VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKÝ AUDIT

ENERGY AUDIT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE **BC. JÁN KOŘISTA**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE **Ing. PETR HORÁK, Ph.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Ján Kořista
Název	Energetický audit
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

.....	.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc. Vedoucí ústavu	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb
- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

a) titulní list,
b) zadání VŠKP,
c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
f) poděkování (nepovinné),
g) obsah,
h) úvod,
i) vlastní text práce s touto osnovou:
A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
B. Výpočtová část
Analýza spotřeby energie posuzovaného energetického hospodářství pro výchozí stav a nový stav
výkres schéma zapojení kotelny v jedné variantě
C. Energetický audit
v souladu s vyhláškou 480/2012 Sb.
j) závěr,
k) seznam použitých zdrojů,
l) seznam použitých zkratek a symbolů,
m) seznam příloh,
n) přílohy – výkresy

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

Ing. Petr Horák, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Cieľom diplomovej práce je spracovanie energetického auditu v rámci platnej legislatívy Českej republiky. Práca obsahuje úvod, v ktorom je popísaná problematika fotovoltaických panelov. Objekt je hodnotený z hľadiska energetického, ekonomického a environmentálneho. Súčasťou energetického auditu bolo navrhnutie a zhodnotenie úsporných opatrení.

Kľúčové slová

Energetický audit, úsporné opatrenia, úsporné varianty, energia, úspora energie

Abstract

The goal of the master's thesis is elaborating energy audit within the current legislation in Czech republic. Thesis includes introduction, in which has been described photovolatics panels. The building is evaluated in terms of energetic, economic and environmental. Part of the energy audit was to designed and evaluated austerity measures.

Keywords

Energy audit, austerity measures, energy-saving variants, energy, energy saving

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Ján Kořista *Energetický audit.* Brno, 2016. 97 s., 41 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Petr Horák, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 12.1.2016

……..……

podpis autora

Bc. Ján Kořista

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

V Brně dne 12.1.2016

.....

podpis autora

Bc. Ján Kořista

Poďakovanie

Rád by som touto cestou poďakoval môjmu vedúcemu diplomovej práce, pánu Ing. Petrovi Horákovi, Ph.D., za odborné vedenie, cenné pripomienky a rady, ktorými prispel k vypracovaniu tejto diplomovej práce. Ďalej by som chcel poďakovať svojej rodine za podporu počas celého štúdia na vysokej škole.

Obsah

ÚVOD 12

A. TEORETICKÁ ČASŤ 13

A.1 História fotovoltaiky 14

A.2 Popis štruktúry a fungovania fotočlánku 15

A.3 Slnečná energia 17

A.4 Typy fotovoltaických článkov 18

A.4.1 Monokryštalické články 19

A.4.2 Polykryštalické články 20

A.4.3 Tenko-vrstvové polopriehľadné články 20

A.4.4 Amorfné kremíkové články 22

A.5 Fotovoltaické systémy 23

A.5.1 Drobné aplikácie 23

A.5.2 Ostrovné systémy - Off-Grid 23

A.5.6 Sieťové systémy - On-Grid 24

A.6 Likvidácia fotovoltaických panelov 25

A.6.2 Dôvody vyradenia panelov 26

A.6.3 Možnosti likvidácie fotovoltaických panelov 27

A.6.4 Recyklovateľné materiály 27

B. VÝPOČTOVÁ ČASŤ 29

B.1 Popis objektu 30

B.1.1 Stavebná časť 30

B.1.2 Posúdenie tepelne technických vlastností konštrukcie budovy 31

B.2 Energetické systémy budovy 33

B.3 Energetická náročnosť budovy 35

B.3.1 Tepelné straty obálkovou metódou 35

B.3.2 Energetické vstupy 36

B.4 Výpočtový model 38

B.5 Energetická náročnosť - Pôvodný stav 40

B.6 Tepelné straty budovy - Nový stav 42

C. ENERGETICKÝ AUDIT 45

C.1 Identifikačné údaje energetického auditu 47

C.2 Popis pôvodného stavu 48
C.3 Situácia 49
C.4 Časť technické zariadenia budovy 51
C.4.1 Energetické vstupy 51
C.4.2 Rozvody energie 54
C.5 Tepelne technické vlastnosti budovy 55
C.5.1 Časť stavebná 55
C.5.2 Systém managementu hospodárenia s energiami podľa ČSN EN ISO 50 001 57
C.5.3 Vyhodnotenie pôvodného stavu predmetu energetického auditu 57
C.5.4 Celková energetická bilancia 59
C.6 Návrhy jednotlivých opatrení k zvýšení účinnosti využívania energií 59
C.6.1 Opatrenie č. 1 59
C.6.2 Opatrenie č.2 61
C.6.3 Opatrenie č.3 62
C.6.4 Opatrenie č.4 65
C.6.5 Opatrenie č.5 66
C.6.6 Opatrenie č.6 68
C.6.7 Opatrenie č.7 69
C.6.8 Opatrenie č.8 71
C.6.9 Prehľad navrhovaných opatrení 72
C.7 Návrh variant úsporných opatrení 73
C.7.1 Varianta č.I 73
C.7.2 Varianta č. II 74
C.7.3 Varianta č. III 76
C.7.4 Porovnanie navrhnutých variant 78
C.8 Ekonomické zhodnotenie 79
C.9 Výber optimálnej varianty 84
C.10 Evidenčný list energetického auditu 86
Záver 92
Zoznam použitých zdrojov 93
Zoznam použitých skratiek a symbolov 96
Použitý software 97

Zoznam príloh 97

ÚVOD

Táto diplomová práca sa zaoberá energetickým auditom od teoretickej roviny po hodnotenie reálneho objektu. Objektom je vzdelávacia budova Fakulty stavebnej v Brne.

V prvej časti je spracovaná teória týkajúca sa fotovoltaických systémov. Popísaná je história vzniku panelov, aktuálna ponuka predajcov panelov, typy fotovoltaických systémov a možnosti likvidácie panelov po skončení ich životnosti.

Druhá časť diplomovej práce je zameraná na analýzu pôvodného stavu objektu, zistenie nedostatkov v konštrukciách a systémoch, možnosti úspor energie na základe analýzy a návrh úsporných opatrení vyplývajúcich z rozboru pôvodného stavu.

Tretiu časť tvorí samotný energetický audit podľa vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. Je tu spracovaná energetická náročnosť objektu, sú navrhnuté úsporné opatrenia. Následne kombináciou niekoľkých opatrení sú vytvorené úsporné varianty, ktoré sú hodnotené z energetického, ekonomického a ekologického hľadiska. V závere tejto časti je uvedená doporučená úsporná varianta, ktorá by bola vhodná na realizáciu v objekte.

A. TEORETICKÁ ČASŤ

A.1 História fotovoltaiky

Obrázok 1: Alendre E. Becquerel [9]

História fotovoltaiky začína objavením fotoelektrického javu, podľa ktorého sa prúd medzi kovovými elektródami ponorenými do kvapaliny mení v závislosti na intenzite osvetlenia. Tento poznatok objavil v roku 1839 **Alexandre Edmond Becquerel**.

V roku 1887 **Heinrich Rudolf Hertz** objavil ďalšiu závislosť medzi svetlom a elektrinou, podľa ktorej vznikne elektrický výboj ľahšie medzi elektródami, na ktoré dopadá ultrafialové žiarenie.

Obrázok 2: Heinrich Rudolf Hertz [10]

Obrázok 3: Albert Einstein [11]

Fyzikálny princíp fotoelektrického javu teoreticky popísal až v roku 1905 **Albert Einstein** za predpokladu, že na elektromagnetické pole aplikoval kvantovú teóriu. Z Einsteinovej teórie vyplýva, že energia uvoľneného elektrónu závisí len na frekvencii žiarenia a počet elektrónov na intenzite žiarenia. Za teoretický rozvoj fyziky, hlavne za popísanie fotoelektrického javu, získal v roku 1921 Albert Einstein Nobelovu cenu za fyziku.

Uvedené experimenty a teória sa vzťahujú k vonkajšiemu fotoelektrickému javu (fotoemisii). Elektróny z vodivostného pásu z ožarovaného kovu sa uvoľňujú do okolia. Okrem toho sa rozlišujú ďalšie dve formy fotoelektrického javu, kedy elektróny zostávajú v materiály - **fotovoltaický jav**, a keď sú ožiarené elektromagnetickým žiarením s dostatočne vysokou frekvenciou - **fotoionizácia**.

Fotovoltaický jav vzniká v polovodičoch, keď fotón s dostatočne veľkou energiou uvoľní elektrón z valenčného pásu do pásu vodivostného. Vo valenčnom páse zostane chýbajúci elektrón, po ktorom ostane diera, ktorá sa dá považovať za elementárny kladný náboj. Diera sa pohybuje tak, že sa do nej premiestni valenčný elektrón susedného atómu, pričom sa diera presunie na pôvodné miesto tohto elektrónu. Dopadom fotónu sa vytvorí pár pohyblivých nábojov, tj. elektrón + diera. Tieto náboje sa difúznym pôsobením elektrického poľa v okolí PN prechodu (oblasť medzi polovodičmi typu Negative a Positive) pohybujú v smere k elektróde s rovnakou polaritou - elektrón k zápornej, diera ku kladnej. Pri prepojení elektród s vonkajším obvodom putujú elektróny k opačnej elektróde, kde rekombinujú s dierami v dôsledku čoho, prechádza vonkajším obvodom prúd.

Fotovoltaický jav pozoroval prvý krát v roku 1879 **William Grylls Adams** na PN prechode vytvoreným medzi selénom a platinou. Na rozdiel od fotoelektrického javu objaveného Becquerelom, kde sa prúd elektrického článku menil pôsobením svetla, v Adamsovom prípade vznikalo elektrické napätie bez pôsobenia vonkajšieho elektrického poľa, len pôsobením svetla.

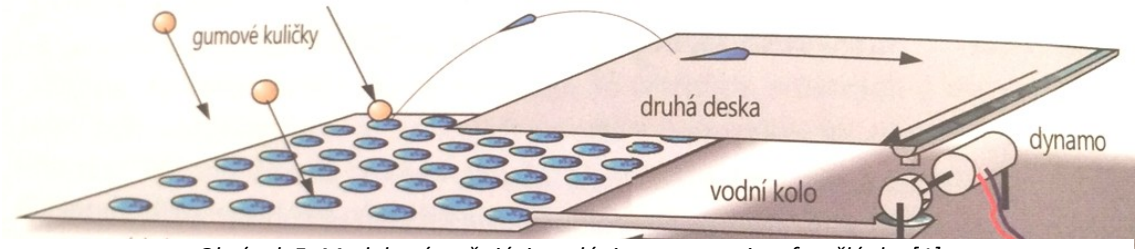
V roku 1954 sa po prvý krát na svete objavil prvý kremíkový fotočlánok z výskumného laboratória Bell Laboratories v Amerike. Článok z monokryštalického kremíku mal účinnosť 6%. [12]

Obrázok 4: William G. Adams [11]

A.2 Popis štruktúry a fungovania fotočlánku

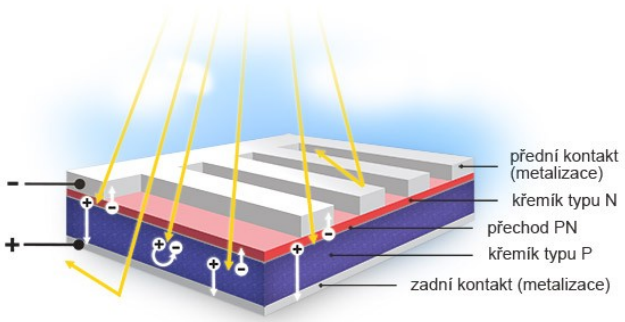
Fungovanie solárneho fotočlánku je pomerne komplikované, preto je na vysvetlenie zvolený nasledujúci model, ktorý využíva analógiu princípu fungovania.

Máme dve vodorovné ploché dosky. Druhá sa nachádza o niečo vyššie ako prvá. V prvej doske sú vyhĺbené pol guľovité dierky, ktoré sú po okraj naplnené vodou. Voda sa v nich nemôže pohybovať a je v pokoji. Na prvú plochu sa začnú hádzať malé gumové loptičky. Ak sa guľôčka trafí do jamky, tak voda vyšplechne na rovinu druhej dosky. Na tej sa ale nenachádzajú žiadne jamôčky, ktoré by vodu zachytili. Tým pádom sa druhá doska začne nakláňať a vytvorí sa odtokový žľab. Žľab je spojený trubičkou so spodnou rovinnou doskou, pričom voda pri odtoku dopadá na malé vodné koliesko, ktoré poháňa dynamo. Jamky v dolnej prvej doske sa opäť plnia vodou. Tento kolobeh je udržateľný iba dovtedy, kým budú dopadať gumové guľôčky na plochu prvej dosky.



Obrázok 5: Model znázorňujúci analógiu s procesmi vo fotočlánku [1]

Na rozdiel od tohto modelu sa v skutočnej fotobunke nemôže vytvárať vodný kolobeh, ale generuje sa elektrický prúd, ktorým sa dajú napájať elektrické zariadenia. Elektrický prúd vzniká z toku nositeľov negatívneho náboja (elektrónov). V našom prípade predstavuje voda elektróny. Na zaistenie správnej funkcie fotočlánku je nutné vybrať správny materiál, v ktorom sa budú nachádzať obe hladiny - hladina elektrónov, ktorá ako voda v jamkách bude pevne viazaná, a druhá hladina, v ktorej sa elektróny budú môcť voľne pohybovať. Vhodným materiálom sú polovodiče. Polovodiče v niektorých prípadoch prúd vedú pri vyšších teplotách, pri vložení elektrického napätia alebo pri ožiarení svetlom. Okrem bežných polovodičových materiálov, medzi ktoré patrí napríklad kremík, a spojovacích materiálov, ako napríklad arzenik galitý, telurid kadmia alebo selenid medi a india, existujú aj polovodiče z organických materiálov. Všetky spomenuté materiály sa využívajú vo fotovoltaike.



Obrázok 6: Štruktúra fotovoltaického článku [13]

Svetelné častice (fotóny), predstavujú v našom prípade gumové guľôčky, ktoré nabudia elektróny tak, aby prešli na vyššiu energetickú hladinu, ktorú predstavuje v našom prípade druhá doska.

Na zaistenie bezproblémovej a plynulej funkcie v našom modeli je dôležitý spád, aby sa voda mohla zhromažďovať v odtokovom žľabe. Taktiež pri polovodičoch musí byť v druhej hladine spád, ktorý zhromaždí elektróny na jednej strane. Na rozdiel od jednoduchého modelu sa už nepoužíva gravitačná energia, ale elektrické pole, ktoré odvedie záporne nabité elektróny do jednej oblasti. Aby sme takéto pole boli schopný vytvoriť, musia sa do polovodiča pridať prímesi, na jednu stranu bór a na druhú stranu fosfor. Pretože bór a fosfor, majú rozdielne počty elektrónov, vytvárajú nutný spád. Prechodová oblasť sa nazýva oblasť priestorového náboja. V tejto oblasti vzniká elektrické pole, ktoré odvádza elektróny na jednu stranu, kde ich zbierajú vonkajšie kontakty. Prostredníctvom pripojenia vonkajšieho prúdového elektrického obvodu sa elektróny vracajú do prvej hladiny, pričom odovzdávajú elektrickú energiu. [1]

A.3 Slnečná energia

Slnečná energia dopadajúca na zemský povrch je najbohatším zdrojom energie na Zemi. Radí sa do kategórie nevyčerpateľných zdrojov energie, je nevyčerpateľná, čistá - neprodukuje škodlivé odpady a má minimálne dopady na životné prostredie, v podstate nijak neovplyvňuje tepelnú rovnováhu Zeme. Preto jej využitie predstavuje obrovský potenciál v našej budúcnosti, či už v prípade vyčerpania fosílnych palív alebo požiadavky na ekologicky čistú energiu. Táto skutočnosť nás núti zaoberať sa technickými možnosťami využitia slnečnej energie.

Obrázok 7: Solárna energia [14]

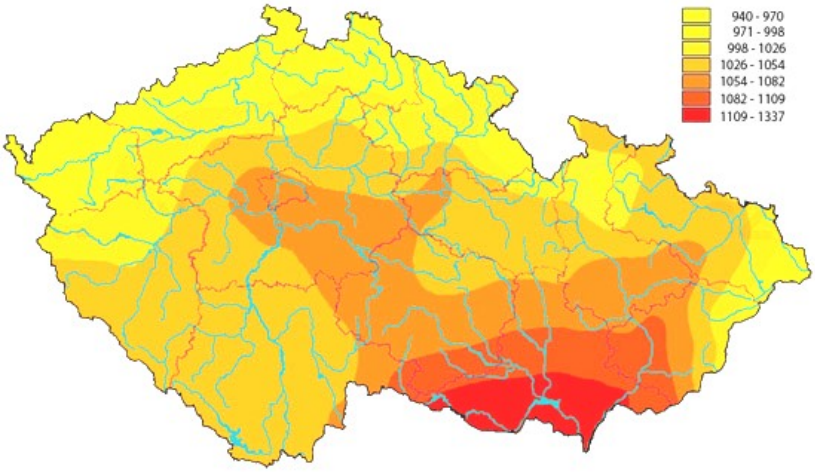
Systémy využívajúce solárnu energiu sú vysoko decentralizované, bezpečné a nehrozia im problémy so zastavením dodávky alebo nárastu cien. Väčšina solárnych systémov sa vyznačuje dlhou životnosťou s minimálnymi potrebami na obsluhu. Veľkú výhodu predstavuje možnosť inštalácie týchto systémov aj v hustej mestskej výstavbe.
Taktiež treba spomenúť aj nevýhody tejto energie, medzi ktoré patrí časová premenlivosť, veľká plošná hustota a miestna premenlivosť energetického príkonu. Na základe týchto negatívnych vlastností musí byť sústava pomerne veľká a vždy musí byť doplnená o ďalší zdroj energie, ktorý sa použije v dobe nedostatočného slnečného svitu.

Na povrch zemskej atmosféry dopadá zo Slnka merný tok energie 1,4 . 10^3 $W.m^{-2}$. Presná hodnota je 1360 $W.m^{-2}$ a nazýva sa slnečná konštanta. Prechodom slnečných lúčov sa intenzita slnečného žiarenia zmenšuje vplyvom optickej priepustnosti a jej hodnota počas roka kolíše.
Na dopadajúce žiarenie vplývajú:

- klimatické podmienky danej lokality
- úroveň znečistenia (smogu)
- stupeň oblačnosti
- orientácia panelov vzhľadom k svetovým stranám

[2], [3]

Podmienky pre využitie slnečnej energie v Českej republike sú pomerne dobré. Celková doba slnečného svitu (bez započítania oblačnosti) je od 1400 do 1700 hodín ročne.

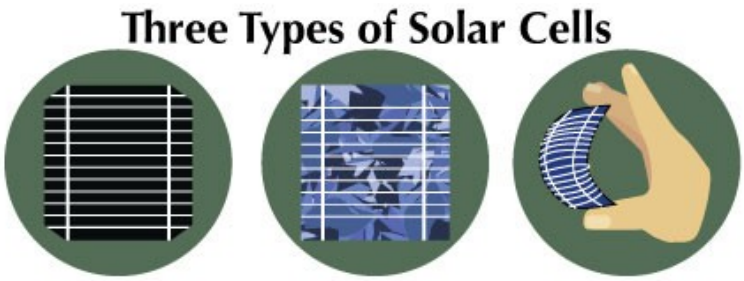


Obrázok 8: Ročný zisk globálneho slnečného žiarenia v ČR [W/m2] [15]

Vhodnosť lokality pre využitie slnečnej energie najlepšie vystihuje mapa globálneho slnečného žiarenia, ktorá vychádza z dlhodobých meteorologických meraní. Na území Českej republiky dopadne počas roka 950 - 1340kWh slnečnej energie. Asi 75% z tejto energie dopadne počas letných mesiacov.

Údaje o množstve dopadnutej energie sú dôležité pri návrhu fotovoltaického systému. Približná účinnosť fotovoltaického panelu sa pohybuje okolo 14%. Na základe týchto údajov môžeme usudzovať, že z fotovoltaického systému na území Českej republiky vieme získať 133 - 188 kWh/m^2/rok elektrickej energie. [15]

A.4 Typy fotovoltaických článkov



Obrázok 9: Typy solárnych článkov [16]

Solárne články na báze kryštalického kremíku dominujú dnešnému trhu s podielom 86%. Kremík nie je jedovatý a v elektronike patrí medzi dobre známe materiály. Kremík je druhým najrozšírenejším prvkom na Zemi a vďaka tomu je ľahko dostupný. Nevyskytuje sa síce v čistej forme, ale získava sa roztavením kremenného piesku pri vysokej teplote. Takýto kremík sa ďalej chemicky čistí, až kým sa nedosiahne takmer 100%-tnej čistoty. Vo fotovoltaike sa ako základný materiál pre solárne články využívajú hlavne kremíkové odpady z elektronického priemyslu. [4]

A.4.1 Monokryštalické články

Monokryštalické články sa skladajú z jedného kryštálu. Kremíkové články sú obvykle štvorcové alebo štvorcové so zaoblenými hranami. Dĺžky hrany štvorcových článkov sú 10, 12,5 a 15 cm. Keďže materiál článku sa skladá z jedného kryštálu, je povrch homogénne tmavomodrý až čierny, tzn. nevznikajú fľaky. Elektrická kvalita monokryštalických článkov je pomerne vysoká. Maximálna prevádzková účinnosť článku je 21%, priemerne je to 15 až 17%.

Obrázok 10: Aplikácia monokryštalicých panelov [17]

Tvar článku je určený procesom výroby. Pri výrobe monokryštalického kremíku sa používa väčšinou Czokralskiho proces - kremík sa roztaví v kotly pri teplote 1420°C. Pomocou ponoreného zárodku kryštálu sa z vysoko čistej kremíkovej taveniny pri pomalom otáčaní vyťahuje guľatá monokryštalická tyč s priemerom 30cm a možnou dĺžkou niekoľko metrov. Guľatá tyč sa oreže na štvorcovú a potom sa začnú rezať 0,3 milimetrov tenké doštičky. Pri tomto procese je veľké množstvo kremíkového odpadu. Podľa toho ako sa tenká plátová doštička oreže, vznikajú rôzne tvary - kruhové, pološtvorcové, štvorcové články. Na doštičky sa naparí tenká vrstva s fosforom. Po umiestnení zadnej kontaktnej vrstvy, kontaktného palca a antireflexnej vrstvy sú solárne články kompletné. Antireflexná vrstva sa používa z dôvodu minimalizovania odrazu svetla od povrchu článku, pretože čím viac svetla sa odrazí, tým menej energie sa získa. [4]

Monokryštalické články dosahujú najlepších výsledkov pri priamom osvite slnečným žiarením kolmo na plochu článku. Horšie výsledky majú pri osvite z uhla alebo pri rozptýlenom svetle. Sú vhodné jednak na použitie v oblastiach s vysokým podielom priameho slnečného žiarenia a tiež s polohovacími systémami, ktoré automaticky natáčajú panely kolmo k slnku. [18]
Monokryštalické články patria do prvej generácie solárnych článkov.

A.4.2 Polykryštalické články

Polykryštalické články sa dajú ľahko identifikovať podľa odlišnej ligotavej kryštalickej štruktúry. Sú väčšinou modrej farby s antireflexnou vrstvou alebo šedo-strieborné bez antireflexnej vrstvy. Sú štvorcové s dĺžkou hrany 10; 12,5; 15; 15,6 alebo 21 centimetrov. Ich účinnosť sa nachádza medzi 13 až 16 percentami.

