

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



ENERGETICKÝ AUDIT RODINNÉHO DOMU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

JONÁŠ MUSIL

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

2016 / 2017



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Musil Jméno: Jonáš Osobní číslo: 369930

Zadávací katedra: K 11125 Technických zařízení budov

Studijní program: Inteligentní budovy

Studijní obor: Inteligentní budovy

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Energetický audit rodinného domu

Název diplomové práce anglicky: Energy audit of family house

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte energetický audit rodinného domu s cílem rekonstrukce na standard budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Vybraná opatření dokumentujte formou zpracování projektové dokumentace na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení ve smyslu vyhlášky 499/2006 Sb.

Seznam doporučené literatury:

Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT (2010)

Valášek a kol.: Zdravotně-technické instalace Jaga 2001

Petráš a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005

K. Kabele a kol.: Technická zařízení budov. Vytápění - podklady pro cvičení. Nakladatelství ČVUT 2013

Kolektiv: Topenářská příručka 3, ČSTZ, 2008. Anotaci najdete zde.

D. Petráš, D. Koudelková, K. Kabele: Teplovodní a elektrické podlahové vytápění. Jaga Media s.r.o 2004, ISBN:80-88905-97-4

J. Bašta, K. Kabele: Otopné soustavy teplovodní - Sešit projektanta č.1 - Společnost pro techniku prostředí 2008

Garlík, B.: Inteligentní budovy, BEN technická literatura, Praha, 2012, ISBN 978-80-7300-440-8.

Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 24.2.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

24.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 21. 5. 2017

---

Jonáš Musil

## PODĚKOVÁNÍ

---

Rád bych zde poděkoval prof. Ing. Karlovi Kabelemu, CSc. za vedení diplomové práce, za jeho podporu, čas a rady, které mi při jejím vypracování věnoval.

Dále bych rád poděkoval veškerým kantorům ČVUT z fakulty stavební, strojní a elektro-technické, od kterých jsem po dobu studia mohl čerpat vědomosti.

V neposlední řadě patří můj dík rodině a hlavně mé ženě, která se mnou v posledních měsících měla trpělivost a dobře se o mě starala.

# OBSAH

---

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	1
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ .....	2
PODĚKOVÁNÍ.....	3
OBSAH .....	4
ANOTACE.....	5
ABSTRACT .....	5
ÚVOD .....	6
DEFINICE BUDOVY S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE .....	7
METODIKA ŘEŠENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	9
POPIS ŘEŠENÉHO OBJEKTU .....	10
VARIANTY ENERGETICKÉHO AUDITU .....	14
ZÁVĚR DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	16
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK .....	17
SEZNAM POUŽÍVANÝCH ZKRATEK.....	18
SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ .....	19
PŘÍLOHY DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	22
I    ENERGETICKÝ AUDIT	
II   PENB – VÝCHOZÍ STAV	
III  PENB – VYBRANÁ VARIANTA	
IV   PD - NÁVRH REKONSTRUKCE RD NA STANDARD BUDOVY S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE	

## ABSTRAKT

---

Cílem této diplomové je prověření dosažitelnosti standardu budovy s téměř nulovou spotřebou energie u již existujícího rodinného domu. Jako nástroj tohoto prověření byl použit energetický audit, který detailně hodnotil jednotlivá možná opatření pro dosažení tohoto standardu. Vybraná varianta z navrhovaných opatření je zdokumentována formou projektové dokumentace na úrovni dokumentace pro stavební povolení.

## ABSTRACT

---

The aim of this thesis is to analyze whether it is possible to achieve the required standards and turn an already existing family house into a nearly zero-energy building. An energy audit was performed in order to analyze in detail and evaluate several possible adjustments of the building necessary for achieving the required standards. The selected option is then documented in the form of project documentation on the level of project documentation required for building permits.

# ÚVOD

---

Vzhledem k neustále stoupajícím požadavkům na energetickou úsporu nově stavěných budov, i těch rekonstruovaných, se v zákonech vyskytl velice zajímavý pojem budova s téměř nulovou spotřebou energie. Tento termín vypadá velmi atraktivně, když ale uvážíme, že by již od 1. 1. 2020 měly být v tomto standardu realizovány všechny novostavby, je zřejmé, že ta požadovaná nula asi nebude absolutní. Jelikož se jedná o již uzákoněný termín, který se zanedlouho má stát platným standardem, je dle mého klíčové podívat se na otázku budov s téměř nulovou spotřebou energie v praxi.

