

1.1. Identifikační údaje

- 1.1.1. Zadavatel auditu: ***Integrovaná střední škola***
Na Jízdárně 30, 702 00 Ostrava
Zastoupen: Ing. Tomáš Führer, ředitel
IČO: 13644327
DIČ: 388 – 13644327
Tel: 59 6621691, 59 6624441
E-mail: iss – najizdarne@iss – najizdarne.cz
Fax: 596 633687
Osoba oprávněna k podpisu smlouvy: Ing. Tomáš Führer, ředitel
Osoba oprávněna k jednání ve věcech technických:
Ing. Tomáš Führer, ředitel
- 1.1.2. Zhotovitel: ***Ing. Venanc Walder, DrSc.***
Energetický auditor č. 007 podle zákona č. 406/2000 Sb.
ENERGO-STEEL spol. s r.o.
Sídlo: Hlavní tř. 702, 708 00 Ostrava-Poruba
Provozovna: Vřesinská 66/54, 708 00 Ostrava-Poruba
IČO: 15502546
DIČ: 390-15502546
Tel: 596 911 318
E-mail: energo@energo.cz
Fax: 596 918 323
- 1.1.3. Předmět auditu: ***Energetické bilance, doporučení úprav k úsporám energie na Integrované střední škole v Ostravě – Moravské Ostravě.***
- 1.1.4. Účel auditu: ***Splnění zákonné povinnosti 406/2000 Sb.***

Energetický audit připravil auditor (Osvědčení 007 o zápisu do Seznamu energetických auditorů, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, ze dne 8.2.2002) se svým týmem specialistů a spolupracovníků.

Ing. Venanc Walder, DrSc.

1.2. Obsah

1. ÚVODNÍ ČÁST	1
1.1. Identifikační údaje	1
1.2. Obsah	2
1.3. Seznam použitých značek a symbolů	5
1.4. Seznam tabulek použitých v textu	6
1.5. Seznam příloh	8
1.6. Seznam použité literatury a odkazy	8
2. POPIS VÝCHOZÍHO STAVU OBJEKTU	9
2.1. Základní údaje o objektu jako celku	9
2.1.A. Základní údaje o budově „01“	9
2.1.B. Základní údaje o spojovací chodbě „02“	10
2.1.C. Základní údaje o budově „03“	11
2.1.D. Základní údaje o budově „04“	11
2.2. Základní údaje o dodávkách energií z vnějších zdrojů	12
2.2.1. Příkony elektrické energie	12
2.2.2. Příkony v dodaném plynu	12
2.2.3. Příkony v teple z vnějších zdrojů	12
2.2.4. Příkony v TUV z vnějších zdrojů	12
2.2.5. Příkony ve stlačeném vzduchu	12
2.2.6. Příkony energií z ostatních zdrojů	13
2.3. Základní údaje o rozvodech energií v objektu	13
2.3.1. Rozvody elektrické energie v objektu	13
2.3.2. Rozvody plynu v objektu	13
2.3.3. Rozvody tepla v objektu	13
2.3.4. Rozvody stlačeného vzduchu v objektu	14
2.3.5. Rozvody ostatních energií v objektu	14
2.4. Základní údaje o energetických spotřebičích v objektu	15
2.4.1. Základní údaje o elektrických spotřebičích v objektu	15
2.4.1.1. Základní údaje o osvětlení v objektu	16
2.4.2. Základní údaje o plynových spotřebičích v objektu	16
2.4.3. Základní údaje o tepelných spotřebičích v objektu	17
2.4.4. Základní údaje o spotřebičích stlačeného vzduchu v objektu	17
2.4.5. Základní údaje o spotřebičích ostatních energií v objektu	17
2.5. Poznatky z inspekce na místě	17
2.5.1. Poznatky o stavební části objektu	17
2.5.2. Poznatky o elektrických zařízeních v objektu	17
2.5.3. Poznatky o systému osvětlení v objektu	17
2.5.4. Poznatky o systému zásobování objektu plynem	18
2.5.5. Poznatky o systému vytápění objektu	18
2.5.6. Poznatky o systému zásobování objektu TUV	18
2.5.7. Poznatky o systému stlačeného vzduchu	18
2.5.8. Poznatky o systému zásobování ostatními druhy energie	18
2.6. Údaje o spotřebě a nákladech na energii – bilance výchozího stavu	19
2.6.1. Spotřeba elektrické energie pro posuzovaný objekt	19
2.6.2. Spotřeba plynu pro posuzovaný objekt	19
2.6.3. Spotřeba tepla pro vytápění pro posuzovaný objekt	19
2.6.4. Spotřeba tepla pro ohřev TUV pro posuzovaný objekt	19
2.6.5. Spotřeba vody pro posuzovaný objekt	19

2.6.6. Spotřeba ostatních energií pro posuzovaný objekt.....	20
2.7. Shrnutí	20
3. PROVEDENÍ ENERGETICKÝCH ANALÝZ A HODNOCENÍ	21
3.1. Bilance elektrické energie v objektu	21
3.2. Bilance plynu v objektu	21
3.3. Tepelná bilance objektu s respektováním vnitřních i vnějších zdrojů	21
3.3.1. Výpočet tepelných ztrát objektu	21
3.3.1.A. Tepelné ztráty budovy 01.....	23
3.3.1.B. Tepelné ztráty spojovací chodby 02.....	23
3.3.1.C. Tepelné ztráty budovy 03.....	24
3.3.1.D. Tepelné ztráty budovy 04.....	24
3.3.2. Výpočet roční tepelné spotřeby pomocí denostupňové metody	24
3.3.3. Verifikace vypočtené spotřeby tepla s dodávkou energie	26
3.3.4. Měrná spotřeba tepelné energie za otopné období	26
3.4. Bilance ostatních energií v objektu	28
3.5. Roční energetická bilance	28
4. POTENCIÁL ENERGETICKÝCH ÚSPOR	29
4.1. Možné úspory energie v případě uplatnění stavebních opatření	29
4.1.1. Zateplení obvodových zdí izolačním materiálem.....	29
4.1.2. Výměna stávajících dřevěných oken za nová plastová.....	30
4.1.3. Výměna stávajících dveří hlavního vstupu za nové hliníkové.....	30
4.1.4. Zateplení střech izolačním materiálem.....	31
4.2. Možné úspory energie v případě změny systému elektrických zařízení.....	31
4.3. Možné úspory energie v případě změny v systému vytápění	32
4.3.1. Instalace termostatických ventilů na otopných tělesech.....	32
4.3.2. Instalace ekvitermní regulace teploty topné vody.....	32
4.4. Možné úspory energie v případě změny systému přípravy a užití TUV.....	32
4.5. Možné úspory energie v případě změny systému stlačeného vzduchu	33
4.6. Možné úspory energie v případě změny systému zemního plynu.....	33
4.7. Možné úspory energie v případě využití obnovitelných zdrojů energie	33
4.8. Možné úspory energie v případě uplatnění organizačních a neinvestičních opatření.....	33
5. NÁVRH OPATŘENÍ	34
5.1. Kvantifikace jednotlivých variant kombinací opatření.....	36
5.1.1. Varianta 1	36
5.1.2. Varianta 2	37
5.1.3. Varianta 3	38
5.1.4. Varianta 4	39
5.1.5. Varianta 5	40
5.1.6. Varianta 6	41
5.1.7. Varianta 7	42
5.2. Srovnání jednotlivých variant kombinací opatření	43
6. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT KOMBINACÍ OPATŘENÍ.....	45
6.1. Výpočet reálné doby návratnosti pro jednotlivé varianty kombinací opatření.....	46
6.1.1. Reálná doba návratnosti pro variantu č.1	46
6.1.2. Reálná doba návratnosti pro variantu č.2	47
6.1.3. Reálná doba návratnosti pro variantu č.3	48
6.1.4. Reálná doba návratnosti pro variantu č.4	49

6.1.5. Reálná doba návratnosti pro variantu č.5	50
6.1.6. Reálná doba návratnosti pro variantu č.6	51
6.1.7. Reálná doba návratnosti pro variantu č.7	52
7. POSOUZENÍ VLIVU NAVRŽENÝCH VARIANT KOMBINACÍ OPATŘENÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	53
8. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY KOMBINACÍ OPATŘENÍ.....	55
9. ZÁVAZNÉ VÝSTUPY ENERGETICKÉHO AUDITU	55
9.1. Hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství	55
9.2. Závěrečná doporučení	56
9.3. Závěrečný posudek energetického auditora	57
9.4. Evidenční list energetického auditu	58

1.3 Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
A	Celková plocha ochlazovaných konstrukcí	[m ²]
AM	Amortizace	[%]
B	Charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
CF	Roční přínosy projektu	[Kč]
D	Počet denostupňů	[K.den]
d	Počet dnů v topném období	[den]
E _r	Spotřeba tepla při vytápění budovy v otopném období podle vyhl. 291/2001 Sb.	[kWh]
e _i	Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	[-]
e _t	Snížení teploty během dne resp. v noci	[-]
e _d	Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]
e _v	Měrná spotřeba tepla	[kWh/m ³]
e _{vN}	Požadovaná měrná spotřeba tepla	[kWh/m ³]
H	Počet hodin	[hod]
IN	Investiční výdaje projektu	[Kč]
IN _{AM}	Náklady respektující amortizaci	[Kč]
IN _p	Náklady na uvedení zařízení do původního stavu	[Kč]
i _{Lv}	Součinitel spárové průvzdušnosti	[m ² .s ⁻¹ .Pa ^{-0,67}]
IRR	Vnitřní výnosové procento	[%]
L	Délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří	[m]
M	Charakteristické číslo místnosti	[-]
V _{ZP}	Množství spotřebovaného plynu	[m ³]
NPV	Čistá současná hodnota	[Kč]
p ₁	Přirážka na vyrovnaní vlivu chladných konstrukcí	[-]
p ₂	Přirážka na urychlení zátoku	[-]
p ₃	Přirážka na světovou stranu	[-]
Q	Tepelná ztráta, tepelný zisk	[W]
Q _C	Tepelná ztráta objektu	[W]
Q _D	Teplo dodané do objektu od dodavatele tepla	[GJ]
Q _i	Vypočtená roční spotřeba tepla jednotlivých budov	[GJ]
Q _P	Tepelná ztráta prostupem tepla konstrukcí	[W]
Q _r	Vypočtená roční spotřeba tepla	[GJ]
Q _V	Tepelná ztráta větráním	[W]
Q _Z	Trvalý tepelný zisk	[W]
R	Tepelný odpor	[m ² .K.W ⁻¹]
r	Diskont	[%]
S	Plocha	[m ²]
t _{e,s}	Teplota vnější, průměrná	[°C]
t _e	Teplota vnější, výpočtová	[°C]
t _i	Teplota vnitřní	[°C]
U	Součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
V	Objem vytápěné části budovy	[m ³]
V _v	Objemový tok větracího vzduchu při přirozeném větrání	[m ³ .s ⁻¹]
ε	Opravný součinitel	[-]
η _K	Účinnost kotle	[-]
η _o	Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy	[-]
η _r	Účinnost rozvodu	[-]

1.4. Seznam tabulek použitých v textu

Kapitola	Tabulka č.	Str.
2.1.-	1. Základní rozměrové údaje jednotlivých budov areálu školy.....	9
2.2.1.-	1. Spotřeba elektrické energie za minulá období.....	12
2.2.2.-	1. Spotřeba zemního plynu za minulá období.....	12
2.2.3.-	1. Spotřeba tepla za minulá období.....	12
2.4.1.-	1. Přehled nejvýznamnějších elektrických spotřebičů instalovaných v objektu.....	15
2.4.1.1.-	1. Přehled typů svítidel instalovaných v objektu	16
2.6.1.-	1. Náklady na elektrickou energii a její spotřeba za minulá období.....	19
2.6.2.-	1. Náklady na plyn a jeho spotřeba za minulá období.....	19
2.6.3.-	1. Náklady na teplo a jeho spotřeba za minulá období.....	19
2.6.5.-	1. Náklady na vodu a její spotřeba za minulá období.....	19
2.7.-	1. Shrnutí o ročních energetických vstupech.....	20
2.7.-	2. Souhrn průměrných vnějších energetických vstupů.....	20
3.3.1.-	1. Hodnoty externích teplot používaných ve výpočtu	22
3.3.1.-	2. Hodnoty vnitřních teplot používaných ve výpočtu	22
3.3.1.A.-	1. Vypočtené tepelné ztráty budovy 01.....	23
3.3.1.B.-	1. Vypočtené tepelné ztráty spojovací chodby 02.....	23
3.3.1.C.-	1. Vypočtené tepelné ztráty budovy 03.....	24
3.3.1.D.-	1. Vypočtené tepelné ztráty budovy 04.....	24
3.3.2.-	1. Vypočtená roční spotřeba tepla	25
3.3.4.-	1. Charakteristika budovy 01.....	27
3.3.4.-	2. Charakteristika spojovací chodby 02.....	27
3.3.4.-	3. Charakteristika budovy 03.....	27
3.3.4.-	4. Charakteristika budovy 04.....	28
3.5.-	1. Roční energetická bilance	28
5.-	1. Jednotkové náklady na realizaci navržených opatření.....	34
5.1.1.-	1. Upravená roční energetická bilance – varianta 1	36
5.1.2.-	1. Upravená roční energetická bilance – varianta 2	37
5.1.3.-	1. Upravená roční energetická bilance – varianta 3	38
5.1.4.-	1. Upravená roční energetická bilance – varianta 4	39
5.1.5.-	1. Upravená roční energetická bilance – varianta 5	40
5.1.6.-	1. Upravená roční energetická bilance – varianta 6	41
5.1.7.-	1. Upravená roční energetická bilance – varianta 7	42
5.2.-	1. Vypočtené úspory pro jednotlivé varianty kombinací opatření	43
6.1.1.-	1. Ekonomické hodnocení varianty č.1 pro diskontní sazbu 8 a 5% a výpočet IRR	46
6.1.1.-	2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.1	46
6.1.2.-	1. Ekonomické hodnocení varianty č.2 pro diskontní sazbu 8 a 5% a výpočet IRR	47
6.1.2.-	2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.2	47
6.1.3.-	1. Ekonomické hodnocení varianty č.3 pro diskontní sazbu 8 a 5% a výpočet IRR	48
6.1.3.-	2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.3	48
6.1.4.-	1. Ekonomické hodnocení varianty č.4 pro diskontní sazbu 8 a 5% a výpočet IRR	49
6.1.4.-	2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.4	49

6.1.5.- 1. Ekonomické hodnocení varianty č.5 pro diskontní sazbu 8 a 5% a výpočet IRR	50
6.1.5.- 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.5	50
6.1.6.- 1. Ekonomické hodnocení varianty č.6 pro diskontní sazbu 8 a 5% a výpočet IRR	51
6.1.6.- 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.6	51
6.1.7.- 1. Ekonomické hodnocení varianty č.7 pro diskontní sazbu 8 a 5% a výpočet IRR	52
6.1.7.- 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.7	52
7.- 1. Vliv varianty č. 1 na životní prostředí.....	53
7.- 2. Vliv varianty č. 2 na životní prostředí.....	53
7.- 3. Vliv varianty č. 3 na životní prostředí.....	53
7.- 4. Vliv varianty č. 4 na životní prostředí.....	54
7.- 5. Vliv varianty č. 5 na životní prostředí.....	54
7.- 6. Vliv varianty č. 6 na životní prostředí.....	54
7.- 7. Vliv varianty č. 7 na životní prostředí.....	54

1.5. Seznam příloh

Součástí zprávy o energetickém auditu nejsou žádné přílohy.

