivá paliva a elektřinu byly zjištěny tyto jednotkové ceny.

Tabulka 24- jednotkové ceny

palivo	jednotková cena	jednotka	zdroj	doprava
elektřina vysoký tarif	4602,88	Kč/MWh	http://www.cenyenergie.cz/	v ceně
elektřina nízký tarif	1849,46	Kč/MWh		v ceně
polena, měkké dřevo	6,233	Kč/kg	http://www.drevopal.cz/	v ceně
zemní plyn	12,69	Kč/m3	http://www.usetreno.cz/	v ceně
dřevěné pelety	6,4	Kč/kg	http://www.cdp.cz/	300Kč

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z jednotkových cen

Výsledkem jednotkových cen a roční spotřeby jednotlivých paliv jsou roční náklady na vytápění.

Tabulka 25- roční náklady na vytápění

typ domu	palivo/ elektřina	množství [m ³ ;kWh; kg]	jednotková cena [kč/kg; kč/m ³]	cena [kč]	roční náklady na vytápění [Kč]
pasivní dům s tepelným čerpádem	elektřina vysoký tarif	0,239	4602,880	1101,558026	3 259,51
	elektřina nízký tarif	0,558	1849,460	1032,760109	
	polena, měkké dřevo	180,521	6,233	1125,187547	
dům s kondenzačním kotlem	zemní plyn	264,356	12,69	3354,682298	4 479,87
	polena, měkké dřevo	180,521	6,233	1125,187547	
dům s plynovým kotlem	zemní plyn	1248,591	12,69	15844,62038	15 844,62
dům s kotlem na tuhá paliva	dřevní pelety	3068,257	6,4	19936,84346	19 936,84

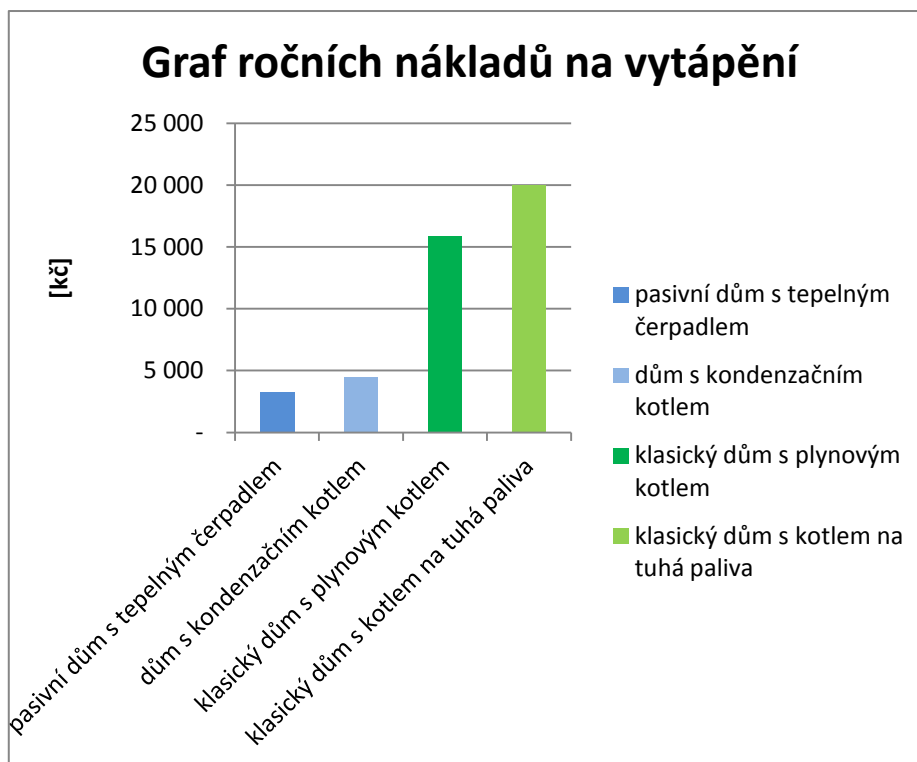
Zdroj: vlastní zpracování, převzato z ročních nákladů na vytápění

Z tabulky je vidět, že nejvyšší náklady na vytápění má varianta domu s kotlem na tuhá paliva, která používá dřevěné pelety. Roční náklady na vytápění sahají 20 000 Kč/rok.

V podobné výši nákladů se pohybuje také varianta s plynovým kotlem (téměř 16 000 Kč/rok).

