

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

# EKONOMICKÁ ANALÝZA ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ BUDOV

ECONOMIC ANALYSIS OF BUILDING ENERGY SAVING MEASURES

*BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

*BACHELOR'S THESIS*

*AUTOR PRÁCE*

AUTHOR

*Pavel Losert*

*VEDOUcí PRÁCE*

SUPERVISOR

*doc. Ing. JANA KORYTÁROVÁ, Ph.D.*

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Pavel Losert
<b>Název</b>	Ekonomická analýza energeticky úsporných opatření budov
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
<b>Datum zadání bakalářské práce</b>	30. 11. 2011
<b>Datum odevzdání bakalářské práce</b>	25. 5. 2012
V Brně dne 30. 11. 2011	

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

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

## **Bibliografická citace VŠKP**

LOSERT, Pavel. *Ekonomická analýza energeticky úsporných opatření budov*. Brno, 2012. 70 stran., 2 strany příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D..

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 24.5.2012

.....

podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Janě Korytářové, Ph.D. za odborné rady a cenné připomínky.

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24.5.2012

.....

podpis autora

Pavel Losert

## **Abstrakt**

V dnešní době je pojem energetická úspora budov skloňován ve všech pádech. Náklady na vytápění tvoří zpravidla největší podíl na provozních nákladech výrobních hal. Ve snaze minimalizovat tyto náklady dochází u stavebních objektů k velkému nárůstu zateplování obvodových plášťů, výměře okenních otvorů a výběru typu vytápěcího systému. Předmětem této práce je zkoumání dopadů ekonomické náročnosti na vytápěcí systém výrobní haly, v které bude porovnáváno několik systémů od klasických až po moderní sofistikované zdroje tepla. Nesmíme zapomenout na volby opláštění a nucené větrání v objektu. Kvalitní zateplení a nejnovější trendy ve vytápění vyžadují velké prvotní investice, ale tvoří úsporu nákladů v čase. Hodnocení ekonomické efektivity výše uvedených opatření bude sledováno ukazateli doby návratnosti investičních nákladů.

## **Abstract**

Nowadays, the concept of economical housing is an extreme popular topic. Heating costs usually create the large part of operating costs of industrial buildings. In an effort minimize these costs, that occurs in buildings and choose of window proportions, a large increase in insulation cladding and also an effective heating system. This thesis is to examine the impact of economical measures on an industrial object where types of heating will be compared from classic to modern systems. We can't forgive which insulation and controlled ventilation will be select. Quality insulation and modern heating systems require a higher one-off costs, but brings financial savings in the long run. A review of economic effectiveness of these energy-saving measures will be demonstrated via indicators of Pay off Method.

## **Klíčová slova**

Energie, energetická náročnost, měrná potřeba tepla na vytápění, zdroj vytápění, ekonomická efektivity, diskontovaná doba návratnosti.

## **Keywords**

Energy, Energy-saving measures, specific heat use for heating, heating system, Economical effectiveness, Pay off Method.

## Obsah

Abstrakt.....	7
Abstract.....	7
Klíčová slova .....	7
Keywords .....	7
1 ÚVOD.....	10
2 Použité pojmy .....	11
3 Úspora energie .....	12
3.1 Dokumenty pro energetické hodnocení budov .....	12
3.1.1 Průkaz energetické náročnosti .....	13
3.1.2 Energetický audit .....	15
3.1.3 Ceny paliv .....	15
3.1.4 Energetický štítek obálky budovy.....	16
4 Spotřeba energie na vytápění .....	17
5 Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění.....	19
5.1 Podklady pro výpočet .....	19
5.1.1 Součinitel prostupu tepla.....	20
5.1.2 Součinitel průměrného prostupu tepla $U_{em}$ .....	24
6 Únik tepla konstrukcemi .....	26
6.1 Tepelný most.....	27
7 Čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento .....	30
7.1 Čistá současná hodnota.....	30
7.2 Vnitřní míra výnosu – vnitřní výnosové procento /Internal Rate of Return Method/ ..	31
8 Energetická studie za účelem zjištění vhodného tepelného zdroje .....	33
8.1 Popis výrobního objektu v Hranicích.....	33
8.2 Vstupní údaje .....	34
9 Větrání objektu.....	37
9.1 Výpočet tepelné ztráty větráním .....	37
9.2 Výpočet potřeby energie na vytápění objektu pro pokrytí tepelné ztráty větráním .....	38
9.3 Technické varianty řešení systému větrání .....	39
9.4 Ekonomické hodnocení systému větrání.....	40
9.5 Rozdílová investice .....	42
9.6 Vyhodnocení.....	42
10 VYTÁPĚNÍ OBJEKTU.....	43
10.1 Výpočet celkové tepelné ztráty objektu .....	43



10.2	Výpočet celkové potřeby energie na vytápění .....	44
10.3	Technické varianty řešení systému vytápění.....	45
10.3.1	Centrální plynová kotelna .....	45
10.3.2	Tepelné čerpadlo vzduch-voda (dvojstupňové tepelné čerpadlo).....	47
10.3.3	Plynové infrazářiče .....	50
10.4	Ekonomické hodnocení systému vytápění.....	52
10.5	Výpočet rozdílové investice.....	54
10.5.1	Výpočet kumulovaných nákladů při 0% růstu cen energií .....	55
10.5.2	Výpočet kumulovaných nákladů při 5% růstu cen energií .....	57
10.5.3	Výpočet kumulovaných nákladů při 10% růstu cen energií .....	60
10.6	Vyhodnocení.....	62
11	Příprava teplé vody .....	64
12	ZÁVĚR .....	66
13	Studijní prameny .....	67
13.1	Seznam použité literatury.....	67
13.2	Další studijní prameny .....	68
13.3	Internetové prameny .....	68
14	Seznam ilustrací.....	69
15	Seznam tabulek .....	70
16	Seznam příloh .....	71

# 1 ÚVOD

Lidská potřeba zajišťovat si co nejpohodlnější bydlení je známa odedávna. Od života v jeskyni přes první stavěné přístřešky v dávných dobách, budování měst, městských obydlí až po honosné paláce řešili lidé vždy problém jak zajistit co nejpříjemnější prostředí pro život po celý rok. Hlavně v zimě, kdy teploty klesnou hluboko pod bod mrazu, nebylo snadné udržet teplo ohnišť po celou dobu dne a noci a stálo mnoho úsilí. Člověk vždy hledal způsob jak zabránit uniku tepla z objektu, ale také jak jej co nejlépe vytopit. Během posledních staletí prošlo lidstvo mohutným rozvojem a jeho nároky na životní úroveň se zvyšují. S tím souvisí i nárůst spotřeby energie. Důsledkem jsou i negativní vlivy spotřeby na životní prostředí, jeho drancování v honbě za stále cennějšími přírodními zdroji energie a postupné zhoršování ovzduší důsledkem spalování fosilních paliv a neadekvátní rozvoj na poli obnovitelných zdrojů energie. Ke snížení spotřeby vede také finanční stránka věci, využíváním ztenčujících se zásob roste cena energií a k výstavbě projektů na levnou, čistou energii z obnovitelných zdrojů se šetří penězi. V posledních letech si lidstvo začíná uvědomovat dopady svého chování a objevuje stále sofistikovanější způsoby jak energie šetřit nebo ji spotřebovávat méně. Na podporu této problematiky byly vytvořeny různé dotační programy pod záštitou Ministerstva životního prostředí či Ministerstva pro místní rozvoj ve spolupráci s Evropskou unií. Programy pomáhají s financováním investičních nákladů a zvyšují motivaci případných investorů.

Pod pojmem „snížení spotřeby energie“ si většina představí dodatečná provádění zateplení, využívání obnovitelných zdrojů nebo výstavbu pasivních budov. Tato problematika ovšem obsahuje i zavádění nových technologií s nižší energetickou náročností nebo využíváním odpadů jako zdroje energie. Tato problematika se netýká pouze stavebnictví, ale i jiných průmyslových oborů.

Bakalářská práce s názvem Ekonomická analýza energetických opatření budov je zaměřena na volbu systému vytápění, systému řízeného větrání. Při volbě vytápění investoři často sahají k časem ověřeným systémům, které mají bohužel vyšší provozní náklady. Na druhou stranu od moderních a efektivních zdrojů vytápění odrazuje investory vysoká pořizovací cena a někdy sporná účinnost. Výsledkem práce bude zjištění doby návratnosti investičních nákladů na zkoumanou výrobní halu.

První část bakalářské práce se zabývá teorií, která zahrnuje přiblížení základní problematiky a potřebných dokumentů týkajících se energetické náročnosti budov. Druhá část se zaměřuje na konkrétní druhy vytápěcích systémů za účelem analýzy jednotlivých variant pro volbu nejoptimálnějšího řešení.

## 2 Použité pojmy

**Energie** je zboží sloužící k výrobě tepla nebo mechanické energie a ovládání procesů

**Energetická opatření** jsou taková opatření, při jejichž realizaci dochází ke snížení provozních energetických nákladů

**Energetická náročnost budov** je dle vyhlášky č. 148/2007 Sb., stanovena celková roční dodaná energie v GJ potřebná pro vytápění, přípravu teplé vody, větrání, osvětlení, chlazení a klimatizaci.

**Spotřeba energie na vytápění** je to skutečné množství spotřebované energie technickým zařízením budovy pokrývající energetické nároky budovy.

**Měrná potřeba tepla na vytápění** je veličina, která charakterizuje tepelně-izolační vlastnosti budovy bez ohledu na účinnost topného systému a zdroje tepla.

Vyjadřuje množství tepla, které je vztaženo na jednotku plochy - kWh/(m<sup>2</sup>.rok), popř. na jednotku objemu vytápěného prostoru - kWh/(m<sup>3</sup>.rok). Jde o energetický výstup z objektu, který je dán ztrátami obálky. Potřeba tepla tedy vychází z tepelných ztrát, nedá se ovlivnit tepelnými zisky ani vhodným systémem vytápění. [1]

**Ekonomická efektivnost** vyjadřuje vztah investičních nákladů a jejich ekonomický přínos

**Doba návratnosti** „vyjadřuje dobu potřebnou pro úhradu celkových investičních nákladů projektu jeho budoucími příjmy.“ [2]

**Diskontovaná doba návratnosti** je doba návratnosti, ve které je zohledněna časová hodnota peněz diskontní sazbou.

**Čistá současná hodnota** představuje čistý výnos investora z vložené investice za celé hodnocené období. [2]

**Vnitřní výnosové procento** „(IRR) je možné chápat jako rentabilitu (průměrnou roční výnosnost), kterou projekt poskytuje během svého životního cyklu. Vnitřní výnosové procento je dáno diskontní sazbou, při které je čistá současná hodnota projektu rovna nule.“ [2]

### 3 Úspora energie

Náklady na realizaci stavby a vlastní provoz budovy jsou propojeny se spotřebou energie. Pomocí vyhodnocení pořizovacích nákladů a srovnáním provozních nákladů pro jednotlivá léta budeme zjišťovat ekonomicky nejvýhodnější variantu, ale také se pokusíme přihlédnout k ekologické šetrnosti. Vedlejší účinek těchto opatření je vyšší tržní hodnota objektu a zlepšený estetický vzhled. Spotřebovávaná energie je využívána pro:

- Tepelná energie na vytápění, větrání, na přípravu a ohřev teplé vody
- Elektrická energie pro provoz spotřebičů, osvětlení

Podle poměru spotřeb jednotlivých energií na provoz budovy, má spotřeba energie na vytápění největší podíl z celkového množství. Pro výrobu tepelné energie bude jako zdroj uvažován plyn a elektrická energie.

#### 3.1 Dokumenty pro energetické hodnocení budov

Právní předpisy České republiky prokazují energetické vlastnosti budov definují tyto dokumenty:

- Průkaz energetické náročnosti budovy podle vyhlášky č. 148/2007Sb., ve znění pozdějších novel.
- Energetický audit je hodnocen zákonem č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších novel.
- Energetický štítek obálky budovy podle normy ČSN 73 0540.

**Od povinnosti zpracování průkazu ENB jsou podle zákona č. 406/2000 Sb. osvobozeny budovy:** dočasné s plánovanou dobou užívání do 2 let, experimentální, s občasným používáním, zejména pro náboženské činnosti (např. kostely), obytné které jsou určeny k užívání kratšímu než 4 měsíce v roce, samostatně stojící o celkové podlahové ploše menší než 50 m<sup>2</sup> a budovy obsahujících vnitřní technologické zdroje tepla. Průkaz ENB dále nemusí být vyhotoven u výrobních budov v průmyslových areálech, u provozoven a neobytných zemědělských budov s nízkou roční spotřebou energie na vytápění.

Na provoz budovy je podle průměru spotřeb energií má vytápění největší podíl z celkového množství. K objektu bylo přistupováno jako k energeticky úspornému, a proto uvedeme detaily potřebných průkazů.

### 3.1.1 Průkaz energetické náročnosti

Průkaz energetické náročnosti budov zkoumá a definuje výši spotřeby energie pro vytápění, chlazení, větrání, ohřev vody (teplá voda) a elektřiny pro osvětlení. Průkaz ENB také hodnotí energetické přínosy od netradičních a obnovitelných zdrojů energie jako jsou například tepelná čerpadla, solární, tepelné a elektrické systémy. Součet jednotlivých vypočtených dílčích spotřeb energie projektované budovy nebo dílčích spotřeb energie užívané budovy se stanovuje tzv. bilančním hodnocením. Dle zákona č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií, se „energetickou náročností budovy u existujících staveb rozumí množství energie skutečně spotřebované, u projektů nových staveb nebo projektů změn staveb, na než je vydáno stavební povolení musí vypočítané hodnoty množství energie splňovat standardizované požadavky užívání budovy.“ [3]

Zda budova splňuje požadavky hospodárné spotřeby energie na vytápění, které je ovlivněno provedením stavby se hodnotí podle:

- Požadovaných hodnot měrné spotřeby tepla – dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. A to v případě průkazu ENB.
- Doporučených součinitelů tepla  $U_N$  pro konstrukce nacházející se na systémové hranici budovy dle normy – posouzení konstrukcí dle ČSN 73 0540.
- Požadovaných hodnot průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N}$  - využití u energetického štítu obálky budovy dle ČSN 73 0540-2: 2007

Průkaz energetické náročnosti budovy, dále jen PENB, se skládá z grafické části a protokolu. Podle bilanční metody dokládáme výsledky hodnocení ENB, která zařazuje budovu do klasifikační třídy energetické náročnosti A až G. Klasifikace A je vyhodnocena jako velmi úsporná a G jako mimořádně neekonomická, viz tabulka 3.1.1 – 1. Klasifikační třídy nastaveny podle výpočtové měrné spotřeby energie v kWh/m<sup>2</sup>/rok<sup>1</sup> jsou uvedeny v tabulce 3.1.1 – 2. Průkaz ENB viz příloha č. 1.

Tabulka 3.1.1 – 1 - Slovní klasifikace ENB

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná

Tabulka 3.1.1 – 2 – Klasifikační třídy pro ENB

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní budova	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Budova pro vzdělávání	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Obchodní zařízení	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Průkaz PENB je nutné zpracovávat pro kolaudaci všech novostaveb nebo u rekonstrukcí s podlahovou plochou nad 1 000 m<sup>2</sup>, které musí mít stavební povolení. Budovy pro poskytování služeb veřejnosti s podlahovou plochou nad 1000 m<sup>2</sup> musí mít PENB vyvěšený na veřejně přístupných prostorách. Příkladem takových to zařízení jsou školy, sportovní a kulturní zařízení, budovy pro účely stravování a ubytování. Průkaz může být vyhotoven pouze osobou autorizovanou podle zvláštního právního předpisu v oborech pozemní stavby, technologická zařízení staveb a technika prostředí staveb nebo energetickým auditorem.

### 3.1.2 Energetický audit

Energetický audit slouží pro zhodnocení využívání energií v daném objektu, ve výrobním provozu nebo při instalaci nového zdroje energie. Auditem se identifikují možnosti úspor energie, navrhují se možná opatření k jejich dosažení a každé takové opatření se ekonomicky vyhodnocuje. Energetický audit může provádět pouze energetický auditor s osvědčením Ministerstva průmyslu a obchodu

Energetický audit se zpracovává:

- pro potřeby získání dotace či úvěru na projekt (zateplení budovy, instalace obnovitelného zdroje energie apod.)
- pro budovy a provozy s větší roční spotřebou energie, kde to vyžaduje zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií
- při plánované rekonstrukci budov, hledání úspor energie ve výrobních a dalších provozech

Energetický audit je upravován zákonem o hospodaření energií č. 406/2000 Sb., v § 9. Náležitosti energetického auditu potom upravuje vyhláška č. 213/2001 Sb. a její novela č.425/2004 Sb. Rozhodující pro povinnost zpracovávat energetický audit budov či zařízení je celková roční spotřeba všech druhů a forem energie ve všech odběrných místech provozovaných pod jedním identifikačním číslem (IČ) organizace.