1.6. Seznam použité literatury a odkazy

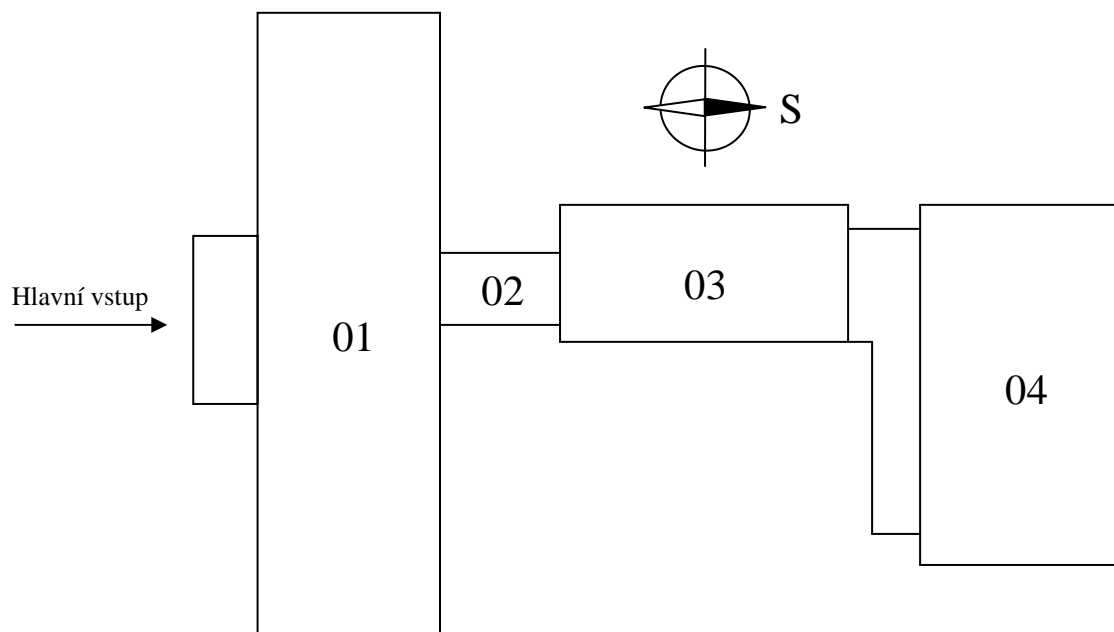
- [1] ČSN 73 05 40-3
- [2] ČSN 73 05 40-4
- [3] ČSN 06 02 10
- [4] ČSN 38 33 50
- [5] Vytápění rodinných domů (Společnost pro techniku prostředí 1996)
- [6] Konzultace ke stavebním technikám, legislativě a cenám
- [7] Informace k vypracování energetického auditu, pí. Mária Zielinská
- [8] Hodnocení návratnosti energetických opatření, Ing. Venanc Walder, DrSc.
Sborník „OSTRAVA ENERGO 2002“, květen 2002, Ostrava
- [9] Původní Projektová dokumentace
- [10] Zprávy o pravidelných revizích elektrického zařízení, 2002
- [11] Zpráva o pravidelné revizi plynového zařízení, květen 2002
- [12] Sbírka zákonů č. 291/2001, vyhláška MPO, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití při spotřebě tepla v budovách.
- [13] Velká kniha o energii, L.A. Consulting Agency, spol. s r.o., 2001, Praha

2. POPIS VÝCHOZÍHO STAVU OBJEKTU

2.1. Základní údaje o objektu jako celku

Areál integrované střední školy je situován na ulici Na Jízdárně 30 v Ostravě 1. Areál je tvořen komplexem tří navzájem propojených budov. Hlavní vstup do školního komplexu je v hlavní budově školy 01. Na tuto budovu navazuje budova dílen školy 03, která je napojena na hlavní budovu školy spojovací chodbou 02. S budovou dílen školy je chodbou spojena budova tělocvičny 04.

Půdorys objektu, jeho umístění a orientace ke světovým stranám je na obr. 2.1 – 1.



- 01 – Hlavní budova školy
- 02 – Spojovací chodba
- 03 – Dílny školy
- 04 – Tělocvična

Obr. 2.1 – 1. Půdorys objektu, jeho umístění a orientace k světovým stranám

Tab. 2.1. – 1. Základní rozměrové údaje jednotlivých budov areálu školy

Objekt	Počet podlaží [-]	Zastavěná plocha [m ²]	Půdorysné rozměry [m]
Budova „01“	4 NP + 1 PP	1313,44	88,15 x 14,90
Spojovací chodba „02“	1 NP + 1 PP	82,32	14,70 x 5,60
Budova „03“	2 NP + 1 PP	568,16	42,40 x 13,40
Budova „04“	2 NP	1 221,30	-

2.1.A. Základní údaje o budově „01“

Jedná se o podsklepenou budovu se čtyřmi nadzemními podlažími. Obvodový plášť budovy je proveden z cihel plných pálených. Střecha budovy je plochá s živičnou krytinou. Fasáda jižní části budovy je po rekonstrukci v dobrém stavu (viz. Obr. 2.1.A – 1), zbývající část fasády je ve špatném stavu a vykazuje poškození (viz. Obr. 2.1.A – 2). Otvorové výplně nadzemních

podlaží jsou tvořeny převážně dřevěnými zdvojenými okny se dvěma skly a dřevěnými dvojitými okny. Na jižní části budovy jsou otvorové výplně tvořeny také skleněnými tvárnicemi v kombinaci s dřevěnými okny s izolačním dvojsklem. Otvorové výplně suterénu jsou tvořeny ocelovými okny s jedním sklem. Hlavní vstup do budovy je tvořen ocelovými dveřmi s jedním sklem. Únikové východy na požárních schodištích jsou tvořeny dřevěnými dveřmi s izolačním dvojsklem. Vedlejší vstup je tvořen kovovými dveřmi bez výplně. V budově jsou umístěny kanceláře, kabinety, učebny, výměňková stanice, sociální zařízení, kuchyně aj.



Obr. 2.1.A – 1,2 Pohled na jižní část budovy, Pohled na severní část budovy

2.1.B. Základní údaje o spojovací chodbě „02“

Jedná se o podsklepenou budovu s jedním nadzemním podlažím (viz. Obr. 2.1.B – 1). Obvodový plášť spojovací chodby je proveden z cihel plných pálených. Střecha spojovací chodby je plochá s živičnou krytinou. Otvorové výplně nadzemního podlaží jsou tvořeny dřevěnými zdvojenými okny se dvěma skly a skleněnými tvárnicemi. Otvorové výplně suterénu jsou tvořeny ocelovými okny s jedním sklem. Vedlejší vstup je tvořen kovovými dveřmi bez výplně. Budova slouží ke spojení hlavní budovy školy 01 s budovou dílen 03.



Obr. 2.1.B – 1 Pohled na východní část spojovací chodby

2.1.C. Základní údaje o budově „03“

Jedná se o podsklepenou budovu se dvěma nadzemními podlažími (viz. Obr. 2.1.C – 1). Obvodový plášť budovy je proveden z cihel plných pálených. Střecha budovy je plochá s živičnou krytinou. Otvorové výplně nadzemních podlaží jsou tvořeny převážně dřevěnými zdvojenými okny se dvěma skly, v menší míře také skleněnými tvárnicemi. Otvorové výplně suterénu jsou tvořeny ocelovými okny s jedním sklem. Vedlejší vstup je tvořen kovovými dveřmi bez výplně. V budově jsou umístěny kabinety, učebny, dílny, sociální zařízení aj.



Obr. 2.1.C – 1 Pohled na západní část budovy

2.1.D. Základní údaje o budově „04“

Jedná se o nepodsklepenou budovu se dvěma nadzemními podlažími (viz. Obr. 2.1.D – 1). Obvodový plášť budovy je proveden z cihel plných pálených. Střecha budovy je šikmá, provedená vlnitou krytinou Onduline. Šatny tělocvičny jsou zastřešeny živičnou krytinou ve výši 1. nadzemního podlaží. Otvorové výplně nadzemních podlaží jsou tvořeny dřevěnými zdvojenými okny se dvěma skly a také skleněnými tvárnicemi. Vedlejší vstup je tvořen kovovými dveřmi bez výplně. V budově je umístěna tělocvična, posilovna, nahrávací studio, šatny, sociální zařízení aj.



Obr. 2.1.D – 1 Pohled na jižní část budovy

2.2. Základní údaje o dodávkách energií z vnějších zdrojů

Údaje o příkonech jednotlivých druhů energie jsou odečteny z nám poskytnutých materiálů [7].

2.2.1. Příkony elektrické energie

Elektrická energie je zajišťována v plné výši dodávkou ze SME a.s. Spotřeba elektrické energie za minulá období je uvedena v tabulce č. 2.2.1. – 1.

Tab. 2.2.1. – 1. Spotřeba elektrické energie za minulá období

Rok	Roční spotřeba elektrické energie [kWh]
2000	104 388
2001	108 996
2002	108 720

2.2.2. Příkony v dodaném plynu

Dodávka zemního plynu je v plné výši zajišťována od SMP, a.s. Spotřeba zemního plynu za poslední tři roky je uvedena v tabulce č. 2.2.2. – 1.

Tab. 2.2.2. – 1. Spotřeba zemního plynu za minulá období

Rok	Roční spotřeba zemního plynu [m³]
2000	769
2001	778
2002	715

2.2.3. Příkony v teple z vnějších zdrojů

Dodávka tepla pro potřeby vytápění areálu je zajišťována z rozvodu společnosti Dalkia Morava, a.s. Spotřeby tepla za poslední tři roky jsou uvedeny v tabulce č. 2.2.3. – 1.

Tab. 2.2.3. – 1. Spotřeba tepla za minulá období

Rok	Roční spotřeba tepla [GJ]
2000	3 361
2001	4 356
2002	2 987

2.2.4. Příkony v TUV z vnějších zdrojů

Teplá užitková voda je připravována ve výměňkové stanici umístěné v hlavní budově ISS.

2.2.5. Příkony ve stlačeném vzduchu

Objekt není napojen na rozvod stlačeného vzduchu.

2.2.6. Příkony energií z ostatních zdrojů

Objekt není zásobován žádnou další formou energie.

2.3. Základní údaje o rozvodech energií v objektu

2.3.1. Rozvody elektrické energie v objektu

Elektrorozvody jsou provedeny ve všech budovách školy. Napájení jednotlivých budov je provedeno soustavami 3 PEN 400/230V, 50 Hz, TN-C a 3 PEN 400/230V, 50 Hz, TN-C-S. Hlavní budova ISS je napojena z městské kabelové sítě SME, a.s. kabelem AYKY přes hlavní domovní skříň HDS, umístěnou vně budovy vpravo od hlavního vstupu, do hlavního skříňového rozváděče HR, umístěného v samostatné místnosti rozvodny v suterénu. Budova dílen odborného výcviku a tělocvičny, spojená průchozím koridorem s hlavní budovou ISS, je napojena z hlavního rozváděče HR. Školní kuchyně a jídelna, umístěné v pravé části 1.NP hlavní školní budovy, včetně sklepních prostorů pod nimi, jsou napojeny z hlavního rozváděče RH kabelem CYKY do podružného rozváděče R – 15, umístěného v chodbě suterénu pod kuchyní. Pro účely vyúčtování plateb za odebranou elektrickou energii má škola sjednání sazbu CO2. Jmenovitá hodnota proudu hlavního jističe je 3x125 A.

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím je provedena samočinným odpojením od zdroje, ochranným pospojováním a u hlavní školní budovy je ochrana doplněna proudovými chrániči FI – 30 mA. Elektrické zařízení je dle revize [10] ve slušném technickém stavu.

2.3.2. Rozvody plynu v objektu

ISS je napojena na veřejnou síť zemního plynu. Hlavní uzávěr plynu a plynoměr jsou umístěny na obvodové zdi hlavní budovy. Za HUP a plynoměrem prochází plynovod suterenními prostory budovy. Zde jsou vysazeny odbočky pro jednotlivé spotřebiče, na kterých jsou osazeny kulové kohouty a šroubením připojeny spotřebiče. Potrubí je volně vedeno po zdi pod stropem, při průchodu stropem je potrubí opatřeno ochrannou trubkou. Nefunkční potrubní odbočky jsou zaslepeny. Celý rozvod, kromě armatur a připojení spotřebičů, je svařován z ocelových trubek závitových, černých. Na funkčních přípojních potrubích jsou napojeny plynové spotřebiče. Plynové zařízení je dle revize [11] schopno bezpečného provozu.

2.3.3. Rozvody tepla v objektu

Dodávka tepla do objektu je zajištěna z centrálního rozvodu společnosti Dalkia Morava, a.s. Horká voda vnějšího primárního okruhu je energetickým kanálem přivedena do výměňkové stanice, která je majetkem školy. Tato výměňková stanice je umístěna v suterénu hlavní budovy školy. Vstupní potrubí vnějšího primárního okruhu do výměňkové stanice je osazeno uzavíracími armaturami, odkalovací nádobou a měřiči tlaku a teploty.

Horká voda vnějšího primárního okruhu je vedena přes rozdělovač horké vody do tří trubkových výměníků tepla voda – voda (v současné době jsou dva výměníky tepla mimo provoz) a do deskového výměníku tepla, který slouží k přípravě teplé užitkové vody. Ochlazená horká voda je z trubkového výměníku tepla vedena do sběrače horké vody, odkud je vyvedeno vratné potrubí vnějšího primárního okruhu horké vody. Do vratného potrubí vnějšího primárního okruhu horké vody je vedena také ochlazená voda z deskového výměníku tepla.

Topná voda pro ústřední vytápění je ohřívána pomocí horké vody vnějšího primárního okruhu ve výše zmíněném trubkovém výměníku tepla, odkud je potrubními rozvody vedena do rozdělovače topné vody. Z rozdělovače (viz. Obr. 2.3.3 – 1) jsou vyvedeny topné okruhy jednotlivých částí objektu. Jednotlivé topné okruhy školy jsou tyto:

- topný okruh – hlavní budova
- topný okruh – škola
- topný okruh – tělocvična

Ochlazená topná voda je vratným potrubím vedena do sběrače topné vody. Ze sběrače (viz. Obr. 2.3.3 – 2) je ochlazená topná voda vedena pomocí dvou oběhových čerpadel SIGMA 125 NTC zpět do trubkového výměníku tepla k dalšímu ohřevu. Teplota topné vody pro všechny topné okruhy je regulována ekvitermně pomocí uzavíracího servoventilu, který je ovládán řídicí a regulační jednotkou na základě venkovní teploty a teploty v referenční místnosti. Servoventil je umístěn na výstupu ochlazené horké vody vnějšího primárního okruhu z výměníku tepla. Potřebný tlak v otopné soustavě je udržován pomocí otevřené expanzní nádoby o objemu cca 1 500 dm³.

Teplá užitková voda je připravována v deskovém výměníku tepla, odtud je TUV vedena do akumulární nádrže, odkud je oběhovým čerpadlem WILO rozváděna do objektu.

Vytápění objektu je zajištěno litinovými článkovými radiátory. Otopná tělesa jsou osazena uzavíracími ventily typu zavřeno – otevřeno, jejichž ovládací prvky ve většině případů chybí.



Obr. 2.3.3 – 1,2 Rozdělovač topné vody, Sběrač topné vody

2.3.4. Rozvody stlačeného vzduchu v objektu

Objekt není vybaven rozvody stlačeného vzduchu.

2.3.5. Rozvody ostatních energií v objektu

Objekt není vybaven rozvody žádných dalších druhů energie.

2.4. Základní údaje o energetických spotřebičích v objektu

2.4.1. Základní údaje o elektrických spotřebičích v objektu

Nejvýznamnější spotřebiče elektrické energie se nacházejí především v kuchyni. V objektu ISS je instalováno:

65 ks	motorů, svářeček aj. s celkovou spotřebou	39,07 kW
66 ks	tepelných spotřebičů s celkovou spotřebou	165,00 kW
1045 ks	svítidel žárovkových, zářivkových, výbojkových s celkovou spotřebou ...	108,20 kW
148 ks	jiných spotřebičů s celkovou spotřebou	30,48 kW
celkem	342,75 kW

Přehled nejvýznamnějších spotřebičů je uveden v tabulce 2.4.1 – 1. V kancelářích, kabinetech, učebnách, dílnách a jiných prostorách se nacházejí další, méně významné elektrické spotřebiče, jako jsou počítače, tiskárny, kopírky, psací stroje, promítací plátna, ventilátory, ruční elektrické nářadí, ledničky aj. Tyto spotřebiče nejsou v přehledu zahrnuty.

Tab. 2.4.1. – 1. Přehled nejvýznamnějších elektrických spotřebičů instalovaných v objektu

Spotřebič	Příkon [kW]	Množství [ks]
Elektrická trojtrouba	12,0	1
Elektrický kotel	9,0	2
Elektrická stolička	9,0	1
Myčka nádobí	9,0	1
Smažící pánev	9,0	2
Ohřívací pult	3,6	2
Robot – míchačka těsta	3,0	2
Jednotka VZT	2,2	1
Pračka (mimo provoz)	2,3	1
Robot – kráječ	2,0	1
Hoblovka	4,0	1
Okružní pila	4,5	1
Stojanová bruska	1,1	1
Stolní vrtačka	1,0	1
Pásová pila	1,0	1
Dlabačka	1,1	1
Varná konvice	2,2	18
Varná konvice	2,0	6
Varná konvice	1,1	2
Kávovar	1,0	1
Vařič	2,0	4
Vařič	1,5	3
Vařič	1,2	3
Vařič	1,0	3
Teplovzdušné topení	2,0	1
Automat na kávu	2,0	1
Osušovač rukou	1,8	1

Spotřebič	Příkon [kW]	Množství [ks]
Kopírka	1,5	3
Kopírka	1,4	1
Kopírka	1,2	1
Mikrovlnná trouba	1,2	1
Výtahový stroj	1,8	1
Vysavač	1,2	1
Škrabka brambor	1,1	1

2.4.1.1. Základní údaje o osvětlení v objektu

Vnitřní osvětlení objektu je zajišťováno především svítidly žárovkovými a zářivkovými. Tělocvična je osvětlena také svítidly halogenovými výbojkovými. Venkovní osvětlení je zajištěno svítidly halogenovými výbojkovými. Přehled typů svítidel instalovaných v objektu je uveden v tabulce č.2.4.1.1. – 1.

Tab. 2.4.1.1. – 1. Přehled typů svítidel instalovaných v objektu

Typ svítidla	Příkon [W]	Počet [ks]
žárovka	200	10
žárovka	150	41
žárovka	100	94
žárovka	75	19
žárovka	60	168
žárovka	40	5
žárovka	25	40
žárovka	11	4
žárovka	9	1
zářivka	60	74
zářivka	40	1 305
zářivka	24	1
zářivka	20	5
halogenové výbojky	1000	21
halogenové výbojky	500	1
halogenové výbojky	150	2
halogenové výbojky	35	3

2.4.2. Základní údaje o plynových spotřebičích v objektu

Zemní plyn je využíván pouze ve školní kuchyni – hlavní budova. V kuchyni jsou instalovány tyto plynové spotřebiče:

- plynový várný kotel 150 l 2 ks
- plynový várný kotel 200 l 1 ks
- plynový sporák SPE 40 1 ks
- plynový nahřívací pult 1 ks

2.4.3. Základní údaje o tepelných spotřebičích v objektu

Vytápění objektu je zajištěno litinovými článkovými radiátory. Otopná tělesa jsou osazena uzavíracími ventily typu zavřeno – otevřeno, jejichž ovládací prvky ve většině případů chybí. Celkem je v objektu instalováno 348 ks otopných těles.