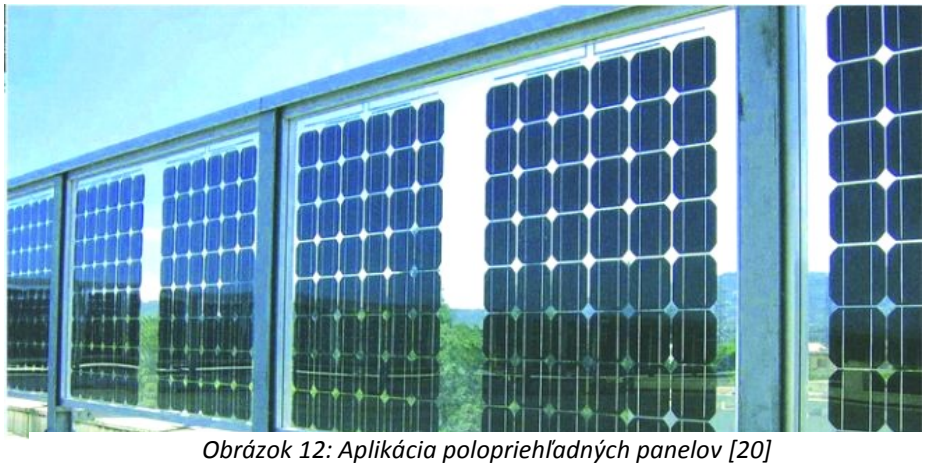
Obrázok 11: Aplikácia polykryštalicých panelov [19]

Polykryštalický kremík sa dá vyrobiť jednoduchšie a lacnejšie ako monokryštalický. Obvykle je na výrobu použitá metóda blokového liatia. Kremík sa vo vákuu zohreje na 1500°C a v grafitovom bloku sa regulovane ochladzuje až do blízkosti bodu roztopenia. Takto vznikajú polykryštalické bloky s rozmerom 40 x 40 centimetrov a výškou 30 centimetrov. Bloky sa potom narežú na tyče a z nich sa režú tenké doštičky. Odpad je pri výrobe doštičiek menší ako u monokryštalických článkov. Ďalší výrobný postup je rovnaký ako pri výrobe monokryštalických článkov. Metódou blokového liatia sa tvoria kryštály s rôznou orientáciou, vďaka čomu vieme podľa rôznych odrazov svetla rozpoznať kryštály. [4]

Polykryštalické panely majú veľmi podobnú účinnosť ako monokryštalické. Odlišujú sa však v tom, že pokles výkonu pri rozptýlenom svetle a svetle dopadajúcom pod uhlom je menší. Tento panel je vhodné použiť v našich zemepisných podmienkach a vďaka rôznej orientácii kryštálov je možná pevná inštalácia. [18]
Polykryštalické články patria do prvej generácie solárnych článkov.

A.4.3 Tenko-vrstvové polopriehľadné články

Vysoká spotreba materiálu, energie a nákladná výroba kryštalických kremíkových článkov, viedla k posilneniu vývoja a výroby tenko-vrstvových článkov, pri ktorých sú výrobné náklady, spotreba materiálu a energie podstatne nižšie.



Obrázok 12: Aplikácia polopriehľadných panelov [20]

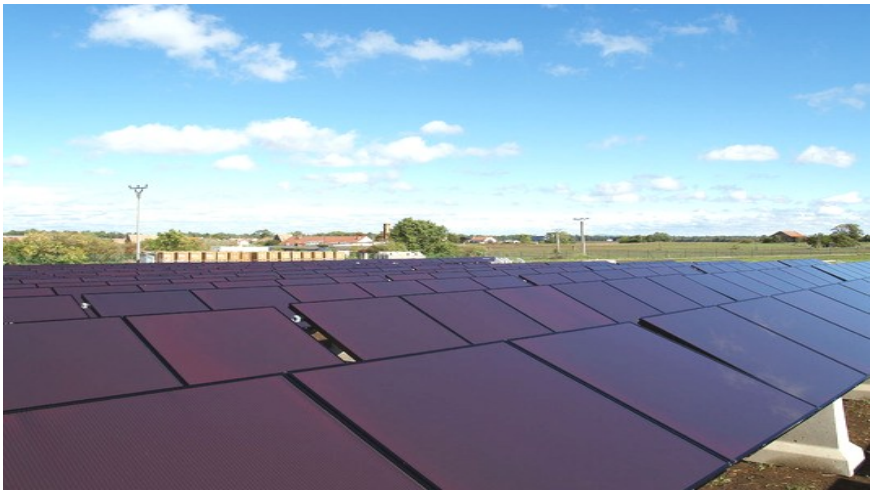
Pri výrobe tenko-vrstvových článkov sa materiál solárnych článkov nanáša v tenkej vrstve (niekoľko mikrometrov) na sklo. Okrem skla je možné použiť aj iné, lacnejšie, nosné materiály, akými sú napríklad umelé hmoty alebo kovové fólie. Na výrobu postačuje teplota medzi 200 až 500°C. Elektrické prepojenie tenko-vrstvových článkov je integrované do výroby na rozdiel od kryštalických, v ktorých je nutné článok za článkom jednotlivo vzájomne prepojovať spájkovaním. Predné kontakty sú tvorené vysoko vodivou a priehľadnou vrstvou oxidu kovu (napr. oxid zinočnatý, oxid ciničitý alebo oxid indium-ciničitý). Jeden článok sa rovná 1 centimeter širokému polovodičovému prúžku. Z dôvodu ochrany konštrukcie sa panel zakryje sklenenou tabuľou a zapuzdrí sa kompozitným materiálom.

Najväčšou nevýhodou tenko-vrstvových článkov je ich menšia účinnosť. Dosahujú asi len polovičnej účinnosti (5 až 9%) kryštalických článkov. Tato nevýhoda sa dá znížiť, ak je k dispozícii dostatočne veľká plocha a celkové investičné náklady budú priaznivé. Z dlhodobého hľadiska patrí tenko-vrstvovej technike budúcnosť pre jej vysoký fyzikálny a technologický potenciál. [4]

Tenko-vrstvové články sú menej náchylné na tienenie a na nízku intenzitu slnečného svitu než kryštalické články. Nenastáva pri nich za týchto podmienok tak výrazný pokles výkonu. Tieto fotovoltaické články sa môžu použiť napr. na okná, svetlíky, dvere atď. Vďaka priepustnosti svetla majú široké uplatnenie. Tenko-vrstvové články patria to druhej generácie solárnych článkov.

A.4.4 Amorfné kremíkové články

Klasickým materiálom tenko-vrstvovej technológie je amorfný kremík. Už v roku 1974 boli vyvinuté prvé amorfné kremíkové články, ktoré sa používajú dodnes. Ich využitie sa našlo v oblasti kalkulačiek, vreckových hodiniek atď. Vďaka dlhodobým pozitívnym výsledkom stability a procesu starnutia týchto článkov sa vo väčšej miere začínajú uplatňovať aj vo fotovoltaike. Amorfný kremík netvorí pravidelnú kryštalickú štruktúru. [4]



Obrázok 13: Aplikácia amorfných panelov [21]

Amorfné panely sa vyrábajú tak, že vo vákuovej komore pri teplotách len okolo 200°C sa naparením nanesie vrstva amorfného kremíku na sklenenú tabuľu. Podkladový materiál nemusí byť nutne sklo, ale môže ním byť aj plast alebo kov. Amorfný kremík má oproti kryštalickému veľkú výhodu v tom, že sa v letných mesiacoch natoľko neprehrieva. Jeho účinnosť klesá o dosť pomalšie ako pri kryštalickom. V letných mesiacoch je z amorfných panelov lepší zisk. [22]

Amorfné panely sa dajú ľahko spoznať podľa ich čiernej farby. Dosahujú nižších účinností oproti monokryštalickým a polykryštalickým panelom, v rozmedzí 7 až 9%. K dosiahnutiu požadovaného výkonu je nutná 2,5 krát väčšia plocha. Ich výhodou je nižšia nákupná cena a vyšší celoročný zisk aj pri nižšej intenzite oslnenia panelu, pretože dokážu absorbovať difúzne žiarenie, ktoré vzniká roztrieštením slnečného žiarenia v mrakoch. [18]

Tabuľka 1: Účinnosti fotovoltaických článkov [1]

Materiál článku	Maximálna laboratórna účinnosť	Maximálna prevádzková účinnosť sériového článku	Typická modulárna účinnosť článku	Plocha potrebná na 1 kW
	[%]	[%]	[%]	[m2]
Monokryštalický kremík	24,7	21,5	15	6,7
Polykryštalický kremík	18,5	15	14	7,2
Amorfný kremík	12,7	8	6	16,7

A.5 Fotovoltaické systémy

Podľa spôsobu uplatnenia sa dajú fotovoltaické systémy rozdeliť do troch hlavných kategórii.

A.5.1 Drobné aplikácie

Najmenšiu a najstaršiu skupinu tvoria malé fotovoltaické články, ktoré sa nachádzajú v kalkulačkách, náramkových hodinkách, automatoch na parkovanie, solárnych nabíjačkách. Tvoria zanedbateľný podiel na trhu. Často nachádzajú svoje uplatnenie na dovolenkách, či vo voľnej prírode pri dobíjaní elektronických zariadení. Sú to v podstate najmenšie ostrovné systémy. [24]

Obrázok 14: Fotočlánok v kalkulačke [23]

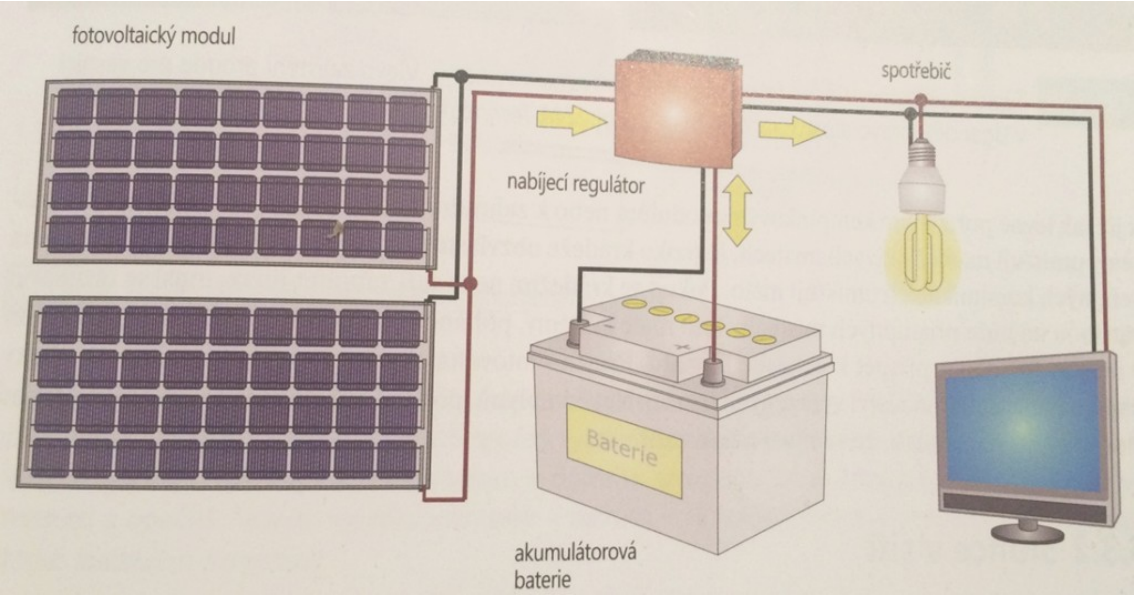
A.5.2 Ostrovné systémy - Off-Grid

Tieto systémy nachádzajú uplatnenie na miestach, ktoré sú veľmi vzdialené od elektrickej siete a napojenie na elektrickú sieť by bolo veľmi drahé. Pretože fotovoltaické systémy dosahujú stále malých účinností hodia sa pre systémy s malým výkonom. Sú vybavené akumulátorom a nabíjacím regulátorom.

Akumulátor zaisťuje napájanie aj v noci alebo pri nepriaznivom počasí. Najčastejšie sa používajú olovené akumulátory, ale dajú sa použiť aj klasické 12 voltové, prípadne špeciálne solárne batérie. Nabíjací regulátor chráni akumulátor proti zbytočnému prebíjaniu alebo nedobíjaniu. Ak je akumulátor plne nabitý, regulátor

zabezpečí odpojenie fotovoltaického modulu. Ak je vybitý, tak vypne spotrebiče do tej doby, kým sa akumulátor nedobije do určitej úrovne.

Ostrovné systémy pracujú na báze jednosmerného napätia, preto je vhodné použitie spotrebičov, ktoré pracujú s malým výkonom. Existujú špeciálne chladničky, svietidlá či elektronika pracujúce s napätím 12 alebo 24 V. Pri potrebe vyššieho napätia, je možné z ostrovného systému získať striedavý prúd. Stačí sústavu doplniť o ostrovný menič. [1]



Obrázok 15: Princíp fotovoltaického ostrovného systému Off-Grid [1]

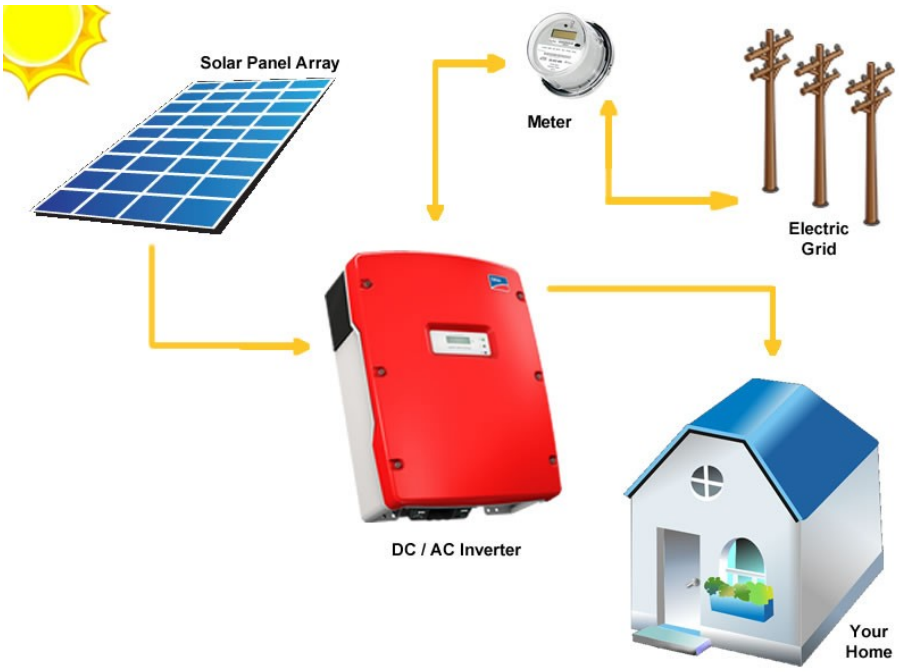
A.5.6 Sieťové systémy - On-Grid

Systémy sa najviac uplatňujú v oblastiach s vysokou hustotou elektrických rozvodov. Pri dostatku slnečného žiarenia sú spotrebiče v budove napájané vlastnou solárnou energiou a prípadné prebytky sú predávané do verejnej rozvodnej siete. Naopak pri nedostatku slnečnej energie je elektrická energia nakupovaná z verejnej siete. Systém funguje automaticky vďaka meniču napätia. Požiadavky na menič v tomto systéme sú vysoké. Moderné fotovoltaické meniče dosahujú účinnosti 95 - 98%. Je nutné, aby účinnosť meniča bola vysoká, pretože systém musí pracovať aj pri oblačnom počasí.

Funkcia meniča:

- transformácia jednosmerného napätia na striedavé, pretože distribučná sieť pracuje na báze striedavého napätia
- dohliadanie na stav siete - pri výpadku okamžite vypne solárne napájanie
- zaistenie chodu fotovoltaického modulu pri optimálnom napätí a odvádzania čo najväčšieho výkonu

Veľké fotovoltaické sieťové systémy fungujú ako solárne elektrárne. Všetku vyrobenú elektrinu predávajú do distribučnej siete. Pri veľkých systémoch má zmysel sledovať pohyb slnka na oblohe. Sledovaním pohybu je možné zvýšiť produkciu až o 30%. [1], [24]



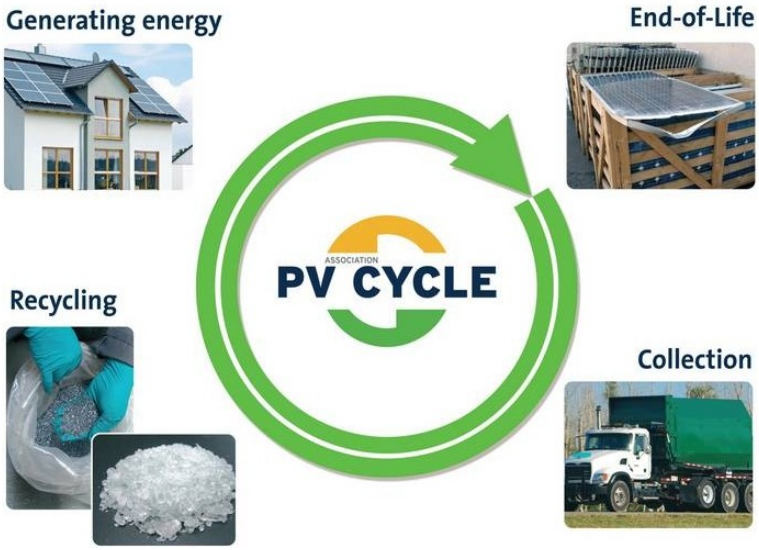
Obrázok 16: Princíp fotovoltaického ostrovného systému On-Grid [25]

A.6 Likvidácia fotovoltaických panelov

Životnosť fotovoltaických panelov je momentálne odhadovaná na 30 rokov, v ideálnom prípade môže byť dvojnásobná.

Životnosť fotovoltaického panelu je definovaná poklesom výkonu o 20 %. Najstaršie fotovoltaické panely, ktoré boli inštalované pred 25 rokmi, dosahujú pokles účinnosti iba o 6 až 8 %. Tým pádom ich reálna životnosť bude oveľa dlhšia. Panely aj po prekročení doby životnosti (poklesu účinnosti o viac ako 20 %) sú stále funkčné. Je len na majiteľovi fotovoltaického systému, či sa rozhodne vyrábať elektrinu s nižšou

účinnosťou alebo pristúpi ku kúpe nových panelov. Staré panely ani v tomto prípade nemusia byť zlikvidované. Môžu sa ponúknuť za nižšiu cenu ľudom, pre ktorých je cena panelov dôležitejšia než samotná účinnosť výroby elektrickej energie. Týmto spôsobom sa životnosť panelov môže výrazne predĺžiť, podľa súčasných odhadov pravdepodobne až k horizontu 50 rokov a viac.



Obrázok 17: Organizácia, ktorá sa zaoberá recykláciou panelov [26]

A.6.2 Dôvody vyradenia panelov

Mechanické poškodenie - dôvodom je mechanické poškodenie pri doprave alebo inštalácii panelov. Mechanická odolnosť panelu je veľmi vysoká. Dokáže odolať krupobitiu o veľkosti krúpou až 25 mm a rýchlosti dopadu až 100 km/h.

Výrobné chyby materiálu - v prvých mesiacoch po inštalácii sa môžu prejaviť skryté výrobné chyby materiálu. Podiel týchto chýb tvorí menej ako 1 % z celkového objemu predaných panelov.

Nekvalitná výroba - k tejto chybe dochádza u lacnejších, menej kvalitných panelov. Hlavným problémom je delaminácia, ku ktorej dochádza vplyvom pôsobenia UV žiarenia a teploty, čím sa sendvičová štruktúra panelu rozlepí. Ak dôjde k takejto chybe, dá sa predpokladať, že je to problém celej výrobnej série. [27]

A.6.3 Možnosti likvidácie fotovoltaických panelov

Skladovanie **-** panely sú dokonalo zapuzdrované a obvykle ani neobsahujú látky škodlivé pre životné prostredie, takže by nemal byť problém s ich uskladnením na skládke. Je to však nevýhodné riešenie, pretože panely obsahujú veľa recyklovateľných surovín, ktoré sa dajú použiť pri ďalšej výrobe.

Spätný odber po skončení životnosti **-** každý panel má svoje evidenčné číslo vo firemnej databáze a odberateľ sa zaväzuje, že po skončení životnosti alebo používania fotovoltaického panelu, panel vráti predajcovi, ktorý ho následne zrecykluje.

Komerčná recyklácia a likvidácia - asi najlepšia varianta likvidácie panelov. Panely obsahujú suroviny, ktoré je možné ľahko vyťažiť a znova použiť vo výrobe. Týmto spôsobom je možné ušetriť až tretinu energie spotrebovanú pri výrobe panelov.

Vytvorenie fondu – vytvorením fondu, do ktorého sa bude odvádzať časť príjmov z predaja elektrickej energie, z ktorého sa potom bude platiť recyklácia. Táto metóda zaistí, že aj v prípade bankrotu predajcu panelov, príp. prevádzkara fotovoltaickej elektrárne, bude možné zlikvidovať panely bez ekonomického zaťaženia majiteľa. [2]

A.6.4 Recyklovateľné materiály

Najväčší podiel na hmotnosti kryštalických panelov tvorí sklo a hliník. U tenkovrstvových panelov je to sklo (95 %). Oba tieto materiály sú takmer 100 % recyklovateľné. Ostatné kovové materiály, ktoré sa nachádzajú v paneloch, sú cennými surovinami, ktoré je možné tiež z panelov vyťažiť. Plastové časti sa väčšinou nerecyklujú.

Hliník - 200 MJ/kg elektriny sa spotrebuje na výrobu 1 kila hliníku. Tento proces je energeticky veľmi náročný a predstavuje zhruba 8 % spotreby energie pri výrobe celého panelu. V súčasnosti sú preto vyrábané panely aj bez hliníkového rámu. Toto opatrenie nie je vôbec nutné, pretože hliník z panelov je veľmi jednoduché a energeticky nenáročné vyťažiť späť. Na recyklovanie jedného kila hliníku je energetická náročnosť iba 8 MJ tepelnej energie pri takmer 100% vyťažiteľnosti.

Sklo - je základným konštrukčným dielom všetkých druhov fotovoltaických panelov. V prípade recyklácie je možné znížiť spotrebu energie pri výrobe fotovoltaických panelov až o 40 %. Recyklácia výrazne znižuje nároky na ťažbu surovín a kapacity skládok odpadu. Výhodou recyklácie skla je možnosť výrobok recyklovať na pôvodný stav.

Plastové časti - vplyvom klimatických podmienok degradujú. Nedajú sa jednoducho recyklovať na pôvodný výrobok, preto sa spaľujú a použije sa len ich uvoľnená energia.

Fotovoltaické články - pri klasickej kryštalickej technológii sa podiel článkov pohybuje len v jednotkách percent. Kryštalické články sa podieľajú až 80 % na spotrebe energie použitej pri výrobe panelov a okolo 50 % na jeho cene. Na konci životnosti panelov sú články takmer nezmenené. Pri tenko-vrstvových paneloch je podiel článkov ešte o jeden, dva rady nižší. Ale aj v tomto prípade sa jedná o cenné polovodičové materiály, ktorých recyklácia je výhodnejšia ako ich ťažba.

Ťažké kovy - sú zanedbateľné z ekonomického, hmotnostného a energetického hľadiska. Napriek tomu je nutná ich recyklácia, pretože sú toxické voči životnému prostrediu. Recyklovanie je energeticky a materiálovo rovnaké ako ich ťažba z primárnych surovín.

[27]

B. VÝPOČTOVÁ ČASŤ

B.1 Popis objektu

B.1.1 Stavebná časť

Budova sa nachádza v areáli Vysokého učenia technického Fakulty stavebnej v Brne zo strany ulice Rybkova. Budova bola realizovaná v roku 1971 použitím železobetónového montovaného skeletu občianskych stavieb o dĺžkach 4,80 2,40 4,80 na 6,0 m ako sedem podlažný objekt s jedným podzemným, jedným podkrovným a piatimi nadzemnými podlažiami, avšak v roku 2001 bola rekonštruovaná. Nosnú konštrukciu tvoria priečne nosné rámy zostavené z prefabrikovaných stĺpov a rámových priečelí, ktoré po zmonolitnení pôsobia ako rámová konštrukcia s tuhými styčníkmi. Obvodové steny sú tvorené panelmi o hrúbke 25 cm, tepelnou izoláciou z minerálnej vaty a obvodového plášťa z keramických dosiek. Podlaha v suteréne je tvorená násypom, vyrovnávacím betónom, hydroizoláciou, betónovou mazaninou a keramickou dlažbou. Okná sú plastové zdvojené. Strecha je po rekonštrukcii valbová so sústavou sedlových vikierov, spĺňa prísne tepelne technické požiadavky normy ČSN 73 0540:2011 na súčiniteľ prestupu tepla. Objekt je spojený s budovami B a E2. Na severozápadnej strane sa nachádza hlavný vchod do budovy opatrený rampou. Nad hlavným vstupom je kovová konštrukcia pre vytvorenie tienenia a krytého miesta pred budovou pre fajčiarov. Budova je využívaná na vzdelávacie účely.