Tato povinnost nastává:

- pro organizační složky státu, kraje, obce a jejich příspěvkové organizace od celkové roční spotřeby energie 1 500
- pro fyzické a ostatní právnické osoby od celkové roční spotřeby energie ve výši 35 000 GJ

### 3.1.3 Ceny paliv

Ceny energií neustále rostou, a proto je důležité zohlednit výběr paliva také z dlouhodobého hlediska, kdy může kolísavý faktor ceny za jednotku paliva značně ovlivnit budoucí hodnotu investice. Např. se dá předpovědět, že z dlouhodobého hlediska, bude cena plynu a elektrické energie narůstat rychlejším tempem než cena uhlí nebo dřeva. Náklady na tepelnou energii se odvíjejí od výběru paliva. Přehled cen za nejčastější druhy paliv je uveden v tab. 3.1.2 – 1. Uvedené ceny jsou orientační a jsou uvedeny včetně DPH. Cena plynu a elektrické energie se liší výběrem energetické společnosti.

Tabulka 3.1.2 – 1 - Přehled cen paliv

Druh paliva	Výhřevnost v MJ/kg	Cena paliva v Kč	Cena tepla v Kč/kWh	Cena tepla v Kč/GJ
Černé uhlí	23,1	4,8	1,36	378,00
Hnědé uhlí	18	2,9	1,05	293,00
Dřevo	14,6	3	0,99	274,00
Dřevěné brikety	17	4,8	1,36	376,00
Dřevěné pelety	17	4,7	1,17	325,00
Zemní plyn (E.ON)	-	608,48 + 1,186 /kWh	1,88	523,00
Elektrina	-	381 + 2,106 /kWh	2,52	699,00

### 3.1.4 Energetický štítek obálky budovy

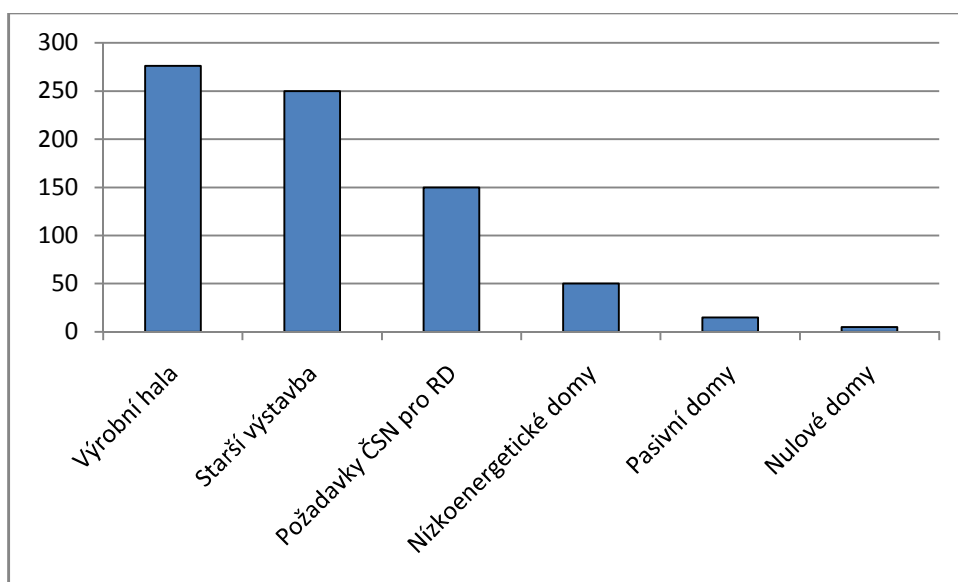
Energetický štítek obálky budovy je obdobou energetického štítku používaného u elektrických spotřebičů a je grafickým vyjádřením stavebně-energetických vlastností konstrukcí domu. Energetický štítek obálky budovy se vypočítává podle revidované technické normy ČSN 730540-2:2007, platné od května 2007, Oproti původní normě se hodnocení stavebně-energetických vlastností budovy zjednodušuje na hodnocení prostupu tepla obálkou budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]. Může být zpracován také jako příloha k průkazu energetické náročnosti budov.

Energetický štítek klasifikuje budovy do sedmi kategorií A – G od velmi úsporných (A) až po mimořádně nevhodných (G). Za vyhovující jsou považovány budovy v kategoriích A – C. Klasifikační třída A odpovídá pasivním domům, třída B nízkoenergetickým domům. Třída C se podrobněji dělí na C1 (budova vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla), a C2 (budova vyhovuje požadované úrovni součinitele prostupu tepla). Rozmezí tříd D a E odpovídá průměrnému stavu stavebního fondu ČR do roku 2006. Grafickou podobu energetického štítku obálky budovy obsahuje příloha č.2.



## 4 Spotřeba energie na vytápění

Spotřeba energie není ovlivněna pouze návrhem a výpočtem projektanta, ale také vlastní schopností nakládání teplem lidmi v objektu. Spotřeba energie na vytápění zahrnuje především účinnost otopné soustavy a zdroje vytápění a také schopnost tepelné soustavy využívat tepelných zisků. Podle typu stavby určujeme spotřebu energie na vytápění v kWh/(m<sup>2</sup>.rok). V námi zvoleném objektu výrobní haly bude spotřeba větší z důvodů ztrát tepla větráním sekčními halovými vraty při manipulaci s výrobky při nakládání a při příjmu zásob na sklad. Nedá se očekávat ideální stav rodinného domu, kde největší ztráty mohou způsobit většinou stará okna, nezateplené zdi nebo tepelné mosty nevhodně navržené konstrukce. Roční spotřeba energie na vytápění u různých typů staveb je znázorněna na obr. 4 – 1.



Obrázek 4 – 1 – Roční spotřeba energie na vytápění (kWh.m<sup>-2</sup>)

Spotřebu energie ovlivňuje mnoho faktorů, jako jsou například velikost objektu, jeho stáří, volba otopné soustavy, druh paliva a jiné.

### **Úsporu spotřeby energie na vytápění lze docílit:**

- regulace stávající otopné soustavy
- využití solárních zařízení k přitápění a ohřevu vody
- výběr levnějšího paliva
- výměna kotle
- investice do nové otopné soustavy, pokud stávající neplní svou funkci
- zateplení objektu
- zjištění míst úniku tepla a oprava těchto míst

Je důležité zjistit, které opatření přináší největší efekt. Samozřejmě pro rozhodnutí, jestli je vhodné provádět zateplení a výměnu okenních otvorů, musíme zjistit, jak velké tepelné ztráty objektu jsou. Zda není příhodnější investovat do nové otopné soustavy, solárního zařízení či jiného opatření.

## 5 Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění

### 5.1 Podklady pro výpočet

Výrobní hala z případové studie je hodnocena měrnou potřebou tepla na vytápění. Na základě norma ČSN EN 13790<sup>1</sup> lze provést výpočet měrné potřeby tepla na vytápění s okrajovými podmínkami podle TNI 73 0329<sup>2</sup>, která se vztahuje k normě ČSN 73 0540 a je v souladu s vyhláškou č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov. Například software Energie 2011 nabízený firmou K-CAD s.r.o. umí spočítat měrné tepelné ztráty a potřeby tepla na vytápění budov. Dle revidované ČSN 730540-2 a vyhlášky 148/2007Sb. Tento program obsahuje všechny potřebné hodnoty v široké databázi, rovněž obsahuje možnost výpočtu energetické náročnosti nízkoenergetických bytových domů podle nové TNI 73 0330. V energetických štítcích a průkazech se nově zobrazují nejen konstrukce z první zóny, ale ze všech zadaných zón - a to jako součtové položky vždy v té kategorii, do které byly zařazeny během zadání. Což je vzhledem k posuzovanému objektu výhodné, neboť výrobní hala je rozdělena do 6 zón.

#### Měrná potřeba tepla na vytápění

„Čistá výpočtová potřeba tepla na prostorové vytápění bez vlivu účinnosti otopné soustavy a zdroje tepla.

Vypočtené množství tepla v kWh, které je za rok potřeba dodat do místností na vytápění, vztažené na 1 m<sup>2</sup> podlahové plochy budovy - nezahrnuje v sobě účinnost otopné soustavy a zdroje tepla. Při výpočtu se postupuje dle ČSN EN ISO 13790, v souladu s TNI 73 0329, TNI 73 0330 a ČSN 73 0540 nebo také v souladu s vyhláškou MPO ČR č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov.“ [4]

Tabulka 5.1 – 1 - Celková tepelná ztráta objektu

celková tepelná ztráta objektu [kW]							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
<i>tepelná ztráta prostupem</i>	27.4	3.5	38.6	17.4	22.9	29.3	139.1
<i>tepelná ztráta větráním - hygiena</i>	21.8	12	7.6	7.6	5.7	9.5	64.2
<i>tepelná ztráta větráním - infiltrace</i>	0.0	1.2	26.8	4.1	6.2	10	48.3
<i>tepelná ztráta větráním - celkem</i>	21.8	13.2	34.4	11.7	11.9	19.5	112.5
<i>tepelná ztráta celkem</i>	49.1	16.7	83.9	29.1	40.1	56.1	275.0

<sup>1</sup> ČSN EN 13790 Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení

<sup>2</sup> TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla pro vytápění

### 5.1.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla  $U$  udává tepelně-izolační schopnosti stavebních materiálů nebo stavebních konstrukcí (dříve byl označován  $k$ ). Tuto schopnost lze také vyjádřit pomocí tepelného odporu  $R$ . Čím větší je hodnota tepelného odporu, tím větší je tepelně-izolační schopnost konstrukce. Zatímco u součinitele prostupu tepla je to naopak. Čím menší je hodnota součinitele prostupu tepla, tím méně tepla konstrukcí uniká a tím je lepší tepelně-izolační schopnost konstrukce má.

Při přepočtu hodnot  $U$  na  $R$  nebo naopak se postupuje podle následujících převodních vztahů a nesmíme zanedbat hodnoty  $R_{si}$  a  $R_{se}$ , což tepelné odpory na povrchu konstrukce, které souvisí s prouděním vzduchu kolem konstrukce. [5]

Pro obvodové stěny platí:

$$U = 1/R_T = 1/(R_{si}+R+R_{se}) \quad [W.m^{-2}.K^{-1}]$$

$$R = 1/U - R_{si} - R_{se} \quad [m^2.K.W^{-1}]$$

Kde je:

$R_T$  – celkový tepelný odpor konstrukce  $[m^2.K.W^{-1}]$

$R_{si}$  – odpor při přestupu tepla na vnitřní konstrukci  $[m^2.K.W^{-1}]$

$R_{se}$  – odpor při přestupu tepla na vnější konstrukci  $[m^2.K.W^{-1}]$

V současné době se vyjadřují tepelně-izolační vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů prostřednictvím požadovaných a doporučených hodnot součinitelů prostupu tepla  $U_N$ . Součinitel prostupu tepla  $U$  musí u vytápěných nebo klimatizovaných prostor splňovat podmínku:

$$U \leq U_N$$

Kde je:

$U_N$  – požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla  $[W.m^{-2}.K^{-1}]$

## **Celkový tepelný odpor konstrukce $R_T$**

Celkový tepelný odpor konstrukce se skládá ze tří částí. Tepelně-izolační vlastnosti materiálu – tepelný odpor konstrukce  $R$ . Další jsou tepelný odpor konstrukce při prostupu tepla na vnitřní straně  $R_{si}$  a tepelný odpor prostupu tepla vnější konstrukci  $R_{se}$ . Hodnoty  $R_{si}$  a  $R_{se}$  získáme z normy ČSN 73 0540-3 z definovaných vztahů.

$$R = d/\lambda[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$$

Kde je:

$d$  – tloušťka vrstvy materiálu dané konstrukce v m

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

## **Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$**

Dalším z tepelně technických charakteristik konstrukce je součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ . Schopnost materiálu vést teplo je vyjádřena tímto součinitelem. Účinnost tepelné izolace s narůstající hodnotou  $\lambda$  přímo úměrně klesá. Při navrhování konstrukce je tato vlastnost pro projektanta velmi důležitá, je však na investorovi, jak „účinný“ materiál zvolí pro stavbu konstrukce. Materiály s hodnotou součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  blízké nule jsou nákladnější než standardní řešení. Docílení co nejnižší hodnoty je často odvislé od tloušťky (větší množství materiálu, tak technického provedení jednotlivých prvků v konstrukci. Katalogové hodnoty součinitele tepelné vodivosti jsou často měřeny v laboratorních podmínkách a v reálném prostředí jsou těžko dosažitelné. Pro výpočty je proto nutné použít skutečné hodnoty materiálu používaného na staveništi. Tabulka 5.1.1 – 1 demonstruje na příkladu některé vybrané stavení materiály. Tabulka 5.1.1 – 2 ukazuje příklady často používaných tepelných izolantů.

Tabulka 5.1.1 – 1 – Příklad materiálů s různým součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$

Druh materiálu	Tepelná vodivost $\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
PUR panel 120mm (střešní)	0,20
PUR panel 100mm (obvodový)	0,22
Ytong P2-400	0,10
Porotherm 30 P+D	0,23
Porotherm 40 Si	0,11

Tabulka 5.1.1 – 2 – Tepelně-izolační materiály a jejich hodnoty součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$

Druh materiálu	Tepelná vodivost $\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
Fasádní polystyren EPS 70 F	0,037
Fasádní polystyren EPS 100 F	0,035
Minerální vata ISOVER DOMO	0,039

Pokud známe hodnoty  $R_T$ ,  $R_{si}$ ,  $R_{se}$ , můžeme vypočítat celkový odpor konstrukce dle vztahu:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}, [\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$$

Kde je:

$R$  – odpor konstrukce při prostupu tepla [ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ ]

$R_{si}$  – odpor při přestupu tepla na vnitřní konstrukci [ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ ]

$R_{se}$  – odpor při přestupu tepla na vnější konstrukci [ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ ]

Hodnotu  $R_T$  pak dosadíme do vzorce  $U = 1/R_T$  a dopočítáme součinitel prostupu tepla.

V normě ČSN 73 0540-2: 2007 Tepelná ochrana budov nalezneme požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla  $U$ . Při navrhování a následné realizaci musí konstrukce splňovat vztah  $U_r \leq U_{\text{požadované}}$  (popř.  $U_r \leq U_{\text{doporučené}}$ ). Hodnoty součinitele  $U_N$  jsou pro nízko energetické a pasivní obytné budovy, jelikož je stavba realizována v souladu s těmito předpisy nebo se jim snaží maximálně přiblížit, uvedeme příklad těchto hodnot v tabulce 5.1.1 – 3. Součinitel prostupu tepla je určen pro budovy s navrhovanou vnitřní teplotou 18 – 22 °C.

Tabulka 5.1.1 – 3 – Hodnoty součinitele  $U_N$  [6]

Budova - běžná s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im} = 18^\circ\text{C}$ až $22^\circ\text{C}$	Normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$			
	Požadované	Požadované pro ND Doporučené	Požadované pro PD Doporučené pro ND	Doporučené pro PD
<b>Typ konstrukce</b>				
Střecha plochá a šikmá do $45^\circ$ včetně	0,24	0,16	0,11	0,07
Strop nad venkovním prostorem, s podlahou				
Vnější stěna lehká (těžká) - vnější vrstvy od vytáp.	0,30 (0,38)	0,20 (0,25)	0,13 (0,17)	0,09 (0,11)
Střecha strmá se sklonem $45^\circ$ lehká (těžká)				
Strop pod nevytápěnou půdou				
Podlaha a stěna vytápěného prostoru k zemině (výjimka: pás u obvodu s požadavkem na stěnu)	0,45	0,3	0,2	0,13
Strop s podlahou nad nevytápěným prostorem	0,6	0,4	0,27	0,18
Stěna z vytápěného k nevytápěnému prostoru				
Strop a stěna nad částečně vytápěným prostorem	0,75	0,5	0,33	0,22
Strop a stěna z část. vytápěného prostoru k ext.				
Podlaha a stěna částečně vytáp. prostoru k zemině (výjimka: pás u obvodu s požadavkem na stěnu)	0,85	0,55	0,38	0,25
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,7	0,45	0,31
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do $10^\circ\text{C}$ vč.				
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do $10^\circ\text{C}$ vč.	1,3	0,9	0,6	0,4
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do $5^\circ\text{C}$ vč.	2,2	1,5	1	0,65
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do $10^\circ\text{C}$ vč.	2,7	1,8	1,2	0,8
Okno, dveře aj. výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prostoru do ext. - $U_w$	1,7	1,2	0,75	0,5
Jejich rámy s $U_f \leq U_w$				
Šikmé střešní okno, světlík aj. šikmá výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prostoru do ext. - $U_w$	1,5	1	0,65	0,45
Jejich rámy s $U_f \leq U_w$				
Okna, dveře aj. výplně otvorů ve vnější stěně a strmé střeše k částečně vytápěnému prostoru $U_w$	3,5	2,3	1,55	1,05
Jejich rámy s $U_f \leq U_w$				
Šikmé střešní okno, světlík aj. šikmá výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše k částečně vytápěnému prostoru - $U_w$	2,6	1,7	1,15	0,75
Jejich rámy s $U_f \leq U_w$				
Lehký obvodový plášť, hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$	$0,13 + 0,62 \cdot f_w$	$0,09 + 0,41 \cdot f_w$
Jejich rámy s $U_f \leq U_w$ $f_w > 0,05$				

### 5.1.2 Součinitel průměrného prostupu tepla $U_{em}$

Součinitel průměrného prostupu tepla  $U_{em}$  slouží jako hodnotící parametr při výpočtu energetického štítku obálky budovy, viz kapitola 3.1.3. Tento součinitel udává celkový prostup tepla na jednotku plochy hranice vytápěného prostoru. Je dán vztahem:

$$U_{em} = H_T/A \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$$

Kde:

$H_T$  – měrná ztráta prostupu tepla určená pro budovu nebo její vytápěnou zónu v  $\text{W.K}^{-1}$

$A$  – plocha všech dílčích konstrukcí teplotní zóny nebo hodnoceného vytápěného prostoru udávaný v  $\text{m}^2$

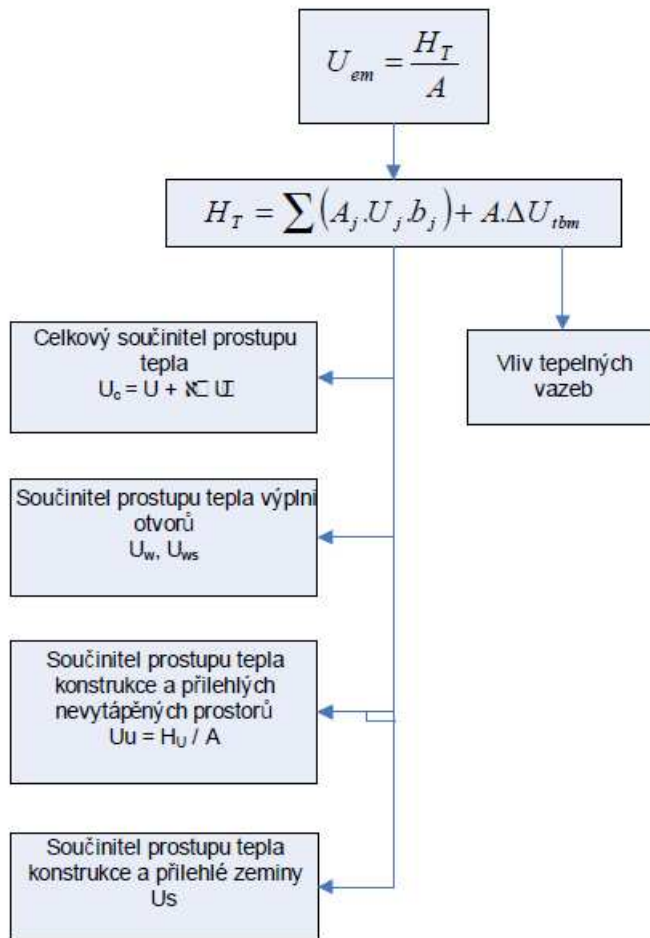
Podle normy ČSN EN 73 0540-2 musí součinitel  $U_{em}$  splňovat podmínku  $U_{em} \leq U_{em, požadované}$ . Záleží na objemovém faktoru tvaru budovy a určíme jej jako  $A/V \text{ [m}^2\text{.m}^{-3}\text{]}$ . Kde  $V$  je objem vytápěné části budovy a  $A$  je součet všech ploch zahrnující dílčí plochy všech ochlazovaných konstrukcí ohraničující objem budovy. V tabulce 5.1.2 - 1 je uveden požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N}$  pro všechny obytné budovy a pro nebytové budovy s  $f_w \leq 0,50$  a pro převažující návrhovou vnitřní teplotu  $\theta_{im} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Tabulka 5.1.2 -1 – Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N}$

Objemový faktor tvaru budovy $A/V$	$U_{em, N} \text{ [W/m}^2\text{.K]}$
$\leq 0,2$	1,05
0,3	0,80
0,4	0,68
0,5	0,60
0,6	0,55
0,7	0,51
0,8	0,49
0,9	0,47
$\geq 1,0$	0,45

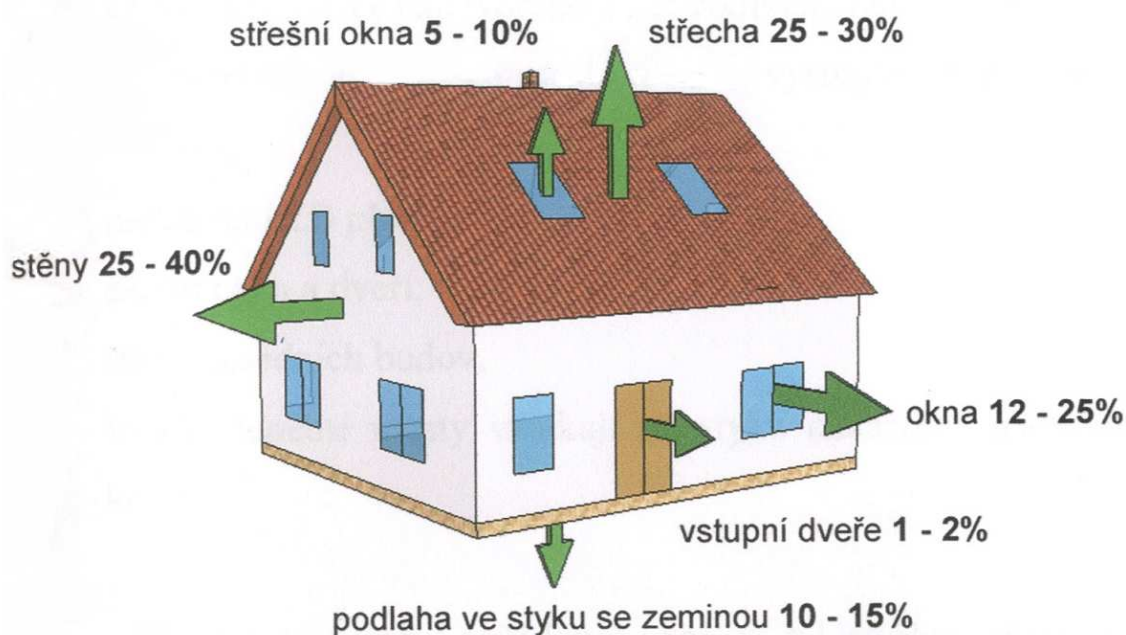


Schéma výpočtu  $H_T$ :



## 6 Únik tepla konstrukcemi

V reálných podmínkách není možné zabránit úniku tepla v objektu do vnějšího prostoru skrz konstrukce. U energeticky úsporných staveb se proto pečlivě hlídají technologické postupy při zateplování konstrukcí a zabránění tvorby tepelných mostů. Opatření znamenají zateplování vnějších stěn objektu, zateplení střechy nebo alespoň stropní konstrukce v posledním podlaží, výměnu oken a dveří a také zateplování podlah objektů. U historických objektů nebo objektů, kde je žádoucí zachovat vzhled vnější fasády, se volí zateplení z vnitřního prostoru. Obecně lze vyjádřit únik tepla konstrukcemi, jak je znázorněno na obr. 6 – 1, z něhož vyplývá, že největší podíl na úniku tepla mají obvodové zdi a střecha objektu RD. Lze předpokládat, že únik tepla konstrukcí bude velmi podobný i u halového průmyslového objektu. Ale např. ztráta skrz halová sekční vrata bude mnohem vyšší než u běžných vstupních dveří, za jistého předpokladu manipulace s materiálem dovnitř a ven z objektu. Velký podíl na úniku tepla má také větrání v objektu. Dále na obr. 6 – 2 je zobrazena moderní metoda detekce tepelných ztrát a vzniku tepelných mostů za pomoci termovize.



Obrázek 6 – 1 – Obecné znázornění procentuálního podílu různých konstrukcí na tepelné ztrátě domu [9]



Obrázek 6 – 2 – Úniky tepla u částečně zatepleného domu – termovize [10]

## 6.1 Tepelný most

„Tepelný most je část dané konstrukce, kde se její tepelný odpor výrazně mění“ [7], tzn. že, dochází k úniku tepla z interiéru do exteriéru přes takovýto tepelný most. Je to přesný opak toho, čeho chceme stavbou objektu dosáhnout, tedy že teplejší povrch konstrukce se nachází na vnější straně konstrukce a studenější povrch konstrukce se nachází v interiéru. Nejrizikovější místa na objektu, kde vznikají tepelné mosty a dochází tak k tepelným ztrátám jsou:

- na styku dvou konstrukcí, např. vnitřního nosného a obvodového zdiva, obvodový a střešní plášť, styk základů nebo podlahy,
- změna tvaru konstrukce (geometrická), např. výstupky na zdivu – atiky, rohy budov, vikýře
- nadokenní ŽB překlady
- ostění dveří a oken
- styk sousedních budov
- konzolové konstrukce jako balkóny (jsou často tvořeny ŽB konstrukcemi pro zachování únosnosti)

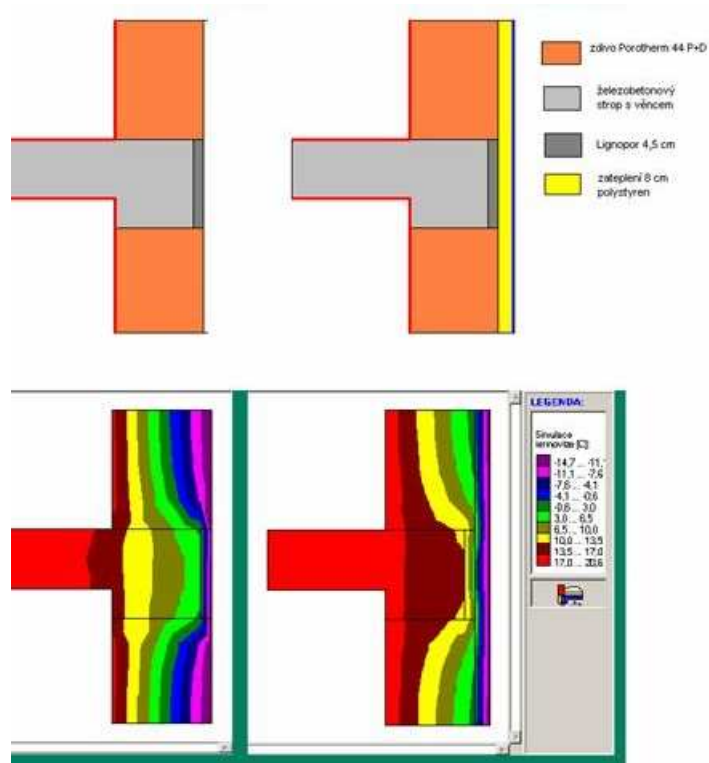
- lokální tepelné mosty vznikají na stykových plochách hmoždinky či kotvy s izolačním materiálem

Tvorbě tepelných mostů se snažíme zabránit a to nejen z hlediska ekonomického, ale také hygienického a statického. Na místech tepelných mostů dochází ke kondenzaci vodní páry, která zapříčiňuje vznik plísně. Vlhkost může mít také vliv na statiku konstrukce. Například u dřevěných staveb může způsobit narušení konstrukce, jako oslabení konstrukce v místě uložení, uhnutí dřevěných trámů nebo také plíseň a působení organismů konzumující zbytky tlejícího vlhkého dřeva. Ocelové prvky korodují. U cihelných konstrukcí způsobuje vlhkost křehnutí zdiva a ztrátu únosnosti.

Vzniku tepelných mostů musí být vždy zabráněno. Z energetického hlediska zvyšují tepelné mosty ztráty tepla a zvyšují náklady na vytápění. Často je podíl těchto ztrát významný. Vzniku tepelných mostů lze zabránit dodržováním technologických postupů a zvýšené pozornosti při konstrukci problémových míst objektu. Na obr. 6.1 – 1 je ukázka tepelného mostu. Problematika se netýká pouze novostaveb, ale také stávající zástavby. Na obr. 6.1 – 2 a) a b) je detail tepelného mostu pohledem infrazámkou.



Obrázek 6.1 – 1 – Na místech tepelného most se tvoří typická plíseň [11]



Obrázek 6.1 - 2a) - Tepelný most tvořený železobetonovým stropem, s nedostatečnou izolací a s vnějším zateplením[13]



Obrázek 6.1 – 2b) - Tepelný most v místě překladu, rozdíl teplot 9,2°C [13]

## 7 Čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento

Čistá současná hodnota i vnitřní výnosové procento patří k nejvýznamnějším dynamickým metodám v procesu investičního rozhodování. Obě tyto metody zohledňují vztah mezi současnou a budoucí hodnotou peněz.

### 7.1 Čistá současná hodnota

Je teoreticky nejpřesnější, porovnává pořizovací cenu dané investice se součtem všech v budoucnu získaných „cash flow“, které jsou diskontované na současnou hodnotu, vztahující se k jednomu okamžiku. Tento jednotný okamžik je považován za okamžik uskutečnění dané investice. Výsledkem je tzv. čistá současná hodnota investice, která vyjadřuje rozdíl mezi součtem diskontovaných příjmů z investice a náklady na pořízení této investice.

Pro výpočet čisté současné hodnoty použijeme tuto rovnici:

$$\check{C}SH_I = SH_I - IN$$

Kde je:

$\check{C}SH_I$  – čistá současná hodnota investice

$SH_I$  – současná hodnota investice

$IN$  – investiční náklady

Z tohoto vzorce vyplývá, že pokud je čistá současná hodnota větší než nula je vhodné investovat. Je-li menší než nula, není vhodné investovat. Je-li rovna nule, záleží na vlastním rozhodnutí investora.

Pro diskontování jednotlivých cash flow se používá diskontní úroková míra. Investor si ji volí sám na základě svého odborného odhadu. V případě neměnné diskontní míry bude platit:

$$\check{C}SH_I = \sum_{t=1}^n SH_{CF_t} - IN = \frac{\sum CF_1}{(1+r_d)} + \frac{\sum CF_2}{(1+r_d)^2} + \dots + \frac{\sum CF_n}{(1+r_d)^n} - IN$$

Při variabilní diskontní míře používáme tento tvar:

$$\begin{aligned} \check{S}H_I = \sum_{t=1}^n SH_{CF_t} - IN &= \frac{\sum CF_1}{(1+r_{d_1})} + \frac{\sum CF_2}{(1+r_{d_1}) \cdot (1+r_{d_2})} + \dots \\ &\dots + \frac{\sum CF_n}{(1+r_{d_1}) \cdot (1+r_{d_2}) \cdot \dots \cdot (1+r_{d_n})} - IN \end{aligned}$$

Kde je:

$\check{S}H_I$  – čistá současná hodnota investice

$\sum_{t=1}^n SH_{CF_t}$  - součet současných hodnot všech cash flow plynoucích z investice

v jednotlivých obdobích jejího trvání

IN – investiční náklady

$CF_{t(1,2,\dots,n)}$  – hodnota budoucích cash flow získaných v jednotlivých obdobích trvání investice

$r_d, r_{dt(1,2,\dots,n)}$  – diskontní míra uvažovaná v jednotlivých letech investice

n – počet let trvání investice

Metodu čisté současné hodnoty používají investoři v případech, kdy se chtějí zjistit, jestli mají danou investici uskutečnit.

## 7.2 Vnitřní míra výnosu – vnitřní výnosové procento /Internal Rate of Return Method/

Vnitřní výnosové procento (IRR) používá princip současné hodnoty. Tato metoda hledá tzv. vnitřní míru výnosu. Vnitřní míra výnosu znamená, že se současná hodnota investice rovná velikosti vynaložených nákladů. Je to taková velikost úrokové míry, kdy se čistá současná hodnota investice rovná nule. V tomto případě se diskontované příjmy rovnají investičním nákladům.

Z uvedeného vyplývá tato rovnice:

$$SH_I = \sum_{t=1}^n SH_{CF_t} - IN = \frac{\sum CF_1}{(1+IRR)} + \frac{\sum CF_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{\sum CF_n}{(1+IRR)^n} - IN = 0$$

Kde je:

$\check{S}H_I$  – čistá současná hodnota investice

$\sum_{t=1}^n SH_{CF_t}$  - součet současných hodnot všech cash flow plynoucích z investice

v jednotlivých obdobích jejího trvání

IN – investiční náklady

$CF_{t(1,2,\dots,n)}$  – hodnota budoucích cash flow získaných v jednotlivých obdobích trvání investice

IRR – vnitřní míra výnosu (v desetinném čísle)

n – počet let trvání investice

Vnitřní míra výnosu by měla v případě investice přesahovat její požadovanou výnosnost. Z toho vyplývá, že v případě když je IRR větší než požadovaná výnosnost je vhodné investovat. Je-li menší, není vhodné investovat. V případě, že je vnitřní výnosové procento rovno požadované výnosnosti záleží na investorovi, zda bude tuto investici realizovat.



## 8 Energetická studie za účelem zjištění vhodného tepelného zdroje

V následujících kapitolách je řešena energetická studie, která má za cíl vyhodnotit nejvhodnější zdroj tepelné energie pro výrobní halu.

### 8.1 Popis výrobního objektu v Hranicích

Jedná se o novostavbu výrobního objektu v Hranicích. Plánovaný objekt, výrobní hala s administrativní částí, bude sloužit zejména provozu drobných elektromontáží. Z konstrukčního hlediska bude hala tvořena ze čtyř lodí o max. půdorysných rozměrech cca 73 x 100 m. Nosnou konstrukci bude tvořit ocelová konstrukce. Střechy jednotlivých lodí budou sedlové. Z hlediska provozního bude objekt rozdělen na část výrobní a část provozní (administrativní prostory + sociální zázemí). Obvodový plášť bude tvořen PUR panely tl. 100 mm ( $U = 0,226 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) na obvodových stěnách, resp. tl. 120 mm ( $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) na střeše. Podlaha na terénu ve výrobní části objektu bude tvořena drátkobetonovou tl. 200 mm s doplněním o svislou okrajovou tepelnou izolaci z XPS tl. 100 mm po obvodu objektu. V provozní části objektu bude provedeno standardní souvrství podlahy na terénu s tepelnou izolací z EPS 150S tl. 80 mm. Okenní výplně v objektu budou vykazovat max.  $UW = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Na severovýchodní fasádě objektu bude do každé lodě haly umožněn přístup pomocí sekčních halových vrat ( $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) o rozměru 4,5 x 4,5 m a vstupních dveří ( $UD = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Ve střeše objektu budou v každé lodi osazeny tři větrací klapky ( $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). V objektu bude dvousměnný provoz s celkovým počtem 160 výrobních pracovníků a 40 pracovníků administrativních. Vizualizace výrobního objektu je znázorněna na obr. 8.1 – 1.

Obsahem této práce je zpracování energetické studie, kterou budou z hlediska ekonomického provozu a vynaložených pořizovacích nákladů zhodnoceny systémy nuceného větrání, vytápění, a přípravy teplé vody.



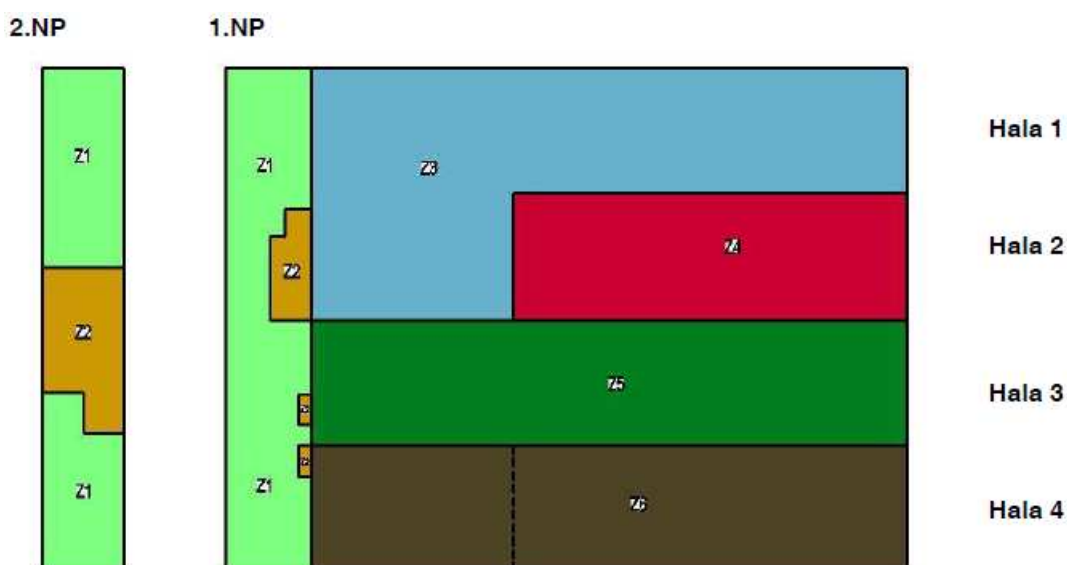
Obrázek 8.1 – 1 – Vizualizace objektu

## 8.2 Vstupní údaje

Pro potřebu sestavení výpočtového modelu byl objekt rozdělen do 6 zón (Z1 až Z6). Zóna Z1 představuje administrativní část objektu (kanceláře), zóna Z2 jsou prostory sociálního zázemí (sprchy, šatny apod.) a zóny Z3 až Z6 představují jednotlivé výrobní provozy. Zóny Z3 až Z6 od sebe budou konstrukčně odděleny svislými stěnami. V následující tabulce 7.2 – 1 jsou shrnuty základní plochy obvodových konstrukcí objektu. Tabulka 8.2 - 2 představuje schéma dělení objektu na zóny.

Tabulka 8.2 – 1 Plochy obvodových konstrukcí objektu

Konstrukce	U [W/m <sup>2</sup> K]	Z1 [m <sup>2</sup> ]	Z2 [m <sup>2</sup> ]	Z3 [m <sup>2</sup> ]	Z4 [m <sup>2</sup> ]	Z5 [m <sup>2</sup> ]	Z6 [m <sup>2</sup> ]
Podlahová plocha	-	1423	346	2135	2108	1595	2649
Objem	-	6302	1742	19215	9486	14355	14355
Podlaha na terénu	0,146*	-	106	2135	1054	1595	1595
Podlaha na terénu	0,108*	815	-	-	-	-	-
Obvodová stěna	0,226	561	70,4	811	144	144	864
Okna	SV	1,400	-	-	-	-	-
	SZ	-	18,1	-	52,5	-	-
	JV	-	-	-	-	-	-
	JZ	-	181	27	-	-	-
Vstupní dveře	1,700	9,54	-	2,15	2,15	2,15	2,15
Světlíky	1,600	-	-	16,2	8,1	12,2	12,2
Vrata	1,200	-	-	19,2	19,2	19,2	19,2
Střecha	0,180	826	107	2149	1060	1605	1605



Obrázek 8.2 – 2 Schéma dělení objektu na zóny

## **Popis jednotlivých zón – vstupní údaje:**

### **Z1 – administrativa**

- administrativní provoz výrobního objektu – kanceláře
- větrání zóny je přirozené – předpokládaná hygienická výměna vzduchu 50 m<sup>3</sup>/hod na osobu
- celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub> = 2 h-1
- vnitřní návrhová teplota 20°C
- počet zaměstnanců v zóně – 40
- jednosměnný provoz – 10 hodin denně
- tepelné zisky započteny – osoby 5,3 W/m<sup>2</sup>, vybavení 15 W/m<sup>2</sup>, využitelné solární zisky okny 70,7 GJ/rok

### **Z2 – sociální zařízení, šatny**

- jedná se o zázemí zaměstnanců výrobního provozu – šatny, sprchy, toalety
- návrhová vnitřní teplota 20°C
- větrání prostoru je nucené
- předpokládaná max. hygienická výměna vzduchu v zóně 4400 m<sup>3</sup>/hod (vypočteno z požadavků NV 361/2007 Sb.)
- celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub> = 2 h-1
- tepelné zisky započteny – osoby 8,5 W/m<sup>2</sup>, využitelné solární zisky okny 10,3 GJ/rok

### **Z3 – výrobní hala 1 a 2**

- výrobní provoz – elektromontáže
- návrhová vnitřní teplota 20°C
- větrání nucené
- návrhová výměna vzduchu 70 m<sup>3</sup>/hod na osobu (pro návrh VZT systému navýšeno o 30%)
- počet zaměstnanců v zóně – 40
- celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub> = 4 h-1
- tepelné zisky započteny – osoby 5 W/m<sup>2</sup>, využitelné solární zisky okny 6 GJ/rok, tepelné zisky od osvětlení 22,4 kW
- v hale bude instalován pojízdný jeřáb ve výšce cca 7 m

#### **Z4 – výrobní hala 2 (část)**

- výrobní provoz – elektromontáže
- návrhová vnitřní teplota 23°C, stálá teplota, stálá relativní vlh kost vzduchu 60%
- větrání nucené – požadavek na mírně přetlakové prostředí
- návrhová výměna vzduchu 70 m<sup>3</sup>/hod na osobu (pro návrh VZT systému navýšeno o 30%)
- počet zaměstnanců v zóně – 40
- celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub> = 2,5 h<sup>-1</sup>
- tepelné zisky započteny – osoby 5 W/m<sup>2</sup>, tepelné zisky od osvětlení 22,4 kW
- zóna je horizontálně dělena na dvě samostatné podlaží

#### **Z5 – výrobní hala 3**

- výrobní provoz – elektromontáže
- návrhová vnitřní teplota 20°C
- větrání nucené
- návrhová výměna vzduchu 70 m<sup>3</sup>/hod na osobu (pro návrh VZT systému navýšeno o 30%)
- počet zaměstnanců v zóně – 30
- celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub> = 2,5 h<sup>-1</sup>
- tepelné zisky započteny – osoby 5 W/m<sup>2</sup>, tepelné zisky od osvětlení 16,8 kW
- v hale bude instalován pojízdný jeřáb ve výšce cca 7 m

#### **Z6 – výrobní hala 4**

- výrobní provoz
- návrhová vnitřní teplota 20°C
- větrání nucené
- návrhová výměna vzduchu 70 m<sup>3</sup>/hod na osobu (pro VZT systému navýšeno o 30%)
- počet zaměstnanců v zóně – 50
- celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub> = 4,0 h<sup>-1</sup>
- tepelné zisky započteny – osoby 5 W/m<sup>2</sup>, tepelné zisky od osvětlení 28 kW, tepelný zisk z provozu kompresoru 15 kW
- v hale bude instalován pojízdný jeřáb ve výšce cca 7 m
- požadavek na hygienicky čistý provoz
- část haly (cca 2/3 půdorysné plochy) bude dvoupodlažní

## 9 Větrání objektu

Prvním krokem při sestavení energetické koncepce je návrh způsobu větrání jednotlivých zón v objektu. Vzhledem k potřebným hygienickým výměnám vzduchu vztahujícím se k počtu osob ve výrobních halách a v prostorách šaten je nutný návrh nuceného větrání v zónách Z2 až Z6. „ČSN 73 0540 uvádí doporučenou intenzitu výměny vzduchu s označením "n", která vychází ze zimních návrhových podmínek a požadavků zvláštních předpisů. Intenzita výměny vzduchu v místnosti "n" je čas vyjádřený v hodinách, za který se infiltrací (přirozeným větráním) vymění v místnosti všechn vzduch.“ [8] V administrativní části objektu Z1 je možno uvažovat s větráním přirozeným. Z hlediska úspory energie na vytápění je v energetické studii provedeno porovnání systému nuceného větrání v zónách Z2 až Z6 s rekuperačními výměníky a bez rekuperačních výměníků. Pro zónu Z1 je provedeno srovnání nákladů na vytápění ve variantě s přirozeným větráním a s nuceným větráním s rekuperací odpadního vzduchu. Vzhledem k tomu, že v prvotní fázi sestavení energetické koncepce objektu není znám způsob vytápění, ani finanční náklady na vytápění, bude ekonomické vyhodnocení provedeno pro maximální stanovenou návratnost vícenákladů vynaložených na systém větrání s rekuperací. V případě zóny Z1 bude do vícenákladů zahrnut kompletně celý systém větrání s rekuperací. Maximální návratnost počáteční investice byla stanovena na 5 let. Výstupem ekonomického vyhodnocení bude minimální cena energie na vytápění (přepočteno na 1 GJ energie) pro kterou se nám instalace systému s rekuperací stane návratnou ve stanovené době 5 let. Pro posouzení ekonomické návratnosti byl použit konzervativní model bez započtení růstu ceny energií (z hlediska návratnosti se jedná o postup na straně bezpečnosti).

### 9.1 Výpočet tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty větrání objektu byly vypočteny v souladu s ČSN EN ISO 12 831 ve dvou variantách. V první fázi, ve variantě se ztrátou větráním vypočtenou na základě hygienických potřeb výměny vzduchu a výměny vzduchu infiltrací bez vlivu rekuperačních výměníků v systému vzduchotechniky. Ve druhé fázi byl do výpočtu zahrnut vliv rekuperačních výměníků (výpočtová účinnost rekuperace (75%). Ve výpočtu byla použita návrhová teplota vzduchu exteriéru  $-12^{\circ}\text{C}$  – Přerov (dle ČSN EN 12831). V případě zón Z3, Z5 a Z6 byla započtena přírážka na výšku haly.

Tabulka 9.1 – 1 – Tepelné ztráty objektu větráním

Tepelné ztráty objektu - větrání bez rekuperace odpadního vzduchu [kW]							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
tepelná ztráta větráním - hygiena	21,8	47,9	30,5	30,5	22,8	38,1	191,6
tepelná ztráta větráním - infiltrace	0,0	1,2	26,8	4,1	6,2	10,0	48,3
tepelná ztráta větráním - celkem	21,8	49,1	57,3	34,6	29,0	48,1	239,9

Tepelné ztráty objektu - větrání bez rekuperace odpadního vzduchu [kW]							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
tepelná ztráta větráním - hygiena	5,4	12,0	7,6	7,6	5,7	9,5	47,8
tepelná ztráta větráním - infiltrace	8,2	1,2	26,8	4,1	6,2	10,0	56,5
tepelná ztráta větráním - celkem	13,6	13,2	34,4	11,7	11,9	19,5	104,3

Snížení tepelné ztráty větráním vlivem instalace rekuperačních výměníků							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
snížení tepelné ztráty větráním	37,6%	73,1%	40,0%	66,2%	59,0%	59,6%	56,5%

Z uvedeného přehledu je patrné, že osazením rekuperačních výměníků v jednotlivých zónách bude dosaženo výrazného snížení celkové tepelné ztráty větráním. To bude mít za následek také výrazné snížení provozních nákladů na vytápění objektu.

## 9.2 Výpočet potřeby energie na vytápění objektu pro pokrytí tepelné ztráty větráním

Tabulka 9.2 – 1 – Pokrytí ztrát větráním

Potřeba energie na vytápění (pokrytí ztráty větráním) bez rekuperace odpadního vzduchu [GJ]							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
potřeba energie na vytápění	166,0	125,0	437,0	335,0	221,0	367,0	1651,0

Potřeba energie na vytápění (pokrytí ztráty větráním) s rekuperace odpadního vzduchu [GJ]							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
potřeba energie na vytápění	104,0	34,0	262,0	113,0	91,0	149,0	753,0

Úspora energie na vytápění vlivem instalace rekuperačních výměníků							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
úspora energie [GJ]	63	91	175	222	130	218	899
úspora energie [%]	37,6%	73,1%	40,0%	66,2%	59,0%	59,6%	56,5%

## 9.3 Technické varianty řešení systému větrání

### Větrání s rekuperací

Přívod a odvod vzduchu do jednotlivých zón je navržen větracími jednotkami s rekuperací tepla v sestavě: přívodní a odtahový ventilátor, vodní ohřívač se směšovacím uzlem, (chladicí komora s přímým výparníkem), filtry se snímači tlakové difference, klapky se servopohony na přívodním a odtahovém potrubí, deskový rekuperátor s bypassem (účinnost min. 75%) a řídicí jednotka s čidly a akčními členy. Potrubní rozvody jsou osazené výdechovým a sacím ústrojím VZT zařízení je navrženo pro každou zónu v objektu – přehled zařízení, včetně objemů větraného vzduchu a orientační ceny zařízení je uveden v následující tabulce 9.3 - 1.

Tabulka 9.3 – 1 - Vstupní údaje pro systém VZT s rekuperací

Zařízení	V [m <sup>3</sup> /hod]	Ot [kW] - voda 80/60	P [kW/50Hz]	Cena v mil. Kč bez DPH
Z1	2 000	8	1,5	0,9
Z2	4 400	8	1,5	6,0
Z3	3 640	16	5,0	
Z4	3 640	9	4,0	
Z5	2 730	13	4,0	
Z6	4 550	11	5,0	
Celkem	18 960	67	21,0	<b>6,9</b>

### Větrání bez rekuperace

Přívod vzduchu do jednotlivých zón je sestavnými VZT jednotkami v sestavě: klapka ovládaná servopohonem filtrační komora se snímači tlakové difference, ohřívací komora vodní se směšovacím uzlem, ventilátorová komora. Odvod vzduchu je ventilátorem s klapkou ovládanou servopohonem. Ovládání zařízení řídicí jednotkou s čidly a akčními členy. Potrubní rozvody jsou osazené výdechovým a sacím ústrojím. VZT zařízení je navrženo pro každou zónu v objektu – přehled zařízení, včetně objemů větraného vzduchu a orientační ceny zařízení je uveden v následující tabulce 9.3 - 2.

Tabulka 9.3 – 2 – Vstupní údaje pro VZT bez rekuperace

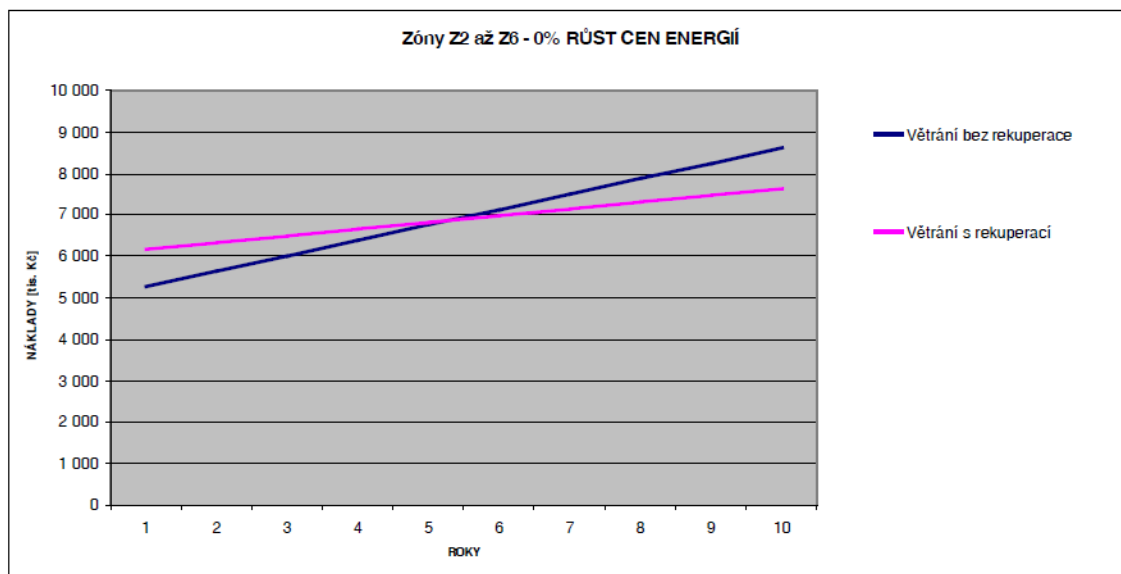
Zařízení	V [m <sup>3</sup> /hod]	Ot [kW] - voda 80/60	P [kW/50Hz]	Cena v mil. Kč bez DPH
Z1	přirozené větrání	-	-	-
Z2	4 400	48	4,5	4,9
Z3	3 640	39	3,0	
Z4	3 640	42	4,5	
Z5	2 730	29	2,5	
Z6	4 550	49	3,0	
Celkem	18 960	207	20,0	<b>4,9</b>

## 9.4 Ekonomické hodnocení systému větrání

Ekonomické vyhodnocení bylo provedeno ve dvou částech. V první části bylo provedeno vyhodnocení instalace systému nuceného větrání s rekuperací v zóně Z1 (administrativa). Ve druhé části bylo provedeno srovnání instalace nuceného větrání s rekuperací a bez rekuperace v zónách Z2 až Z6. V obou případech bylo postupováno v souladu s postupem uvedeným v kap. 5. To znamená, že pro maximální stanovenou návratnost investice 5 let byla vypočtena cena 1 GJ energie na vytápění objektu, pro kterou systém bude návratný ve stanovené době. Pro posouzení byl použit konzervativní model bez započtení růstu ceny energie. V následujících grafech je možno sledovat křivky kumulovaných nákladů (počáteční investice do systému s jednotlivými ročními přírůstky – cena energie na pokrytí tepelné ztráty větráním).

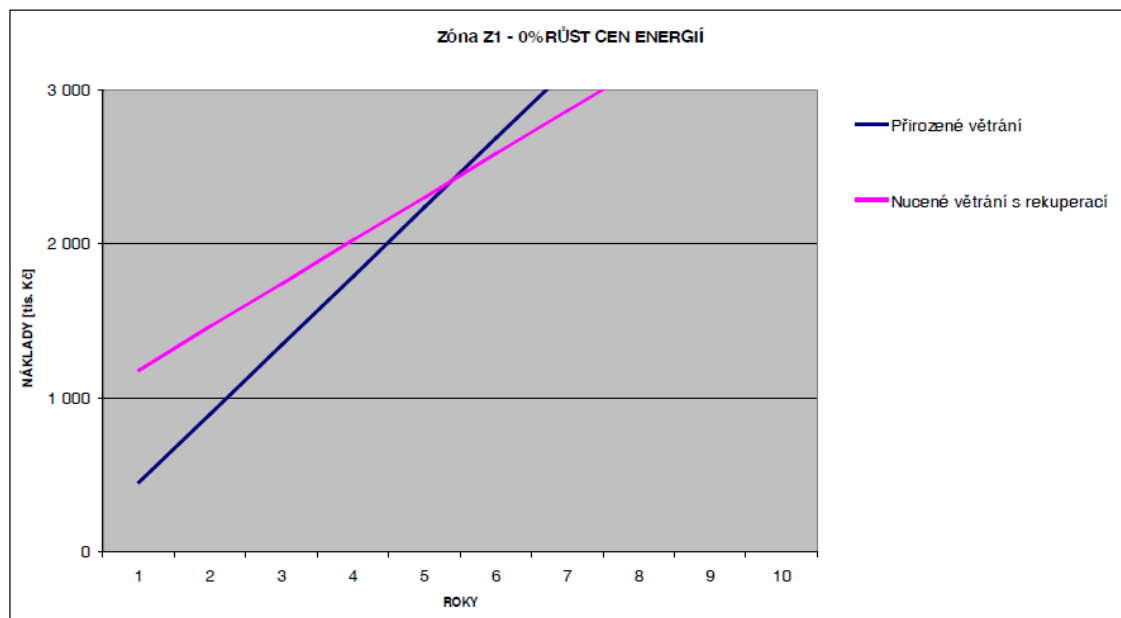
Graf 9.4 - 1 je modelován pro cenu 1 GJ energie na vytápění ve výši 250 Kč bez DPH. Z grafu je patrné, že i pro tuto nízkou cenu energie se vícenáklad do systému větrání s rekuperací stává návratným ve stanovené době 5 let.





Graf 9.4 – 1 – Ekonomické hodnocení pro zóny Z2 až Z6

Graf 9.4 - 2 je modelován pro cenu 1 GJ energie na vytápění ve výši 2700 Kč bez DPH. Systém nuceného větrání s rekuperací odpadního vzduchu by se ve stanovené době 5 let stal návratným pouze při ceně energie na vytápění 2700 Kč/GJ bez DPH a vyšší.



Graf 9.4 – 2 – Ekonomické vyhodnocení pro zónu Z1

## 9.5 Rozdílová investice

Rozdílová investice znamená stanovení čisté současné hodnoty a vnitřního výnosového procenta pro hodnocení období 30 let.

Tabulka 9.5 – 1 – Rozdílová investice větrání s rekuperací / bez rekuperace

<b>Větrání s rekuperací / bez rekuperace</b>			
	<b>Investiční náklady</b>	<b>Potřeba energie v GJ</b>	<b>Provozní náklad spojený se spotřebou energie</b>
Větrání bez rekuperace	4 900	1485	499
Větrání s rekuperace	6 000	648	218
Rozdíl	1 100	-837	-281

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-1 100	281	281
Diskontované CF pro r = 5%	-1 100	268	255
Diskontované CF kumulované	-1 100	-832	-578

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	281	281	281
Diskontované CF pro r = 5%	72	69	66
Diskontované CF kumulované	3 087	3 156	3 222

<b>NPV pro 5%</b>	<b>3 222</b>
<b>IRR</b>	<b>26%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>3,9</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>4,3</b>
<b>Index rentability</b>	<b>2,93</b>

## 9.6 Vyhodnocení

Z ekonomického vyhodnocení vyplynulo, že v zónách Z2 až Z6 je akceptovatelná návratnost investice pro cenu energie na vytápění 250 Kč/GJ a vyšší. Vzhledem k současným cenám energií (300 - 700 Kč/GJ) se v případě těchto zón jedná o investici s velmi rychlou návratností. V případě zóny Z1 je minimální stanovená cena energie 2700 Kč/GJ. S přihlédnutím k současným cenám energie se tedy jedná o investici s delší návratností – cca 25 let.

Lze tedy doporučit instalaci systému nuceného větrání s rekuperací v zónách Z2 až Z6. Zónu Z1 je výhodnější větrat přirozeně. S tímto návrhem bude dále počítáno při vyhodnocení systému vytápění objektu v kap. 10.

## 10 VYTÁPĚNÍ OBJEKTU

V této části energetické studie budou vyhodnoceny jednotlivé systémy vytápění (a přípravy TV), včetně vybraných typů otopných soustav. Důraz bude kladen na vytápění výrobních částí objektu (největší vytápěný objem). U všech systémů je do výpočtu zahrnut předpoklad využití vnitřních a solárních zisků. Pro každý typ vytápění byl proveden orientační návrh topného zdroje, včetně stanovení pořizovacích nákladů systému. Ceny topných systémů byly stanoveny jako obecné ceníkové ceny. Jejich výše je na straně bezpečnosti ekonomických výpočtů. Při návrhu otopných soustav je ve všech variantách předpokládáno pokrytí tepelné ztráty větráním (hygienické minimum) systémem VZT.

### 10.1 Výpočet celkové tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty objektu byly vypočteny v souladu s ČSN EN ISO 12 831. V zóně Z1 je předpokládáno přirozené větrání. Pro zóny Z2 až Z6 je do výpočtu zahrnut vliv rekuperačních výměníků (výpočtová účinnost rekuperace 75%). Ve výpočtu byla použita návrhová teplota vzduchu exteriéru -12°C - Přerov (dle ČSN EN 12831). V případě zón Z3, Z5 a Z6 byla započtena přírážka na výšku haly. Výsledné hodnoty pro další výpočet jsou uvedeny v tabulce 10.1 – 1.

Tabulka 10.1 – 1 – Celková tepelná ztráta objektu [kW]

celková tepelná ztráta objektu [kW]							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
<i>tepelná ztráta prostupem</i>	27.4	3.5	38.6	17.4	22.9	29.3	139.1
<i>tepelná ztráta větráním - hygiena</i>	21.8	12	7.6	7.6	5.7	9.5	64.2
<i>tepelná ztráta větráním - infiltrace</i>	0.0	1.2	26.8	4.1	6.2	10	48.3
<i>tepelná ztráta větráním - celkem</i>	21.8	13.2	34.4	11.7	11.9	19.5	112.5
<i>tepelná ztráta celkem</i>	49.1	16.7	83.9	29.1	40.1	56.1	<b>275.0</b>

## 10.2 Výpočet celkové potřeby energie na vytápění

Potřeba energie na vytápění jednotlivých zón objektu je uvedena v následujícím přehledu. Výpočet je proveden pro klimatické podmínky oblasti Přerov, tzn. pro 228 otopných dnů s průměrnou teplotou vnějšího vzduchu 3,9°C. Ve výpočtu není zahrnut vliv účinnosti topného zdroje ani ztráty v rozvodech otopné soustavy. Z výpočtu potřeby energie na vytápění objektu budou pro jednotlivé varianty stanoveny celkové spotřeby tepla na vytápění. Přehled potřebného energie na vytápění je vyjádřen tabulkou 10.2 – 1.

Tabulka 10.2 -1 – Potřeba energie na vytápění

potřeba energie na vytápění							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
Tepelná ztráta [kW]	49,1	16,7	83,9	29,1	40,1	56,1	275
Průměrná teplota v objektu tis (°C)	20,0	20,0	20,0	23,0	20,0	20,0	-
Průměrná venkovní teplota tes (°C)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Výpočtová venkovní teplota te (°C)	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0
Počet vytápěných dní d (den)	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0
Denostupně (K.de) Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	3670,8	3670,8	3670,8	4354,8	3670,8	3670,8	22708,8
Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	135,2	46,0	231,0	86,9	110,4	154,4	763,9
Nesoučasnost infiltrace ei	0,90	0,30	0,90	0,90	0,90	0,90	-
Snížení doby vytápění et	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	-
Zkrácení doby vytápění ed	0,95	0,95	0,95	1,00	0,95	0,95	-
Účinnost obsluhy	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Účinnost rozvodu	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Účinnost zdroje tepla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Spotřeba MWh/rok	104	11,8	177,7	78,2	85	118,8	575,6
Spotřeba GJ/rok	374,5	42,5	639,9	281,5	305,8	427,9	2072
Využitelné zisky GJ/ot. Období	151,4	17,9	113,4	108,1	81,3	184,7	656,8
Potřeba tepla na vytápění (GJ/rok)	223,1	24,6	526,5	173,4	224,5	243,2	1415,3

## 10.3 Technické varianty řešení systému vytápění

### 10.3.1 Centrální plynová kotelna

#### Popis systému

Jako zdroj tepla pro vytápění a ohřev TV je uvažována instalace, teplovodní, plynové kotelny situované v samostatné místnosti administrativního bloku Z1. Zdrojem tepla jsou kondenzační, závěsné plynové kotle s výkonem 4 x 107 kW (výpočtová účinnost 98,5%). V kotelně bude ponechána prostorová rezerva pro případné doplnění dalšího kotle a zvýšení výkonu. Pro ohřev TV je uvažována instalace 2 ks stacionárních, zásobníkových ohříváčů. Zbývající zařízení kotelny je ve standardním provedení v podobě tlakové expanzní nádoby, HVDT, rozdělovače s čerpadly, neutralizací kondenzátu apod.

V kotelně je předpokládáno přirozené větrání. Odvod spalin pomocí třívrstvého komínu - vedeno po fasádě nad střechem objektu. Kotelna bude vybavena provozní a havarijní regulací, která zajistí automatický provoz

Jako otopná soustava v halách (Z3 až Z6) budou ve variantě 1 použity teplovodní sálavé panely (např. FrengerSystemen BV), resp. teplovzdušné jednotky ve variantě 2. Pro vytápění hal pomocí teplovodních sálavých panelů budou použity tělesa o šířce 300-900 mm. Pro pokrytí tepelné ztráty hal prostupem a větráním (infiltrací), při rozdílu teploty topné vody a teploty vnitřního vzduchu  $DT = 50^{\circ}\text{C}$ , je nutno počítat s celkovou plochou panelů v halách Z3 až Z6 - 730 m<sup>2</sup>. Pro instalaci je nutné zpracovat projektovou dokumentaci včetně návrhu rozmístění panelů.

Alternativní otopnou soustavou k teplovodním sálavým panelům v halách je instalace oběhových teplovzdušných jednotek napojených na rozvod topné vody z kotelny. Do prostor zóny Z3 a Z5 jsou navrženy jednotky GEA SAHARA MAXX HN (14 + 7 ks). Do zóny Z6 s požadavkem na čistý provoz jsou navrženy jednotky GEA SAHARA MAXX HS (8 ks). Zónu Z4 s požadavkem na trvalou teplotu a relativní vlhkost vzduchu není vhodné vytápět teplovzdušnou jednotkou. Vnitřní prostředí v zóně Z4 bude zajištěno provozem VZT.

Jako otopná soustava pro zóny Z1 a Z2 je ve variantě 1 předpokládáno použití deskových teplovodních sálavých panelů určených pro umístění do podhledu administrativních prostor (např. FrengerSystemen BV). Ve variantě 2 je navrženo pro zóny Z1 a Z2 provedení standardního dvoutrubkového rozvodu s deskovými radiátory.

## Cena zařízení

<u>Varianta 1</u>	<u>Cena v Kč bez DPH</u>
Plynová kotelna celkem	3,5 mil. Kč
Náklady na vnější plynoinstalaci	0,4 mil. Kč
Otopná soustava – haly Z3 až Z6 – teplovodní sálavé panely	7,5 mil. Kč
Otopná soustava – Z1 a Z2 – teplovodní sálavé panely	2,2 mil. Kč
<b>Celkem – Varianta 1</b>	<b>13,6 mil. Kč</b>

<u>Varianta 2</u>	<u>Cena v Kč bez DPH</u>
Plynová kotelna celkem	3,5 mil. Kč
Náklady na vnější plynoinstalaci	0,4 mil. Kč
Otopná soustava - haly Z3 až Z6 – teplovzdušné jednotky	3,0 mil. Kč
Otopná soustava – Z1 a Z2 – teplovodní radiátory	0,5 mil. Kč
<b>Celkem – Varianta 2</b>	<b>7,4 mil. Kč</b>

## Jednotková cena energie na vytápění

Jednotková cena zemního plynu je pro potřebu studie stanovena dle ceníku Severomoravské plynárenské a.s. pro tarif Maloodběratel s ročním odběrem nad 63 MWh do 630 MWh. Pro potřebu studie bude uvažována cena 1 GJ energie na vytápění ve výši 336 Kč/GJ bez DPH. V případě hodnoceného objektu je při plném využití pravděpodobné překročení hranice 630 MWh a odběr plynu v tarifu Střední firmy. Cena zemního plynu v tomto tarifu je poté s dodavatelem stanovena individuálně. Přehled potřebné energie na vytápění je vyjádřen tabulkou 10.3.1 – 1.

Tabulka 10.3.1 -1 – Potřeba energie na vytápění – plynová kotelna

potřeba energie na vytápění – plynová kotelna							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
Tepelná ztráta [kW]	49,1	16,7	83,9	29,1	40,1	56,1	275
Průměrná teplota v objektu tis (°C)	20,0	20,0	20,0	23,0	20,0	20,0	-
Průměrná venkovní teplota tes (°C)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Výpočtová venkovní teplota te (°C)	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0
Počet vytápěných dní d (den)	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0
Denostupně (K.de)Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	3670,8	3670,8	3670,8	4354,8	3670,8	3670,8	22708,8
Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	135,2	46,0	231,0	86,9	110,4	154,4	763,9
Nesoučasnost infiltrace ei	0,90	0,30	0,90	0,90	0,90	0,90	-
Snížení doby vytápění et	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	-
Zkrácení doby vytápění ed	0,95	0,95	0,95	1,00	0,95	0,95	-
Účinnost obsluhy	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Účinnost rozvodu	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	-
Účinnost zdroje tepla	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	-
Spotřeba MWh/rok	107,8	12,2	184,1	81,0	88	123,1	596,3
Spotřeba GJ/rok	387,9	44	662,9	291,7	316,8	443,2	2146,5
Využitelné zisky GJ/ot. Období	151,4	17,9	113,4	108,1	81,3	184,7	656,8
Potřeba tepla na vytápění (GJ/rok)	226,5	26,1	549,5	183,5	235,5	258,6	1489,7

**Celková roční cena energie na vytápění  
bez DPH**

**500 552 Kč**

### 10.3.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda (dvojstupňové tepelné čerpadlo)

#### Popis systému

Jedná se o systém vysokoteplotního tepelného čerpadla vzduch-voda s výstupem topné vody až 80°C. Této teploty topné vody je dosaženo osazením dvou invertorových kompresorů v kaskádě uvnitř vnitřní jednotky tepelného čerpadla (tzv. dvojstupňové tepelné čerpadlo)

Pro vytápění objektu byla navržena soustava 16 kusů vnitřních jednotek a 8 vnějších jednotek. Jednotky budou provozně členěny podle potřeb jednotlivých zón. Předpokládaný topný spád je 70/60°C. Předpokládaný celoroční topný faktor systému je COP = 2,6

Tento zdroj tepla ve formě dvojstupňového tepelného čerpadla byl zvolen s ohledem na možnost instalace v kombinaci s otopnou soustavou z teplovodních sálavých deskových panelů. Případně je možno využít standardní nízkoteplotní tepelné čerpadlo s topným spádem 55/45 °C. Nižšímu topnému spádu je však nutno přizpůsobit dimenzování otopné soustavy. Pro vytápění hal pomocí teplovodních sálavých panelů (varianta 1) budou použity tělesa o šířce 300- 900 mm. Pro pokrytí tepelné ztráty hal prostupem a větráním (infiltrací), při rozdílu teploty topné vody a teploty vnitřního vzduchu  $DT = 50^{\circ}C$ , je nutno počítat s celkovou plochou panelů v halách Z3 až Z6 - 730 m<sup>2</sup>. Pro instalaci je nutné zpracovat projektovou dokumentaci včetně návrhu rozmístění panelů.

Alternativní otopnou soustavou k teplovodním sálavým panelům v halách je instalace oběhových teplovzdušných jednotek napojených na rozvod topné vody z kotelny (varianta 2). Do prostor zóny Z3 a Z5 jsou navrženy jednotky GEA SAHARA MAXX HN (14 + 7 ks). Do zóny Z6 s požadavkem na čistý provoz jsou navrženy jednotky GEA SAHARA MAXX HS (8 ks). Zónu Z4 s požadavkem na trvalou teplotu a relativní vlhkost vzduchu není vhodné vytápět teplovzdušnou jednotkou. Vnitřní prostředí v zóně Z4 bude zajištěno provozem VZT.

Jako otopná soustava pro zóny Z1 a Z2 je ve variantě 1 předpokládáno použití deskových teplovodních sálavých panelů určených pro umístění do podhledu administrativních prostor (např. FrengerSystemen BV). Ve variantě 2 je navrženo pro zóny Z1 a Z2 provedení standardního dvoutrubkového rozvodu s deskovými radiátory.

### **Cena zařízení**

<u>Varianta 1</u>	<u>Cena v Kč bez DPH</u>
Soustava tepelných čerpadel vzduch-voda	9,5 mil. Kč
Otopná soustava – haly Z3 až Z6 – teplovodní sálavé panely	7,5 mil. Kč
Otopná soustava – Z1 a Z2 – teplovodní sálavé panely	2,2 mil. Kč
<b>Celkem – Varianta 1</b>	<b>19,2 mil. Kč</b>

<u>Varianta 2</u>	<u>Cena v Kč bez DPH</u>
Soustava tepelných čerpadel vzduch-voda	9,5 mil. Kč
Otopná soustava - haly Z3 až Z6 – teplovzdušné jednotky	3,0 mil. Kč
Otopná soustava – Z1 a Z2 – teplovodní radiátory	0,5 mil. Kč
<b>Celkem – Varianta 2</b>	<b>13,0 mil. Kč</b>



## Jednotková cena energie na vytápění

Cenu elektrické energie pro daný výrobní objekt nelze přesně stanovit. Cena bude s největší pravděpodobností stanovena individuálně po uvedení objektu do provozu. Na trhu s elektrickou energií panuje silné konkurenční prostředí a pro zákazníky s výraznějším odběrem jsou stanoveny individuální ceny.

Pro potřeby energetické studie bude předpokládána cena 1 GJ elektrické energie ve výši 556 Kč bez DPH (cca 2,00 Kč/kWh). Přehled potřebné energie a vytápění je vyjádřen tabulkou 10.3.2 – 1.

Tabulka 10.3.2 -1 – Potřeba energie na vytápění – TČ vzduch-voda

potřeba energie na vytápění – vysokoteplotní TČ vzduch-voda							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
Tepelná ztráta [kW]	49,1	16,7	83,9	29,1	40,1	56,1	275
Průměrná teplota v objektu tis (°C)	20,0	20,0	20,0	23,0	20,0	20,0	-
Průměrná venkovní teplota tes (°C)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Výpočtová venkovní teplota te (°C)	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0
Počet vytápěných dní d (den)	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0
Denostupně (K.de)							
Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	3670,8	3670,8	3670,8	4354,8	3670,8	3670,8	22708,8
Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	135,2	46,0	231,0	86,9	110,4	154,4	763,9
Nesoučasnost infiltrace ei	0,90	0,30	0,90	0,90	0,90	0,90	-
Snížení doby vytápění et	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	-
Zkrácení doby vytápění ed	0,95	0,95	0,95	1,00	0,95	0,95	-
Účinnost obsluhy	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Účinnost rozvodu	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	-
Účinnost zdroje tepla	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	-
Spotřeba MWh/rok	24,65	2,72	57,65	19,14	24,65	26,91	155,72
Spotřeba GJ/rok	88,4	9,78	207,53	68,90	88,74	96,89	560,59
Využitelné zisky GJ/ot. Období	151,4	17,9	113,4	108,1	81,3	184,7	656,8
Potřeba tepla na vytápění (GJ/rok)	88,74	9,78	207,53	68,90	88,74	96,89	560,59

**Celková roční spotřeba energie na vytápění 336 356Kč bez DPH**

### 10.3.3 Plynové infrazářiče

#### Popis systému

Pro vytápění hal (zóna Z3, Z5 a část zóny Z6) jsou navrženy nízkoteplotní sálavé infrazářiče TERMSTAR 2000. Pro haly dvoupodlažní jsou navrženy plynové modulační teplovzdušné jednotky Apen Group typ PLUS (PL015CZ). V případě infrazářičů i teplovzdušných jednotek bude odvod spalin řešen přes obvodový plášť objektu. Pro výpočet spotřeby energie na vytápění je započtena celková účinnost infrazářičů a plynových teplovzdušných jednotek ve výši 80%.

V případě volby vytápění výrobních provozů (Z3, Z5 a část Z6) plynovými infrazářiči bude nutno zřídít v objektu zdroj tepelné energie pro přípravu TV, topné vody pro VZT a vytápění zóny Z1 a Z2 (s největší pravděpodobností také pro Z4 a část Z6). Pro pokrytí těchto potřeb objektu bude pro ekonomické posouzení a vyhodnocení bilance spotřeby energie v objektu předpokládáno zřízení plynové kotelny v administrativním bloku.

#### Cena zařízení

	Cena v Kč bez DPH
Plynové infrazářiče – zóna Z3, Z5 a Z6	2,7 mil. Kč
Plynové teplovzdušné jednotky – zóna Z4 a část Z6	0,7 mil. Kč
Plynová kotelna (Z1, Z2, ohřev TV, příprava topné vody pro VZT)	1,1 mil. Kč
Otopná soustava – Z1 a Z2 – teplovodní radiátory	0,5 mil. Kč
Náklady na vnější plynoinstalaci	0,4 mil. Kč
<b>Celkem</b>	<b>5,4 mil. Kč</b>

## Jednotková cena energie na vytápění

Jednotková cena zemního plynu je pro potřebu studie stanovena dle ceníku Severomoravské plynárenské a.s. pro tarif Maloodběratel s ročním odběrem nad 63 MWh do 630 MWh. Pro potřebu studie bude uvažována cena 1 GJ energie na vytápění ve výši 336 Kč/GJ bez DPH. V případě námi hodnoceného objektu je při plném využití pravděpodobné překročení hranice 630 MWh a odběr plynu v tarifu Střední firmy. Cena zemního plynu v tomto tarifu je poté s dodavatelem stanovena individuálně. Přehled potřebné energie na vytápění je vyjádřen tabulkou 10.3.3 – 1.

Tabulka 10.3.3 -1 – Potřeba energie na vytápění – plynová kotelna

potřeba energie na vytápění – plynová kotelna							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	celkem
Tepelná ztráta [kW]	49,1	16,7	83,9	29,1	40,1	56,1	275
Průměrná teplota v objektu tis (°C)	20,0	20,0	20,0	23,0	20,0	20,0	-
Průměrná venkovní teplota tes (°C)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Výpočtová venkovní teplota te (°C)	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0
Počet vytápěných dní d (den)	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0	228,0
Denostupně (K.de)Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	3670,8	3670,8	3670,8	4354,8	3670,8	3670,8	22708,8
Neredukovaná potřeba tepla (MWh/rok)	135,2	46,0	231,0	86,9	110,4	154,4	763,9
Nesoučasnost infiltrace ei	0,90	0,30	0,90	0,90	0,90	0,90	-
Snížení doby vytápění et	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	-
Zkrácení doby vytápění ed	0,95	0,95	0,95	1,00	0,95	0,95	-
Účinnost obsluhy	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Účinnost rozvodu	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Účinnost zdroje tepla	0,99	0,99	0,99	0,80	0,80	0,80	-
Spotřeba MWh/rok	107,8	12,2	222,2	97,8	106,2	148,6	694,7
Spotřeba GJ/rok	387,9	44	799,8	351,9	382,3	534,8	2500,8
Využitelné zisky GJ/ot. Období	151,4	17,9	113,4	108,1	81,3	184,7	656,8
Potřeba tepla na vytápění (GJ/rok)	226,5	26,1	686,5	243,8	300,9	350,2	1844,0

**Celková roční spotřeba na vytápění  
bez DPH**

**619 590 Kč**

## 10.4 Ekonomické hodnocení systému vytápění

Ekonomické vyhodnocení všech variant systému vytápění bylo provedeno na základě kumulovaných ročních nákladů na provoz, přičemž v prvním roce provozu je započten náklad na daný topný systém a v dalších letech jsou postupně přičítány náklady za spotřebu energie na vytápění.

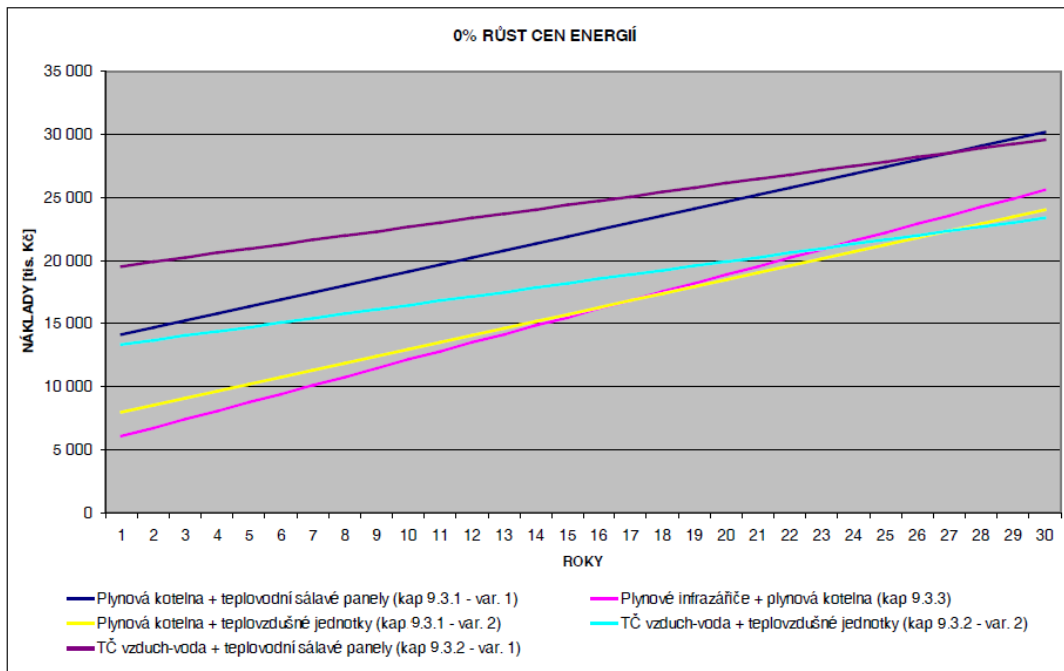
Výpočet kumulovaných nákladů je proveden pro velmi konzervativní model s 0% růstem ceny energie, dále pro reálnější model s 5% růstem cen a jako pesimistická varianta z hlediska dlouhodobého vývoje ceny energie je výpočet proveden pro variantu 10% růstu ceny.

Veškeré ceny (pořizovací náklady i ceny energie) jsou započteny bez DPH. V současnosti platí na ceny zemního plynu, elektrické energie, stavební práce i materiál jednotná sazba DPH ve výši 20%. Trend jednotné DPH bude s největší pravděpodobností udržen i v budoucnu. Celkové pořizovací ceny jednotlivých systémů je nutno chápat jako orientační. V ekonomickém hodnocení nejsou započteny náklady na údržbu a servis jednotlivých typů topných zdrojů.

