

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2015

Bc. Šárka Schneiderová

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce doc. Ing. Zity Prostějovské, Ph.D. a konzultanta Ing. Zdenka Suchého, AED project a.s. a Ing. Ivety Střelcové, Ph.D., Katedra Ekonomiky a řízení stavebnictví.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Datum

.....

Bc. Šárka Schneiderová

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala všem, kteří mi umožnili vytvoření této diplomové práce, zejména vedoucí diplomové práce paní doc. Ing. Zitě Prostějovské Ph.D za její čas, odborné vedení a cenné připomínky při zpracování této práce. Dále pak Ing. Ivetě Střelcové, Ph.D. a Ing. Zdeňkovi Suchému za poskytnuté konzultace a rady při tvorbě této práce. Rovněž bych chtěla velmi poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Posouzení variant investičního záměru

ANOTACE

Práce se zabývá posouzením jednotlivých variant investičního záměru pro administrativní budovu Emauzy z hlediska její energetické náročnosti. Budova Emauzy se nachází v Praze a jejím vlastníkem je Magistrát hlavního města Prahy.

Účelem práce je sestavení takových variant investičního záměru, které budou řešit energetickou náročnost budovy v souladu se směrnicí Evropské unie č. 2010/31 EU. Tato směrnice klade požadavky na budovy vlastněné veřejným sektorem v oblasti jejich energetické náročnosti.

Klíčová slova

Investiční záměr, rekonstrukce, směrnice č. 2010/31 Evropské unie, energetická náročnost budovy, náklady na spotřebu energie budovy, PENB

Summary

The work deals with the assessment of the individual variants of the investment project for the office building Emauzy in terms of its energy performance. Emauzy building is located in Prague and is owned by the City of Prague.

The purpose of this work is the preparation of such variants of the investment project that will solve the energy performance of the building in accordance with European Union Directive no. 2010/31 EU. This Directive imposes requirements on the buildings owned by the public sector in the field of energy performance.

Keywords

Investment project, reconstruction of the building, European Union directive no. 2010/31, energy performance of buildings, costs energy, PENB.

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍLE EVROPSKÉ UNIE V OBLASTI ÚSPORY ENERGIÍ	2
2.1	Stavebnictví a spotřeba energií	4
2.1.1	Dopad směrnice 2010/31/EU do stavebnictví	4
2.2	Ukazatele energetické náročnosti budovy + jejich stanovení	6
3	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – PENB	10
3.1	Protokol PENB	10
3.1.1	Grafické znázornění PENB	12
3.1.2	Povinnost PENB	13
3.1.3	Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy	13
3.2	Opatření ke snížení energetické náročnosti budovy	16
3.2.1	Zateplení obvodové konstrukce	17
3.2.2	Lehký obvodový plášť	17
3.2.3	Vytápění	18
3.2.4	Větrání	20
3.2.5	Obnovitelné zdroje energie - OZE	22
3.2.6	Osvětlení	24
3.2.7	Shrnutí možných opatření ke snížení energetické náročnosti budovy	25
4	PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE	27
4.1	Představení areálu Emauzy	27
4.1.1	Identifikační údaje a technický popis budovy	27
4.1.2	Původní stav budovy	28
4.1.3	Aktuální PENB Emauzy	33
4.2	Řešení budovy Emauzy – varianty investičního záměru	34
4.2.1	Nulová varianta	35
4.2.2	Varianta č. 1 – novostavba	35
4.2.3	Varianta č. 2 – rekonstrukce budovy	40
4.3	Vyhodnocení	49
5	ZÁVĚR	56
	POUŽITÉ ZDROJE	57

PŘÍLOHY

60

SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

61

1 Úvod

Cílem práce je najít neoptimálnější variantu řešení investičního záměru v souladu se směrnicí Evropské unie č. 2010/31 EU pro budovu Emauzy. Tato budova je ve vlastnictví Magistrátu hlavního města Prahy. Směrnice Evropské unie č. 2010/31 EU klade požadavky na budovy v oblasti jejich energetické náročnosti.

Dopad směrnice EU má vliv na budovy, které vlastní orgány veřejné správy. Autorka si dala za cíl najít vhodnou variantu investičního záměru, která bude splňovat, jak požadavky na energetickou náročnost budovy, tak i ekonomickou efektivnost příslušného záměru.

Práce má odpověď na otázku, jaká varianta investičního záměru je vhodnější - *rekonstruovat stávající budovu Emauzy či zbourat stávající budovu a postavit novou administrativní budovu.*

Tuto otázku bude autorka řešit, jak z pohledu finančního – formou propočtů pro jednotlivé varianty záměru, tak i z pohledu technologického – návrhem průkazu energetické náročnosti budovy Emauzy pro rekonstrukci budovy. V rámci rekonstrukce budovy, budou navrženy optimalizace jednotlivých technologických systémů v budově a určení finanční efektivnosti těchto systémů.

Jednotlivé varianty investičního záměru se poté vyhodnotí v dopadu na úspory spotřebované energie budovy, výše investičního nákladu a doby návratnosti této investice.

Dle výše zmíněných kritérií, bude doporučena nejvhodnější varianta investičního záměru.

2 Cíle Evropské unie v oblasti úspory energií

Evropská unie si stanovila závazné cíle v oblasti úspor energie do roku 2020. Priorita Evropské unie „20-20-20 do roku 2020“. [1]

Cíle Evropské unie do roku 2020:

- snížení emise skleníkových plynů o 20 %,
- navýšení podílů obnovitelných zdrojů energií na celkové spotřebě EU na celkových 20 %,
- zvýšit celkovou energetickou účinnost v Evropě ⇨ dosažení úspory ve spotřebě energie o 20 %, oproti roku 1990

Cíle České republiky do roku 2020:

- snížení emise skleníkových plynů o 20 %,
- navýšení podílů obnovitelných zdrojů energií na celkové spotřebě ČR na celkových 13,5 %,
- zvýšit celkovou energetickou účinnost v Evropě ⇨ dosažení úspory ve spotřebě energie o 20 %, oproti roku 1990 [1]

Tyto cíle jsou specifikovány ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budovy. Směrnice č. 2010/31/EU nahradila původní směrnici z 2002/91/ES. Původní směrnice popisovala 4 oblasti – požadavky na zavedení kontroly účinnosti kotlů, požadavky na zavedení klimatizovaných systémů, požadavky na energetickou náročnost budovy a vydávání certifikátů (v České republice průkazy energetické náročnosti budovy – PENB) a požadavky na nezávislé odborné osoby, které mají oprávněné provádět zmíněné kontroly a vypracovávat průkazy energetické náročnosti budovy.

Nová směrnice podrobně popisuje jednotlivé oblasti (jednotlivé požadavky Evropské unie) a blíže specifikuje postup při provádění kontrol. Zavádí nové pojmy v oblasti energetické náročnosti budovy a při vystavení certifikátu. [2]

Směrnice 2002/91/ES	Směrnice 2010/31/EU
<i>požadavky v oblasti energetická náročnost budov</i>	<i>požadavky v oblasti energetická náročnost budov</i>
1) metoda výpočtu,	1) metoda výpočtu
2) požadavky na EN,	2) min. požadavky na EN
3) požadavky na nové a stávající budovy	3) nákladově optimální úroveň EN
4) certifikace EN budov	4) požadavky na nové a stávající budovy
	5) budovy s téměř nulovou spotřebou energie
	6) finanční pobídky pro nulové budovy
	7) certifikáty EN budov a jejich obsah, vydávání a vystavení

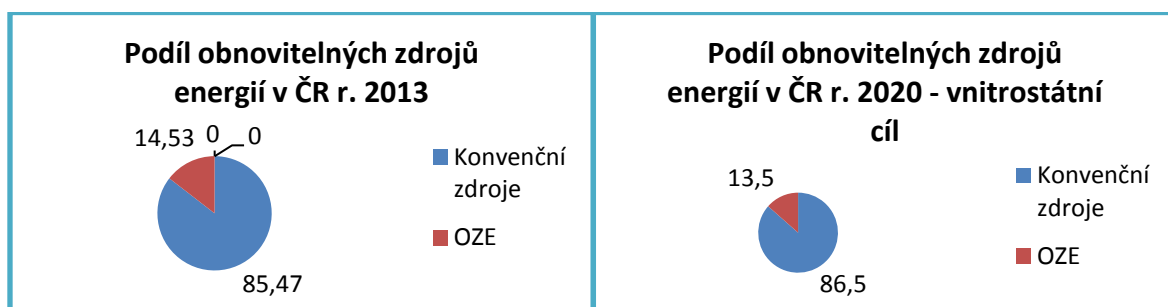
Tabulka 1 - Porovnání směrnice 2002/91/ES a směrnice 2010/31/EU – požadavky v oblasti energetické náročnosti budov [2]

Evropská unie se připravuje na období po roce 2020. Na cíle „20-20-20“ v oblasti klimatu a energetiky navazují cíle do roku 2030. [1]

Cíle Evropské unie do roku 2030:

- snížení emise skleníkových plynů o 40 %,
- navýšení podílů obnovitelných zdrojů energií na celkové spotřebě EU na celkových 27 %,
- v oblasti energetické účinnosti / úspor energií, budou konkrétní cíle stanoveny až po přezkoumání směrnice o energetické účinnosti (přezkoumání má být provedeno koncem roku 2014), oproti roku 1990

Energie z obnovitelných zdrojů energie je součástí dlouhodobé strategie Komise Evropské unie. Komise vydala „energetický plán do roku 2050“, jenž obsahuje snižování emisí uhlíku hlavně v energetice. Plán dále počítá se zpomalením nárůstu podílu obnovitelných zdrojů energie po roce 2020. Po roce 2020 již nedojde k obnovení závazných vnitrostátních cílů pro energii OZE. Závazný cíl – stanovení 27% spotřeby energie z obnovitelných zdrojů energií je stanoven na úrovni EU. [1]



Obrázek 1- Graf OZE v ČR pro r. 2013 a rok 2020, [3]

Z grafů je patrné [3], že Česká republika již v roce 2013 splnila, k čemu se zavázala, tedy že podíl obnovitelných zdrojů v ČR bude vyšší než 13,5 %.

Veřejný sektor by měl být příkladem při úspoře energií všem ostatním. Jeho spotřeba představuje skoro 20% HDP. Renovace všech veřejných budov by mohla přinést úsporu až 60% úspory energií.

V Evropské unii činí 40% podíl budov na celkové spotřebě energie. Jelikož dochází k rozrůstání tohoto sektoru, dojde i k celkovému zvýšení spotřeby energií. [1]

2.1 Stavebnictví a spotřeba energií

Do roku 2012 musely všechny členské státy Evropské unie zahrnout do zadávání veřejných zakázek požadavky na energetickou náročnost budovy na všechny veřejné budovy. Budovy, které patří orgánům státní správy, měly být příkladem pro ostatní, a tedy mají mít energetickou certifikaci. Povinností vlastníka budovy je vystavit tento certifikát energetické náročnosti budovy na viditelné místo.

2.1.1 Dopad směrnice 2010/31/EU do stavebnictví

Členské státy Evropské unie se zavázaly dle směrnice 2010/31/EU k těmto bodům:

- od roku 2019 budou nové budovy, které vlastní či užívají orgány veřejné správy budovy s téměř nulovou spotřebou energie,
- od roku 2021 všechny nové budovy musí splňovat požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie,
- veřejný sektor každoročně renovuje 3% celkové podlahové plochy budov, které jsou v jeho vlastnictví. Tyto renovace probíhají u budov s plochou větší než 250 m². Renovované budovy musí splňovat požadavky na minimální energetickou spotřebu. [1]

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií

V České republice má směrnice podobu zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií v aktuálním znění a dále ve vyhlášce 78/2013 ze dne 22. března 2013 o energetické náročnosti budov. [4]

„ Tato vyhláška zpracovává příslušný předpis Evropské unie a stanoví:

a) *nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie,*

b) *metodu výpočtu energetické náročnosti budovy,*

c) *vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,*

d) *vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,*

e) *vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování a umístění průkazu v budově. “*
[4]

Základní pojmy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

- **referenční budova** – výpočtově definovaná budova, která má obdobné vlastnosti jako budova hodnocená. Obdobnými vlastnostmi jsou myšlené především: užití budovy, geometrický tvar a velikost, stejné hodnoty prosklených ploch, stejná orientace ke světovým stranám, klimatické vlastnosti, vnitřní uspořádání budovy, atd.
- **typické užívání budovy** – způsob využívání budovy, který je v souladu s podmínkami vnitřního a vnějšího prostředí, obdobný provoz budovy.
- **přírozené větrání** – je založeno na principu teplotního a tlakového rozdílu venkovního a vnitřního vzduchu.
- **nucené větrání** – probíhá pomocí mechanického zařízení

- **energonositel** – hmota či jev, který je používán k výrobě mechanické práce nebo tepla. Může být také použit na ovládání chemických či fyzikálních procesů.
- **spotřebná energie** – energie potřebná pro zajištění užívání budovy, včetně zajištění účinnosti technických systémů budovy.
- **primární energie** - energie, jenž neprošla procesem přeměny.
- **pomocná energie** – energie potřebná pro provoz budovy.
- **celková primární energie** – součet obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie.
- **budova s téměř nulovou spotřebou energie** – „je budova, jejíž energetická náročnost je velmi nízká. Téměř nulová či nízká spotřeba energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů, včetně té vyráběné v místě či v jejím okolí. „ [1] Energetická náročnost se stanovuje dle optimální nákladové podmínky. Nákladově optimální podmínka znamená zachování rovnováhy mezi investicí a náklady na úsporu spotřeby energií během životního cyklu budovy.
- **energeticky vztažná plocha** – je půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím celé budovy. Vztažná plocha je vymezená vnějšími povrchy konstrukce obálky budovy.
- **obálka budovy** – je tvořena všemi částmi teplosměnných obvodových konstrukcí. Nejedná se pouze o obvodový plášť, ale i o základy či vnitřní konstrukce oddělující vnitřní nevytápěný prostor od vytápěného. [4]

2.2 Ukazatele energetické náročnosti budovy + jejich stanovení

„Ukazatele energetické náročnosti budovy jsou:

- a) celková primární energie za rok,
- b) neobnovitelná primární energie za rok,
- c) celková dodaná energie za rok,
- d) dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,

- e) průměrný součinitel prostupu tepla,
- f) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- g) účinnost technických systémů.“ [4]

Výchozím podkladem pro výpočet hodnot jednotlivých ukazatelů je dokumentace budovy (DSP – dokumentace pro stavební povolení a DPS – dokumentace pro provádění stavby). V případě dokončených budov se pro výpočet používají vstupní údaje, které jsou v souladu s aktuálním stavem budovy.

Pro výpočet hodnot jednotlivých ukazatelů energetické náročnosti referenční budovy se používají hodnoty – parametry budovy, stavební prvky a konstrukce, technické systémy budovy.

Stavební prvky a konstrukce – požadavky na součinitele prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí, propustnost slunečního záření průsvitné konstrukce a korekční činitel rámu průsvitné konstrukce. U konstrukce se bere v potaz druh stavebního prvku, zda konstrukce zasahuje částečně do exteriéru či je pouze v interiéru atd. [4]

	Označení	Referenční hodnoty
Součinitel prostupu tepla	$U_{em,R}$	
Propustnost slunečního záření průsvitné konstrukce	$G_{gl,I}$	dle ČSN EN 1363
Korekční činitel rámu průsvitné konstrukce	$F_{gl,I}$	dle ČSN EN 10077-1 (bývá hodnota 0,8)

Tabulka 2- parametry stavebních prvků a kce., [4]

Parametry budovy – vyhláška č. 78/2013 Sb. [4] určuje referenční hodnoty jednotlivých parametrů pro budovy dokončené a jejich změny, nové budovy a budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

Parametr	Označení	Referenční hodnoty
Součinitel prostupu tepla	$U_{em,R}$	
Přirážka na vliv tepelných vazeb	$\Delta U_{em,R}$	0,02
Vnitřní tepelná kapacita	C_R	165
Celková propustnost slunečního záření	g_R	0,5
Činitel clonění pro chlazení	$F_{sh,R}$	0,2
Vyrobená elektřina	$Q_{el,R}$	0
Využitá energie slunečního záření, energie větru a geotermální energie	$Q_{elv,R}$	-

Tabulka 3 - parametry referenční budovy, [4]

- **Technické systémy budovy** – do technických systémů budovy se řadí zdroje tepla a chladu, systém větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení a pomocné energie. U zdroje tepla a chladu se určí tzv. energonositel - hmota či jev, který je používán k výrobě mechanické práce nebo tepla. Může být také použit na ovládání chemických či fyzikálních procesů. Příklady druhů energonositele jsou uvedeny v tabulce č. 4, kde jsou přiřazeny k jednotlivým energonositelům faktory primární energie – celkové primární energie a neobnovitelné primární energie. [4]

Energonositel	Faktor celkové primární energie (-)	Faktor neobnovitelné primární energie (-)
Zemní plyn	1,1	1,1
Černé uhlí	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan/LPG	1,2	1,2
Topný olej	1,2	1,2
Elektřina	3,2	3,0
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)	1,0	0,0
Elektřina - dodávka mimo budovu	-3,2	-3,0
Teplo - dodávka mimo budovu	-1,1	-1,0
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,1
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 50% a nejvýše 80 % podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,3
Soustava zásobování tepelnou energií s 50% a nižším podílem obnovitelných zdrojů	1,1	1,0
Ostatní neuvedené energonositele	1,2	1,2

Tabulka 4 – energonositelé [5]

3 Průkaz energetické náročnosti budovy – PENB

Průkazu energetické náročnosti budovy slouží k celkovému zhodnocení objektu z energetického hlediska. Oproti energetickému auditu je stručnější a dochází k vyhodnocení úspory z celkového pohledu.