Na rozdíl od toho vycházejí roční náklady na vytápění mnohem levněji u varianty domů s kondenzačním kotlem a tepelným čerpádem. Náklady obou variant se pohybují pod hranicí 5 000 Kč/rok, všechny hodnoty jsou znázorněny v následujícím grafu.

Tabulka 26- roční náklady na vytápění



Zdroj: vlastní zpracování, převzato z ročních nákladů na vytápění

2.6.6 Ekonomické vyhodnocení

Nakonec se provedlo ekonomické vyhodnocení všech variant.

Toto vyhodnocení zahrnuje:

- základní rozpočtové náklady,
- náklady na vytápění,
- náklady na obnovu zdrojů tepla, renovaci objektu
- náklady na opravu a údržbu otopných soustav a zařízení potřebných k vytápění objektů.

Vyhodnocení se počítalo v programu Excel 2007 a to na 60 let provozu objektu, veškeré náklady jsou počítány ve stálých cenách.

Pro výpočet bylo nutné znát dobu životnosti jednotlivých zdrojů tepla. Po uplynutí této doby se celý zdroj musí kompletně vyměnit, životnosti jsou uvedeny v tabulce č. 26.

Tabulka 27 životnosti tepelných zdrojů

zdroj tepla	uvedená životnost [roky]	zvolená životnost zdroje [roky]	zdroj
tepelné čerpadlo a zemní kolektor	20 i více	23	http://abeceda-cerpadel.cz
kondenzační kotel	více než 15	22	http://plynoservis.org
plynový kotel	15	15	http://hobby.idnes.cz
kotel na tuhá paliva	10-30 let	12	http://www.tzb-info.cz

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z ekonomického vyhodnocení

Životnost zdroje určuje zejména typ zdroje, způsob regulace, četnost spínání zdroje a také kvalita použitých paliv.

Pasivní dům a dům s kondenzačním kotlem využívají akumulční nádrž, která šetří zdroj tepla. Hodnota životnosti u prvních dvou variant je proto ve vyšší, na rozdíl od klasického domu s plynovým kotlem a kotlem na tuhá paliva, které akumulční nádrž nemají.

Tabulka 28- opravy a údržby

objekt	míra opravy a údržby [-]	Náklad opravy a údržby [kč]	četnost oprav a údržby [roky]
pasivní dům s tepelným čerpadlem	0,40%	3 251,92	5,00
dům s kondenzačním kotlem	0,40%	2 622,24	5,00
dům s plynovým kotlem	1,00%	1 506,99	5,00
dům s kotlem na tuhá paliva	1,00%	1 754,94	5,00

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z ekonomického vyhodnocení

V ekonomickém hodnocení jsou zahrnuty **náklady na opravy a údržby zařízení pro vytápění**. Náklady byly stanoveny odhadem podílu ze ZRN na zařízení pro vytápění a ohřev TV. Četnost těchto nákladů udává počet let, po kterých se opravy a údržby provádějí. Pasivní dům má procentuální podíl nižší díky zmíněné akumulční nádrži, která šetří i jiné součásti, než jen zdroj tepla. Četnost oprav byla stanovena u všech variant stejně a to na 5 let.

Součástí hodnocení jsou také **náklady na renovace**, které se spočítají jako 5% - ní podíl ze základních rozpočtových nákladů objektu a provádí se jednou za 40 let.

Výstupem pořizovacích nákladů nemovitostí, ročních nákladů na vytápění, nákladů na obnovu zdrojů a nákladů oprav a údržeb otopných soustavy je tabulka s kumulativními náklady variant objektů.

Tabulka 29 kumulativních nákladů zahrnující pořízení a 60 - ti letý provoz objektů

