# Semestrální projekt 4: Optimalizace tepelné izolace školy - teoretická studie

## Základní informace

* **Předmět:** Praktické použití fyziky a chemie
* **Typ projektu:** Energetický audit a optimalizační studie
* **Časová dotace:** 16 týdnů (2 hodiny týdně + domácí příprava)
* **Práce v týmu:** 2-3 studenti

## Charakteristika projektu

Studenti zpracují zjednodušený energetický audit školní budovy se zaměřením na tepelné ztráty a navrhnou optimalizaci tepelné izolace. Projekt kombinuje teoretické znalosti stavební fyziky s praktickou aplikací na reálnou budovu, ekonomickým hodnocením a environmentálními aspekty.

## Cíle projektu

### Hlavní cíl

Analyzovat tepelně-technické vlastnosti školní budovy, identifikovat kritická místa tepelných ztrát a navrhnout ekonomicky optimální řešení zateplení.

### Dílčí cíle

1. Osvojit si principy přenosu tepla ve stavebních konstrukcích
2. Naučit se pracovat s normami ČSN v oblasti stavební fyziky
3. Pochopit metodiku energetického auditu
4. Rozvíjet schopnost systémového přístupu k řešení problémů
5. Získat praktické zkušenosti s hodnocením investic

## Zadání projektu

### 1. Mapování současného stavu (25% hodnocení)

#### 1.1 Dokumentace budovy

**Získání podkladů** - Půdorysy všech podlaží (1:100) - Řezy budovou (1:100) - Situační plán - Rok výstavby a rekonstrukcí - Technická dokumentace (pokud existuje)

**Vlastní měření a dokumentace** - Ověření rozměrů - Fotodokumentace fasád - Identifikace konstrukčního systému - Orientace ke světovým stranám

#### 1.2 Stavební konstrukce

**Obvodové stěny** - Materiál a tloušťka - Součinitel prostupu tepla U [W/m²·K] - Plocha stěn podle orientace [m²] - Tepelné mosty

**Střecha/strop pod půdou** - Typ konstrukce - Skladba vrstev - Současné zateplení - Součinitel U [W/m²·K]

**Výplně otvorů** - Typy oken (jednoduché, dvojité, trojité) - Materiál rámů - Součinitel Uw [W/m²·K] - Celková plocha oken [m²]

**Podlaha/strop nad suterénem** - Konstrukce - Zateplení (pokud existuje) - Součinitel U [W/m²·K]

#### 1.3 Vytápěcí systém

* Zdroj tepla (typ, výkon, účinnost)
* Roční spotřeba energie [GJ/rok]
* Náklady na vytápění [Kč/rok]
* Otopná soustava (radiátory, podlahové)

### 2. Výpočet tepelných ztrát (35% hodnocení)

#### 2.1 Tepelné ztráty prostupem

**Metodika výpočtu dle ČSN 73 0540**

Pro každou konstrukci vypočítejte:

HT,i = Ai × Ui × bi [W/K]

kde: - Ai = plocha konstrukce [m²] - Ui = součinitel prostupu tepla [W/m²·K] - bi = teplotní redukční činitel [-]

**Výpočty pro:** - Obvodové stěny (S, J, V, Z) - Střecha/strop pod půdou - Podlaha/strop nad suterénem - Okna a dveře

**Celková měrná ztráta prostupem:**

HT = ΣHT,i + ΔHT,tb [W/K]

kde ΔHT,tb jsou tepelné mosty (10-15% z HT)

#### 2.2 Tepelné ztráty větráním

**Přirozené větrání**

HV = 0,34 × n × V [W/K]

kde: - n = intenzita výměny vzduchu [h⁻¹] - V = objem vytápěného prostoru [m³]

**Nucené větrání (pokud existuje)** - Průtok vzduchu [m³/h] - Účinnost rekuperace [%]

#### 2.3 Celková tepelná ztráta

Q = (HT + HV) × (ti - te) [W]

kde: - ti = vnitřní teplota (20°C) - te = venkovní výpočtová teplota (-15°C)

#### 2.4 Roční potřeba tepla

**Denostupňová metoda**

E = 24 × ε × (HT + HV) × D / 1000 [GJ/rok]

kde: - ε = opravný součinitel (0,8-0,9) - D = počet denostupňů [K·den]

### 3. Návrh úsporných opatření (30% hodnocení)

#### 3.1 Katalog opatření

Pro každé opatření určete: - Technické řešení - Zlepšení součinitele U - Investiční náklady [Kč] - Úspora energie [GJ/rok] - Prostá návratnost [roky]

**Opatření 1: Zateplení fasády** - ETICS 160 mm EPS/MW - U před: 1,2 W/m²·K → U po: 0,20 W/m²·K - Cena: 1 800 Kč/m² včetně montáže

**Opatření 2: Zateplení střechy/stropu** - 300 mm minerální vaty - U před: 0,8 W/m²·K → U po: 0,12 W/m²·K - Cena: 800 Kč/m²

**Opatření 3: Výměna oken** - Trojsklo s teplým rámem - Uw před: 2,8 W/m²·K → Uw po: 0,8 W/m²·K - Cena: 12 000 Kč/m²

**Opatření 4: Zateplení soklu** - XPS 120 mm - U před: 1,5 W/m²·K → U po: 0,25 W/m²·K - Cena: 2 200 Kč/m²

**Opatření 5: Instalace rekuperace** - Účinnost 85% - Investice: 500 000 Kč - Úspora větrání: 70%

#### 3.2 Výpočet úspor

Pro každé opatření:

ΔE = 24 × ε × ΔH × D / 1000 [GJ/rok]

kde ΔH = snížení tepelné ztráty [W/K]

Finanční úspora:

ΔN = ΔE × cena\_tepla [Kč/rok]

#### 3.3 Kombinace opatření

**Varianta A: Minimální** - Pouze nejnutnější opravy - Investice do 1 mil. Kč

**Varianta B: Optimální** - Nejlepší poměr cena/výkon - Návratnost do 10 let

**Varianta C: Komplexní** - Pasivní standard - Maximální úspory

### 4. Ekonomické vyhodnocení (10% hodnocení)

#### 4.1 Investiční náklady

| Opatření | Množství | Jednotková cena | Celkem |
| --- | --- | --- | --- |
| Zateplení fasády | m² | Kč/m² | Kč |
| Zateplení střechy | m² | Kč/m² | Kč |
| Výměna oken | m² | Kč/m² | Kč |
| **CELKEM** |  |  | **Kč** |

#### 4.2 Hodnocení variant

Pro každou variantu vypočítejte: - Celkové investiční náklady [Kč] - Roční úspora energie [GJ] - Roční úspora nákladů [Kč] - Prostá návratnost [roky] - NPV (20 let, i = 4%) - IRR [%]

#### 4.3 Prioritizace opatření

Seřaďte opatření podle: 1. Návratnosti (nejkratší první) 2. Absolutní úspory (největší první) 3. Technické naléhavosti

#### 4.4 Dotační možnosti

* Nová zelená úsporám
* OPŽP
* Vlastní zdroje

## Výstupy projektu

### 1. Energetický audit (15-20 stran)

**Struktura dokumentu:**

1. **Identifikační údaje**
   * Název budovy
   * Adresa
   * Vlastník/provozovatel
   * Zpracovatel auditu
2. **Executive summary** (1 strana)
   * Hlavní zjištění
   * Doporučení
   * Ekonomické ukazatele
3. **Popis budovy**
   * Stavebně-technické řešení
   * Vytápěcí systém
   * Současná spotřeba
4. **Výpočet tepelných ztrát**
   * Metodika
   * Detailní výpočty
   * Souhrnné tabulky
5. **Návrh opatření**
   * Technická řešení
   * Výpočet úspor
   * Investiční náklady
6. **Ekonomické vyhodnocení**
   * Varianty řešení
   * Finanční analýza
   * Doporučení
7. **Environmentální přínosy**
   * Snížení emisí CO₂
   * Úspora primární energie
8. **Závěr a doporučení**
9. **Přílohy**
   * Výpočtové tabulky
   * Půdorysy s vyznačením opatření
   * Fotodokumentace
   * Cenové nabídky

### 2. Prezentace pro vedení školy

**PowerPoint (15 minut)** - Současný stav (fotky, termovize) - Tepelné ztráty (graf rozdělení) - Navrhovaná opatření (vizualizace) - Investice vs. úspory (graf návratnosti) - Varianty řešení (srovnávací tabulka) - Dotační možnosti - Doporučený postup

### 3. Informační leták

**A4 oboustranně** - Pro studenty a rodiče - Jednoduché vysvětlení problému - Navrhovaná řešení - Přínosy (úspory, komfort, ekologie)

### 4. 3D vizualizace (bonus)

* Model budovy před/po zateplení
* Tepelné toky
* Kritická místa

## Hodnotící kritéria

### Bodové hodnocení (100 bodů)

| Část | Body | Kritéria |
| --- | --- | --- |
| **Analýza stavu** | 25 | Úplnost dat, správnost U-hodnot |
| **Výpočty** | 35 | Metodika, správnost, interpretace |
| **Návrh opatření** | 30 | Realističnost, komplexnost, inovace |
| **Ekonomika** | 10 | Správnost analýzy, závěry |

### Bonusové body (max. 10)

* Termovizní snímky: +3 body
* Konzultace s energetickým auditorem: +2 body
* 3D model/vizualizace: +3 body
* Měření infiltrace (blower door): +2 body

## Časový harmonogram

| Týden | Fáze | Úkoly | Výstup |
| --- | --- | --- | --- |
| 1-2 | Start | Týmy, studium zadání | Plán projektu |
| 3-4 | Mapování | Dokumentace budovy | Technické podklady |
| 5-6 | Analýza | Součinitele U, plochy | Tabulka konstrukcí |
| 7-8 | Výpočty I | Tepelné ztráty | Výpočtový protokol |
| 9-10 | Výpočty II | Roční spotřeba | Energetická bilance |
| 11-12 | Návrhy | Opatření, úspory | Katalog opatření |
| 13 | Ekonomika | Hodnocení variant | Finanční analýza |
| 14-15 | Dokumentace | Audit, prezentace | Finální dokumenty |
| 16 | Prezentace | Obhajoby | Prezentace |

## Doporučené zdroje

### Normy a předpisy

1. ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov
2. ČSN EN ISO 13790 - Energetická náročnost budov
3. Vyhláška 78/2013 Sb. - Energetická náročnost budov
4. TNI 73 0329 - Zjednodušené výpočtové hodnocení

### Literatura

1. VAVERKA, J. a kol.: Stavební tepelná technika a energetika budov. Brno: VUTIUM, 2006
2. ŘEHÁNEK, J.: Tepelná akumulace budov. Praha: ČKAIT, 2002
3. HÁJEK, P.: Pozemní stavitelství III. Praha: ČVUT, 2004

### Online nástroje

* www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci
* www.isover.cz/aplikace/tep-technika
* www.knaufinsulation.cz/kalkulacka-uspor
* www.nkn.cz - Národní kalkulační nástroj

### Software (volitelné)

* Teplo (Svoboda Software)
* Area (Svoboda Software)
* Energy+ (pokročilí)

### Katalogy materiálů

* ISOVER, ROCKWOOL - tepelné izolace
* BAUMIT, STO - ETICS systémy
* VEKRA, INTERNORM - okna a dveře

## Praktické pokyny

### Získávání dat

1. **Kontaktujte správce budovy** - technická dokumentace
2. **Změřte si sami** - laser, pásmo
3. **Využijte katastr** - půdorys budovy
4. **Fotodokumentace** - všechny fasády
5. **Ptejte se** - rok rekonstrukcí, problémy

### Určení součinitelů U

**Pokud neznáte skladbu:** - Použijte tabulkové hodnoty dle roku výstavby - Orientační hodnoty: - Nezateplená zeď 45 cm: U = 1,2 W/m²·K - Okna dvojitá stará: U = 2,8 W/m²·K - Střecha nezateplená: U = 0,8-1,0 W/m²·K

### Časté chyby

* Zapomenutí na tepelné mosty (+10-15%)
* Špatné jednotky (W vs. kW, GJ vs. kWh)
* Nereálné ceny (ověřte u firem)
* Zanedbání údržby a životnosti
* Podcenění přípravných prací

### Tipy pro úspěch

1. **Začněte včas** - získání dat trvá
2. **Rozdělte si práci** - každý člen něco
3. **Kontrolujte výpočty** - řády veličin
4. **Používejte Excel** - snadné přepočty
5. **Konzultujte** - využijte všech možností

## Rozšíření projektu

### Pokročilé analýzy

* Dynamická simulace (hodinový krok)
* Tepelné zisky (sluneční, vnitřní)
* Letní přehřívání
* Denní světlo

### Další opatření

* Fotovoltaika
* Tepelné čerpadlo
* Zelená střecha
* Stínění

## Konzultace

### Pravidelné

* **Středa:** 14:00-15:00 (kabinet fyziky)
* **Online:** MS Teams (rezervace)

### Speciální (po domluvě)

* Energetický auditor
* Projektant pozemních staveb
* Zástupce dodavatele izolací

### Kontrolní body

* **Týden 4:** Dokumentace budovy
* **Týden 8:** Kontrola výpočtů
* **Týden 12:** Návrh opatření

## Poznámky

### Bezpečnost

* Při dokumentaci dodržujte bezpečnost
* Nevstupujte na střechu bez povolení
* Při měření používejte OOPP

### Etika

* Respektujte soukromí
* Nefotografujte osoby
* Data používejte pouze pro projekt

## Kontakt

**Vyučující:** [Jméno učitele]  
**Email:** [email]  
**Kabinet:** [číslo místnosti]  
**MS Teams:** [odkaz na tým]