Rozhodl jsem se tedy prověřit dosažitelnost této mety u již stojícího částečně zatepleného rodinného domu. Zjistit minimální náklady na dosažení tohoto opatření, prověřit úspory energie i financí, vybrat nejlepší řešení pro konkrétní objekt a toto řešení zdokumentovat formou projektové dokumentace.

# DEFINICE BUDOVY S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE

---

Definice budovy s téměř nulovou spotřebou energie (dále jen NZEB, z anglického originálu: nearly zero-energy building) vychází ze *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepracování)*. V této směrnici je uvedena poměrně obecná definice, kterou si jednotlivé členské státy vykládají po svém.

V případě České republiky je definice uvedena v *zákoně 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů*. Technické parametry dále specifikuje *vyhláška 78/2013 Sb. O energetické náročnosti budov (se změnou 230/2015 Sb.)*.

Hodnocení dle této vyhlášky dále více nespécifikuje absolutní hodnoty, kterých je třeba dosáhnout, ale využívá k hodnocení tzv. „referenční budovy“. Jedná se o budovu rozměrově shodnou a se stejným technickým vybavením, jako je hodnocená budova. Rozdíl spočívá v tom, že vlastnosti referenční budovy jsou standardizované (obálka budovy, vytápění, příprava TV, větrání, chlazení, osvětlení, spotřeba celkové primární a neobnovitelné primární energie, atd.). Problém tohoto hodnocení, jak uvádí ČEJKA a ANTONÍN v článku *Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů* spočívá v tom, že neklade zvláštní nárok na samotný dispoziční a technický návrh budovy jako celku, ale pouze na jednotlivé konstrukce a systémy.

Zpět ale k nulové budově, jejíž parametry jsou také uvedeny ve výše zmíněné vyhlášce. Aby budova splňovala standard NZEB, klade na ni vyhláška 2 podmínky. Za prvé se jedná o průměrný součinitel obálky budovy, který je oproti normě ČSN 73 0540-2:2011 ponížěn redukčním činitelem  $f_R = 0,7$ . Aktuálně platný standard pro nové budovy je  $f_R = 0,8$ , což je jen o něco málo horší, než NZEB. Hodnoty nastavené pro NZEB jsou velice podobné aktuálním doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla (*viz Tabulka 1 - Porovnání požadovaných součinitelů prostupu tepla*).

Dle *zákona 406/2000 Sb.* by měla být spotřeba energie ve značné míře pokryta z obnovitelných zdrojů, což více specifikuje vyhláška, která požaduje pro rodinné domy hodnotu neobnovitelné primární energie o 25 % nižší než má referenční budova. Této hodnoty se dá poměrně lehce dosáhnout i bez použití vlastních zdrojů energie, (*viz VARIANTA 1 energetického auditu*).



V posledních pár letech už začíná být vyžadováno, aby NZEB využívala obnovitelných zdrojů energie (OZE), jako jsou například sluneční záření, energie okolí či biomasa.

Tabulka 1 - Porovnání požadovaných součinitelů prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> K)]				
	$U_{N,20}$	$U_{NOV,20}$	$U_{NUL,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
<b>Redukční činitel <math>f_R</math> [-]</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	-	-
Stěna vnější	0,30	0,24	<b>0,21</b>	0,25	0,18-0,12
Střecha plochá	0,24	0,19	<b>0,17</b>	0,16	0,15-0,12
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,19	<b>0,17</b>	0,16	0,15-0,12
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,60	<b>0,53</b>	0,50	0,38-0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,68	<b>0,60</b>	0,60	0,45-0,30
Okna – stěna <sup>1</sup>	1,50	1,20	<b>1,05</b>	1,20	0,80-0,60
Dveře <sup>1</sup>	1,70	1,36	<b>1,19</b>	1,20	0,90
Garážová vrata <sup>1</sup>	3,50	2,80	<b>2,45</b>	2,30	1,70

<sup>1)</sup> Zjednodušený popis konstrukcí hodící se pro její DP

$U_{N,20}$  - Požadované hodnoty<sup>2</sup>

$U_{NOV,20}$  - Vypočtená hodnota pro nové budovy

$U_{NUL,20}$  - Vypočtená hodnota pro NZEB

$U_{rec,20}$  - Doporučené hodnoty<sup>2</sup>

$U_{pas,20}$  - Doporučené hodnoty pro pasivní budovy<sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Hodnoty dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Jak je vidět v předcházející tabulce, hodnoty požadované pro NZEB jsou téměř shodné s aktuálními doporučenými hodnotami. Dalo by se spekulovat, že díky lepší hodnotě pro vnější stěny a okna u NZEB bude obecně jejich obálka vycházet nepatrně lépe.