Obrázok 18: Predmet auditu - Vzdelávacia budova fakulty stavebnej v Brne

B.1.2 Posúdenie tepelne technických vlastností konštrukcie budovy

Bolo spravené porovnanie súčiniteľov prestupu tepla konštrukcií na systémovej hranici budovy s požadovanými hodnotami normy ČSN 73 0540-2:2011, ktoré sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 2: Požadované a doporučené hodnoty súčiniteľu prestupu tepla pre budovy s prevládajúcou návrhovou vnútornou teplotou v intervale 18°C až 22°C vrátane [8]

Popis konštrukcie	Súčiniteľ prestupu tepla [W/(m²·K)]		
	Požadované hodnoty UN,20	Doporučené hodnoty Urec,20	Doporučené hodnoty pre pasívne budovy Upas,20
Stena vonkajšia	0,30	ťažká: 0,25; ľahká: 0,20	0,18 až 0,12
Strecha strmá so sklonom 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Strecha plochá a šikmá so sklonom do 45°vrátane	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad vonkajším priestorom	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevykurovanou povalou (so strechou bez tepelnej izolácie	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stena k nevykurovanej povale (so strechou bez tepelnej izolácie)	0,30	ťažká: 0,25; ľahká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stena k vykurovanému priestoru priľahlému k zemine	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stena vnútorná z vykurovaného k nevykurovanému priestoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stena vnútorná z vykurovaného k temperovanému priestoru	0,75	0,50	0,30 až 0,20
Strop a stena vonkajšia z temperovaného priestoru k vonkajšiemu prostrediu	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stena temperovaného priestoru priľahlá k zemine	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stena medzi susednými budovami	1,05	0,70	0,50
Strop medzi priestormi s rozdielom teplôt do 10°C vrátane	1,05	0,70	-
Stena medzi priestormi s rozdielom teplôt do 10°C vrátane	1,30	0,90	-
Strop medzi priestormi s rozdielom teplôt do 5°C vrátane	2,20	1,45	-
Stena medzi priestormi s rozdielom teplôt do 5°C vrátane	2,70	1,80	-

Výplň otvoru vo vonkajšej stene a strmej streche z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredie, okrem dverí	1,50	1,20	0,80 až 0,60
Šikmá výplň otvoru so sklonom do 45°, z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia	1,40	1,10	0,90
Dverná výplň otvoru z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia (vrátane rámu)	1,70	1,20	0,90
Výplň otvoru vedúca z vykurovaného priestoru do temperovaného priestoru	3,50	2,30	1,70
Výplň otvoru vedúca z temperovaného priestoru do vonkajšieho prostredia	3,50	2,30	1,70
Šikmá výplň otvoru so sklonom do 45°, z temperovaného priestoru do vonkajšieho prostredia	2,60	1,70	1,40

Tabuľka 3: Skladba obvodovej steny a posúdenie

Typ konštrukcie	Skladba	Hrúbka vrstvy [mm]
Obvodová stena	Keramická doska ob. plášťa	35
	Tepelná izolácia	120
	Železobetón	250
	Vnútorná vápenná omietka	30
Tepelný odpor konštrukcie R [m2K/W]		**2**
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U [W/m2K]		**0,5**
Normová požiadavka na súč. prestupu tepla U požadovaný/doporučený		**0,3/0,25**
Posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011		**NEVYHOVUJE**

Tabuľka 4: Skladba podlahy na teréne a posúdenie

Typ konštrukcie	Skladba	Hrúbka vrstvy [mm]
Podlaha na teréne	Podkladový betón	150
	Hydroizolácia	10
	Betónová mazanina	100
	Keramická dlažba	10
Tepelný odpor konštrukcie R [m2K/W]		**0,91**
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U [W/m2K]		**1,1**
Normová požiadavka na súč. prestupu tepla U požadovaný/doporučený		**0,45/0,3**
Posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011		**NEVYHOVUJE**

Tabuľka 5: Skladba strechy a posúdenie

Typ konštrukcie	Skladba	Hrúbka vrstvy [mm]
Strecha	Strešná krytina	30
	Kontralaty 40x60mm	60
	Hydroizolačná vrstva difúzne otvorená	10
	tepelná izolácia	200
	Parotesná zábrana	10
	Konštrukcia podhľadu	200
Tepelný odpor konštrukcie R [m2K/W]		**4,3**
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U [W/m2K]		**0,23**
Normová požiadavka na súč. prestupu tepla U požadovaný/doporučený		**0,24/0,16**
Posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011		**VYHOVUJE**

Tabuľka 6: Súčinitele prestupu tepla pôvodný stav konštrukcií - porovnanie s požadovanými a doporučenými hodnotami podľa normy ČSN 73 0540-2:2011

Typ konštrukcie	Pôvodný stav	Požadované U	Doporučené U	Posúdenie
Obvodová stena	0,5	0,30	0,25	**NEVYHOVUJE**
Podlaha na teréne	1,1	0,45	0,30	**NEVYHOVUJE**
Šikmá strecha	0,23	0,24	0,16	**VYHOVUJE**
Okná	2,8	1,50	1,20	**NEVYHOVUJE**
Dvere	2,8	1,70	1,20	**NEVYHOVUJE**

Z pôvodných obalových konštrukcií vyhovuje iba strecha. Ostatné konštrukcie nesplňujú súčasné tepelne technické požiadavky normy ČSN 73 0540-2:2011.

B.2 Energetické systémy budovy

Energetické hospodárstvo obsahuje dva druhy spotrebovávaných energií, a tými sú tepelná energia a elektrická energia. Zdrojom tepla je teplovodná výmenníková stanica inštalovaná v budove D2 areálu Fakulty stavebnej. Tepelná energia z tejto stanice je dovedená vonkajším vykurovacím kanálom do technickej miestnosti prvého podzemného podlažia v budove E1 do miestnosti č. 010 a spotrebúva sa na vykurovanie a ohrev teplej vody. Vykurovacia voda je vedená do kombinovaných rozdeľovačov so zberačom, jedným pre vykurovanie a ohrev teplej vody v objekte E1 a druhým pre vykurovanie a ohrev teplej vody v objekte E2. Na kombinovanom rozdeľovači so zberačom pre objekt E1 sú inštalované celkom štyri samostatné uzatvárateľné vetvy:

- ÚT1 - vykurovanie objektu E1
- ÚT2 - vykurovanie časti 6. nadzemného podlažia objektu E2
- TZB - napojenie zariadení v laboratóriu TZB
- TUV 1 - ohrev teplej úžitkovej vody pre objekt E1 v ohrievači TUV stojatom o obsahu 630 l

Obrázok 19: Rozdelovač so sberačom v miest. č.010

Obrázok 20: Zásobník TUV 630 l

V objekte je nainštalovaná teplovodná sústava s núteným obehom a teplotným spádom vykurovacej vody 90 / 70°C. Teplovodné potrubie pre vykurovanie radiátormi v objekte E1 je vedené pod stropom 1. podzemného podlažia súprúdnym rozvodom k jednotlivým stúpačkám. Na každej stúpačke sú osadené uzatváracie a vypúšťacie armatúry. Teplovodné potrubie pre vykurovanie časti 6. nadzemného podlažia je privedené z kombinovaného rozdeľovača so zberačom do 6. nadzemného podlažia a v podlahe rozvedené taktiež súprúdnym rozvodom k jednotlivým radiátorom. Obe vetvy sú ekvitermne regulované. Teplovodné potrubie pre napojenie TZB laboratória v 5. nadzemnom podlaží je privedené do dielčieho teplovodného rozdeľovača so zberačom.

Vykurovacie telesá sú doskové, rady RADIK KLASIK. Všetky radiátory okrem radiátorov v sociálnych zariadeniach sú vybavené regulačnými ventilmi s termostatickými hlavicami. Radiátory v sociálnych zariadeniach sú vybavené regulačnými ventilmi bez termostatických hlavíc.

Obrázok 21: Doskový radiátor

Všetky horizontálne rozvody potrubia sú tepelne izolované. Stúpacie potrubie a prípojky k radiátorom sú bez izolácie.

Elektrická energia je využívaná na osvetlenie, napájanie strešných chladiacich jednotiek a používanie elektrických spotrebičov. Elektrické rozvody sú rozdelené na samostatné svetelné okruhy a zásuvkové okruhy. Osvetlenie v objekte je z časti z trubicových a z časti z kompaktných žiariviek. Rozvody elektrickej energie sú vedené v medených kábloch.

6. nadzemné podlažie je vybavené klimatizačnými jednotkami značky ACOND so systémom VRF (variabilným prúdením chladiva). Na streche sú nainštalované dve vonkajšie kondenzačné jednotky a 12 vnútorných nástenných jednotiek.

Budova je používaná ako vzdelávacia inštitúcia patriaca pod Vysoké učení technické v Brne.

B.3 Energetická náročnosť budovy

B.3.1 Tepelné straty obálkovou metódou

Pre výpočet tepelných strát obálkovou metódou je nutné si rozdeliť typy obalových konštrukcií podľa normy ČSN 73 0540-2:2011, stanoviť plochy jednotlivých konštrukcií, zistiť súčinitele prestupu tepla (U) a teplotný rozdiel (ΔT).

Teplotný rozdiel (ΔT) je 32°C, pretože vonkajšia výpočtová teplota pre Brno je -12°C a výpočtová vnútorná teplota v objekte je stanovená na 20°C.

Keď poznáme tieto údaje, tak vieme na základe vzťahu

$$\Phi_{T,i} = A*U*\Delta T$$

vypočítať stratu prestupom jednotlivých typov konštrukcií.

Tabuľka 7: Strata prestupom obalových konštrukcií podľa obálkovej metódy

Konštrukcia	Plocha A [m^2]	Súčiniteľ prestupu tepla U [$W/m^2.K$)]	Požadovaný súčiniteľ U_N [$W/m^2.K$)]	Teplotný rozdiel ΔT [°C]	Strata prestupom $\Phi_{T,i}$ [kW]
Okná	503,2	2,8	1,5	32	45,09
Dvere	1,6	2,8	1,7	32	0,14
Strecha	1529,83	0,23	0,24	32	11,26
Podlaha na teréne	714	1,1	0,45	32	25,13
Obvodová stena	2569,86	0,5	0,3	32	41,12
Celkom	**5318,49**				**122,74**

Tepelné väzby = 5318,49 * 0,1 * 32 = 17,02kW

ΔU = 0,1 - straty tepelnými mostami, úroveň prevedenia nízka (v čase realizácie budovy bežná hodnota)
Strata prestupom celkom = 122,74 + 17,02 = 139,76 kW

Strata vetraním
Množstvo vzduchu infiltráciou = 9 237,7 m^3
Množstvo vzduchu prirodzeným vetraním = 10 264 m^3
Pre ďalší výpočet sa použije vyššia hodnota.
Strata vetraním Φ_V = 111,672 kW

Celková strata objektu Φ = 251,4 kW

B.3.2 Energetické vstupy

Energiami, ktoré vstupujú do budovy sú teplo z výmenníkovej stanice a elektrická energia. Budova je napojená na pitnú vodu z verejného vodovodu. Prívod tepla a elektrickej energie sú vybavené meracím zariadením na určenie spotreby energie. Zadávateľ projektu poskytol fakturačné údaje za posledné tri roky prevádzky objektu. Počas daného obdobia nedošlo k žiadnym zmenám inštalovaného výkonu ani k nejakým rekonštrukciám, ktoré by mohli výrazne ovplyvniť spotrebu energie.

Tabuľka 8: Množstvo dodanej energie v roku 2012

Vstupy palív a energie	Jednotka	Množstvo	Výhrevnosť na GJ/jednotku	Prepočet na GJ	Ročné náklady v tis. Kč
Teplo	GJ	1101		1101	558,207
Elektrická energia	MWh	72,449	3,6	260,82	305,01029
Celkom vstupy palív a energie				**1361,82**	**863,22**
Celkom spotreba palív a energie				**1361,82**	**863,22**

Tabuľka 9: Množstvo dodanej energie v roku 2013

Vstupy palív a energie	Jednotka	Množstvo	Výhrevnosť na GJ/jednotku	Prepočet na GJ	Ročné náklady v tis. Kč
Teplo	GJ	1668		1668	845,676
Elektrická energia	MWh	117,468	3,6	422,88	494,54028
Celkom vstupy palív a energie				**2090,88**	**1 340,22**
Celkom spotreba palív a energie				**2090,88**	**1 340,22**

Tabuľka 10: Množstvo dodanej energie v roku 2014

Vstupy palív a energie	Jednotka	Množstvo	Výhrevnosť na GJ/jednotku	Prepočet na GJ	Ročné náklady v tis. Kč
Teplo	GJ	1345		1345	681,915
Elektrická energia	MWh	104,353	3,6	375,67	439,32613
Celkom vstupy palív a energie				**1720,67**	**1 121,24**
Celkom spotreba palív a energie				**1720,67**	**1 121,24**

Kvôli výpočtu bolo nutné celkovú spotrebu tepla rozdeliť na teplo, ktoré sa spotrebuje na vykurovanie objektu a teplo, ktoré je nutné na prípravu teplej vody. Dané spotreby môžeme vidieť v nasledujúcich tabuľkách.

Tabuľka 11: Rozdelenie spotreby tepla v roku 2012

Spôsob spotreby tepla	Jednotka	Množstvo	Ročné náklady v tis. Kč
Vykurovanie	GJ	1002,36	508,20
Ohrev teplej vody	GJ	98,64	50,01

Tabuľka 12: Rozdelenie spotreby tepla v roku 2013

Spôsob spotreby tepla	Jednotka	Množstvo	Ročné náklady v tis. Kč
Vykurovanie	GJ	1586,68	804,45
Ohrev teplej vody	GJ	81,32	41,23

Tabuľka 13: Rozdelenie spotreby tepla v roku 2014

Spôsob spotreby tepla	Jednotka	Množstvo	Ročné náklady v tis. Kč
Vykurovanie	GJ	1278,1	648,00
Ohrev teplej vody	GJ	66,9	33,92

Pre stanovenie správnosti energetického modelu budovy vzhľadom k spotrebám energie z faktúr od zadávateľa bola použitá denostupňová metóda.
Denostupne slúžia k charakteristike vonkajších teplôt v priebehu určitého časového úseku (vykurovacej sezóny). Výpočet sa robí podľa nasledujúceho vzťahu:

$$DO = n*(t_v-t_{zp})$$

kde DO počet dní vo vykurovacom období
n počet dní vo vykurovacom období
t_v priemerná teplota vzduchu vo vykurovanom objekte v °C
t_{zp} priemerná vonkajšia teplota vo vykurovacom období v °C

Tabuľka 14: Prehľad reálnej spotreby energie a spotreby podľa denostupňovej metódy

	Jednotka	Rok 2012	Rok 2013	Rok 2014
Fakturovaná spotreba tepla na vykurovanie	GJ/rok	1002,36	1586,68	1278,1
Ročná spotreba tepla na vykurovanie stanovená z denostupňovej metódy	GJ/rok	1973,2	2028,3	1689,4
Rozdiel medzi fakturovanou potrebou tepla a spotrebou určenou z denostupňovej metódy	**GJ**	**-970,84**	**-441,62**	**-411,3**
	%	**-49,20**	**-21,77**	**-24,35**
Normový počet denostupňov DN	d.K	3461,1	3461,1	3461,1
Skutočný počet denostupňov D	d.K	3429,4	3525,2	2936,3
Priemerná vnútorná teplota t_i	°C	20	20	20
Priemerná vonkajšia teplota t_e	°C	6,9	6,3	8,4
Počet vykurovaných dní d	-	216	225	218
Normový počet dní vykurovania d_N	-	224	224	224
Normová priemerná vonkajšia teplota T_{eN}	°C	4,4	4,4	4,4

Keďže rozdiel medzi fakturovanou spotrebou a ročnou spotrebou podľa denostupňovej metódy je značne veľký, tak energetický model bude vychádzať z reálnych fakturovaných spotrieb energií. Táto odchýlka môže byť spôsobená užívaním objektu.

B.4 Výpočtový model

Na výpočet tepelnej straty a spotrieb energie bol použitý software Stavební fyzika - Energie 2010.

Modelovanie budovy je založené na princípe zónového modelu budovy. Zónovaním objektu sa rozumie geometrické rozdelenie budovy na jednotlivé časti, ktoré sa vyznačujú špecificky ovplyvňujúcou vlastnosťou na výslednej výške energie. Na základe tohto pravidla je objekt rozdelený do 4 navzájom sa ovplyvňujúcich zón:

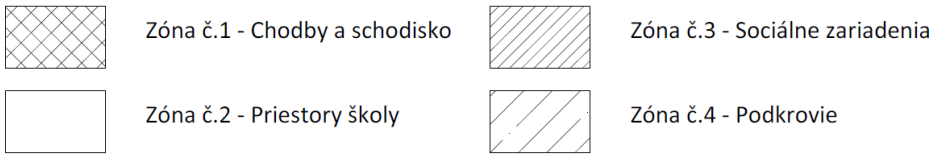
Zóna č.1 - Chodby a Schodisko - Do tejto zóny sú zaradené komunikačné priestory, ktorými sú všetky schodiská a chodby v objekte

Zóna č.2 - Priestory školy - V zóne sa nachádzajú všetky prednáškové miestnosti, učebne, kabinety profesorov, laboratória, pracovne doktorandov, s výnimkou miestností na 6. nadzemnom podlaží

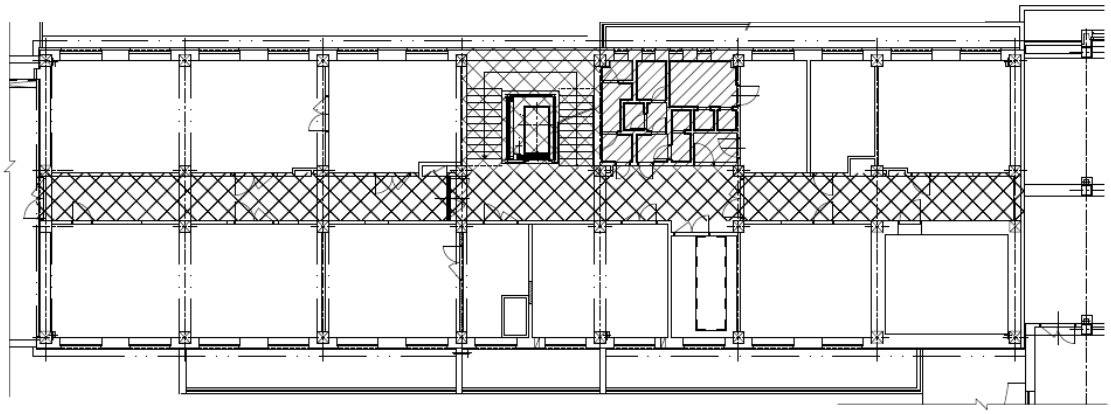
Zóna č.3 - Sociálne zariadenia - V tejto zóne sú zaradené miestnosti s pisoármi, toaletami a kuchynky

Zóna č. 4 - Podkrovie - Nachádzajú sa tu učebne, kabinety profesorov, pracovne doktorandov

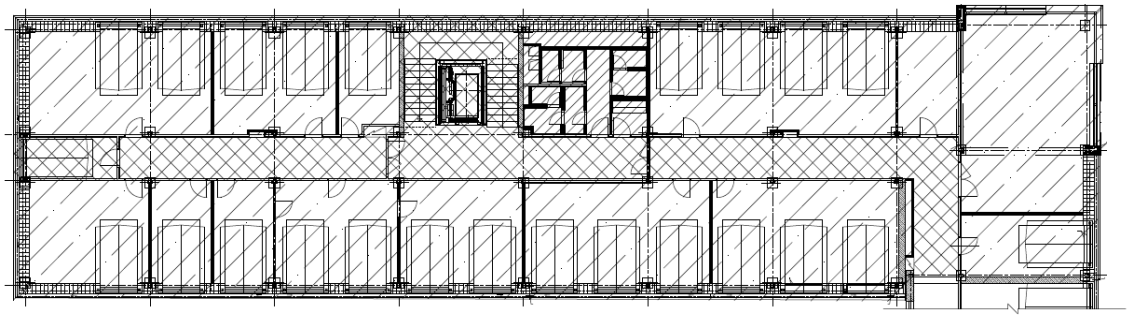
Schémy pôdorysného zónovania objektu sú naznačené na nasledujúcich obrázkoch.



Obrázok 22: Šrafovanie jednotlivých typov zón



Obrázok 23: Zónovanie objektu v 1.PP - 5. NP



Obrázok 24: Zónovanie objektu v 6. NP

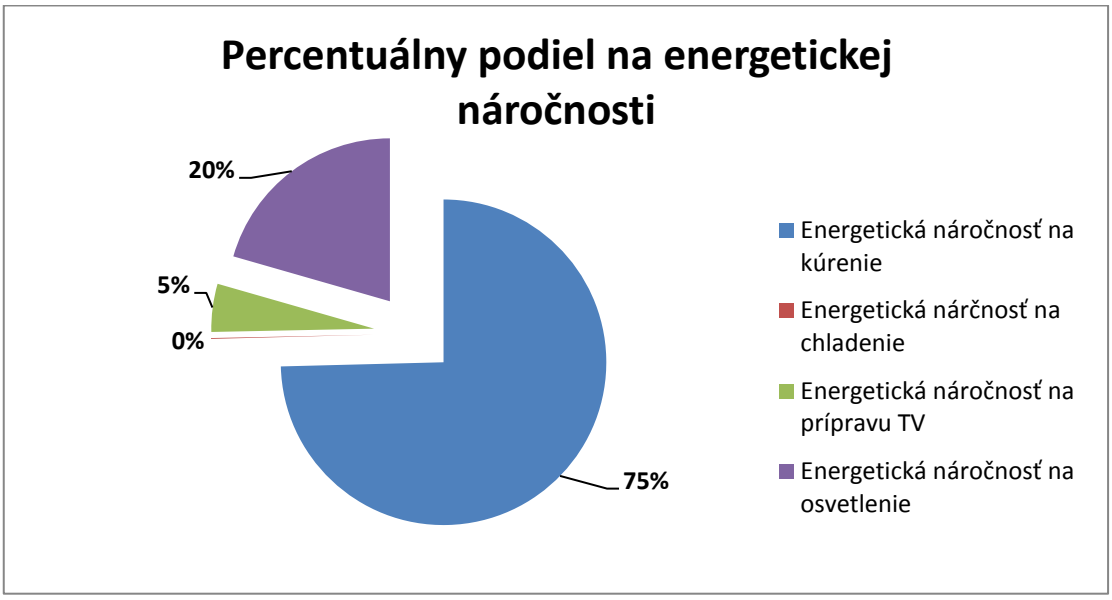
Objekt je následne zadaný do výpočtového programu Energia 2010. Sú spočítané jednotlivé plochy konštrukcií, je zohľadnený účel budovy, spôsob získavania tepla a prípravy teplej vody. Model je naladený na reálne spotreby energií poskytnuté zadávateľom, čo umožňuje dosiahnutie čo najväčšej presnosti pri návrhu úsporných opatrení.

B.5 Energetická náročnosť - Pôvodný stav

Z programu Energia 2010 vidíme energetickú náročnosť podľa jednotlivých miest spotreby, ktorými sú kúrenie, chladenie, osvetlenie budovy a príprava teplej vody.

Tabuľka 15: Energetická náročnosť objektu - pôvodný stav

	Spotreba v GJ/rok	Percentuálny podiel
Energetická náročnosť na kúrenie	1286,8	74,6
Energetická náročnosť na chladenie	1,44	0,1
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	4,8
Energetická náročnosť na osvetlenie	354,6	20,6
Celková energetická náročnosť	**1725,12**	**100**



Graf 1: Percentuálny podiel spotreby energie - pôvodný stav

Z uvedeného grafu usudzujem, že najväčšie potenciálne úspory sa nachádzajú v stavebnej časti budovy a spotrebe elektrickej energie na osvetlenie.