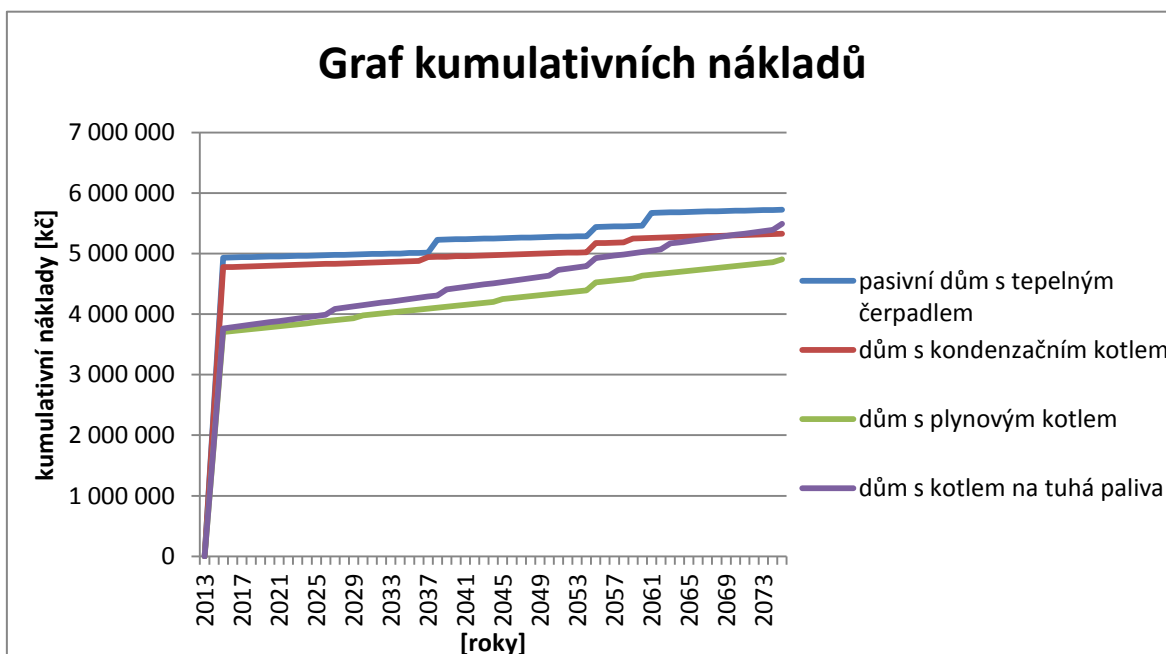
rok	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015				
pasivní dům s tepelným čerpadlem	náklady na pořízení objektu, zdroje a renovaci	2 466 560	2 466 560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	náklady na opravy a údržby	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	elektrifina vysoký tarif	-	-	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	1 102	
	elektrifina nízký tarif	-	-	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	1 033	
dům s kondenzačním kotlem	polena, měkké dřevo	-	-	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	
	náklady celkem	2 466 560	2 466 560	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	3 260	
	kumulativní náklady	2 466 560	4 933 119	4 936 379	4 939 638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 726 470
	náklady na pořízení objektu, zdroje a renovaci	2 387 850	2 387 850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dům s plynovým kotlem	náklady na opravy a údržby	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	zemní plyn	-	-	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355	3 355
	polena, měkké dřevo	-	-	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125
	náklady celkem	2 387 850	2 387 850	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480	4 480
dům s tuhými palivy	kumulativní náklady	2 387 850	4 775 700	4 780 180	4 784 660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 327 964
	náklady na pořízení objektu, zdroje a renovaci	1 852 961	1 852 961	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	náklady na opravy a údržby	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	zemní plyn	-	-	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845	15 845
dům s kotlem na tuhá paliva	náklady celkem	1 852 961	1 852 961	3 705 922	3 721 767	3 705 922	3 721 767	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	3 737 611	4 906 164
	kumulativní náklady	1 882 667	1 882 667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	náklady na pořízení objektu, zdroje a renovaci	1 882 667	1 882 667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	náklady na opravy a údržby dřevní pelety	-	-	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937	19 937
dům s kotlem na tuhá paliva	náklady celkem	1 882 667	1 882 667	3 765 335	3 785 271	3 765 335	3 785 271	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	3 805 208	5 490 526
	kumulativní náklady	1 882 667	3 765 335	3 785 271	3 805 208	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: vlastní zpracování, převzato z ekonomického vyhodnocení

V tabulce jsou uvedeny první čtyři a poslední dva roky ekonomického vyhodnocení. První dva roky jsou objekty ve výstavbě, tudíž z nich neplynou náklady na provoz a údržbu. Následující roky jsou už ve fázi užívání objektu, ke kterým se vztahují náklady na investice, provoz i údržbu.