## METODIKA ŘEŠENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

---

Prvním krokem při vypracování této práce byla pasportizace řešeného objektu. Šlo o detailní prozkoumání stavební konstrukce, přeměření celého objektu, průzkum jednotlivých stavebních konstrukcí i technických zařízení budovy.

Na základě této pasportizace byla vypracována projektová dokumentace výchozího stavu, konkrétně dvě části, architektonicko-stavební řešení a vytápění. Jako vodítko pro vypracování sloužila stará kopie původních plánů z 60. let, která ale ne zcela odpovídala skutečnosti a neobsahovala další přestavby objektu.

Dalším důležitým krokem bylo seznámení s fungováním objektu a získání údajů o spotřebách energií za posledních 5 let. Na základě všech těchto poznatků potom mohl být vypracován průkaz energetické náročnosti budovy, který posloužil jako východisko pro energetický audit. Je potřeba zmínit, že odchylka vypočtených a skutečných potřeb energií odpovídá přibližně energiím ve výpočtu neuvažovaným.

Energetický audit navrhuje 3 různé varianty, které vedou k dosažení NZEB. Je nutné předem upozornit, že vzhledem k aktuálnímu stavu domu, není žádná z navržených vratnou investicí. Popis jednotlivých variant i důvod výběru zvolené varianty je součástí energetického auditu.

Energetický audit byl zpracován podle *vyhlášky 480 / 2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku*. Vyhláška konkrétně stanovuje rozsah energetického auditu, obsah energetického auditu a způsob jeho zpracování.

## POPIS ŘEŠENÉHO OBJEKTU

---

Jedná se o jednogenerační rodinný dům, který je využíván pouze k bydlení. Jde o poměrně velký objekt o 4 podlažích. Nejnižší podlaží je částečně podzemní, je v něm umístěna garáž, sklepy a kotelna. Nad ním je vstupní podlaží, ve kterém jsou společné prostory a koupelna se sprchou a s WC. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází pokoje, koupelna a WC. V posledním podlaží je pracovna, sklad a velká terasa, která pokrývá téměř polovinu zastavěného půdorysu. V centrální části všech pater se nachází chodba, ze které jsou přístupné jednotlivé místnosti. Chodba je přímo spojená se schodištěm přilehlým k západní fasádě. Schodiště propojuje všechna patra a je osvětleno vysokým oknem přes všechna podlaží.

Výstavba objektu začala v roce 1965 a trvala až do roku 1972, kdy byl objekt zkolaudován. Výstavba probíhala svépomocí, proto se pravděpodobně rozchází původní plány a skutečnost. První významná změna domu proběhla někdy v polovině 80. let minulého století, kdy byla přistavěna většina 3. patra. Další významnou změnou byla rekonstrukce objektu, která probíhala v letech 2008 až 2009. V roce 2008 došlo k výměně oken za plastová s dvojsklem. Na podzim roku 2009 proběhlo zateplení fasády a střechy, spolu s rozsáhlou rekonstrukcí technických zařízení budovy. Byla vyměněna otopná soustava vč. kotle, zásobníku teplé vody a rozvodů vody. Pro zateplení objektu byl použit expandovaný polystyren tloušťky 100 mm pro fasádu a 160 mm pro střechu. Rozvody topení jsou z letované mědi, rozvody vody z PPR. Detailnější popis rozvodů je uveden v energetickém auditu. V návaznosti na tuto rekonstrukci byly předělány i koupelny. Na zateplení objektu byl využit dotační program Zelená úsporám.

Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev TV je plynový turbo-kotel. Otopná soustava je dvourubková s deskovými otopnými tělesy a teplotním spádem 75/65 °C. Ohřev TV probíhá v nepřímotopném zásobníkovém ohřivač o objemu 90 l. Rozvody vody jsou provedeny z PPR, izolovány mirelonem. TV je bez cirkulace. Větrání objektu je zajištěno převážně přirozenou cestou, nucené podtlakové větrání je instalováno pouze v místnostech hygieny a kuchyni. Rozvody elektrické energie jsou částečně renovované, částečně původní. Rozvaděče jsou kompletně vyměněné.

Popis jednotlivých konstrukcí domu je uveden v energetickém auditu a projektové dokumentaci architektonicko-stavebního řešení. Energetické systémy jsou též podrobněji popsány v energetickém auditu.