2.4.4. Základní údaje o spotřebičích stlačeného vzduchu v objektu

Objekt není vybaven spotřebiči stlačeného vzduchu.

2.4.5. Základní údaje o spotřebičích ostatních energií v objektu

Objekt není vybaven spotřebiči ostatních druhů energií.

2.5. Poznatky z inspekce na místě

Inspekce se konala dne 12.12.2003.

2.5.1. Poznatky o stavební části objektu

Areál je tvořen komplexem tří navzájem propojených budov. Hlavní vstup do školního komplexu je v hlavní budově školy. Na tuto budovu navazuje budova dílen školy, která je napojena na hlavní budovu školy spojovací chodbou. S budovou dílen školy je chodbou spojena budova tělocvičny.

Obvodové pláště budov jsou provedeny z cihel plných pálených. Fasády jednotlivých budov jsou ve většině případů ve špatném stavu, pouze fasáda jižní části hlavní budovy je po rekonstrukci. Otvorové výplně nadzemních podlaží jsou tvořeny především dřevěnými zdvojenými okny se dvěma skly a dřevěnými dvojíty okny, která jsou ve špatném stavu, v menší míře také skleněnými tvárnici a dřevěnými okny s izolačními dvojskly. Hlavní vstup do budovy školy je tvořen ocelovými dveřmi s jedním sklem, jejichž tepelně – izolační vlastnosti jsou nevyhovující. Únikové východy na požárních schodištích hlavní budovy jsou tvořeny dřevěnými dveřmi s izolačním dvojsklem. Vedlejší vstupy jsou tvořeny kovovými dveřmi bez výplně. Střechy budov jsou ve většině případů ploché s živičnou krytinou, pouze střecha budovy tělocvičny je šikmá, provedená vlnitou krytinou Onduline.

2.5.2. Poznatky o elektrických zařízeních v objektu

Elektrická energie je v areálu školy využívána k provozu elektrických spotřebičů a k osvětlení. V celkovém posudku o pravidelné revizi je konstatováno, že revidovaná elektrická instalace a elektrická zařízení jsou dle platných norem z hlediska bezpečnosti nadále schopná provozu. Stav většiny elektrických zařízení tedy vyhovuje a závady s případným omezením některých zařízení jsou uvedeny v revizní zprávě [10].

2.5.3. Poznatky o systému osvětlení v objektu

Osvětlení jednotlivých budov je zajištěno především svítidly zářivkovými a žárovkovými. Tělocvična je osvětlena také svítidly halogenovými výbojkovými. U venkovního osvětlení

jsou použita svítidla halogenová výbojková. Na základě inspekce na místě bylo zjištěno, že osvětlení objektu je v udržovaném stavu.

2.5.4. Poznatky o systému zásobování objektu plynem

Zemní plyn je využíván pouze ve školní kuchyni k provozu plynových spotřebičů.

2.5.5. Poznatky o systému vytápění objektu

Dodávka tepla do objektu je zajištěna z centrálního rozvodu společnosti Dalkia Morava, a.s. Horká voda vnějšího primárního okruhu je energetickým kanálem přivedena do výměňkové stanice, která je majetkem školy. Tato výměňková stanice je umístěna v suterénu hlavní budovy školy. Horká voda vnějšího primárního okruhu je vedena přes rozdělovač horké vody do tří trubkových výměníků tepla voda – voda (v současné době jsou dva výměníky tepla mimo provoz) a do deskového výměníku tepla, který slouží k přípravě teplé užitkové vody. Topná voda pro ústřední vytápění je ohřívána pomocí horké vody vnějšího primárního okruhu ve výše zmíněném trubkovém výměníku tepla, odkud je potrubními rozvody vedena do rozdělovače topné vody. Z rozdělovače jsou vyvedeny topné okruhy jednotlivých částí objektu. Ochlazená topná voda je vratným potrubím vedena do sběrače topné vody. Ze sběrače je ochlazená topná voda vedena pomocí dvou oběhových čerpadel SIGMA 125 NTC zpět do trubkového výměníku tepla k dalšímu ohřevu. Teplota topné vody pro všechny topné okruhy je regulována ekvitermně pomocí uzavíracího servoventilu, který je ovládán řídicí a regulační jednotkou na základě venkovní teploty a teploty v referenční místnosti. Servoventil je umístěn na výstupu ochlazené horké vody primárního okruhu z výměníku tepla. Potřebný tlak v otopné soustavě je udržován pomocí otevřené expanzní nádoby o objemu cca 1 500 dm³.

Vytápění objektu je rozděleno na režim plného vytápění a režim utlumeného vytápění. Režim plného vytápění se používá v době vyučování, režim utlumeného vytápění ve večerních hodinách a o víkendech, kdy ve škole neprobíhá výuka.

Vytápění objektu je zajištěno litinovými článkovými radiátory. Otopná tělesa jsou osazena uzavíracími ventily typu zavřeno – otevřeno, jejichž ovládací prvky ve většině případů chybí.

2.5.6. Poznatky o systému zásobování objektu TUV

Teplá užitková voda je připravována ve výměňkové stanici v deskovém výměníku tepla, odtud je TUV vedena do akumulační nádrže, odkud je oběhovým čerpadlem WILO rozváděna do objektu. Způsob přípravy TUV v deskovém výměníku je oproti přípravě TUV v trubkových výměnících výhodný, neboť deskové výměníky tepla mají vysokou účinnost přenosu tepla i při zachování malých stavebních rozměrů.

2.5.7. Poznatky o systému stlačeného vzduchu

Objekt není vybaven systémem stlačeného vzduchu.

2.5.8. Poznatky o systému zásobování ostatními druhy energie

V objektu nejsou používány jiné druhy energie.

2.6. Údaje o spotřebě a nákladech na energii – bilance výchozího stavu

Veškeré údaje o spotřebách jednotlivých druhů energie a nákladech na jejich nákup jsou odečteny z nám poskytnutých materiálů [7].

2.6.1. Spotřeba elektrické energie pro posuzovaný objekt

Tab. 2.6.1. – 1. Náklady na elektrickou energii a její spotřeba za minulá období

Rok	Spotřeba [kWh]	Náklady [Kč]
2000	104 388	378 927
2001	108 996	363 000
2002	108 720	326 152

2.6.2. Spotřeba plynu pro posuzovaný objekt

Tab. 2.6.2. – 1. Náklady na plyn a jeho spotřeba za minulá období

Rok	Spotřeba [m³]	Náklady [Kč]
2000	769	6 023
2001	778	7 403
2002	715	8 253

2.6.3. Spotřeba tepla pro vytápění pro posuzovaný objekt

Tab. 2.6.3. – 1. Náklady na teplo a jeho spotřeba za minulá období

Rok	Spotřeba [GJ]	Náklady [Kč]
2000	3 361	946 135
2001	4 356	1 269 229
2002	2 987	900 711

2.6.4. Spotřeba tepla pro ohřev TUV pro posuzovaný objekt

Teplá užitková voda je připravována ve výměňkové stanici umístěné v hlavní budově ISŠ.

2.6.5. Spotřeba vody pro posuzovaný objekt

Tab. 2.6.5. – 1. Náklady na vodu a její spotřeba za minulá období

Rok	Spotřeba pitné vody [m³]	Náklady [Kč]
2000	2 683	85 903
2001	2 211	74 380
2002	3 338	147 437

2.6.6. Spotřeba ostatních energií pro posuzovaný objekt

Do objektu nejsou dodávány žádné další formy energie.

2.7. Shrnutí

Tab. 2.7. – 1. Shrnutí o ročních energetických vstupech [7].

Průměrná spotřeba	Množství	Jednotka	Průměrná platba za rok
Voda	2 744	m ³ /rok	102 573
Elektrická energie	107 368	kWh/rok	356 026
Tepelná energie	3 568	GJ/rok	1 038 692
Zemní plyn	754	m ³ /rok	7 226

Tab. 2.7. – 2. Souhrn průměrných vnějších energetických vstupů

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na GJ	Roční náklady v Kč
Nákup el. energie	kWh	107 368	0,0036	386,52	356 026
Nákup tepla	GJ	3 568	1	3 568,00	1 038 692
Zemní plyn	m ³	754	0,03405	25,67	7 226
TUV	GJ	-			
Hnědé uhlí	t	-			
Černé uhlí	t	-			
Koks	t	-			
Jiná pevná paliva	t	-			
TTO	t	-			
LTO	t	-			
Nafta	t	-			
Jiné plyny	m ³	-			
Druhotná energie	GJ	-			
Obnovitelné zdroje	GJ	-			
Jiná paliva	GJ	-			
Celkem vstupy paliv a energie				3 980,19	1 401 944
Změna stavu zásob paliv					
Celkem spotřeba paliv a energie				3 980,19	1 401 944

3. PROVEDENÍ ENERGETICKÝCH ANALÝZ A HODNOCENÍ

3.1. Bilance elektrické energie v objektu

Veškerá elektrická energie přivedená do objektu se spotřebuje k osvětlení prostor a k zajištění provozu instalovaných elektrických spotřebičů.

3.2. Bilance plynu v objektu

Veškerý zemní plyn dodaný do objektu se spotřebuje v kuchyni k zajištění provozu instalovaných plynových spotřebičů.

3.3. Tepelná bilance objektu s respektováním vnitřních i vnějších zdrojů

3.3.1. Výpočet tepelných ztrát objektu

Tepelně technické posouzení a výpočet tepelných ztrát byl proveden v souladu s požadavky ČSN 73 05 40 – Tepelná ochrana budov [1], [2] a ČSN 06 02 10 – Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění [3], s užitím účelově připraveného tabulkového softwaru umožňujícího respektovat velký počet různých podmínek při výpočtu ztrát na plných plochách pláště (včetně určení světové strany, různosti povrchu, apod.). Podobně lze respektovat velký počet různých prosklených a jiných „otvorů“ v nejrůznější kombinaci teplo-technických parametrů vztahujících se k rozdílným typům výplní otvorů. Navíc lze respektovat rozdílné teploty na vnitřních stranách stěn. Postup výpočtu je naznačen dále.

Celková tepelná ztráta:

$$Q_C = Q_P + Q_V - Q_Z \quad [W]$$

kde je:

Q_P	tepelná ztráta prostupem tepla konstrukcí	[W]
Q_V	tepelná ztráta větráním	[W]
Q_Z	trvalý tepelný zisk	[W]

Tepelná ztráta prostupem tepla plochou „j“ :

$$Q_P = U_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_e) \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W]$$

kde je:

U_j	součinitel prostupu tepla danou plochou	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
S_j	velikost dané plochy	$[m^2]$
t_i	vnitřní výpočtová teplota	$[^{\circ}C]$
t_e	výpočtová teplota na vnější straně konstrukce	$[^{\circ}C]$
p_1	přirážka na vyrovnání vlivu chladnoucích konstrukcí	$[-]$
p_2	přirážka na urychlení zátopy	$[-]$
p_3	přirážka na světovou stranu	$[-]$

Tepelná ztráta větráním:

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

kde je:

V_v	objemový tok větracího vzduchu	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
t_i	vnitřní výpočtová teplota	$[\text{°C}]$
t_e	výpočtová teplota na vnější straně konstrukce	$[\text{°C}]$

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu V_v stanoví ze vztahu :

$$V_v = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

kde je:

i_{LV}	součinitel spárové průvzdušnosti	$[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$
L	délka spár otvíratelných částí oken a venkovních dveří	$[\text{m}]$
B	charakteristické číslo budovy	$[\text{Pa}^{0,67}]$
M	charakteristické číslo místnosti	$[-]$

Trvalý tepelný zisk:

Jedná se o tepelný zisk z vnitřních zdrojů tepla a tepelný zisk ze slunečního záření. Tyto zisky se však mohou započítávat do tepelné bilance budovy jen tehdy, je-li v budově instalována automatická dynamická regulace vytápěcího zařízení. Tato podmínka v našem případě není splněna, a proto se tepelné zisky z vnitřních zdrojů a ze slunečního záření do tepelné bilance budovy nezapočítávají.

Tab. 3.3.1. – 1. Hodnoty externích teplot používaných ve výpočtu [3]

Místo	Externí výpočtová teplota t_e $[\text{°C}]$
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15
Výpočtová teplota pod podlahou přízemí	10
Výpočtová teplota nad stropem	-15

Tab. 3.3.1. – 2. Hodnoty vnitřních teplot používaných ve výpočtu [7]

Typ vytápěné místnosti	Vnitřní výpočtová teplota t_i $[\text{°C}]$ plné vytápění	Vnitřní výpočtová teplota t_i $[\text{°C}]$ utlumené vytápění
Kanceláře, učebny, kabinety, šatny	21	18
Dílny	18	16
Tělocvična	17	15
Sklady, chodby, sklepní prostory	15	14

3.3.1.A. Tepelné ztráty budovy 01

Tab. 3.3.1.A. – 1. Vypočtené tepelné ztráty budovy 01

Plocha [m ²]		Podíl z celkové plochy [%]	Ztráta při plném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]	Ztráta při utlumeném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]
Střecha	1 313,44	21,61	31 861	10,13	29 182	10,13
Podlaha	1 313,44	21,61	12 189	3,88	8 840	3,07
Otvory	774,70	12,75	79 080	25,15	73 081	25,38
Neprůsvitný plášť	2 675,90	44,03	160 694	51,11	148 635	51,61
Infiltrace			30 578	9,73	28 246	9,81
Celkem	6 077,48	100,00	314 402	100,00	287 984	100,00

3.3.1.B. Tepelné ztráty spojovací chodby 02

Tab. 3.3.1.B. – 1. Vypočtené tepelné ztráty spojovací chodby 02

Plocha [m ²]		Podíl z celkové plochy [%]	Ztráta při plném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]	Ztráta při utlumeném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]
Střecha	82,32	29,47	2 807	27,91	2 626	28,68
Podlaha	82,32	29,47	652	6,48	435	4,75
Otvory	19,70	7,05	1 758	17,48	1 644	17,96
Neprůsvitný plášť	95,00	34,01	4 562	45,37	4 191	45,77
Infiltrace			278	2,76	260	2,84
Celkem	279,34	100,00	10 057	100,00	9 156	100,00

3.3.1.C. Tepelné ztráty budovy 03

Tab. 3.3.1.C. – 1. Vypočtené tepelné ztráty budovy 03

Plocha [m ²]		Podíl z celkové plochy [%]	Ztráta při plném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]	Ztráta při utlumeném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]
Střecha	568,16	25,95	17 372	16,36	16 319	16,44
Podlaha	568,16	25,95	5 977	5,63	4 483	4,52
Otvory	253,20	11,56	26 855	25,29	25 482	25,67
Neprůsvitný plášť	800,30	36,54	45 582	42,93	43 121	43,44
Infiltrace			10 391	9,79	9 854	9,93
Celkem	2 189,82	100,00	106 177	100,00	99 259	100,00

3.3.1.D. Tepelné ztráty budovy 04

Tab. 3.3.1.D. – 1. Vypočtené tepelné ztráty budovy 04

Plocha [m ²]		Podíl z celkové plochy [%]	Ztráta při plném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]	Ztráta při utlumeném vytápění [W]	Podíl z celkové ztráty [%]
Střecha	1 221,30	35,14	30 829	27,86	28 933	28,54
Podlaha	1 221,30	35,14	12 245	11,06	9 020	8,90
Otvory	219,60	6,31	21 931	19,81	20 575	20,29
Neprůsvitný plášť	813,70	23,41	41 610	37,60	39 046	38,51
Infiltrace			4 067	3,67	3 815	3,76
Celkem	3 475,90	100,00	110 682	100,00	101 389	100,00

3.3.2. Výpočet roční tepelné spotřeby pomocí denostupňové metody

Obsah: Obecný vzorec pro výpočet roční spotřeby tepla :

$$Q_R = \frac{24 \cdot Q_C \cdot \varepsilon \cdot D}{t_i - t_e} \quad [\text{Wh.rok}^{-1}]$$

kde je:

Q_C	tepelná ztráta objektu [3]	[W]
ε	opravný součinitel	[-]
D	počet denostupňů	[K.den]
t_i	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
t_e	výpočtová vnější teplota	[°C]

Opravný součinitel :

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r} \quad [-]$$

kde je:

e_i	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	[-]
e_t	snížení teploty v místnosti během dne resp. noci	[-]
e_d	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]
η_r	účinnost rozvodu	[-]
η_o	účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy	[-]

Poznámka: Snížení teploty v místnosti během dne resp. v noci bylo zohledněno rozdělením výpočtu na dva režimy. Proto je koeficient e_t z výpočtu vypuštěn.

Počet denostupňů :

$$D = (t_i - t_{es}) \cdot d \quad [K.den]$$

kde je:

t_i	výpočtová vnitřní teplota v budově	[°C]
t_{es}	průměrná venkovní teplota v otopném období (zde 3,6) [4]	[°C]
D	počet dnů otopného období v roce (pro Ostravsko 219) [4]	[-]

Tento způsob je obecný. V našem případě jsme výpočet rozdělili na dva režimy. Na utlumený režim se přechází ve večerních hodinách a na plný režim v ranních hodinách.

Výsledky výpočtu roční tepelné spotřeby jsou shrnuty v tabulce 3.3.2. – 1.

Tab. 3.3.2. – 1. Vypočtená roční spotřeba tepla

Veličina použitá ve výpočtu	Symbol	Hodnota	Jednotka
Tepelná ztráta celého objektu při utlumeném vytápění	$Q_{c,1}$	497 788	W
Tepelná ztráta celého objektu při plném vytápění	$Q_{c,2}$	541 318	W
Průměrná vnější teplota	t_{es}	3,6	°C
Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a ztráty prostupem	e_i	0,8	-
Snížení teploty v místnosti během dne resp. v noci	e_t	1	-
Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	e_d	1	-
Účinnost rozvodu topného média	η_r	0,96	-
Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy	η_o	0,98	-
Vypočtená roční spotřeba budovy 01	Q_{01}	2 006,62	GJ
Vypočtená roční spotřeba spojovací chodby 02	Q_{02}	56,91	GJ
Vypočtená roční spotřeba budovy 03	Q_{03}	640,12	GJ
Vypočtená roční spotřeba budovy 04	Q_{04}	669,14	GJ
Celková vypočtená roční spotřeba tepla	Q_r	3 372,79	GJ

3.3.3. Verifikace vypočtené spotřeby tepla s dodávkou energie

Jako základ pro porovnání s vypočtenou spotřebou tepla bylo určeno průměrné množství energie za rok dodané do areálu školy z rozvodu dodavatele v letech 2000-2002. Toto průměrné množství energie činí **3 568,00 GJ**. Vypočtená celková roční spotřeba tepla (roční tepelná ztráta) pro vytápění činí **3 372,79 GJ**, což je pouze 94,5% z průměrné roční spotřeby. O zbylých 5,5% předpokládáme, že jsou využity k ohřevu TUV. U obdobného typu zařízení, kde je TUV využívána k úklidu, mytí rukou a jen minimálně ke sprchování, činí spotřeba tepla na ohřev TUV 5 – 10% z celkové spotřeby tepla, čemuž náš předpoklad plně vyhovuje.

3.3.4. Měrná spotřeba tepelné energie za otopné období

Energetická náročnost budovy se kvantifikuje podle vyhlášky 291/2001 Sb. [12]. Podle dané vyhlášky jsou předepsané postupy **hodnocení účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách** závazné pro stavby a změny dokončených staveb financovaných z veřejných prostředků. Dále jsou taktéž závazné pro stavby a změny dokončených staveb týkajících se změn obvodových konstrukcí budov, jejichž celková spotřeba energie je větší než 700 GJ/rok a jsou financovány ze soukromých prostředků. Budova je podle této vyhlášky vyhovující, je-li měrná spotřeba tepla vztažená na jednotku objemu budovy e_v vypočtena na základě předepsaných výpočtových vnitřních teplot (viz. Příloha č.2 k vyhlášce 291/2001) s respektováním nepřetržitého vytápění v otopném období a s vyloučením subjektivních vlivů provozu **rovna nebo menší**, než požadovaná maximální měrná spotřeba tepla budovy e_{vN} , jejíž hodnoty jsou uvedeny v Příloze č.1 dané vyhlášky.

Měrná spotřeba tepla za otopné období vztažená na jednotku objemu:

$$e_v = \frac{E_r}{V} \quad [\text{kWh/m}^3]$$

kde je:

E_r	Spotřeba tepla při vytápění budovy v otopném období za podmínek nepřetržitého vytápění při teplotách a relativní vlhkosti uvedených v Příloze č. 2 k vyhlášce 291/2001 Sb a normách ČSN 730540, ČSN EN 832, ČSN 060210	[kWh]
V	objem vytápěné části budovy	[m ³]

Požadovaná (maximální) měrná spotřeba tepla:

$$e_{vN} = 20,64 + 26,03 \cdot (A/V) \quad [\text{kWh/m}^3]$$

kde je:

A	celková plocha ochlazovaných konstrukcí	[m ²]
V	objem vytápěné části budovy	[m ³]

Tab. 3.3.4. – 1. Charakteristika budovy 01

Charakteristická veličina	Symbol	Hodnota	Jednotka
Celková plocha ochlazovaných konstrukcí	A	6 077,48	m ²
Objem vytápěné části budovy	V	20 955,90	m ³
Geometrická charakteristika	A/V	0,2900	m ⁻¹
Měrná spotřeba tepla	e _v	29,6	kWh/m ³
Požadovaná (maximální, přípustná) měrná spotřeba tepla	e _{VN}	28,2	kWh/m ³

Jelikož v daném případě vypočtená měrná spotřeba tepla e_v je **větší** než požadovaná (maximální přípustná) měrná spotřeba tepla, budova ve smyslu vyhlášky 291/2001 Sb. **nevyhovuje**.

Tab. 3.3.4. – 2. Charakteristika spojovací chodby 02

Charakteristická veličina	Symbol	Hodnota	Jednotka
Celková plocha ochlazovaných konstrukcí	A	279,34	m ²
Objem vytápěné části budovy	V	321,00	m ³
Geometrická charakteristika	A/V	0,8702	m ⁻¹
Měrná spotřeba tepla	e _v	50,7	kWh/m ³
Požadovaná (maximální, přípustná) měrná spotřeba tepla	e _{VN}	43,3	kWh/m ³

Jelikož v daném případě vypočtená měrná spotřeba tepla e_v je **větší** než požadovaná (maximální přípustná) měrná spotřeba tepla, budova ve smyslu vyhlášky 291/2001 Sb. **nevyhovuje**.

Tab. 3.3.4. – 3. Charakteristika budovy 03

Charakteristická veličina	Symbol	Hodnota	Jednotka
Celková plocha ochlazovaných konstrukcí	A	2 189,82	m ²
Objem vytápěné části budovy	V	4 386,80	m ³
Geometrická charakteristika	A/V	0,4992	m ⁻¹
Měrná spotřeba tepla	e _v	47,1	kWh/m ³
Požadovaná (maximální, přípustná) měrná spotřeba tepla	e _{VN}	33,6	kWh/m ³

Jelikož v daném případě vypočtená měrná spotřeba tepla e_v je **větší** než požadovaná (maximální přípustná) měrná spotřeba tepla, budova ve smyslu vyhlášky 291/2001 Sb. **nevyhovuje**.

Tab. 3.3.4. – 4. Charakteristika budovy 04

Charakteristická veličina	Symbol	Hodnota	Jednotka
Celková plocha ochlazovaných konstrukcí	A	3 475,90	m ²
Objem vytápěné části budovy	V	8 214,50	m ³
Geometrická charakteristika	A/V	0,4231	m ⁻¹
Měrná spotřeba tepla	e _v	24,4	kWh/m ³
Požadovaná (maximální, přípustná) měrná spotřeba tepla	e _{VN}	31,7	kWh/m ³

Jelikož v daném případě vypočtená měrná spotřeba tepla e_v je **menší** než požadovaná (maximální přípustná) měrná spotřeba tepla, budova ve smyslu vyhlášky 291/2001 Sb. **vyhovuje**.

Upřesňující poznámky:

- 1) Vyhláška 291/2001 Sb. o účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách nezahrnuje způsoby a režimy vytápění.
- 2) Podle vyhlášky 291/2001 Sb. § 6 se do výpočtu zahrnují tepelné zisky vnější a vnitřní jen v případě, že v budově je instalována automatická dynamická regulace vytápěcích zařízení (v daném případě: udržujícího stabilně konstantní vnitřní výpočtovou teplotu).

3.4. Bilance ostatních energií v objektu

Ostatní energie nejsou do objektu dodávány.

3.5. Roční energetická bilance

Tab. 3.5. – 1. Roční energetická bilance

Ukazatel	GJ/rok	Kč/rok
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944
Změna zásob paliv	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944
Prodej energie cizím	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252

4. POTENCIÁL ENERGETICKÝCH ÚSPOR

Při určení ceny paliv a energií a výše investičních nákladů na jednotlivá opatření pro potřeby ekonomického hodnocení navržených opatření vycházíme z cenových relací platných ke dni 7.1.2004.

4.1. Možné úspory energie v případě uplatnění stavebních opatření

Současný stav budov nabízí několik možností k uplatnění opatření vedoucích k úsporám tepla. Jednotlivá opatření v případě námi posuzovaného objektu jsou:

4.1.1. Zateplení obvodových zdí izolačním materiálem

Cílem tohoto opatření je snížení prostupu tepla obvodovými zdmi budov. Navrhujeme zateplit obvodové zdi nadzemních podlaží jednotlivých budov kontaktním zateplovacím systémem s polystyrénovými deskami tloušťky 100 mm. Jednotková cena zateplení byla použita 1 150 Kč/m².

Budova	Zateplovaná plocha [m ²]	Náklady na zateplení [Kč]	Předpokládaná roční úspora [GJ/rok]	Předpokládaná roční úspora [Kč/rok]	Prostá doba návratnosti bez amortizace [rok]
Budova 01 – část po rekonstrukci	949,55	1 091 983	306,20	89 104	12,3
Budova 01 – zbývající část	1 370,67	1 576 271	478,26	139 174	11,3
Spojovací chodba 02	69,88	80 362	20,26	5 896	13,6
Budova 03	551,57	634 306	185,04	53 847	11,8
Budova 04	813,70	935 755	201,83	58 733	15,9

4.1.2. Výměna stávajících dřevěných oken za nová plastová s izolačním dvojsklem

Cílem tohoto opatření je snížení prostupu tepla okny a snížení tepelných ztrát přirozenou infiltrací. Navrhujeme výměnu stávajících dřevěných oken se dvěma skly za nová plastová s izolačním dvojsklem plněným argonem. Jednotková cena výměny byla použita 6 000 Kč/m².

Budova	Plocha oken [m ²]	Náklady na výměnu [Kč]	Předpokládaná roční úspora [GJ/rok]	Předpokládaná roční úspora [Kč/rok]	Prostá doba návratnosti bez amortizace [rok]
Budova 01 – zdvojená okna	352,28	2 113 680	180,79	52 610	40,2
Budova 01 – dvojitá okna	355,05	2 130 300	191,79	55 811	38,2
Spojovací chodba 02	6,30	37 800	2,82	821	46,0
Budova 03	216,15	1 296 900	106,47	30 983	41,9
Budova 04	78,24	469 440	37,97	11 049	42,5

4.1.3. Výměna stávajících dveří hlavního vstupu za nové hliníkové s izolačním dvojsklem

Cílem tohoto opatření je snížení prostupu tepla kovovými dveřmi hlavního vstupu do budovy 01 a snížení tepelných ztrát přirozenou infiltrací. Navrhujeme výměnu stávajících kovových dveří hlavního vstupu do budovy školy za nové hliníkové s izolačním dvojsklem plněným argonem. Jednotková cena výměny byla použita 9 000 Kč/m².

Plocha vchodových dveří	9,45 m ²
Jednotková cena výměny vchodových dveří	9 000 Kč/m ²
Náklady na nové vchodové dveře	85 050 Kč
Předpokládaná roční úspora	9,36 GJ/rok tj. 2 724 Kč/rok
Prostá doba návratnosti (bez amortizace)	31,2 roku

4.1.4. Zateplení střech izolačním materiálem

Cílem tohoto opatření je snížení prostupu tepla střechami jednotlivých budov. Navrhujeme zateplit střechy budov 01 a 04 nástřikem tvrdé PUR pěny o tloušťce 45 mm (respektive 55 mm u spojovací chodby 02 a budovy 03) s ochrannou polyuretanovou vrstvou. Jednotková cena zateplení byla použita 720 Kč/m² (respektive 840 Kč/m² u spojovací chodby 02 a budovy 03).

Zateplované střechy	Zateplovaná plocha [m ²]	Náklady na zateplení [Kč]	Předpokládaná roční úspora [GJ/rok]	Předpokládaná roční úspora [Kč/rok]	Prostá doba návratnosti bez amortizace [rok]
Budova 01	1 313,44	945 677	110,62	32 190	29,4
Spojovací chodba 02	82,32	69 149	11,40	3 317	20,8
Budova 03	568,16	477 254	69,98	20 364	23,4
Budova 04	1 221,30	879 336	109,20	31 777	27,7

4.2. Možné úspory energie v případě změny systému elektrických zařízení

V oblasti elektrických spotřebičů se nenaskýtají žádné velké možnosti k významnějším úsporám elektrické energie. Nabízí se pouze možnost postupné výměny stávajících elektrických spotřebičů, při ukončení jejich životnosti, za nové s třídou účinnosti A. Tuto výměnu ovšem nelze považovat za zásadní opatření vedoucí k okamžité úspoře energie.

Platba za elektrickou energii je složena ze dvou částí, a to z platby za jmenovitou hodnotu proudu hlavního jističe a platby za odebranou elektrickou energii. Doporučujeme prověřit, zda zvolená velikost hlavního jističe a tarifní sazba je optimální. Tuto službu nabízí dodavatel elektrické energie SME, a.s. Jedná se o měření zatížení odběrného místa, optimalizaci jistícího prvku, optimalizaci tarifní sazby a v odůvodněných případech o zajištění montáže nového jistícího prvku. Cena této komplexní služby činí 1 155 Kč bez DPH. Tato cena nezahrnuje případnou montáž nového jističe.

V oblasti osvětlení lze dosáhnout určité úspory energie používáním tzv. kompaktních zářivek. Tato energeticky úsporná svítidla lze našroubovat do běžné objímky místo klasické žárovky. Kompaktní zářivky jsou asi pětikrát účinnější než žárovky klasické a uspoří až 80% elektrické energie při stejné hladině osvětlení. Také životnost kompaktních zářivek je oproti žárovce mnohem vyšší.

4.3. Možné úspory energie v případě změny v systému vytápění

4.3.1. Instalace termostatických ventilů na otopných tělesech

Cílem tohoto opatření je snížení spotřeby tepla efektivnější regulací teploty v každé místnosti. V současné době jsou otopná tělesa osazena uzavíracími ventily typu zavřeno – otevřeno, které neumožňují jednoduchou regulaci teploty v místnosti. Navrhujeme proto na všechna otopná tělesa nainstalovat termostatické ventily s krytím proti jejich poškození. Jednotková cena instalace nových termostatických ventilů byla použita 935 Kč/ks.

Počet ventilů	348 ks
Jednotková cena za ventil	935 Kč/ks
Náklady na termostatické ventily	325 380 Kč
Předpokládaná roční úspora	185,19 GJ/rok tj. 53 890 Kč/rok
Prostá doba návratnosti (bez amortizace)	6,0 roku

4.3.2. Instalace ekvitermní regulace teploty topné vody

V současné době je teplota topné vody pro všechny topné okruhy regulována ekvitermně pomocí uzavíracího servoventilu, který je ovládán řídicí a regulační jednotkou na základě venkovní teploty a teploty v referenční místnosti. Servoventil je umístěn na výstupu ochlazené horké vody primárního okruhu z výměníku tepla. Tento systém regulace nemůže přizpůsobit teplotu topné vody co nejvíce potřebám jednotlivých budov, protože teplota topné vody je stejná pro všechny topné okruhy. Z tohoto důvodu doporučujeme instalaci ekvitermní regulace teploty topné vody pomocí trojcestného směšovacího ventilu na jednotlivé topné okruhy. Po realizaci tohoto opatření bude možno regulovat teplotu topné vody pro každý okruh zvlášť, což povede k nižší spotřebě tepla na vytápění. Toto opatření by vyžadovalo instalaci trojcestných ventilů se servopohonem, řídicích jednotek s teplotními čidly a oběhových čerpadel.

Počet ekvitermních regulací	3 ks
Jednotková cena za instalaci ekvitermní regulace	40 000 Kč/ks
Náklady na instalaci ekvitermní regulace	120 000 Kč
Předpokládaná roční úspora	168,64 GJ/rok tj. 49 074 Kč/rok
Prostá doba návratnosti (bez amortizace)	2,4 roku

4.4. Možné úspory energie v případě změny systému přípravy a užití TUV

V oblasti hospodaření s užitkovou vodou se naskýtají mnohé možnosti k úsporám:

- Při mytí nenechávat trvale téci teplou vodu do umyvadla a odtékat bez užitku do odpadu.
- Neomývat nádobí pod trvale tekoucí vodou.
- Používat armatury s provzdušňovačem vody (tzv. perlátor), u kterých je oproti klasickým bateriím přibližně poloviční výtokové množství.
- Používat jednopákové baterie. U těchto baterií je doba nastavení požadované teploty přibližně o 6 sekund kratší než u baterií kohoutkových. Jejich výhodou je snadné nastavení teploty a průtoku vody a možnost jednoduchého přerušení průtoku vody s již namíchanou teplotou. V porovnání s klasickými bateriemi uspoří jednopákové baterie okolo 20% vody.

4.5. Možné úspory energie v případě změny systému stlačeného vzduchu

V objektu není rozveden stlačený vzduch.

4.6. Možné úspory energie v případě změny systému zemního plynu

V oblasti zásobování objektu zemním plynem se nenaskýtají žádné možnosti k významnějším úsporám energie.