Obrázek 2 - klasifikační třídy PENB, [6]

Vzor a obsah průkazu energetické náročnosti budovy je uveden ve vyhlášce č. 78 ze dne 22. března 2013. Průkaz je tvořen 2 částmi. První částí je protokol a druhá část obsahuje grafické znázornění průkazu. [4]

3.1 Protokol PENB

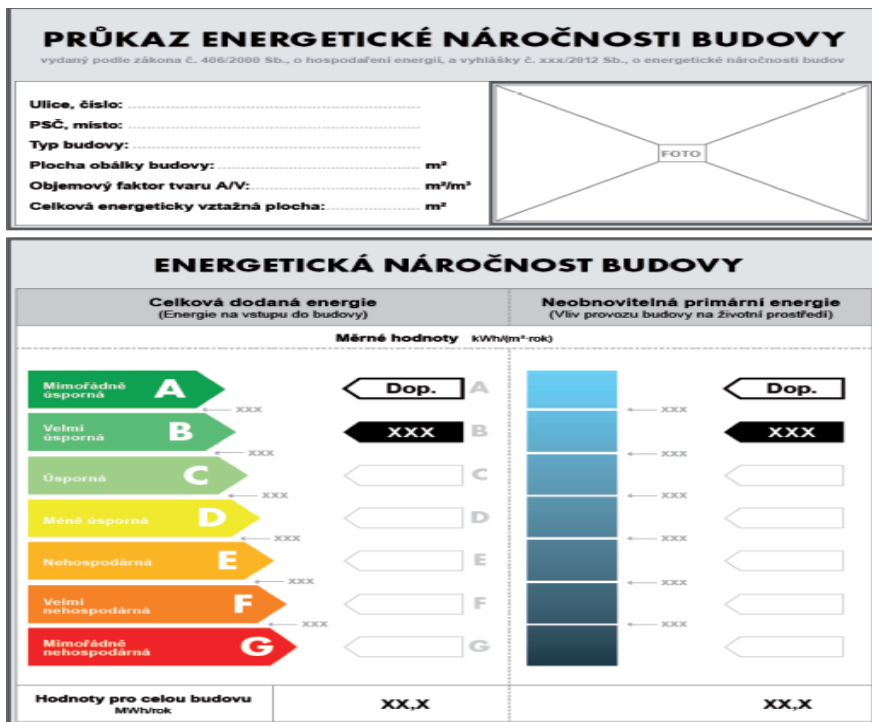
Základní pojmy průkazu energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 78 [4] :

- a) **identifikační údaje budovy** – adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ), katastrální území, uvedení budovy do provozu, informace o vlastníkoví budovy, informace o stavebníkovi (IČ, tel. číslo, atd.)
- b) **typ budovy** – rodinný dům, bytový dům, administrativní budova, budova pro ubytování a stravování, budova pro sport, vzdělání, kulturu
- c) **geometrické charakteristiky budovy** – objem budovy V (m^3), celková plocha obálky budovy A (m^2), objemový faktor budovy A/V (m^2/m^3), celková energeticky vztažná plocha budovy A_c (m^2).
- d) **druhy energonositele užívané v budově** – viz tabulka č. 4 druhy energonositelé
- e) **druhy energie dodané mimo budovu** – elektřina či teplo

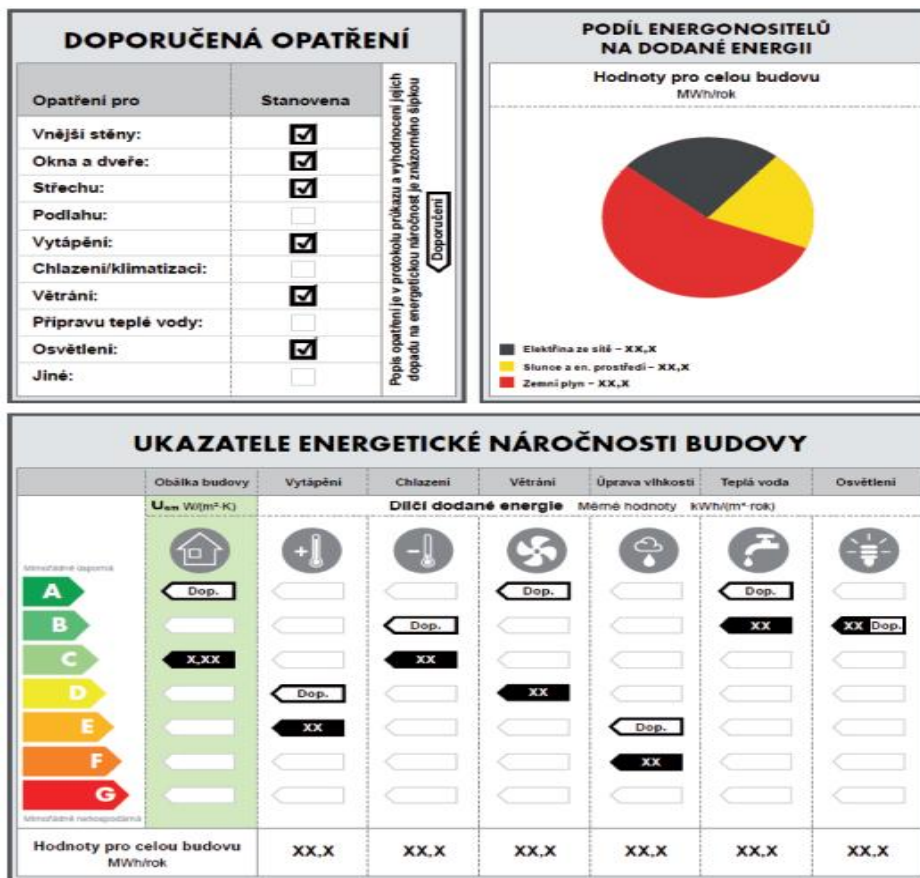
- f) stavební prvky a konstrukce** – popis stavby, rozdělení budovy na zóny, požadavky na součinitel prostupu tepla, průměrný součinitel prostupu tepla pro jednotlivé zóny
- g) technické požadavky** – pro technický systém vytápění, chlazení, větrání, úpravy vlhkosti vzduchu, přípravy teplé vody a osvětlení je potřeba specifikovat zdroje, energonositele, a účinnosti. Poté se specifikují požadavky na jednotlivé systémy a navrhnou se příslušné systémy, které splňují požadovaná kritéria pro referenční budovu
- h) energetická náročnost hodnocené budovy** – seznam hodnocených zón a jejich dílčí dodané energie, specifikace vyrobené energie (v budově, mimo budovu, typ výroby ...), rozdělení energie dle energonositele na energii dílčí, dodanou, celkovou primární a neobnovitelnou primární energie. Určení požadavků na energie pro referenční a hodnocenou budovu.
- i) výsledky posouzení proveditelnosti alternativních systémů** – analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie \Rightarrow závěr: doporučení k realizaci + zdůvodnění, datum vypracování
- j) návrh vhodných opatření pro snížení energetické náročnosti budovy** – opatření pro stavební prvky a konstrukce, návrhy pro technické systémy budovy, obsluha a provoz systémů budovy
- k) posouzení vhodnosti opatření** – z hlediska technického, funkčního a ekonomického
- l) závěrečné hodnocení energetického specialisty** – určení třídy energetické náročnosti budovy
- m) identifikační údaje energetického specialisty**
- n) datum vypracování průkazu** – platnost průkazu energetické náročnosti budovy je 10 let od jeho vypracování.

3.1.1 Grafické znázornění PENB

Přílohy vyhlášky zobrazují grafické znázornění průkazu.



Tabulka 5 - Grafické znázornění průkazu - I., [7]



Tabulka 6 - Grafické znázornění průkazu - II., [7]

3.1.2 Povinnost PENB

Zákony v České republice zavádějí postupně povinnost vypracování průkazů energetické náročnosti budovy. Tabulka č. 7 znázorňuje, kdy je vlastník budovy povinen si nechat vypracování PENB.

Zavedení průkazu energetické náročnosti budov dle zákonů ČR	
1.1.2013	Při prodeji budovy nebo její ucelené části
1.7.2013	Budovy užívané státní správou s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500 m ²
1.1.2015	Stávající bytové domy a administrativní budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1.500 m ²
1.7.2015	Budovy užívané státní správou s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m ²
1.1.2016	Pronájem ucelené části budovy včetně družstevních domů
1.1.2017	Stávající bytové domy a administrativní budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1.000 m ²
1.1.2019	Stávající bytové domy a administrativní budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 1.000 m ²

Tabulka 7 - povinnost PENB, [8]

3.1.3 Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy

Dle normy ČSN 73 0540 - 2/2011 [9] dochází k porovnání průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em} (W/(m²*K)) s požadovanou normovanou hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em,L}$ (W/(m²*K)). Dle této vypočtené hodnoty dochází k zařazení do jednotlivých klasifikačních tříd.

Průkaz energetické náročnosti budovy má celkem 7 klasifikačních tříd. Každá třída má písemné označení A – G. Klasifikační třídy A až G se stanovují pro celkovou dodanou energii, dílčí dodanou energii, neobnovitelnou primární energii a upraveným součinitelem prostupu tepla. Jednotlivá písmena mají konkrétní slovní vyjádření (viz tabulka č. 8 – klasifikační třídy PENB), které vypovídá o tepelných vlastnostech obálky budovy. [4]

Klasifikační třída	Slovní vyjádření
A	Mimořádně úsporná
B	Velmi úsporná
C	Úsporná
D	Méně úsporná
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná

Tabulka 8 - klasifikační třídy PENB (vlastní práce)

Hranice klasifikačních tříd se stanovuje dle referenční hodnoty klasifikovaného ukazatele energetické náročnosti budovy E_R . Hodnota E_R se určuje z referenčních podmínek, které jsou uvedeny pro novou budovu. [4]

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy U_{em}	Hranice třídy EN (kWh/(m ² .rok))	
		od	do
A	$0,65 \times E_R$	0	61
B	$0,8 \times E_R$	62	123
C	E_R	124	179
D	$1,5 \times E_R$	180	236
E	$2 \times E_R$	237	293
F	$2,5 \times E_R$	294	345
G	E_R	346	

Tabulka 9 - hodnoty klasifikačních tříd U_{em} , [4]

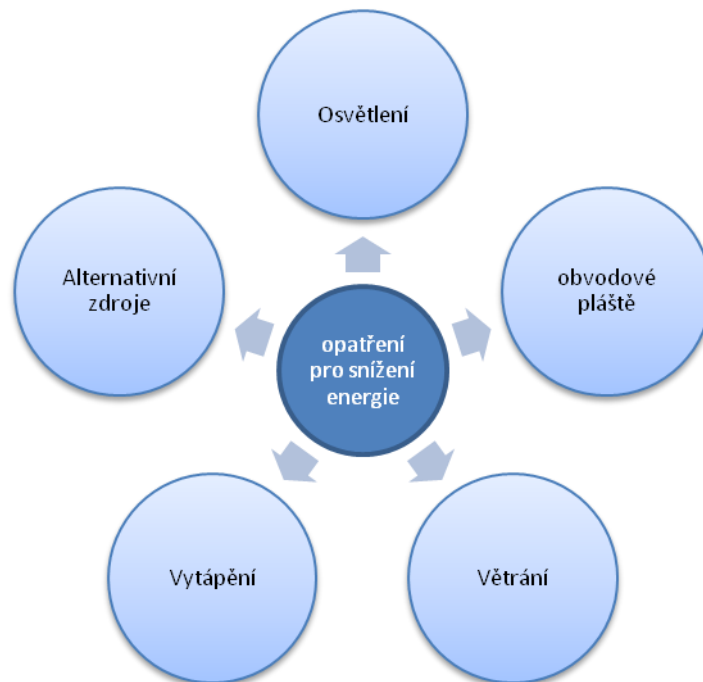
Klasifikační třídy v praxi

Pokud je budova zařazena do klasifikační třídy A či B dochází v budově k výrazné redukci úniku tepla. Takové budovy se označují jako **nízkoenergetické budovy**. Opakem nízkoenergetických budov jsou budovy postavené v 70. a 80. letech. Tyto budovy často dosahují klasifikační třídy E nebo F.

- a) nízkoenergetická budova** – typické je zde použití otopné sestavy, která má snížený výkon a využívá obnovitelné zdroje energie. Budova je řádně zateplena, aby se zamezilo vzniku tepelných mostů, je zde použit systém řízeného větrání. Potřeba tepla na vytápění je menší než 50 kWh/ m²a.

b) budovy běžné v 70. a 80. letech – v budovách se vyskytují zastaralé otopné systémy. Zdroj tepla v budově bývá velkým zdrojem emisí. Budovy často nemají žádná zateplení, popřípadě nedostatečné a je zde výskyt tepelných mostů, větrání zde funguje na principu tzv. „otevřených oken“. Potřeba tepla na vytápění je vyšší než 200 kWh/ m²a. [10]

3.2 Opatření ke snížení energetické náročnosti budovy



Obrázek 3 - druhy opatření pro snížení energie (vlastní práce)

Jak vyplývá z obrázku č. 3 - druhů opatření pro snížení energie existuje několik. V praxi dochází ke kombinaci těchto variant, většinou v celkovém návrhu pro snížení náročnosti bývají zkombinovány všechny varianty, jen má každá varianta jiné procento využití. Využití jednotlivých variant vychází z typu budovy (jiné požadavky na teplotu v místnostech má rodinný dům či administrativní budova), stavební konstrukce nebo technické požadavky na budovu.

- **obvodové pláště** - u starších budov se jedná především o zateplení obvodové konstrukce, u administrativních budov se nyní používají lehké obvodové pláště;
- **větrání** – změna způsobu větrání – klasické větrání, řízené;
- **vytápění** – změna zdroje vytápění, regulace vytápění nebo použití alternativních zdrojů;
- **alternativní zdroje energie** - využití v technologii budovy (solární panely, tepelná čerpadla, atd.);
- **osvětlení** – systém osvětlení v budově, druhy úsporných osvětlení

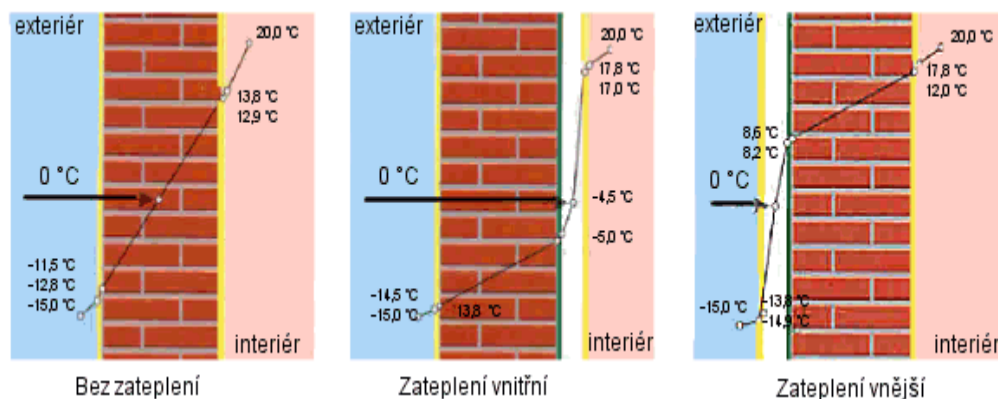
3.2.1 Zateplení obvodové konstrukce

Zateplení budovy lze provést dvěma způsoby:

- 1) *vnitřní zateplovací systém*
- 2) *vnější zateplovací systém*
 - 2a) *jednoplášťový kontaktní*
 - 2b) *dvouplášťový větraný*

Při zateplení konstrukce dochází k zabránění promrzání konstrukce, ta je v průběhu celého roku v téměř konstantních podmínkách, a tím dochází k zvýšení životnosti nosné kce. budovy. Volba zateplení se odvíjí od druhu a tloušťky tepelné izolace, tyto podmínky musí být v souladu s ČSN 73 054_2.