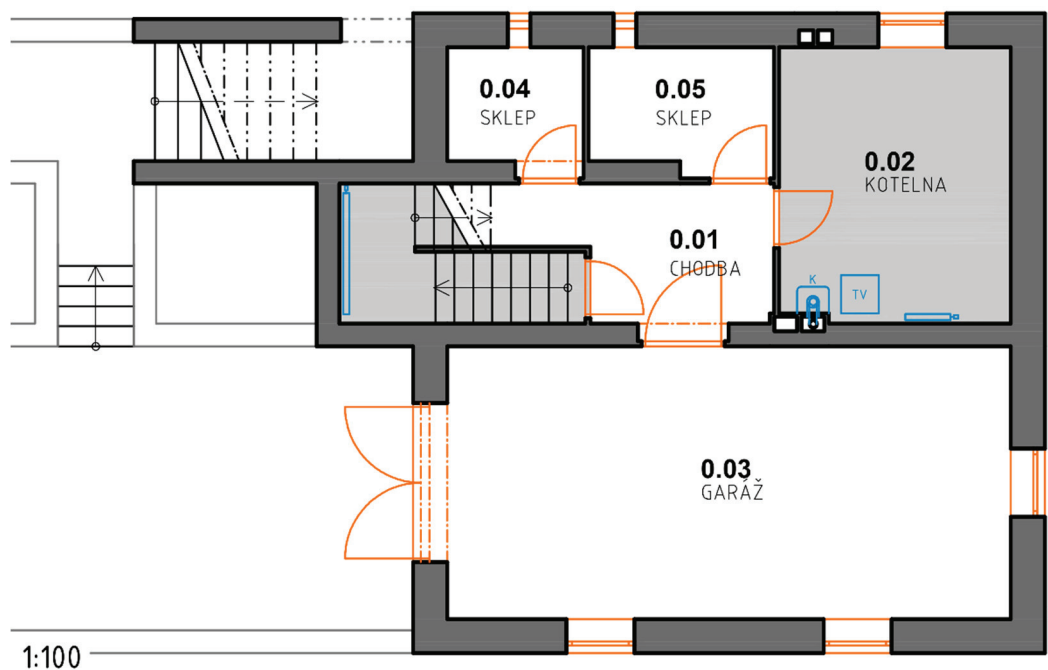
Pro sestavení energetického modelu byl objekt rozdělen do 3 zón, zóna 1 obsahuje obytné místnosti, zóna 2 obsahuje komunikační prostory a kotelnu a zóna 3 obsahuje sklepní prostory a garáž. Grafické rozdělení zón je vyznačeno v následující tabulce:

*Tabulka 2 - Zónování objektu*

<b>ZÓNA 1</b>	<b>ZÓNA 2</b>	<b>ZÓNA 3</b>
Obytné místnosti	Chodby, schodiště, kotelna	Sklepy, garáž

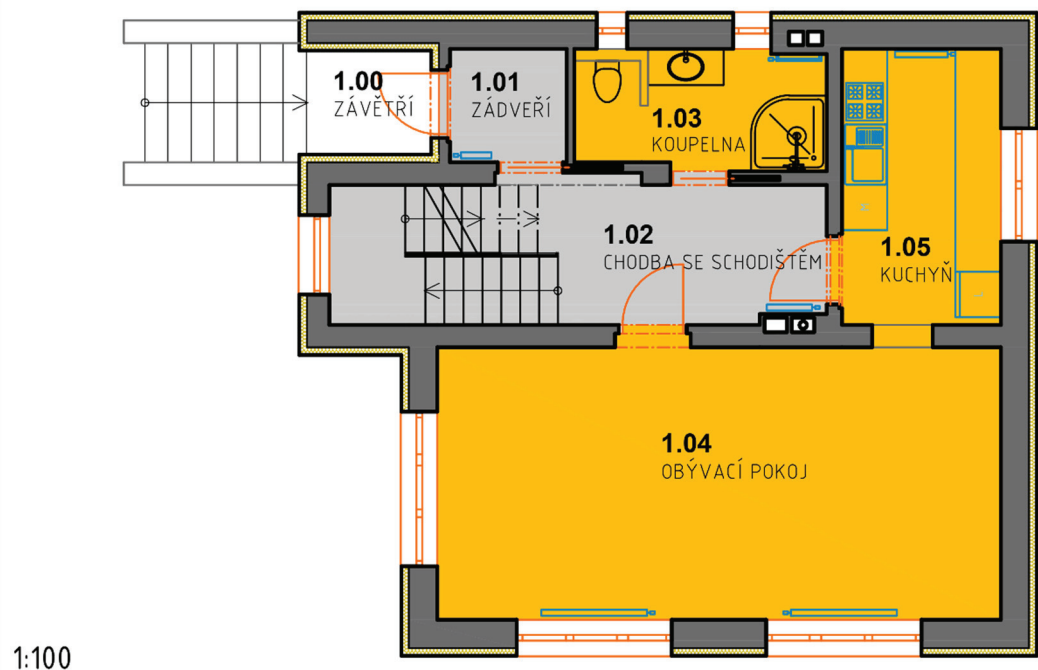
Dispoziční řešení včetně rozdělení objektu na jednotlivé zóny naleznete na další stránce.