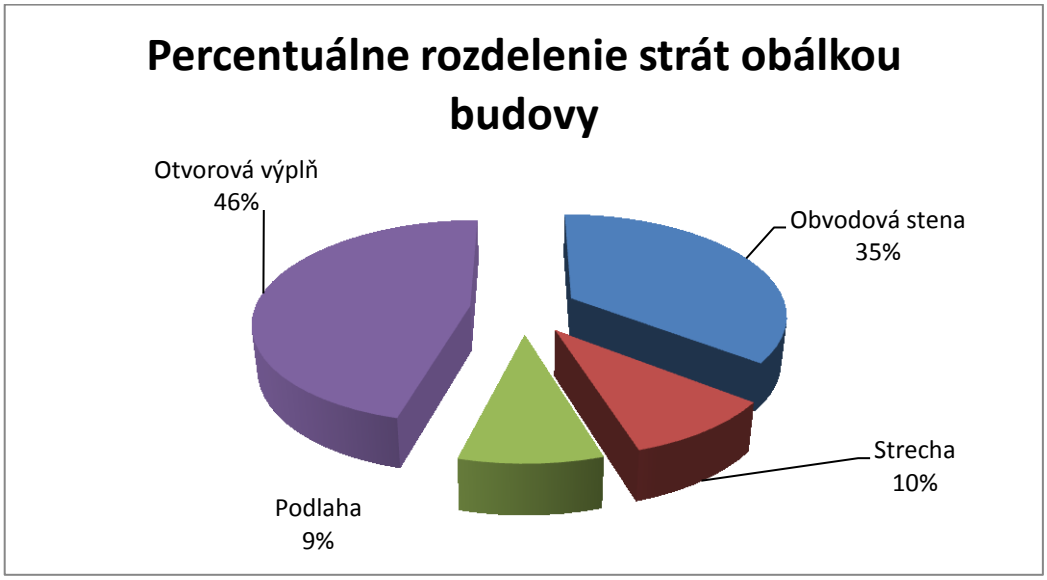
Tepelne technické výpočty boli spočítané programom Energia 2010 podľa ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov.
Merná tepelná strata budovy je podľa programového výpočtu (podľa vyhlášky č. 148/2007 Sb., ČSN 73 0540-4 v súlade ČSN EN ISO 13 790, ČSN EN 832).
H = 6 953,9 W/K. Detailný popis resp. výstup z programu Energia sa nachádza v Prílohe.

Percentuálny podiel celkových tepelných strát objektu je vyčíslený v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 16: Rozdelenie tepelných strát objektu - Pôvodný stav

Rozdelenie tepelných strát	H [W]	Percentuálny podiel [%]
Obvodová stena	41 118	20,0
Strecha	11 260	5,5
Podlaha	10 291	5,0
Otvorová výplň	53 214	25,9
Tepelná strata výmenou vzduchu	89 339	43,5
Tepelná strata obálkou budovy	**115 883**	**56,5**
Celková tepelná strata	**205 222**	**100**

Celková tepelná strata objektu podľa výpočtového programu Energia 2010 v hodnotenom období predstavuje **205,2 kW**.



Graf 2: Percentuálny podiel teplelných strát obálkou budovy - Pôvodný stav

Z grafu vyplýva, že potenciálne úspory energie budeme hľadať hlavne v rekonštrukcii otvorovej výplne a obvodového plášťa. Najväčší podiel tepelných strát prechádza cez okná (46%).

B.6 Tepelné straty budovy - Nový stav

V rámci zlepšenia tesnosti obálky budovy je navrhnutá výmena súčasných okien, ktoré majú súčiniteľ prestupu tepla U=2,8 W/(m^2.K), za nové ktoré budú spĺňať požiadavky normy ČSN 73 0540-2:2011. Navrhované okná sú plastové s izolačným trojsklom a novým súčiniteľom prestupu tepla U=0,7 W/m^2.K. Podrobnejšie spracovanie tohto návrhu a ekonomické zhodnotenie sa nachádza v časti C. Energetický audit.

Napriek tomu, že obvodové steny už obsahujú izoláciu z minerálnej vlny, nesplňujú momentálne požiadavky normy ČSN 73 0540-2:2011 na súčiniteľ prestupu tepla U=0,3 W/(m^2.K). Aktuálna hodnota súčiniteľu prestupu tepla je U=0,5 W/m^{2}K. Preto sa navrhuje obvodové steny doplniť o väčšiu hrúbku minerálne vlny. Podrobnejšie spracovanie tohto návrhu a ekonomické zhodnotenie sa nachádza v časti C. Energetický audit.

Mimo stavebnej časti je navrhnutá výmena osvetlenia. Súčasné žiarivky sú kompaktné alebo lineárne nižšej kvality a životnosti. Je navrhnutá výmena všetkých žiariviek za LED osvetlenie, ktoré má síce vyššiu cenu, ale má aj dlhšiu životnosť a vyžaduje nižší príkon pri rovnakej svietivosti. Podrobnejšie spracovanie tohto návrhu a ekonomické zhodnotenie sa nachádza v časti C. Energetický audit.

Tabuľka 17: Súčinitele prestupu tepla nový stav konštrukcií - porovnanie s požadovanými a doporučenými hodnotami podľa normy ČSN 73 0540-2:2011

Typ konštrukcie	Nový stav	Požadované U	Doporučené U	Posúdenie
Obvodová stena	0,19	0,30	0,25	VYHOVUJE
Podlaha na teréne	1,1	0,45	0,30	NEVYHOVUJE
Šikmá strecha	0,23	0,24	0,16	VYHOVUJE
Otvorová výplň	0,7	1,50	1,20	VYHOVUJE

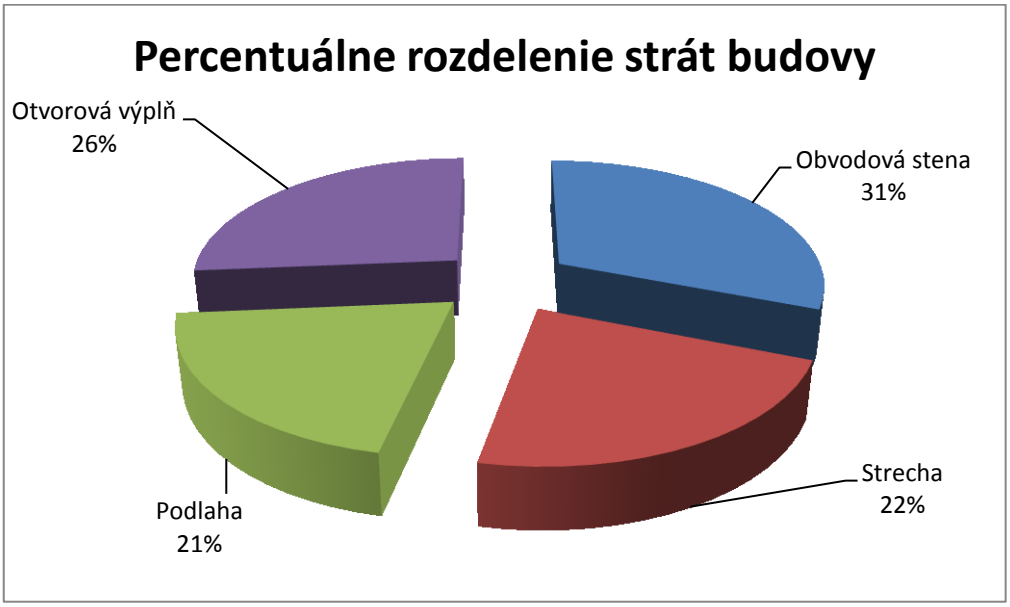
Merná tepelná strata budovy je podľa programového výpočtu (podľa vyhlášky č. 148/2007 Sb., ČSN 73 0540-4 v súlade ČSN EN ISO 13 790, ČSN EN 832).
H = 4 910 W/K. Detailný popis resp. výstup z programu Energia sa nachádza v Prílohe.

Percentuálny podiel celkových tepelných strát objektu je vyčíslený v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 18: Rozdelenie tepelných strát objektu - Nový stav

Rozdelenie tepelných strát	H [W]	Percentuálny podiel [%]
Obvodová stena	15 625	31,0
Strecha	11 260	22,3
Podlaha	10 291	20,4
Otvorová výplň	13 304	26,4
Tepelná strata výmenou vzduchu	89 339	63,9
Tepelná strata obálkou budovy	**50 480**	**36,1**
Celková tepelná strata	**139 819**	**100**

Celková tepelná strata objektu podľa výpočtového programu Energia 2010 v hodnotenom období predstavuje **139,8 kW**.



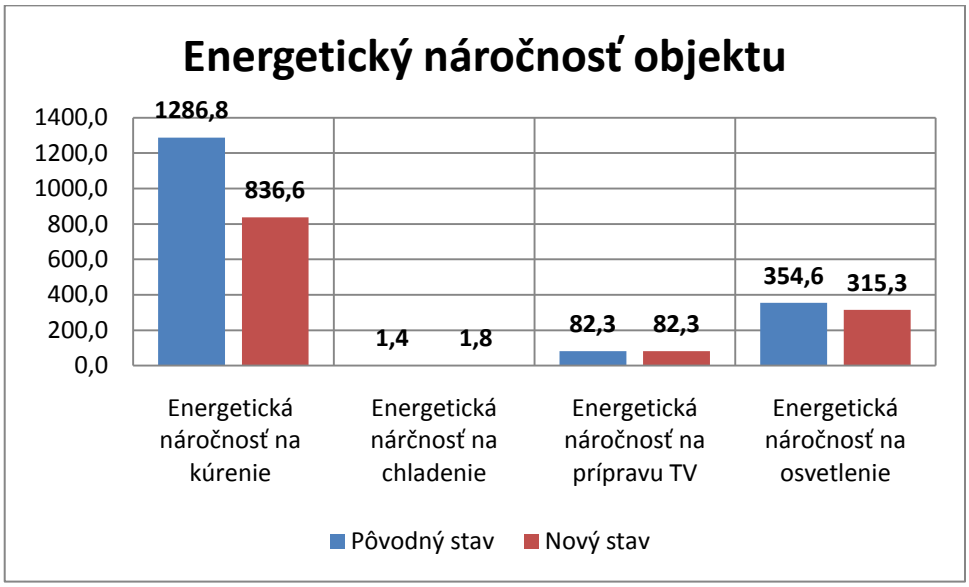
Graf 3: Percentuálny podiel tepelných strát obálkou budovy - Nový stav

Z grafu vyplýva, že tepelné straty sú takmer rovnomerné všetkými typmi obalových konštrukcií. Úsporné opatrenia zo stavebnej stránky boli zvolené vhodne.

V nasledujúcej tabuľke sa nachádzajú energetická náročnosť objektu po zapracovaní navrhovaných úsporných opatrení, ktorými boli po stavebnej stránke výmena otvorovej výplne a dodatočná izolácia fasády, po tzb stránke výmena žiariviek za úspornejšie LED žiarivky.

Tabuľka 19: Posúdenie energetickej náročnosti - nový stav

	Spotreba v GJ/rok	Percentuálny podiel
Energetická náročnosť na kúrenie	836,6	67,7
Energetická náročnosť na chladenie	1,8	0,1
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,3	6,7
Energetická náročnosť na osvetlenie	315,3	25,5
Celková energetická náročnosť	**1236,092**	**100**



Graf 4: Porovnanie energetickej náročnosti pôvodného stavu a nového stavu objektu

Z grafu vyplýva, že navrhované úsporné opatrenia boli zvolené vhodne. Dosiahli sme úsporu energie jak vo vykurovaní, tak v spotrebe elektrickej energie počas prevádzky objektu.

C. ENERGETICKÝ AUDIT

ENERGETICKÝ AUDIT :

BUDOVA ŠKOLY VUT
RYBKOVA 530/2A
602 00 BRNO

Technické. energetické, ekonomické a finančné vyhodnotenie energetického hospodárstva zadanej budovy - spracovaný energetický audit v zmysle Zákona č. 406/2006 Sb. Ministerstva priemyslu a obchodu o hospodárení s energiami, resp. Vyhlášky č. 480/2012 Sb. Ministerstva priemyslu a obchodu o energetickom audite a energetickom posudku.

Zadávateľ auditu: Fakulta stavebná - Vysoké učení technické
Veveří 331/95, 602 00 Brno

Spracovateľ auditu: Bc. Ján Kořista

Termín odovzdania: 15.1.2016

C.1 Identifikačné údaje energetického auditu

Kapitola je spracovaná podľa §3 Vyhlášky 480/2012 Sb. a obsahuje údaje o vlastníkovi, zadávateľovi (prevádzkarovi), spracovateľovi a o predmete energetického auditu.

Vlastník budovy energetického auditu

Vlastník:	Vysoké učení technické v Brne
Adresa:	Antonínská 548/1, 601 90 Brno
Telefón:	+420 541 141 111
E-mail:	vut@vutbr.cz

Zadávateľ (prevádzkar) budovy energetického auditu

Zadávateľ (prevádzkar):	Fakulta stavebná - Vysoké učení technické
Adresa:	Veveří 331/95, 602 00 Brno
Telefón:	+420 541 141 111
E-mail:	info@fce.vutbr.cz

Spracovateľ energetického auditu

Meno:	Bc. Ján Kořista
Adresa:	Dubová 4, 921 01 Piešťany
Telefón:	+420 775 445 377
E-mail:	korista.jan@gmail.com
Evidenčné číslo audítora:	MPO, číslo 775 zo dňa 11.5.2013

Predmet energetického auditu

Predmet energetického auditu:	Budova školy VUT
Adresa objektu:	Rybkova 530/2A, 602 00 Brno
Katastrálne územie:	Brno
Parcelné číslo:	839/2
Funkcia budovy:	Výuková budova

C.2 Popis pôvodného stavu

Kapitola je spracovaná podľa §4 Vyhlášky 480/2012 Sb. a obsahuje popis pôvodného stavu predmetu energetického auditu s uvedením základných údajov o predmete energetického auditu, popisujúc energetické vstupy a výstupy, zdroje energie, rozvody a spotrebiče. Pôvodný stav je následne podrobený vyhodnoteniu, z ktorého vyplynú možnosti na návrhy energetických opatrení či už v stavebnej časti alebo v oblasti technického zariadenia budovy, ktoré smerujú k zníženiu energetickej náročnosti počas prevádzky budovy.

Základné údaje o predmete energetického auditu
Názov predmetu energetického auditu:
Energetický audit školskej budovy E1 v areáli fakulty stavebnej v Brne

Popis budovy: Budova ma jedno podzemné a šesť nadzemných podlaží, obdĺžnikového pôdorysu. Objekt bol v rokoch 2001 - 2002 rekonštruovaný. Obvodové steny sú tvorené panelmi s hrúbkou 25 cm, tepelnou izoláciou z minerálnej vaty a obvodového plášťa z keramických dosiek. Štítové steny majú hrúbku 37,5 cm a sú vymurované a podobne ako obvodové steny sú dodatočne zaizolované minerálnou vatou a obvodovým plášťom z keramických dosiek. Objekt je spojený s budovami E2 a B. Podlaha v suteréne je tvorená násypom, vyrovnávacím betónom, hydroizoláciou, betónovou mazaninou a keramickou dlažbou. Podzemné podlažie sa nachádza pod celou budovou a je z väčšej časti zapustené, zo strany areálu fakulty sa nachádzajú anglické dvory. Na severozápadnej strane sa nachádza hlavný vchod do budovy opatrený rampou. Nad hlavným vstupom sa nachádza kovová konštrukcia s lexan krytinou pre vytvorenie tienenia a krytého miesta pred budovou. Okna sú plastové zdvojené. Vstupné dvere sú kovové presklené.

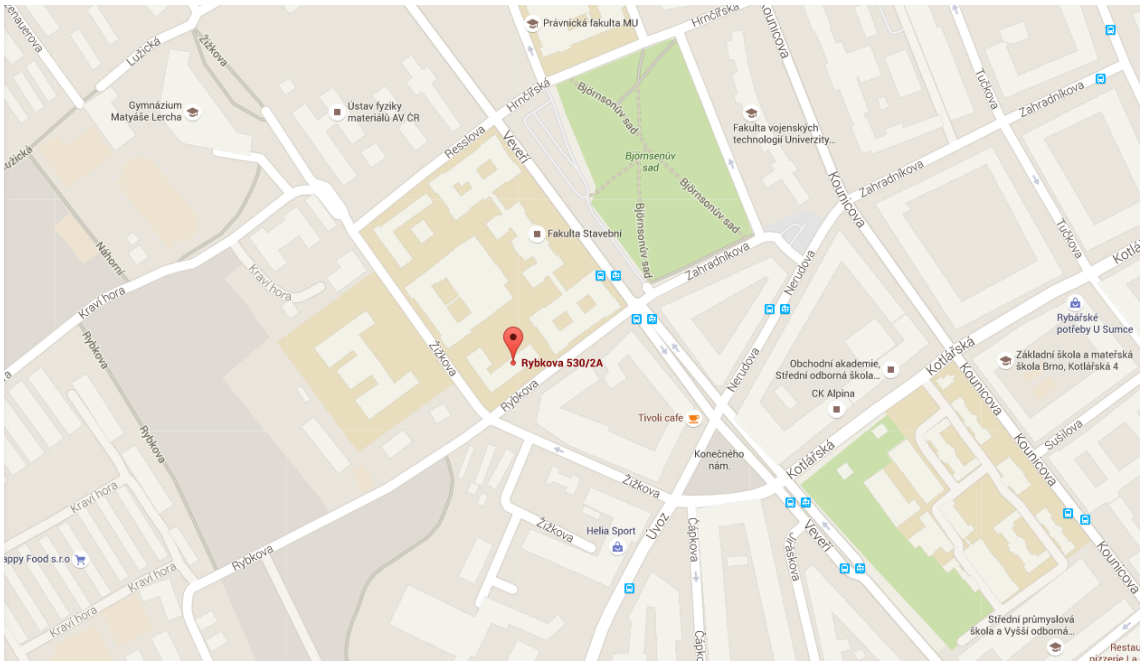
Účel budovy: Škola - učebne, kabinety, laboratória.
Využitie budovy: 5 dní v týždni, celý objekt

Základné výmery budovy:

Tabuľka 20: Geometrické parametre budovy

Geometrické parametre budovy	
Celková podlahová plocha budovy [m^2]	4 934,0
Objem budovy stanovený z vonkajších rozmerov [m^3]	20 528,2
Plocha obalových konštrukcií budovy [m^2]	5 407,6
Faktor tvaru budovy A/V [m^{-1}]	0,26

C.3 Situácia



Obrázok 25: Stuácia - miesto objektu [28]

Obrázok 26: Letecký pohľad na objekt [28]

Obrázok 27: Umiestnenie budovy v areáli Fakulty stavebnej

Fotodokumentácia

Obrázok 28: Pohľad severný

Obrázok 29: Pohľad východný

Obrázok 30: Pohľad juhozápadný

Obrázok 31: Pohľad južný

C.4 Časť technické zariadenia budovy

C.4.1 Energetické vstupy

Energetické hospodárstvo v auditovanom objekte obsahuje nasledujúce druhy spotrebovávaných energií a tými sú teplo a elektrická energia. Zdrojom tepla je teplovodná výmenníková stanica umiestnená v objekte D2. Tepelná energia sa využíva na kúrenie a ohrev teplej vody. Elektrická energia je využívaná na osvetlenie, napájanie strešných chladiacich jednotiek a používanie elektrických spotrebičov.

V nasledujúcich tabuľkách je prehľad spotreby tepla a elektriny za posledné 3 kalendárne roky. Tieto údaje nám poskytol zadávateľ projektu. Studená voda je dodávaná z verejného vodovodu a za pomoci centrálnej výmenníkovej stanice sa jej časť ohrieva na teplú vodu. Počas daného obdobia nedošlo k žiadnym zmenám inštalovaného výkonu ani k nejakým rekonštrukciám, ktoré by mohli výrazne ovplyvňovať spotrebu energie.

Tabuľka 21: Množstvo dodanej energie v roku 2012

Vstupy palív a energie	Jednotka	Množstvo	Výhrevnosť na GJ/jednotku	Prepočet na GJ	Ročné náklady v tis. Kč
Teplo	GJ	1101		1101	558,207
Elektrická energia	MWh	72,449	3,6	260,82	305,01029
Celkom vstupy palív a energie				**1361,82**	**863,22**
Celkom spotreba palív a energie				**1361,82**	**863,22**

Tabuľka 22: Množstvo dodanej energie v roku 2013

Vstupy palív a energie	Jednotka	Množstvo	Výhrevnosť na GJ/jednotku	Prepočet na GJ	Ročné náklady v tis. Kč
Teplo	GJ	1668		1668	845,676
Elektrická energia	MWh	117,468	3,6	422,88	494,54028
Celkom vstupy palív a energie				**2090,88**	**1 340,22**
Celkom spotreba palív a energie				**2090,88**	**1 340,22**

Tabuľka 23: Množstvo dodanej energie v roku 2014

Vstupy palív a energie	Jednotka	Množstvo	Výhrevnosť na GJ/jednotku	Prepočet na GJ	Ročné náklady v tis. Kč
Teplo	GJ	1345		1345	681,915
Elektrická energia	MWh	104,353	3,6	375,67	439,32613
Celkom vstupy palív a energie				**1720,67**	**1 121,24**
Celkom spotreba palív a energie				**1720,67**	**1 121,24**

Kvôli výpočtu bolo nutné celkovú spotrebu tepla rozdeliť na teplo, ktoré sa spotrebuje na vykurovanie a objektu a teplo, ktoré je nutné pre prípravu teplej vody. Dané spotreby môžeme vidieť v nasledujúcich tabuľkách.

Tabuľka 24: Rozdelnie spotreby tepla v roku 2012

Spôsob spotreby tepla	Jednotka	Množstvo	Ročné náklady v tis. Kč
Vykurovanie	GJ	1002,36	508,20
Ohrev teplej vody	GJ	98,64	50,01

Tabuľka 25: Rozdelenie spotreby tepla v roku 2013

Spôsob spotreby tepla	Jednotka	Množstvo	Ročné náklady v tis. Kč
Vykurovanie	GJ	1586,68	804,45
Ohrev teplej vody	GJ	81,32	41,23

Tabuľka 26: Rozdelenie spotreby tepla v roku 2014

Spôsob spotreby tepla	Jednotka	Množstvo	Ročné náklady v tis. Kč
Vykurovanie	GJ	1278,1	648,00
Ohrev teplej vody	GJ	66,9	33,92

Z predchádzajúcich údajov o spotrebách energie boli stanovené priemerné hodnoty spotreby tepla, elektrickej energie a vody, ktoré sú použité v ďalších výpočtoch energetického auditu.

Tabuľka 27: Základné údaje o energetických vstupoch

Pre rok: pred realizáciou projektu					
Vstupy paliv a energie	**Jednotka**	**Množstvo**	**Výhrevnosť GJ/jednotku**	**Prepočet na GJ**	**Ročné náklady v tis. Kč**
Elektrina	MWh	98,9	3,6	356,04	416,37
Teplo	GJ	1369,1			694,13
Zemný plyn	MWh				
Iné plyny	MWh				
Hnedé uhlie	t				
Čierne uhlie	t				
Koks	t				
Iné pevné palivá	t				
TTO	t				
LTO	t				
Nafta	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnoviteľné zdroje	GJ/MWh				

Iné palivá	GJ				
Celkom vstupy paliv a energie				1725,14	1110,50
Zmena stavu zásob paliv (inventarizácia					
Celkom spotreba energie a palív				**1725,14**	**1 110,50**

Vlastné zdroje energie

V budove nie sú inštalované žiadne vlastné zdroje energie a tým pádom nedochádza k predaju energie cudzím subjektom a ani nie sú skladované žiadne palivá.

Tabuľka 28: Základné technické ukazovatele vlastného zdroja energie

r.	Názov ukazovateľa	Jednotka	Hodnota
1	Ročná celková účinnosť zdroja	(%)	
2	Ročná účinnosť výroby elektrickej energie	(%)	
3	Ročná účinnosť výroby tepla	(%)	
4	Spotreba energie v palive na výrobu elektriny	(GJ/MWh)	
5	Spotreba energie v palive na výrobu tepla	(GJ)	
6	Ročné využitie inštalovaného elektrického výkonu	(hod)	
7	Ročné využitie inštalovaného tepelného výkonu	(hod)	

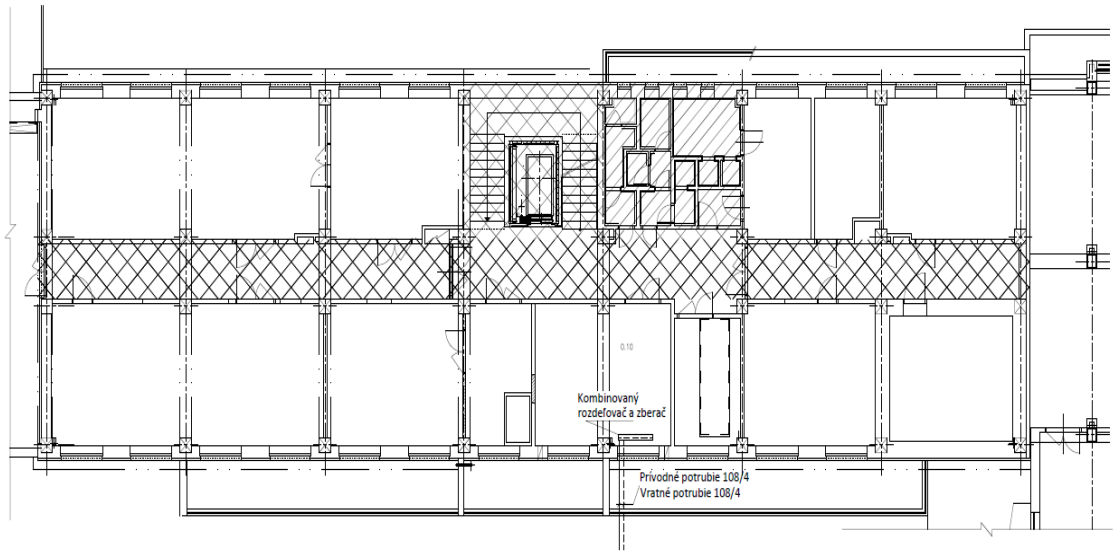
Tabuľka 29: Ročná bilancia výroby z vlastného zdroja energie

r.	Názov ukazovateľa	Jednotka	Hodnota
1	Inštalovaný elektrický výkon celkom	(MW)	
2	Inštalovaný tepelný výkon celkom	(MW)	
3	Výroba elektriny	(MWh)	
4	Predaj elektriny	(MWh)	
5	Vlastná technologická spotreba elektriny na výrobu elektriny	(MWh)	
6	Spotreba energie v palive na výrobu elektriny	(GJ/r)	
7	Výroba tepla	(GJ/r)	
8	Dodávka tepla	(GJ/r)	
9	Predaj tepla	(GJ/r)	
10	Vlastná technologická spotreba tepla na výrobu tepla	(GJ/r)	
11	Spotreba energie v palive na výrobu tepla	(GJ/r)	
12	Spotreba energie v palive celkom	(GJ/r)	

C.4.2 Rozvody energie

Rozvody kúrenia

Zdrojom tepla pre kúrenie a ohrev teplej úžitkovej vody je teplovodná výmenníková stanica umiestnená v objekte D2. Teplovodná prípojka je privedená z výmenníkovej stanice vonkajším topným kanálom do 1. podzemného podlažia objektu E1 miestnosti č. 010. V tejto miestnosti je napojená na kombinovaný rozdeľovač so zberačom, ktorý obsahuje 4 samostatné uzatváracie vetvy a to vetvu UT 1 pre kúrenie v objekte E1, vetvu UT 2 pre kúrenie časti 6. nadzemného podlažia objektu E2, vetvu TZB pre napojenie zariadení v TZB laboratórii a vetvu TUV 1 pre ohrev teplej úžitkovej vody. Teplovodná sústava v objekte E1 je s núteným obehom a teplotným spádom 90/70°C. Teplovodné potrubie pre kúrenie radiátormi je vedené pod stropom 1. podzemného podlažia súprudným rozvodom k jednotlivým stupačkám. Na každej stupačke sú osadené uzatváracie a vypúšťacie armatúry. Teplovodné potrubie na kúrenie časti 6. nadzemného podlažia je privedené z kombinovaného rozdeľovača so zberačom do 6. nadzemného podlažia a v podlahe je vedené taktiež súprudným rozvodom k jednotlivým radiátorom, Tieto dve vetve sú ekvitermne regulované. Teplovodné potrubie na napojenie laboratórie TZB v 5. nadzemnom podlaží je privedené do čiastočného teplovodného rozdeľovača so zberačom.
Všetko horizontálne potrubie je tepelne izolované. Pod izoláciou je základný náter. Stúpacie potrubie a prípojky k radiátorom sú bez izolácie.



Obrázok 32: Prívodné potrubie z výmenníkovej stanice do 1. podzemného podlažia objektu E1

Rozvody chladu

Priestory v 6. nadzemnom podlaží sú mechanicky chladené. Rozvod chladiva R407C je vedený od centrálnej kondenzačnej jednotky v medených trubkách k jednotlivým vnútorným nástenným jednotkám v podhľade.

Rozvody teplej vody

Príprava teplej vody sa realizuje pomocou výmenníkovej stanice v budove D2. Zásobník teplej vody sa nachádza v objekte E1 a má objem 630l. Potrubie v rozvodoch je oceľové, pričom horizontálne aj vertikálne potrubie je izolované. Vzhľadom k rozsiahlym rozvodom teplej vody je použité cirkulačné potrubie.

Rozvody plyn

Plynová prípojka DN50 sa nachádza na hranici oploteného pozemku areálu. Plyn sa v objekte spotrebúva iba na výukové účely a to v TZB laboratórii, kde sú nainštalované dva plynové turbo kotle každý s výkonom 21 kW.

Rozvody elektrickej energie

Rozvody elektrickej energie sú v medených kábloch. Trafo stanica pre budovu E1 je umiestnená v objekte D vedľa výmenníkovej stanice.

Významné elektrické spotrebiče

Medzi významné spotrebiče elektrickej energie sú zaradené vonkajšie kondenzačné jednotky značky ACOND s výkonom 28 a 14kW.

C.5 Tepelne technické vlastnosti budovy

C.5.1 Časť stavebná

Kapitola obsahuje popis súborov technických vlastnosti časti stavebnej budovy umožňujúca formulovať energetické vstupy a tým aj stanoviť energetickú náročnosť pôvodného stavu energetického hospodárstva. Uvedená analýza smeruje k navrhnutiu súboru energetických úsporných opatrení, ktoré odstránia nevýhody pôvodného stavu a zaistia využitie potenciálu možných energetických úspor v stavebnej časti budovy. Energetická náročnosť pôvodného stavu je popísaná parametrami energetickej spotreby určenými tepelne technickými vlastnosťami a geometrickými parametrami obvodových konštrukcií celej budovy. Súbor parametrov energetickej spotreby je tvorený tepelným odporom konštrukcie, priemerným súčiniteľom prestupu tepla celej konštrukcie a geometrickými parametrami obvodových konštrukcií celej budovy.

Obsahom bilancie je posúdenie, či uvedené konštrukcie splňujú požiadavky normy ČSN 73 0540-2:2011.

Tabuľka 30: Skladba konštrukcie obvodovej steny

Typ konštrukcie	Skladba	Hrúbka vrstvy [mm]
Obvodová stena	Keramická doska ob. plášťa	35
	Tepelná izolácia	120
	Železobetón	250
	Vnútorná vápenná omietka	30
Tepelný odpor konštrukcie R [m^2K/W]		**2**
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U [W/m^2K]		**0,5**
Normová požiadavka na súč. prestupu tepla U požadovaný/doporučený		**0,3/0,25**
Posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011		**NEVYHOVUJE**

Tabuľka 31: Skladba konštrukcie podlahy na teréne

Typ konštrukcie	Skladba	Hrúbka vrstvy [mm]
Podlaha na teréne	Podkladový betón	150
	Hydroizolácia	10
	Betónová mazanina	100
	Keramická dlažba	10
Tepelný odpor konštrukcie R [m^2K/W]		**0,91**
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U [W/m^2K]		**1,1**
Normová požiadavka na súč. prestupu tepla U požadovaný/doporučený		**0,45/0,3**
Posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011		**NEVYHOVUJE**

Tabuľka 32: Skladba konštrukcie šikmej strechy

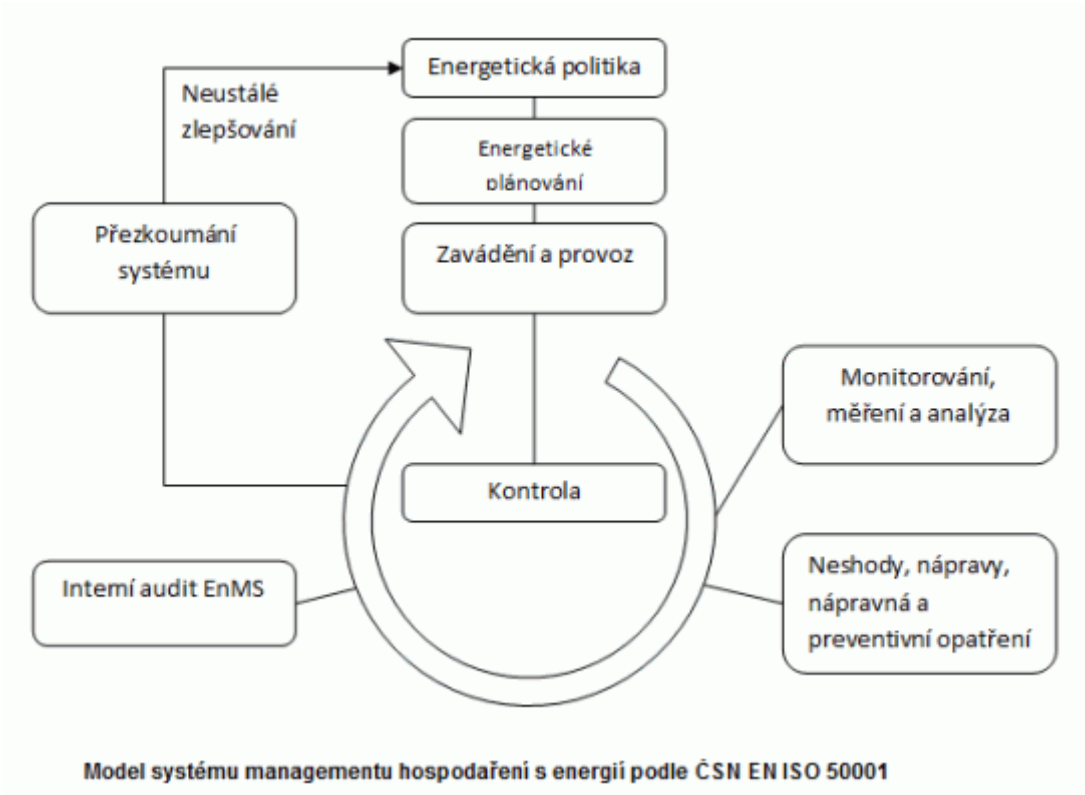
Typ konštrukcie	Skladba	Hrúbka vrstvy [mm]
Strecha	Strešná krytina	30
	Kontralaty 40x60mm	60
	Hydroizolačná vrstva difúzne otvorená	10
	tepelná izolácia	200
	Parotesná zábrana	10
	Konštrukcia podhľadu	200
Tepelný odpor konštrukcie R [m^2K/W]		**4,3**
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U [W/m^2K]		**0,23**
Normová požiadavka na súč. prestupu tepla U požadovaný/doporučený		**0,24/0,16**
Posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011		**VYHOVUJE**

Okná a dvere v objekte sú plastové s dvojsklom, ktoré majú súčiniteľ prestupu tepla U=2,8 W/m^2K.

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla obálky budovy U_{em} je 0,77 W/m^{2}K.
Merná spotreba energie budovy EP,A je 97 kWh/(m^2, a).
Budova sa nachádza v Brne. Okrajové podmienky sú uvažované podľa softwaru Energia pre zadanú lokalitu. Výstup je uvedený v prílohe.

C.5.2 Systém managementu hospodárenia s energiami podľa ČSN EN ISO 50 001

Nebolo zistené, či daný objekt používa práve tento systém hospodárenia s energiami, preto neuvažujeme žiaden systém hospodárenia s energiami.



Obrázok 33: Model systému managementu hospodárenia s energiami

C.5.3 Vyhodnotenie pôvodného stavu predmetu energetického auditu

Vyhodnotenie účinnosti využívania energie

Uvažované hodnoty pre výpočet:

Účinnosť zdielania / distribúcie TV:	95,0 % / 80,0 %
Účinnosť zdielania / distribúcie tepla:	97,0 % / 97,0 %
Účinnosť výroby / regulácie tepla:	99,0 % / 99,0 %
Účinnosť zdielania / distribúcie chladu:	98,0 % / 98,0 %

Vyhodnotenie tepelne technických vlastnosti stavebných konštrukcií

Posúdenie ochladzovaných konštrukcií podľa požiadavkou normy ČSN 73 0540-2:2011

Tabuľka 33: Posúdenie konštrukcií na styku s exteriérom

Typ konštrukcie	Plocha [m^2]	U [W/m^{2}k]	U_{req} [w/m^{2}K]	Posúdenie
Obvodová stena	2569,86	0,5	0,3	NEVYHOVUJE
Podlaha na teréne	714	1,1	0,45	NEVYHOVUJE
Šikmá strecha	1529,83	0,23	0,24	VYHOVUJE
Okná	503,2	2,8	1,5	NEVYHOVUJE
Dvere	1,6	2,8	1,7	NEVYHOVUJE

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla obálky budovy je U_{em} je 0,77 W/m^{2}K.

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla referenčnej budovy je $U_{em,rq}$ je 0,44 W/m^{2}K.

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,rq}} = \frac{0,77}{0,44} = 1,75$$

Posudzovaná budova spadá do triedy energetickej náročnosti **E - nehospodárna**.

Tabuľka 34: Klasifikačné triedy energetickej náročnosti budovy [29]

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	U_{em}	
A	0, 5 x E_R	0, 65 x E_R	Mimořádně úsporná
B	0, 75 x E_R	0, 8 x E_R	Velmi úsporná
C	E_R		Úsporná
D	1,5 x E_R		Méně úsporná
E	2 x E_R		Nehospodárná
F	2,5 x E_R		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná

C.5.4 Celková energetická bilancia

Tabuľka 35: Celková energetická bilancia

r.	Ukazovateľ	Energia		Náklady
		(GJ)	(MWh)	(tis.Kč)
1	Vstupy palív a energie	1725,1	479,2	1 110,4
2	Zmena zásob palív	0	0	0
3	Spotreba palív a energie (r.1 + r.2)	1725,1	479,2	1 110,4
4	Predaj energie cudzím	0	0	0
5	Konečná spotreba palív a energie (r.3 - r.4)	1725,1	479,2	1 110,4
6	Straty vo vlastnom zdroji a rozvodoch energie (z r.5)	0	0	0
7	Spotreba energie na kúrenie (z r.5)	1286,8	357,444	652,4
8	Spotreba energie na chladenie (z r.5)	1,44	0,4	1,7
9	Spotreba energie na prípravu teplej vody (z r.5)	82,28	22,8556	41,7
10	Spotreba energie na vetranie (z r.5)	0	0	0
11	Spotreba energie na úpravu vlhkosti (z r.5)	0	0	0
12	Spotreba energie na osvetlenie (z r.5)	356	98,8889	416,3
13	Spotreba energie na technologické a ostatné procesy (z r.5)	0	0	0

C.6 Návrhy jednotlivých opatrení k zvýšení účinnosti využívania energií

C.6.1 Opatrenie č. 1

Názov: Výmena okien

Popis: V rámci zlepšenia tesnosti obálky budovy bola navrhnutá výmena súčasných okien so súčiniteľom prestupu tepla U=2,8 W/m^{2}K za nové okná, tak aby splňovali požiadavky normy ČSN 73 0540-2:2011.

Inštalované okná sú s izolačným trojsklom a celkovým súčiniteľom prestupu tepla U=0,7 W/m^{2}K.

Tabuľka 36: Opatrenie č.1 - posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011

Druh konštrukcie	Súčasný stav	Nový stav	ČSN 73 0540-2:2011		Posúdenie
			Požadované U	Doporučené U	
Okno plastové zdvojené	2,8	0,7	1,5	1,2	Vyhovuje

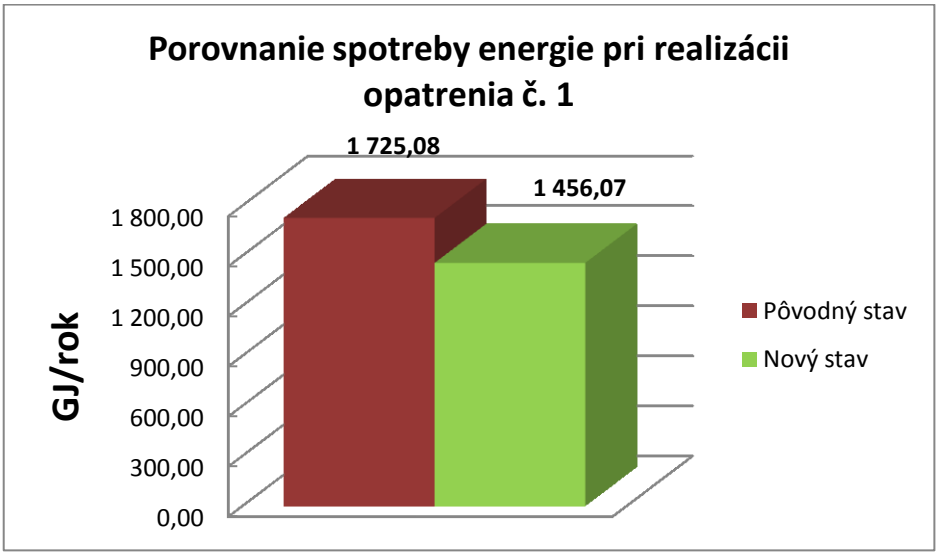
Realizáciou tohto opatrenia dôjde k úspore **269,03 GJ/rok** v cene 136 tis. Kč pri predpokladaných investičných nákladoch **4,28 mil. Kč**, kde v cene je zahrnutá

demontáž starých okien, montáž nových okien spolu s osádzaním parapetov. Celková plocha okien v budove je 503,2 m2. Nové okná budú rôznych rozmerov a v kombinácii pevných a otváracích otvorových výplní. Cena v rátane všetkých prác sa pohybuje okolo 8 500 Kč/m^2.

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s pôvodným stavom objektu, bez akýchkoľvek predchádzajúcich zmien.

Tabuľka 37: Opatrenie č. 1

Opatrenie č. 1	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**4 277 200**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 017,79	516 020
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	82,28	41 716
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	356,00	416 322
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 456,07**	**974 058**
Úspora energie na kúrenie	-	-	269,01	136 388
Úspora energie na prípravu TV	-	-	-	-
Úspora elektrickej energie	-	-	-	-
Celková úspora energie	-	-	**269,01**	**136 388**



Graf 5: Opatrenie č.1

C.6.2 Opatrenie č.2

Názov: Zateplenie podlahy v 1.PP

Popis: Podlaha v 1.PP sa nachádza v priamom kontakte so zeminou. Podlaha je z betónu a nie je izolovaná. Hodnota súčiniteľu prestupu tepla je U=1,1 W/m^{2}K. Táto hodnota nesplňuje normová požiadavka (ČSN 73 0540:2011) pre podlahu na teréne. Norma udáva hodnotu U=0,45 W/m^{2}K (požadovaná) a U=0,3 W/m^{2}K (doporučená).

Na zateplenie podlahy sa doporučuje použitie extrudovaného polystyrénu XPS o hrúbke 100mm so súčiniteľom tepelnej vodivosti λ=0,04 W/mK.

Tabuľka 38: Opatrenie č.2 - posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011

Druh konštrukcie	Súčasný stav	Nový stav	ČSN 73 0540-2:2011		Posúdenie
			Požadované U	Doporučené U	
Podlaha na zemine v 1.PP	1,1	0,3	0,45	0,3	Vyhovuje

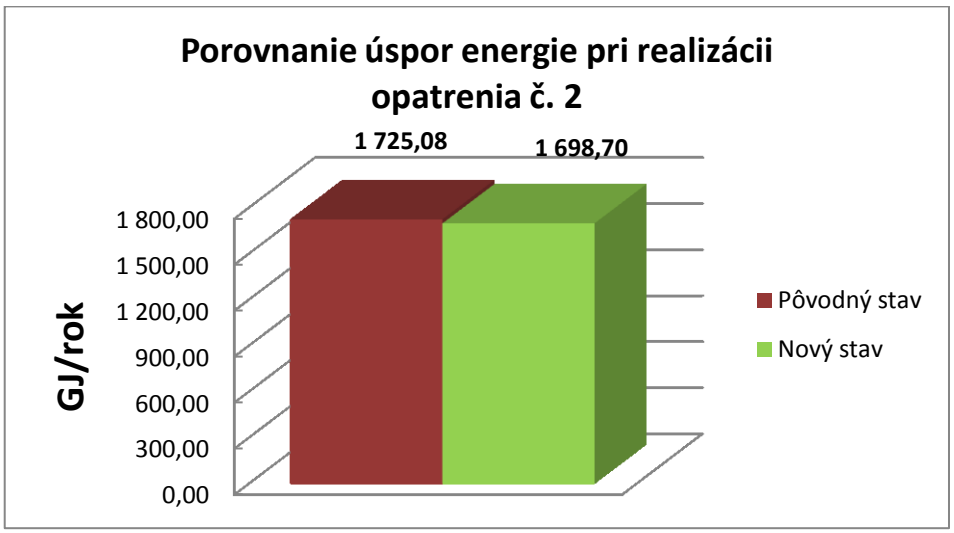
Realizáciou tohto opatrenia dôjde k úspore **26,4 GJ/rok** v cene 13,4 tis. Kč pri predpokladaných investičných nákladoch **928,2 tis. Kč**. Celková plocha podlahy na zemine je 714 m2. Cena zateplenia podlahy sa pohybuje okolo 1300 kč/m2 vrátane materiálu a prác potrebných k zhotoveniu diela.

Toto opatrenie vychádza z ekonomického hľadiska ako mimoriadne nehospodárne, preto sa neodporúča jeho realizácia.

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s pôvodným stavom objektu, bez akýchkoľvek predchádzajúcich zmien.

Tabuľka 39: Opatrenie č. 2

Opatrenie č. 2	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**928 200**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 260,42	639 033
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	82,28	41 716
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	356,00	416 322
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 698,70**	**1 097 071**
Úspora energie na kúrenie	-	-	26,38	13 375
Úspora energie na prípravu TV	-	-	-	-
Úspora elektrickej energie	-	-	-	-
Celková úspora energie	-	-	**26,38**	**13 375**



Graf 6: Opatrenie č.2

C.6.3 Opatrenie č.3

Názov: Výmena pôvodného osvetlenia za LED (Light Emitting DIode) žiarivky

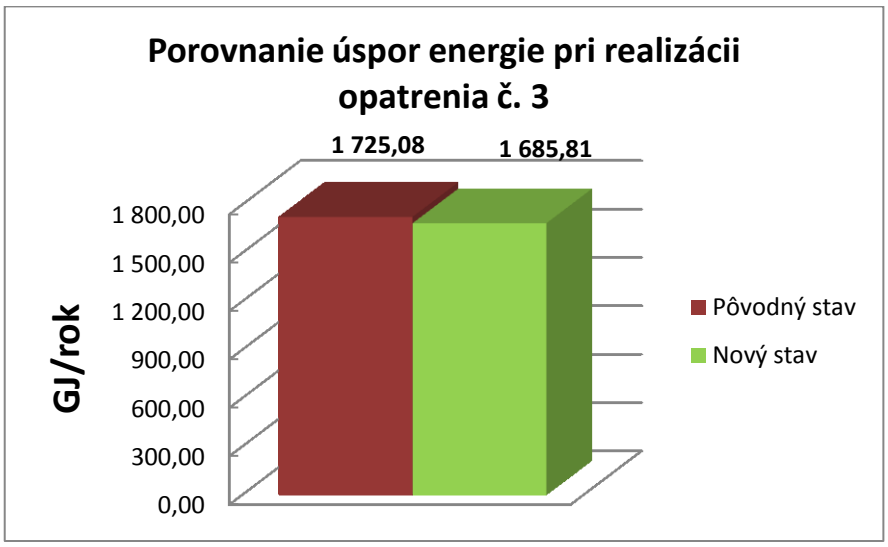
Popis: Do celého objektu je navrhnutá výmena úsporných žiaroviek a žiarivkových trubíc za LED osvetlenie.

Pri návrhu výmeny bolo uvažovaných viac kritérií, aby sme sa dopočítali k čo najpresnejšiemu finančnému zhodnoteniu. Medzi kritéria sa zaradili: príkon osvetlenia, životnosť osvetlenia (žiariviek), úspora elektrickej energie.

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s pôvodným stavom objektu, bez akýchkoľvek predchádzajúcich zmien.

Tabuľka 40: Opatrenie č.3

Opatrenie č. 3	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**118 000**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 286,80	652 408
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	82,28	41 716
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	316,73	370 398
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 685,81**	**1 064 522**
Úspora energie na kúrenie	-	-	-	-
Úspora energie na prípravu TV	-	-	-	-
Úspora elektrickej energie	-	-	39,27	45 924
Celková úspora energie	-	-	**39,27**	**45 924**



Graf 7: Opatrenie č. 3

Tabuľka 41: Porovnanie ceny žiariviek pôvodných a nových LEDkových

Číslo zóny	Názov zóny	Typ osvetlenia	Príkon osvetlenia		Životnosť osvetlenia		Cena osvetlenia spočítaná na 1 watt príkonu		Amortizácia osvetlenia za 1hod		Cena osvetlenia pri svietení 50 000 hod	
			Pôvodný stav	Nový stav	Pôvodný stav	Nový stav	Pôvodný stav	Nový stav	Pôvodný stav	Nový stav	Pôvodný stav	Nový stav
			[W]	[W]	[hod]	[hod]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1.	Chodby a schodisko	Žiarivky kompaktné	1285,5	803,4	8000	30000	10,91	15	1,7531	0,4017	87 655	20 085
2.	Priestory školy	Žiarivky lineárne	16435,5	1236,6	10000	50000	5,55	23	9,1217	0,5688	456 085	28 442
3.	Sociálne zariadenia	Žiarivky kompaktné	483,9	302,4	8000	30000	10,91	15	0,6599	0,1512	32 996	7 560
4.	Podkrovie	Žiarivky lineárne	2739,5	2054,6	10000	50000	5,55	23	1,5204	0,9451	76 021	47 256
	Suma		20944,4	4397			32,92	76	13,0551	2,0669	**652 757**	**103 343**

Z uvedených tabuliek môžeme tvrdiť, že pri investícii **118 tis. Kč** vrátane žiariviek a práce, bude ročná úspora elektrickej energie **45,9 tis. Kč** plus musíme uvažovať dobu životnosti žiarivky. Pri LED kompaktných žiarivkách je doba životnosti deklarovaná výrobcom na 50 tis. hodín svietenia. Na túto dobu sme vztiahli celý výpočet porovnania pôvodného a nového stavu. Dospeli sme k záveru, že napriek tomu, že finančné náklady na kúpu LED osvetlenia sú vyššie, tak z dlhodobého hľadiska sú finančne výhodnejšie. Náklady na prevádzku pôvodného stavu osvetlenia sú 652,7 tis. Kč/50 tis. hod a nového stavu 103,3 tis. Kč/50 tis. hod.
Rozdiel v nákladoch na prevádzku tvorí 554,4 tis. Kč.
Ak sa bude uvažovať stav, v ktorom osvetlenie bude pustené 30% času každý deň, tak ročné náklady na žiarivky aktuálneho stavu sú 34,6 tis. Kč a nového stavu by boli 5,4 tis. Kč.
Celková ročná úspora pri realizácii tohto opatrenia by mohla dosiahnuť **51,3 tis. Kč.**
Nevýhoda tohto typu žiariviek spočíva v dlhšej dobe zapnutia. Trvá niekoľko sekúnd kým sa LED žiarivka rozžiari na plnú svoju svietivosť. Táto nevýhoda nejako negatívne neovplyvňuje prevádzku budovy.

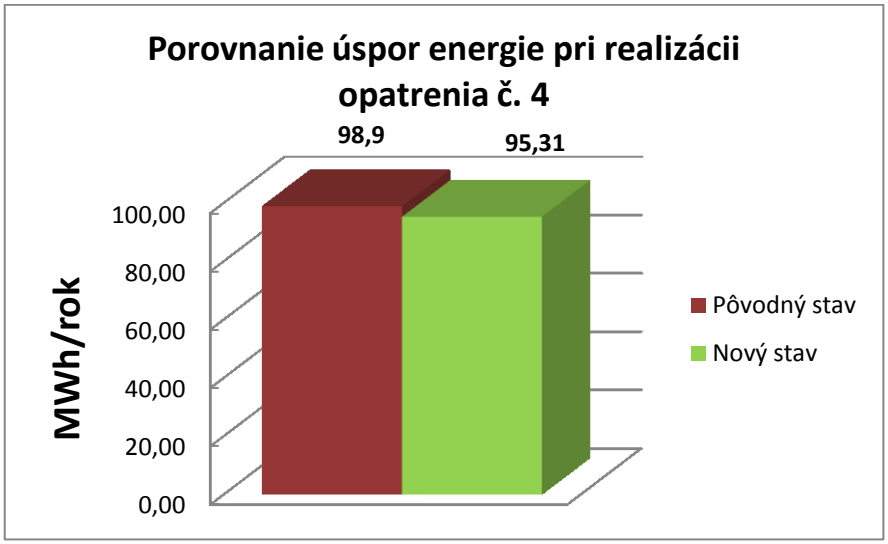
C.6.4 Opatrenie č.4

Názov: Inštalácia fotovoltaického systému
Popis: Na jednu stranu strechy budovy (juhovýchodnú) budú inštalované fotovoltaické panely pod uhlom 30°. Systém bude obsahovať 18ks fotovoltaických panelov a výkone 250 Wp/panel a ploche 31 m^2. Celkový výkon sústavy bude 4,5 kWp. Približná cena tohto zariadenia sa pohybuje okolo **175,5 tis. Kč**. Cena elektriny sa pohybuje okolo 4,21 Kč/kWh pri kúpe zo siete a 2,53 Kč/kWh pri predaji späť do elektrickej siete.
Na návrh systému bola použitá kalkulačka na stránke ceská-solární.cz.

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s pôvodným stavom objektu, bez akýchkoľvek predchádzajúcich zmien.

Tabuľka 42: Opatrenie č. 4

Opatrenie č.4		
Investícia	**175 500**	Kč
Ročná výroba elektriny z FVE	3 590	kWh
Úspora pri 100% spotrebe vlastnej výrobe z FVE	15 114	Kč
Prostá návratnosť investície pri 100%	**11,6**	**rok**
Úspora pri 75% spotrebe vlastnej výrobe z FVE	11336	Kč
Predaj 25% výroby do elektrickej siete	2271	Kč
Prostá návratnosť investície pri 75%	**12,9**	**rok**
Úspora pri 50% spotrebe vlastnej výrobe z FVE	7557	Kč
Predaj 50% výroby do elektrickej siete	4541,35	Kč
Prostá návratnosť investície pri 50%	**14,5**	**rok**



Graf 8: Opatrenie č.4

C.6.5 Opatrenie č.5

Názov: Inštalácia úsporných batérii

Popis: Do umývadiel budú inštalované úsporné bezdotykové batérie. Tieto batérie sú vybavené infračerveným alebo ultrazvukovým senzorom, ktoré pustia presne také množstvo vody, aké potrebujeme na opláchnutie rúk. Bezdotykové batérie už majú prednastavenú teplotu vody.

K tomu, aby sme vedeli vyčísliť úsporu tohto navrhovaného opatrenia, je nutné si určiť rozbor spotreby vody v objekte.

Celková ročná spotreba vody je 936m^3 z toho teplá predstavuje 40% t.j. 374,4m^3.

Potreba vody na upratovanie je podľa ČSN 75 5455 20l/100m^2. V našom prípade to predstavuje 51,3m^3 teplej vody za rok.

Na výpočet percentuálneho podielu spotreby vody budeme vychádzať zo spotreby: 374,4 - 51,3 = 323m^3 teplej vody a 808m^3 celkovej spotreby.

Tabuľka 43: Podiel spotreby vody

Činnosť	Percentuálny podiel spotreby	Studená voda/ teplá voda (SV/TV)	m^3/rok
Splachovanie toaliet a pisoárov	50%	SV	404
Osobná hygiena (umývadlá)	35%	SV+TV	282,8
Varenie, umývanie (drezy)	10%	SV+TV	80,8
Ostatné	5%	SV+TV	40,4
		Σ=	**808**

Výrobcovia uvádzajú pri výmene starých batérií za nové úsporu až 50% z pôvodnej spotreby. Cena novej bezdotykovej batérie sa aj s prácami spojenými na výmenu starých sa pohybuje okolo 4500Kč. Pre náš objekt potrebujeme zakúpiť a následne vymeniť 42ks. Cena studenej vody je 74,46 Kč/m3. 1 GJ tepla nás stojí 507 Kč.

Tabuľka 44: Finančná úspora spotreby vody pri použití bezdotykových batérií

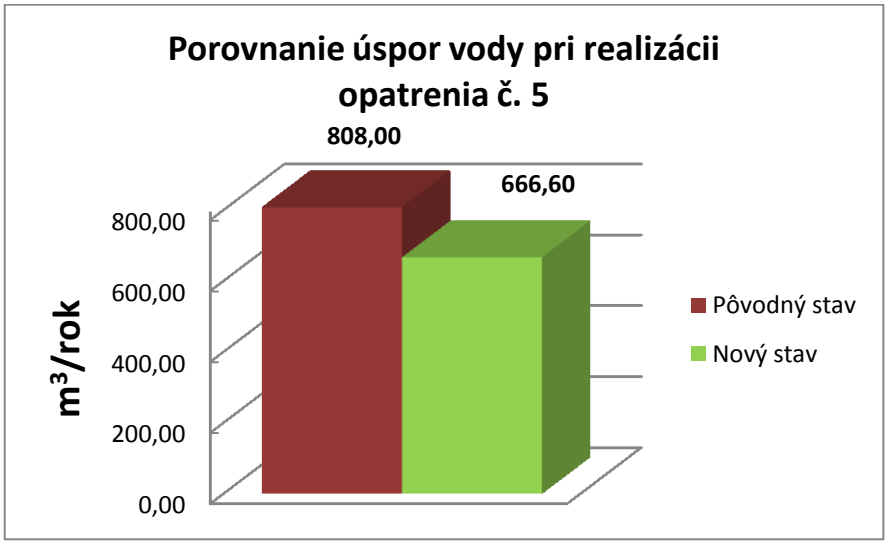
Voda	**Spotreba m^3/rok**	**50% úspora v m^3**	**Finančná úspora v Kč**
Studená voda	169,68	84,84	6 317
Teplá voda	113,12	56,56	10 511
Σ=	282,8	141,4	**16 828**

V tabuľke je uvažovaná len spotreba vody na osobnú hygienu t.j. v umývadlách.
Úspora tepla na ohrev teplej vody predstavuje **12,43 GJ/rok**.

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s pôvodným stavom objektu, bez akýchkoľvek predchádzajúcich zmien.

Tabuľka 45: Opatrenie č.5

Opatrenie č. 5	**Pôvodný stav**		**Nový stav**	
	m^3/rok	**Kč/rok**	**m^3/rok**	**Kč/rok**
Investícia	-		**189 000**	
Spotreba studenej vody	485,00	36 113	400,16	29 796
Spotreba teplej vody	323,00	65 767	266,44	55 256
Celková spotreba vody	**808,00**	**101 880**	**666,60**	**85 052**
Úspora studenej vody	-	-	84,84	6 317
Úspora teplej vody	-	-	56,56	10 511
Celková úspora vody	-	-	**141,40**	**16 828**



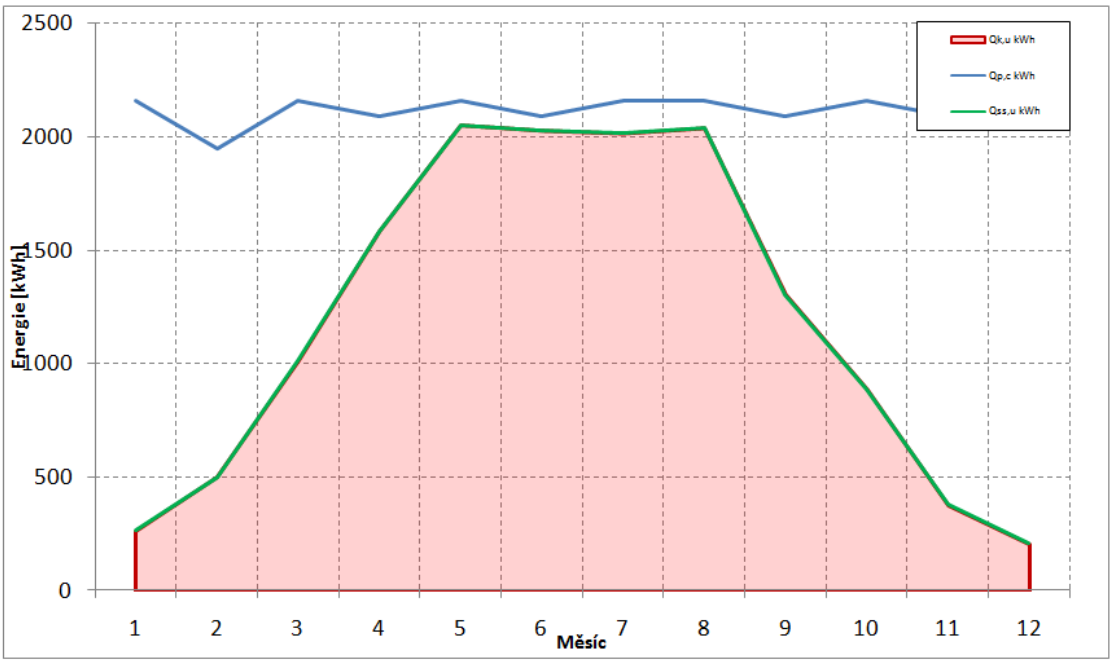
Graf 9: Opatrenie č.5

C.6.6 Opatrenie č.6

Názov: Solárne kolektory na ohrev teplej vody

Popis: Na jednu stranu strechy (juhovýchodnú) budú inštalované solárne kolektory na ohrev teplej vody pod uhlom 30°. Sústava bude obsahovať 14ks trubicových solárnych kolektorov typu Florian 58/1800-20 s apertúrnou plochou 26,6 m^2. V sústave sa uvažuje s akumulačným zásobníkom Galmet SG (B) s celkovým objemom 1500l. Celková investícia do solárneho systému vrátane panelov, akumulačného zásobníka, montážnych prác, bola odhadnutá na **365,5 tis. Kč**.

Na posúdenie návrhu sústavy bola použitá Bilancia solárnych systémov (od autorov Ing. Bořivoj Šourek, Ph.D. a Doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.; 2015), kde výstup je nasledujúci:



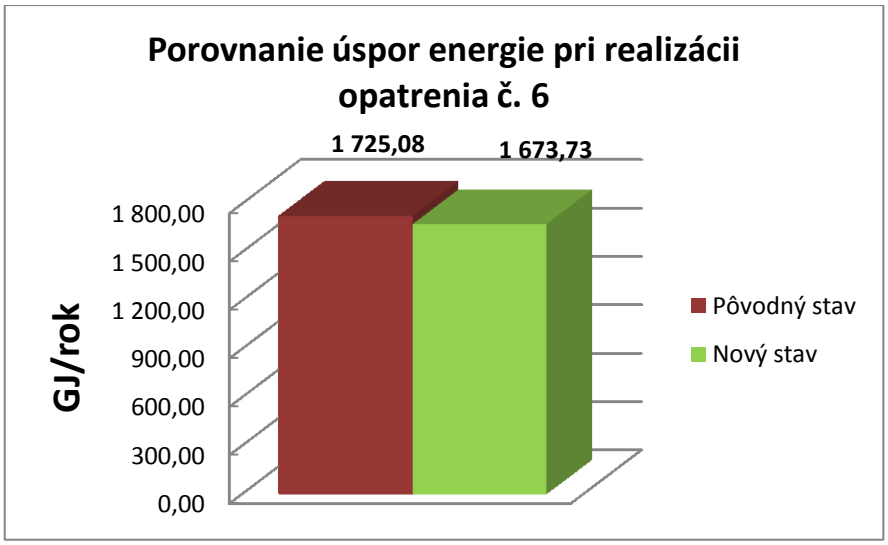
Graf 10: Bilancia solárnych termických systémov

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s pôvodným stavom objektu, bez akýchkoľvek predchádzajúcich zmien.

Inštalovaná sústava dokáže pokryť 62%-nú spotrebu tepla na prípravu teplej vody. Celkový využiteľný zisk solárneho systému je **51,35 GJ/rok**.

Tabuľka 46: Opatrenie č.6

Opatrenie č. 6	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**365 500**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 286,80	652 408
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	30,93	15 682
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	356,00	416 322
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 673,73**	**1 084 411**
Úspora energie na kúrenie	-	-	-	-
Úspora energie na prípravu TV	-	-	51,35	26 034
Úspora elektrickej energie	-	-	-	-
Celková úspora energie	-	-	**51,35**	**26 034**



Graf 11: Opatrenie č.6

C.6.7 Opatrenie č.7

Názov: Zateplenie obvodovej steny

Popis: Napriek tomu, že obvodové steny obsahujú už izoláciu z minerálnej vaty, nesplňujú momentálnu požiadavku normy ČSN 73 0540-2:2011, ktorá stanovuje požadovanú hodnotu súčiniteľu prestupu tepla U=0,3 W/m^2.K a doporučenú na U=0,25 W/m2K. Aktuálna hodnota súčiniteľu prestupu tepla je U=0,5 W/m^{2}K.

Preto sa navrhuje obvodovú stenu zatepliť. Na zateplenie bude použitá minerálna vlna značky ISOVER a hrúbky 200 mm so súčiniteľom tepelnej vodivosti λ=0,039 W/(m.K).

Realizácia tohto opatrenia by bola veľmi nákladná, pretože by bolo nutné dať dole a následne znova osadiť celé opláštenie budovy, keďže budova má prevetrávanú fasádu.

Tabuľka 47: Opatrenie č.7 - posúdenie podľa ČSN 73 0540-2:2011

Druh konštrukcie	Súčasný stav	Nový stav	ČSN 73 0540-2:2011		Posúdenie
			Požadované U	Doporučené U	
Obvodová stena	0,5	0,19	0,3	0,25	Vyhovuje

Bude nutné zatepliť plochu 2570 m2, pri predpokladaných nákladoch **5,14 mil. Kč.** Predpokladaná cena prác sa pohybuje okolo 2000 Kč/m2.

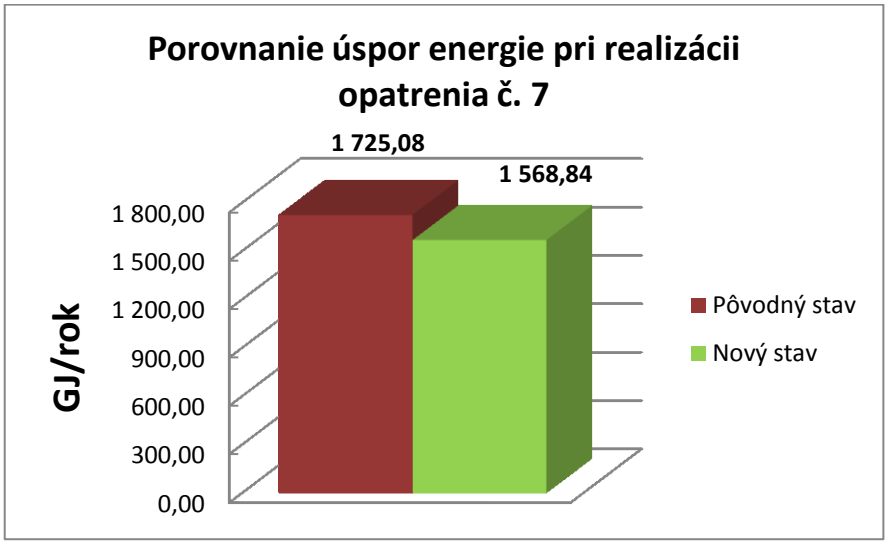
Realizáciou tohto energeticky úsporného opatrenia dôjde k zníženiu nákladov na vykurovanie o 79,193 tis. Kč/rok s úsporou energie **156,2 GJ/rok**.

Toto opatrenie vychádza z ekonomického hľadiska ako mimoriadne nehospodárne, preto sa neodporúča jeho realizácia.

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s pôvodným stavom objektu, bez akýchkoľvek predchádzajúcich zmien.

Tabuľka 48: Opatrenie č.7

Opatrenie č. 7	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**5 140 000**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 130,56	573 194
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	82,28	41 716
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	356,00	416 322
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 568,84**	**1 031 232**
Úspora energie na kúrenie	-	-	156,2	79193,4
Úspora energie na prípravu TV	-	-	-	-
Úspora elektrickej energie	-	-	-	-
Celková úspora energie	-	-	**156,20**	**79 193**



Graf 12: Opatrenie č.7

C.6.8 Opatrenie č.8

Názov: Inštalácia fotobuniek na snímanie denného svetla a pohybu

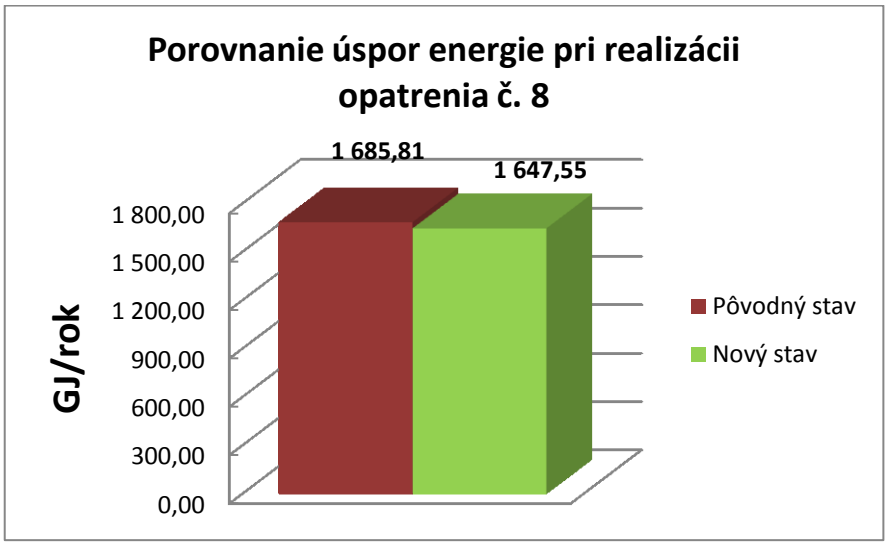
Popis: Do objektu budú nainštalované fotobunky na snímanie denného svetla a pohybu osôb v budove, aby sa predišlo nadbytočnému svieteniu a tým aj spotrebe elektriny. Celkovo bude inštalovaných 231 senzorov, ktoré sa budú nachádzať na chodbách, učebniach, kabinetoch, sociálnych zariadeniach a schodisku. Cena jednej fotobunky aj s prácou sa pohybuje okolo 600 Kč. Celková investícia do tohto opatrenia je **138,6 tis. Kč**.

Cena elektriny bola uvažovaná 4,21 Kč/kWh. Dôjde k úspore **14,375 MWh/rok**. Táto úspora predstavuje 60,5 tis. Kč/rok.

K vyčísleniu investičných vstupov tohto opatrenia sa uvažuje s inštaláciou LED žiariviek.

Tabuľka 49: Opatrenie č. 8

Opatrenie č. 8	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**138 600**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 286,80	652 408
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	82,28	41 716
Energetická náročnosť spotreby elektriny	316,73	370 398	278,47	325 653
Celková energetická náročnosť	**1 685,81**	**1 064 522**	**1 647,55**	**1 019 776**
Úspora energie na kúrenie	-	-	0	0
Úspora energie na prípravu TV	-	-	0	0
Úspora elektrickej energie	-	-	38,26	44 745
Celková úspora energie	-	-	**38,26**	**44 745**



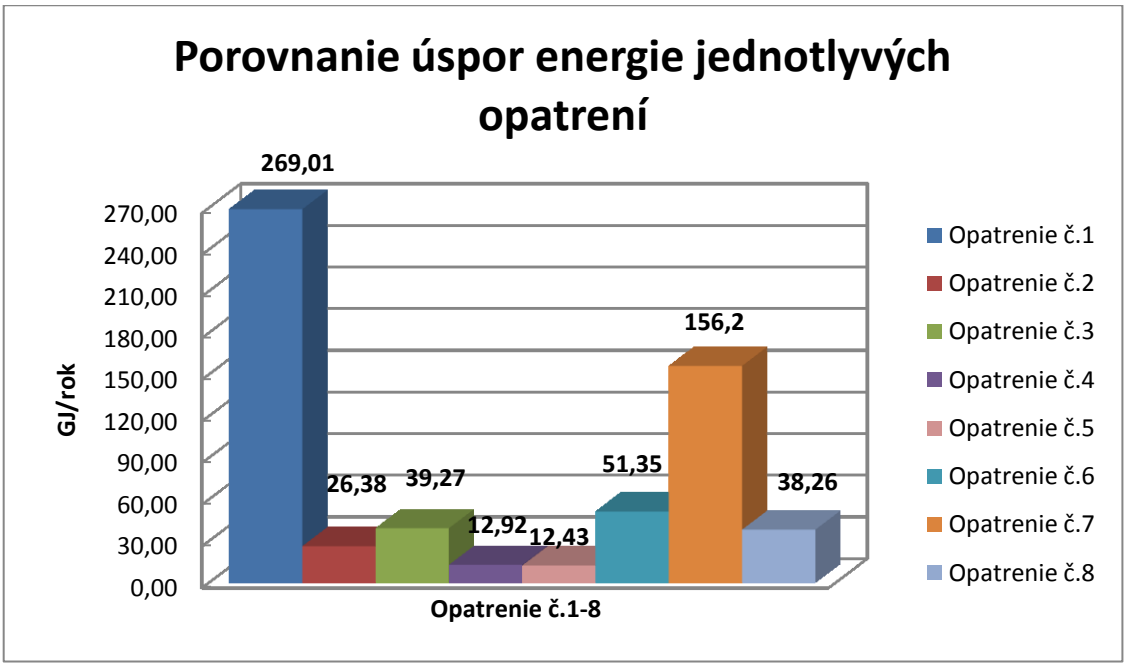
Graf 13: Opatrenie č.8

C.6.9 Prehľad navrhovaných opatrení

V tabuľke môžeme vidieť prehľad navrhnutých opatrení, ich úspory energie v GJ, náklady na realizáciu a prostú dobu návratnosti. Kombináciou niekoľkých opatrení budú navrhnuté varianty investičných opatrení a následne budú ekonomicky zhodnotené.

Tabuľka 50: Prehľad navrhnutých opatrení

	Investícia	Úspora energie	Úspora vody	Úspora financií	Prostá návratnosť
	[Kč]	[GJ/rok]	[m^3/rok]	[Kč/rok]	[rok]
Opatrenie č.1	4 277 200	269,01	-	136 388	31,4
Opatrenie č.2	928 200	26,38	-	13 375	69,4
Opatrenie č.3	118 000	39,27	-	51 300	2,3
Opatrenie č.4	175 500	12,92	-	15 114	11,6
Opatrenie č.5	189 000	12,43	141,4	16 828	11,2
Opatrenie č.6	365 500	51,35	-	26 034	14,0
Opatrenie č.7	5 140 000	156,2	-	79 193	64,9
Opatrenie č.8	138 600	38,26	-	44 745	3,1



Graf 14: Prehľad úspor energie pri jednotlivých opatreniach

Opatrenie č.1 - Výmena okien
Opatrenie č.2 - Zateplenie podlahy v 1.PP
Opatrenie č.3 - Výmena pôvodných žiariviek za LED žiarivky
Opatrenie č.4 - Inštalácia fotovoltaického systému
Opatrenie č.5 - Inštalácia úsporných batérií
Opatrenie č.6 - Solárne kolektory na ohrev teplej vody
Opatrenie č.7 - Zateplenie obvodovej steny
Opatrenie č.8 - Inštalácia fotobuniek na snímanie denného svetla a pohybu

Napriek tomu, že konštrukcie skladby podlahy na teréne a obvodovej steny nesplňujú momentálnu požiadavku normy ČSN 73 0540-2:2011 na súčiniteľ prestupu tepla, tak pri stanovovaní úsporných variant sa nebude uvažovať s opatreniami č.2 (Zateplenie podlahy v 1.PP) a č.7 (Zateplenie obvodovej steny), pretože ich realizácia by bola mimoriadne ekonomicky nevýhodná.

C.7 Návrh variant úsporných opatrení

C.7.1 Varianta č.I

Názov: Nízko nákladová varianta
Popis: Kombinácia nízko nákladových opatrení. Opatrenia č.3, č.4, č.5, č.8

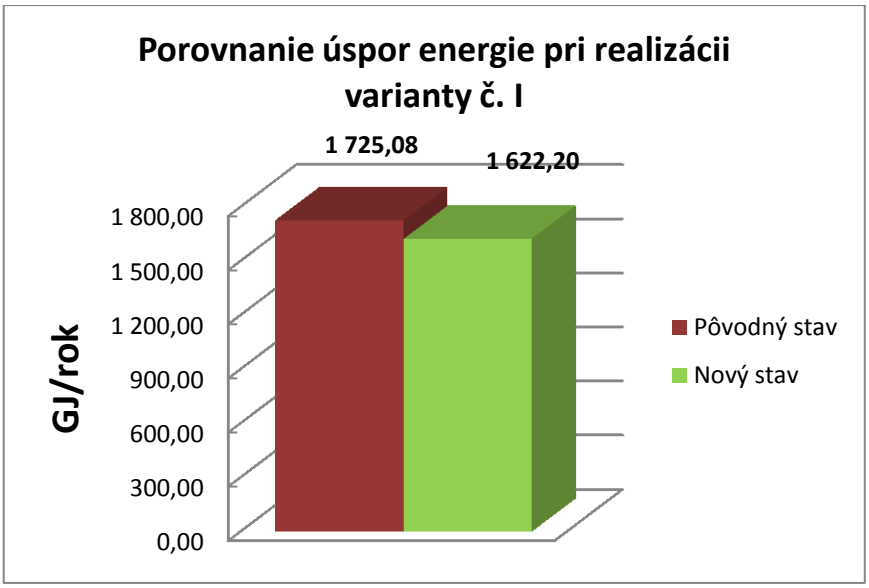
- **Opatrenie č.3 -** Výmena pôvodných žiariviek za LED žiarivky
- **Opatrenie č.4 -** Inštalácia fotovoltaického systému
- **Opatrenie č.5 -** Inštalácia úsporných batérií
- **Opatrenie č.8 -** Inštalácia fotobuniek na snímanie denného svetla a pohybu

Tabuľka 51: Varianta č. I - Prehľad opatrení

	Investícia	Úspora energie	Úspora vody	Úspora financií	Prostá návratnosť
	[Kč]	[GJ/rok]	[m^3/rok]	[Kč/rok]	[rok]
Opatrenie č.3	118 000	39,27	-	51 300	2,3
Opatrenie č.4	175 500	12,92	-	15 114	11,6
Opatrenie č.5	189 000	12,43	141,4	16 828	11,2
Opatrenie č.8	138 600	38,26	-	44 745	3,1
Varianta č.I	**621 100**	**102,88**	**141,4**	**127 987**	**4,9**

Tabuľka 52: Varianta č. I - Prehľad úspor energií

Varianta č.I	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**621 100**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 286,80	652 408
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	69,85	35 414
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	265,55	310 546
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 622,20**	**998 368**
Úspora energie na kúrenie	-	-	0	0
Úspora spotreby vody [m^3/rok]	-	-	141,40	16 828
Úspora elektrickej energie	-	-	90,45	111 159
Celková úspora energie	-	-	**102,88**	**127 987**



Graf 15: Varianta č. I - Porovnanie spotrieb energie

Pre detailnejší prehľad úspory vody viď. Opatrenie č.5

C.7.2 Varianta č. II

Názov: Vysoko nákladová varianta s fotovolatikou

Popis: Kombinácia opatrení č.1, č.3, č.4, č.5, č.8.

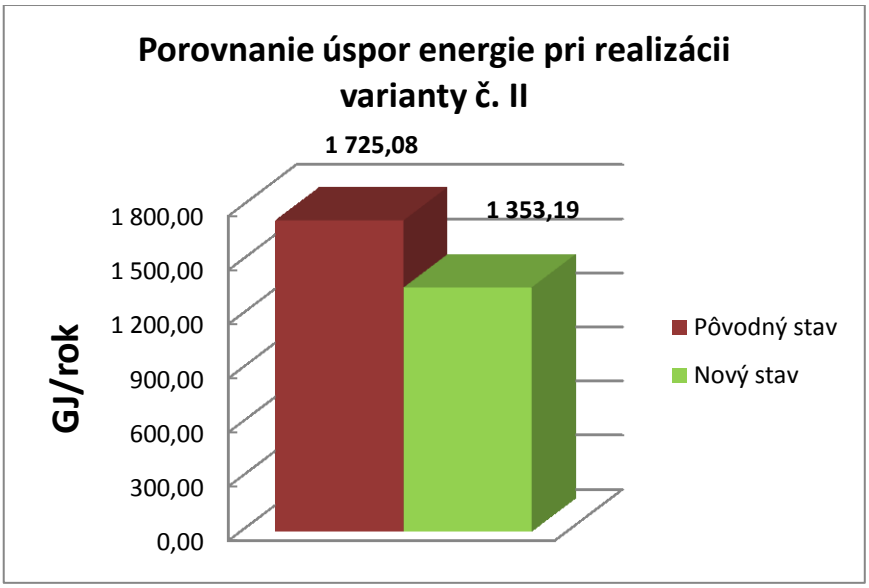
- **Opatrenie č.1 -** Výmena okien
- **Opatrenie č.3 -** Výmena pôvodných žiariviek za LED žiarivky
- **Opatrenie č.4 -** Inštalácia fotovoltaického systému
- **Opatrenie č.5 -** Inštalácia úsporných batérií
- **Opatrenie č.8 -** Inštalácia fotobuniek na snímanie denného svetla a pohybu

Tabuľka 53: Varianta č. II - Prehľad opatrení

	Investícia	Úspora energie	Úspora vody	Úspora financií	Prostá návratnosť
	[Kč]	[GJ/rok]	[m^3/rok]	[Kč/rok]	[rok]
Opatrenie č.1	4 277 200	269,01	-	136 388	31,4
Opatrenie č.3	118 000	39,27	-	51 300	2,3
Opatrenie č.4	175 500	12,92	-	15 114	11,6
Opatrenie č.5	189 000	12,43	141,4	16 828	11,2
Opatrenie č.8	138 600	38,26	-	44 745	3,1
Varianta č.II	**4 898 300**	**371,89**	**141,4**	**264 375**	**18,53**

Tabuľka 54: Varianta č. II - Prehľad úspor energií

Varianta č.II	Pôvodný stav		Nový stav	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**4 898 300**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 017,79	516 020
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	69,85	35 414
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	265,55	310 546
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 353,19**	**861 979**
Úspora energie na kúrenie	-	-	269,01	136 388
Úspora spotreby vody [m^3/rok]	-	-	141,40	16 828
Úspora elektrickej energie	-	-	90,45	111 159
Celková úspora energie	-	-	**359,46**	**264 375**



Graf 16: Varianta č. II - Porovnanie spotrieb energie

Pre detailnejší prehľad úspory vody viď. Opatrenie č.5

C.7.3 Varianta č. III

Názov: Vysoko nákladová varianta so solárnymi kolektormi

Popis: Kombinácia opatrení č.1, č.3, č.5, č.6, č.8.

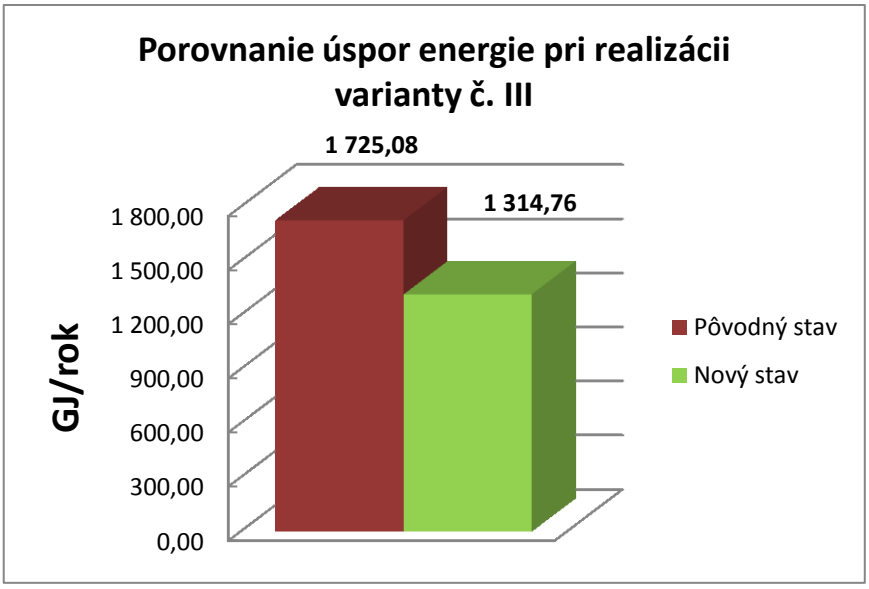
- **Opatrenie č.1 -** Výmena okien
- **Opatrenie č.3 -** Výmena pôvodných žiariviek za LED žiarivky
- **Opatrenie č.5 -** Inštalácia úsporných batérií
- **Opatrenie č.6 -** Solárne kolektory na ohrev teplej vody
- **Opatrenie č.8 -** Inštalácia fotobuniek na snímanie denného svetla a pohybu

Tabuľka 55: Varianta č. III - Prehľad opatrení

	Investícia	**Úspora energie**	**Úspora vody**	**Úspora financií**	**Prostá návratnosť**
	[Kč]	**[GJ/rok]**	**[m^3/rok]**	**[Kč/rok]**	**[rok]**
Opatrenie č.1	4 277 200	269,01	-	136 388	31,4
Opatrenie č.3	118 000	39,27	-	51 300	2,3
Opatrenie č.5	189 000	12,43	141,4	16 828	11,2
Opatrenie č.6	365 500	51,35	-	26 034	14,0
Opatrenie č.8	138 600	38,26	-	44 745	3,1
Varianta č.III	**5 088 300**	**410,32**	**141,4**	**275 295**	**18,48**

Tabuľka 56: Varianta č. III - Prehľad úspor energií

Varianta č.III	**Pôvodný stav**		**Nový stav**	
	GJ/rok	**Kč/rok**	**GJ/rok**	**Kč/rok**
Investícia	-		**5 088 300**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 017,79	516 020
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	18,50	9 380
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	278,47	325 655
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 314,76**	**851 054**
Úspora energie na kúrenie	-	-	269,01	136 388
Úspora spotreby vody [m^3/rok]	-	-	141,40	16 828
Úspora energie na prípravu TV	-	-	51,35	26 034
Úspora elektrickej energie	-	-	77,53	96 045
Celková úspora energie	-	-	**397,89**	**275 295**



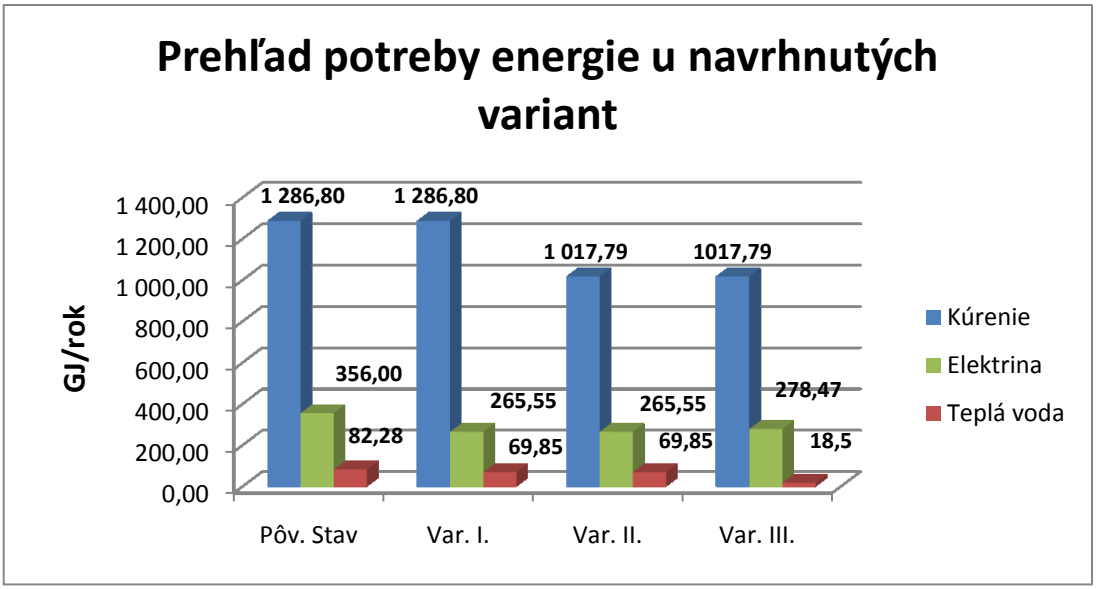
Graf 17: Varianta č. III - Porovnanie spotrieb energie

Pre detailnejší prehľad úspory vody viď. Opatrenie č.5

C.7.4 Porovnanie navrhnutých variant

Tabuľka 57: Prehľad navrhnutých variant

	Pôvodný stav		Varianta č. I		Varianta č. II		Varianta č. III	
	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
Investícia	-		**621 100**		**4 898 300**		**5 088 300**	
Energetická náročnosť na kúrenie	1 286,80	652 408	1 286,80	652 408	1 017,79	516 020	1017,79	516 020
Energetická náročnosť na prípravu TV	82,28	41 716	69,85	35 414	69,85	35 414	18,5	15 682
Energetická náročnosť spotreby elektriny	356,00	416 322	265,55	310 546	265,55	310 546	278,47	325 655
Celková energetická náročnosť	**1 725,08**	**1 110 446**	**1 622,20**	**998 368**	**1 353,19**	**861 979**	**1 314,76**	**857 357**
Úspora energie na kúrenie	-	-	0,00	0,00	269,01	136 388	269,01	136 388
Úspora spotreby vody [m^3/rok]	-	-	141,4	16 828	141,40	16 828	141,4	16 828
Úspora energie na prípravu TV	-	-	12,43	-	12,43	-	63,78	26 034
Úspora elektrickej energie	-	-	90,45	111 159	90,45	111 159	77,53	96 045
Celková úspora energie	**-**	**-**	**102,88**	**127 987**	**371,89**	**264 375**	**410,32**	**275 295**



Graf 18: Prehľad potreby energie u navrhnutých variant

C.8 Ekonomické zhodnotenie

Ekonomické zhodnotenie vychádza z ceny realizácie a následných úspor energie pri jednotlivých opatreniach. Pri výpočte úspor energie daného opatrenia je uvažovaný pôvodný stav budovy. Ekonomické zhodnotenie je počítané bez dotácií a úverov. Cena jednotlivých opatrení bola stanovená na základe cien výrobcov, montážnych firiem, publikácii dostupných na internete. Pojem úspora je chápaný ako rozdiel vynaložených nákladov na realizáciu opatrenia a celkové ročné zníženie spotreby energie vyčíslené v korunách za rok.

Metóda pre ekonomické vyhodnotenie energetického auditu je daná zákonom č.406/2000 Sb., ktorý je ďalej upravený vyhláškou č. 480/2015 Sb. príloha č.5 Ekonomické vyhodnotenie.

Prostá doba návratnosti investície je najjednoduchšie kritériu ekonomického hodnotenia. Pomáha nám pri okamžitom rozhodovaní vhodnosti investície. Uvažuje s reálnou aktuálnou hodnotou peňazí. Vypočíta sa ako pomer investičných nákladov do realizácie projektu a ročnými prínosmi.

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

kde: T_s je prostá doba návratnosti
IN sú investície do projektu
CF je ročná úspora nákladov

Reálna doba návratnosti investície zohľadňuje vplyv času na investičný projekt. Počíta s tzv. diskontnou mierou.

Diskont miera je percentuálna sadzba, ktorou sa prepočítavajú budúce výnosy alebo náklady v jednotlivých obdobiach na súčasnú hodnotu.

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} \mathrm{CF_t}.(1+\mathrm{r})^{-\mathrm{t}} - \mathrm{IN} = 0$$

kde: T_{sd} je reálna doba návratnosti
C_{Ft} je ročná úspora nákladov v roku t
r diskontná miera
IN investičný výdaj

<u>Čistá súčasná hodnota</u> je rozdiel medzi diskontovanými peňažnými tokmi po celú dobu životnosti investície a investičným výdajom. Ak má navrhnutá varianta najvyššiu (vyššiu ako nula) hodnotu NPV, tak je ekonomicky najefektívnejšia.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{ž}} \mathrm{CF_t}.(1+\mathrm{r})^{-\mathrm{t}} - \mathrm{IN}$$

kde: NPV čistá súčasná hodnota
$T_ž$ doba životnosti
CF_t ročná úspora nákladov v roku t
r diskontná miera
IN investičný výdaj

<u>Vnútorné výnosové percento</u> je taká výška diskontnej sadzby, pri ktorej sa čistá súčasná hodnota rovná nula. Vnútorné výnosové percento by malo byť rovnaké alebo vyššie ako je požadovaná miera výnosnosti projektu. Čím je vnútorné výnosové percento danej varianty vyššie, tým je vhodnejšie variantu realizovať.

$$\sum_{t=1}^{T_{ž}} \mathrm{CF_t}.(1+\mathrm{IRR})^{-\mathrm{t}} - \mathrm{IN} = 0$$

kde: IRR vnútorné výnosové percento
$T_ž$ doba životnosti
CF_t ročná úspora nákladov v roku t
r diskontná miera
IN investičný výdaj [30]

Tabuľka 58: Ekonomické vyhodnotenie navrhnutých variant

Parameter	Jednotka	Vatianta I	Varianta II	Varianta III
Investičné výdaje projektu	Kč	**621 100**	**4 898 300**	**5 088 300**
Zmena nákladov na energie	Kč	0	0	0
Zmena ostatných prevádzkových nákladov	Kč	0	0	0
zmena osobných nákladov (mzdy, poistenie)	Kč	0	0	0
zmena ostatných prevádzkových nákladov	Kč	0	0	0
zmena nákladov na emisie a odpady	Kč	0	0	0
Zmena tržieb (za teplo, elektrinu, využité odpady)	Kč	0	0	0
Prínosy projektu celkom	Kč	**127 987**	**264 375**	**275 295**
Doba hodnotenia	rok	20	20	20
Ročný rast cien energie	%	3	3	3
Diskont	%	2	2	2
Ts - prostá doba návratnosti	rok	**4,9**	**18,5**	**18,5**
Tsd - reálna doba návratnosti	rok	**5**	**18**	**18**
NPV - čistá súčasná hodnota	tis. Kč	**2 136,522**	**797,952**	**843,236**
IRR - vnútorné výnosové percento	%	**23**	**3**	**3**

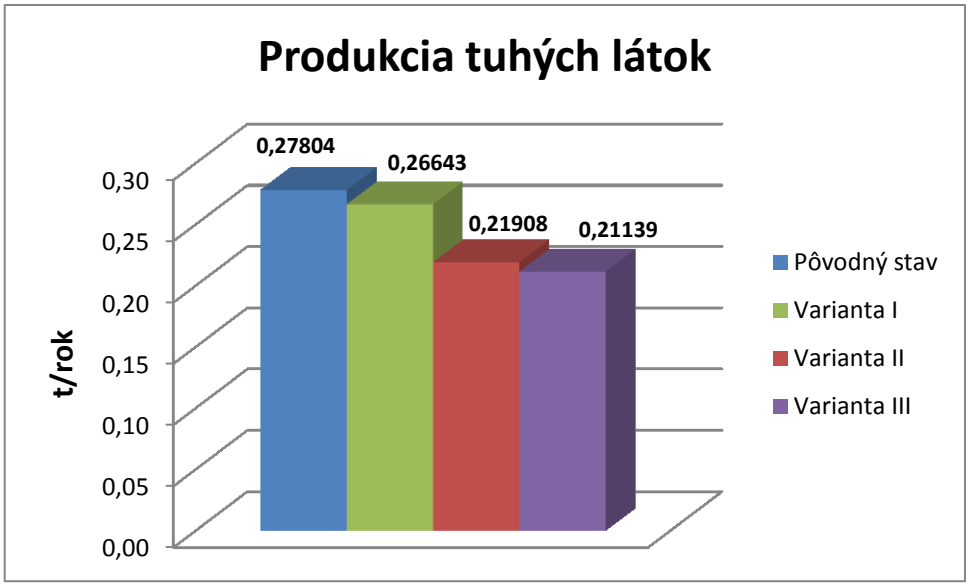
Z uvedenej tabuľky sa dá povedať, že všetky navrhnuté varianty majú čistú súčasnú hodnotu vyššiu ako nula, tým pádom môžeme tvrdiť, že sú ekonomicky efektívne. Najvyššie vnútorné výnosové percento má varianta č. 1.
Spracovateľ energetického auditu doporučuje realizáciu úspornej varianty č.1, ktorá vychádza z ekonomického hľadiska najlepšie.