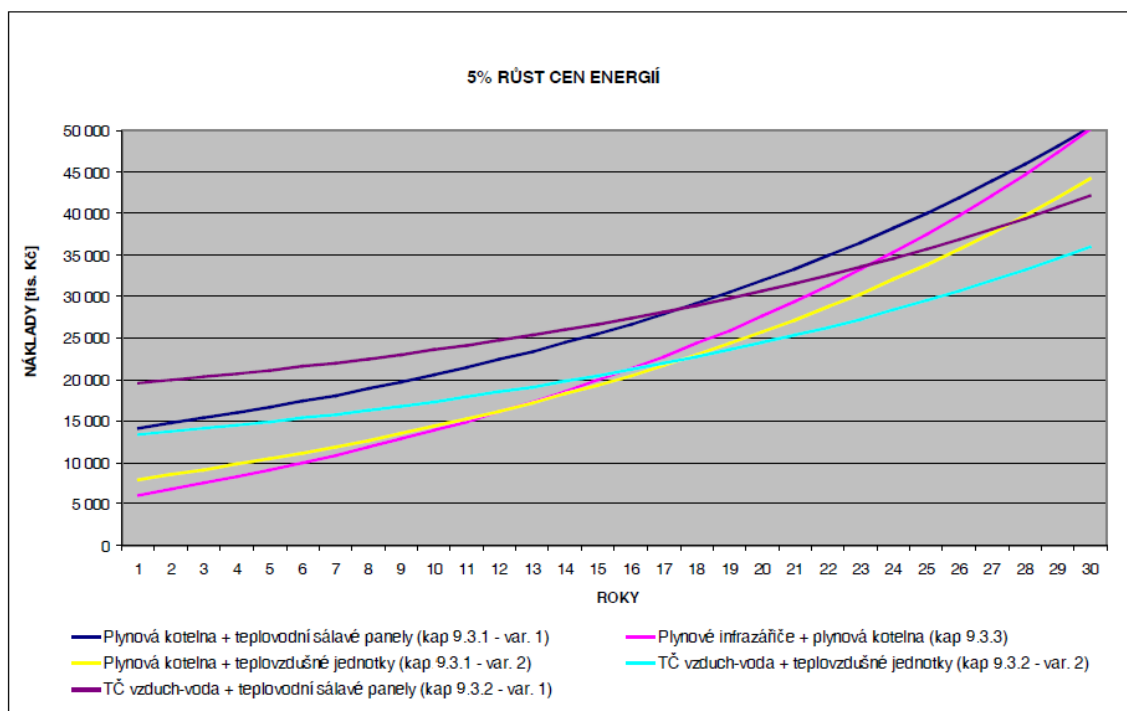
V následující tabulce 10.4 - 1 je uveden přehled vstupních údajů ekonomického hodnocení pro jednotlivé varianty:

Tabulka 10.4 -1 – Přehled vstupních údajů pro ekonomické hodnocení systému vytápění

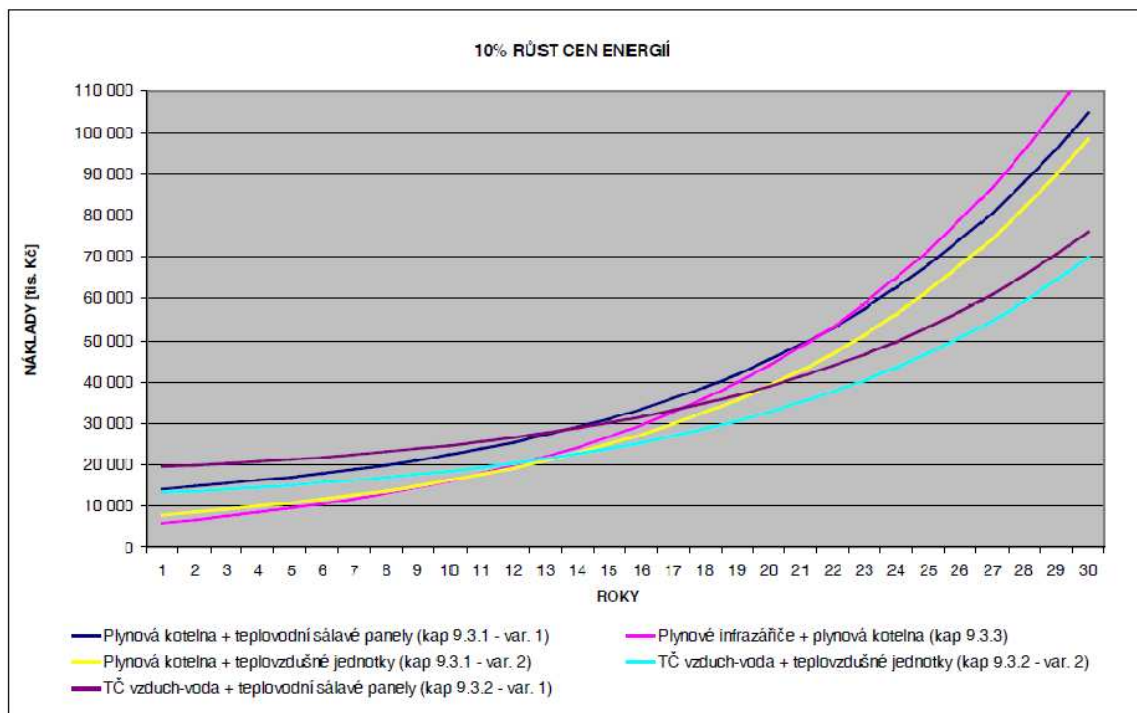
Varianta	Celková pořizovací cena [mil. Kč]	Spotřeba energie na vytápění [GJ]	Cena energie na vytápění [Kč/GJ]
Plynová kotelna + teplovodní sálavé deskové panely (kap. 9.3.1)	13,6	1490	336 (zemní plyn)
Plynová kotelna + teplovzdušné jednotky, teplovodní radiátory (kap. 9.3.1)	7,4	1490	336 (zemní plyn)
Tepelné čerpadlo vzduch-voda + teplovodní sálavé deskové panely (kap. 9.3.2)	19,2	561	556 (el. energie)
Tepelné čerpadlo vzduch-voda + teplovzdušné jednotky, teplovodní radiátory (kap. 9.3.2)	13	561	556 (el. energie)
Plynové infrazářiče v halách + plynová kotelna jako doplňkový zdroj (kap. 9.3.3)	5,4	1844	336 (zemní plyn)



Graf 10.4 -1 – Ekonomické vyhodnocení systémů vytápění – roční růst ceny energií 0%



Graf 10.4 -2 – Ekonomické vyhodnocení systémů vytápění – roční růst ceny energií 5%



Graf 10.4 -3 – Ekonomické vyhodnocení systémů vytápění – roční růst ceny energií 10%

## 10.5 Výpočet rozdílové investice

V následujících tabulkách je vyjádřen výpočet rozdílových investic pro jednotlivé dílčí návrhy zdrojů vytápění. Bylo uvažováno se třemi variantami růstu cen. Optimistická varianta počítá s růstem cen energií 0%, reálnější varianta vyjadřuje růst cen energií ve výši 5% a pesimistická varianta počítá s růstem cen 10%.

### 10.5.1 Výpočet kumulovaných nákladů při 0% růstu cen energií

Tabulka 10.5.1 – 1 - Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)

<b>Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Plynová kotelna - Varianta 1	13 600	1 490	501
Tepelné čerpadlo - Varianta 1	19 200	561	312
Rozdíl	5 600	-929	-189

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-5 600	189	189
Diskontované CF pro r = 5%	-5 600	180	171
Diskontované CF kumulované	-5 600	-5 420	-5 249

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	189	189	189
Diskontované CF pro r = 5%	48	46	44
Diskontované CF kumulované	-2 784	-2 738	-2 694

<b>NPV pro 5%</b>	<b>-2 694</b>
<b>IRR</b>	<b>0%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>29,6</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>60+</b>
<b>Index rentability</b>	<b>0,48</b>

Tabulka 10.5.1 – 2 – Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1

<b>Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Tepelné čerpadlo - Varianta 2	13 000	561	312
Plynová kotelna - Varianta 1	13 600	1490	501
Rozdíl	-600	-929	-189

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-600	189	189
Diskontované CF pro r = 5%	-600	180	171
Diskontované CF kumulované	-600	-420	-249

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	189	189	189
Diskontované CF pro r = 5%	48	46	44
Diskontované CF kumulované	2 216	2 262	2 306

<b>NPV pro 5%</b>	<b>2 306</b>
<b>IRR</b>	<b>31%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>3,2</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>3,55</b>
<b>Index rentability</b>	<b>3,84</b>

Tabulka 10.5.1 – 3 – Plynové infrazářiče / Plynová kotelna V2

<b>Plynové infrazářiče / Plynová kotelna V2</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Plynové infrazářiče + plyn. kotelna - Varianta 1	5 400,0	1844	620
Plynová kotelna - Varianta 1	13 600	1490	501
Rozdíl	-8 200	354	119

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-8 200	119	119
Diskontované CF pro r = 5%	-8 200	113	108
Diskontované CF kumulované	-8 200	-8 087	-7 979

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	119	119	119
Diskontované CF pro r = 5%	30	29	28
Diskontované CF kumulované	-6 427	-6 398	-6 370

<b>NPV pro 5%</b>	<b>-6 370</b>
<b>IRR</b>	<b>0,00</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>68,9</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>+</b>
<b>Index rentability</b>	<b>0,78</b>



Tabulka 10.5.1 – 4 – Plynové infrazářiče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2

<b>Plynové infrazářiče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Infrazářič + Plynová kotelna	5 400	1844	620
Tepelné čerpadlo - Varianta 2	13 000	561	312
Rozdíl	7 600	-1 283	-308

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-7 600	308	308
Diskontované CF pro r = 5%	-7 600	293	279
Diskontované CF kumulované	-7 600	-7 307	-7 027

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	308	308	308
Diskontované CF pro r = 5%	79	75	71
Diskontované CF kumulované	-3 011	-2 963	-2 892

<b>NPV pro 5%</b>	<b>-2 892</b>
<b>IRR</b>	<b>1%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>24,7</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>60+</b>
<b>Index rentability</b>	<b>0,38</b>

### 10.5.2 Výpočet kumulovaných nákladů při 5% růstu cen energií

Tabulka 10.5.2 – 1 - Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)

<b>Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Plynová kotelna - Varianta 1	13 600	1490	501
Tepelné čerpadlo - Varianta 1	19 200	561	312
Rozdíl	5 600	-929	-189

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-5 600	189	198
Diskontované CF pro r = 5%	-5 600	180	180
Diskontované CF kumulované	-5 600	-5 420	-5 240

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	706	741	778
Diskontované CF pro r = 5%	180	180	180
Diskontované CF kumulované	-512	-332	-152

<b>NPV pro 5%</b>	<b>-152</b>
<b>IRR</b>	<b>5%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>19,0</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>30,16</b>
<b>Index rentability</b>	<b>0,22</b>

Tabulka 10.5.2 – 2 – Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1

<b>Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Tepelné čerpadlo - Varianta 2	13 000	561	312
Plynová kotelna - Varianta 1	13 600	1490	501
Rozdíl	600	929	189

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-600	189	198
Diskontované CF pro r = 5%	-600	180	180
Diskontované CF kumulované	-600	-420	-240

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	706	741	778
Diskontované CF pro r = 5%	180	180	180
Diskontované CF kumulované	4 488	4 668	4 848

<b>NPV pro 5%</b>	<b>4848</b>
<b>IRR</b>	<b>36%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>3,0</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>3,44</b>
<b>Index rentability</b>	<b>8,08</b>

Tabulka 10.5.2 – 3 – Plynové infrazáříče / Plynová kotelna V2

<b>Plynové infrazáříče / Plynová kotelna V2</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Infrazáříče + plyn.kotelna - Varianta 1	5 400,0	1844	620
Plynová kotelna - Varianta 2	13 600	1490	501
Rozdíl	8 200	354	119

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-8 200	119	125
Diskontované CF pro r = 5%	-8 200	113	113
Diskontované CF kumulované	-8 200	-8 087	-7 973

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	444	466	489
Diskontované CF pro r = 5%	113	113	113
Diskontované CF kumulované	-4 997	-4 884	-4 771

NPV pro 5%	-4771
IRR	0%
Prostá doba návratnosti	30,6
Diskontovaná doba návratnosti	+
Index rentability	0,58

Tabulka 10.5.2 – 4 – Plynové infrazáříče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2

<b>Plynové infrazáříče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Infrazáříče + plynová kotelna	5 400	1844	620
Tepelné čerpadlo - Varianta 2	13 000	561	312
Rozdíl	7 600	-1 283	-308

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-7 600	308	323
Diskontované CF pro r = 5%	-7 600	293	293
Diskontované CF kumulované	-7 600	-7 307	-7 013

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	1 150	1 208	1 268
Diskontované CF pro r = 5%	293	293	293
Diskontované CF kumulované	690	983	1 276

<b>NPV pro 5%</b>	<b>1276</b>
<b>IRR</b>	<b>6%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>16,5</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>25,9</b>
<b>Index rentability</b>	<b>0,17</b>

### 10.5.3 Výpočet kumulovaných nákladů při 10% růstu cen energií

Tabulka 10.5.3 – 1 - Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)

<b>Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Plynová kotelna - Varianta 1	13 600	1490	501
Tepelné čerpadlo - Varianta 1	19 200	561	312
Rozdíl	5 600	-929	-189

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-5 600	189	208
Diskontované CF pro r = 5%	-5 600	180	189
Diskontované CF kumulované	-5 600	-5 420	-5 231

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	2 478	2 726	2 999
Diskontované CF pro r = 5%	632	662	694
Diskontované CF kumulované	4 585	5 247	5 941

<b>NPV pro 5%</b>	<b>5941</b>
<b>IRR</b>	<b>9%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>19,5</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>14,4</b>
<b>Index rentability</b>	<b>1,06</b>

Tabulka 10.5.3 – 2 – Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1

<b>Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Tepelné čerpadlo - Varianta 2	13 000	561	312
Plynová kotelna - Varianta 1	13 600	1490	501
Rozdíl	600	929	189

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-600	189	208
Diskontované CF pro r = 5%	-600	180	189
Diskontované CF kumulované	-600	-420	-231

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	2 478	2 726	2 999
Diskontované CF pro r = 5%	632	662	694
Diskontované CF kumulované	9 585	10 248	10 942

<b>NPV pro 5%</b>	<b>10 942</b>
<b>IRR</b>	<b>41%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>2,1</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>3,2</b>
<b>Index rentability</b>	<b>18,24</b>

Tabulka 10.5.3 – 3 – Plynové infrazáříče / Plynová kotelna V2

<b>Plynové infrazáříče / Plynová kotelna V2</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Infrazáříče + plyn. Kotelna - Varianta 1	5 400,0	1844	620
Plynová kotelna - Varianta 2	13 600	1490	501
Rozdíl	8 200	354	119

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-8 200	119	131
Diskontované CF pro r = 5%	-8 200	113	119
Diskontované CF kumulované	-8 200	-8 087	-7 968

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	1 560	1 716	1 888
Diskontované CF pro r = 5%	398	417	437
Diskontované CF kumulované	-1 787	-1 370	-933

<b>NPV pro 5%</b>	<b>-933</b>
<b>IRR</b>	<b>4%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>21,3</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>31,2</b>
<b>Index rentability</b>	<b>0,11</b>

Tabulka 10.5.3 – 4 – Plynové infrazáříče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2

<b>Plynové infrazáříče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2</b>			
	Investiční náklady	Potřeba energie v GJ	Provozní náklad spojený se spotřebou energie
Infrazáříč + Plynová kotelna	5 400	1844	620
Tepelné čerpadlo - Varianta 2	13 000	561	312
Rozdíl	7 600	-1 283	-308

Položka	Rok 0	Rok 1	Rok 2
CF	-7 600	308	339
Diskontované CF pro r = 5%	-7 600	293	307
Diskontované CF kumulované	-7 600	-7 307	-6 999

Položka	Rok 28	Rok 29	Rok 30
CF	4 038	4 442	4 886
Diskontované CF pro r = 5%	1030	1079	1131
Diskontované CF kumulované	8 999	10 078	11 209

<b>NPV pro 5%</b>	<b>11 209</b>
<b>IRR</b>	<b>11%</b>
<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>13,0</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>17,3</b>
<b>Index rentability</b>	<b>1,47</b>

## 10.6 Vyhodnocení

V ekonomickém hodnocení jednotlivých variant systému vytápění a přípravy teplé vody znázorněném v grafech 10.4 -1 až 10.4 -3 je jasně čitelný vliv počátečních nákladů a ročních nákladů na vytápění. Systémy s nižší pořizovací cenou se vyznačují následnými vyššími ročními náklady na vytápění – to se týká zejména systému vytápění plynovými infrazáříči v kombinaci s plynovou kotelnou. Naopak systémy s vyšší

pořizovací cenou se následně v provozu vyznačují nízkými ročními náklady – patrné je to zejména u dvojice variant s tepelným čerpadlem vzduch-voda.

Na dvojicích variant s tepelným čerpadlem a dvojici variant s plynovou kotelnou je možno pozorovat jak výrazně do celkového hodnocení topného zdroje také vstupuje cena zvolené otopné soustavy. Z porovnání variant s otopnou soustavou v podobě teplovodních sálavých panelů a kombinací teplovzdušných jednotek s deskovými radiátory vychází při stanovených pořizovacích cenách jako jednoznačně ekonomičtější volba soustava složená z teplovzdušných jednotek a deskových radiátorů.

Při volbě mezi porovnávanými topnými zdroji se jako nejekonomičtější varianta jeví zřízení plynové kotelny a její provoz s výše zmiňovanou otopnou soustavou v podobě teplovzdušných jednotek a deskových radiátorů (viz graf 10.4 -1 až 10.4 -3 - žlutá křivka). Varianta s plynovými infrazářiči (světle fialová) má nejnižší pořizovací náklady – roční náklady na vytápění jsou však u této varianty nejvyšší. Dále je u plynových infrazářičů nutno zmínit, že je není možno využít v částech hal se světlou výškou do 4 m (část Z6 a Z4).

Varianty s tepelnými čerpadly vykazují nejvyšší pořizovací náklady a návratnost počáteční investice je dlouhodobá - v horizontu 13 až 15 let. Varianty s tepelnými čerpadly by se staly ekonomicky výhodnějšími v případě prudkého růstu ceny energie v příštích letech (viz graf 9.4 -3) a také v případě, že ze strany provozovatele výrobního areálu bude smluvně dohodnuta výrazně nižší cena elektrické energie než cena, která byla stanovena pro ekonomické hodnocení (2 Kč/kWh), nebo v případě nižších pořizovacích nákladů, než s jakými je ve studii uvažováno. V dnešní době společnost E.ON nabízí pro nové investory dotaci až 60 000Kč.