### PŮDORYS 1.PP



Obrázek 1 - Schématický půdorys 1.PP

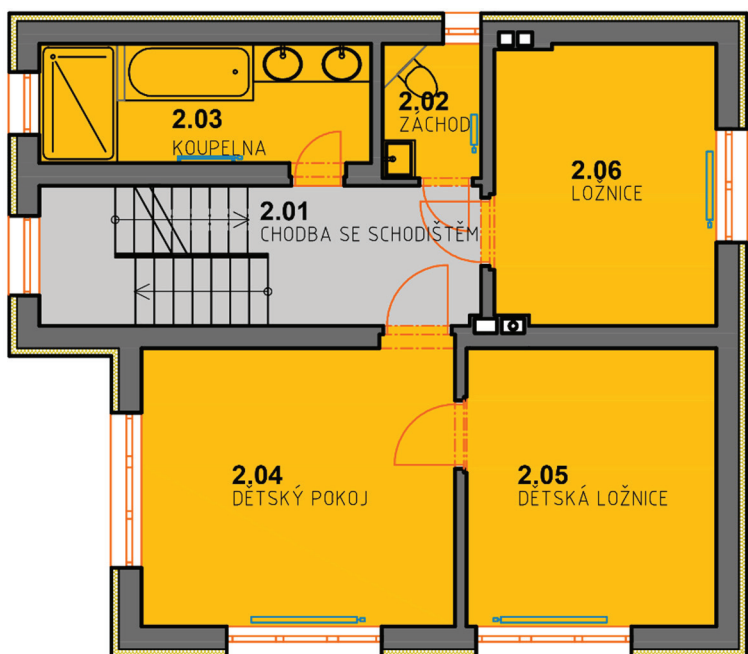
### PŮDORYS 1.NP



Obrázek 2 - Schématický obrázek 1.NP

## PŮDORYS 2.NP

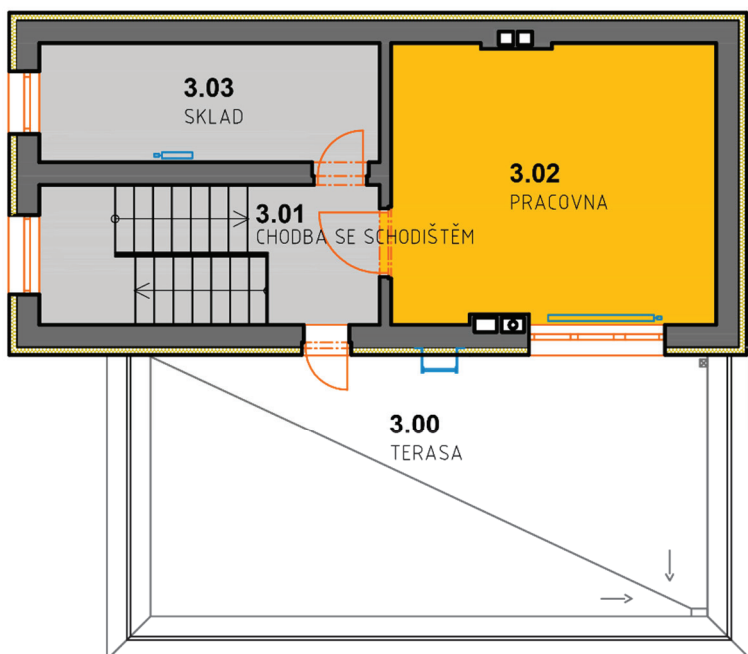
1:100



Obrázek 3 - Schématický půdorys 2.NP

## PŮDORYS 3.NP

1:100



Obrázek 4 - Schématický půdorys 3.NP

# VARIANTY ENERGETICKÉHO AUDITU

---

Výsledkem energetického auditu bylo navržení a zhodnocení 3 variant poskládaných z návrhových opatření, ze kterých byla vybrána optimální varianta. Detailní popis včetně výpočtů a zhodnocení se nachází přímo v energetickém auditu, zde je pouze zjednodušený popis variant.

## VARIANTA 1

Varianta 1 obsahuje minimální řešení zateplení pro dosažení na průměrný součinitel obálky budovy, přičemž zároveň splňuje podmínku na neobnovitelnou primární energii. Tato varianta ale neobsahuje žádný zdroj obnovitelné energie, tím pádem se nedá považovat za NZEB. Slouží tedy jen pro určení minimálních nákladů na rekonstrukci obálky budovy, která je pro dosažení NZEB nezbytná.