Vyhodnotenie z hľadiska ochrany životného prostredia

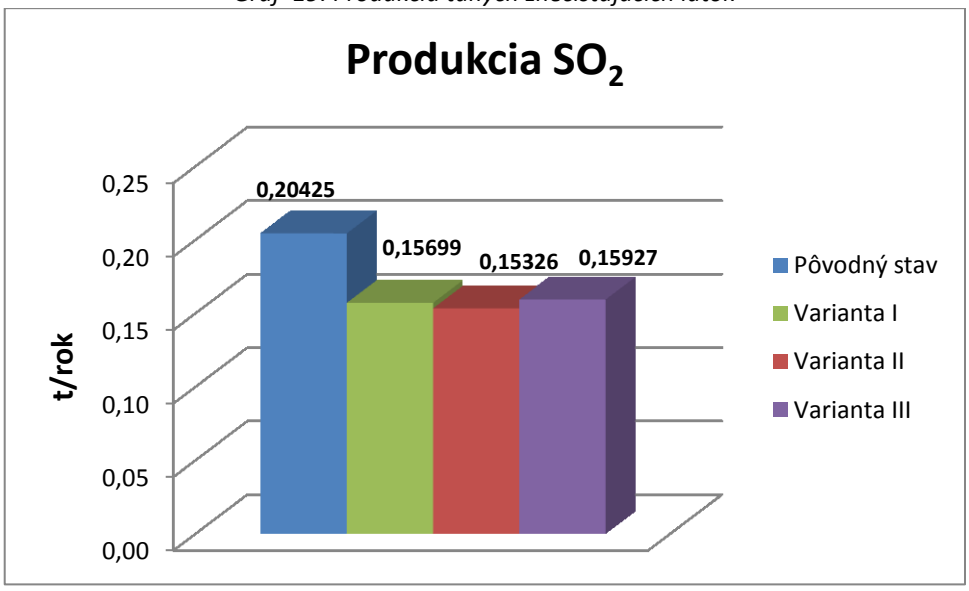
Na základe vyhlášky č. 480/2012Sb. je nutné porovnanie navrhnutých variant z hľadiska znečisťovania životného prostredia.
Posudzujú sa tieto typy emisií: tuhé znečisťujúce látky (TZL), oxid siričitý SO_2, oxidy dusíku NO_x, oxid uhoľnatý CO a oxid uhličitý CO_2.
Zdroj tepla v budove je CZT. Teplárne používajú na výrobu tepla zemný plyn v kombinácii s biomasou.

Tabuľka 59: Množstvo vyprodukovaných emisií

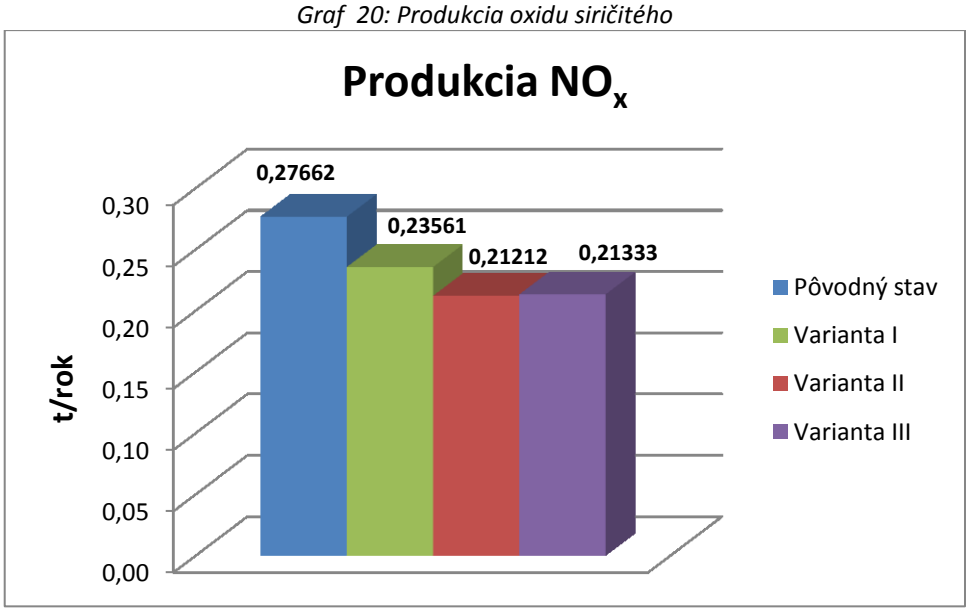
Znečisťujúca látka	Pôvodný stav	Varianta I	Varianta II	Varianta III
	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok
Tuhé látky	0,27804	0,26643	0,21908	0,21139
SO_2	0,20425	0,15699	0,15326	0,15927
No_x	0,27662	0,23561	0,21212	0,21333
CO	0,06892	0,05860	0,05283	0,05316
CO_2	115,72100	86,30945	86,30742	90,50733



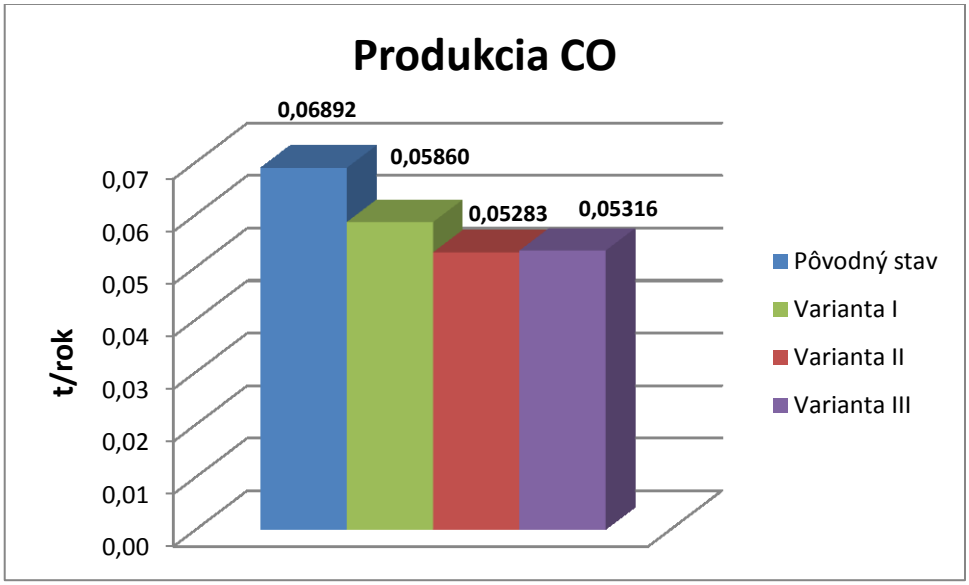
Graf 19: Produkcia tuhých znečisťujúcich látok



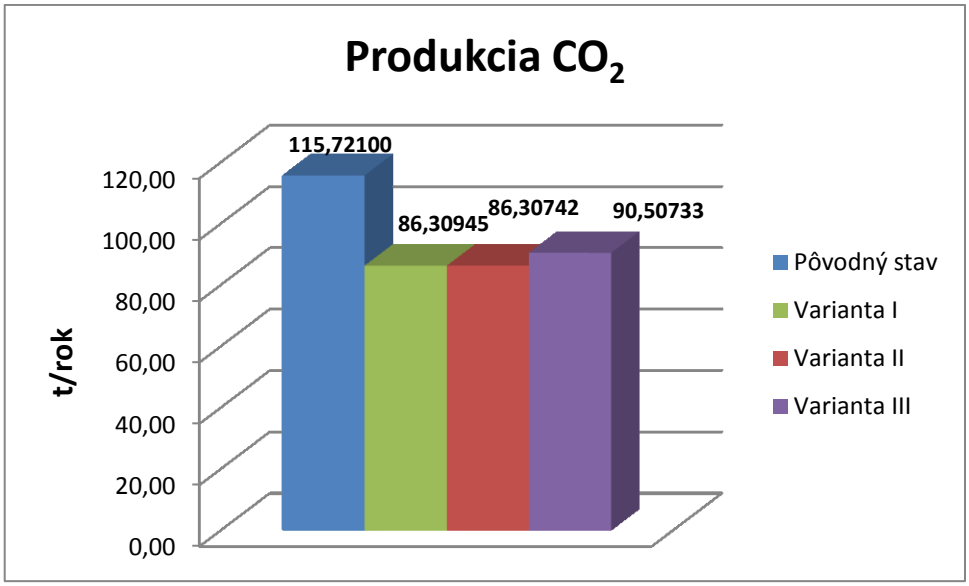
Graf 20: Produkcia oxidu siričitého



Graf 21: Produkcia oxidov dusíka



Graf 22: Produkcia oxidu uhoľnatého



Graf 23: Produkcia oxidu uhličitého

Z uvedených grafov vyplýva, že všetky navrhnuté varianty sú šetrnejšie k životnému prostrediu ako pôvodný stav. Napriek tomu, že ako najlepšou možnosťou sa javí Varianta č. II, neodporúča sa jej realizácia z dôvodu vysokého finančného vstupu a nutnosti premiestnenia výuky do iných priestorov v čase rekonštrukcie. Preto sa navrhuje varianta č. I, ktorej nutný finančný kapitál na realizáciu je malý, realizácia by bola možná aj za normálnej prevádzky budovy, bola by pomerne rýchla. Varianta č. I je následne posúdená s pôvodným stavom v tabuľke.

Tabuľka 60: Posúdenie navrhnutej varianty a pôvodného stavu

Znečisťujúca látka	Pôvodný stav	Varianta I	Rozdiel
	t/rok	t/rok	t/rok
Tuhé látky	0,27804	0,26643	**0,01161**
SO_2	0,20425	0,15699	**0,04726**
No_x	0,27662	0,23561	**0,04100**
CO	0,06892	0,05860	**0,01032**
CO_2	115,72100	86,30945	**29,41155**

C.9 Výber optimálnej varianty

Na základe výsledkov ekonomického vyhodnotenia s ohľadom na veľkosť úspory energie a ekologického vyhodnotenia energetický audítor doporučuje realizáciu Varianty I. Pri realizácii **Varianty I** sa ročne usporí **102,88 GJ** energie a **141,4 m^3** vody. Táto úspora predstavuje ušetrenú sumu **127 987 Kč za rok**. Nutná investícia do realizácie tento varianty je **621 100 Kč**. Návratnosť investície je približne **5 rokov**. Z ekologického hľadiska je nový stav menej náročný na emisiu CO_2 do atmosféry a to o 29,4 t za rok. Počas realizácie by nenastalo obmedzenie prevádzky budovy a tým pádom by sme sa vyhli komplikáciam a ďalším nákladom na presun vyučovania do iných priestorov.

Realizáciou Varianty II by sme dosiahli vyšších úspor energie, a však za cenu vyššej investície 4 898 tis. Kč. Táto varianta je rozšírená o výmenu okien. Návratnosť je 18 rokov. Prevádzka budovy by bola počas realizácia výrazne obmedzená. Neodporúča sa realizácia tejto varianty.

Vo Variante III je na miesto fotovoltaických panelov použité solárne kolektory na ohrev teplej vody. Investícia do realizácie tejto varianty predstavuje 5 088 tis. Kč s návratnosťou 18 rokov ako u predchádzajúcej varianty. Realizácia tejto varianty sa neodporúča, pretože je ekonomicky nákladná prevádzka budovy by bola obmedzená.

Všetky výstupy platia iba za prítomnosti stanovených okrajových podmienok. Výsledky by mohli byť iné, pri iných cenách energií a iných výškach navrhovaných investícií. Pri zvolení vhodnej varianty sa zohľadňovalo aj aktuálne využitie objektu.

Tabuľka 61: Upravená ročná energetická bilancia

r.	Ukazovateľ	Pred realizáciou projektu			Po realizácii projektu		
		Energia		Náklady	Energia		Náklady
		(GJ)	(MWh)	(tis.Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis.Kč)
1	Vstupy paliv a energie	1725,1	479,2	1 110,4	1622,2	450,6	998,4
2	Zmena zásob palív	0	0	0	0	0	0
3	Spotreba palív a energie	1725,1	479,2	1 110,4	1622,2	450,6	998,4
4	Predaj energie cudzím	0	0	0	0	0	0
5	Konečná spotreba palív a energie	1725,1	479,2	1 110,4	1622,2	450,6	998,4
6	Straty vo vlastnom zdroji a rozvodoch energie	0	0	0	0	0	0
7	Spotreba energie na kúrenie	1286,8	357,4	652,4	1286,8	357,4	652,4
8	Spotreba energie na chladenie	1,44	0,4	1,7	1,4	0,4	1,7
9	Spotreba energie na prípravu teplej vody	82,28	22,9	41,7	69,9	19,4	35,4
10	Spotreba energie na vetranie	0	0	0	0	0	0
11	Spotreba energie na úpravu vlhkosti	0	0	0	0	0	0
12	Spotreba energie na osvetlenie	356	98,9	416,3	265,6	73,8	310,5
13	Spotreba energie na technologické a ostatné procesy	0	0	0	0	0	0

C.10 Evidenčný list energetického auditu

Evidenční list energetického auditu (EA)
podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů

Evidenční číslo	1568 / 13

1. Část - Identifikační údaje

1. Název nebo obchodní firma vlastníka předmětu EA

Vysoké učení technické v Brne

2. Sídlo

a) ulice	b) č.p./č.o.	c) část obce	
Antonínská	548/1	Brno	
d) obec	e) PSČ	f) email	g) telefon
Brno	601 90	vut@vut.cz	+420 541 141 111

3. Identifikační číslo

356984112

4. Odpovědný zástupce

a) jméno	b) kontakt
Ing. Petr Horák, Ph.D.	horak.p@fce.vutbr.cz

5. Předmět energetického auditu

a) název

Budova školy VUT

b) adresa

Rybkova 530/2A, 602 00 Brno

c) popis předmětu EA

Predmetom energetického auditu je vzdelávacia budova školy VUT fakulty stavebnej v Brne. Objekt má 6 nadzemných podlaží a 1 podzemné podlažie.

2. Část - Popis stávajícího stavu předmětu EA

1. Charakteristika hlavních činností

Objekt je pripojený k odberu elektrickej energie a tepla. Topná voda pre objekt je pripravovaná vo výmenníkovej stanici mimo budovy, taktiež slúži aj na ohrev teplej vody. Tým pádom objekt nemá vlastný zdroj energie.

2. Vlastní zdroje energie

a) zdroje tepla

počet	-	ks
instalovaný výkon	-	MW
roční výroba	-	MWh
roční spotřeba paliva	-	GJ/r

b) zdroje elektřiny

počet	-	ks
instalovaný výkon	-	MW
roční výroba	-	MWh
roční spotřeba paliva	-	GJ/r

c) kombinovaná výroba elektřiny a tepla

počet	-	ks
instal. výkon elektrický	-	MW
instal. výkon tepelný	-	MW

d) obnovitelné zdroje energie

počet	-	ks
instalovaný výkon	-	MW
roční výroba	-	MWh

roční výroba elektřiny	-	MWh	druh OZE	-
roční výroba tepla	-	MWh		
roční spotřeba paliva	-	GJ/r		

3. Spotřeba energie

Druh spotřeby	Příkon		Spotřeba energie		Nositel energie
Vytápění	-	MW	1286,8	GJ/r	Teplo z CZT
Chlazení	-	MW	-	GJ/r	
Větrání	-	MW	-	GJ/r	
Příprava TV	-	MW	82,28	GJ/r	Teplo z CZT
Osvětlení	-	MW	356	GJ/r	Elektrická energia
Technologie	-	MW	-	GJ/r	
Ostatní	-	MW	-	GJ/r	
Celkem	-	MW	1725,08	GJ/r	Teplo z CZT, elektrická energia

3. Část - Doporučená varianta navrhovaných opatření

1. Popis doporučených opatření

- Výmena pôvodných žiariviek za LED žiarivky
- Inštalácia fotovoltaického systému
- Inštalácia úsporných batérií
- Inštalácia fotobuniek na snímanie denného svetla a pohybu

2. Úspory energie a nákladů

Spotřeba a náklady na energii - celkem

	Stávající stav		Navrhovaný stav		Úspory	
Energie	1725,08	GJ/r	1622,2	GJ/r	102,88	GJ/r
Náklady	1110,4	tis. Kč/r	998,4	tis. Kč/r	127,9	tis. Kč/r

Spotřeba energie

	Stávající stav		Navrhovaný stav		Úspory	
Vytápění	1286,8	GJ/r	1286,8	GJ/r	0	GJ/r
Chlazení	-	GJ/r	-	GJ/r	-	GJ/r
Větrání	-	GJ/r	-	GJ/r	-	GJ/r
Příprava TV	82,28	GJ/r	69,85	GJ/r	12,43	GJ/r
Osvětlení	356	GJ/r	265,55	GJ/r	90,45	GJ/r
Technologie	-	GJ/r	-	GJ/r	-	GJ/r
Ostatní	-	GJ/r	-	GJ/r	-	GJ/r

3. Ekonomické hodnocení

doba hodnocení	20	roků	diskontní míra	2	%
reálná doba návratnosti	5	roků	investiční náklady	621,1	tis.Kč
prostá doba návratnosti	5	roků	cash flow	130,7	tis.Kč/r
IRR	23	%	NPV	2136,52	tis.Kč
rok realizace	2017				

4. Ekologické hodnocení

Znečišťující látka	Stávající stav		Navrhovaný stav		Efekt	
	lokálně	globálně	lokálně	globálně	lokálně	globálně
Tuhé látky	- t/r	0,27804 t/r	- t/r	0,26643 t/r	- t/r	0,01161 t/r
SO_2	- t/r	0,20425 t/r	- t/r	0,15699 t/r	- t/r	0,04726 t/r
NO_x	- t/r	0,27662 t/r	- t/r	0,23561 t/r	- t/r	0,041 t/r
CO	- t/r	0,06892 t/r	- t/r	0,0586 t/r	- t/r	0,01032 t/r
CO_2	- t/r	115,721 t/r	- t/r	86,309 t/r	- t/r	29,412 t/r

4. Část - Údaje o energetickém specialistovi

1. Jméno a příjmení	**Titul**
Ján Kořista	**Bc.**
2. Číslo oprávnění	**3. Datum vydání**
4. Datum posledního průběžného vzdělávání	
5. Podpis	**6. Datum**
	2.1.2015

Záver

Diplomová práca sa zoberá problematikou úsporných riešení zadanej budovy.

Prvá časť je zameraná na teóriu ohľadom fotovoltaických panelov. Ich počiatky vzniku, podstata fungovania, druhy používaných fotovoltaických panelov, rôzne možnosti zapojenia systému a likvidácia panelov.

V druhej časti je spravená analýza zadaného objektu, z ktorej vyplynuli prvotné možnosti úsporných opatrení. Popis možných opatrení vyplývajúcich z energetickej náročnosti objektu.

V poslednej časti je spracovaný samotný energetický audit podľa vyhlášky 480/2012 Sb. Možnosti a kombinácie úsporných opatrení. Následne je odporučená vhodná úsporná varianta, ktorá je posúdená z ekonomického, ekologického a technického hľadiska.

Zoznam použitých zdrojov

[1] QUASHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energie*. Prvné vydanie. Praha: Grada Publishing a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3250-3

[2] MURTINGER, Karel; TRUXA, Jan. *Solární energie pro váš dům*. Prvné vydanie. Brno: Computer Press a.s., 2010. ISBN 978-80-251-3241-8

[3] PETRÁŠ, Dušan a kolektív. *Nízkoteplotné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie*. Prvé vydanie. Bratislava: Jaga group v. o. s., 2001. ISBN 80-88905-12-5

[4] HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika - Budovy jako zdroj proudu*. Prvé česke vydanie. Ostrava: vydavateľstvo HEL, 2010. ISBN 978-80-86167-33-6

[5] Zákon č.318/2012 Sb., ktorým sa mení zákon 406/2000 Sb., o hospodárení s energiami, v znení neskorších predpisov

[6] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodárení energií

[7] Vyhláška č.480/2012 Sb., o energetickom audite a energetickom posudku

[8] ČSN 73 0540-2:2011. *Tepelná ochrana budov - Časť 2: Požiadavky*, Praha: Český normalizačný inštitút, 2011.

[9] https://www.aps.org/publications/apsnews/200803/physicshistory.cfm

[10] http://www.wikiwand.com/hr/Heinrich_Rudolf_Hertz

[10] http://www.britannica.com/biography/Albert-Einstein

[11] http://solarcellcentral.com/history_page.html

[12] BECHNÍK, Bronoslav. *Stručná historie fotovoltaiky* [online]. [cit. 2016-11-1] Dostupné z URL: http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky

[13] http://www.solartec.eu/rodinne-domy-a-strechy/fotovoltaika/princip-fotovoltaiky

[14] http://egyptbiotech.com/category/uncategorized/

[15] ISOFENERGY. *Fotovoltaika v podmínkách České republiky* [online]. [cit. 2016-11-1] Dostupné z URL: *http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx*

[16] http://photovoltaicell.com/photovoltaic-cell-types/

[17] http://i-r-e.net/rebates-incentives/

[18] REGAM. *Fotovoltaika* [online]. [cit. 2016-11-1] Dostupné z URL: *http://www.regam.cz/fotovoltaika.php?lang=cz*

[19] http://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film/

[20] http://greencoastsolarsystems.com/solar-shading/

[21] *http://www.dasek.cz/solar/fve.htm*

[22] TERMS. *Tenkovrstvé panely* [online]. [cit. 2016-11-1] Dostupné z URL: http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/c68831/tenkovrstve-panely.html

[23] http://www.explainthatstuff.com/how-photoelectric-cells-work

[24] CZECH RE AGENCY. *Fotovoltaika pro každého* [online]. [cit. 2016-11-1] Dostupné z URL: *http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika*

[25] http://www.siliconsolar.com/complete-solar-systems.html

[26] http://www.obchodsolar.cz/obchodsolar/9-OBCHODNI-PODMINKY/14-Ostatni-informace

[27] BECHNÍK, Bronislav. *Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti* [online]. [cit. 2016-11-1] Dostupné z URL: http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti

[28] https://www.google.cz/maps/

[29] Vyhláška č.78/2013 Sb., o energetickej náročnosti budov

[30] INKAPO. *Slovník ekonomických pojmů* [online]. [cit. 2016-11-1] Dostupné z URL: http://www.inkapo.cz/odborna-sekce/slovnik-pojmu/ekonomika

Zoznam použitých skratiek a symbolov

EU	Európska únia	
ČR	Česká republika	
kW	Kilowatt	
V	Volt	
%	Percentá	
°C	Teplota v stupňoch Celzia	
U	Súčiniteľ prestupu tepla	[W/(m^2.K]
R	Tepelný odpor konštrukcie	[(m^2.k)/W]
TUV	Teplá užitková voda	
ΔT	Rozdiel teplôt	[°C]
$\Phi_{T,i}$	Strata prestupom tepla	[kW]
ΔU	Straty tepelnými mosty	[W/(m^2.K)]
Φ_V	Strata vetraním	[kW]
Φ	Celková strata objektu	[kW]
U_N	Požadovaný súčiniteľ prestupu tepla	[W/(m^2.K)]
A	Plocha	[m^2]
DO	Počet dní vo vykurovacom období	[-]
d_N	Normový počet dní vykurovania	[-]
t_v	Priemerná teplota vzduchu vo vykurovanom objekte	[°C]
t_{zp}	Priemerná vonkajšia teplota vo vykurovacom období	[°C]
t_i	Priemerná vnútorná teplota	[°C]
t_e	Priemerná vonkajšia teplota	[°C]
T_{eN}	Normová priemerná vonkajšia teplota	[°C]
H	Merná tepelná strata	[W/K]
A/V	Faktor tvaru budovy	[m^{-1}]
EP,A	Merná spotreba energie	[kWh/(m^2, a)]
U_{em}	Priemerný súč. prestupu tepla obálky budovy	[W/(m^2.K)]
$U_{em,rq}$	Priemerný súč. prestupu tepla referenčnej budovy	[W/(m^2.K)]
LED	Light Emitting Diode	
FVE	Fotovoltaická energia	
T_s	Prostá doba návratnosti	[rok]
IN	Investície do projektu	[Kč]
CF	Ročná úspora nákladov	[Kč]
T_{sd}	Reálna doba návratnosti	[rok]
C_{Ft}	Ročná úspora nákladov v roku t	[Kč]
r	Diskontná miera	[%]
NPV	Čistá súčasná hodnota	[Kč]

$T_ž$	Doba životnosti	[rok]
IRR	Vnútorné výnosové percento	[%]
TZL	Tuhé znečisťujúce látky	[t/rok]

Použitý software

Microsoft Word 2007

Microsoft Excel 2007

Bilancia solárnych systémov (od autorov Ing. Bořivoj Šourek, Ph.D. a Doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.; 2015)

AutoCAD 2010

Stavební fyzika - Energie 2010

Zoznam príloh

1. Výstup z programu Energie 2010 - Pôvodný stav
2. Výstup z programu Energie 2010 - Nový stav (Varianta I)
3. Výkresová časť