Pro investora jsou počáteční náklady na pořízení tepelného čerpadla příliš vysoké vzhledem k investici, která již byla vložena do stavby nové výrobní haly.

Je třeba zohlednit také faktor co nejmenší údržby celého systému. Proto se v hodnocených soustavách neobjevuje např. pyrolytické kotle s automatickým plněním, které jsou velmi účinné a mají malou spotřebu levné biomasy, které by vyžadovaly náklady na skladovací prostor pro palivo a také náklady na obsluhu kotle. Pyrolytické spalování je proměna tuhých paliv při řízeném hoření s pomocí tlaku vzduchu z ventilátoru na plyn s dokonalým řízeným spalováním při teplotě od 850 – 1250°C

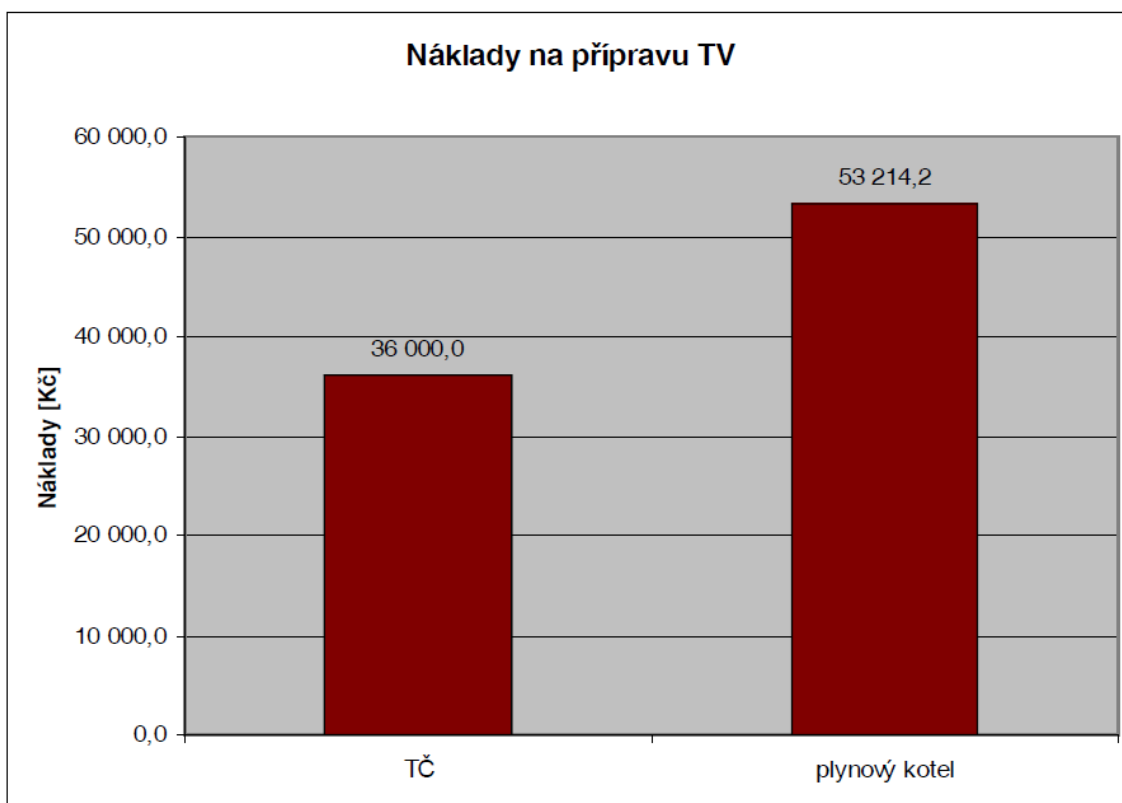
Po zohlednění všech nákladových a provozních hledisek k realizaci lze doporučit variantu topného zdroje ve formě plynové kotelny s otopnou soustavou tvořenou teplovzdušnými jednotkami a deskovými radiátory (viz kap. 10.3.1 – var. 2).

## 11 Příprava teplé vody

Příprava teplé vody v objektu úzce souvisí se systémem vytápění. Systémy posouzené v kap. 10 v návrhu zahrnují také přípravu TV. Návrh samostatného systému přípravy teplé vody bez návaznosti na zdroj tepla není ekonomicky efektivní. V případě posuzovaných variant topného zdroje v kap. 10 připadá v úvahu porovnání nákladů na přípravu TV pomocí plynových kondenzačních kotlů anebo pomocí vysokoteplotního tepelného čerpadla vzduch-voda.

Předpokládaná denní spotřeba teplé vody v objektu je 3,0 m<sup>3</sup> (předpoklad cca 80 sprchových koupelí denně), čemuž odpovídá denní potřeba energie ve výši 0,6 GJ. Z této denní potřeby energie na přípravu teplé vody vyplývá celková roční potřeba energie na úrovni cca 156 GJ.

V následujícím grafu jsou jednoduše znázorněny náklady na přípravu TV pomocí plynového kotle a tepelného čerpadla vzduch-voda. Tyto cenové údaje jsou započteny do celkového ekonomického hodnocení variant topného zdroje v kap. 10.4.



Graf 11 – 1 – Náklady na přípravu teplé vody



Alternativní zdroje přípravy TV ve formě termických solárních kolektorů nejsou v současné době efektivní investicí. Bez dotace státu se návratnost investice v lokalitě ČR pohybuje kolem 15 let, což znamená návratnost na hranici životnosti termických panelů. Doporučujeme přípravu TV pomocí vybraného topného zdroje, s možností instalace solárních kolektorů v případě budoucího prudkého růstu cen energií, nebo v případě možnosti získání finančních prostředků z některého z dotačních titulů.

## 12 ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce je novostavba výrobního objektu v Hranicích. Cílem této práce bylo ekonomické vyhodnocení vynaložených vícenákladů za systém nuceného větrání s rekuperací odpadního vzduchu v porovnání se systémem nuceného větrání bez rekuperace (v případě administrativní části objektu bylo provedeno porovnání s větráním přirozeným). Dále je obsaženo porovnání vybraných systémů vytápění a přípravy teplé vody z hlediska ekonomického a provozního.

Výsledkem studie je jednoznačné doporučení systému větrání s rekuperací pro výrobní haly objektu a pro část administrativního bloku, ve kterém bude umístěno sociální zařízení a zázemí zaměstnanců (šatny, sprchy apod.). Administrativní provozy (kanceláře) doporučuji větrat přirozeně.

Pro vytápění objektu se jako nejvýhodnější jeví volba topného zdroje v podobě plynové kotelny v kombinaci s oběhovými teplovzdušnými jednotkami ve výrobních částech objektu a s deskovými radiátory v administrativní části objektu (Plynová kotelná – Varianta 2). Rozhodnutí pro volbu konkrétního topného zdroje ještě doporučuji zvážit při uzavírání smluvních vztahů na dodávku elektrické energie a zemního plynu. Zejména výrazně nižší smluvní cena elektrické energie oproti ceně předpokládané v této práci by mohla zvýhodnit volbu tepelného čerpadla vzduch-voda. Zastavení dotačního programu pro podporu obnovitelných zdrojů, jako byl v minulosti program Zelená úsporám, značně snížil konkurenční schopnost těchto zdrojů na trhu energií. V dnešní době nabízí dotaci na tepelné čerpadlo energetická společnost E.ON. Maximální výše 60 000 Kč je však s porovnáním celkových investičních nákladů zanedbatelná.

Pro minimalizaci tepelné ztráty větráním vzniklé při otevírání vrat v jednotlivých halách je dobré doplnění otopné soustavy osazením vzduchových dveřních clon.

Dále je potřeba provést ekonomické hodnocení systému osvětlení vnitřních prostor výrobních hal. Náklady za elektrickou energii na osvětlení budou tvořit jednu z největších položek v ročních provozních nákladech. Doporučuji porovnání možností osvětlení svítidly s halogenidovými výbojkami, zářivkovými svítidly a LED svítidly. Pokrok na poli LED svítidel a nízkonapěťové rozvody jsou v dnešní době ekonomicky výhodné.

Celková spotřeba energie na vytápění objektu velmi úzce souvisí se vzduchotěsností obvodového pláště objektu (ve výpočtu tepelné ztráty objektu je zanesen předpoklad vzduchotěsnosti obálky budovy pomocí celkové průvzdušnosti obálky budovy n50). Po dokončení realizace obvodového pláště objektu je vhodné vzduchotěsnost zkontrolovat pomocí termovizního měření z interiéru provedeného za podtlaku v budově, který bude zajištěn zařízením blower-door test.

## 13 Studijní prameny

### 13.1 Seznam použité literatury

- [1] Nazeleno [online], [ vložený 20.4.2012]. Dostupné z WWW <<http://www.nazeleno.cz/merna-potreba-tepla-na-vytapeni.dic>>
- [2] doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D, doc. Ing. Vít Hromádka, Ph.D., *Ekonomika hodnocení budov dle principů trvale udržitelné výstavby, Brno 2012*, Národní stavební centrum s.r.o., počet stran 38
- [3] *Zákon č. 406/2000 Sb., O hospodaření energií*
- [4] Zelená úsporám [online], [citace vložena 20.4.2012], *Slovníček pojmů*. Dostupné z WWW <<http://www.zelenausporam.cz/sekce/560/slovnicek-pojmu/>>
- [5] Marcela Počínková, Danuše Čuprová a kolektiv, *Úsporný dům, Šlapanice 2004*, Nakladatelství ERA
- [6] ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov – 2: Požadavky. 4eský normalizační institut, 2007.
- [7] ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov
- [8] ELMET [online], [vložený 1.5.2012]. Dostupné z WWW <<http://www.elmet.cz/rekuperace-a-rizene-vetrani.html> >
- [9] Hestia [online] [vložený 2.5.2012]. Dostupné z WWW <[http://Hestia.energetika.cz/encyklopedie/12.htm#12\\_2.html](http://Hestia.energetika.cz/encyklopedie/12.htm#12_2.html)>
- [10] Stavby.com [online] [vložený 2.5.2012]. Dostupné z WWW <<http://www.stavby.com/tidi/article/39-zatepleni-fasad.html>>
- [11] Lépebydle.cz [online] [vložený 2.5.2012]. Dostupné z WWW <<http://www.lepebydlet.cz/stavebnictvi/tepelne-mosty-predstavuji-ztraty-a-riziko/>>
- [12] EKOWATT [online] [vložený 2.5.2012]. Dostupné z WWW <<http://www.ekowatt.cz/uspory/ztraty.shtml>>
- [13] Vondroušová [online] [vložený 2.5.2012]. Dostupné z WWW <<http://vondrousova.webnode.cz/news/kontrola-termovizni-kamerou/>>

## 13.2 Další studijní prameny

- *Zákon č. 406/2000 Sb., O hospodaření energií*
- ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov
- Vyhláška č. 148/2007 Sb., O energetické náročnosti budov
- KORYTÁROVÁ, J., HROMÁDKA, V. *Ekonomika hodnocení budov dle principů trvale udržitelné výstavby*
- Národní stavební centrum s.r.o.
- REJNUŠ, O., Peněžní ekonomie (Finanční trhy)

## 13.3 Internetové prameny

- [www.ekobydleni.cz](http://www.ekobydleni.cz)
- [www.ekowatt.cz](http://www.ekowatt.cz)
- [www.inhabitat.com](http://www.inhabitat.com)
- [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- [www.eon.cz](http://www.eon.cz)
- [www.wikipedie.cz](http://www.wikipedie.cz)

## 14 Seznam ilustrací

- Obrázek. 4 – 1      Roční spotřeba energie na vytápění ( $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}$ )
- Obrázek 6 – 1      Obecné znázornění procentuálního podílu různých konstrukcí na tepelné ztrátě domu
- Obrázek 6 – 2      Úniky tepla u částečně zatepleného domu – termovize  
Obrázek 8.1 – 1 – Vizualizace objektu
- Obrázek 6.1 – 1      Na místech tepelného most se tvoří typická plíseň
- Obrázek 6.1 - 2a)    Tepelný most tvořený železobetonovým stropem, s nedostatečnou izolací a s vnějším zateplením
- Obrázek 6.1 – 2b)    Tepelný most v místě překladu, rozdíl teplot  $9,2^{\circ}\text{C}$
- Obrázek 8.2 – 2      Schéma dělení objektu na zóny
- Graf 9.4 – 1      Ekonomické hodnocení pro zóny Z2 až Z6
- Graf 9.4 – 2      Ekonomické vyhodnocení pro zónu Z1
- Graf 10.4 -1      Ekonomické vyhodnocení systémů vytápění – roční růst ceny energií 0%
- Graf 10.4 -2      Ekonomické vyhodnocení systémů vytápění – roční růst ceny energií 5%
- Graf 10.4 -3      Ekonomické vyhodnocení systémů vytápění – roční růst ceny energií 10%
- Graf 11 – 1      Náklady na přípravu teplé vody

## 15 Seznam tabulek

Tabulka 3.1.1 – 1	Slovní klasifikace ENB
Tabulka 3.1.1 – 2	Klasifikační třídy pro ENB
Tabulka 3.1.2 – 1	Přehled cen paliv
Tabulka 5.1 – 1	Celková tepelná ztráta objektu
Tabulka 5.1.1 – 1	Příklad materiálů s různým součinitelem tepelné vodivosti $\lambda$
Tabulka 5.1.1 – 2	Tepelně-izolační materiály a jejich hodnoty součinitele tepelné vodivosti $\lambda$
Tabulka 5.1.1 – 3	Hodnoty součinitele $U_N$
Tabulka 5.1.2 -1	Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$
Tabulka 8.2 – 1	Plochy obvodových konstrukcí objektu
Tabulka 9.1 – 1	Tepelné ztráty objektu větráním
Tabulka 9.2 – 1	Pokrytí ztrát větráním
Tabulka 9.3 – 1	Vstupní údaje pro systém VZT s rekuperací
Tabulka 9.3 – 2	Vstupní údaje pro VZT bez rekuperace
Tabulka 9.5 – 1	Rozdílová investice větrání s rekuperací / bez rekuperace
Tabulka 10.1 – 1	Celková tepelná ztráta objektu [kW]
Tabulka 10.2 -1	Potřeba energie na vytápění
Tabulka 10.3.1 -1	Potřeba energie na vytápění – plynová kotelna
Tabulka 10.3.2 -1	Potřeba energie na vytápění – TČ vzduch-voda
Tabulka 10.3.3 -1	Potřeba energie na vytápění – plynová kotelna
Tabulka 10.4 -1	Přehled vstupních údajů pro ekonomické hodnocení systému vytápění
Tabulka 10.5.1 – 1	Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)
Tabulka 10.5.1 – 2	Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1

Tabulka 10.5.1 – 3	Plynové infrazářiče / Plynová kotelna V2
Tabulka 10.5.1 – 4	Plynové infrazářiče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2
Tabulka 10.5.2 – 1	Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)
Tabulka 10.5.2 – 2	Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1
Tabulka 10.5.2 – 3	Plynové infrazářiče / Plynová kotelna V2
Tabulka 10.5.2 – 4	Plynové infrazářiče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2
Tabulka 10.5.3 – 1	Plynová kotelna V1 / Tepelné čerpadlo V1 (resp. PK Varianta 2 / TČ Varianta 2)
Tabulka 10.5.3 – 2	Tepelné čerpadlo V2 / Plynová kotelna V1
Tabulka 10.5.3 – 3	Plynové infrazářiče / Plynová kotelna V2
Tabulka 10.5.3 – 4	Plynové infrazářiče + plynová kotelna / Tepelné čerpadlo V2

## 16 Seznam příloh

PŘÍLOHA Č. 1: Grafická část PENB

PŘÍLOHA Č. 2: Grafická část energetického štítku obálky budovy

<b>PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY</b>				
Novostavba parc.č. _____, k.ú: _____ Celková podlahová plocha: _____ m <sup>2</sup>			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
<p>A scale of energy performance classes from A to G, represented by horizontal arrows pointing right. Class A is green, B is light green, C is yellow-green, D is yellow, E is orange, F is dark orange, and G is red.</p>				
				B
			C	
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok				
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ				
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%			%	%
Doba platnosti průkazu		do _____		
Průkaz vypracoval		Ing. _____ Osvědčení č. _____		



ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Typ budovy, místní označení					Hodnocení obálky budovy		
Adresa budovy					stavající		
Celková podlahová plocha $A_c =$ m <sup>2</sup>					doporučení		
<p><b>CI</b> Velmi úsporná</p> <p>0,3 <b>A</b></p> <p>0,6 <b>B</b></p> <p>1,0 <b>C</b></p> <p>1,5 <b>D</b></p> <p>2,0 <b>E</b></p> <p>2,5 <b>F</b></p> <p>2,5 <b>G</b></p> <p>Mimořádně ne hospodárná</p>							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T / A$					X	Y	
Klasifikační ukazatele $CI$ a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$ pro $A/V =$ m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>							
$CI$	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$							
Platnost štítku do				Datum			
Štítek vypracoval				Jméno a příjmení			
				Klasifikace			