## VARIANTA 2

Varianta 2 také obsahuje zlepšení obálky budovy, snaží se ale již dosáhnout na součinitele prostupů tepla doporučených pro pasivní domy. Aby došlo k razantnímu zlepšení, varianta počítá i s výměnou oken a vnějších dveří, vč. garážových vrat. S touto změnou obálky budovy je nutné navrhnout nucené větrání, jelikož dojde k výraznému utěsnění obálky. Nelze se potom spolehnout na přirozené větrání, jak tomu bylo doposud. Tato část v projektech často chybí a působí problém s plesnivěním nově zateplených objektů, nejčastěji bytových domů. Nejde ani vlastně tolik o zateplení, jako o výměnu oken, která naprosto změní průvzdušnost obálky budovy. Navrhují rovnotlaký systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla (ZZT). Detailní popis návrhu je v projektu vzduchotechniky, který je přílohou diplomové práce.

Na zateplení navazují další opatření, která doplňují budovu o vlastní zdroje obnovitelné energie. Varianta 2 počítá s instalací 3 solárních kolektorů o ploše apertury 6 m<sup>2</sup>, které slouží pro ohřev TV a jsou schopné kompletně pokrýt potřebu tepla od května do srpna, duben a září pokrývají přibližně ze 75 %. Pro správnou funkčnost je instalován nový bivalentní 300l zásobník TV, napojený na solární systém a stávající kotel. Důležitá je informace, že díky sklonu kolektorů 45 ° a úhlu 10° vůči jihu nemají enormní letní přebytky.

Dalším OZE je 8 ks solárních panelů dotujících hybridní solární systém, který je přímo napojený na rozvodnou elektrickou síť objektu. Plocha panelů činí 12,8 m<sup>2</sup>. Systém je vybaven dvěma 250Ah bateriemi. Návrh je opět dimenzován bez letních přebytků, tudíž by budova dle energetické bilance měla být schopna veškerou vyrobenou elektrickou energii spotřebovat sama. Není proto třeba zařizovat komplikovanější instalaci pro možnost posílání přebytků zpět do sítě.

### VARIANTA 3

Varianta 3 počítá se stejným zlepšením obálky budovy jako varianta 2. Dalším opatřením je výměna zdroje tepla. Plynový kotel je nahrazen bivalentním tepelným čerpadlem, které je vybaveno elektrickým dohřevem pro extrémní zimní podmínky. Tepelné čerpadlo v sobě má instalovaný 171l zásobník teplé vody, nahrazuje tedy stávající kotel i zásobník TV. TČ je napojeno na stávající otopnou soustavu, na zpátečce je instalován akumulací topný zásobník o objemu 30 l, aby i v případě topení nedocházelo k cyklování tepelného čerpadla.

Vzhledem k citelnému nárůstu potřeby elektrické energie je opět objekt doplněn o hybridní solární systém, tentokrát s 9 PV (fotovoltaickými) panely o účinné ploše 14,4 m<sup>2</sup>.

### SHRNUTÍ

Pro všechny opatření a z nich plynoucí varianty byl vytvořen model budovy v programu NKN II<sup>1</sup>, který také posloužil pro sestavení výchozího průkazu energetické náročnosti budovy. Tento nástroj byl následně použit pro sestavení ročních energetických bilancí, ze kterých potom za pomoci KALKULÁTORU CEN ENERGIÍ<sup>2</sup>, byly vypočítány roční provozní náklady. Pro sestavení cen jednotlivých opatření byl sestaven klasický položkový rozpočet doplněný o ceny dle platných ceníků dostupných na internetu.

Každá z navržených variant obsahuje ekonomické a ekologické vyhodnocení a upravenou roční energetickou bilanci. Na základě těchto údajů byla vybrána optimální varianta.