U vnějšího zateplovacího systému lze téměř vyloučit tepelné mosty. Jako tepelně izolační materiál se obvykle používá pěnový polystyren nebo minerální desky. Výhodou pěnového polystyrenu jsou jeho výborné tepelně izolační vlastnosti, nízká hmotnost a příznivá cena. Minerální desky se rozlišují dle orientace vláken – podélné a kolmé. Desky mají větší objemovou hmotnost, díky níž mají dobré zvukově izolační vlastnosti, ale tím je zároveň ztížena manipulace s nimi. Oproti polystyrenu mají relativně vysokou cenu. [11]



Obrázek 4 - zateplení obvodové kce., [11]

3.2.2 Lehký obvodový plášť

Lehké obvodové pláště jsou na bázi kovů a skla. Používají se kovové plechy z oceli, hliníku nebo titanzinku, které mají kvalitní povrchovou úpravu. Lehké obvodové pláště mají roštovou kce., která nese výplňové panely (panely mohou být průhledné či neprůhledné) nebo panelovou konstrukci (předem sestavené a vzájemně pospojované prvky na výšku jednoho podlaží). Do této skupiny spadají

také tzv. dvojitě fasády. Dvojitě fasády jsou oddělené vzduchovou mezerou. Nosná vnitřní část s izolací je oddělena mezerou od ochranné fasádní vrstvy.

Požadavky na funkční a technické vlastnosti plášťů - průvzdušnost, vodotěsnost, požární odolnost, tepelné chování lehkých obvodových plášťů jsou obsaženy v normách ČSN EN. [12]

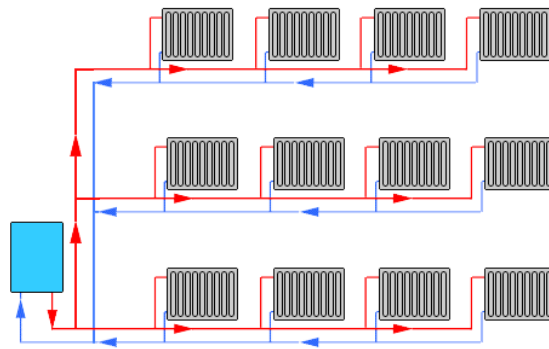
3.2.3 Vytápění

Vytápění spotřebuje většinu energie, která je spjata s provozem budovy. U vytápění je důležitá volba paliva a technologická účinnost kotle. *Existuje několik systémů vytápění, lišících se druhem paliva, provedením a umístěním topidel, způsobem rozvodu tepla do místností, topným výkonem, náročností na odtah spalin, způsobem obsluhy a doplňování paliva apod. Hlavní funkcí je – zajistit s co nejnižšími provozními náklady na topení a požadavky na obsluhu v budově co nejvyšší úroveň tepelné pohody pro jeho obyvatele. Vzhledem k tomu, že každý dům má jiné podmínky pro využívání zdrojů tepla, jsou i jednotlivé druhy vytápění dosti odlišné.* [13]

Vytápěcí systémy

1. **Lokální systém** – nejjednodušší systém, nevhodnější způsob vytápění jedné či více místností. Zdrojem tepla je topidlo, které je zároveň i topným tělesem. Toto pak předává teplo do celé místnosti. Tento systém vytápění se používá v objektech s občasným užíváním, nebo v malých bytech. Výhodou lokálního vytápění je rychlá instalace topidla bez nutnosti budování rozvodných systémů tepla, jednoduchá obsluha a nízká pořizovací cena. Nevýhodou je nutnost samostatné obsluhy topidla a špatná regulace jeho výkonu. Jako topidlo se používají kamna na dřevo, plynová topidla nebo elektrické konvektory.
 - 1.1. **konvektivní topidlo** – ohřívá se vzduch
 - 1.2. **sálavé topidlo** - teplo přenáší převážně sáláním tj. dlouhovlnným infračerveným zářením
2. **Ústřední vytápění**- jedno topidlo vytápí několik bytů nebo pater jednoho objektu.
 - 2.1. **Klasické ústřední topení**– nejběžnější systém, přenos tepla mezi kotlem a radiátory zajišťuje cirkulující voda.
 - 2.2. **Nízkoteplotní vytápění** – může mít formu podlahového nebo stěnového topení, díky velké ploše, která je vyhřívána, stačí nízká teplota topné vody. Vhodné při použití tepelného čerpadla, kondenzačního kotle.

2.3. **Teplovzdušné vytápění** - v poslední době se začíná rozšiřovat v domech, které mají rekuperační větrání viz kapitola větrání – rekuperace tepla [13]



Obrázek 5 - ústřední vytápění, [13]

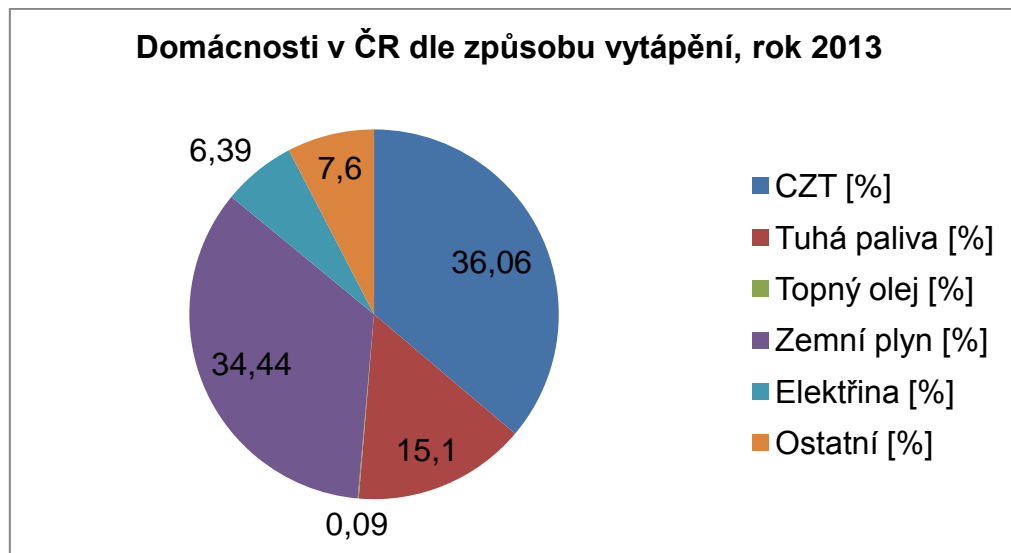
Přenos tepla do místností

- **Vytápění otopnými tělesy** – teplo od topidla přenáší do systému otopných těles (radiátorů), které předávají teplo do místností;
- **Podlahové vytápění** – systém trubek umístěných v podlaze, teplo se do místnosti předává přímým přestupem tepla do podlahy.

Zdroje energie na vytápění

- elektřina** - nejsnazší způsob na změnu energie na teplo, výhodou je snadná regulace výkonu topidel, neprodukuje spaliny a je všude dostupná. Elektřina je nejnáročnější na výrobu - nejdražší zdroj energie;
- zemní plyn** – relativně snadno se rozvádí (plynová síť), lze dobře regulovat výkon topidel. Topidla jsou konstrukčně složitější – nutnost odvodu spalin.
- kapalná paliva** – zkapalněný propan či lehký topný olej, vlastnosti obdobné jako u plynových topidel, je zde nutnost mít zásobník na palivo. Cenově výrazně vyšší než plyn;
- uhlí** – kdysi bývalo nejrozšířenějším palivem, v 90. letech odklon od tohoto zdroje, dnes se používají automatické kotle na uhlí (došlo k zvýšení komfortu obsluhy a zároveň došlo ke snížení emisí);

- e) **biomasa** – jeden z obnovitelných zdrojů energie, dochází k přenesení sluneční energie zachycení rostlinami a uložení ve formě chemické energie. Podrobněji v kapitole OZE – biomasa;
- f) **solární panely**- využívají se spíše pro ohřev teplé vody a ve vytápění jen doplňkově, výhoda spočívá v široké dostupnosti slunečního záření. Problém se sezonními a denními výkyvy v dodávce energie [14]



Obrázek 6 - Domácnosti v ČR dle způsobu vytápění 2013, [15]

3.2.4 Větrání

V současné době jsou kladeny vysoké nároky na neprůvzdušnost obvodového pláště a výplně otvorů, v důsledku této skutečnosti nelze spoléhat na přirozené větrání (netěsnosti obvodového pláště, okenní spáry atd.) pro trvalé větrání budovy. Požadavky na větrání – přívod vzduchu i odvod vzduchu jsou obsaženy ČSN EN 15665/Z1 2011. [16]

Základní dělení systému větrání :

- přirozené větrání
- nucené větrání
- hybridní větrání

- a) **přírozené větrání** - dochází k výměně a odvodu vzduchu na základě přírodních sil (podtlak a přetlak), příkladem může být větrání okny popřípadě dalšími otvory, které jsou zabudované v obvodové konstrukci budovy;
- použití: rodinné domy, byty
- b) **nucené větrání** - přívod vzduchu musí být zajištěn do obytných místností a kuchyní, odvod vzduchu v místě znečištění nebo vlhkosti (koupelny, kuchyně), systém musí mít tzv. větrací jednotu. Větrací (vzduchotechnická) jednotka musí obsahovat filtraci a přehříváč vzduchu;
- oproti přírozenému větrání je nucené větrání kvalitnější – lze jej lépe regulovat, nevýhodou je zamezení přísunu čerstvého vzduchu do místnosti;
 - pro úsporu energie se vzduchotechnická jednotka dá využít i pro zpětné získání tepla;
 - nucené větrání je nákladnou investicí, používá se v budovách, kde není možné větrat přírozeně;
 - použití: administrativní budovy – vysoké budovy, kde není možné mít otvíravé výplně otvorů, lokalita s vysokým % smogu, atd.
- c) **hybridní větrání** - kombinace přírozeného a nuceného systému větrání;
- snaží se maximálně využívat přírozeného systému větrání, ale v momentě, kdy tento systém není dostatečný, přechází na systém nuceného větrání;
 - při optimální regulaci systému dochází k velké energetické úspoře [17]

Rekuperace tepla

Rekuperace [18] je děj, při kterém dochází k zpětnému získávání tepla. Nově přiváděný vzduch do budovy je přehříván teplým odpadním vzduchem. Tento proces zabraňuje tomu, aby teplý vzduch z místností odešel bez užitku ven otevřenými okny. Účinnost rekuperace je účinnost zpětného získávání tepla, pohybuje se od 0 do 100%.

- **nulová účinnost** – teplý vzduch je odveden ven otevřeným oknem. Do místnosti je přiveden studený venkovní vzduch a místnost postupně vychladne až na venkovní teplotu;

- **stoprocentní účinnost** – předpokládá se ohřátí přivedeného venkovního vzduchu na teplotu odváděného vzduchu, nevznikla by tedy žádná ztráta energie. Tento proces je ovšem technicky nerealizovatelný;
- **reálná účinnost rekuperace** – u dostupných vzduchotechnických zařízení se účinnost pohybuje mezi 30% - 90%, přičemž se účinnost nad 60% považuje za dobrou, nad 80% za špičkovou

3.2.5 Obnovitelné zdroje energie - OZE

Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní zdroje energie, které mají schopnost částečné nebo úplné obnovy. Mezi obnovitelné zdroje *energie patří sluneční, větrná a vodní energie a biomasa*. V České republice má vysoký potenciál využití biomasy, částečně je využita sluneční a větrná energie. [19]

- A. **Sluneční energie** – dochází k předávání energie od slunce ve formě záření. Solární energii lze získat z tzv. solárních kolektorů. Z těchto kolektorů lze energii přetvořit na teplo nebo elektřinu.
- výkon solárních kolektorů ovlivňují dva faktory:
 - a) intenzita slunečního záření (v ČR 95 -1340 Kwh na m² za rok)
 - b) doba slunečního záření (v ČR 1300-1800 hod/ rok)

Solární panely

Solární panely tvoří fotovoltaické články, které jsou tvořeny polovodiči nebo organickými prvky. V procesu dochází k přeměně elektromagnetické energie světla na energii elektrickou. [20]

Druhy solárních panelů:

- a) **křemíkový solární panel** – dokáže přeměnit elektrickou energii ca 17 % energie dopadajícího záření;
- b) **organický solární panel** - panely využívají procesu fotosyntézy na základě geneticky zkonstruované bílkoviny, mají větší účinnost než křemíkové panely, účinnost až 25 %;

- c) **fotovoltaické folie** - jedná se o tenkovrstvé solární články, které se dají nanášet na velké plochy.

Solární panely se umísťují na střechy domů. Využívají se k ohřevu teplé vody a doplňkově i k vytápění. [20]

Ohřev teplé vody

Tepelnou energii, kterou absorbují konvektory, se pomocí výměníku předá do akumulční nádrže či zásobníku teplé vody. Ohřátá voda se dá využívat jako teplá užitková či predehřátá voda do topení. [21]



Obrázek 7- ohřev teplé vody, [21]

Jelikož na systém solárních panelů nelze spoléhat po celý rok, musí být kombinován s ještě jiným systémem ohřevu teplé vody (kotel, krbová kamna, atd.).

- B. **Biomasa** – je hmota organického původu, pro energetické účely se využívá cíleně pěstovaná biomasa. Základní technologií pro získání energie je spalování biomasy [22]

formy biomasy :

- **zbytková biomasa z lesnictví** – dřevní odpad vznikající při těžbě dřeva;
- **zbytková biomasa ze zemědělství** – vedlejší zemědělský produkt, příkladem může být obilná sláma, organické a rostlinné zbytky. V České republice se tyto plodiny pěstují na půdě, která není vhodná pro pěstování rostlin na výrobu potravin;

- **energetické plodiny** – plodiny pěstované jako palivo - řepka olejná, kukuřice, proso [22]

druhy biopaliv pro kotle na biomasu:

- **pelety** – výlisky z dřevěných zbytků, které mají průměr 6 mm a délku 4 - 5 mm
- **brikety** – vznikají lisováním z drtě, pilin, kůry apod., mají válcovitý tvar o průměru 40 mm a délky 300 mm
- **dřevní štěpka** – strojně nadrcená dřevní hmota na kusy o délce 3 - 250 mm

U biomasy je problém její neefektivnost – účinnost biomasy při výrobě elektřiny je cca 25 -35 %. Zbytková energie je produkována ve formě tepla, které zůstává nevyužito. [22]

3.2.6 Osvětlení

Volba systému osvětlení vychází z fyziologických požadavků uživatele.

Soustavy lze rozdělit 3 druhy:

1. celkovou soustavu
2. odstupňovanou soustavu
3. kombinovanou soustavu
- 4.

Příklady jednotlivých soustav znázorňuje obrázek č. 8 – zóny osvětlení. Obrázek znázorňuje půdorys velkoprostorové kanceláře a jeho rozdělení do funkčně vymezených zón:

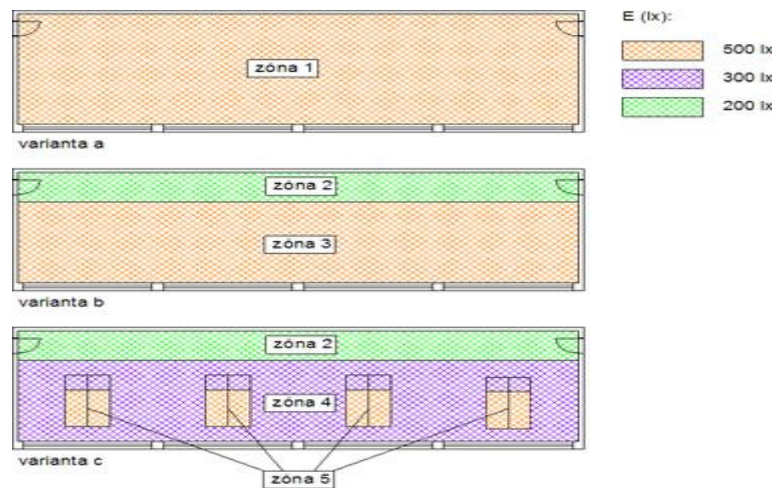
varianta a – celková osvětlovací soustava;

varianta b – odstupňovaná soustava;

varianta c – kombinovaná soustava.

Energetické náročnosti jednotlivých variant jsou v poměru 100 %: 80 %: 48 %

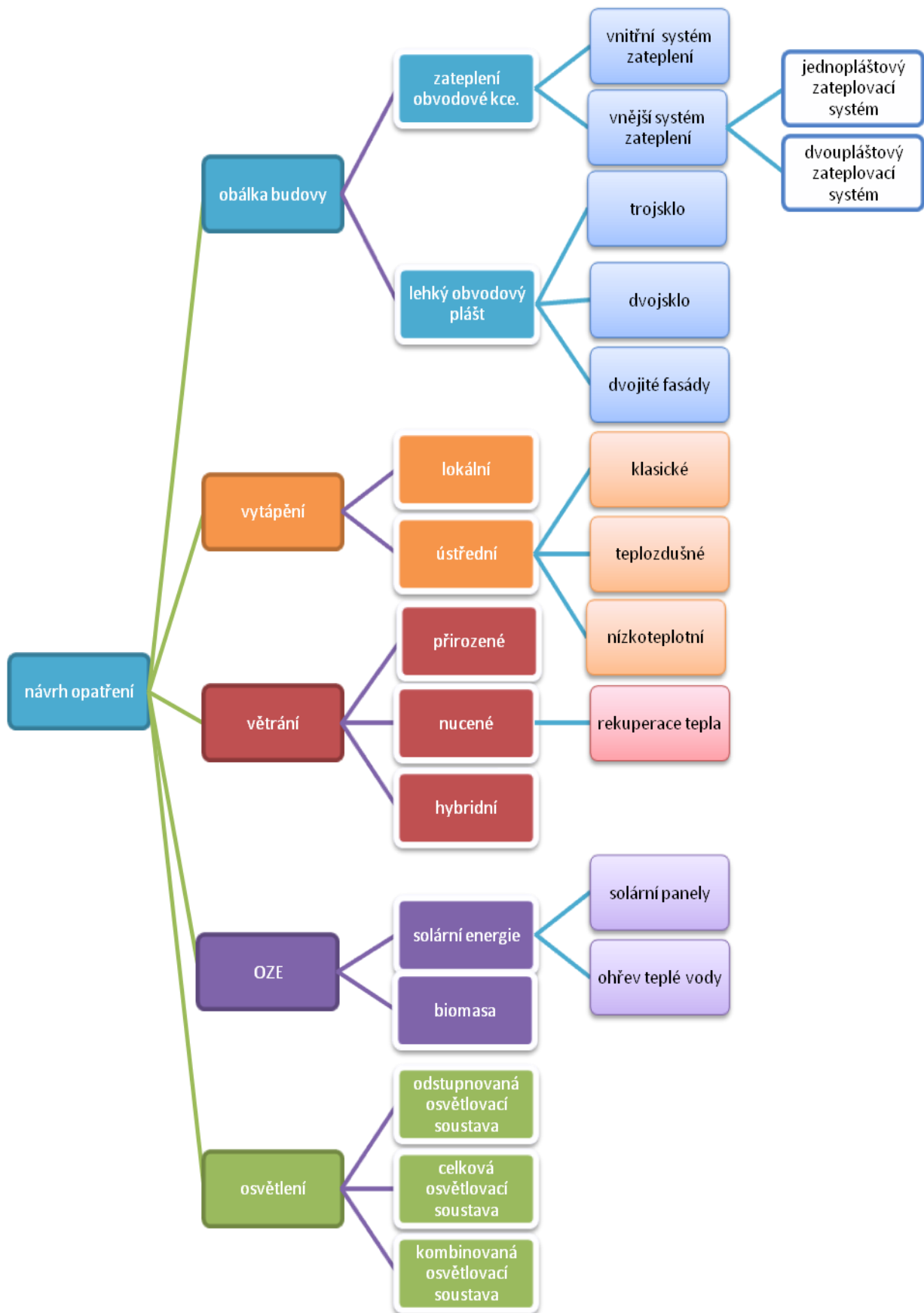
Největší energetickou náročnost má soustava celková, naopak nejúspornější je soustava kombinovaná. Osvětlovací soustavu tvoří: světelný zdroj, předřadné přístroje, svítidla a řídicí systémy. Úspory energie lze dosáhnout použitím svítidel LED, využití denního světla, kontrola přítomnosti osob, atd. [23]



Obrázek 8 -zóny osvětlení, [23]

3.2.7 Shrnutí možných opatření ke snížení energetické náročnosti budovy

Autorka vytvořila schéma shrnující možné návrhy opatření, které vedou ke snížení spotřeby energie budovy.



Obrázek 9- shrnutí možných opatření ke snížení energetické náročnosti budovy (práce autorky)

4 Praktická část práce

4.1 Představení areálu Emauzy

4.1.1 Identifikační údaje a technický popis budovy

Identifikační údaje budovy Emauzy

MHMP - Areál Emauzy, Praha 2, Vyšehradská 51, 55, 57, 128 00	
Typ budovy	Administrativní
Kód katastrálního území	727181
Parcelní číslo	1256/5, 1253/2
Adresa	Vyšehradská 51,55,57, 128 00, Praha 2
Vlastník	Hlavní město Praha
Provozovatel	Magistrát Hlavního Města Prahy

Tabulka 10 - identifikační údaje budovy Emauzy (vlastní práce)



Obrázek 10 - budova Emauzy (foto autorky)

Technický popis

Jedná se o administrativní budovu, která je složená ze tří konstrukčně stejných objektů – A, B a C. Objekty A a C jsou propojeny v úrovni 1.np podnožím, ze kterého vystupují další nadzemní podlaží. Pod těmito objekty se nachází jedno podzemní podlaží.

Hlavní nosná konstrukce je tvořena ocelovým plnostěnným skeletem, jehož základní modul je 6,0 a 6,0 m. Tento modul je doplněn železobetonovými stěnami, které jsou pod úrovní terénu 1. PP a části 1. NP. Poslední dvě podlaží jednotlivých objektů jsou po obvodě vykonzolována a vytváří tak celkový architektonický výraz areálu.

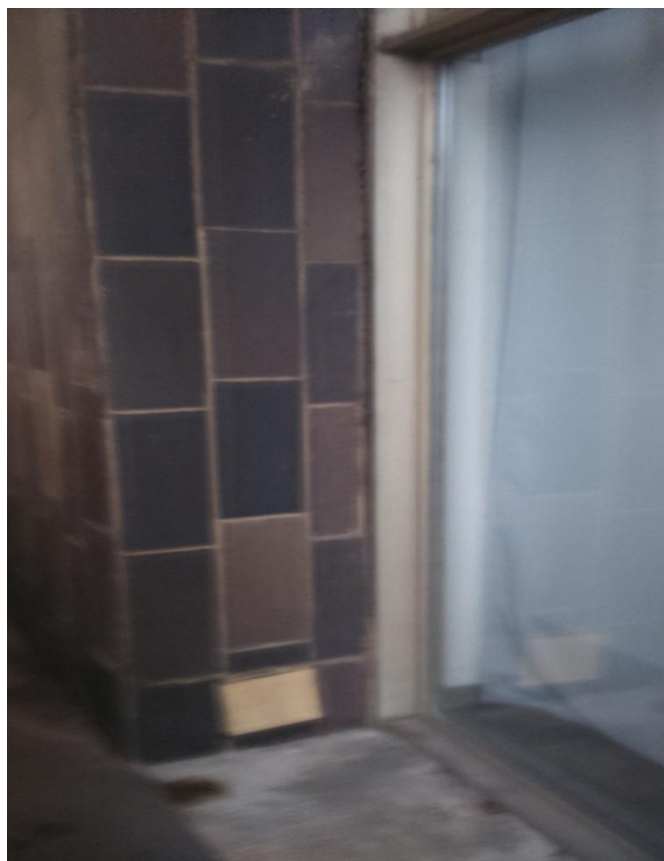
Obvodový plášť je tvořen lehkým obvodovým pláštěm s hliníkovými sloupky a příčnicí. Pláště jednotlivých objektů jsou řešeny bez přerušení tepelných mostů, které vytváří nosné prvky pláště. Obvodový plášť je tvořen z částí zasklených hliníkových oken, která jsou pevná či otevírací a jsou provedeny izolačním dvojsklem. Dveře jsou celoskleněné – jednoduše zasklené.

Střechy jednotlivých objektů jsou ploché dvouplášťové. Tepelnou izolaci vytváří desky pěnového polystyrenu tl. 100 mm, druhý plášť tvoří nízká tesařská konstrukce. [24]

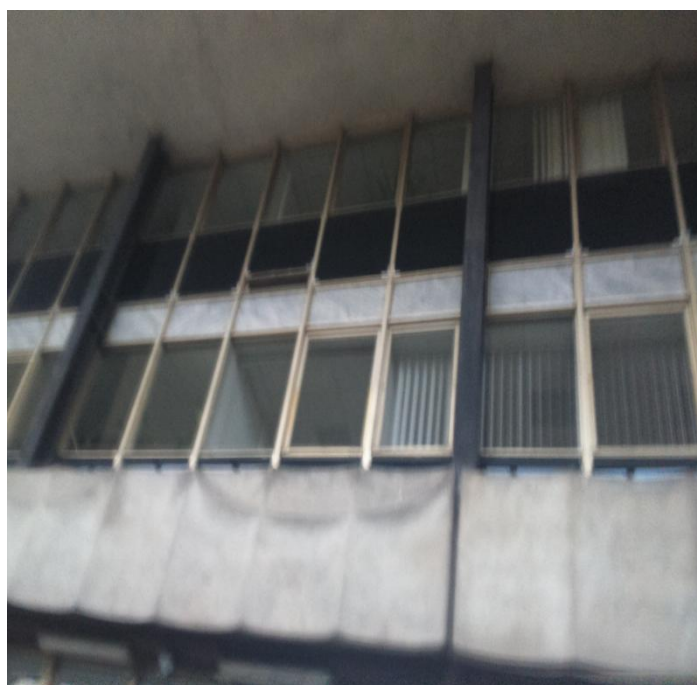
Výkresy budovy – situace, půdorysy, pohledy jsou součástí přílohy č. 1.

4.1.2 Původní stav budovy

Na budově je patrné, že obvodový plášť je zastaralý – v některých místech dochází k úniku tepla díky z důvodu špatně zaizolovaných prvků pláště viz obrázek č. 3 – budova Emauzy - praskliny u prosklených ploch budovy, kde je patrné, že v rozích dochází k trhlinám, které narušují, jak statické tak tepelně technické vlastnosti budovy.



Obrázek 11 - budova Emauzy - prasklina u prosklené plochy budovy (foto autorky)



Obrázek 12 - budova Emauzy - obvodový plašt (foto autorky)



Obrázek 13 - budova Emauzy - objekt B - vlhkost budovy (foto autorky)

Vlivem stékající vody po obvodovém plášti dochází k navlhání omítek ukázkou je obrázek č. 13 – budova Emauzy – objekt B – vlhkost budovy.

Geometrické charakteristiky budovy

parametr	značení	
objem budovy	V	34.400 m ³
celková plocha obálky budovy	A	13.002 m ²
objemový faktor budovy	A/V	7.507 m ² /m ³
celková energeticky vztažná plocha budovy	A _c	0,38 m ²

Tabulka 11 - geometrické charakteristiky Emauzy, [24]

Energonositelé budovy

- zemní plyn (vytápění)
- elektrická energie (příprava teplé vody, větrání, osvětlení)

Technické požadavky

Všechny informace o jednotlivých technologických systémech v budově Emauzy, byly převzaty z přílohy č. 2 průkaz PENB pro stávající stav budovy Emauzy.[24]

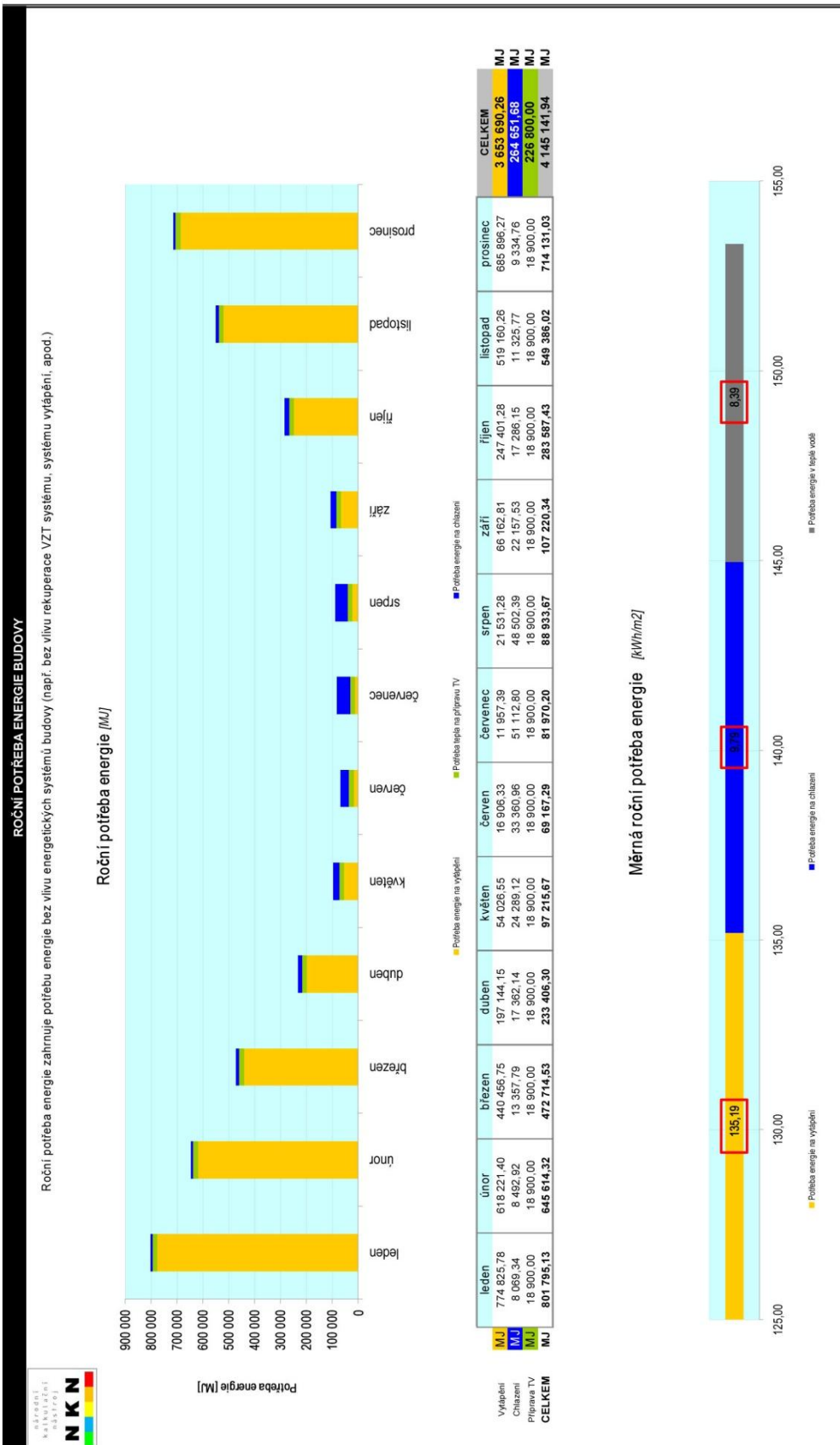
- System vytápění
 - otopný systém budovy - teplovodní systém s nuceným větráním (radiátory + fancoily)
 - zdroj tepla – 3 x kotel Buderus 6505 W, účinnost 90 %
 - energetická náročnost vytápění EP_H 4.962 GJ/rok

- System větrání a klimatizace
 - systém vzduchotechniky - 6 kusů VZT jednotek
 - zdroj chladu č. 1 – jednotky Split (kanceláře, IT prostory)
 - zdroj chladu č. 2 – jednotka YORK (technické zázemí, chodby, atd.)
 - regulace zdroje chladu – automatické dle požadované teploty
 - regulace zdroje chlazeného prostoru – termostat, ručně dle požadované teploty
 - energetická náročnost mechanického větrání EP_{FANS} 19,5 GJ/rok
 - energetická náročnost chlazení EP_C 448 GJ/rok

- System přípravy teplé vody
 - systém přípravy teplé vody - centrální
 - typ přípravy TV – zásobník OVS 2x
 - energetická náročnost mechanického větrání EP_{DHW} 564,5 GJ/rok

- System osvětlení
 - typ osvětlovací soustavy – zářivková + žárovková tělesa
 - způsob ovládání – ruční
 - energetická náročnost mechanického větrání EP_{light} 179 GJ/rok

Ukazatel celkové energetické náročnosti budovy EP má bilanční hodnotu **6.173 GJ/ rok.** [24]



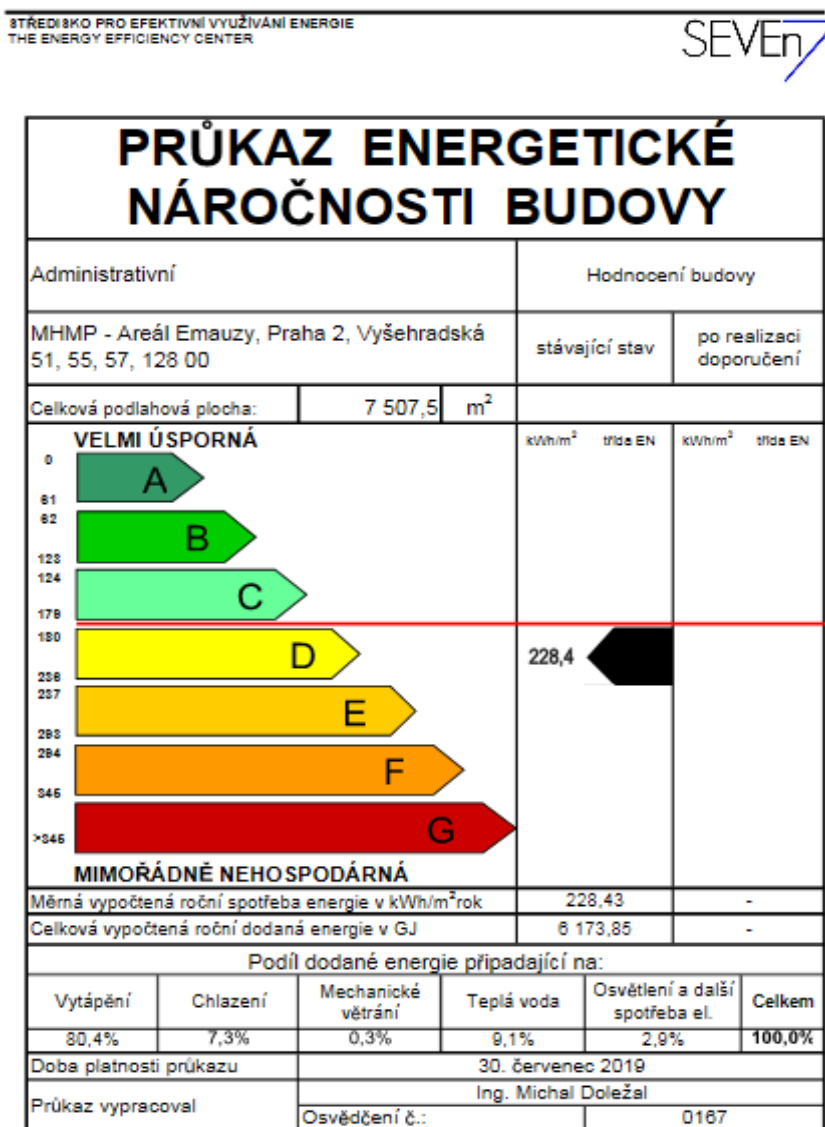
Obrázek 14 - roční potřeba energie, [24]

4.1.3 Aktuální PENB Emauzy

V roce 2009 zadal magistrát hlavního města Prahy vytvoření průkazu energetické náročnosti administrativní budovy areálu Emauzy firmě SEVEN7. Tento průkaz slouží jako podklad pro rozhodnutí investičního záměru hlavního města. Průkaz zpracoval ing. Michal Doležal. Platnost tohoto průkazu je do 30. července roku 2019. Průkaz byl zpracován dle platné vyhlášky a podkladem byl energetický audit budovy z roku 2004.

Při výpočtu došlo ke spočtení energetické náročnosti budovy EP jejíž hodnota je 6.173 GJ/ rok. Po aplikaci a výpočtu dle příslušné vyhlášky vyšla měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu 228,43 (kWh/(m².rok)).

Výsledkem zpracování průkazu bylo shledání budovy jako **nevyhovující** – třída energetické náročnosti budovy **D**. [24]

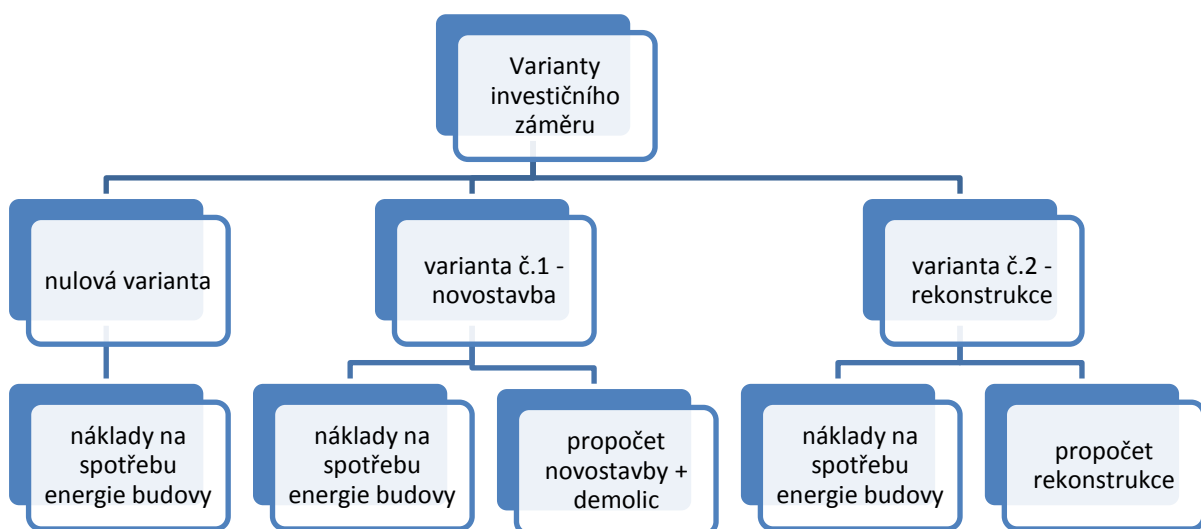


Obrázek 15 - aktuální PENB, [24]

4.2 Řešení budovy Emauzy – varianty investičního záměru

Budou se řešit tři varianty investičního záměru určených pro projekt budovy Emauzy. U variant č. 1 (investiční varianta – demolice + novostavba) a č. 2 (investiční varianta - rekonstrukce) dojde k vypracování propočtu – tudíž k výpočtu odborných odhadů celkových nákladů. Zároveň u těchto dvou možností bude určen časový harmonogram pro odhad doby trvání těchto variant. U každé varianty budou vypočítány náklady na spotřebu energie budovy. Každá varianta bude obsahovat závěr, který bude jasně říkat, zda se vyplatí tuto variantu realizovat či nikoliv. Následně dojde k porovnání všech tří variant a k vybrání té nejlepší, čili nejvhodnější.

1. **nulová varianta** – vychází se zde z předpokladu zachování stávajícího stavu budovy
2. **investiční varianta č. 1** – u této varianty se předpokládá demolice stávající budovy a následné postavení nové administrativní budovy
3. **investiční varianta č. 2** – u této varianty se předpokládá rekonstrukce budovy, zde se bude řešit otázka: *Jaká technologická opatření jsou potřeba pro snížení spotřeby energie budovy?* Návrh opatření pro snížení energie – návrh možností, při kterých dojde ke snížení energie snížení provozních nákladů. ⇒



Obrázek 16 - varianty investičního záměru (vlastní práce)

4.2.1 Nulová varianta

U nulové varianty se předpokládá, že nebude provedeno žádné opatření ke snížení nákladů na spotřebu energie budovy a nedojde k žádné investici do budovy. Z provedeného průkazu energetické náročnosti budovy lze vyčíst, že roční spotřeba energie budovy je nyní 4.145,1 GJ viz obrázek č. 14.

4.2.2 Varianta č. 1 – novostavba

U varianty č. 1 se předpokládá, že dojde k demolici stávajícího objektu a následné výstavbě nové administrativní budovy.

Propočet

Propočet je sestaven dle postupu pro odhad celkových nákladů. Celkové náklady na výstavbu jsou rozděleny do jednotlivých částí [25]:

- A. **Projektové a průzkumné práce**
- B. **Provozní soubory**
- C. **Stavební objekty**
- D. **Stroje, zařízení a inventář**
- E. **Umělecká díla**
- F. **Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby**
- G. **Ostatní náklady**
- H. **Rezerva**
- I. **Ostatní investice**
- J. **Nehmotný investiční majetek**
- K. **Provozní náklady**
- L. **Kompletační činnost**

Celkovými náklady stavby jsou myšleny veškeré náklady a výdaje investora, které souvisejí s pořízením budovy.

Výpočet **stavebních objektů** (ZRN – základná rozpočtové náklady) byl vypočten dle cenových ukazatelů pro stavebnictví pro rok 2014. Pro výpočet ZRN byl použit KSO 801.6.2. – budova občanské výstavby – budova pro řízení, správu a administrativu – svíslá nosná konstrukce monolitická, betonová tyčová viz obrázek č. 17. Dle JKSO došlo k určení ceny za m³ budovy, následným pronásobením celkovým objemem budovy vznikla hodnota SO_{.01} – budovy. Následně došlo k výpočtu medií dle příslušných JKSO (827 a 828) a zpevněných ploch JKSO 822, oplocení JKSO

815 a sadových úprav JKSO 823. Součet všech těchto položek dává dohromady základní rozpočtové náklady stavby.

Náklady na **projektové a průzkumné práce** byly vypočteny dle výkonového a honorářového řádu, ze základních rozpočtových nákladů se určila investiční hodnota projektu. Pro projekt byla zvolena honorářová zóna III., která zahrnuje administrativní budovy. Z přiřazených procent pro nejbližší nižší a vyšší hodnotu bylo interpolací vypočteno příslušné procento za projektové a průzkumné práce. Pro demolicе a následnou výstavbu se počítá, že dojde k využití všech výkonových fází od přípravy zakázky až po dokumentaci skutečného provedení stavby.

801 | Budovy občanské výstavby

Konstrukčně materiálová charakteristika:

- 1 | svislá nosná konstrukce zděná z cihel, tvárnic, bloků
- 2 | svislá nosná konstrukce monolitická betonová tyčová
- 3 | svislá nosná konstrukce monolitická betonová plošná
- 4 | svislá nosná konstrukce montovaná z dílců betonových tyčových
- 5 | svislá nosná konstrukce montovaná z dílců betonových plošných
- 6 | svislá nosná konstrukce montovaná z prostorových buněk
- 7 | svislá nosná konstrukce kovová
- 8 | svislá nosná konstrukce dřevěná a na bázi dřevní hmoty
- 9 | svislá nosná konstrukce z jiných materiálů.

JKSO	průměr	konstrukčně materiálová charakteristika									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
801	Budovy občanské výstavby	6 193	5 910	6 880	8 050	6 300	5 390	5 130	6 300	5 585	
801.1	Budovy pro zdravotní péči	6 805	6 935	6 935		6 545					
801.2	Budovy pro komunální služby a osobní hygienu	7 394	6 955		9 425	6 585		6 630			
801.3	Budovy pro výuku a výchovu	6 190	4 535		5 825	5 825	5 310		9 455		
801.4	Budovy pro vědu, kulturu a osvětlu	7 382	4 550	8 185	10 270	7 340			6 565		
801.5	Budovy pro tělovýchovu	6 674	5 700	8 425		4 730				7 840	
801.6	Budovy pro řízení, správu a administrativu	6 161	5 445	6 420		6 160	6 290	3 695	7 525	7 590	
801.7	Budovy pro společné ubytování a rekreaci	6 059	5 570	5 965	6 415	8 360	4 795			5 250	
801.8	Budovy pro obchod a společné stravování	5 800	5 625			6 535			5 240		
801.9	Budovy pro sociální péči	5 248	6 805			5 765	4 730	3 690			

Obrázek 17- propočet, [26]

Provozní náklady zahrnují náklady na stroje, vybavení atd. tzv. technologická zařízení. V administrativní budově se žádná taková technologie nevyskytuje.

Stroje, zařízení a inventář investiční povahy zahrnují náklady na stroje, zařízení, nářadí a inventář, které mají charakter investičního majetku. Cena pořízení přesahuje hodnotu 40.000 Kč, doba využití musí být delší než 1 rok. V tomto případě si investor zařízení a inventář obstarává sám a tato část propočtu není předmětem řešené problematiky, proto je v propočtu hodnota části D nulová.

Náklady na **umělecká díla** a muzejní předměty nejsou zahrnuty v propočtu. Jedná se o umělecká díla, která jsou neoddelitelnou částí stavby.

Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby (VRN) se stanovují odhadem. VRN zahrnují náklady na zařízení staveniště, jeho provoz, územní vlivy atd. Procentuální hodnota VRN se odvíjí od velikosti stavby. Hodnota VRN bývá kolem 5 % ZRN.

Ostatní náklady se stanovují též odhadem. Dají se rozdělit na 2 části:

- Odvody, daně, poplatky, vytýčení stavby, náklady na patenty a licence, náklady za vynětí ze zemědělského půdního fondu atd.
- Náklady na marketing a prodej developerských projektů.

Každá část má hodnotu kolem 2 % ze ZRN (I. část 1-2% ze ZRN, II. část 2-3% ze ZRN).

Rezerva zahrnuje nepředvídatelné náklady spojené se stavbou. Stanovuje se procentuálním odhadem. Výše rezervy se liší dle typu budovy.

- novostavba 4-7% ze ZRN
- rekonstrukce 5-10%
- obnova kulturních památek 13-18%

Část **ostatní investice** obsahuje náklady na pořízení pozemku či náklady konzervační, udržovací práce při zastavení stavby. Popřípadě se dá do této položky zahrnout i demolice stavby. Ve variantě č. 1 se dochází k demolicí stávající administrativní budovy. Tato položka je řešena v propočtu samostatně a vyskytuje se až v celkové rekapitulaci propočtu. Jelikož cenové ukazatele pro stavebnictví neobsahují cenovou jednotku na m³ demolic, byly demolice zkalkulovány rozpočtem, který byl proveden v programu Kros plus. Tento rozpočet je obsahem přílohy č. 3.

Nehmotný investiční majetek má povahu licencí a softwarů. Tato položka není obsažena v propočtu.

Provozními náklady budovy jsou myšleny náklady spojené především s konečným provozem budovy - počítače, nábytek, atd. Tato část jde za investorem a není předmětem výstavby budovy.

Kompletační činnost zahrnuje náklady na koordinaci subdodavatelů, Stanovuje se procentuálním odhadem. [25]

A. VaHŘ Projektové a průzkumné práce

počítáno z Výkoného a honorářového řádu

III.Honorářová zóna ZRN = 228.576.240 Kč

200 mil. Kč	6,30%	7,67%
400 mil. Kč	5,81%	7,07%
	6,06%	7,37%

Honorář za projektové práce	16 846 069 Kč (bez DPH)
Honorář za projektové práce	20 383 743 Kč (s DPH 21%)

B. Provozní soubory

v objektu se nevyskytují

C. ZRN Stavební objekty

SO _{.01}	hlavní stavební objekt
SO _{.02}	přípojky medií
SO _{.03}	zpevněné plochy, oplocení, sadové úpravy
801.6	Budovy pro řízení, správu a administrativu

		m ³	m ³ /Kč	
SO _{.01-A}	801.6.2.	14 477	6 420 Kč	92 941 056 Kč
SO _{.01-B}	801.6.2.	8 515	6 420 Kč	54 667 584 Kč
SO _{.01-C}	801.6.2.	12 480	6 420 Kč	80 121 600 Kč
Celkem		35 472		227 730 240 Kč

SO _{.02-A}	827.1	Vodovodní přípojka	88 000 Kč
SO _{.02-B}	827.2	Kanalizační přípojka	122 000 Kč
SO _{.02-C}	827.5	Plynovod	65 000 Kč
SO _{.02-D}	828.1	Rozvody nadzemní elektrického proudu	96 000 Kč
Celkem	SO _{.02-A-D}		371 000 Kč

SO _{.03-A}	822.2	Zpevněné plochy	185 000 Kč
SO _{.03-B}	815.2	Oplocení	50 000 Kč
SO _{.03-C}	823.2	Sadové úpravy	240 000 Kč
Celkem	SO _{.02-A-D}		475 000 Kč

Celkem stavební objekty	228 576 240 Kč (bez DPH)
CELKEM ZRN ZA STAVBU	276 577 250 Kč (s DPH 21%)

D. Stroje, zařízení a inventář

v objektu se nevyskytuje

G. Ostatní náklady

I. Odvody, daně, poplatky, vytýčení stavby, náklady na patenty a licence, náklady za vynětí ze zemědělského půdního fondu apod.

počítáno 2 % ze ZRN

II. Náklady na marketing a prodej developerských projektů

počítáno 2 % ze ZRN

Celkem ostatní náklady	9 143 050 Kč (bez DPH)
Celkem ostatní náklady	11 063 090 Kč (s DPH 21%)

H. Rezerva

počítáno 5 % ze ZRN

Celkem rezerva	11 428 812 Kč (bez DPH)
Celkem rezerva	13 828 863 Kč (s DPH 21%)

I. Ostatní investice

pozemek je ve vlastnictví investora

J. Náklady hrazené z provozních prostředků

zajišťuje investor samostatně

K. Nehmotný investiční majetek

zajišťuje investor samostatně

L. Kompletační činnost

Náklady na koordinaci subdodavatelů

počítáno 2 % ze ZRN

Celkem kompletační činnost	4 571 525 Kč (bez DPH)
Celkem kompletační činnost	5 531 545 Kč (s DPH 21%)

Tabulka 12 - propoččet varianta č. 1 (vlastní práce)

Rekapitulace celkových nákladů na pořízení administrativní budovy

	cena bez DPH	DPH 21%	Celkem s DPH
A. Projektové a průzkumné práce	16 846 069 Kč	3 537 674 Kč	20 383 743 Kč
B. Provozní soubory	0 Kč	0 Kč	0 Kč
C. Stavební objekty	228 576 240 Kč	48 001 010 Kč	276 577 250 Kč
D. Stroje, zařízení a inventář	0 Kč	0 Kč	0 Kč
E. Umělecká díla	0 Kč	0 Kč	0 Kč
F. Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby	11 428 812 Kč	2 400 051 Kč	13 828 863 Kč
G. Ostatní náklady	9 143 050 Kč	1 920 040 Kč	11 063 090 Kč
H. Rezerva	11 428 812 Kč	2 400 051 Kč	13 828 863 Kč
I. Ostatní investice	0 Kč	0 Kč	0 Kč
J. Nehmotný investiční majetek	0 Kč	0 Kč	0 Kč
K. Provozní náklady	0 Kč	0 Kč	0 Kč
L. Kompletační činnost	4 571 525 Kč	960 020 Kč	5 531 545 Kč
Celkem administrativní budova	281 994 507 Kč	59 218 847 Kč	341 213 354 Kč
Celkem demolice	61 462 902 Kč	12 907 209 Kč	74 370 111 Kč
Celkem náklady na administrativní budovu	343 457 409 Kč	72 126 056 Kč	415 583 465 Kč

Tabulka 13- propočet- varianta č. 1 – rekapitulace (vlastní práce)

4.2.3 Varianta č. 2 – rekonstrukce budovy

Návrh opatření pro snížení energie budovy

Původně chtěla autorka vytvořit průkaz na budovu Emauzy, při konzultaci s projekční firmou, která průkazy vytváří. Průkaz měl být navržen dle výkresů a získaných podkladů – příloha č. 1. Návrh průkazu měl být navržen tak, aby obsahoval nové návrhy opatření pro snížení energie celé budovy Emauzy a dle těchto návrhů měl průkaz dosáhnout klasifikační třídy B, tedy statusu velmi úsporná budova. Porovnáním úspory chtěla autorka ukázat dle spotřebované energie u nulové varianty – stávající stav a hodnotami z vytvořeného návrhu, jehož hodnota klasifikační třídy B.

V průběhu konzultování s Ing. Zdeňkem Suchým [27] autorka zjistila, že porovnání hodnot spotřeby energií s původním průkazem energetické náročnosti budovy z roku 2009 nelze provést dle původní myšlenky této práce - vytvoření nového průkazu a tyto hodnoty porovnat. Důvodů proč toto nelze provést je hned několik:

- původní průkaz byl počítán dle jiné metodiky výpočtu, než je dnešní standart – výpočet dle vyhlášky č. 78/2013 Sb [4] je rozdílný od vyhlášky č 147/2007 Sb., dle které byl původní průkaz zpracován;

- v rámci vypracování průkazu energetické náročnosti budovy firma SEVEN určila ochlazovací plochy konstrukcí, které mají specifické součinitele prostupu tepla U pro jednotlivé ochlazovací plochy konstrukcí, k těmto ochlazovacím plochám jsou přiřazeny příslušné návrhové teploty (jak vnitřní, tak vnější teploty) a z původního průkazu tyto návrhové teploty nelze vyčíst;
- v rámci práce se autorka pokusila sehnat zdrojový soubor pro původní průkaz energetické náročnosti budovy, ale firma SEVEN tento zdrojový soubor již už nemá ve svém archivu;

Z výše zmíněných důvodů došla autorka, po konzultaci s Ing. Zdeňkem Suchým, k závěru, že pro práci bude nejhodnější vytvořit nový průkaz pro stávající stav budovy, který bude vycházet z poznatků, které jsou obsaženy v průkazu, jenž nechal Magistrát hlavního města Prahy vypracovat v roce 2009. Nový průkaz bude respektovat všechny stavební prvky, konstrukce a technické systémy, které jsou v budově Emauzy použity včetně:

- součinitelů prostupu tepla;
- účinností jednotlivých systémů;
- spotřeby energie technologických systémů;
- tepelných ztrát;
- výkonů zdrojů.

Jelikož autorčin plán byl vytvořit simulaci návrhu pro snížení energie v budově Emauzy a z tohoto průkazu dojít ke zjištění jaké klasifikační třídy a hodnoty spotřeby energie průkaz energetické náročnosti budovy dosáhne při aplikaci návrhu opatření, došla autorka a Ing. Zdeněk Suchý k závěru, že simulace pro zjištění výše zmíněných hodnot, bude dostačující pro jeden z objektů budovy Emauzy, nikoli pro celý objekt jako takový.

Vytvořené průkazy energetické náročnosti budovy jsou tedy pouze pro objekt A. Dle podkladů – příloha č. 1 jsou jednotlivé objekty relativně podobné (jednotlivé plochy pater, počty pater a funkce místností – ve všech objektech jsou kanceláře, sociální zařízení atd.). Jelikož z dostupných materiálů k budově Emauzy nešly vyčíst všechny potřebné parametry budovy pro vypracování průkazu, některé parametry byly zvoleny odhadem na základě znalostí Ing. Suchého z obdobných administrativních budov.

Všechny průkazy energetické náročnosti budovy pro objekt A byly vypracovány v programu PROTECH - Software pro návrh vytápění a hodnocení budov, jehož licence vlastní firma AED project a.s., ve které pan Ing. Suchý pracuje.

Pro vypracování průkazu energetické náročnosti budovy pro objekt A byly zvoleny tyto hodnoty pro součinitele prostupu tepla:

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce t_i [-]	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{i,z}$ [W/K]
		Vypočtená hodnota U_i [W/(m ² ·K)]	Referenční hodnota $U_{i,rec}$ [W/(m ² ·K)]	Spíněno		
				(ano/ne)		
SO1 obvodový plášť - neprůsvitné	496,0	2,20	1,50 / 1,20	-	1,00	1 091,3
OJ3 zasklení 18,4	44,2	3,30	1,50 / 1,20	-	1,00	145,7
OJ3 zasklení 18,4	44,2	3,30	1,50 / 1,20	-	1,00	145,7
OJ1 zasklení 30,3	145,4	3,30	1,50 / 1,20	-	1,00	480,0
OJ1 zasklení 30,3	72,7	3,30	1,50 / 1,20	-	1,00	240,0
OJ1 zasklení 30,3	145,4	3,30	1,50 / 1,20	-	1,00	480,0
OJ2 zasklení 24,3	58,3	3,30	1,50 / 1,20	-	1,00	192,5
OJ2 zasklení 24,3	116,6	3,30	1,50 / 1,20	-	1,00	384,9
SO2 obvodový plášť - železobeton	82,1	1,45	0,30 / 0,20	-	1,00	119,0
SCH1 střecha	750,0	1,45	0,24 / 0,16	-	1,00	1 087,5
PDL2 podlaha z 2np do venkovního prostoru	1 072,0	1,45	0,45 / 0,30	-	1,00	1 554,4
Celkem	3 027,0					5 920,9

Obrázek 18 - PENB č. 1 - součinitele prostupu tepla (příloha č. 7)

Při vytváření průkazu na stávající stav budovy vyplynulo zjištění, které stavební prvky a konstrukce a technické systémy mají největší podíl na spotřebě energie dané budovy. Dále vyplynuly klasifikační třídy pro systémy a stavební prvky a jejich dosahující aktuální stav a účinnost. Z těchto informací – obrázek č. 19, autorka čerpala při návrhu doporučujících opatření na snížení energetické náročnosti budovy.

Z obrázku č. 19 PENB č. 1 - ukazatele energetické náročnosti budovy je jasně patrné, že největší ztráty energie, vznikají díky špatnému stavu obvodového pláště, který dosahuje klasifikační třídy G – mimořádně nevhodný stavební systém a konstrukce budovy, jednotlivé součinitele prostupu tepla U byly určeny odhadem a celková hodnota součinitele prostupu tepla U obvodového pláště budovy dosahuje hodnoty 1,96 pro představu norma na hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov [9] uvádí požadovanou hodnotu pro lehký obvodový plášť 1,24 a doporučenou hodnotu $U_{N,rec,20}$ 1,1.

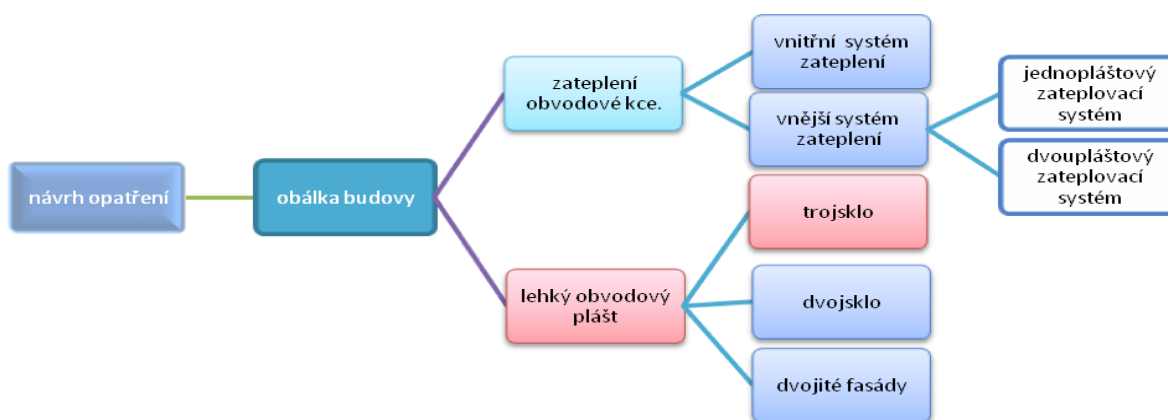
UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie			Měrné hodnoty kWh(m ² ·rok)		
Mimořádně úsporná							
A				1			
B			1				
C						21	63
D							
E		173					
F							
G	1,96						
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		296,2	1,6	1,2		36,9	107,4

Obrázek 19 - PENB č. 1 - ukazatele energetické náročnosti budovy (příloha č. 7)

Pro větší přehlednost účinků při aplikaci jednotlivých návrhů opatření se autorka rozhodla pro vypracování dvou průkazů energetické náročnosti budovy pro objekt A:

1. Průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – **návrh zateplení** (příloha č. 8)
2. Průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – **návrh zateplení + technologie** (příloha č. 9)

Obálka budovy



Obrázek 20 - návrh opatření - obálka budovy (práce autorky)

Jak je vidět z obrázku č. 20 návrh opatření - obálka budovy, při návrhu energetické úpory budovy, byl zvolen lehký obvodový plášť s trojsklem. V rámci varianty investičního záměru č. 2 rekonstrukce, se tedy předpokládá demontáž stávajícího obvodového pláště (finanční hodnota této demontáže je zahrnuta v položce bourací práce v příloze č. 5 JKSO – konstrukčně materiálová charakteristika – výpočet jednotkové ceny za m³ rekonstrukce) následná montáž nového lehkého obvodového pláště, kde bude použito trojsklo a hliníkové kotevní prvky. Zde se autorka nechala inspirovat fasádními systémy Schüco [28] a při navrhování vlastností obvodového pláště použila parametry od výše zmíněné firmy. Při řešení obálky budovy se dále kalkuluje se zateplením střechy a podlah, tato opatření by měla vést k zamezení měrným ztrátám postupu tepla.

V rámci aplikace výše navrhovaných úprav obálky budovy byly zvoleny tyto hodnoty pro součinitele prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí obálky budovy takto:

Konstrukce obálky budovy	U – původní stav	U – návrh zateplení
obvodový plášť neprůsvitné části	2,2	1,10
obvodový plášť - zasklení	3,3	1,10
obvodový plášť - železobeton	1,45	0,3
Střecha	1,45	0,16
Podlaha z 2. NP do venkovního prostoru	1,45	0,3

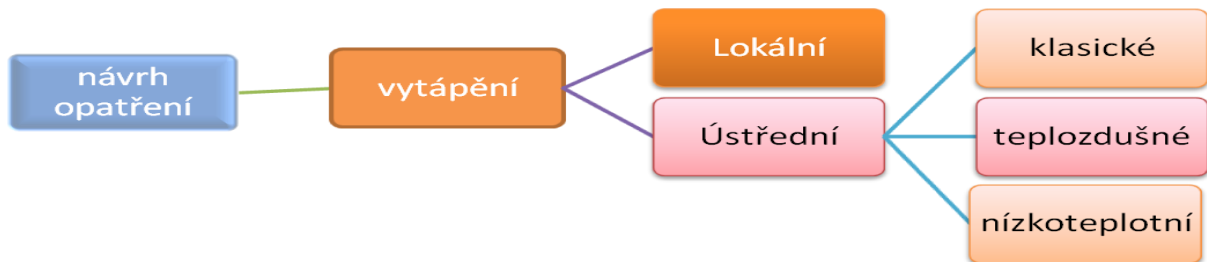
Tabulka 14 - porovnání návrhu součinitelů prostupu tepla při aplikaci návrhu opatření (příloha č. 7, příloha č. 8)

Při použití navrhovaných součinitelů prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí obálky budovy se energetické náročnosti budovy změnil z původní klasifikační třídy G na C tedy z mimořádně nevhodného stupně na stupeň úsporný. V porovnání U_{em} , zde dochází k výraznému snížení $W/(m^2 \times K)$. Z původní hodnoty součinitele prostupu tepla 1,96 se návrhem nového pláště budovy a zateplením střechy a podlahy z 2. NP do venkovního prostoru změnila hodnota na 0,56.

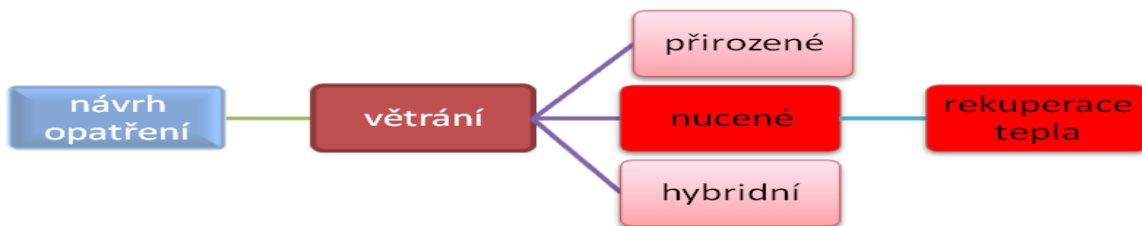
V tomto opatření je tedy velký potenciál pro úsporu nákladů spojených se spotřebou energie. Jak ukazuje průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – návrh zateplení (příloha č. 8), pokud dojde k výměně stávajícího nevyhovujícího obvodového pláště za lehký obvodový s hliníkovými profily a zároveň proběhne dozateplení střechy budovy a podlahy do venkovních prostorů dojde k posunu klasifikační třídy průkazu z D na B a budova tak bude mít status velmi úsporné.

Celková úspora kWh/(m²·rok) je 117 kWh/(m²·rok), což dosahuje úspory skoro 45 % oproti stávajícímu stavu budovy. Na celkové úspoře je jasně vidět, že rekonstrukce obálky budovy je z hlediska úspory nákladů za spotřebovanou energii vhodným návrhem.

Vytápění a větrání



Obrázek 21 - návrh opatření - vytápění (práce autorky)



Obrázek 22 - návrh opatření - větrání (práce autorky)

Při návrhu úspory energie vycházela autorka z myšlenky, že nová obálka budovy Emauzy bude nutná a řešila otázku, čím ještě podpořit tento návrh, aby došlo ke snížení energetické náročnosti a zároveň realizace tohoto systému byla ekonomicky přínosná. Dle této myšlenky vznikl Průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – návrh zateplení + technologie (příloha č. 9).

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	
Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení / klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

Doporučení

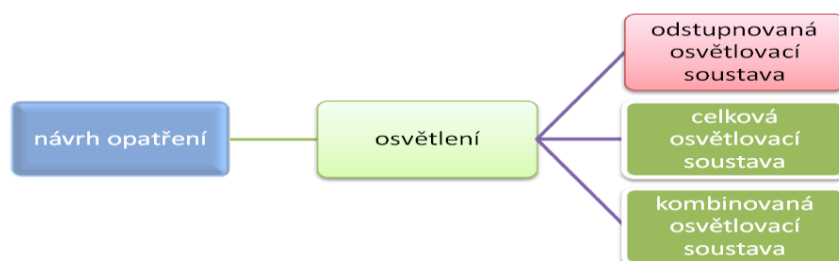
Obrázek 23 - PENB objekt A - doporučená opatření zateplení + technologie (příloha č. 9)

Jak je patrné z obrázku č. 23, při sestavování návrhu průkazu energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – návrh zateplení + technologie byly zvoleny opatření související, jak s obálkou budovy, tak opatření spojená s technologickými systémy vytápění a větrání. Jelikož budova Emauzy je administrativní budova, byl zde zvolen systém rekuperace tepla - chladný venkovní vzduch bude ohříván v rekuperačním výměníku teplým odcházejícím vzduchem. Tímto procesem dojde k omezení ztrát energie. Zároveň v letních měsících lze rekuperační zařízení využít k ochlazování vzduchu. V průkazu stávajícího stavu budovy, který si nechal zpracovat Magistrát hlavního města Prahy, je uvedeno, že systém vytápění je pomocí radiátorů, které nejsou vybaveny termostatickými hlavicemi. V návrhu systému vytápění se nyní počítá s výměnou starých hlavic za nové termostatické hlavice, díky kterým půjde teploty v místnostech lépe regulovat a tím se zamezí ztrátám, které vznikají při nemožnosti regulace otopné soustavy.

Při použití výše zmíněných návrhů opatření hodnoty průkazu energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – návrh zateplení + technologie (příloha č. 9) dojde k posunu klasifikační třídy průkazu z D na B s tím, že měrné hodnoty celkové dodané energie se pomalu blíží ke klasifikační třídě A.

Celková úspora kWh/(m²·rok) je 141 kWh/(m²·rok), což dosahuje úspory skoro 50 % oproti stávajícímu stavu budovy. Na celkové úspoře je jasně vidět, že rekonstrukce obálky budovy a zavedení systému rekuperace tepla včetně dalších podpůrných opatření pro systém vytápění je z hlediska úspory nákladů za spotřebovanou energii vhodným návrhem.

Osvětlení



Obrázek 24 - návrh opatření - osvětlení (práce autorky)

U stávajícího stavu budovy Emauzy je osvětlení řešeno kombinovanou osvětlovací soustavou za použití zářivkových a žárovkových osvětlovacích těles. V případě celkové rekonstrukce budovy by bylo výhodnější použít odstupňovanou osvětlovací soustavu. U částečné rekonstrukce není nutné měnit typ osvětlovací soustavy. Změna dané technologie by měla minimální vliv na snížené energie, proto za předpokladu částečné rekonstrukce je toto opatření neekonomické. Částečného snížení nákladů za osvětlení, lze dosáhnout výměnou starých žárovek za nové tzv. LED žárovky, které mají vysokou energetickou úsporu a delší životnost oproti klasickým žárovkám. Jejich vyšší pořizovací cena se rychle vrátí v podobě úspory spotřebované energie. Jelikož spotřeba energie na osvětlení nedosahuje ani 3% celkové spotřeby energie budovy Emauzy, rozhodla se autorka toto opatření neaplikovat do návrhu průkazu.

Propočet

Jelikož na rekonstrukci neexistují rozpočtové ukazatele, z kterých by se dala vyčíst jednotková cena za m^3 , stanovila se cena za rekonstrukci hlavního stavebního objektu, úpravou jednotkové ceny dle JKSO konstrukčně materiálové charakteristiky viz příloha č. 4. Stavební objekty přípojek medií byly určeny odhadem, jelikož se nepředpokládá, že by při rekonstrukci došlo k vybudování nových přípojek. Procentuální odhad 0,25 % ze ZRN hlavního stavebního objektu je brán jako rezerva, kdyby muselo dojít k částečné přeložce některých medií. [25]

C. ZRN Stavební objekty

SO.1 Hlavní stavební objekt
 801.6 Budovy pro řízení, správu a administrativu

		m ³	m ³ /Kč	
SO ₀₁ .A	801.6.2.	14 477	5 117 Kč	74 074 022 Kč
SO ₀₁ .B	801.6.2.	8 515	5 117 Kč	43 570 064 Kč
SO ₀₁ .C	801.6.2.	12 480	5 117 Kč	63 856 915 Kč
Celkem		35 472		181 501 001 Kč

SO.2 přípojky medií
 počítáno 0,25 % z nákladů na SO₀₁

Celkem		272 252 Kč
---------------	--	-------------------

SO.3 zpevněné plochy, oplocení, sadové úpravy
 počítáno 0,3 % z nákladů na SO₀₁

Celkem		544 503 Kč
---------------	--	-------------------

Celkem stavební objekty	182 317 756 Kč (bez DPH)
CELKEM ZRN ZA STAVBU	220 604 485 Kč (s DPH 21%)

Tabulka 15 - propočet -varianta č. 2 – ZRN (vlastní práce)

Dále došlo k úpravě projektových a průzkumných prací, kde byly některé výkonové fáze vyřazeny a jiné fáze byly procentuálně navýšeny z důvodu, že se jedná o rekonstrukci.

VF 4	DSP	30%
VF 5	DPS	28%
VF 6	DZS	7%
VF 7	VDS	1%
VF 8	ATD	11%
VF 9	SKP	2%
VF 4 - 9		79%

Tabulka 16- VaHŘ - varianta č. 2 (vlastní práce)

Část rezervy byla procentuálním odhadem určena na 10% ze ZRN. Celý propočet pro variantu č. 2 – rekonstrukce je přílohou č. 5 této práce.

Rekapitulace celkových nákladů na pořízení administrativní budovy

	cena bez DPH	DPH 21%	Celkem s DPH
A. Projektové a průzkumné práce	10 615 087 Kč	2 229 168 Kč	12 844 255 Kč
B. Provozní soubory	0 Kč	0 Kč	0 Kč
C. Stavební objekty	182 317 756 Kč	38 286 729 Kč	220 604 485 Kč
D. Stroje, zařízení a inventář	0 Kč	0 Kč	0 Kč
E. Umělecká díla	0 Kč	0 Kč	0 Kč
F. Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby	9 115 888 Kč	1 914 336 Kč	11 030 224 Kč
G. Ostatní náklady	7 292 710 Kč	1 531 469 Kč	8 824 179 Kč
H. Rezerva	18 231 776 Kč	3 828 673 Kč	22 060 448 Kč
I. Ostatní investice	0 Kč	0 Kč	0 Kč
J. Nehmotný investiční majetek	0 Kč	0 Kč	0 Kč
K. Provozní náklady	0 Kč	0 Kč	0 Kč
L. Kompletační činnost	3 646 355 Kč	765 735 Kč	4 412 090 Kč
Celkem administrativní budova	231 219 571 Kč	48 556 110 Kč	279 775 681 Kč
Celkem náklady na administrativní budovu	231 219 571 Kč	48 556 110 Kč	279 775 681 Kč

Tabulka 17- propočet - varianta č. 2 - rekapitulace celkových nákladů (vlastní práce)

4.3 Vyhodnocení

Nulová varianta

V rámci nulové varianty se nepředpokládá realizace jakýchkoli opatření. S přihlédnutím na stávající stav budovy Emauzy, kde nyní díky špatným tepelně technickým vlastnostem budovy dochází k velkým energetickým ztrátám, je tato varianta **nepřípustná**. Jak ukazuje tabulka č. 18 – tepelně technické vlastnosti budovy Emauzy, nynější stav budovy Emauzy nevyhovuje požadavkům norem ČSN.

5. Tepelně technické vlastnosti budovy

Požadavek podle § 6a Zákona	Hodnocení	Jednotka
1. Stavební konstrukce a jejich styky mají ve všech místech nejméně takový tepelný odpor, že jejich vnitřní povrchová teplota nezpůsobí kondenzaci vodní páry.	Nevyhovuje	$R_{si,N}$ (m^2K/W) $\theta_{si,N}$ ($^{\circ}C$)
2. Stavební konstrukce a jejich styky mají nejvýše požadovaný součinitel prostupu tepla a lineární a bodový čísel prostupu tepla.	Nevyhovuje	U_N (W/m^2K)
3. U stavebních konstrukcí nedochází k vnitřní kondenzaci vodní páry nebo jen v množství, které neohrožuje jejich funkční způsobilost po dobu předpokládané životnosti.	Nevyhovuje	$M_{c,N}$ (kg/m^2)
4. Funkční spáry vnějších výplní otvorů mají nejvýše požadovanou nízkou průvzdušnost, ostatní konstrukce a spáry obvodového pláště budovy jsou téměř vzduchotěsné, s požadovanou nízkou celkovou průvzdušností obvodového pláště.	Nevyhovuje	$i_{LV,N}$ ($m^3/(s.m.Pa^{0,67})$)
5. Podlahové konstrukce mají požadovaný pokles dotykové teploty zajišťovaný jejich tepelnou jímavostí a teplotou na vnitřním povrchu.	Nevyhovuje	$\Delta\theta_{10,N}$ ($^{\circ}C$)
6. Místnosti (budova) mají požadovanou tepelnou stabilitu v zimním i letním období, snižující riziko jejich přílišného chladnutí a přehřívání.	Nevyhovuje	$\Delta\theta_{V,N}$ (t) ($^{\circ}C$)
7. Budova má požadovaný nízký průměrný součinitel prostupu tepla obvodového pláště U_{em} .	Nevyhovuje	$U_{em,N}$ (W/m^2K)

Pozn. Hodnoty uvedené podle 1. - 7. uvedeny v projektové dokumentaci podle vyhlášky 499/2006 Sb., o projektové dokumentaci staveb.

Tabulka 18- tepelně technické vlastnosti budovy Emauzy, [24]

Varianta č. 1 – demolice + novostavba

V rámci varianty č. 1 se předpokládá demolice stávajícího objektu a následná výstavba nové administrativní budovy. Jelikož by se jednalo o novostavbu dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a vyhlášky č. 73/2013 ze dne 22. března 2013 o energetické náročnosti budovy [4], lze předpokládat, že novostavba bude splňovat jednotlivé požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. V rámci této varianty, byl zpracován propočet pro odhad výše investičních nákladů, viz příloha č. 4. Celková výše investičních nákladů je 343.457.409 Kč bez DPH. V této sumě jsou zahrnuty tyto položky:

- Projektové a průzkumné práce – 16.846.069 Kč
- Stavební objekty – 228.576.240 Kč
- Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby – 11.428.812 Kč
- Ostatní náklady – 9.143.050 Kč
- Rezerva – 11.428.812 Kč
- Kompletační činnost – 4.571.525 Kč
- Demolice – 61.462.902 Kč

Dle zpracovaných průkazů energetické náročnosti budovy Emauzy, které autorka zpracovala v rámci varianty č. 2 – rekonstrukce budovy, lze říci, že dojde k úspoře minimálně 60% spotřebované energie oproti stávající spotřebě budovy. Dá se očekávat ještě větší snížení spotřeby energie. Přesná výše spotřeby energie záleží na použitých technologických systémech budovy a vlastnostech obálky budovy novostavby. V tabulce č. 19 je znázorněna doba návratnosti investice, která vychází z následujících předpokladů:

- úspora energie 60 %
- inflace 3 %

V rámci výpočtu doby návratnosti investice do varianty č. 1 jsou zohledněny pouze finanční toky, které vzniknou úsporou spotřeby energie. Nejsou zde zahrnuty další příjmy například vyšší příjem z nájemného nové budovy oproti stávajícímu. Úspory, kterých budova dosáhne v celkových provozních nákladech atd.

Investiční náklady	0 rok	1 rok	2 rok	69 rok	70 rok	71 rok
Projektové a průzkumné práce	16 846 069 Kč					
Stavební objekty	228 576 240 Kč					
Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby	11 428 812 Kč					
Ostatní náklady	9 143 050 Kč					
Rezerva	11 428 812 Kč					
Kompletační činnost	4 571 525 Kč					
Demolice	61 462 902 Kč					
Celkem investiční náklady	343 457 409 Kč					
Přímé finanční toky						
náklady na spotřebovanou energii - stávající stav		2 739 902 Kč	2 822 099 Kč	20 448 730 Kč	21 062 192 Kč	21 694 058 Kč
náklady na spotřebovanou energii - novostavba		1 232 956 Kč	1 269 945 Kč	9 201 929 Kč	9 477 986 Kč	9 762 326 Kč
Úspora na nákladech za spotřebovanou energii		1 506 946 Kč	1 552 155 Kč	11 246 802 Kč	11 584 206 Kč	11 931 732 Kč
Doba návratnosti	-343 457 409 Kč	-341 950 463 Kč	-340 398 308 Kč	-7 548 762 Kč	4 035 444 Kč	15 967 176 Kč
Doba návratnosti	70	(let)				

Tabulka 19 - návratnost varianty č. 1 (vlastní práce)

Doba návratnosti varianty č. 1 z pohledu návratnosti úspory energie je 70 let. S přihlédnutím k dalším faktorům finančních úspor uvedených výše, lze očekávat snížení doby návratnosti dané varianty. V rámci této varianty investičního záměru dojde ke splnění požadavků směrnice 2010/31/EU v oblasti požadavků na spotřebu energetické náročnosti budovy a **lze** tedy tuto **variantu** investorovi **doporučit**.

Varianta č. 2 - rekonstrukce

Varianta č. 2 investičního záměru pro budovu Emauzy předpokládá rekonstrukci budovy. V rámci této varianty byly vyhotoveny 3 průkazy energetické náročnosti budovy pro objekt A. Tyto průkazy slouží jako názorná ukázka, co aplikace zvolených technologických systémů udělá se spotřebou energie budovy (respektive k jakému % snížení dojde při vhodném nastolení energetických ukazatelů budovy), jaký dopad mají jednotlivé systémy na hodnocení klasifikačních tříd PENB.

Z důvodu větší objektivity výstupů byl nejprve vypracován průkaz pro stávající stav budovy - prvotním plánem autorky bylo použití dat z vypracovaného průkazu energetické náročnosti z roku 2009, který si nechal Magistrát hl. města Prahy vypracovat. Tento plán se ale v průběhu práce ukázal jako nevhodný, z důvodu možného zkreslení dat, ke kterým by mohlo dojít na základě jiných vstupních parametrů. Z těchto důvodů byl vytvořen nový průkaz pro stávající stav. Nově vypracovaný průkaz pro stávající stav koresponduje s původním průkazem, jsou zde

navrženy stejné technologické systémy, zdroje jednotlivé systémy mají stejnou účinnost. V rámci parametrů obálky budovy - hodnoty součinitelů prostupů tepla, byly zvoleny hodnot vzhledem ke stavu a stáří obvodového pláště. Průkaz dosahuje klasifikační třídy D – méně úsporná budova.

Následně byly vypracovány průkazy, které již zahrnovaly návrhy opatření pro snížení energetické spotřeby budovy. Jednalo se zejména o tyto opatření:

- obálka budovy
- vytápění
- větrání
- osvětlení

A. ukazatele energetické náročnosti budovu pro stávající stav

Jak ukazuje obrázek č. 25, největší ztrátu energie způsobuje obálka budovy, kde dochází k velkým ztrátám prostupem tepla. Celkově dosahuje PENB D – méně úsporné budovy, přičemž obálka budovy dosahuje statusu mimořádně nevhodná.

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílní dodané energie					
		Měrné hodnoty kWh(m ² ·rok)					
Mimořádně úsporná							
A				1			
B			1				
C						21	63
D							
E		173					
F							
G	1,96						
Mimořádně nevhodná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		296,2	1,6	1,2		36,9	107,4

Obrázek 25 - ukazatele energetické náročnosti budovy - stávající stav (příloha č. 7)

B. Ukazatele energetické náročnosti budovy pro návrh změny obvodového pláště

Zde se ukazuje, jak významný vliv má na celkovou energetickou náročnost budovy změna obálky budovy respektive změna obvodového pláště (OP) a zateplení budovy. Změnou LOP dojde k zamezení velkých tepelných ztrát, a tím k výraznému snížení spotřeby energie pro budovu Emauzy, jedná se o úsporu 45 % a dosažení klasifikační třídy B – velmi úsporné budovy.

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie			Měrné hodnoty kWh(m ² ·rok)		
Mimořádně úsporná							
A				1			
B		53					
C	0,56					21	63
D			2				
E							
F							
G							
Mimořádně neekonomická							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		91,2	4,2	1,2		36,9	107,4

Obrázek 26 - ukazatele energetické náročnosti budovy - návrh zateplení budovy (příloha č. 8)

C. Ukazatele energetické náročnosti budovy pro návrh změny obvodového pláště + rekuperace tepla

Oproti předchozímu návrhu, zde došlo ke změně technologického systému při vytápění a větrání a to návrhem rekuperace tepla, tedy zabránění odvodu teplého ohřátého vzduchu ven aniž by byl využit. Rekuperací se zlepšil energetický ukazatel vytápění budovy a došlo k navýšení úspory energie. Úspora dosahuje skoro 50 % ušetřené energie a spotřeba energie je tedy poloviční oproti původnímu stavu budovy. Návrh dosahuje klasifikační třídy B- velmi úsporná budova, ale oproti předchozí variantě B se výrazně přibližuje k třídě A, tedy k mimořádně úsporné budově.

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie			Měrné hodnoty kWh(m ² ·rok)		
Mimořádně úsporná							
A		29		1			
B							
C	0,56					21	63
D			2				
E							
F							
G							
Mimořádně neekonomická							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		50,1	4,2	1,2		36,9	107,4

Obrázek 27 - ukazatele energetické náročnosti budovy - návrh zateplení budovy + rekuperace tepla (příloha č. 9)

V rámci této varianty, byl také zpracován propočít pro odhad výše investičních nákladů, viz příloha č. 6. Celková výše investičních nákladů je 232.119.765 Kč bez DPH. V této sumě jsou zahrnuty tyto položky:

- Projektové a průzkumné práce – 11.515.281 Kč
- Stavební objekty – 182.37.756 Kč
- Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby – 9.115.888 Kč
- Ostatní náklady – 7.292.710 Kč
- Rezerva – 18.231.776 Kč
- Kompletační činnost – 3.646.355 Kč

V tabulce č. 20 je znázorněna doba návratnosti investice, která vychází z následujících předpokladů:

- úspora energie 47 %
- inflace 3 %

V rámci výpočtu doby návratnosti investice do varianty č. 2 jsou zohledněny pouze finanční toky, které vzniknou úsporou spotřeby energie. Nejsou zde zahrnuty další

příjmy například vyšší příjem z nájemného nové budovy oproti stávajícímu. Úspory, kterých budova dosáhne v celkových provozních nákladech atd.

Investiční náklady	0 rok	1 rok	2 rok	3 rok	62 rok	63 rok	64 rok
Projektové a průzkumné práce	11 515 281 Kč						
Stavební objekty	182 317 756 Kč						
Vedlejší náklady spojené s umístěním stavby	9 115 888 Kč						
Ostatní náklady	7 292 710 Kč						
Rezerva	18 231 776 Kč						
Kompletační činnost	3 646 355 Kč						
Celkem investiční náklady	232 119 765 Kč						
Přímé finanční toky							
náklady na spotřebovanou energii - stávající stav		2 739 902 Kč	2 822 099 Kč	2 906 762 Kč	16 626 689 Kč	17 125 490 Kč	17 639 254 Kč
náklady na spotřebovanou energii - rekonstrukce		1 452 148 Kč	1 495 713 Kč	1 540 584 Kč	8 812 145 Kč	9 076 509 Kč	9 348 805 Kč
Úspora na nákladech za spotřebovanou energii		1 287 754 Kč	1 326 387 Kč	1 366 178 Kč	7 814 544 Kč	8 048 980 Kč	8 290 450 Kč
Doba návratnosti	-232 119 765 Kč	-230 832 011 Kč	-229 505 624 Kč	-228 139 446 Kč	-6 745 563 Kč	1 303 417 Kč	9 593 867 Kč
Doba návratnosti	63	(let)					

Tabulka 20 - návratnost varianty č. 2 (vlastní práce)

Doba návratnosti varianty č. 2 dosahuje 63 let. S přihlédnutím na další faktory finanční úspory, které s danou variantou lze očekávat, se dá předpokládat snížení doby návratnosti dané varianty. V rámci této varianty investičního záměru při předpokladu využití varianty C – aplikaci opatření pro obálku budovy a zavedení systému rekuperace tepla, dojde ke splnění požadavků směrnice 2010/31/EU v oblasti požadavků na spotřebu energetické náročnosti budovy a **lze** tedy tuto **variantu** investorovi **doporučit**.

5 Závěr

V rámci posouzení investičního záměru autorka řešila 3 varianty – nulovou variantu – stávající objekt, variantu č. 1 - novostavba + demolice stávajícího objektu a variantu č. 2 – rekonstrukce stávajícího objektu. Varianty byly řešeny, jak z pohledu energetické náročnosti, tak z finančního hlediska stavebních investic.

U nulové varianty investičního záměru se nepředpokládají žádné finanční náklady na stavební úpravy, díky kterým by došlo ke snížení energetické náročnosti budovy. Investora tedy tato varianta nestojí žádné investiční náklady, ale přetrvávají vysoké náklady na energie. S přihlédnutím, na současnou energetickou náročnost budovy, respektive na velké ztráty energie, ke kterým nyní dochází díky zastaralé obálce budovy, je tato varianta nepřijatelná.

Předpokladem pro variantu č. 1 je nejprve nutná demolice stávajícího objektu a následná výstavba nové administrativní budovy. Jelikož by došlo k vyprojektování nového návrhu budovy, který musí být v souladu se zákony České republiky a stavebního zákona, lze předpokládat, že nová administrativní budova by splnila parametry energetické náročnosti směrnice v oblasti stavebnictví a dle požadavků investora by mohla být neprojektována na klasifikační třídu A. Tím by došlo ke splnění směrnice 2010/31/EU v oblasti požadavků na spotřebu energetické náročnosti budovy.

Dle vypracovaných průkazů PENB je uvažováno, že dojde k minimální úspoře 60 % nynějších nákladů na spotřebu energie a při přihlédnutí k dalším finančním příjmům, které by vznikly v případě realizace záměru, lze tuto variantu investorovi doporučit.

Ve variantě č. 2 s přihlédnutím k aktuálnímu stavu budovy se předpokládá celková rekonstrukce budovy. V rámci této varianty byly vytvořeny průkazy energetické náročnosti budovy. První varianta průkazu počítá s rekonstrukcí obálky budovy. Druhý průkaz kombinuje rekonstrukci obálky budovy včetně nového moderního technologického systému vytápění. U této varianty může celková úspora energie dosáhnout až 47 %. Největší podíl na úspoře energie má rekonstrukce stávajícího obvodového pláště.

Při aplikaci předpokládaných opatření uvedených v průkazu č. 2 dojde ke splnění 2010/31/EU v oblasti požadavků na spotřebu energetické náročnosti budovy. Jelikož je budova ve vlastnictví Magistrátu hlavního města Prahy (veřejný sektor), lze tuto investici započítat mezi podlahovou plochu, která musí být v rámci směrnice upravena do vyššího stupně energetické náročnosti.

Při porovnání výše finanční investice, časové návratnosti projektu a úspory spotřeby energie je vhodnější varianta č. 1 – novostavba.

Pokud by investor neměl finanční investice na postavení nové administrativní budovy, autorka doporučuje minimálně rekonstrukci obálky budovy. Podle závěru, uvedeném ve článku 4.3 má obvodový plášť největší podíl na úspoře energie.

Použité zdroje

- [1] FRKOVÁ, J. Strategie EU v oblasti úspor energií a změny klimatu, přednáška REU. ČVUT v Praze, 2014
- [2] JIRÁSEK, M., Ministerstvo průmyslu a obchodu. Implementace směrnice č. 2010/31/EU, o energetické náročnosti budov a novela zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií – I. díl [online]. 2012 Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8952-implementace-smernice-c-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-a-novela-zakona-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii-i-dil>
- [3] CENIA. Informační systém statistiky a reportingu: Podíl jednotlivých druhů elektráren na celkové výrobě elektrické energie, ČR [%] [online]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1565>
- [4] Česká republika. Vyhláška ze dne 22. března 2013 o energetické náročnosti budov. In: Sbírka zákonů č.78/2013. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2013.
- [5] Česká republika. Vyhláška ze dne 22. března 2013 o energetické náročnosti budov: příloha č. 3. In: Sbírka zákonů č.78/2013. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2013.
- [6] 2008 PRAŽSKÁ ENERGETIKA, A. S. Energetický audit, Energetický štítek a průkaz PENB. In: [online]. Dostupné z: <http://www.premereni.cz/novinky/energeticky-audit-energeticky-stitek-a-prukaz-penb.html>
- [7] Česká republika. Vyhláška ze dne 22. března 2013 o energetické náročnosti budov: příloha č. 4. In: Sbírka zákonů č.78/2013. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2013.
- [8] JIRÁSEK, M., Ministerstvo průmyslu a obchodu. Implementace směrnice č. 2010/31/EU, o energetické náročnosti budov a novela zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií – I. díl [online]. 2012 Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8952-implementace-smernice-c-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-a-novela-zakona-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii-i-dil>

[eu-o-energeticke-narocnosti-budov-a-novela-zakona-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii-i-dil](#)

- [9] ČSN 73 0540-2:2011. Tepelná ochrana budov, Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [10] NÍZKOENERGETICKÉ DOMY NA KLÍČ - NÍZKOENERGETICKÉ A PASIVNÍ DOMY PLZEŇ. Novostavby: Novostavby pasivních a nízkoenergetických domů. In: [online]. 2010. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy-plzen.cz/novostavby.html>
- [11] SEDLÁČEK, J. Přednosti vnitřního a venkovního zateplení. [online]. 2004 Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1840-prednosti-vnitriho-a-venkovniho-zatepleni>
- [12] TZB - INFO. Fasádní systémy: Lehké obvodové pláště. In: [online]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/fasadni-systemy>
- [13] KARNOOL S.R.O. Druhy vytápění. [online]. Dostupné z: <http://technika.karnool.cz/druhy-vytapeni>
- [14] HABEL, T. Vnitřní povrchová teplota výplní otvorů: souvislosti s vnitřním prostředím budov. [online]. 2012 Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/9262-vnitri-povrchova-teplota-vyplni-otvoru-souvislosti-s-vnitrim-prostredim-budov>
- [15] INFORMAČNÍ SYSTÉM STATISTIKY A REPORTINGU. SPOTŘEBA PALIV V DOMÁCNOSTECH: vyhodnocení indikátoru. [online]. 2014. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1566>
- [16] ČSN EN 15665/Z1 2011 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
- [17] EKOWATT. Systémy větrání obecně: Základní požadavky na větrací soustavy v obytných budovách. [online]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/vetrani/29-systemy-vetrani-obecne>
- [18] REGULUS S.R.O. Větrání s rekuperací tepla. In: [online]. 2014. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/vetrani-s-rekuperaci-tepla>

- [19] XBIZON, S. R. O. Obnovitelné zdroje energie. [online]. roč. 2008. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>
- [20] Solární panel. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014, 9.12.2014. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_panel
- [21] SVP SOLAR 2010 - 2015. Solární ohřev: Solární systém a tepelné čerpadlo. [online]. 2015 Dostupné z: <http://www.svp-solar.cz/solarni-ohrev/>
- [22] CZ BIOM - ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO BIOMASU. DRUHY BIOPALIV PRO KOTLE NA BIOMASU - PELETY, BRIKETY, ŠTĚPKA. [online]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz-pelety-a-brikety>
- [23] ŽÁK, J. Energetická náročnost a úspory u osvětlovacích soustav. [online]. 2015 Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/12254-energeticka-narocnost-a-uspory-u-osvetlovacich-soustav>
- [24] DOLEŽAL, M. SEVEN7, středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s. Průkaz energetické náročnosti budovy: MHMP - Areál Emauzy. publikace č.: 2009/065/23C. 2009.
- [25] STŘELCOVÁ, I. Celkové náklady stavby: přednáška KAN. ČVUT v Praze, 2015
- [26] RTS, A.S. České stavební standardy: Cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2014. [online]. Dostupné z: http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu_2014.html
- [27] Suchý Z. konzultant diplomové práce. AED project a.s.
- [28] SCHÜCO ČESKO. Schüco Fasády: Fasáda AOC 50 ST. [online]. Dostupné z: http://www.schueco.com/web/cz/architekten/fassaden/products/fassaden/aufsatzkonstruktionen/schueco_aoc_50_st/

Přílohy

1. Výkresy budovy Emauzy – situace, pohledy, půdorysy
2. Průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy
3. Rozpočet demolice – varianta č. 1
4. Propočet – varianta č. 1
5. JKSO – konstrukčně materiálová charakteristika – výpočet jednotkové ceny za m³ rekonstrukce
6. Propočet - varianta č. 2
7. Průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – stávající stav
8. Průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – návrh zateplení
9. Průkaz energetické náročnosti budovy pro budovu Emauzy - objekt A – návrh zateplení + technologie

Seznam tabulek a obrázků

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání směrnice 2002/91/ES a směrnice 2010/31/EU – požadavky v oblasti energetické náročnosti budov [2].....	3
Tabulka 2- parametry stavebních prvků a kce., [4].....	7
Tabulka 3 - parametry referenční budovy, [4].....	8
Tabulka 4 – energonositelé [5]	9
Tabulka 5 - Grafické znázornění průkazu - I., [7].....	12
Tabulka 6 - Grafické znázornění průkazu - II., [7].....	12
Tabulka 7 - povinnost PENB, [8].....	13
Tabulka 8 - klasifikační třídy PENB (vlastní práce).....	14
Tabulka 9 - hodnoty klasifikačních tříd Uem, [4].....	14
Tabulka 10 - identifikační údaje budovy Emauzy (vlastní práce).....	27
Tabulka 11 - geometrické charakteristiky Emauzy, [24]	30
Tabulka 12 - propočet varianta č. 1 (vlastní práce).....	39
Tabulka 13- propočet- varianta č. 1 – rekapitulace (vlastní práce)	40
Tabulka 14 - porovnání návrhu součinitelů prostupů tepla při aplikaci návrhu opatření	44
Tabulka 15 - propočet -varianta č. 2 – ZRN (vlastní práce)	48
Tabulka 16- VaHŘ - varianta č. 2 (vlastní práce).....	48
Tabulka 17- propočet - varianta č. 2 - rekapitulace celkových nákladů (vlastní práce)	49
Tabulka 18- tepelně technické vlastnosti budovy Emauzy, [24].....	49
Tabulka 19 - návratnost varianty č. 1 (vlastní práce).....	51
Tabulka 20 - návratnost varianty č. 2 (vlastní práce).....	55

Seznam obrázků

Obrázek 1- Graf OZE v ČR pro r. 2013 a rok 2020, [3]	3
Obrázek 2 - klasifikační třídy PENB, [6].....	10
Obrázek 3 - druhy opatření pro snížení energie (vlastní práce).....	16
Obrázek 4 - zateplení obvodové kce., [11]	17
Obrázek 5 - ústřední vytápění, [13]	19
Obrázek 6 - Domácnosti v ČR dle způsobu vytápění 2013, [15]	20
Obrázek 7- ohřev teplé vody, [21].....	23
Obrázek 8 - zóny osvětlení, [23].....	25
Obrázek 9- shrnutí možných opatření ke snížení energetické náročnosti budovy (práce autorky)	26
Obrázek 10 - budova Emauzy (foto autorky)	27
Obrázek 11 - budova Emauzy - prasklina u prosklené plochy budovy (foto autorky)	29
Obrázek 12 - budova Emauzy - obvodový plašt (foto autorky)	29
Obrázek 13 - budova Emauzy - objekt B - vlhkost budovy (foto autorky)	30
Obrázek 14 - roční potřeba energie, [24].....	32
Obrázek 15 - aktuální PENB, [24].....	33
Obrázek 16 - varianty investičního záměru (vlastní práce).....	34
Obrázek 17- propočet, [26].....	36
Obrázek 18 - PENB č. 1 - součinitele prostupu tepla (příloha č. 7).....	42
Obrázek 19 - PENB č. 1 - ukazatele energetické náročnosti budovy (příloha č. 7) ..	43
Obrázek 20 - návrh opatření - obálka budovy (práce autorky).....	43
Obrázek 21 - návrh opatření - vytápění (práce autorky)	45
Obrázek 22 - návrh opatření - větrání (práce autorky).....	45
Obrázek 23 - PENB objekt A - doporučená opatření zateplení + technologie (příloha č. 9).....	46
Obrázek 24 - návrh opatření - osvětlení (práce autorky)	47
Obrázek 25 - ukazatele energetické náročnosti budovy - stávající stav (příloha č. 7)	52
Obrázek 26 - ukazatele energetické náročnosti budovy - návrh zateplení budovy (příloha č. 8)	53
Obrázek 27 - ukazatele energetické náročnosti budovy - návrh zateplení budovy + rekuperace tepla (příloha č. 9).....	54