Celé období je znázorněno v následujícím grafu, ve kterém jsou znázorněny kumulativní náklady na jednotlivé varianty. **Náklady jsou ve stálých cenách, to znamená, že se cenová hladina nemění v čase.**

Graf 5 kumulativních nákladů



Zdroj: vlastní zpracování, převzato z ekonomického vyhodnocení

Z grafu je zřejmé, že nejvýhodnější variantou je **dům s plynovým kotlem**, což je dáno zejména nejnižšími náklady na pořízení objektu a také nižšími ročními náklady na vytápění oproti variantě s kotlem na tuhá paliva.

Na druhé příčce se umístil **dům s kondenzačním kotlem**, který se vyznačuje vyššími náklady na investici, avšak jeho náklady na provoz a údržbu jsou nízké, proto v roce 2070 dosáhne nižších kumulativních nákladů oproti domu s kotlem na tuhá paliva.

Třetím domem je **kotel na tuhá paliva**, tato varianta má nízké investiční náklady, ale zato nejstrmější křivku v provozním období.

Nejhůře je na tom varianta **pasivního domu s tepelným čerpadlem** a to i přes nejnižší roční náklady na vytápění. Příčinou toho jsou vysoké náklady na pořízení objektu a do obnovy zdroje tepla.

3. Závěr

Cílem této práce bylo porovnání nákladů pasivního domu s volbou dvou zdrojů s domem, který by nevyhovoval požadavkům na pasivní standard.

Oba domy mají stejnou dispozici i vnitřní rozměry, liší se konstrukcí obálky budovy a zařízením pro vytápění.

U pasivního domu je hlavním zdrojem tepla **tepelné čerpadlo** a teplo se distribuuje pomocí teplovzdušného vytápění. Jako druhý možný zdroj byl zvolen **kondenzační kotel**.

U klasického domu bylo počítáno s variantou **kotle na tuhá paliva** a **kotle plynového**, které dodávají teplo pomocí teplovodní otopné soustavy.

Z výsledků práce vyplývá, že variantou s nejnižšími náklady je klasický dům s plynovým kotlem. Je to dáno jednoduchou otopnou soustavou, která není náročná z hlediska pořizovacích nákladů. Navíc má relativně malé náklady na provoz.

Varianta pasivního domu vyšla v ekonomickém vyhodnocení jako ta nejhorší. Náklady na pořízení vysoce převyšovaly ostatní varianty a nízké náklady na provoz oproti ostatním variantám nedokázaly tento rozdíl dostatečně snížit.

Ve vyhodnocení se však nepočítalo s náklady na ohřev teplé vody, díky kterým by jistě byl rozdíl v provozních nákladech ještě o něco vyšší.

Vyhodnocení také **nezahrnuje výnosy z fotovoltaických panelů**, které dodávají proud do sítě. Fotovoltaickými panely disponuje varianta pasivního domu a domu s kondenzačním kotlem.

V České republice je možnost dosáhnout na určité dotace v programu zelená úsporám, tyto dotace nejsou započteny do vyhodnocení.

Je proto otázkou, zda by se při započtení těchto nákladů, výnosů a dotací nezměnily výsledky vyhodnocení.

Pasivní dům je také šetrnější k životnímu prostředí, spotřebuje méně primární energie v porovnání s ostatními.

Jako nejlepší variantu bych zvolil dům s plynovým kotlem, zejména pro svou jednoduchost a nejmenším nákladům v porovnání s ostatními variantami.

4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1 Evropská unie. Sdělení komise Evropa 2020: Strategie pro inteligentní a inteligentní růst podporující začlenění. In: Brusel, 2010. [online]. [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://www.vlada.cz>
- 2 Evropská unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU: o energetické náročnosti budov. In: 2010, L153..
- 3 Evropská unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/27/EU: o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES. In: 2012, L315. [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- 4 Energetická náročnost budov: definice pojmů. [online]. [cit. 2014-10-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-udov/energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- 5 ČSN EN 15804 +A1. *Udržitelnost staveb: Environmentální prohlášení o produktu*. 2014.
- 6 Česká republika. Zákon č.406/2000 sb.: o hospodaření energií. In: 2000.
- 7 Česká republika. Vyhláška č. 78/2013 Sb.: o energetické náročnosti budov. In: 2013. [online]. [cit. 2014-11-1]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-78-2013-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>
- 8 Česká republika. Vyhláška č. 480/2012: o energetickém auditu a energetickém posudku. In: 2012. [online]. [cit. 2014-11-7]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-480-2012-sb-o-energetickem-auditu-a-energetickem-posudku>.
- 9 ČSN EN ISO. 6946: Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda. 2008. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-iso-6946-2008-12>
- 10 ČSN EN ISO. 10077: Tepelné chování oken, dveří a okenic. 2007. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-iso-10077-1-2007-05>
- 11 ČSN EN ISO. 13 370: *Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*. 2007. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-iso-10077-1-2007-05>

- 12 ČSN EN. 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. [online]. [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-12831-2005-03>
- 13 ČSN. 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2011. [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-2-2011-10>
- 14 ČVUT. [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz>
- 15 ČVUT. [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz>
- 16 TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- 17 *Pasivní domy: principy, projekty, realizace, mýty*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ, 2010, 170 s. ISBN 978-80-254-8508-8.
- 18 POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům*. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008, x, 182 s. ISBN 978-80-7366-131-1.
- 19 *Tzbinfo* [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- 20 *Topenářská příručka*. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2.
- 21 *ABECEDA* [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/>
- 22 DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla: [biomasa, tepelná čerpadla, solární systémy]*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-730-0079-2.
- 23 TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.

5. SEZNAM GRAFŮ, TABULEK, OBRAZKŮ, ZKRATEK

Obrázek 1-ekvivalentní součinitel prostupu tepla	19
Obrázek 2- poloakumulační topné elektrické rohože.....	34
Obrázek 3- kondenzační kotel VIADRUS NAOS K4	35
Obrázek 4- kotel na biopaliva značky VERNER.....	37
Obrázek 5- tepelné čerpadlo ATREA TCA 3,1	38
Obrázek 6- schéma tepelného čerpadla.....	39
Obrázek 7- solární kolektor	41
Obrázek 8-zásobník tepla ATREA.....	42
Obrázek 9- Jižní pohled	43
Obrázek 10-1NP.....	45
Obrázek 11- severní pohled	46

Nenalezena položka seznamu obrázků.

Tabulka 1-tepelný odpor při přestupu tepla	17
Tabulka 2- požadované a doporučené prostupy tepla.....	20
Tabulka 3-korekční součinitel pro svislé stavební části	23
Tabulka 4- korekční součinitel pro vodorovné části.....	24
Tabulka 5- korekční součinitel pro otvorové výplně.....	24
Tabulka 6 - ΔU_{tb}	24
Tabulka 7- minimální intenzita výměny vzduchu	26
Tabulka 8-intenzita výměny vzduchu	26
Tabulka 9-stínící činitel.....	26
Tabulka 10- výškový korekční činitel	27
Tabulka 11- tabulka výhřevnosti paliva	28
Tabulka 12- faktory energetické přeměny	29
Tabulka 13- požadavky pasivních budov	31
Tabulka 14- hodnocení pasivních budov	32
Tabulka 15-požadavky energeticky nulových budov	33
Tabulka 16 souhrn ZRN jednotlivých variant objektu	48
Tabulka 17 součinitel prostupu tepla pro obvodovou stěnu s tloušťkou tvárnice 175 mm	51

Tabulka 18 součinitel prostupu tepla pro obvodovou stěnu s tloušťkou tvárnice 175 mm pasivního domu	52
Tabulka 19 součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí pro klasický dům .	52
Tabulka 20- výpočet tepelných ztrát klasického domu	53
Tabulka 21- roční potřeba tepla pro vytápění klasického domu	54
Tabulka 22- výpočet roční spotřeby energie.....	55
Tabulka 23- výpočet spotřeby paliva	57
Tabulka 24- jednotkové ceny.....	57
Tabulka 25- roční náklady na vytápění.....	58
Tabulka 26- roční náklady na vytápění.....	59
Tabulka 27 životnosti tepelných zdrojů.....	60
Tabulka 28- opravy a údržby	60
Tabulka 29 kumulativních nákladů zahrnující pořízení a 60 - ti letý provoz objektů	61

Tabulka zkratk

zkratka	význam
TV	teplá voda
ZRN	základní rozpočtové náklady
ČS	členské státy
EU	Evropská unie
ES	Evropské společenství
ČR	Česká republika
EPD	Environmental product declaration (environmentální prohlášení o produktu)
LCI	life cycle inventory (inventář životního cyklu)
LCIA	life cycle impact assessment (hodnocení dopadů na životní prostředí)

6. SEZNAM PŘÍLOH

Projekt pasivního domu

Projekt vytápění klasického domu

Rozpočty jednotlivých variant

Pomocné tabulky a grafy