---

<sup>1</sup>Národní kalkulační nástroj II, © katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební, ČVUT v Praze 2014 / [nkn.fsv.cvut.cz](http://nkn.fsv.cvut.cz) / e-mail: [nkn@fsv.cvut.cz](mailto:nkn@fsv.cvut.cz)

<sup>2</sup>Kalkulátor cen energií, © Copyright Topinfo s.r.o. 2012-2017 / <http://kalkulator.tzb-info.cz> / e-mail: [kalkulator@tzb-info.cz](mailto:kalkulator@tzb-info.cz)



## ZÁVĚR DIPLOMOVÉ PRÁCE

---

Při hodnocení navržených variant se všechny ukázaly jako nevhodné, byla proto doporučena VARIANTA 2, která nejvíce šetří životní prostředí. VARIANTA 1 se ukázala jako nejméně ztrátová, ale s čistou současnou hodnotou na úrovni - 300 000 Kč se jedná o nesmyslnou investici. VARIANTA 1 navíc slouží jen pro určení minimálních nákladů na rekonstrukci obálky budovy, aby se alespoň vlastnosti budovy rovnaly NZEB. Tato varianta nevyužívá obnovitelný zdroj energie, nelze ji proto považovat za NZEB. VARIANTA 3 vychází nejhůře ekonomicky, přičemž z ekologického hlediska je na tom také hůře než VARIANTA 2.

VARIANTA 2 je tedy řešení pro někoho, komu nezáleží na penězích a chce být šetrnější k životnímu prostředí. Rozhodně se nejedná o ideální řešení, jelikož takové řešení v případě řešeného objektu neexistuje. Problémem objektu je aktuální tepelná izolace, která byla provedena dva roky před vydáním aktuální platné normy ČSN 73 0540-2:2011 o tepelné ochraně budov. Obálka budovy je tedy poměrně nová, ale již neodpovídá aktuálním standardům. Spotřeba energií v budově je aktuálně na vcelku slušné úrovni, což je další problém rekonstrukce, kdy už není příliš velký prostor k reálným úsporám.

Závěrem této práce tedy je fakt, že dosažení na standard NZEB u stojících, již zateplených staveb pravděpodobně není smysluplné. Samozřejmě je nutné posuzovat každý případ samostatně. Pro stavby ještě nezateplené je situace zcela jiná, tam bychom se měli snažit o dosažení minimálně tohoto standardu. Výše úspor v těchto případech může lehce vyvážit investice na rekonstrukce, které jsou často stejně nezbytné.

Tato práce také poukazuje na fakt, že standard NZEB není v České republice nijak přísný. Jedná se prakticky o obálku budovy v podobných mezích, jako jsou doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 již od roku 2011. K tomu stačí využívat nějakého obnovitelného zdroje energie, například kotle na biomasu a budova spadá do kategorie NZEB. Problém vidím v absenci absolutních číselných hodnot, kterých mají budovy dosahovat. Porovnávání s referenční budovou je opět porovnání s tou samou budovou, provedenou v normových standardech. Neklade se tedy důraz na celkový koncept budovy, který je vlastně nejdůležitější částí návrhu, ale pouze na jednotlivé části objektu, které dohromady vůbec nemusí tvořit správně fungující celek.

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

---

Obrázek 1 - Schématický půdorys 1.PP .....	12
Obrázek 2 - Schématický obrázek 1.NP .....	12
Obrázek 3 - Schématický půdorys 2.NP .....	13
Obrázek 4 - Schématický půdorys 3.NP .....	13
Tabulka 1 - Porovnání požadovaných součinitelů prostupů tepla .....	8
Tabulka 2 - Zónování objektu .....	11

## SEZNAM POUŽÍVANÝCH ZKRATEK

---

EA	Energetický Audit
EPS	Expandovaný polystyren
EZS	Elektronický Zabezpečovací Systém
NKN II	Národní Kalkulační Nástroj II
NZEB	Budova s téměř nulovou spotřebou energie <i>(Nearly Zero-Energy Building)</i>
OZE	Obnovitelný Zdroj Energie
PENB	Průkaz Energetické Náročnosti Budovy
PD	Projektová Dokumentace
PV	Fotovoltaické <i>(Photovoltaic)</i>
RD	Rodinný Dům
SV	Studená Voda
TI	Tepelná izolace
TČ	Tepelné Čerpadlo
TV	Teplá Voda
TZ	Technická Zpráva
ÚNMZ	Úřad pro technickou Normalizaci, Metrologii a státní Zkušebnictví
VZT	Vzduchotechnika
XPS	Extrudovaný polystyren
ZZT	Zpětné Získávání Tepla

# SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ

---

## PRÁVNÍ PŘEDPISY

1. Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.
2. Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.
3. Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.
4. Vyhláška č. 337/2011 Sb. o energetickém šítkování a ekodesignu výrobků spojených se spotřebou energie.
5. Vyhláška č. 193/2007 Sb. kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.
6. Věstník Ministerstva životního prostředí, Ročník XIII, Srpen 2013.
7. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

## NORMY

8. ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: ÚNMZ, 2009.
9. ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: ÚNMZ, 2005.
10. ČSN 73 0540-2:2011. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2011.
11. TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*. Praha: ÚNMZ, 2013.
12. ČSN EN 12831. *Otopné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro tepelné ztráty*. Praha: ÚNMZ, 2005.
13. ČSN EN 15665/Z1. *Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. Praha: ÚNMZ, 2011.