4.7. Možné úspory energie v případě využití obnovitelných zdrojů energie

Pro tento objekt by bylo zavedení obnovitelných energetických zdrojů finančně nákladné. Navíc zde není žádný významnější zdroj a návratnost by byla velmi špatná.

4.8. Možné úspory energie v případě uplatnění organizačních a neinvestičních opatření

Uplatňování neinvestičních opatření závisí na dodržování obecně platných pravidel pro hospodaření s energiemi. K těmto pravidlům by mělo patřit:

- Není nutné udržovat ve všech prostorách stejnou teplotu. Každý stupeň, o který se podaří snížit teplotu v místnosti, znamená 6 % úsporu nákladů na vytápění této místnosti.
- Pečlivé dovírání oken.
- Otevírání jen vybraných oken. Tím se šetří i těsnění oken ostatních.
- Prostory je potřeba větrat tak, aby ztráty byly co nejmenší, tedy krátce a intenzivně. Čím je chladněji, tím je doba potřebná pro větrání kratší, neboť cirkulace vzduchu probíhá rychleji.
- Pravidelná kontrola funkčnosti ventilů otopných těles.
- Pravidelné čištění všech zářivek a odrazných ploch.
- Ohřívat jen takové množství vody, které je skutečně zapotřebí.

5. NÁVRH OPATŘENÍ

Základem ekonomického hodnocení jednotlivých navržených opatření je prostá návratnost vypočtená z nákladů respektujících amortizaci. Tyto se skládají z nákladů, které slouží k dosažení lepších teplotních parametrů a ze zbytkové hodnoty zařízení, na kterém je dané opatření realizováno.

Náklady respektující amortizaci:

$$IN_A = (IN - IN_p) + IN_p \cdot (1 - AM)$$

kde:

IN_A jsou náklady respektující amortizaci

IN jsou celkové investiční náklady

IN_p jsou náklady na uvedení zařízení do původního stavu (s nulovou amortizací)

AM je amortizace zařízení, na kterém je opatření realizováno

Tab. 5. – 1. Jednotkové náklady na realizaci navržených opatření

Opatření	Stručný popis (bez uvedení priority)	Investiční náklady [Kč/m ² , Kč/ks]	Náklady na uvedení do původního stavu [Kč/m ² , Kč/ks]	Amortizace [%]	Náklady respektující amortizaci [Kč/m ² , Kč/ks]
Opatření č. 1	Zateplení obvodových zdí budovy 01 – část po rekonstrukci	1 150	350	10	1 115
	Zateplení obvodových zdí budovy 01 – zbývajících část	1 150	350	70	905
Opatření č. 2	Zateplení obvodových zdí spojovací chodby 02	1 150	350	60	940
Opatření č. 3	Zateplení obvodových zdí budovy 03	1 150	350	60	940
Opatření č. 4	Zateplení obvodových zdí budovy 04	1 150	350	60	940
Opatření č. 5	Výměna stávajících oken budovy 01 – zdvojená okna	6 000	5 000	60	3 000
	Výměna stávajících oken budovy 01 – dvojitá okna	6 000	5 000	80	2 000
Opatření č. 6	Výměna stávajících oken spojovací chodby 02	6 000	5 000	60	3 000
Opatření č. 7	Výměna stávajících oken budovy 03	6 000	5 000	60	3 000
Opatření č. 8	Výměna stávajících oken budovy 04	6 000	5 000	60	3 000
Opatření č. 9	Výměna dveří hlavního vstupu do budovy 01	9 000	5 000	70	5 500

Opatření	Stručný popis (bez uvedení priority)	Investiční náklady [Kč/m², Kč/ks]	Náklady na uvedení do původního stavu [Kč/m², Kč/ks]	Amortizace [%]	Náklady respektující amortizaci [Kč/m², Kč/ks]
Opatření č. 10	Zateplení střechy budovy 01	720	800	15	600
Opatření č. 11	Zateplení střechy spojovací chodby 02	840	800	15	720
Opatření č. 12	Zateplení střechy budovy 03	840	800	15	720
Opatření č. 13	Zateplení střechy budovy 04	720	800	15	600
Opatření č. 14	Instalace termostatických ventilů na otopných tělesech	935	320	70	711
Opatření č. 15	Instalace ekvitermní regulace teploty topné vody	40 000	0	0	40 000

5.1. Kvantifikace jednotlivých variant kombinací opatření

5.1.1. Varianta 1

Zateplení obvodových zdí nadzemních podlaží jednotlivých budov kontaktním zateplovacím systémem s polystyrenovými deskami tloušťky 100 mm (opatření č.1, 2, 3 a 4).

Zateplovaná plocha budovy 01 – část po rekonstrukci	949,55 m ²
Jednotková cena zateplení budovy 01 (s amortizací)	1 115 Kč/m ²
Zateplovaná plocha budovy 01 – zbývajících část	1 370,67 m ²
Jednotková cena zateplení budovy 01 (s amortizací)	905 Kč/m ²
Náklady na zateplení budovy 01 (s amortizací)	2 299 205 Kč
Zateplovaná plocha spojovací chodby 02	69,88 m ²
Jednotková cena zateplení spojovací chodby 02 (s amortizací)	940 Kč/m ²
Náklady na zateplení spojovací chodby 02 (s amortizací)	65 687 Kč
Zateplovaná plocha budovy 03	551,57 m ²
Jednotková cena zateplení budovy 03 (s amortizací)	940 Kč/m ²
Náklady na zateplení budovy 03 (s amortizací)	518 476 Kč
Zateplovaná plocha budovy 04	813,70 m ²
Jednotková cena zateplení budovy 04 (s amortizací)	940 Kč/m ²
Náklady na zateplení budovy 04 (s amortizací)	764 878 Kč
Náklady na opatření varianty 1 (s amortizací)	3 648 246 Kč
Předpokládaná roční úspora u varianty 1	1 191,59 GJ/rok tj. 346 754 Kč/rok
Prostá doba návratnosti varianty 1 (s amortizací)	10,5 roku

Tab. 5.1.1. – 1. Upravená roční energetická bilance – varianta 1

Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944	2 788,60	1 055 190
Změna zásob paliv	-	-	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944	2 788,60	1 055 190
Prodej energie cizím	-	-	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944	2 788,60	1 055 190
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692	2 376,41	691 938
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252	412,19	363 252

5.1.2. Varianta 2

Výměna stávajících dřevěných oken se dvěma skly za nová plastová s izolačním dvojsklem plněným argonem (opatření č. 5, 6, 7 a 8).

Plocha oken budovy 01 – zdvojená okna	352,28 m ²
Jednotková cena výměny oken (s amortizací)	3 000 Kč/m ²
Plocha oken budovy 01 – dvojitá okna	355,05 m ²
Jednotková cena výměny oken (s amortizací)	2 000 Kč/m ²
Náklady na výměnu oken (s amortizací)	1 766 940 Kč
Plocha oken spojovací chodby 02	6,30 m ²
Jednotková cena výměny oken (s amortizací)	3 000 Kč/m ²
Náklady na výměnu oken (s amortizací)	18 900 Kč
Plocha oken budovy 03	216,15 m ²
Jednotková cena výměny oken (s amortizací)	3 000 Kč/m ²
Náklady na výměnu oken (s amortizací)	648 450 Kč
Plocha oken budovy 04	78,24 m ²
Jednotková cena výměny oken (s amortizací)	3 000 Kč/m ²
Náklady na výměnu oken (s amortizací)	234 720 Kč
Náklady na opatření varianty 2 (s amortizací)	2 669 010 Kč
Předpokládaná roční úspora u varianty 2	519,84 GJ/rok tj. 151 274 Kč/rok
Prostá doba návratnosti varianty 2 (s amortizací)	17,6 roku

Tab. 5.1.2. – 1. Upravená roční energetická bilance – varianta 2

Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 460,35	1 250 670
Změna zásob paliv	-	-	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 460,35	1 250 670
Prodej energie cizím	-	-	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944	3 460,35	1 250 670
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692	3 048,16	887 418
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252	412,19	363 252

5.1.3. Varianta 3

Výměna stávajících kovových dveří hlavního vstupu do budovy 01 za nové hliníkové s izolačním dvojsklem plněným argonem (opatření č. 9).

Plocha kovových dveří hlavního vstupu	9,45 m ²
Jednotková cena výměny dveří (s amortizací)	5 500 Kč/m ²
Náklady na výměnu dveří (s amortizací)	51 975 Kč
Náklady na opatření varianty 3 (s amortizací)	51 975 Kč
Předpokládaná roční úspora u varianty 3	9,36 GJ/rok tj. 2 724 Kč/rok
Prostá doba návratnosti varianty 3 (s amortizací)	19,1 roku

Tab. 5.1.3. – 1. Upravená roční energetická bilance – varianta 3

Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 970,83	1 399 220
Změna zásob paliv	-	-	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 970,83	1 399 220
Prodej energie cizím	-	-	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944	3 970,83	1 399 220
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692	3 558,64	1 035 968
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252	412,19	363 252

5.1.4. Varianta 4

Zateplení střech budov 01 a 04 nástřikem tvrdé PUR pěny o tloušťce 45 mm (respektive 55 mm u spojovací chodby 02 a budovy 03) s ochrannou polyuretanovou vrstvou (opatření č. 10, 11, 12 a 13).

Plocha zatepované střechy budovy 01	1 313,44 m ²
Jednotková cena zateplení střechy (s amortizací)	600 Kč/m ²
Náklady na zateplení střechy (s amortizací)	788 064 Kč
Plocha zatepované střechy spojovací chodby 02	82,32 m ²
Jednotková cena zateplení střechy (s amortizací)	720 Kč/m ²
Náklady na zateplení střechy (s amortizací)	59 270 Kč
Plocha zatepované střechy budovy 03	568,16 m ²
Jednotková cena zateplení střechy (s amortizací)	720 Kč/m ²
Náklady na zateplení střechy (s amortizací)	409 075 Kč
Plocha zatepované střechy budovy 04	1 221,30 m ²
Jednotková cena zateplení střechy (s amortizací)	600 Kč/m ²
Náklady na zateplení střechy (s amortizací)	732 780 Kč
Náklady na opatření varianty 4 (s amortizací)	1 989 189 Kč
Předpokládaná roční úspora u varianty 4	301,20 GJ/rok tj. 87 648 Kč/rok
Prostá doba návratnosti varianty 4 (s amortizací)	22,7 roku

Tab. 5.1.4. – 1. Upravená roční energetická bilance – varianta 4

Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 678,99	1 314 296
Změna zásob paliv	-	-	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 678,99	1 314 296
Prodej energie cizím	-	-	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944	3 678,99	1 314 296
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692	3 266,80	951 044
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252	412,19	363 252

5.1.5. Varianta 5

Instalace termostatických ventilů s krytím na otopných tělesech (opatření č. 14).

Počet ventilů	348 ks
Jednotková cena za termostatický ventil (s amortizací)	711 Kč/ks
Náklady na termostatické ventily (s amortizací)	247 428 Kč
Náklady na opatření varianty 5 (s amortizací)	247 428 Kč
Předpokládaná roční úspora u varianty 5	185,19 GJ/rok tj. 53 890 Kč/rok
Prostá doba návratnosti varianty 5 (s amortizací)	4,6 roku

Tab. 5.1.5. – 1. Upravená roční energetická bilance – varianta 5

Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 795,00	1 348 054
Změna zásob paliv	-	-	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 795,00	1 348 054
Prodej energie cizím	-	-	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944	3 795,00	1 348 054
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692	3 382,81	984 802
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252	412,19	363 252

5.1.6. Varianta 6

Instalace ekvitermní regulace teploty topné vody (opatření č. 15).

Počet ekvitermních regulací	3 ks
Jednotková cena za instalaci ekvitermní regulace (s amortizací)	40 000 Kč/ks
Náklady na instalaci ekvitermní regulace (s amortizací)	120 000 Kč
Náklady na opatření varianty 6 (s amortizací)	120 000 Kč
Předpokládaná roční úspora u varianty 6	168,64 GJ/rok tj. 49 074 Kč/rok
Prostá doba návratnosti varianty 6 (s amortizací)	2,4 roku

Tab. 5.1.6. – 1. Upravená roční energetická bilance – varianta 6

Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 811,55	1 352 870
Změna zásob paliv	-	-	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 811,55	1 352 870
Prodej energie cizím	-	-	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944	3 811,55	1 352 870
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692	3 399,36	989 618
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252	412,19	363 252

5.1.7. Varianta 7

Instalace termostatických ventilů s krytím na otopných tělesech, instalace ekvitermní regulace teploty topné vody (kombinace opatření č. 14, 15).

Počet ventilů	348 ks
Jednotková cena za termostatický ventil (s amortizací)	711 Kč/ks
Náklady na termostatické ventily (s amortizací)	247 428 Kč
Počet ekvitermních regulací	3 ks
Jednotková cena za instalaci ekvitermní regulace (s amortizací)	40 000 Kč/ks
Náklady na instalaci ekvitermní regulace (s amortizací)	120 000 Kč
Náklady na opatření varianty 7 (s amortizací)	367 428 Kč
Předpokládaná roční úspora u varianty 7	344,55 ¹⁾ GJ/rok tj. 100 264 Kč/rok
Prostá doba návratnosti varianty 7 (s amortizací)	3,7 roku

¹⁾ Při realizaci opatření č.14 – instalace termostatických ventilů s krytím v kombinaci s jinými opatřeními je úspora tepelné energie na vytápění nižší, než při realizaci tohoto opatření samostatně.

Tab. 5.1.7. – 1. Upravená roční energetická bilance – varianta 7

Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]
Vstupy paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 635,64	1 301 680
Změna zásob paliv	-	-	-	-
Spotřeba paliv a energie	3 980,19	1 401 944	3 635,64	1 301 680
Prodej energie cizím	-	-	-	-
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3 980,19	1 401 944	3 635,64	1 301 680
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	-	-	-	-
Spotřeba energie na vytápění a na ohřev TUV	3 568,00	1 038 692	3 223,45	938 428
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	412,19	363 252	412,19	363 252

5.2. Srovnání jednotlivých variant kombinací opatření

Tab. 5.2. – 1. Vypočtené úspory pro jednotlivé varianty kombinací opatření

Varianta	Opatření	Úspora		Investiční náklady	Prostá návratnost	Náklady respektující amortizaci	Prostá návratnost s amortizací
		[GJ/rok]	[Kč/rok]	[Kč]	[roky]	[Kč]	[roky]
Varianta č. 1	Zateplení obvodových zdí budovy 01	784,46	228 278	2 668 254	11,7	2 299 205	10,1
	Zateplení obvodových zdí spojovací chodby 02	20,26	5 896	80 362	13,6	65 687	11,1
	Zateplení obvodových zdí budovy 03	185,04	53 847	634 306	11,8	518 476	9,6
	Zateplení obvodových zdí budovy 04	201,83	58 733	935 755	15,9	764 878	13,0
	Celkem	1 191,59	346 754	4 318 677	12,5	3 648 246	10,5
Varianta č. 2	Výměna dřevěných oken budovy 01	372,58	108 421	4 243 980	39,1	1 766 940	16,3
	Výměna dřevěných oken spojovací chodby 02	2,82	821	37 800	46,0	18 900	23,0
	Výměna dřevěných oken budovy 03	106,47	30 983	1 296 900	41,9	648 450	20,9
	Výměna dřevěných oken budovy 04	37,97	11 049	469 440	42,5	234 720	21,2
	Celkem	519,84	151 274	6 048 120	40,0	2 669 010	17,6
Varianta č. 3	Výměna kovových dveří hlavního vstupu do budovy 01	9,36	2 724	85 050	31,2	51 975	19,1
Varianta č. 4	Zateplení střechy budovy 01	110,62	32 190	945 677	29,4	788 064	24,5
	Zateplení střechy spojovací chodby 02	11,40	3 317	69 149	20,8	59 270	17,9
	Zateplení střechy budovy 03	69,98	20 364	477 254	23,4	409 075	20,1
	Zateplení střechy budovy 04	109,20	31 777	879 336	27,7	732 780	23,1
	Celkem	301,20	87 648	2 371 416	27,1	1 989 189	22,7
Varianta č. 5	Instalace termostatických ventilů	185,19	53 890	325 380	6,0	247 428	4,6
Varianta č. 6	Instalace ekvitermní regulace	168,64	49 074	120 000	2,4	120 000	2,4

Varianta	Opatření	Úspora		Investiční náklady	Prostá návratnost	Náklady respektující amortizaci	Prostá návratnost s amortizací
		[GJ/rok]	[Kč/rok]	[Kč]	[roky]	[Kč]	[roky]
Varianta č. 7	Instalace termostatických ventilů	175,91 ¹⁾	51 190	325 380	6,4	247 428	4,8
	Instalace ekvitermní regulace	168,64	49 074	120 000	2,4	120 000	2,4
	Celkem	344,55	100 264	445 380	4,4	367 428	3,7

¹⁾ Při realizaci opatření č.14 – instalace termostatických ventilů s krytím v kombinaci s jinými opatřeními je úspora tepelné energie na vytápění nižší, než při realizaci tohoto opatření samostatně.

6. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT KOMBINACÍ OPATŘENÍ

Ekonomická výhodnost, návratnost nebo jakýkoliv jiný ekonomický ukazatel provedení investiční akce je dána následujícími hodnotami:

Prostá doba návratnosti, doba splácení investice:

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde jsou:

IN investiční výdaje projektu
CF roční přínosy projektu (Cash Flow, změna peněžních toků)

Reálná doba návratnosti (výpočetem z diskontovaného Cash Flow projektu)

Základními ukazateli ekonomické efektivity investičních opatření jsou:

Čistá současná hodnota (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = \sum_{t=1}^n CF_t \cdot q_r^{-t} - IN \quad [Kč]$$

kde:

NPV je hodnota kumulativního součtu v diagramu diskontovaného toku financí (Cash Flow Diagram)
t je daný rok využívání investice
IN jsou investiční výdaje projektu
CF_t jsou roční přínosy (změna peněžních toků po realizaci projektu)
r je diskont

Vnitřní výnosové procento:

$$IN - \sum_{t=1}^n CF_t \cdot (1+IRR)^{-t} = IN - \sum_{t=1}^n CF_t \cdot q_{IRR}^{-t} = 0$$

Pro případ n = ekonomická životnost investice je hodnota označována jako NPV (Net Present Value).

Při realizaci výpočtů pod symbolem IN jsou vždy používány hodnoty investičních nákladů respektující amortizaci.

Při řešení výše uvedené rovnice nastávají různé případy:

- Je hledáno takové n (počet let), kdy se investice při daném diskontu r právě zaplatí. Stanoví se tak doba reálné návratnosti. Výpočet je snadný, neboť postačí vypočítat součet několika členů dané řady v uvedené rovnici.
- Je hledána hodnota kumulativního součtu NPV Cash Flow Diagramu, přičemž počet členů v geometrické řadě v této rovnici, nebo-li n je dáno počtem let ekonomické životnosti. Takto se vypočte NPV. Výpočet je opět snadný. Hodnota NPV musí být číslo kladné, jinak investice je prodělečná.
- Je hledáno tzv. vnitřní výnosové procento IRR, což představuje naopak výpočet r v dané rovnici, zatímco n je napevno dosazeno shodně s dobou ekonomické životnosti a NPV je napevno dosazeno = 0. U ekonomicky přijatelných projektů číslo r je vyšší než obvyklý diskont uplatněný např. ad b).

6.1. Výpočet reálné doby návratnosti pro jednotlivé varianty kombinací opatření

6.1.1. Reálná doba návratnosti pro variantu č. 1

Tab. 6.1.1. – 1. Ekonomické hodnocení varianty č. 1 pro diskontní sazbu 8% a 5% a výpočet IRR

		IN _{AM} = 3 648 246								
		r = 0,08			r = 0,05			IRR = 0,0873		
n	CF	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _{IRR} ⁿ	Σ CF x q _{IRR} ⁿ	NPV
1	346 754	321 069	321 069	-3 327 177	330 242	330 242	-3 318 004	318 902	318 902	-3 329 344
2	346 754	297 286	618 354	-3 029 892	314 516	644 758	-3 003 488	293 287	612 189	-3 036 057
3	346 754	275 265	893 619	-2 754 627	299 539	944 297	-2 703 949	269 729	881 918	-2 766 328
4	346 754	254 875	1 148 493	-2 499 753	285 275	1 229 573	-2 418 673	248 064	1 129 982	-2 518 264
5	346 754	235 995	1 384 488	-2 263 758	271 691	1 501 263	-2 146 983	228 139	1 358 121	-2 290 125
6	346 754	218 514	1 603 002	-2 045 244	258 753	1 760 017	-1 888 229	209 814	1 567 935	-2 080 311
7	346 754	202 328	1 805 330	-1 842 916	246 432	2 006 448	-1 641 798	192 961	1 760 897	-1 887 349
8	346 754	187 340	1 992 670	-1 655 576	234 697	2 241 145	-1 407 101	177 462	1 938 359	-1 709 887
9	346 754	173 463	2 166 133	-1 482 113	223 521	2 464 666	-1 183 580	163 208	2 101 567	-1 546 679
10	346 754	160 614	2 326 748	-1 321 498	212 877	2 677 542	-970 704	150 099	2 251 666	-1 396 580
11	346 754	148 717	2 475 464	-1 172 782	202 740	2 880 282	-767 964	138 042	2 389 708	-1 258 538
12	346 754	137 701	2 613 165	-1 035 081	193 086	3 073 368	-574 878	126 955	2 516 663	-1 131 583
13	346 754	127 501	2 740 666	-907 580	183 891	3 257 259	-390 987	116 757	2 633 420	-1 014 826
14	346 754	118 056	2 858 722	-789 524	175 134	3 432 393	-215 853	107 379	2 740 799	-907 447
15	346 754	109 311	2 968 033	-680 213	166 795	3 599 188	-49 058	98 754	2 839 553	-808 693
16	346 754	101 214	3 069 248	-578 998	158 852	3 758 040	109 794	90 822	2 930 375	-717 871
17	346 754	93 717	3 162 965	-485 281	151 288	3 909 328	261 082	83 527	3 013 902	-634 344
18	346 754	86 775	3 249 739	-398 507	144 083	4 053 411	405 165	76 818	3 090 720	-557 526
19	346 754	80 347	3 330 086	-318 160	137 222	4 190 633	542 387	70 648	3 161 367	-486 879
20	346 754	74 395	3 404 482	-243 764	130 688	4 321 321	673 075	64 973	3 226 340	-421 906
21	346 754	68 885	3 473 367	-174 879	124 465	4 445 786	797 540	59 754	3 286 095	-362 151
22	346 754	63 782	3 537 149	-111 097	118 538	4 564 324	916 078	54 955	3 341 049	-307 197
23	346 754	59 058	3 596 206	-52 040	112 893	4 677 217	1 028 971	50 541	3 391 590	-256 656
24	346 754	54 683	3 650 889	2 643	107 517	4 784 734	1 136 488	46 481	3 438 071	-210 175
25	346 754	50 632	3 701 521	53 275	102 397	4 887 132	1 238 886	42 748	3 480 818	-167 428
26	346 754	46 882	3 748 403	100 157	97 521	4 984 653	1 336 407	39 314	3 520 132	-128 114
27	346 754	43 409	3 791 812	143 566	92 877	5 077 530	1 429 284	36 156	3 556 288	-91 958
28	346 754	40 194	3 832 006	183 760	88 455	5 165 985	1 517 739	33 252	3 589 540	-58 706
29	346 754	37 216	3 869 222	220 976	84 243	5 250 228	1 601 982	30 581	3 620 121	-28 125
30	346 754	34 459	3 903 681	255 435	80 231	5 330 459	1 682 213	28 125	3 648 246	0

Tab. 6.1.1. – 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.1

IN _{AM} -investiční náklady respektující amortizaci	3 648 246 Kč
Prostá návratnost s amortizací	10,5 roku
Reálná návratnost při diskontu 8%	max. 24 let
Reálná návratnost při diskontu 5%	max. 16 let
NPV při n=30 let a diskontu 8%	255 435 Kč
NPV při n=30 let a diskontu 5%	1 682 213 Kč
IRR při n=30 let (NPV=0)	8,7 %

6.1.2. Reálná doba návratnosti pro variantu č. 2

Tab. 6.1.2. – 1. Ekonomické hodnocení varianty č. 2 pro diskontní sazbu 8% a 5% a výpočet IRR

		$IN_{AM} = 2\,669\,010$								
		$r = 0,08$			$r = 0,05$			$IRR = 0,0384$		
n	CF	$CF \times q_r^n$	$\Sigma CF \times q_r^n$	NPV	$CF \times q_r^n$	$\Sigma CF \times q_r^n$	NPV	$CF \times q_{IRR}^n$	$\Sigma CF \times q_{IRR}^n$	NPV
1	151 274	140 069	140 069	-2 528 941	144 070	144 070	-2 524 940	145 687	145 687	-2 523 323
2	151 274	129 693	269 762	-2 399 248	137 210	281 280	-2 387 730	140 306	285 993	-2 383 017
3	151 274	120 086	389 848	-2 279 162	130 676	411 957	-2 257 053	135 124	421 116	-2 247 894
4	151 274	111 191	501 039	-2 167 971	124 453	536 410	-2 132 600	130 133	551 249	-2 117 761
5	151 274	102 955	603 993	-2 065 017	118 527	654 937	-2 014 073	125 327	676 576	-1 992 434
6	151 274	95 328	699 321	-1 969 689	112 883	767 820	-1 901 190	120 698	797 273	-1 871 737
7	151 274	88 267	787 588	-1 881 422	107 508	875 328	-1 793 682	116 240	913 513	-1 755 497
8	151 274	81 729	869 317	-1 799 693	102 388	977 716	-1 691 294	111 946	1 025 460	-1 643 550
9	151 274	75 675	944 992	-1 724 018	97 513	1 075 229	-1 593 781	107 812	1 133 271	-1 535 739
10	151 274	70 069	1 015 061	-1 653 949	92 869	1 168 098	-1 500 912	103 830	1 237 101	-1 431 909
11	151 274	64 879	1 079 940	-1 589 070	88 447	1 256 545	-1 412 465	99 995	1 337 096	-1 331 914
12	151 274	60 073	1 140 013	-1 528 997	84 235	1 340 780	-1 328 230	96 302	1 433 398	-1 235 612
13	151 274	55 623	1 195 636	-1 473 374	80 224	1 421 003	-1 248 007	92 745	1 526 142	-1 142 868
14	151 274	51 503	1 247 139	-1 421 871	76 404	1 497 407	-1 171 603	89 319	1 615 462	-1 053 548
15	151 274	47 688	1 294 827	-1 374 183	72 765	1 570 172	-1 098 838	86 020	1 701 482	-967 528
16	151 274	44 155	1 338 982	-1 330 028	69 300	1 639 473	-1 029 537	82 843	1 784 325	-884 685
17	151 274	40 885	1 379 867	-1 289 143	66 000	1 705 473	-963 537	79 783	1 864 108	-804 902
18	151 274	37 856	1 417 723	-1 251 287	62 857	1 768 331	-900 679	76 837	1 940 945	-728 065
19	151 274	35 052	1 452 775	-1 216 235	59 864	1 828 195	-840 815	73 999	2 014 943	-654 067
20	151 274	32 456	1 485 230	-1 183 780	57 014	1 885 208	-783 802	71 266	2 086 209	-582 801
21	151 274	30 051	1 515 282	-1 153 728	54 299	1 939 507	-729 503	68 633	2 154 842	-514 168
22	151 274	27 825	1 543 107	-1 125 903	51 713	1 991 220	-677 790	66 098	2 220 941	-448 069
23	151 274	25 764	1 568 872	-1 100 138	49 250	2 040 471	-628 539	63 657	2 284 598	-384 412
24	151 274	23 856	1 592 727	-1 076 283	46 905	2 087 376	-581 634	61 306	2 345 904	-323 106
25	151 274	22 089	1 614 816	-1 054 194	44 672	2 132 047	-536 963	59 042	2 404 945	-264 065
26	151 274	20 453	1 635 269	-1 033 741	42 544	2 174 592	-494 418	56 861	2 461 806	-207 204
27	151 274	18 938	1 654 206	-1 014 804	40 518	2 215 110	-453 900	54 761	2 516 567	-152 443
28	151 274	17 535	1 671 741	-997 269	38 589	2 253 699	-415 311	52 738	2 569 305	-99 705
29	151 274	16 236	1 687 977	-981 033	36 751	2 290 451	-378 559	50 790	2 620 096	-48 914
30	151 274	15 033	1 703 010	-966 000	35 001	2 325 452	-343 558	48 914	2 669 010	0

Tab. 6.1.2. – 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.2

IN_{AM} -investiční náklady respektující amortizaci	2 669 010 Kč
Prostá návratnost s amortizací	17,6 roku
Reálná návratnost při diskontu 8%	více než 30 let
Reálná návratnost při diskontu 5%	více než 30 let
NPV při n=30 let a diskontu 8%	-966 000 Kč
NPV při n=30 let a diskontu 5%	-343 558 Kč
IRR při n=30 let (NPV=0)	3,8 %

6.1.3. Reálná doba návratnosti pro variantu č. 3

Tab. 6.1.3. – 1. Ekonomické hodnocení varianty č. 3 pro diskontní sazbu 8% a 5% a výpočet IRR

		IN _{AM} = 51 975								
		r = 0,08			r = 0,05			IRR = 0,0321		
n	CF	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _{IRR} ⁿ	Σ CF x q _{IRR} ⁿ	NPV
1	2 724	2 522	2 522	-49 453	2 594	2 594	-49 381	2 639	2 639	-49 336
2	2 724	2 335	4 858	-47 117	2 471	5 065	-46 910	2 557	5 197	-46 778
3	2 724	2 162	7 020	-44 955	2 353	7 418	-44 557	2 478	7 674	-44 301
4	2 724	2 002	9 022	-42 953	2 241	9 659	-42 316	2 401	10 075	-41 900
5	2 724	1 854	10 876	-41 099	2 134	11 793	-40 182	2 326	12 401	-39 574
6	2 724	1 717	12 593	-39 382	2 033	13 826	-38 149	2 254	14 655	-37 320
7	2 724	1 589	14 182	-37 793	1 936	15 762	-36 213	2 184	16 838	-35 137
8	2 724	1 472	15 654	-36 321	1 844	17 606	-34 369	2 116	18 954	-33 021
9	2 724	1 363	17 017	-34 958	1 756	19 362	-32 613	2 050	21 004	-30 971
10	2 724	1 262	18 278	-33 697	1 672	21 034	-30 941	1 986	22 990	-28 985
11	2 724	1 168	19 447	-32 528	1 593	22 627	-29 348	1 924	24 914	-27 061
12	2 724	1 082	20 528	-31 447	1 517	24 143	-27 832	1 865	26 779	-25 196
13	2 724	1 002	21 530	-30 445	1 445	25 588	-26 387	1 807	28 585	-23 390
14	2 724	927	22 457	-29 518	1 376	26 964	-25 011	1 750	30 336	-21 639
15	2 724	859	23 316	-28 659	1 310	28 274	-23 701	1 696	32 032	-19 943
16	2 724	795	24 111	-27 864	1 248	29 522	-22 453	1 643	33 675	-18 300
17	2 724	736	24 847	-27 128	1 188	30 711	-21 264	1 592	35 267	-16 708
18	2 724	682	25 529	-26 446	1 132	31 842	-20 133	1 543	36 810	-15 165
19	2 724	631	26 160	-25 815	1 078	32 920	-19 055	1 495	38 305	-13 670
20	2 724	584	26 745	-25 230	1 027	33 947	-18 028	1 448	39 753	-12 222
21	2 724	541	27 286	-24 689	978	34 925	-17 050	1 403	41 156	-10 819
22	2 724	501	27 787	-24 188	931	35 856	-16 119	1 360	42 515	-9 460
23	2 724	464	28 251	-23 724	887	36 743	-15 232	1 317	43 833	-8 142
24	2 724	430	28 680	-23 295	845	37 588	-14 387	1 276	45 109	-6 866
25	2 724	398	29 078	-22 897	804	38 392	-13 583	1 237	46 345	-5 630
26	2 724	368	29 446	-22 529	766	39 158	-12 817	1 198	47 544	-4 431
27	2 724	341	29 787	-22 188	730	39 888	-12 087	1 161	48 704	-3 271
28	2 724	316	30 103	-21 872	695	40 582	-11 393	1 125	49 829	-2 146
29	2 724	292	30 395	-21 580	662	41 244	-10 731	1 090	50 919	-1 056
30	2 724	271	30 666	-21 309	630	41 875	-10 100	1 056	51 975	0

Tab. 6.1.3. – 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.3

IN _{AM} -investiční náklady respektující amortizaci	51 975 Kč
Prostá návratnost s amortizací	19,1 roku
Reálná návratnost při diskontu 8%	více než 30 let
Reálná návratnost při diskontu 5%	více než 30 let
NPV při n=30 let a diskontu 8%	-21 309 Kč
NPV při n=30 let a diskontu 5%	-10 100 Kč
IRR při n=30 let (NPV=0)	3,2 %

6.1.4. Reálná doba návratnosti pro variantu č. 4

Tab. 6.1.4. – 1. Ekonomické hodnocení varianty č. 4 pro diskontní sazbu 8% a 5% a výpočet IRR

		$IN_{AM} = 1\,989\,189$								
		$r = 0,08$			$r = 0,05$			$IRR = 0,0190$		
n	CF	$CF \times q_r^n$	$\Sigma CF \times q_r^n$	NPV	$CF \times q_r^n$	$\Sigma CF \times q_r^n$	NPV	$CF \times q_{IRR}^n$	$\Sigma CF \times q_{IRR}^n$	NPV
1	87 648	81 156	81 156	-1 908 033	83 474	83 474	-1 905 715	86 010	86 010	-1 903 179
2	87 648	75 144	156 300	-1 832 889	79 499	162 974	-1 826 215	84 403	170 414	-1 818 775
3	87 648	69 578	225 877	-1 763 312	75 714	238 687	-1 750 502	82 827	253 240	-1 735 949
4	87 648	64 424	290 301	-1 698 888	72 108	310 795	-1 678 394	81 279	334 519	-1 654 670
5	87 648	59 652	349 953	-1 639 236	68 675	379 470	-1 609 719	79 760	414 280	-1 574 909
6	87 648	55 233	405 186	-1 584 003	65 404	444 874	-1 544 315	78 270	492 550	-1 496 639
7	87 648	51 142	456 328	-1 532 861	62 290	507 164	-1 482 025	76 808	569 358	-1 419 831
8	87 648	47 353	503 681	-1 485 508	59 324	566 488	-1 422 701	75 373	644 731	-1 344 458
9	87 648	43 846	547 527	-1 441 662	56 499	622 986	-1 366 203	73 965	718 696	-1 270 493
10	87 648	40 598	588 125	-1 401 064	53 808	676 795	-1 312 394	72 583	791 278	-1 197 911
11	87 648	37 591	625 716	-1 363 473	51 246	728 041	-1 261 148	71 227	862 505	-1 126 684
12	87 648	34 806	660 522	-1 328 667	48 806	776 846	-1 212 343	69 896	932 401	-1 056 788
13	87 648	32 228	692 750	-1 296 439	46 482	823 328	-1 165 861	68 590	1 000 991	-988 198
14	87 648	29 841	722 591	-1 266 598	44 268	867 596	-1 121 593	67 308	1 068 299	-920 890
15	87 648	27 630	750 221	-1 238 968	42 160	909 756	-1 079 433	66 051	1 134 350	-854 839
16	87 648	25 584	775 805	-1 213 384	40 153	949 909	-1 039 280	64 817	1 199 167	-790 022
17	87 648	23 689	799 493	-1 189 696	38 241	988 149	-1 001 040	63 606	1 262 773	-726 416
18	87 648	21 934	821 427	-1 167 762	36 420	1 024 569	-964 620	62 418	1 325 191	-663 998
19	87 648	20 309	841 736	-1 147 453	34 685	1 059 254	-929 935	61 251	1 386 442	-602 747
20	87 648	18 805	860 541	-1 128 648	33 034	1 092 288	-896 901	60 107	1 446 549	-542 640
21	87 648	17 412	877 953	-1 111 236	31 461	1 123 748	-865 441	58 984	1 505 533	-483 656
22	87 648	16 122	894 075	-1 095 114	29 962	1 153 711	-835 478	57 882	1 563 415	-425 774
23	87 648	14 928	909 003	-1 080 186	28 536	1 182 247	-806 942	56 800	1 620 215	-368 974
24	87 648	13 822	922 825	-1 066 364	27 177	1 209 423	-779 766	55 739	1 675 954	-313 235
25	87 648	12 798	935 623	-1 053 566	25 883	1 235 306	-753 883	54 698	1 730 652	-258 537
26	87 648	11 850	947 473	-1 041 716	24 650	1 259 956	-729 233	53 676	1 784 328	-204 861
27	87 648	10 972	958 445	-1 030 744	23 476	1 283 433	-705 756	52 673	1 837 001	-152 188
28	87 648	10 160	968 605	-1 020 584	22 358	1 305 791	-683 398	51 689	1 888 690	-100 499
29	87 648	9 407	978 012	-1 011 177	21 294	1 327 085	-662 104	50 723	1 939 413	-49 776
30	87 648	8 710	986 722	-1 002 467	20 280	1 347 365	-641 824	49 776	1 989 189	0

Tab. 6.1.4. – 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.4

IN_{AM} -investiční náklady respektující amortizaci	1 989 189 Kč
Prostá návratnost s amortizací	22,7 roku
Reálná návratnost při diskontu 8%	více než 30 let
Reálná návratnost při diskontu 5%	více než 30 let
NPV při n=30 let a diskontu 8%	-1 002 467 Kč
NPV při n=30 let a diskontu 5%	- 641 824 Kč
IRR při n=30 let (NPV=0)	1,9 %

6.1.5. Reálná doba návratnosti pro variantu č. 5

Tab. 6.1.5. – 1. Ekonomické hodnocení varianty č. 5 pro diskontní sazbu 8% a 5% a výpočet IRR

		IN _{AM} = 247 428								
		r = 0,08			r = 0,05			IRR = 0,2172		
n	CF	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _{IRR} ⁿ	Σ CF x q _{IRR} ⁿ	NPV
1	53 890	49 898	49 898	-197 530	51 324	51 324	-196 104	44 274	44 274	-203 154
2	53 890	46 202	96 100	-151 328	48 880	100 204	-147 224	36 373	80 647	-166 781
3	53 890	42 780	138 880	-108 548	46 552	146 756	-100 672	29 883	110 530	-136 898
4	53 890	39 611	178 491	-68 937	44 335	191 091	-56 337	24 550	135 080	-112 348
5	53 890	36 677	215 167	-32 261	42 224	233 315	-14 113	20 169	155 250	-92 178
6	53 890	33 960	249 127	1 699	40 214	273 529	26 101	16 570	171 820	-75 608
7	53 890	31 444	280 571	33 143	38 299	311 828	64 400	13 613	185 433	-61 995
8	53 890	29 115	309 686	62 258	36 475	348 303	100 875	11 184	196 618	-50 810
9	53 890	26 958	336 645	89 217	34 738	383 041	135 613	9 188	205 806	-41 622
10	53 890	24 961	361 606	114 178	33 084	416 124	168 696	7 549	213 355	-34 073
11	53 890	23 112	384 719	137 291	31 508	447 633	200 205	6 202	219 557	-27 871
12	53 890	21 400	406 119	158 691	30 008	477 641	230 213	5 095	224 652	-22 776
13	53 890	19 815	425 934	178 506	28 579	506 220	258 792	4 186	228 838	-18 590
14	53 890	18 347	444 282	196 854	27 218	533 438	286 010	3 439	232 277	-15 151
15	53 890	16 988	461 270	213 842	25 922	559 360	311 932	2 825	235 102	-12 326
16	53 890	15 730	477 000	229 572	24 688	584 047	336 619	2 321	237 423	-10 005
17	53 890	14 565	491 565	244 137	23 512	607 559	360 131	1 907	239 330	-8 098
18	53 890	13 486	505 051	257 623	22 392	629 952	382 524	1 567	240 897	-6 531
19	53 890	12 487	517 538	270 110	21 326	651 278	403 850	1 287	242 184	-5 244
20	53 890	11 562	529 100	281 672	20 311	671 589	424 161	1 057	243 242	-4 186
21	53 890	10 706	539 806	292 378	19 343	690 932	443 504	869	244 110	-3 318
22	53 890	9 913	549 718	302 290	18 422	709 354	461 926	714	244 824	-2 604
23	53 890	9 178	558 896	311 468	17 545	726 899	479 471	586	245 410	-2 018
24	53 890	8 498	567 395	319 967	16 710	743 609	496 181	482	245 892	-1 536
25	53 890	7 869	575 264	327 836	15 914	759 523	512 095	396	246 288	-1 140
26	53 890	7 286	582 550	335 122	15 156	774 679	527 251	325	246 613	-815
27	53 890	6 746	589 296	341 868	14 434	789 113	541 685	267	246 880	-548
28	53 890	6 247	595 543	348 115	13 747	802 860	555 432	219	247 100	-328
29	53 890	5 784	601 326	353 898	13 092	815 952	568 524	180	247 280	-148
30	53 890	5 355	606 682	359 254	12 469	828 421	580 993	148	247 428	0

Tab. 6.1.5. – 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.5

IN _{AM} -investiční náklady respektující amortizaci	247 428 Kč
Prostá návratnost s amortizací	4,6 roku
Reálná návratnost při diskontu 8%	max. 6 let
Reálná návratnost při diskontu 5%	max. 6 let
NPV při n=30 let a diskontu 8%	359 254 Kč
NPV při n=30 let a diskontu 5%	580 993 Kč
IRR při n=30 let (NPV=0)	21,7 %

6.1.6. Reálná doba návratnosti pro variantu č. 6

Tab. 6.1.6. – 1. Ekonomické hodnocení varianty č. 6 pro diskontní sazbu 8% a 5% a výpočet IRR

		IN _{AM} = 120 000								
		r = 0,08			r = 0,05			IRR = 0,4089		
n	CF	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _{IRR} ⁿ	Σ CF x q _{IRR} ⁿ	NPV
1	49 074	45 439	45 439	-74 561	46 737	46 737	-73 263	34 831	34 831	-85 169
2	49 074	42 073	87 512	-32 488	44 512	91 249	-28 751	24 721	59 552	-60 448
3	49 074	38 957	126 468	6 468	42 392	133 641	13 641	17 546	77 098	-42 902
4	49 074	36 071	162 539	42 539	40 373	174 014	54 014	12 453	89 551	-30 449
5	49 074	33 399	195 938	75 938	38 451	212 465	92 465	8 839	98 390	-21 610
6	49 074	30 925	226 863	106 863	36 620	249 085	129 085	6 273	104 663	-15 337
7	49 074	28 634	255 497	135 497	34 876	283 960	163 960	4 453	109 116	-10 884
8	49 074	26 513	282 011	162 011	33 215	317 176	197 176	3 160	112 276	-7 724
9	49 074	24 549	306 560	186 560	31 634	348 809	228 809	2 243	114 519	-5 481
10	49 074	22 731	329 291	209 291	30 127	378 936	258 936	1 592	116 111	-3 889
11	49 074	21 047	350 338	230 338	28 693	407 629	287 629	1 130	117 241	-2 759
12	49 074	19 488	369 825	249 825	27 326	434 955	314 955	802	118 043	-1 957
13	49 074	18 044	387 870	267 870	26 025	460 980	340 980	569	118 612	-1 388
14	49 074	16 708	404 578	284 578	24 786	485 766	365 766	404	119 016	-984
15	49 074	15 470	420 048	300 048	23 605	509 371	389 371	287	119 303	-697
16	49 074	14 324	434 372	314 372	22 481	531 853	411 853	204	119 506	-494
17	49 074	13 263	447 635	327 635	21 411	553 264	433 264	144	119 651	-349
18	49 074	12 281	459 916	339 916	20 391	573 655	453 655	103	119 753	-247
19	49 074	11 371	471 287	351 287	19 420	593 075	473 075	73	119 826	-174
20	49 074	10 529	481 816	361 816	18 495	611 571	491 571	52	119 878	-122
21	49 074	9 749	491 565	371 565	17 615	629 185	509 185	37	119 914	-86
22	49 074	9 027	500 591	380 591	16 776	645 961	525 961	26	119 940	-60
23	49 074	8 358	508 949	388 949	15 977	661 938	541 938	18	119 959	-41
24	49 074	7 739	516 688	396 688	15 216	677 155	557 155	13	119 972	-28
25	49 074	7 166	523 854	403 854	14 492	691 646	571 646	9	119 981	-19
26	49 074	6 635	530 489	410 489	13 802	705 448	585 448	7	119 988	-12
27	49 074	6 143	536 632	416 632	13 144	718 592	598 592	5	119 993	-7
28	49 074	5 688	542 321	422 321	12 518	731 111	611 111	3	119 996	-4
29	49 074	5 267	547 588	427 588	11 922	743 033	623 033	2	119 998	-2
30	49 074	4 877	552 464	432 464	11 355	754 388	634 388	2	120 000	0

Tab. 6.1.6. – 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.6

IN _{AM} -investiční náklady respektující amortizaci	120 000 Kč
Prostá návratnost s amortizací	2,4 roku
Reálná návratnost při diskontu 8%	max. 3 roky
Reálná návratnost při diskontu 5%	max. 3 roky
NPV při n=30 let a diskontu 8%	432 464 Kč
NPV při n=30 let a diskontu 5%	634 388 Kč
IRR při n=30 let (NPV=0)	40,9 %

6.1.7. Reálná doba návratnosti pro variantu č. 7

Tab. 6.1.7. – 1. Ekonomické hodnocení varianty č. 7 pro diskontní sazbu 8% a 5% a výpočet IRR

		IN _{AM} = 367 428								
		r = 0,08			r = 0,05			IRR = 0,2727		
n	CF	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _r ⁿ	Σ CF x q _r ⁿ	NPV	CF x q _{IRR} ⁿ	Σ CF x q _{IRR} ⁿ	NPV
1	100 264	92 837	92 837	-274 591	95 490	95 490	-271 938	78 782	78 782	-288 646
2	100 264	85 960	178 797	-188 631	90 942	186 432	-180 996	61 902	140 683	-226 745
3	100 264	79 593	258 390	-109 038	86 612	273 044	-94 384	48 639	189 322	-178 106
4	100 264	73 697	332 087	-35 341	82 487	355 531	-11 897	38 218	227 540	-139 888
5	100 264	68 238	400 325	32 897	78 559	434 091	66 663	30 029	257 569	-109 859
6	100 264	63 183	463 508	96 080	74 819	508 909	141 481	23 595	281 164	-86 264
7	100 264	58 503	522 011	154 583	71 256	580 165	212 737	18 540	299 704	-67 724
8	100 264	54 170	576 181	208 753	67 863	648 028	280 600	14 567	314 271	-53 157
9	100 264	50 157	626 338	258 910	64 631	712 659	345 231	11 446	325 717	-41 711
10	100 264	46 442	672 780	305 352	61 553	774 212	406 784	8 994	334 711	-32 717
11	100 264	43 002	715 781	348 353	58 622	832 834	465 406	7 067	341 778	-25 650
12	100 264	39 816	755 597	388 169	55 831	888 665	521 237	5 553	347 330	-20 098
13	100 264	36 867	792 464	425 036	53 172	941 837	574 409	4 363	351 693	-15 735
14	100 264	34 136	826 600	459 172	50 640	992 477	625 049	3 428	355 122	-12 306
15	100 264	31 607	858 208	490 780	48 229	1 040 706	673 278	2 694	357 815	-9 613
16	100 264	29 266	887 474	520 046	45 932	1 086 638	719 210	2 116	359 932	-7 496
17	100 264	27 098	914 572	547 144	43 745	1 130 383	762 955	1 663	361 595	-5 833
18	100 264	25 091	939 663	572 235	41 662	1 172 045	804 617	1 307	362 901	-4 527
19	100 264	23 232	962 895	595 467	39 678	1 211 723	844 295	1 027	363 928	-3 500
20	100 264	21 511	984 407	616 979	37 788	1 249 511	882 083	807	364 735	-2 693
21	100 264	19 918	1 004 325	636 897	35 989	1 285 500	918 072	634	365 369	-2 059
22	100 264	18 443	1 022 767	655 339	34 275	1 319 775	952 347	498	365 867	-1 561
23	100 264	17 076	1 039 844	672 416	32 643	1 352 418	984 990	391	366 258	-1 170
24	100 264	15 812	1 055 655	688 227	31 089	1 383 507	1 016 079	308	366 566	-862
25	100 264	14 640	1 070 296	702 868	29 608	1 413 115	1 045 687	242	366 807	-621
26	100 264	13 556	1 083 852	716 424	28 198	1 441 314	1 073 886	190	366 997	-431
27	100 264	12 552	1 096 403	728 975	26 856	1 468 169	1 100 741	149	367 146	-282
28	100 264	11 622	1 108 025	740 597	25 577	1 493 746	1 126 318	117	367 264	-164
29	100 264	10 761	1 118 786	751 358	24 359	1 518 105	1 150 677	92	367 356	-72
30	100 264	9 964	1 128 750	761 322	23 199	1 541 303	1 173 875	72	367 428	0

Tab. 6.1.7. – 2. Souhrnné ekonomické výsledky varianty č.7

IN _{AM} -investiční náklady respektující amortizaci	367 428 Kč
Prostá návratnost s amortizací	3,7 roku
Reálná návratnost při diskontu 8%	max. 5 let
Reálná návratnost při diskontu 5%	max. 5 let
NPV při n=30 let a diskontu 8%	761 322 Kč
NPV při n=30 let a diskontu 5%	1 173 875 Kč
IRR při n=30 let (NPV=0)	27,3 %

7. POSOUZENÍ VLIVU NAVRŽENÝCH VARIANT KOMBINACÍ OPATŘENÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Kvalifikuje se snížení zátěže životního prostředí vyplývající z navržených variant.

Pro celkovou úsporu GJ/rok se určuje snížení zatížení životního prostředí. Integrovaná střední škola je zásobována teplem z centrálního rozvodu, proto lze snížení zátěže životního prostředí posuzovat v místě výroby tepelné energie. Emisní faktory škodlivin při spalování uhlí odečítáme z literatury [13].

Tab. 7. – 1. Vliv varianty č.1 na životní prostředí

Znečišťující látka	Výchozí stav [kg/rok]	Stav po realizaci [kg/rok]	Rozdíl [kg/rok]
Tuhé látky	107,40	69,46	37,94
SO ₂	460,29	297,67	162,62
NO _x	843,87	545,73	298,14
CO	939,66	607,68	331,98
CO ₂	368 233,64	238 138,52	130 095,12

Tab. 7. – 2. Vliv varianty č.2 na životní prostředí

Znečišťující látka	Výchozí stav [kg/rok]	Stav po realizaci [kg/rok]	Rozdíl [kg/rok]
Tuhé látky	107,40	90,85	16,55
SO ₂	460,29	389,35	70,94
NO _x	843,87	713,81	130,06
CO	939,66	794,83	144,83
CO ₂	368 233,64	311 478,68	56 754,96

Tab. 7. – 3. Vliv varianty č.3 na životní prostředí

Znečišťující látka	Výchozí stav [kg/rok]	Stav po realizaci [kg/rok]	Rozdíl [kg/rok]
Tuhé látky	107,40	107,10	0,30
SO ₂	460,29	459,01	1,28
NO _x	843,87	841,53	2,34
CO	939,66	937,05	2,61
CO ₂	368 233,64	367 211,74	1 021,90

Tab. 7. – 4. Vliv varianty č.4 na životní prostředí

Znečišťující látka	Výchozí stav [kg/rok]	Stav po realizaci [kg/rok]	Rozdíl [kg/rok]
Tuhé látky	107,40	97,81	9,59
SO ₂	460,29	419,19	41,10
NO _x	843,87	768,51	75,36
CO	939,66	855,74	83,92
CO ₂	368 233,64	335 349,30	32 884,34

Tab. 7. – 5. Vliv varianty č.5 na životní prostředí

Znečišťující látka	Výchozí stav [kg/rok]	Stav po realizaci [kg/rok]	Rozdíl [kg/rok]
Tuhé látky	107,40	101,50	5,90
SO ₂	460,29	435,02	25,27
NO _x	843,87	797,53	46,34
CO	939,66	888,07	51,59
CO ₂	368 233,64	348 015,01	20 218,63

Tab. 7. – 6. Vliv varianty č.6 na životní prostředí

Znečišťující látka	Výchozí stav [kg/rok]	Stav po realizaci [kg/rok]	Rozdíl [kg/rok]
Tuhé látky	107,40	102,03	5,37
SO ₂	460,29	437,28	23,01
NO _x	843,87	801,68	42,19
CO	939,66	892,68	46,98
CO ₂	368 233,64	349 821,90	18 411,74

Tab. 7. – 7. Vliv varianty č.7 na životní prostředí

Znečišťující látka	Výchozí stav [kg/rok]	Stav po realizaci [kg/rok]	Rozdíl [kg/rok]
Tuhé látky	107,40	96,43	10,97
SO ₂	460,29	413,27	47,02
NO _x	843,87	757,66	86,21
CO	939,66	843,67	95,99
CO ₂	368 233,64	330 616,44	37 617,20

8. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY KOMBINACÍ OPATŘENÍ

Jako nejvhodnější byla doporučena varianta č. 7. Jedná se o kombinaci těchto opatření:

- instalace termostatických ventilů s krytím na otopných tělesech
- instalace ekvitermní regulace teploty topné vody

9. ZÁVAZNÉ VÝSTUPY ENERGETICKÉHO AUDITU

9.1. Hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství

Areál je tvořen komplexem tří navzájem propojených budov. Hlavní vstup do školního komplexu je v hlavní budově školy. Na tuto budovu navazuje budova dílen školy, která je napojena na hlavní budovu školy spojovací chodbou. S budovou dílen školy je chodbou spojena budova tělocvičny.

Obvodové pláště budov jsou provedeny z cihel plných pálených. Fasády jednotlivých budov jsou ve většině případů ve špatném stavu, pouze fasáda jižní části hlavní budovy je po rekonstrukci. Otvorové výplně nadzemních podlaží jsou tvořeny především dřevěnými zdvojenými okny se dvěma skly a dřevěnými dvojitými okny, která jsou ve špatném stavu, v menší míře také skleněnými tvárnicemi a dřevěnými okny s izolačními dvojskly. Hlavní vstup do budovy školy je tvořen ocelovými dveřmi s jedním sklem, jejichž tepelně – izolační vlastnosti jsou nevyhovující. Únikové východy na požárních schodištích hlavní budovy jsou tvořeny dřevěnými dveřmi s izolačním dvojsklem. Vedlejší vstupy jsou tvořeny kovovými dveřmi bez výplně. Střechy budov jsou ve většině případů ploché s živičnou krytinou, pouze střecha budovy tělocvičny je šikmá, provedená vlnitou krytinou Onduline.

Dodávka tepla do objektu je zajištěna z centrálního rozvodu společnosti Dalkia Morava, a.s. Horká voda vnějšího primárního okruhu je energetickým kanálem přivedena do výměňkové stanice, která je majetkem školy. Tato výměňková stanice je umístěna v suterénu hlavní budovy školy. Vstupní potrubí vnějšího primárního okruhu do výměňkové stanice je osazeno uzavíracími armaturami, odkalovací nádobou a měřiči tlaku a teploty.

Horká voda vnějšího primárního okruhu je vedena přes rozdělovač horké vody do tří trubkových výměníků tepla voda – voda (v současné době jsou dva výměníky tepla mimo provoz) a do deskového výměníku tepla, který slouží k přípravě teplé užitkové vody. Ochlazená horká voda je z trubkového výměníku tepla vedena do sběrače horké vody, odkud je vyvedeno vratné potrubí vnějšího primárního okruhu horké vody. Do vratného potrubí vnějšího primárního okruhu horké vody je vedena také ochlazená voda z deskového výměníku tepla.

Topná voda pro ústřední vytápění je ohřívána pomocí horké vody vnějšího primárního okruhu ve výše zmíněném trubkovém výměníku tepla, odkud je potrubními rozvody vedena do rozdělovače topné vody. Z rozdělovače jsou vyvedeny topné okruhy jednotlivých částí objektu. Jednotlivé topné okruhy školy jsou tyto:

- topný okruh – hlavní budova
- topný okruh – škola
- topný okruh – tělocvična

Ochlazená topná voda je vratným potrubím vedena do sběrače topné vody. Ze sběrače je ochlazená topná voda vedena pomocí dvou oběhových čerpadel SIGMA 125 NTC zpět do trubkového výměníku tepla k dalšímu ohřevu. Teplota topné vody pro všechny topné okruhy je regulována ekvitermně pomocí uzavíracího servoventilu, který je ovládán řídicí a regulační jednotkou na základě venkovní teploty a teploty v referenční místnosti. Servoventil je

umístěn na výstupu ochlazené horké vody primárního okruhu z výměníku tepla. Potřebný tlak v otopné soustavě je udržován pomocí otevřené expanzní nádoby o objemu cca 1 500 dm³.

Vytápění objektu je rozděleno na režim plného vytápění a režim utlumeného vytápění. Režim plného vytápění se používá v době vyučování, režim utlumeného vytápění ve večerních hodinách a o víkendech, kdy ve škole neprobíhá výuka.

Teplá užitková voda je připravována v deskovém výměníku tepla, odtud je TUV vedena do akumulární nádrže, odkud je oběhovým čerpadlem WILO rozváděna do objektu.

Vytápění objektu je zajištěno litinovými článkovými radiátory. Otopná tělesa jsou osazena uzavíracími ventily typu zavřeno – otevřeno, jejichž ovládací prvky ve většině případů chybí.

9.2. Závěrečná doporučení

Současný stav předmětu auditu a způsob využívání objektu nabízí několik možností k uplatnění energeticky úsporných a ekologicky uvědomělých opatření. Tato opatření můžeme rozdělit do těchto hlavních skupin:

a) Beznákladová opatření

Tato opatření mohou být realizována okamžitě a patří mezi ně zejména energeticky uvědomělé chování a opatření navržená v bodech 4.2. a 4.4. a 4.8. tedy:

- pravidelně čistit všechny zářivky a odrazné plochy 2 krát ročně
- pravidelně kontrolovat funkčnost ventilů otopných těles 2 krát ročně
- energeticky úsporné nakládání s elektrickou energií při osvětlení místností
- úsporné nakládání s teplou užitkovou vodou
- pečlivé dovírání oken (otevírání vybraných oken)
- úsporné větrání

b) Nízkonákladová opatření

Mezi nízkonákladová opatření řadíme zejména:

- včasná výměna starých zářivek, jelikož zářivky mají sice teoretickou životnost 8 000 hodin, avšak jejich světelný výkon značně klesá s časem
- výměna vadných zářivek za nové
- postupná náhrada klasických žárovek kompaktními zářivkami
- postupná náhrada některých elektrických spotřebičů spotřebiči s vyšší účinností
- postupná náhrada klasických vodovodních baterií jednopákovými bateriemi
- určení optimální hodnoty hlavního jističe a tarifu odběru elektrické energie. Tuto komplexní službu poskytuje SME, a.s.
- zmapování tepelných úniků obvodovými konstrukcemi budov termovizním snímkováním v zimním období

c) Vysokonákladová opatření

Do této skupiny patří opatření navržená v doporučené variantě bodu 5. Tedy zejména:

- instalace termostatických ventilů s krytím na otopných tělesech
- instalace ekvitermní regulace teploty topné vody

Další opatření, o kterém by se mělo reálně uvažovat:

- zateplení obvodových zdí nadzemních podlaží jednotlivých budov kontaktním zateplovacím systémem s polystyrenovými deskami tloušťky 100 mm.
- výměna stávajících dřevěných oken se dvěma skly za nová plastová s izolačním dvojsklem plněným argonem

9.3. Závěrečný posudek energetického auditora

Areál integrované střední školy je situován na ulici Na Jízdárně 30 v Ostravě 1 a je tvořen komplexem tří navzájem propojených budov. Umístění areálu školy je po energetické stránce vhodné, protože se nachází uvnitř městské zástavby a není tedy vystaven působení náporových větrů. Orientace podélné osy sever – jih není u areálu školy příliš výhodná, protože některé velké plochy s okny jsou orientovány k severu, což je nevýhodné především u hlavní budovy školy, kde jsou umístěny kanceláře a učebny.

Dodávka tepla do objektu je zajištěna z centrálního rozvodu společnosti Dalkia Morava, a.s. Horká voda vnějšího primárního okruhu je energetickým kanálem přivedena do výměňkové stanice, kde slouží k ohřevu topné vody pro ústřední vytápění ve třech trubkových výměnících tepla (v současné době jsou dva mimo provoz) a k přípravě TUV v deskovém výměníku tepla. Topná voda pro ústřední vytápění je rozdělena do tří topných okruhů školy. V současné době je teplota topné vody pro všechny topné okruhy regulována ekvitermně pomocí uzavíracího servoventilu, který je ovládán řídicí a regulační jednotkou na základě venkovní teploty a teploty v referenční místnosti. Tento systém regulace nemůže přizpůsobit teplotu topné vody co nejvíce potřebám jednotlivých budov, protože teplota topné vody je stejná pro všechny topné okruhy. Z tohoto důvodu doporučujeme instalaci ekvitermní regulace teploty topné vody pomocí trojcestného směšovacího ventilu na jednotlivé topné okruhy. Po realizaci tohoto opatření bude možno regulovat teplotu topné vody pro každý okruh zvlášť, což povede k nižší spotřebě tepla na vytápění. Vytápění objektu je zajištěno litinovými článkovými radiátory. Otopná tělesa jsou osazena uzavíracími ventily typu zavřeno – otevřeno, jejichž ovládací prvky ve většině případů chybí. Tyto ventily neumožňují jednoduchou regulaci teploty v každé jednotlivé místnosti. V případě instalace termostatických ventilů s krytím na otopných tělesech tak, jak je doporučeno v energetickém auditu, je možno dosáhnout ještě větších úspor energie na vytápění individuální regulací teploty v každé místnosti.

Značná část tepla uniká také obvodovými zdmi a dřevěnými okny. Avšak realizace zateplení budov a výměny oken pouze z energetického hlediska je z důvodu příliš dlouhé návratnosti ekonomicky nevýhodná.

Po realizaci námi navržených opatření dojde k úspoře tepla na vytápění, avšak v daném případě se ještě nesplní požadavky vyhlášky 291/2001 Sb. Této úrovni snížení spotřeby energie by bylo dosaženo realizací některých náročnějších stavebních opatření uvedených přehledně v tab. 5.2. – 1.

9.4. Evidenční list energetického auditu

EVIDENČNÍ LIST ENERGETICKÉHO AUDITU					
Předmět EA	Integrovaná střední škola				
Adresa	702 00, Ostrava, Na Jízdárně 30				
Zadavatel	Integrovaná střední škola	Zástupce	Ing. Tomáš Führer, ředitel		
Adresa zadavatele	702 00, Ostrava, Na Jízdárně 30				
Telefon	596 621 691	Fax	596 633 687	E-mail	iss - najizdarne@iss - najizdarne.cz
Charakteristika předmětu EA	<p>Předmětem energetického auditu je areál integrované střední školy, který je situován na ulici Na Jízdárně v Ostravě 1 a je tvořen komplexem tří navzájem propojených budov. Obvodové pláště budov jsou provedeny z cihel plných pálených. Fasády jednotlivých budov jsou ve většině případů ve špatném stavu, pouze fasáda jižní části hlavní budovy je po rekonstrukci. Otvorové výplně nadzemních podlaží jsou tvořeny především dřevěnými zdvojenými okny se dvěma skly a dřevěnými dvojitými okny. Hlavní vstup do budovy školy je tvořen ocelovými dveřmi s jedním sklem. Únikové východy na požárních schodištích hlavní budovy jsou tvořeny dřevěnými dveřmi s izolačním dvojsklem. Vedlejší vstupy jsou tvořeny kovovými dveřmi bez výplně. Střechy budov jsou ve většině případů ploché s živičnou krytinou, pouze střecha budovy tělocvičny je šikmá, provedená vlnitou krytinou Onduline.</p>				
1. Výchozí stav					
Stručný popis energetického hospodářství	<p>Dodávka tepla do objektu je zajištěna z centrálního rozvodu společnosti Dalkia Morava, a.s. Horká voda vnějšího primárního okruhu je energetickým kanálem přivedena do výměňkové stanice, která je majetkem školy. Horká voda vnějšího primárního okruhu je vedena přes rozdělovač horké vody do tří trubkových výměníků tepla voda – voda (v současné době jsou dva výměníky tepla mimo provoz) a do deskového výměníku tepla, který slouží k přípravě teplé užitkové vody. Ochlazená horká voda je z trubkového výměníku tepla svedena do sběrače horké vody, odkud je vyvedeno vratné potrubí vnějšího primárního okruhu horké vody. Topná voda pro ústřední vytápění je ohřívána pomocí horké vody vnějšího primárního okruhu ve výše zmíněném trubkovém výměníku tepla, odkud je potrubními rozvody vedena do rozdělovače topné vody. Z rozdělovače jsou vyvedeny topné okruhy jednotlivých částí objektu. Ochlazená topná voda je vratným potrubím svedena do sběrače topné vody. Ze sběrače je ochlazená topná voda svedena pomocí dvou oběhových čerpadel SIGMA 125 NTC zpět do trubkového výměníku tepla k dalšímu ohřevu.</p> <p>Vytápění objektu je zajištěno litinovými článkovými radiátory.</p> <p>Elektrická energie je v celém objektu využívána k osvětlení a provozu instalovaných elektrických spotřebičů.</p> <p>Objekt je napojen na síť zemního plynu. Zemní plyn je využíván ve školní kuchyni pro potřebu instalovaných plynových spotřebičů.</p>				
Vlastní energetický zdroj	Instal. tep. výkon [MW]		Instal. el. výkon [MW]		
	-		-		
Typ energosoustrojí (protitlaká, odběrová, kondenzační, spalovací, vodní, větrná turbína, spalovací motor atd.)			-		

Teplo	Výroba ve vlastním zdroji [GJ/rok]		-		
	Nákup [GJ/rok]		3 568,00		
	Prodej [GJ/rok]		-		
Elektřina	Výroba ve vlastním zdroji [MWh/rok]		-		
	Nákup [MWh/rok]		107,37		
	Prodej [MWh/rok]		-		
Zemní plyn	Nákup [m ³ /rok]		754,00		
	Prodej [m ³ /rok]		-		
Spotřeba paliv a energie [GJ/rok]	3 980,19	z toho přímá technologická spotřeba [GJ/rok]		-	
Spotřebič energie	Příkon (tep. ztráta) [kW]		Spotřeba energie [GJ/rok]	Nositel energie	
ÚT, TUV	-		3 568,00	Teplá voda	
Plynové spotřebiče	-		25,67	Zemní plyn	
Osvětlení a stroje	-		386,52	EE, 3 PEN 400/230V	
2. Energeticky úsporný projekt					
Stručný popis doporučené varianty	Jako nejvhodnější se jeví varianta č.7. Jedná se o instalaci termostatických ventilů s krytím na otopných tělesech a instalaci ekvitermní regulace teploty topné vody.				
Investiční náklady [Kč]	445 380		Z toho technologie [Kč]	-	
Konečná spotřeba paliv a energie	Před realizací projektu		Po realizaci projektu		
	Energie [GJ/rok]	Náklady [Kč/rok]	Energie [GJ/rok]	Náklady [Kč/rok]	
	3 980,19	1 401 944	3 635,64	1 301 680	
Potenciál energetických úspor	[GJ/rok]		[MWh/rok]		
	344,55		95,71		
Environmentální přínosy vybrané varianty					
	Výchozí stav [t/rok]		Stav po realizaci [t/rok]		Rozdíl [t/r]
Tuhé látky	107,40		96,43		10,97
SO ₂	460,29		413,27		47,02
NO _x	843,87		757,66		86,21
CO	939,66		843,67		95,99
CO ₂	368 233,64		330 616,44		37 617,20
Ekonomická efektivnost vybrané varianty respektující amortizaci					
Cash-Flow projektu [Kč/rok]	100 264		Doba hodnocení [roky]		30
Prostá doba návratnosti [roky]	3,7		Diskont [%]		5
Reálná doba návratnosti pro diskont 5% [roky]	max. 5 let		NPV pro 30 let a 5% diskont [Kč]	1 173 875	IRR pro 30 let [%] 27,3
Energetický auditor	Ing. Venanc Walder, DrSc.		Č. osvědčení		007 (ze dne 8.2.2002)
Podpis			Datum provedení EA		