## LITERATURA

14. MUTUŠKA, Tomáš. *ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE*. Praha: ČVUT, 2010.
15. BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. *Otopné soustavy teplovodní*. 3., přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, odborná sekce vytápění, 2008. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02064-6.
16. BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.
17. DRKAL, František, Miloš LAIN, Jan Schwarzer a Vladimír Zmrhal. *VZDUCHOTECHNIKA*. Praha: ČVUT, 2009.
18. GARLÍK, Bohumír. *Inteligentní budovy*. Praha: BEN - technická literatura, 2012. ISBN 978-80-7300-440-8.
19. KABELE, Karel a kolektiv. *ENERGETICKÉ A EKOLOGICKÉ SYSTÉMY 1: Zdravotní technika: Vytápění*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN: 80-01-03327-9
20. PAPEŽ, Karel, Zuzana VYORALOVÁ, Lidmila MARKOVÁ, Bohumír GARLÍK a Miloslav JOKL, *ENERGETICKÉ A EKOLOGICKÉ SYSTÉMY BUDOV 2: Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.

## ELEKTRONICKÉ ZDROJE

21. ANTONÍN, Jan a Magdalena PURKRTOVÁ. *Budovy s téměř nulovou spotřebou energie – Definice*. 2017, [online], [vid. 2017-03-17], Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15180-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-definice>
22. ČEJKA, Michal a Jan ANTONÍN. *Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů*. 2017, [online], [vid. 2017-03-17], Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnani-energetickych-standardu>
23. URBAN, Miroslav a Karel KABELE. *Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1. dubna 2013*. 2013, [online], [vid. 2017-03-17], Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>
24. NOVÁK, Jan. *Výhřevnost paliv*. [online], [vid. 2017-03-18], Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
25. LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Měděné trubky*. [online], [vid. 2017-04-15], Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/36-medene-trubky>

26. *Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu*, [online], [vid. 2017-04-15], Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubi-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>
27. *Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí*. [online], [vid. 2017-04-15], Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/87-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubi>
28. KRAINER, Robert. *Účinnost tepelných čerpadel na lokální a globální úrovni*. 2015, [online], [vid. 2017-04-22], Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12543-ucinnost-tepelnych-cerpadel-na-lokalni-a-globalni-urovni>
29. MATUŠKA, Tomáš. *Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP*. 2015 [online], [vid. 2017-04-22], Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivite-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
30. MATUŠKA, Tomáš. *Zjednodušený bilanční výpočet ročních přínosů fotovoltaických instalací*. 2016, [online], [vid. 2017-04-29], Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13878-zjednoduseny-bilancni-vypocet-rocnich-prinosu-fotovoltaickych-instalaci>
31. HEMERKA, Jiří a František HRDLIČKA. *Emise z kotelen a ochrana ovzduší (III)*. 2005, [online], [vid. 2017-04-29], Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/2309-emise-z-kotelen-a-ochrana-ovzdusi-iii>
32. *Územní plán obce Husinec*. [online], [vid. 2017-03-04], Dostupné z: <http://www.husinec-rez.cz/obec-727b/uzemni-plan-obce/>
33. Hungarian Copper Promotion Centre (HCPC). *PŘÍRUČKA K PROJEKTOVÁNÍ SYSTÉMŮ Z MĚDĚNÝCH TRUBEK V TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍCH BUDOV*. [online], [vid. 2017-05-05], Dostupné z: [http://medenerozvody.cz/sites/default/files/publication\\_files/7\\_prirucka\\_k\\_projektovani\\_systemu\\_2012.pdf](http://medenerozvody.cz/sites/default/files/publication_files/7_prirucka_k_projektovani_systemu_2012.pdf)
34. ZMRHAL, Vladimír. *Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1*. [online], [vid. 2017-05-06], Dostupné z: [http://medenerozvody.cz/sites/default/files/publication\\_files/7\\_prirucka\\_k\\_projektovani\\_systemu\\_2012.pdf](http://medenerozvody.cz/sites/default/files/publication_files/7_prirucka_k_projektovani_systemu_2012.pdf)

## PŘÍLOHY DIPLOMOVÉ PRÁCE

---

- I ENERGETICKÝ AUDIT
- II PENB – VÝCHOZÍ STAV
- III PENB – VYBRANÁ VARIANTA
- IV PD - NÁVRH REKONSTRUKCE RD NA STANDARD BUDOVY S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE