

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vachudová** Jméno: **Zuzaanaa** Osobní číslo: **424583**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavební management**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění multifunkčního objektu

Název diplomové práce anglicky:

Use of multi-criteria analysis for evaluation of heating systems of a multifunctional building

Pokyny pro vypracování:

Rámcový obsah diplomové práce:

- základní výkresová dokumentace objektu, konstrukční a technické řešení, výpočet tepelných ztrát
- popis variant zdrojů tepla pro vytápění
- Metfesselova alokace, Párové porovnání, Saatyho metoda
- porovnání a posouzení výsledků, návrh optimalizace

Seznam doporučené literatury:

ŠÍPAL, Jaroslav. Obnovitelné zdroje energie: způsoby získávání elektrické a tepelné energie z obnovitelných zdrojů. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-742-5.
FOTR, Jiří, ŠVECOVÁ, Lenka. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. Třetí, přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Eduard Hromada, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **27.09.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **05.01.2020**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Eduard Hromada, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění multifunkčního objektu“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Praze dne

.....

Bc. Zuzana Vachudová

Využití multikriteriální analýzy pro
hodnocení systémů vytápění
multifunkčního objektu

Use of multi-criteria analysis for the evolution of heating
systems of a multifunctional building

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Eduardovi Hromadovi, Ph.D. za profesionální přístup, odborné vedení a cenné rady při tvorbě této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přítelovi za trpělivost, optimismus a podporu při studiu na ČVUT. Na závěr bych chtěla také poděkovat všem pedagogům Katedry ekonomiky a řízení ve stavebnictví za získané znalosti během magisterského studia, které mohu již uplatňovat v praxi.

Abstrakt

Diplomová práce na téma „Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění v multifunkčním objektu“ je rozdělena na dvě části. V teoretické části se po kapitole blíže seznamuje čtenáře se základními druhy palivy a energií, které jsou vzájemně porovnány v závěru kapitoly. Část práce je věnována i energetické politice, o které se aktuálně široce hovoří v rámci klimatickým změnám. Druhá kapitole se stručně zabývá základními kritérii při výběru samotných zdrojů tepla. V poslední kapitole, teoretické části se věnují problematice energetické náročnosti budov a průkazu energetické náročnosti budov rámci směrnice Evropského Parlamentu.

V praktické části aplikuji, jak efektivně a jednoduše postupovat při výběru vhodného zdroje vytápění za pomocí metody multikriteriální analýzy. To vše uplatňuji na konkrétním projektu multifunkčního objektu, které jsem navrhla v bakalářském studiu. Zároveň je tu stručná ukázka, jak lze rychle najít klíčové preference a kritéria, které doporučuji investorovi za pomocí rozhodovacího stromu. Ve své zbývajících kapitole se věnují zvláště energetice a ekonomice vybraných variant zdrojů vytápění. Závěrem je uveden návrh optimalizace variant vytápění řešeného objektu, který jsem zpracovávala již ve své bakalářské práci.

Klíčová slova

zdroje energie, obnovitelné zdroje energie, OZE, energetická politika, zdroje tepla, energetická náročnost budov, průkaz energetické náročnosti, PENB, multikriteriální analýza, MCA

Abstract

The diploma thesis "Multicriterial analysis for evaluation of heating systems in multifunctional building" is divided into two parts. In the theoretical part, the chapter introduces the reader to the basic types of fuel and energy, which are compared at the end of the chapter. Part of the work is devoted to energy policy, which is currently widely discussed in the context of climate change. The second chapter briefly deals with the basic criteria in the selection of heat sources themselves. In the last chapter, the theoretical part is devoted to the issue of energy performance of buildings and the energy performance certificate of buildings within the European Parliament Directive.

In the practical part I apply how to effectively and simply proceed in the selection of a suitable heating source using the multi-criteria analysis method. All this applies to a specific project of a multifunctional object, which I designed in the bachelor study. At the same time, there is a brief example of how to quickly find the key preferences and criteria that I recommend to the investor using the decision tree. In my remaining chapter I focus especially on energy and economics of selected variants of heating sources. Finally, there is a proposal of optimization of heating variants of the solved object, which I processed in my bachelor thesis.

Key words

energy sources, renewable energy sources, RES, energy policy, heat sources, energy performance of buildings, energy performance certificate, PENB, multi-criteria analysis, MCA

Obsah

Obsah.....	8
Seznam použitých symbolů a zkratek	11
1. Úvod.....	13
2. Primární zdroje energie.....	14
2.1. Politické opatření.....	15
2.2. Energetická politika EU	16
2.3. Energetická politika ČR.....	18
2.3.1 Programy a možnosti podpory v oblasti úspor energie	19
2.3.2 Program EFEKT.....	20
2.3.3 Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OP PIK) 21	
2.3.4 Operační program Životní prostředí (OPŽP)	21
2.3.5 Integrovaný regionální operační program (IROP)	21
2.3.6 Program Nová zelená úsporám (NZÚ).....	21
2.3.7 Nová zelená úsporám podporuje:	22
2.3.8 Program ENERGI.....	22
2.3.9 Program PANEL 2013+.....	22
2.4. Neobnovitelné zdroje energie.....	24
2.4.1 Jaderná elektrárna	24
2.4.2 Fosilní paliva	25
2.4.3 Uhlí.....	26
2.4.4 Emise x Imise.....	26
2.4.5 Černé uhlí.....	27
2.4.6 Hnědé uhlí.....	27
2.4.7 Ropa	27
2.4.8 Zemní plyn	28
2.5. Obnovitelné zdroje energie	29
2.5.1 Vodní energie.....	29
2.5.2 Větrná energie.....	30
2.5.3 Energie ze slunečního záření.....	31
2.5.4 Geotermální energie	34
2.5.5 Energie biomasy	35

2.6.	Elektrická energie.....	36
2.7.	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET).....	36
2.8.	Porovnání paliv z hlediska vlastností.....	37
2.9.	Porovnání paliv z hlediska výhřevnosti.....	38
3.	Zdroje tepla	38
3.1.	Kritéria při výběru druhu vytápění.....	39
3.2.	Elektrokotel	39
3.3.	Kotle na plynná paliva	39
3.4.	Kotle na biomasu.....	40
3.5.	Tepelné čerpadlo.....	40
4.	Směrnice z Evropského parlamentu	41
4.1.	Průkaz energetické náročnosti budov	41
4.2.	Téměř nulová budova.....	42
5.	Praktická část.....	43
5.1.	Popis řešeného Multifunkčního objektu	43
5.1.1	Základní informace.....	43
5.1.2	Charakteristika území	43
5.1.3	Charakteristika projektu	44
5.1.4	Konstrukční a technické řešení	45
5.2.	Posouzení součinitele prostupu tepla multifunkčního objektu	51
5.2.1	Základní pojmy a vztahy	51
5.2.2	Výsledky posouzení součinitele prostupu tepla.....	53
5.3.	Návrh variant vytápění multifunkčního objektu	56
5.3.1	Celková tepelná ztráta	56
5.3.2	Varianta 1 (V1) – Kondenzační plynový kotel.....	58
5.3.3	Varianta 2 (V2) – Elektrokotel	59
5.3.4	Varianta 3 (V3) – Kotel na biopaliva – pelety	60
5.3.5	Varianta 4 (V4) – Kotel na biopaliva – dřevo.....	61
5.3.6	Varianta 5 (V5) – Tepelné čerpadlo – země / voda	62
5.4.	Multikriteriální analýza (rozhodovací model)	63
5.4.1	Stanovení rozhodovacích kritérií.....	63
5.4.2	Shrnutí výsledků.....	70
5.5.	Energetické posouzení variant	71
5.6.	Ekonomické posouzení variant.....	73

5.6.1	Investiční (pořizovací) náklady	73
5.6.2	Cena elektřiny ze sítě.....	74
5.6.3	Náklady na provoz, údržbu a obnovu	75
6.	Ekonomické posouzení	76
7.	Multikriteriální analýza (hodnocení variant).....	79
7.1.	Stanovení úhrnné užitnosti.....	80
7.2.	Shrnutí výsledků.....	85
7.3.	Návrh optimalizace multifunkčního objektu	85
8.	Závěr.....	86
	Seznam literatury a použitých zdrojů	101
	Seznam tabulek.....	105
	Seznam obrázků.....	106
	Seznam grafů	107
	Seznam příloh	108

Seznam použitých symbolů a zkratek

(pro teoretickou část)

ČR	Česká republika
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
ENB	Energetická náročnost budov
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive, v překladu směrnice o energetické náročnosti budov
EU	Evropská unie
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LTO	Lehký topný olej
NAPEE	Národní akční plán energetické účinnosti/efektivity
NKN	Národní kalkulační nástroj
nZEB	nearly Zero Energy Building, v překladu budova s téměř nulovou spotřebou energie
OB	Obálka budovy
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development, v překladu Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OPEC	Organisation of the Petroleum Exporting Countries, v překladu Organizace zemí vyvážejících ropu
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
RD	Rodinný dům
SEK	Státní energetická koncepce
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik

TČ	Tepelné čerpadlo
TTO	Těžký topný olej
ÚEL	Územně ekologické limity

1. Úvod

Ve své diplomové práci pokračuji na projektu, který mě doprovází již několikátým rokem. V rámci bakalářského studia v oboru architektury jsem navrhla tento multifunkční objekt, který se nachází v areálu hornického skanzenu se stále zachovanou atmosférou tehdejšího prostředí. Areál spadá do vlastnictví Středočeského kraje, který je v mé práci zastoupen jako investor. Ve své bakalářské práci jsem zpracovávala projektovou dokumentaci vytápění objektu včetně výpočtů a technických zpráv.

Multifunkční objekt nyní prošel v rámci diplomové práce malými změnami z hlediska konstrukcí a obvodového pláště za účelem splnění požadavků energetické náročnosti budov. Zabývala jsem se typy a variantami zdrojů vytápění zvoleného objektu. Navrhuji investorovi doporučující kritéria při volbě vhodného zdroje vytápění, které přesněji namodeluji a aplikuji na již zmíněný objekt. V méj diplomové práci jsou uvedeny metody, jak snadno nalézt klíčová kritéria pomocí větveného rozhodovacího modelu. Na základě kritérií jsem vybrala pět variant zdrojů vhodných k vytápění objektu. Jednotlivé varianty zdrojů vytápění posuzuji na základě deseti preferenčních kritérií, které ovlivňují výsledné pořadí a výhodnost jejich provozu.

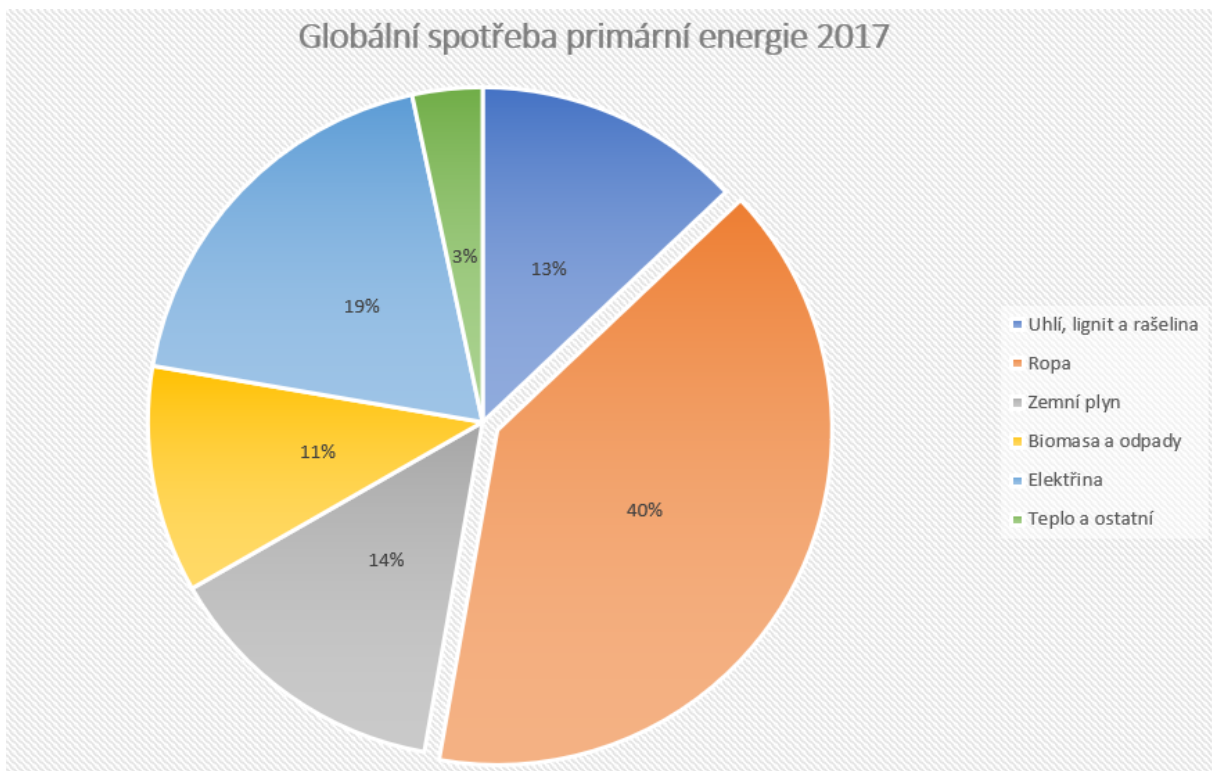
V teoretické části této práce je stručně popsána problematika energetické politiky včetně vybraných klíčových dokumentů. Dále stručně popisují jednotlivé energetické zdroje, které souvisí blízce s energetickou politikou. Seznamuji tak potenciálního investora s výhodou a nevýhodou vybraných zdrojů tepla, které jsou posuzovány v praktické části této diplomové práce.

Praktická část obsahuje základní informace projektu multifunkční stavby. Konstrukce obálky budovy posuzují na součinitel prostupu tepla v softwaru Teplo 2017. Počítám celkovou tepelnou ztrátu objektu pomocí obálkové metody. Následně navrhuji varianty vytápění objektu včetně výkonu zdroje. Aplikuji v této části Metfesselovou alokaci, Párové porovnání a Saatyho metodu v rámci multikriteriální analýzy k zjištění důležitosti jednotlivých rozhodovacích kritérií. Zdroje tepla byly posuzovány pomocí multikriteriální analýzy, ale zároveň byly aplikovány i jiné srovnávací metody. Přesněji se jedná o Metodu bodovací s váhami a Metodu indexových koeficientů. Závěrem je navržena optimalizaci vytápění multifunkčního objektu

2. Primární zdroje energie

Zákon o zachování energie v jednodušší formě nám říká, že energii nelze vyrobit a ani zničit. Umíme ji pouze přeměnit do nejžádanější podoby energie.

Pod pojmem primární zdroj energie si můžeme představit již přeměněný zdroj energie volně dostupné v přírodě (např. ropa). Lidé si je naučili zpracovávat do ušlechtilých zdrojů (např. benzín či nafta). Roční světová spotřeba primární energie se v současné době pohybuje okolo 13 000 Mtoe. Toto číslo je přibližně 91 miliard barelů ropy ročně nebo 549 015 084 TJ ročně. Složení zdrojů primární energie ukazuje graf 2-1. V současné době je nejvýznamnějším primárním zdrojem energie ropa. Spotřeba uhlí a zemního plynu se pomalu snižuje, ale i přesto jejich součet tvoří výrazný podíl v primární energii. [\[1\]](#)



Graf 2-1 Globální spotřeba primární energie 2017, vlastní zpracování [\[1a\]](#)

2.1. Politické opatření

Stále musíme mít na vědomí, že se nám snižují zásoby fosilních paliv. Nekontrolovatelný světový růst populace, způsobí nárůst obyvatel přesahující hranici 9 miliard obyvatel na naší planetě. [2]

Ekonomické hospodářství světových velmocí a jejich dynamický rozvoj např. Číny nebo Indie, zvyšují výrazně podíly škodlivých emisí. K optimismu nepřidává ani naše závislost na spolehlivou dodávku energií. To vše mění naši biosféru a výrazně se podepisuje na klimatické změně naší modré planety. Na scéně se objevují bezpečnostní rizika a problematika dodávek ropy a zemního plynu ze zemí Středního východu a bývalého SSSR. V současné době je Evropa závislá na dovozu až 57% spotřeby zemního plynu a 82% spotřeby ropy. V blízké budoucnosti už v roce 2030 odborníci odhadují, že se podíl dovozu zvýší na 84% spotřeby zemního plynu a 93% spotřeby ropy. [3] [3a]

Klimatickým změnám a politickým opatřením se věnuje několik mezinárodních organizací. Vyjmenuji pouze ty největší a nejvýraznější.

- **Mezivládní Panel pro změnu klimatu (IPCC)** je to nezávislý vědecko-technický orgán. Zkoumá podstaty klimatické změny a hodnotí jejich environmentální a sociální důsledky. V prosinci 2007 získal Nobelovou cenu míru. Cílem této organizace je poskytovat pravdivé a nezkreslené vědecké informace o aktuálních změnách a jeho dopady. Tento orgán vznikl ze dvou organizací OSN, ze Světové meteorologické organizace (WMO) a Programem OSN pro životní prostředí (UNEP). V současnosti má 194 členů včetně České republiky. [4]
- **CEE Bankwatch Network** působí ve střední a východní Evropě. Financuje vybrané projekty, aby se předešlo škodlivým environmentálním a sociálním dopadům mezinárodního peněžního hospodářství. Monitoruje aktivity mezinárodních finančních institucí a navrhuje konstruktivní alternativní řešení jejich politiky a projektů. Zaměřuje se hlavně na energii, dopravu a rozšiřování se Evropské Unie. Členem této nevládní organizace je i ČR (organizace Program energetických úspor a Hnutí DUHA) s dalšími 11 členy. [4]

OSN a jeho rámcové úmluvy je snaha stabilizace koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. Změna klimatu byla poprvé zmíněna na konferenci v Ženevě,

a to v roce 1979.^[4] V prosinci 2015 ČR přijala Pařížskou dohodu, který formuluje dlouhodobý cíl ochrany klimatu a snížení emisí skleníkových plynů, a to do roku 2030. Dohoda vstoupila v platnost 4. října 2016, tedy po necelém roce od jejího přijetí v Paříži.^[5]

- **Evropská Unie (EU)** je uvedena v následující samostatné kapitole 2.2.

2.2. Energetická politika EU

V současné době Unie v oblasti energetiky řeší pět zásadních tematických oblastí:

- Bezpečnost, solidarita a důvěra (diverzifikace zdrojů, zajištění energetické bezpečnosti);
- Plně integrovaný vnitřní trh s energií
- Energetická účinnost;
- Boj proti změně klimatu – dekarbonizace ekonomiky (EU ETS, nízkoemisní mobilita, podpora obnovitelných zdrojů)
- Výzkum, inovace a konkurenceschopnost (inovace zejména čistých energetických technologií).

Evropská komise představila v květnu 2018 nový víceletý finanční rámec pro rok 2021-2027 s rozpočtem okolo 1134 miliard eur. V současnosti se počítá s tím, že 25 % tohoto rozpočtu bude využito v programech a instrumentech k dosažení cílů stanovených v rámci boje s klimatickou změnou, které se přímo dotýkají energetického odvětví.^[6]

Bílá kniha o energetické politice byla vydána 1995. Za cíle si stanovila konkurenceschopnost, spolehlivost dodávek a ochranu životního prostředí. Hlavním faktorem byla integrace trhu.^[6]

Zelená kniha vznikla jako další impuls energetické politiky. Za cíle si klade opět udržitelnost, konkurenceschopnost a zabezpečení dodávek. Na základě této knihy Evropská rada přijala v březnu 2007 **Akční plán pro energetickou politiku**, který obsahuje konkrétní návrhy legislativy s konkrétními předpisy a nástroji, jak dosáhnout cílů.^{[6] [21]}

Energetická politika byla poprvé zakotvena v **Lisabonské smlouvě** čl. 194. Stojí tu, že členské státy mají zajistit fungování trhu s energií, zajistit bezpečnost dodávek energie v Unii, podporovat energetickou účinnost, úsporu energií v podobě rozvoje

obnovitelných zdrojů a podporu energetických sítí. Smlouva **Euratom** pokrývá oblast jaderné energetiky. [\[6\]](#)

Evropa 2020 je evropská hospodářská strategie, kde členské státy mají dosáhnout závazné cíle v dosažení podílu obnovitelných zdrojů energie na svém energetickém mixu. Nezávazně by měli také zvýšit energetickou účinnost. To vše úzce souvisí s klimatickou politikou a se závazkem Unie snižovat emise. [\[6\]](#) [\[19\]](#)

Evropa 2030 v říjnu 2014 byla přijata energetická strategie pro rok 2030. Zde jsou ustanoveny konkrétní cíle v oblasti energetiky a ochrany klimatu. Ve strategii chce Unie snížit emise skleníkových plynů nejméně o 40 % v porovnání s úrovněmi roku 1990. Podíl spotřeby energie z obnovitelných zdrojů chce Unie zvýšit alespoň na 27 % a na stejnou hodnotu chce zvýšit i energetickou účinnost. Zároveň do roku 2030 by mělo dojít k 15 % propojení přenosových soustav. V rámci energetické strategie jsou definovány i kvalitativní cíle, jako jsou reformy systému EU pro obchodování s tzv. emisními povolenkami nebo nový rámec pro podávání zpráv členských států. [\[6\]](#)

Energetická unie je balíček opatření, která byla přijata v únoru 2015 Evropskou komisí. Pomocí Energetické unie chce EU snížit výdaje na dovoz energie, které činí každoročně přibližně 350 miliard eur. Zároveň má pomoci naplnit cíle v rámci politiky v oblasti klimatu a energetiky 2030, které jsou zaměřené na fosilní paliva a emisí skleníkových plynů. Má zajistit cenovou dostupnost, bezpečnost a udržitelnost energií pro evropské občany. Ještě má zajistit konkurenceschopnost vnitřního trhu. Dne 25. února 2015 byla zveřejněna Rámcová strategie k vytvoření energetické unie, kde navrhuje opatření v pěti hlavních bodech: [\[6\]](#)

- Energetická bezpečnost
- Dotvoření vnitřního trhu s energií
- Energetická účinnost
- Dekarbonizace
- Výzkum, inovace a konkurenceschopnost

Zimní energetický balíček z listopadu 2016 obsahuje legislativní návrhy v oblasti energetické účinnosti. Jsou zde také návrhy reforem trhu s elektřinou, kde si stanovuje nový cíl energetických úspor na výši 30 % již v roce 2030. V říjnu 2017 Rada přijala nařízení o bezpečnost dodávek zemního plynu. Chce posílit energetickou bezpečnost Evropské unie a omezit její závislost na dodávkách energie ze třetích zemí. V květnu

2018 Rada revidovala směrnici o energetické účinnosti budov. Směrnice má zlepšit energetickou účinnost budov a podpořit v rekonstrukce budov. Dlouhodobým cílem je také dekarbonizovat stávající neúčinný evropský fond budov. Směrnice je součástí balíčku předpisů týkající se čisté energie. V 2018 vznikla kompromisní závazná podoba návrhu směrnice o OZE, kde chce podíl dostat na 32 %, a to do roku 2030. Revize by měla proběhnout v roce 2023, kde bude cíl případně navýšen. Komise původně počítala s 27 % a Parlament se zasazoval na 35 %. V červnu 2018 vznikla také kompromisní podoba směrnice energetické účinnosti. Do roku 2030 by se měla energetická účinnost v EU zvýšit oproti předpokládaným scénářům o 32,5 %. Cíl není na rozdíl od případu podílu obnovitelných zdrojů závazný, v roce 2023 má být nicméně provedena revize, na jejímž základě bude možné cíl navýšit. ^[6]

Národní energeticko-klimatické plány (NECPs) v rámci tohoto plánu by měly všechny členské státy představit finální verzi plánu pro národní energetickou klimatickou politiku, a to ke konci roku 2019. ^[6]

2.3. Energetická politika ČR

Česká republika jako každý moderní stát se musí postarat o stabilní zásobování a hospodaření s energiemi. Energetická politika schválená vládou Miloše Zemana v lednu roku 2000 přestala plnit svoji funkci strategického dokumentu. Proto v letech 2002 až 2004 byla zpracována a předložena zcela nová dokumentace Státní energetické koncepce (SEK), která byla schválenou vládou dne 10. března 2004. ^{[7] [23]}

Závazným cílem v oblasti energetiky je podle směrnice 2009/28/ES pro Českou republiku závazný cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie ve výši 13 % v roce 2020. Jeho součástí je závazný cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů ve všech druzích dopravy na hrubé konečné spotřebě energie v dopravě ve výši 10 % v roce 2020. Každá členská země je také povinna předkládat každé tři roky národní akční plán energetické účinnosti. Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů navrhuje cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie ve výši 13,5 % a splnění cíle podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě v dopravě ve výši 10,8 %. Tyto cíle budou vyhodnocovány s tím, že mohou být modifikovány. Minimální cíle jsou ty určené směrnicí 2009/28/ES. Česká republika si ve svém plánu například stanovila cíle snížení podílu emisí skleníkových plynů mimo systém EU pro obchodování s emisemi

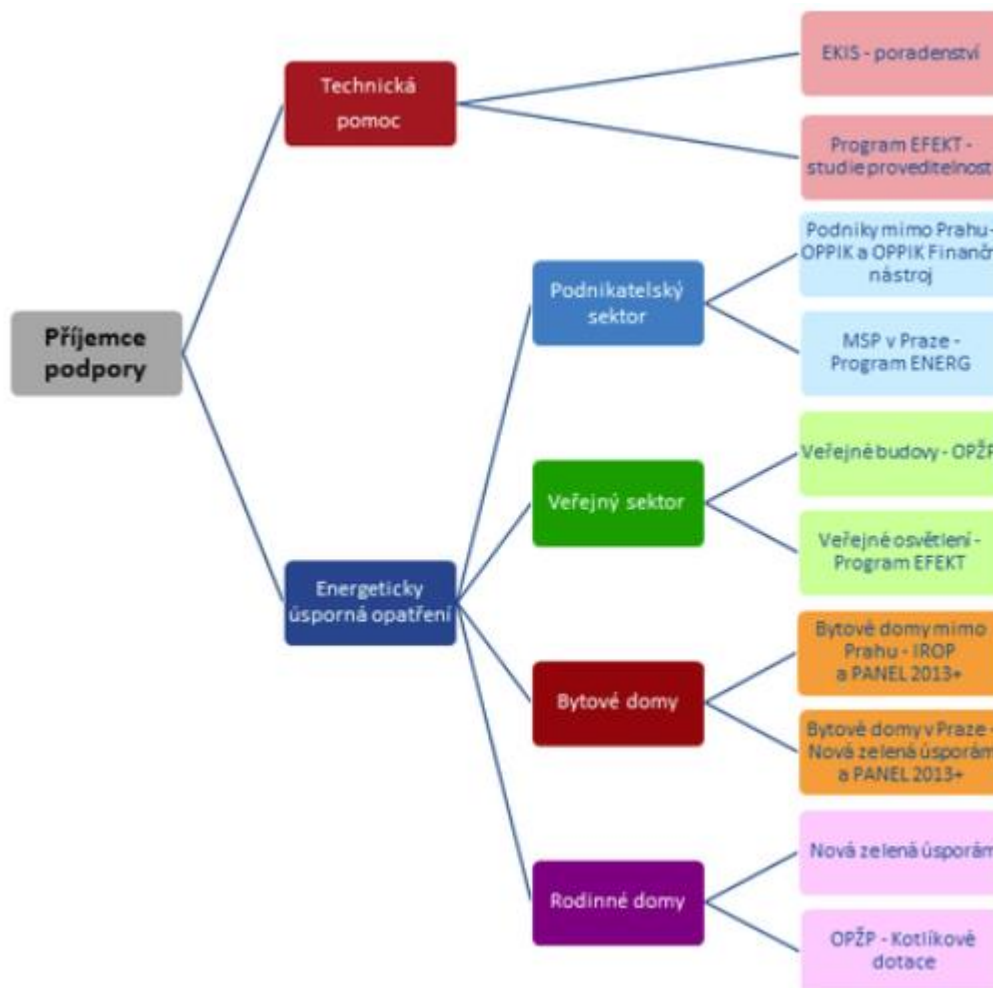
(EU ETS) o 14 % v porovnání s rokem 2005. Jedním z dalších cílů České republiky je navýšení podílu obnovitelných zdrojů v energetickém mixu ze současných 13 % na 20,8 %. Dalším bodem českého energeticko-klimatického plánu je v oblasti energetické bezpečnosti omezit závislost na importu energetických komodit pod 65 % k roku 2030, tohoto cíle má být dosaženo primárně diverzifikací importu, a to zejména plynu a ropy. [\[6\]](#)

V otázce propojenosti energetických trhů je Česká republika v současnosti vysoko nad požadovanou propojeností 15 % k roku 2030. Finální verze energeticko-klimatického plánu bude muset ještě ke konci roku 2019 projít revizí, je tedy možné, že nynější české plány nebudou identické s finální verzí tohoto strategického dokumentu. [\[6\]](#)

2.3.1 Programy a možnosti podpory v oblasti úspor energie

Podpůrné programy pomáhají urychlit dobu návratnosti u energetických úsporných projektů. Lze získat dotace jak po technické stránce při přípravě projektu, tak i na vlastní realizaci. Jednotlivé dotační programy jsou financované z Evropských strukturálních a investičních fondů a také z národních prostředků. Konkrétně Ministerstvo průmyslu a obchodu nabízí program investiční podpory pro podnikatelský sektor částečně i pro sektor veřejné správy. V rámci neinvestiční podpory nabízí MPO finanční příspěvek na pomoc při přípravě projektu fyzickým i právnickým osobám a

podporuje poradenskou činnost poskytovanou zdarma. Významnou úlohu hraje také nový osvětový program na podporu kvalitních energeticky úsporných projektů.^[8]



Obrázek 2-1 Možnosti podpory v oblasti úspor energie ^[8]

2.3.2 Program EFEKT

je státní program se snahou se podílet na naplňování Státní energetického opatření v podobě podpory úspor energie poskytované MPO. Nabízí technickou asistenci při přípravě projektu. Lze v rámci programu zpracovat studie proveditelnosti v podobě energetického posouzení ze strany odborného garanta, který navrhne i optimalizaci energetických úspor. Realizace a financování programu EFEKT je zabezpečen v souladu se schválenou dokumentací a v návaznosti na ustanovení § 13 odst. (2) písm. b) zákona č. 218/2000 Sb., o rozpočtových pravidlech, ve znění pozdějších předpisů. Zároveň program je jedním z nástrojů Ministerstva průmyslu a obchodu k dosažení aktuálního cíle stanoveného evropskou směrnicí č. 2012/27/EU o energetické

účinnosti. Rozpočet programu na období 2017-2021 je maximálně 750 mil. Kč. Finanční prostředky na jednotlivé roky budou uvolňovány postupně.^[9]

Podpory investičních projektů s cílem snížit konečnou spotřebu energie mají v gesci kromě Ministerstva průmyslu a obchodu také i Ministerstvo pro místní rozvoj a Ministerstva životního prostředí. MPO odpovídá i za nastavování politik České republiky vedoucích k naplňování cílů zvyšování energetické účinnosti, resp. ke snížení spotřeby energie.^[10]

2.3.3 Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OP PIK)

je v gesci MPO. Program může využít malé, střední a velké podniky mimo území hlavního města Prahy a poskytuje dotace na snížení energetické náročnosti a zároveň zvýhodněné úvěry formou finančního nástroje.^[10]

2.3.4 Operační program Životní prostředí (OPŽP)

tento program od MŽP je zaměřen na zlepšení životního prostředí zejména ve veřejném sektoru. Kromě podpory čistoty vody, ovzduší, zpracování odpadu a ochrany přírody, poskytuje i dotace na projekty zaměřené na dosahování energetických úspor. Primárně je určen obcím, městům a jejich příspěvkovým organizacím, vzdělávacím institucím a firmám.^[10]

2.3.5 Integrovaný regionální operační program (IROP)

v gesci MMR, podporuje rozvoj obcí, měst a regionů a v oblasti úspor energie. MMR poskytuje dotace na renovace bytových domů mimo Prahu. Nyní bude program pokračovat v programovém období 2021 – 2027.^[10]

2.3.6 Program Nová zelená úsporám (NZÚ)

patří rozhodně mezi nejefektivněji využívaný program v ČR zaměřené na úspory energií v rodinných domech a bytových domech. MŽP v rámci programu nabízí zlepšit stav životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů (především emisí CO₂). Záměrem programu je dosáhnout úspory energie v konečné spotřebě a stimulovat ekonomiku ČR s dalšími sociálními přínosy, kterými jsou například zvýšení kvality bydlení občanů, zlepšení vzhledu měst a obcí, nastartování dlouhodobých progresivních trendů. Program láká zájemce na energetickou úsporu, který může činit až 50 % z celkových způsobilých výdajů. Program Nová zelená úsporám je financován z výnosů prodeje tzv. emisních

povolenek EUA (European Union Allowance) a EUAA (European Union Aviation Allowance). O dotace mohou žádat jak vlastníci, tak i stavebníci rodinných a bytových domů, a to jak fyzické, tak i právnické osoby. Žádost přijímá Státní fond životního prostředí ČR až do 31. prosince 2021, nebo do vyčerpání alokace. [\[11\]](#)

2.3.7 Nová zelená úsporám podporuje:

- Renovace rodinných a bytových domů (zateplení fasády, střechy, stropů, výměna oken a dveří)
- Stavbu rodinných a bytových domů v tzv. pasivním standardu (pasivní domy)
- Solární termické a fotovoltaické systémy
- Zelené střechy
- Využití tepla z odpadní vody
- Systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla (ZZT) – rekuperace
- Výměnu zdrojů tepla za tepelná čerpadla, kotle na biomasu [\[11\]](#)

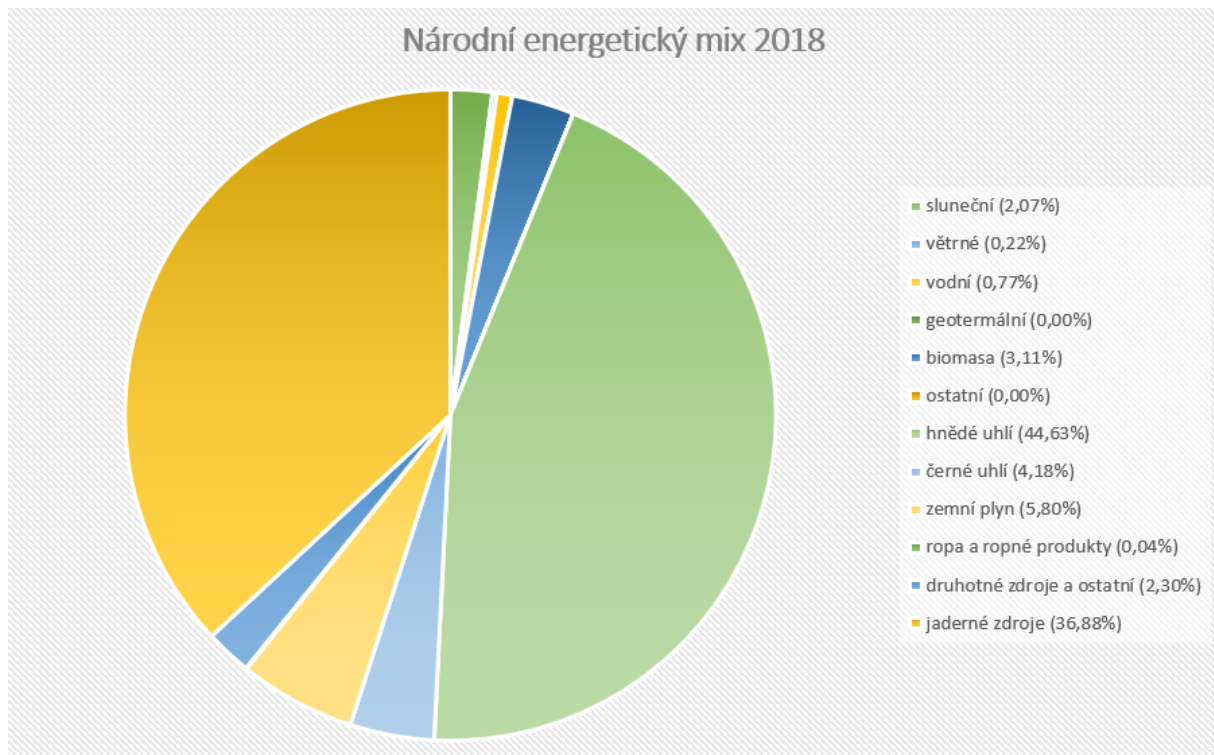
2.3.8 Program ENER G

administrovaný Českomoravskou záruční a rozvojovou bankou, poskytuje malým a středním podnikům na území hlavního města Prahy bezúročné úvěry na financování energeticky úsporných projektů. Zvýhodněný úvěr je doplněn o finanční příspěvek za dosažení výsledků realizace projektu a finanční příspěvek na úhradu nákladů energetického posudku. [\[10a\]](#)

2.3.9 Program PANEL 2013+

v gesci Ministerstva pro místní rozvoj, spravuje Státní fond rozvoje bydlení a v rámci něho jsou poskytovány úvěry na revitalizaci bytového fondu. [\[8\]](#)

Rozdělení energetických zdrojů



Graf 3-2-2 Národní energetický mix 2018, vlastní zpracování [8]

Terminologie

Energetický mix je libovolný podíl primárních a sekundárních zdrojů energie při výrobě elektřiny, resp. tepla. [12]

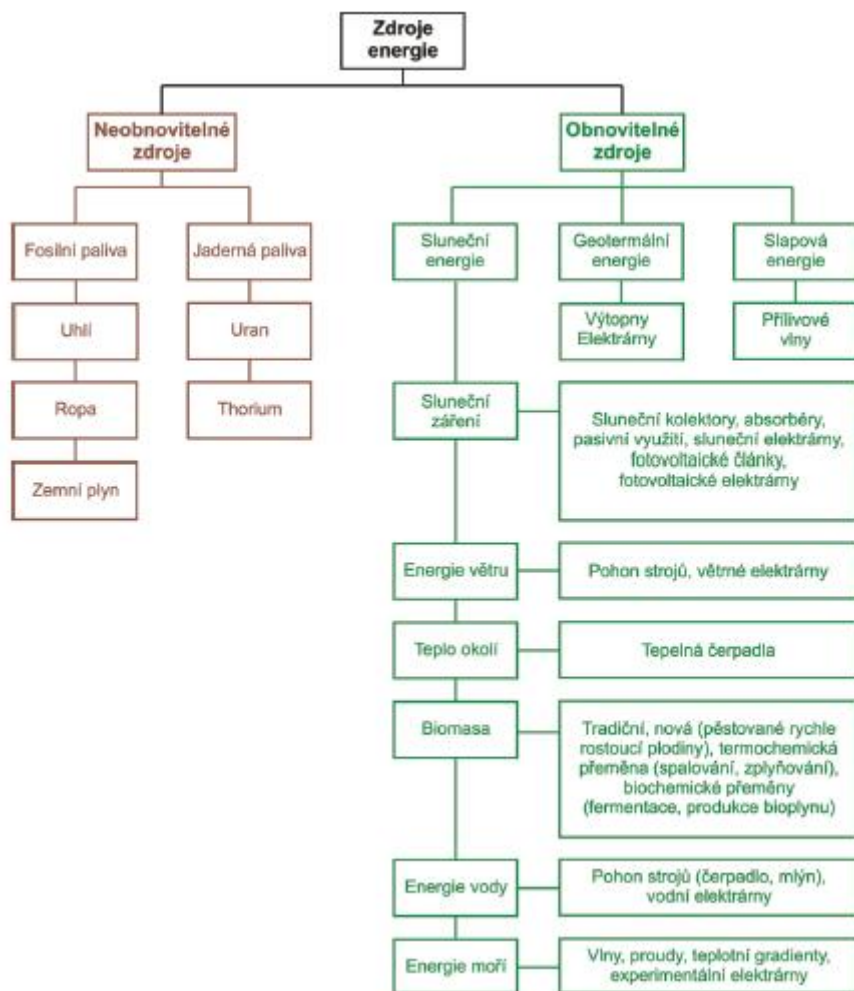
Primární energie je energie obsažená v přírodních zdrojích před jakoukoli lidsmi provedenou konverzí nebo transformací. [12]

Primární energetické zdroje jsou souhrnem tuzemských nebo dovezených energetických zdrojů vyjádřených v energetických jednotkách. Prvotním teplem se zde rozumí teplo vyrobené v jaderných reaktorech. Prvotní elektřina je elektřina vyrobená ve vodních elektrárnách (bez přečerpávacích vodních elektráren) plus saldo dovozu a vývozu elektřiny. [12]

Sekundární nebo druhotné zdroje energie jsou zdroje vzniklé lidskou činností. Řadíme sem:

- komunální odpad – energetické spalování odpadů
- vyjeté oleje – hlavně pro vytápění

- skládkové plyny – vznikají na skládkách komunálního odpadu, při neodplyňování můžou vznikat výbušné směsi, lze použít pro výrobu elektřiny
- odpadní teplo – využitím jinak zmařeného tepla lze dosáhnout energetických úspor nebo jej lze využít pro přímou výrobu elektřiny.^[12]



Obrázek 2-2 Zdroje energie - rozdělení

2.4. Neobnovitelné zdroje energie

Jedná se o zdroje energie, které se obnovují velmi pomalu, a počítá se tedy s jejich vyčerpáním. Označují se mnohdy také jako klasické zdroje. Jedná se především o fosilní paliva, tedy uhlí, ropu, zemní plyn nebo i rašelinu. Do této skupiny zdrojů se řadí i jaderná energie, protože přirozené přírodní zásoby štěpných materiálů jsou také vyčerpátné.^[13]

2.4.1 Jaderná elektrárna

Je to nízkoemisní zdroj, hlavní v energetické koncepci ČR. V posledních měsících nás média dostatečně informují o české jaderné elektrárně Dukovany v souvislosti

dostavba nového bloku nebo přechodem na palivo 3. generace. Na rozdíl od uhlí nebo zemního plynu lze u jaderného paliva zdokonalovat výkon a žádané vlastnosti. Dukovanská elektrárna je v provozu od roku 1985 a pokrývá pětinu spotřeby elektřiny v ČR a pomocí modernizace stále dokáže uspokojit nároky spotřebitelů dnešní doby. Jen Ioni dodala do sítě 14,25 TWh elektřiny. Dle názorů společnosti ČEZ je provoz schopnost nynějších bloků uváděna do roku 2045. O stavbu nového jaderného bloku se uchází 6 zahraničních společností. V nejbližších letech bude přecházet na palivo 3. generace RK-3+ od ruského výrobce TVEL, který zásobuje 76 reaktorů v 15 zemích. TVEL taky dodává palivo i do druhé jaderné elektrárny. Ruská společnost je ochotna poskytnout provozní data ze čtvrtého bloku Kolské jaderné elektrárny na severu Ruska českým odborníkům na přípravu vlastní počítačovou simulaci nebo analýzy. Nové palivo má vylepšenou konstrukci, která zlepšuje fyzikální a hydraulické vlastnosti od současně využívaného paliva s označením Gd-2M+. Hlavně větší rozestupy palivových prouků v novém uspořádání pomáhá optimalizovat poměr vody a uranu v aktivní zóně reaktoru a celkově zvyšuje efektivitu provozu jaderného paliva. Tímto krokem by šlo dále optimalizovat provoz jaderných elektráren. Ještě není uveden termín zavezení paliva do reaktoru, protože ještě předtím se musí v Česku podrobit náročnému licencování ze strany Státního úřadu pro jadernou bezpečnost v souladu s Atomovým zákonem. Představitelé Poslanecké sněmovny se převážně shodují nad vizí získávání elektřiny v budoucnu z jaderných elektráren a z obnovitelných zdrojů. [\[14\]](#)

2.4.2 Fosilní paliva

Tato nerostná surovina patří mezi neobnovitelné zdroje energie. Vznikly přeměnou prehistorických organických hmot v různých hloubkách bez přístupu vzduchu. Nalezneme je v pevném, kapalném i v plynném skupenství. I když zásoby fosilních paliv jsou omezené, stále patří mezi prvními nejčastěji používanými zdroji energie kvůli dostupnosti a nízkým cenám. Mají velkou výhřevnost způsobenou velkým množstvím obsahu uhlíku a vodíku, které nejsou vázané na jiné prvky. Kromě toho, že naší civilizaci pomáhá vyrábět teplo nebo přímo elektrickou energii, tak se nachází i v některých lécích nebo v plastu. Naše modrá planeta trpí s devastacemi krajiny, kyselými dešti, znečišťujícími emisemi, acidifikace půdy a vody. Podle statistiky British Petroleum by měly být celosvětové zásoby uhlí vyčerpány za 200 let, zásoby ropy za 40 let a plyn za 65 let. [\[18\]](#)

2.4.3 Uhlí

nepodstatně patří mezi nejvýznamnější fosilní paliva. Uhlí jako zdroj tepla náhodně a příležitostně využíval již pravěký člověk. Na Ostravsku byly nálezy archeologického výzkumu. K průlomovému významu se dostalo během průmyslové revoluce v druhé polovině 18. století. Stalo se základním palivem i pohonnou hmotou parních strojů. Jeho význam ještě vzrostl během elektrifikace. Aby došlo k proměně převážně suchozemských rostlin na zuhelnatělé zbytky, musely být příhodné podmínky. Došlo nejen k biologickým rozkladům pomocí bakterií, ale také i k termickému rozkladu při vysokém tlaku, a to vše bez přístupu vzduchu. Z hlediska vytápění se zaměříme na černé a hnědé uhlí. [\[31\]](#)

2.4.4 Emise x Imise

Výrobu dostatečného množství elektrické energie bez tepelných elektráren zatím neumíme. Při práškovém spalování v uhelných elektrárnách dochází ke značnému úletu popílku, který obsahuje oxid uhličitý, siřičitý, dusík a oxidy některých aromatických uhlovodíků. Všechny tyto znečišťující látky odborně nazýváme emisemi. Setkáme se i s pojmem imise, které jsou přízemní koncentrací vypuštěných látek do výše 1,80 m. Dokáže se šířit do větších vzdáleností než emise. Složení škodlivých látek imisí vypouštěných do ovzduší je však stejné jako emise. Je nutné si připomenout, že podíl veškerých vypouštěných škodlivých látek do ovzduší nenesou jen velké elektrárny, ale i automobilky, chemický průmysl a lokální topeniště v domácnostech, které nejsou přesně regulovány. [\[18\]](#)

Dne 19.9.2019 pražské zastupitelstvo schválilo **Obecně závaznou vyhlášku č. 11/2019 Sb. hl. m. Prahy**, které nabývá účinnosti dnem 1. října 2020. Vyhláška zakazuje topení uhlím, uhelnými briketami a koksem v kamnech a v kotlech spadající do dvou nejnižších emisních tříd. Součástí vyhlášky je také zákaz spalování pevných paliv v krbech, kamnech a jiných stacionárních zdrojích příkonu méně než 300 kW a to po dobu smogové situací. Praha je podle informací magistrátu zasažena nadlimitními hodnotami škodlivin v ovzduší na 69 procentech území. Hlavními látkami, kterým Pražané a jejich zdraví čelí, jsou benzo(a)pyren, oxid dusičitý a drobné prachové částice PM10. Nejvíce škodlivin má sice na svědomí doprava, spalování tuhých paliv v domácnostech nicméně produkuje podle magistrátu přes 90 procent emisí benzo(a)pyrenu. [\[20\]](#)

2.4.5 Černé uhlí

obsahuje 80-90 % uhlíku a v jeho struktuře se střídají lesklé a matné vrstvy. Těží se v hlubinných dolech a je využíván k výrobě koksu ve vysokých pecích a k produkci surového železa. Společnost OKD je jediným producentem černého uhlí v Čechách. Cena této suroviny je mírně dražší než cena hnědého uhlí. Má vysokou výhřevnost 20,9 – 31,4 MJ/kg. [\[31\]](#)

Nesmíme také opomenout, že je hlavním zdrojem pro uhelné elektrárny. Ve statistikách Ministerstva průmyslu a obchodu ČR se uvádí, že v roce 2018 se vyprodukovalo celkem 4 470 tisíc tun černého uhlí a z toho 2 230 tisíc tun bylo pro tepelnou elektrárnu. [\[22\]](#)

2.4.6 Hnědé uhlí

je takový mladší bratr černého uhlí pocházející ze třetihor. Obsah uhlíku klesl na 50–80 %. Je dobýván povrchovou těžbou čtyřmi společnostmi v ČR. Slouží jak k vytápění domácnosti, tak i k výrobě elektřiny a tepla. Výhřevnost paliva pohybuje kolem 10,5 – 17,2 MJ/kg. [\[31\]](#)

Největšími odběrateli hnědého uhlí je společnost ČEZ. V ČR se vyrobí více než 50 % elektrické energie z uhelných elektráren. Stát má dostatek uhlí, že dokáže uspokojit poptávku pro výrobu elektrické energie i v roce 2030, kdy by měla z Evropské unie dovážet až 70 % energie. Uhelné elektrárny umožňují dobrou regulaci výkonu. Většinou jsou umístěny poblíž ložiska těžby uhlí a v blízkosti řeky kvůli chlazení. Velkou nevýhodou uhelných elektráren je jejich malá účinnost výroby kolem 35 %. Proto v hnědouhelné elektrárně Ledvice na Teplicku vznikly tzv. „nadkritické uhelné bloky“ s účinností nad 40 % a je v provozu od konce roku 2015. [\[18\]](#)

2.4.7 Ropa

dokáže ovlivnit hospodářství ve vyspělých průmyslových zemích svou cenou a dostupností. Ropa je světložlutá až takřka černá kapalina s hustotou menší než voda. Tvoří ji směs plyných, kapalných i pevných uhlovodíků. Obsahuje 80–85 % uhlíku, 10–15 % vodíku, 4 – 7 % síry a něco málo dusíku. Původ této nejdůležitější energetické suroviny není definitivně určen jako třeba u uhlí. Většinou se říká, že ropa vznikla rozkladem menších živočichů za určité teploty pod značným tlakem, a to bez přístupu vzduchu. Podle Mendělejeva ropa vznikla působením přehřáté páry na karbidy těžkých kovů v zemském plášti. Svědčí o tom jak úniky metanu ze zemského

nitra v některých oblastech, tak i nedávné experimenty vědců z Washingtonu a Stockholmu. V ČR se denně vytěží 300 t ropy a to pouze na Hodonínsku. Toto množství není dostačující na spalování ropy k získání tepla nebo na výrobu elektrické energie. Pro stát bylo nezbytné vybudovat ropovody z různých zemí. Dnes se dováží z Ruska. V případě války zdroje ropy mohou rychle ovlivnit konečné výsledky, a proto jsou neustále ve středu pozornosti velmocí. Země s nejvyšší produkcí ropy se sdružují v organizaci OPEC, který vzniklo v letech 1960 a má sídlo ve Vídni. OPEC má ve světovém obchodě s ropou významné postavení. [\[31\]](#)

2.4.8 Zemní plyn

se řadí do kategorie velmi výhřevných plynů. Je využíván nejen k vytápění, vaření a ohřevu vody v domácnosti, ale je také nápomocný v elektrárnách, v teplárnách nebo v dopravě. Dle výskytu dělíme zemní plyn na naftový a karbonský. Naftový zemní plyn je nejvyužívanější. Vyskytuje se společně s ropou jako vlhký zemní plyn. Jeho těžba probíhá pomocí vrtů, které jsou hluboké do 3 km, některé vrty dosahují až 8 km. Ložiska se mohou nacházet jak na pevnině, tak i pod mořským dnem. Zemní plyn karbonský se uvolňuje při těžbě černého uhlí. Z bezpečnostních důvodů je odsáván jako tzv. degazační plyn a jedná se zpravidla o suchý zemní plyn. Je to vysoce výhřevní přírodní plyn s velkým obsahem methanu. Sám o sobě je nezapáchající a pro člověka nedýchateľný. Nemá ani barvu a je lehčí než vzduch. Spalováním není energie vyráběna, ale dochází k přeměně uložené energie na energii tepelnou. Před dálkovou dopravou se zemní plyn musí dostat na požadovanou kvalitu, jako např. zbavování mechanických nečistot, odstranění nežádoucích příměsí a přidávání pachových látek z důvodu bezpečnosti uživatelů. Do ČR se dostává zemní plyn z Ruska, což je 90% a zbylých 10% z Norska. Dneska se plyn dopravuje stále do větších vzdáleností, tím se zvětšuje i přepravní tlak, který může mít až 20 MPa v podmořských trasách např. Tunis – Sicílie. Doprava je usnadněna formou zkapalněného zemního plynu, který má velkou výhodu, 1m³ zemního plynu v plynném skupenství je srovnatelný se 600 m³ zkapalněného zemního plynu. Zemní plyn dostaneme do zkapalněného stavu tím, že ho za atmosférického tlaku ochladíme na mínus 162 °C. [\[31\]](#)

Dnes se na světě těží ročně přes 2100 miliard kubíku zemního plynu obvykle s obsahem metanu kolem 88-98 %. Čím vyšší obsah metanu je plyn energeticky hodnotnější. Tyto údaje znepokojují statistický úřad, který říká, že těžba zemního plynu

roste každoročně až o 8 % a jestli bude takhle pokračovat, tak v roce 2057 dojdou zásoby ve světě. V ČR polovina domácnosti využívá plyn k vaření a jen pětina používá k ohřevu vody a k topení. Nejbohatším státem na zemní plyn je již přes 30 let Rusko a až na druhém místě je USA. V roce 1967 byl do tuzemska poprvé dopraven zemní plyn z Ukrajiny 540 km dlouhým plynovodem Bratrství. Tranzitní plynovod, který z Ruska zásobuje západní Evropu přes ČR byl zprovozněn v letech 1972. [\[18\]](#)

2.5. Obnovitelné zdroje energie

V souvislosti s klimatickými změnami se toto téma dostalo k širší veřejnosti. Nicméně lidstvo využívalo tyto zdroje již od nepaměti. Zákon o životním prostředí vidí obnovitelný zdroj jako přírodní nefosilní zdroj. Hlavními představiteli obnovitelných zdrojů je větrná, sluneční, geotermální a vodní energie. Dalšími představiteli jsou energie půdy, vzduchu, energie biomasy a bioplynu. Obnovitelné zdroje, jak název napovídá, tak mají schopnost při postupném spotřebovávání částečně nebo se úplně obnovovat, a to úplně samy nebo za lidské pomoci. Obnovitelné zdroje nespolehají se na dostupnost konvenčních energetických zdrojů v budoucnosti a díky jejich převážně decentralizovanému charakteru přispívají ke zmírnění energetické závislosti na dodávkách energie ze zahraničí. Představují jeden z důležitých prvků budoucí udržitelné energetiky. [\[1\]](#) [\[3a\]](#)

2.5.1 Vodní energie

Dnes ji využíváme k výrobě elektrické energie. V minulosti nám sloužila k pohánění průmyslových zařízení. Lze je rozdělit do čtyř typů. **Prvním** typem jsou průtočné elektrárny výkonem srovnatelným s malou elektrárnou. Jsou stavěny přímo u jezu na řekách, kde proud pohání turbínu spojenou s generátorem. Tenhle typ elektrárny nemá možnost akumulace vody pro pozdější použití, a proto nelze upravovat spotřebu elektrické energie dle denních výkyvů. **Druhý** typ elektrárny se nachází na přehradách, kde je možnost uskladnění vody (energie) pro další využití. Jelikož je nezávislá na průtok řeky, tak mají schopnost pokrýt spotřebu energie ve špičce. **Třetí** typ elektrárny slouží výhradně k pokrytí zvýšené spotřeby ve špičce, říká se jim přečerpávací elektrárna. Mají jediný úkol čerpat vodu do své horní nádrže během noci, kdy je levnější elektrina. Během špičky horní nádrž přes turbínu pohánějící generátor vypouští vodu do dolní nádrže. **Posledním** typem jsou elektrárny příbojové či přílivové.

Využívají mořské vlny přesněji rozdíl mezi přílivem a odlivem. Tento typ elektrárny nejsou moc rozšířené z důvodů technologické náročnosti přeměny této energie na elektřinu. Vodní elektrárny dokážou rychle naběhnout během pár minut. Například česká elektrárna Lipno má schopnost naskočit do plného výkonu během 150 vteřin. Za to u plynových elektráren to trvá do 15 minut a uhlí dokonce hodinu. Další excelentní vlastností je jejich účinnost, která dosahuje okolo 90–95% energie.

Mezi největší producenty vodní elektřiny přeměnou vodní energie se řadí Čína s 20 % světové produkce. Dalším státem je Brazílie s 12 %, a ani Kanada není pozadu s 11 %. V Norsku dochází až k 95 % domácí výroby elektřiny pocházející z vodních elektráren.

Vodní elektrárny splňují podmínky bez uhlíkové společnosti s nulovou produkcí oxidu. I když samotný provoz elektrárny je nízkonákladový, za to výstavba v průměru stojí 3000 USD na 1 kW svého výkonu. Pro srovnání u plynové elektrárny stojí méně než 1000 USD/ 1kW. Nejdražší investicí je u jaderné elektrárny, kde 1kW se pohybuje kolem 5500 USD. Výběr lokality pro výstavbu přehrady není snadná nejen z bezpečnostních důvodů. Se zvýšenou vlhkostí vzduchu se mění klima v okolí přehrady. Dokonce u největší vodní nádrže se mohou zvýšit výskyty zemětřesení jako u čínské přehrady Tří soutěsek. [\[1\]](#)

Nejvýhodnější lokality pro vodní energetiku na území ČR z hlediska průměrných průtoků jsou nejpříznivější řeky Labe, Vltava a Morava. Ostatní toky poskytují možnosti výstavby vodní děl s menší výrobní kapacitou. Energeticky nejvyužívanější je řeka Vltava, na které je kaskáda vodních elektráren o celkovém instalovaném výkonu asi 750 MW. [\[3a\]](#)

2.5.2 Větrná energie

Je využívána po staletí. Odhaduje se, že potenciál větrné energie je na celé souši až 1 milion GW. Kdybychom dokázali využít 1 % této plochy, zajistíme tím stejnou kapacitu, jako mají všechny současné elektrárny. Nejzajímavější lokality pro umístění větrných elektráren jsou navíc umístěny napříč všemi světadíly.

Větrné elektrárny fungují na bázi obvykle tří lopatek, kterými proudí vzduch a otáčejí je. Za lopatkami je umístěna převodové ústrojí, které otáčky zvyšují až 100krát, aby

bylo dostatečně rychlé na výrobu elektrické energii. Za převodem je pak umístěn generátor a elektrárny mají také mechanismus na omezení výkonu při příliš velkém větru. Kapitálové náklady na vybudování 1kW výkonu se pohybuje pod 2500 USD v případě elektráren na souši. U větrných parků v moři se cena zvyšuje 2 až 3 násobně. V současné době jsou instalovány větrné elektrárny o výkonu 318 GW. Největší podíl má opět Čína s 29 %, Spojené státy s 19 % a Německo s 11 %. Celkový instalovaný výkon významně rostl od roku 2000 a nejvíce nových instalovaných větrných elektráren se nachází v Číně. Výhodou větrných elektráren kromě nulových nákladů na pohon, je také možnost tento čistý zdroj umístit do odlehlých oblastí. Kromě hluku, může ovlivnit i panorama krajiny. Kvůli malému výkonu elektrárny je nutné zapojit do sítě větší množství větrníků. Výkon je nerovnoměrný a špatně kontrolovatelný. I přes ohromné lopaty, elektrárny usmrcují v USA nejméně 20 000 ptáků ročně. Pro srovnání automobilová doprava způsobí smrt nejméně 50 milionů a elektrické vedení 175 mil ptáků ročně. [\[1\]](#)

Pro ČR jsou příznivé horské oblasti a vrchoviny, protože není přímořským státem a chybí intenzita větru. Podle provedeného posouzení větrné situace u nás by bylo možné vyrobit ročně větrnými elektrárnami 1 až 3 miliony MWh, tedy jen několik málo procent vyráběné elektrické energie. [\[3a\]](#)

2.5.3 Energie ze slunečního záření

Vývoj této energie je déle než půlstoletí, ale jeho využití stále není tak rozsáhlé jako v sousedních zemích. Kromě ekonomicky nákladných důvodů jsou i architektonické nebo nedostatek motivace firem a institucí. Pod pojmem solární energie si můžeme představit energii uvolňovanou termionukleárními reakcemi na Slunci dopadající na zemský povrch ve formě elektromagnetického záření. Pro lidský zrak je postřehnutelné záření v rozsahu přibližně 400 - 650nm a v této oblasti se také vyzařuje největší množství energie asi tři čtvrtiny všech energií. Družice ve vesmíru využívají energii ze Slunce k výrobě elektrické energie na jejich bezproblémový provoz, pokud se neschovají ve stínu Země. [\[27\]](#) [\[17\]](#)

Existuje několik faktorů ovlivňující množství dopadu slunečního záření. V rámci **zeměpisné šířky** je nutné si uvědomit, že nejvíce paprsků dopadá kolem rovníku a nejméně okolo pólů. Druhým důležitým faktorem je **roční doba**. V létě za jasného dne dopadne 7–8 kWh a při oblačném dni 2 kWh. V zimě za svitu slunečního záření může hodnota šplhat až k 3 kWh a za oblačného méně než 0,3 kWh. Třetí faktor nás

upozorňuje na **místní klima a oblačnost**. Jestli bude část záření bude odraženo nebo pohlcena určuje mraky, znečištění. Za jasné oblohy dopadá na povrch Země 75% záření tj. asi 1 kW/m². Naopak při zatažené obloze pod 15% tj. méně než 200 W/m². Využitelnost některých solárních systémů může být snížena oblačností, který rozptyluje dopadající záření. Nesmíme zapomenout ani na **sklon a orientaci plochy**. Optimální by bylo natáčet se za Sluncem, aby paprsky stále dopadaly kolmo. Je to nákladné a těžkopádné, a proto to v praxi moc nevidíme. Zpravidla se solární kolektory nebo fotovoltaické články osazují se sklonem 45° k jihu a tím je zaručen celoroční zisk. Teoreticky lze v zimních měsících zvýšit sklon na 60° a v létě snížit na 30°. [\[27\]](#)

Reálná využitelnost solární energie

Účinnost systémů na zachycení energii je vždy menší než 100 %. Dále tu je existence nepoměru mezi momentální nabídkou solární energie a okamžitou potřebou. Největší poptávka se tvoří během topné sezóny, ale největší nabídka energií je v horkých, letních dnech. Z části tuto nerovnováhu lze vyřešit nějakým druhem akumulací, ale jen v omezené míře. Dále je nutné si uvědomit, že solární energie má malou plošnou hustotu, a proto veškeré zařízení pro jejich využití je úměrně velké a finančně nákladné. Největším limitujícím faktorem je doba návratnosti investice. Proto solární systémy se nedělají tak rozměrné, ale pouze na pokrytí domácí spotřeby energie. [\[27\]](#)

Můžeme využít přeměnu slunečního záření na teplo (termální systémy). V praxi uplatňujeme u ohřevu bazénové vody, teplé užitkové vody, ohřev vzduchu při vytápění, destilaci vody, vaření nebo sušení. Existuje solární chlazení a klimatizace nebo tepelný motor a solární pece na tavení kovů apod. Solární energii využíváme na přeměnu elektrické energie (fotovoltaické systémy). Lze přeměnit na mechanickou nebo chemickou energii, která dokáže štěpit vazby. Využití najdeme i u fotochemických účinků slunečního záření pro odbourání pesticidů v odpadních vodách nebo výroba vodíků. Výroba „ušlechtilé“ formy energie je podstatně složitější než přeměna na teplo, ale za to žádanější a výhodnější než teplo. [\[27\]](#)

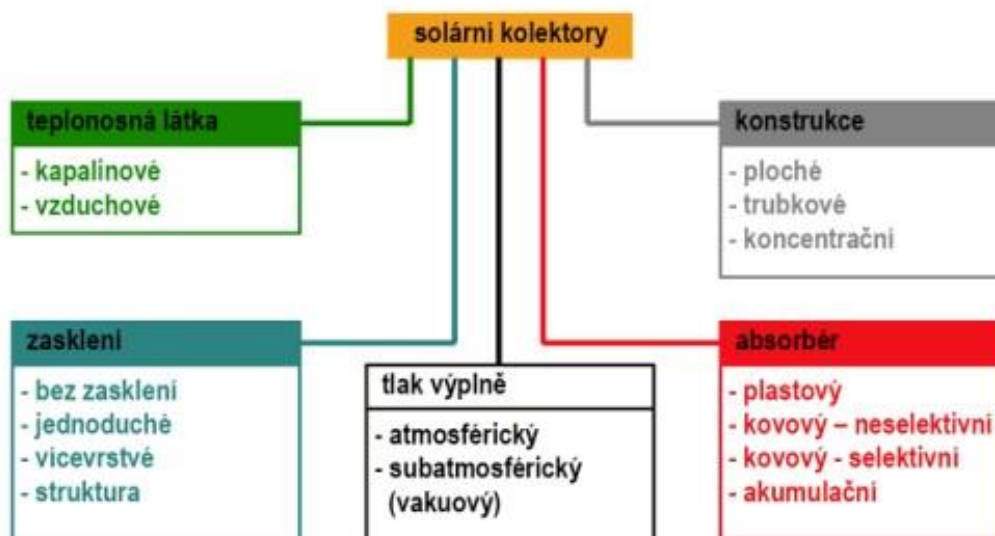
Přeměna energie elektromagnetického záření na energii elektrickou dochází v polovodičových **fotovoltaických článcích**, které bývají nejčastěji na bázi krystalického křemíku. [\[28\]](#) Výhodou je, že nepotřebuje palivo a může fungovat bez obsluhy dlouhou dobu. Kromě typu krystalických panelů existuje i tenkovrstvé, který má odlišné technologie. Krystalické panely dosahují obecně vyšší účinnosti – běžně kolem 15 %,

špičkové až 20 % než panely tenkovrstvé. Nejlepší tenkovrstvé panely však v současnosti již dosahují srovnatelné účinnosti, jako průměrné krystalické panely. Ceny fotovoltaických panelů klesají o 16 až 20 % při každém zdvojnásobení celosvětově instalovaného výkonu. Aby se vývoj urychlil, byly nejdříve v Japonsku a později v Německu a dalších zemích zavedeny různé formy investiční a provozní podpory. Ceny panelů se ještě po roce 2000 pohybovaly kolem 5 €/Wp. Provozní podpora však srazila ceny panelů hluboko pod 1 €/Wp. V současnosti se k magické hranici 1 €/Wp blíží investiční náklady malých fotovoltaických elektráren instalovaných na střechách budov. Od října 2015 je možné zažádat o dotaci v rámci programu Nová zelená úsporám, a to u instalací do 10 kWp.

Terminologie

- **Fotovoltaický článek** je v principu velkoplošná fotodioda, která přeměňuje sluneční záření na stejnosměrný proud.
- **Fotovoltaický panel** obvykle obsahuje větší počet článků, výkon jednoho panelu se pohybuje kolem 200 Wp.
- **Fotovoltaická elektrárna** se skládá z panelů, střídače, nosné konstrukce a dalších komponent. Fotovoltaické systémy však mohou být i stejnosměrné nebo hybridní.
- **Jmenovitý výkon** se udává ve wattech špičkového výkonu (Wp - wattpeak), skutečný výkon závisí především na úrovni slunečního záření, na úhlu dopadu paprsků a na výkonovém přizpůsobení zátěže. [\[29\]](#)

Solární kolektory využijeme na přeměnu sluneční energii na tepelnou energii. Není to nijak náročný proces. K tomu stačí jakýkoliv matný černý povrch. Většinou teplonosnou látkou bývá kapalina, ale není to podmínkou. Solární vzduchové kolektory jsou v ČR využívány pouze okrajově, a to za účelem předehřátí čerstvého vzduchu pro větrání nebo oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění. [\[30\]](#)



Obrázek 2-3 Solární kolektory

2.5.4 Geotermální energie

Relativně málo využívaný zdroj energie. Geotermální energie je produktem pochodů v zemské kůře. Geotermální vody jsou přírodní podzemní vody, které se nacházejí v zemských dutinách a zemských zvodnělých vrstvách. Jsou zahřáté zemským teplem natolik, že jejich teplota po výstupu na zemský povrch je vyšší než teplota vzduchu v dané lokalitě. Pro přímé energetické využití jsou vhodné vody s teplotou 30 až 100 °C. Voda se ve většině případů získává hlubinnými vrti. Část geotermálních vod je klasifikována jako vody lázeňské. Jsou podrobeny zvláštnímu režimu využití, jejich čerpání pouze pro energetické využití není přípustné. Teplo suchých hornin se využívá buď pomocí trubkových kolektorů osazených do suchých vrtů, nebo pomocí injektáže povrchové vody a jejího zpětného čerpání systémem dvou a více vrtů. V ČR se geotermální teplo v menších aplikacích využívá v lázeňství nebo přímým použitím jako teplé vody. Jinak tato energie se hojně využívá v domácnostech k vytápění budovy či bazénu nebo skleníku. [\[32\]](#) [\[25\]](#)

Přes 60% geotermální energie světových kapacit je využívána ve Spojených státech, Číně, Švédsku, Norsku a Německu. Předností této energie je jeho stálost, ale na životní prostředí může mít negativní vliv. Kapaliny, které se pod zemí ohřívají, obsahují mnoho chemických látek typu oxid uhličitý, dusík, rtuť, radon apod. Jejich únik do okolního prostředí může být až fatální. Existuje teorie, že umístění geotermální

elektrárny způsobuje zemětřesení v dané lokalitě. Vstupní kapitálové náklady vychází na 1 kW v rozmezí 4000 až 6000 USD, který je srovnatelný s jadernými elektrárnami. Rozšíření geotermálních elektráren se neobejde bez státních investic. [\[1\]](#)

2.5.5 Energie biomasy

Mezi ostatními OZE má nejvyšší zastoupení v ČR z pohledu výroby energie, a to přes 80 %. Bioenergetika zahrnuje především výrobu elektřiny, tepla nebo pohonných hmot ve formě pevné biomasy, bioplynu nebo kapalných biopaliv. Zvláštní část tvoří zpracování bioodpadů, které mohou být využity pro výrobu energií nebo hnojiv. Státy usilující o energetickou soběstačnost mohou shledat využití bioenergie jako výhodné. Téměř vždy se jedná o domácí zdroje, není nutné zdroje nakupovat z cizích zemí. Technologie spalování je jednoduchá. Ostatně lidé využívali biopaliva od vynalezení ohně. Výhodou bioenergie také může být, že na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů energie je alternativou užívání ropy v dopravě. Nevýhodou jsou důsledky pěstování, přepravy a zpracování. Proces pěstování je velmi náročný. Spotřebovává se při něm značné množství vody i energie. Plocha využívaná k pěstování technických plodin navíc zabírá místo pro klasické zemědělství. I díky tomu rostou ceny potravin, který má pak dopady na ty nejchudší obyvatele planety. Bioenergie je také velmi náročná na vstupní energii. Když se podíváme na index Energy return on investment (EROI), který ukazuje poměr mezi získanou a vloženou energií, zjistíme, že biopaliva jsou ze všech primárních zdrojů energie nejhorší. Hodnota se pohybuje okolo 1,5. To znamená, že z jedné vložené jednotky energie získáme 1,5 jednotky energie. Zemní plyn a ropa se pohybují v současnosti okolo 10, jaderná energie mezi 50 a 75, uhlí 80 a vodní energie 100. Posledním úskalím, kterým biopaliva čelí je fakt, že při jejich spalování vznikají oxidy dusíku a oxidy síry souhrnně označované jako NO_x a SO_x. Tyto škodlivé látky mají negativní dopady na lidské zdraví i stav životního prostředí. Způsobují tzv. kyselé deště, přispívají ke globálním změnám klimatu či způsobují smog ve městech. Využívat bioenergie je tedy nutné ostražitě. [\[1\]](#)

V české legislativě má zastoupení:

- Zákon č. 165/2012 o podporovaných zdrojích energie
- Národní akční plán pro biomasu
- Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů
- Vyhláška č. 477/2012 o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů [\[37\]](#)

2.6. Elektrická energie

S vodíkem jsou jediné formy energie, které poskytují energetické služby bez vzniku škodlivých emisí v místě užití. Na rozdíl od vodíku pravděpodobně poptávka po elektřině poroste i po roce 2050. Získáváme ji z různých zdrojů primárních energií již výše zmíněných fosilních paliv, energie vody, větru, z jaderné energie, a i z biomasy. Každopádně výroba a rozvod této energie je složitý proces s vazbami na své okolí. I v dnešní pokročilé době neumíme elektrickou energii dlouhodobě skladovat. Množství výroby a rozvod závisí na odběrateli, kterému musí být okamžitě přizpůsoben. V současné době elektřinu neprodávají jednotlivé elektrárny, ale společnosti. Mají vlastní široké portfolio zdrojů (OZE, jaderné, uhelné) a jednotlivé elektrárny zapojují podle toho, co je pro ně ekonomicky výhodné. Většina odběratelů se nestará o původ elektřiny, ale spíše ceny zdroje. [\[18\]](#) [\[33\]](#)

2.7. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET)

Nazýváme ji také kogeneracemi. Jedná se o efektivní a ekologicky šetrný způsob využití tepla vznikajícího v parních elektrárnách, resp. v teplárnách. Horká voda či pára je dodávána do soustavy centrálního zásobování teplem nebo je využita ve výrobních procesech mateřského podniku. Pro srovnání, klasické zdroje elektřiny (kondenzační elektrárny) dosahují při výrobě elektřiny účinnosti kolem 30-40 %, zatímco celková účinnost výroby energie se u moderních kogeneračních zdrojů pohybuje díky dodávce tepla často i nad hranicí 90 %. Podle Teplárenského sdružení České republiky pokrývá KVET téměř 2/3 dodávek tepla. V legislativě má podporu v zákoně č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích a o změně některých zákonů, a navazující vyhlášce Ministerstva průmyslu a obchodu č. 37/2016 Sb., o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů. Na úrovni Evropské unie vychází podpora vysokoúčinné kogenerační výroby ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti (EED – Energy Efficiency Directive) a navazujících předpisů. Realizace provozní podpory probíhá v ČR formou tzv. zelených bonusů k ceně elektřiny vyrobené z vysokoúčinné KVET. Zelené bonusy jsou stanoveny jako pevné ceny pro jednotlivé typy zdrojů KVET a jejich každoroční výše je určena v příslušném cenovém rozhodnutí ERÚ. [\[34\]](#) [\[35\]](#) [\[24\]](#)

2.8. Porovnání paliv z hlediska vlastností

Palivo	Výhody	Nevýhody
Uhlí	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nízká cena ○ Stabilní a předvídatelné náklady ○ Vysoká výhřevnost 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vysoké emise ○ Doprava a skladování ○ Nutná obsluha ○ Vzniká popel
Zemní plyn	<ul style="list-style-type: none"> ○ Samoregulace ○ Neomezená dodávka ○ Nízká emise ○ Vysoká účinnost ○ Není potřeba obsluhy 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cena závisí na ceně ropy ○ Nutné mít plynovodní řád ○ Nebezpečí exploze
Propan-butan	<ul style="list-style-type: none"> ○ Samoregulace ○ Nízká emise ○ Vysoká účinnost ○ Není potřeba obsluhy 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cena závislá na vývoji ceně ropy ○ Potřeba zásobníku ○ Doprava paliva ○ Nebezpečí exploze
Kapalná paliva	<ul style="list-style-type: none"> ○ Automatická regulace ○ Vysoká účinnost 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vysoká cena ○ Potřeba zásobníku ○ Doprava paliva
Dřevo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nízká cena ○ Patří mezi OZE 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Doprava a skladování ○ Manipulace ○ Vzniká popel
Biomasa – zbytek	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nízká cen ○ Patří mezi OZE 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Doprava a skladování ○ Vzniká popel
Elektřina	<ul style="list-style-type: none"> ○ Samoregulace ○ Neomezená dodávka ○ Není potřeba skladovací prostor 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vysoká cena ○ Nutná veřejný sít ○ Vysoké pořizovací náklady (kabely, termostat atd.)

Tabulka 2-1 Porovnání paliv z hlediska vlastností, vlastní zpracování

2.9. Porovnání paliv z hlediska výhřevnosti

Elektrická energie má vysokou hodnotu 1,01 t CO₂/MWh. V ČR se na výrobě elektrické energie nejvíce podílejí elektrárny spalující fosilní paliva 59,53 %. Dále je jaderná elektrárna s 30,36 % a elektrárny s OZE je pouhých 10,11 %. [\[15\]](#) [\[16\]](#)

Palivo	Výhřevnost (MJ/kg, MJ/m ³)	Emisní faktor (t CO ₂ /MWh)
Hnědé uhlí	14,17 MJ/kg	0,36
Černé uhlí	22,61 MJ/kg	0,33
Koks	27,49 MJ/kg	0,39
Zemní plyn	33,48 MJ/m ³	0,20
Dřevo palivové	14,62 MJ/kg	0
Brikety dřevěné	16,21 MJ/kg	0
Pelety dřevní	18 MJ/kg	0
Štěpky dřevní	5-13 MJ/kg	0
Elektřina	-	1,01

Tabulka 2-2 Porovnání paliv z hlediska výhřevnosti, vlastní zpracování

Spalné teplo nebo výhřevnost vyjadřuje množství energie na jednotku hmotnosti nebo objemu uvolněné při úplném spálení¹.

3. Zdroje tepla

Norma ČSN 06 0310 definuje zdroj tepla jako zařízení, ve kterém se z paliva nebo jiné energie vyrábí teplo, které je současně předáváno teplonosné látce. Zdrojem tepla může být kotel, tepelné čerpadlo, kogenerační jednotka, sluneční kolektor, případně jejich kombinace. [\[36\]](#)

Při návrhu uvažujeme o zdroji tepla, která bude sloužit k vytápění a ohřevu teplé užitkové vody. Zá účelem úspory primární energie budeme uvažovat do návrhu i alternativní zdroje tepla jako jsou např. kotle na biopaliva nebo tepelné čerpadlo. V úvahu přichází i kondenzační plynový kotel, který maximálně využívá svou primární

¹ <https://www.nlfnorm.cz/terminologicky-slovník/50378>

energii a má tak vysokou účinnost kotle. ^[38] Dle velikosti výkonu zdroje dělíme kotle na malá (do 50 kW), střední (obvykle kotelny) a velké zdroje (výtopny a teplárny) ^[3]

3.1. Kritéria při výběru druhu vytápění

Při sestavení kritéria si pokládáme několik důležitých otázek ohledně dostupnosti inženýrských sítí, ceny, komfortu užívání atd. Nejlepší by bylo, kdyby se o to investor nemusel starat a vše bylo finančně přijatelné. Bohužel realita je jiná. Sestavila jsem několik základních rozhodujících kritérií po pečlivém zvážení.

- Minimální investiční náklady (projektové řešení na topnou soustavu, materiál rozvodu a příslušenství)
- Komfort užívání bez náročné manipulace
- Minimální provozní náklady (cena paliv a poruchovosti)
- Prostorové požadavky na sklad paliva
- Bezstarostný provoz
- Životnost, revize, servis

3.2. Elektrokotel

Výhody: ^[38]

- nízké pořizovací náklady a rychlá montáž
- tichý provoz
- vysoká účinnost kotle
- malý rozměr
- snadná regulace a ovládání

Nevýhody: ^[38]

- vysoké provozní náklady
- nutné mít nízkou tepelnou ztrátu objektu

3.3. Kotle na plynná paliva

Výhody: ^[38]

- přijatelné investiční i provozní náklady
- vysoká účinnost kotle

- široký výběr v rozsahu výkonu kotle
 - dobrá výhřevnost paliva
 - snadná regulace a ovládání
- Nevýhody:** [\[38\]](#)
- nutné mít plynovou přípojku
 - nutné odvést spaliny fasádou, komínem nebo kouřovodem
 - náklady na revizi kotle

3.4. Kotle na biomasu

Výhody: [\[38\]](#)

- ekologické vytápění
- nízká cena paliva
- jednoduché ovládání
- vysoká účinnost kotle

Nevýhody: [\[38\]](#)

- skladování paliva
- náklady na dopravu paliva
- vyšší nároky na údržbu kotle

3.5. Tepelné čerpadlo

Výhody: [\[39\]](#)

- ekologické vytápění
- lichotivý design
- nízké provozní náklady
- jednoduché ovládání přes mobilní aplikaci nebo SMS zpráv
- vysoká účinnost
- nevyklučuje žádné nečistoty do ovzduší

Nevýhody: [\[39\]](#)

- vysoké pořizovací náklady
- nutné brát v úvahu zemní práce

4. Směrnice z Evropského parlamentu

Směrnice 2010/31/EU, o energetické náročnosti budov EPBD II z Evropského parlamentu nám přináší nový pohled investora na realizaci stavby. Cílem směrnice je snížit emisí skleníkových plynů pocházející z provozu budov, a to dvěma způsoby:

- plošné zavedení povinnosti zpracování průkazu energetické náročnosti budov (PENB)
- úprava legislativních požadavků pro výrazné snížení energetické náročnosti novostaveb i renovací stávajících budov

Každý členský stát EU musel implementovat směrnici EPBD II do své legislativy. ČR navázalo do těchto právních dokumentů:

- zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií po novelizaci (č. 318/2012 Sb.)
- prováděcí vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov návazná technická normalizační informace TNI 73 0331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet (informativní) [\[40\]](#) [\[26\]](#)

30. května v roce 2018 vyšla EPBD III směrnice o energetické náročnosti budov pod označením 2018/844/EU [3] formou změnového předpisu současně dvou stávajících směrnic - 2010/31/EU [2] a 2012/27/EU. Požadavky směrnice mají být do české legislativy promítnuty do 10. března 2020. Změny ve směrnici reagují jak na zkušenosti s uplatňováním předchozí směrnice, tak na technický pokrok a možnosti budov vybavených tzv. smart technologiemi, elektromobilitu aj. [\[41\]](#) [\[26\]](#)

MPO pracuje na revizi vyhlášky č. 78/2013 o energetické náročnosti budov, aby implementovalo směrnici EPBD III. Dokonce roku 2019 by měla být zveřejněna. Novela vyhlášky přináší komplexní změny, které na první pohled může způsobit paniku jak investorům, tak i energetickým specialistům. Ve finále změnu zpracuje software pro výpočet ENB, kde se změní metodiky a normy. Stávající vyhláška je platná od roku 2013, do té doby nasbírala informace z trhu ke zlepšení a optimalizaci. [\[41\]](#) [\[26\]](#)

4.1. Průkaz energetické náročnosti budov

Protokol **PENB** se mění, dojde k zefektivnění. Doposud průkaz neměl dostatek informací pro neznalce, tak i pro specialisty. Zbytečně se některé informace opakovaly. Nyní došlo k úplnému přepracování, a kromě nového vzhledu má tři základní část:

- 1. část je určena pro uživatele (laika) a obsahuje grafickou část. Nově jedno stránkovou.
- 2. část prošla dramatickými změnami, a to k zefektivnění informací. Slouží projektantovi a specialistům pro budoucí optimalizaci budovy k zvýšení hodnoty budovy.
- 3. část je nová a obsahuje vstupní údaje do výpočtu. Slouží kromě doplnění grafu, tak i ke kontrole investorovi. Hlavně díky vstupním údajům se průkaz snadno aktualizuje. [c](#)

4.2. Téměř nulová budova

V rámci směrnice 2010/31/EU se setkáme s pojmem NZEB (Nearly zero-energy buildings). Zjednodušeně se dá říci, že je to budova s velmi nízkou energetickou náročností, která svou spotřebu energie dokáže pokrýt z obnovitelných zdrojů. Jako první se dotklo veřejné správy a to od 1. ledna 2016. Nyní od 1. ledna 2020 se požadavek rozšiřuje do projektů a realizací novostaveb všech kategorií pod 350 m², tedy změny se dotknou i rodinné domy. Z definice to působí jako budova s přísnějšími požadavky na obálku budovy. Přesněji to znamená s dobře regulovatelnými vytápění, větrání, osvětlení. Stejně tak i technické systémy pokrývající potřebu energie s vysokou účinností a budova bude zásobována částečně z obnovitelných zdrojů energií. Ale v praxi to neznámá, že všechny novostavby budou muset mít pasivní standardy. NZEB se nemusí týkat staveb, které budou mít nulovou bilanci spotřebované a vyrobené energií. Stále lze postavit objekt, který bude vytápěn elektrickou energií za předpokladu kvalitní obálky budovy s účinnými technickými systémy a doplněné obnovitelnými zdroji. ^[42]

5. Praktická část

5.1. Popis řešeného Multifunkčního objektu

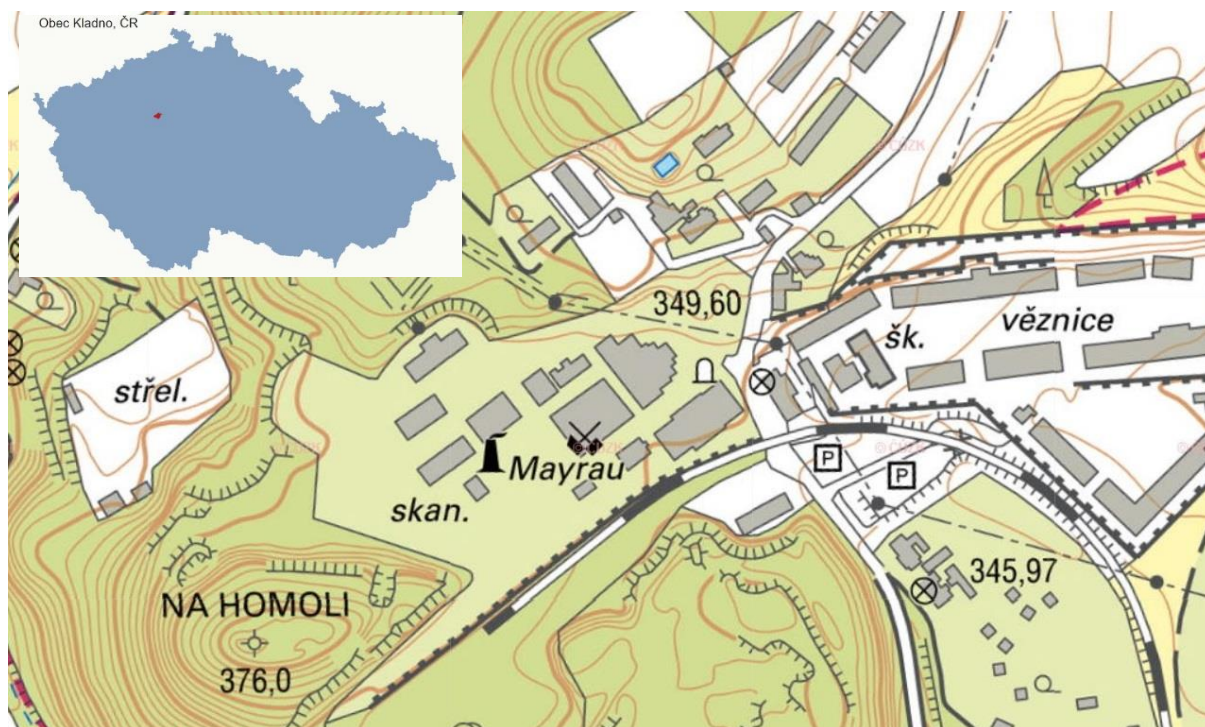
Zdroj: Vlastní tvorba v rámci ateliérových výuk bakalářského studia na oboru A+S v Fsv ČVUT v Praze.

5.1.1 Základní informace

Název stavby: Multifunkční objekt

Místo stavby: v areálu hornického skanzenu Mayrau ve Vinařicích u Kladna.

Zpracovatel projektové dokumentace: Bc. Zuzana Vachudová



Obrázek 5-1 Situace širších vztahů, vlastní zpracování

5.1.2 Charakteristika území

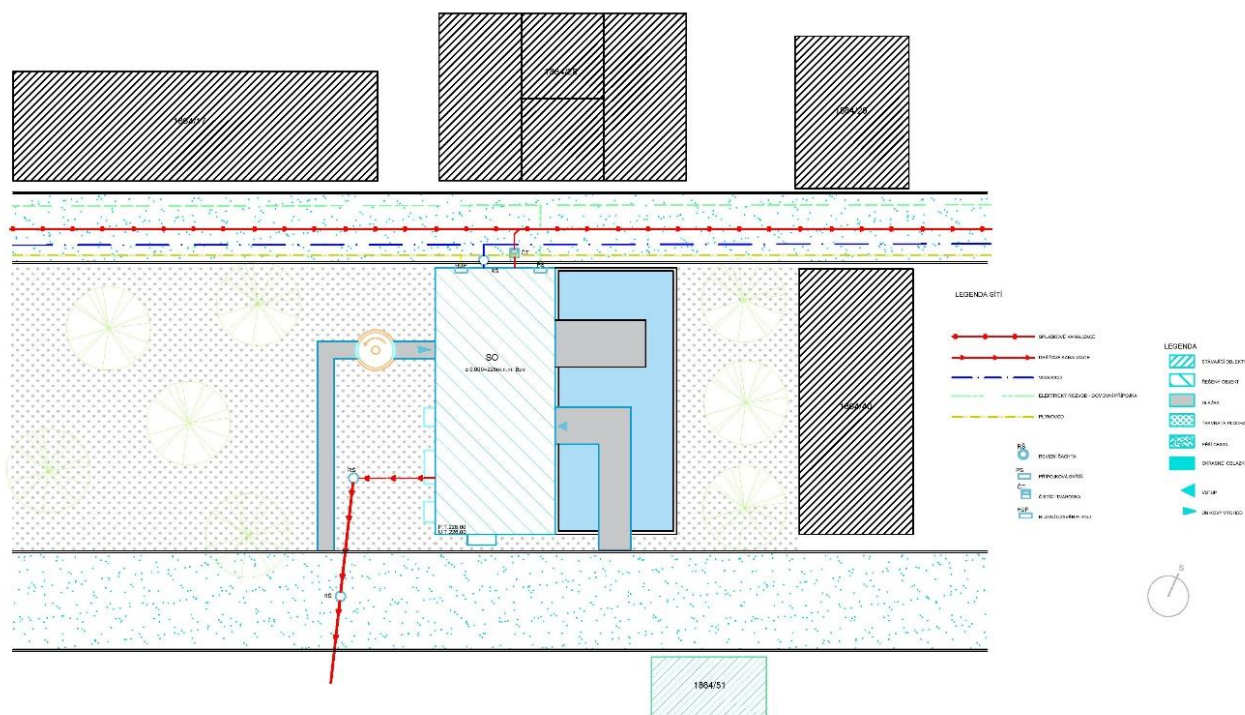
Navrhovaný objekt se nachází na území bývalého hornického dolu. Dnes slouží jako pobočka Sládečkova vlastivědného muzea v Kladně. Návštěvníci tu zažijí jedinečnou atmosféru se řetízkovými šatnami, koupelemi nebo zažít jízdu do podzemí dolu. Areál skanzenu je zachována ve stylu posledního pracovního dne, vše vypadá, tak jak je horníci zanechali. Jsou zde k vidění soubor tří těžních strojů nebo parní těžní stroj firmy

Ringhoffer Smíchov, a to dokonce je předváděn v pohybu. Prohlídka muzea má bohaté programy pro rekreační vzdělávání nebo k doplnění školní výuky.

5.1.3 Charakteristika projektu

Na atmosféru skanzenu reaguje navrhovaný objekt. Byl projektován jako polyfunkční objekt. Vnitřní prostory má přizpůsobené pro výstavy fotografií, obrazů nebo jiných expozic. Objekt nabízí i možnost interaktivních instalací pro vzdělávání zábavnou formou. V posledním patře je navržena přednáškový nebo promítací prostor. Koncept objektu se přizpůsobil k tvarové charakteristice okolních budov v areálu. Velikostně a výškově odpovídá k sousedním budovám, ale lehkou nuanci tu najdeme.

Areál v obci Vinařice má parcelní číslo 1864/1 s výměrou 65 687 m². Vlastnické právo náleží Středočeskému kraji. Hospodaří Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně. Řešené území je zásobováno pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě v rámci Vodárenské soustavy Kladno – Mělník spravované společností VKM a.s. V obci je navržena oddělená kanalizační soustava napojena do kanalizační sítě Švermova. Stávající ČOV je přetížena a v budoucí blízké době je možnost návrhu na rekonstrukci s větší kapacitou. Celé území je plynofikována zemním plynem. Soustava je tvořena



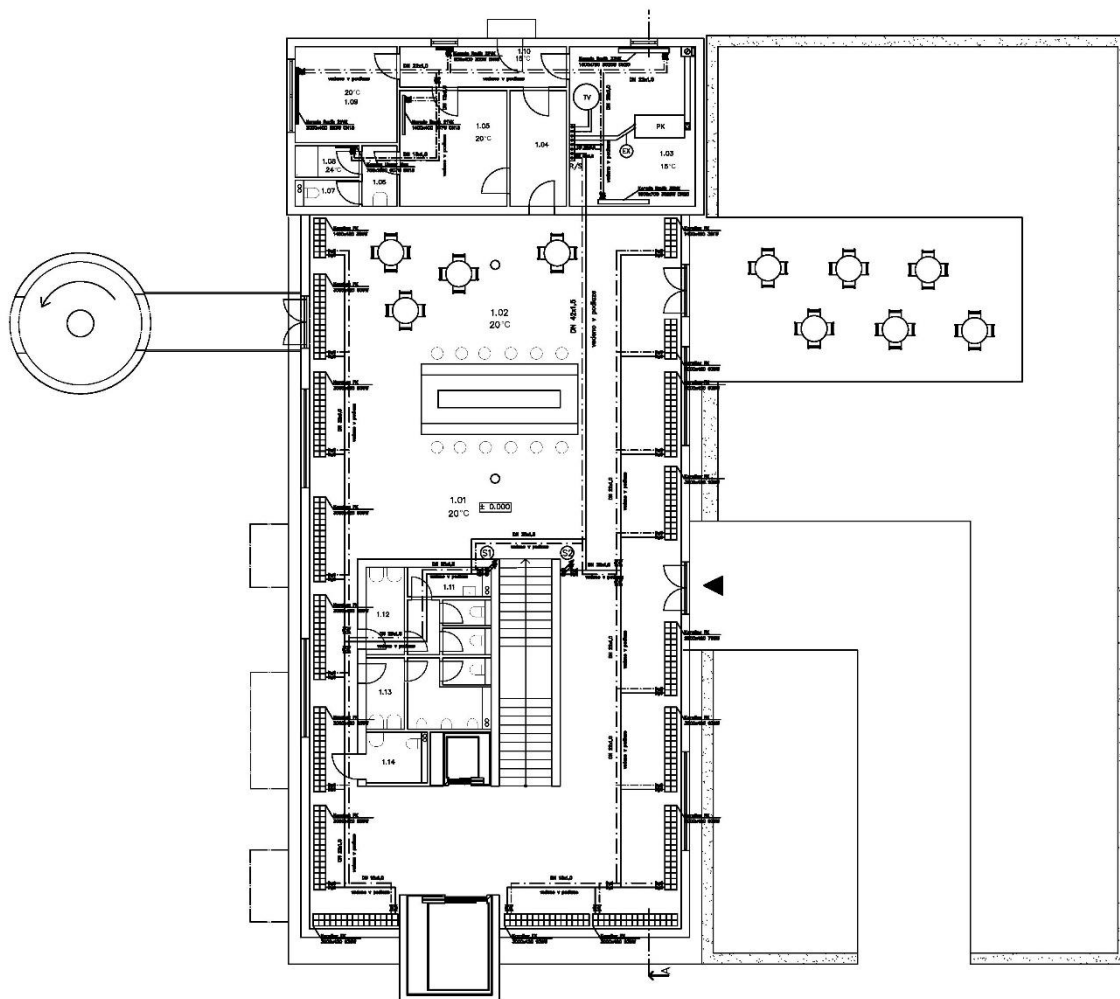
Obrázek 5-2 Napojení na technickou infrastrukturu, vlastní zpracování

plynovodem Most-Praha. Elektrická energie je dostupná z napájecího systému VN s 35 kV a prochází přes důl Mayrau.

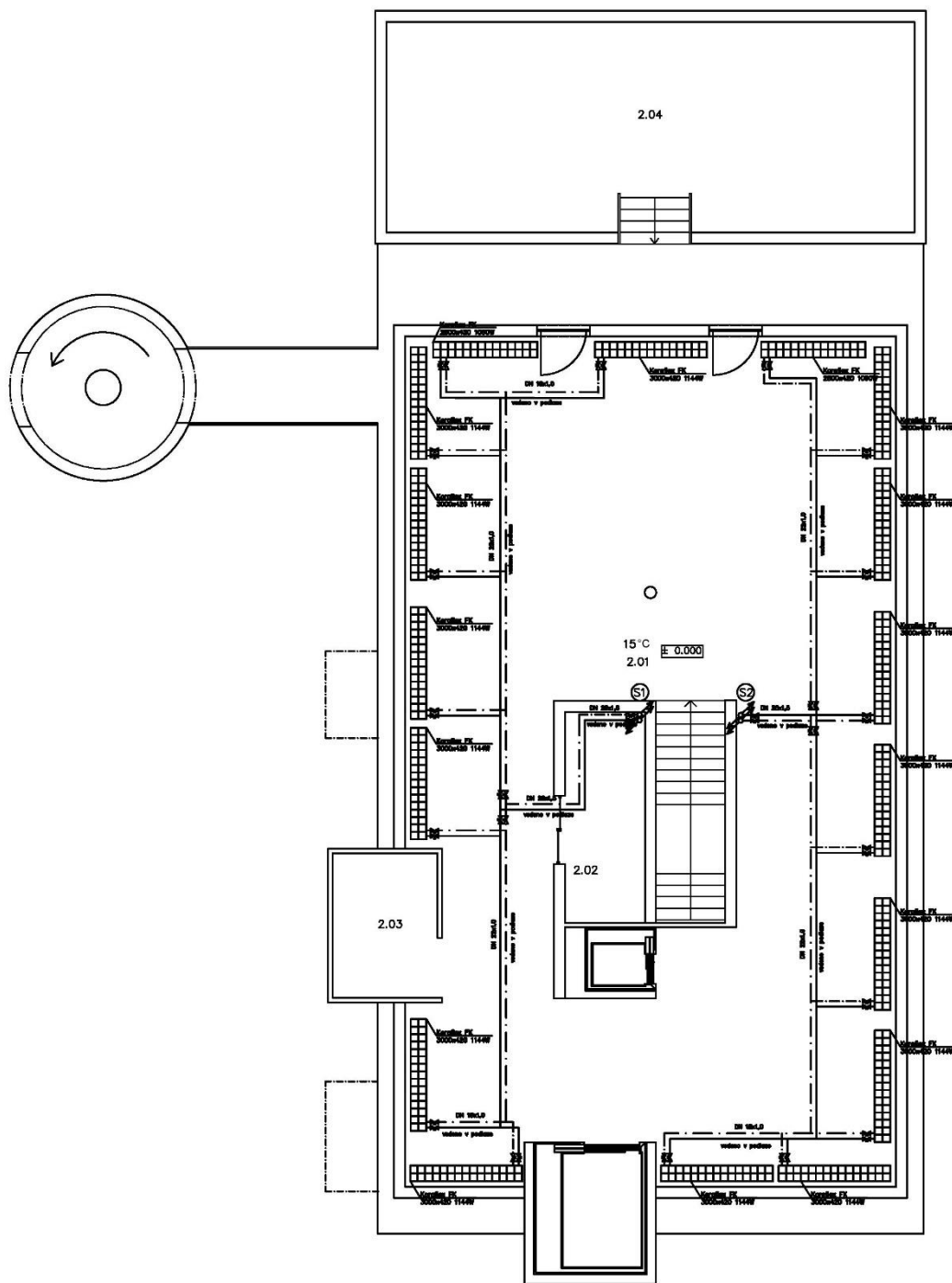
5.1.4 Konstrukční a technické řešení

Novostavba je navržena na zelené louce jako samostatně stojící objekt v areálu. V rámci požárního zabezpečení jsem únikové schodiště umístila do původního cihlového komínu o průměru 6 m dole a 3 m nahoře. Ke komínu je navržena ocelová konstrukce samonosná, která bude sloužit v případě požárů. Multifunkční objekt je projektován z cihelných bloků PoroTherm 30 P+D, na které přijde tepelná izolace Baunit Eps 160 mm. Stropní podhled je z dekorační betonové stěrky. V hygienické a v přednáškové místnosti je navržena SDK podhled s bodovými světly. Konstrukce podlahy je řešena jako těžká plovoucí podlaha s nášlapnou vrstvou s velkoformátovou dlažbou. Dále bude zateplena Isoverem Eps 100 mm. Na pochozí střeše je nášlapná vrstva z hrubé betonové dlažby.

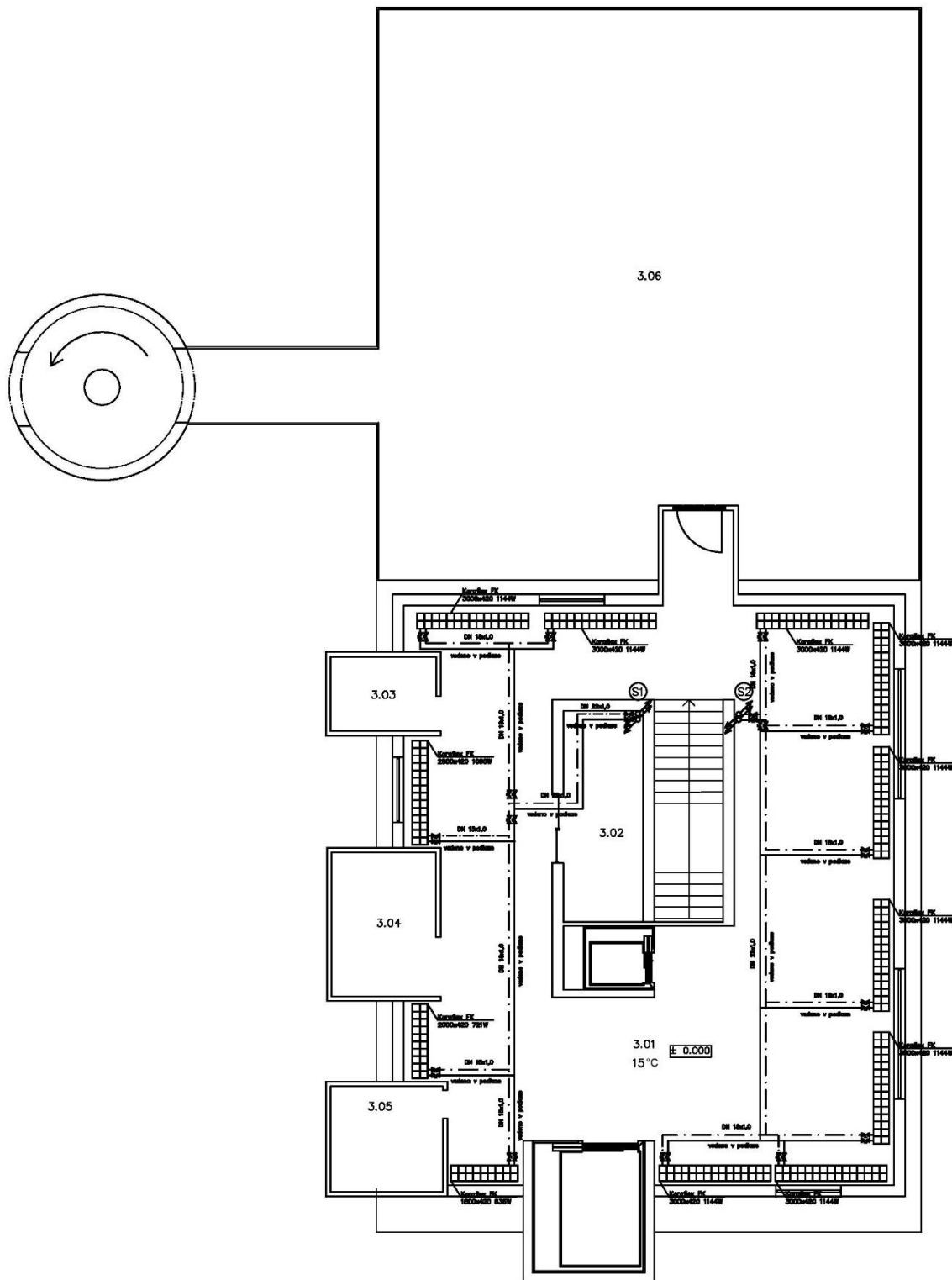
Půdorys 1NP



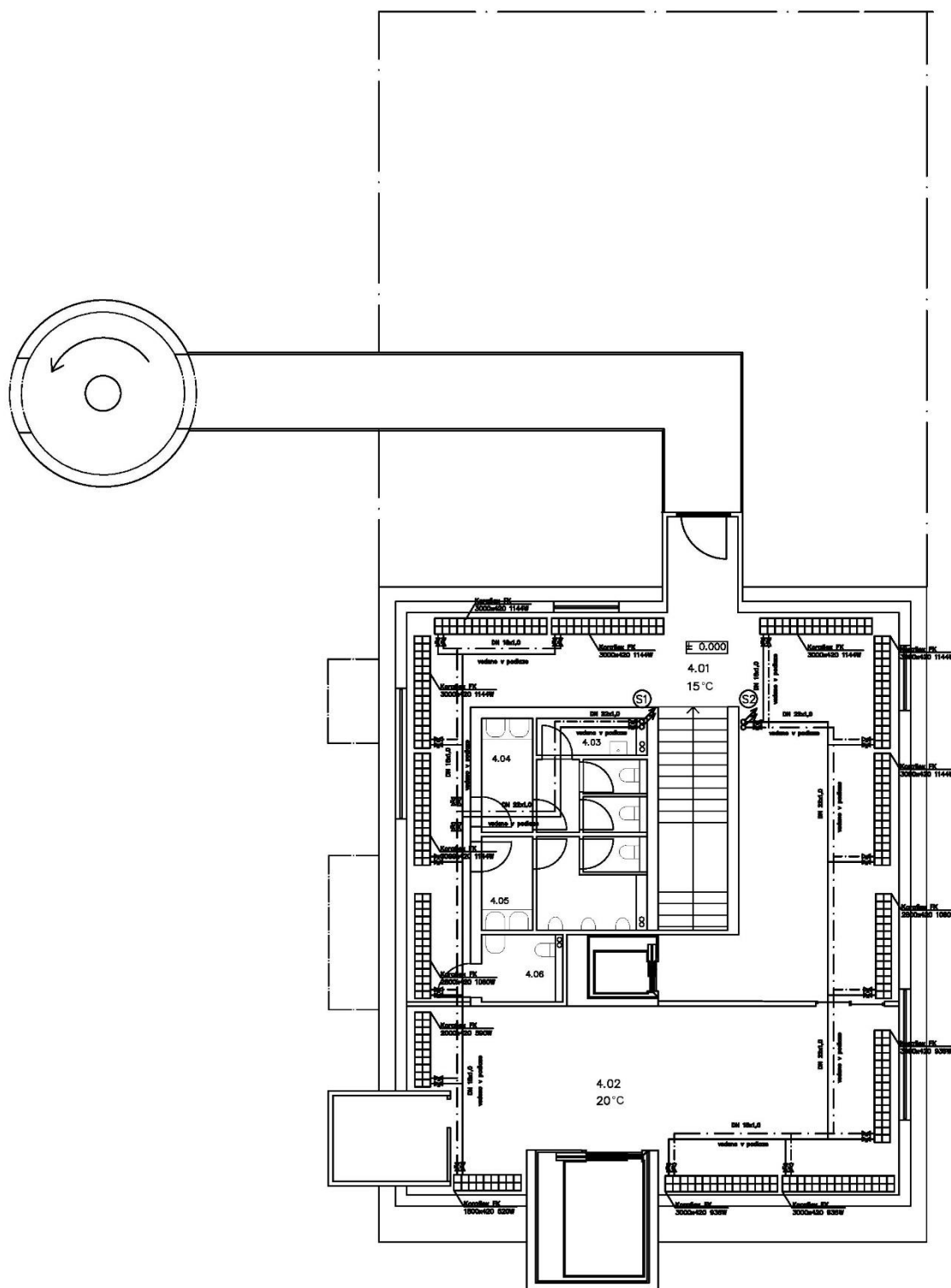
Půdorys 2 NP



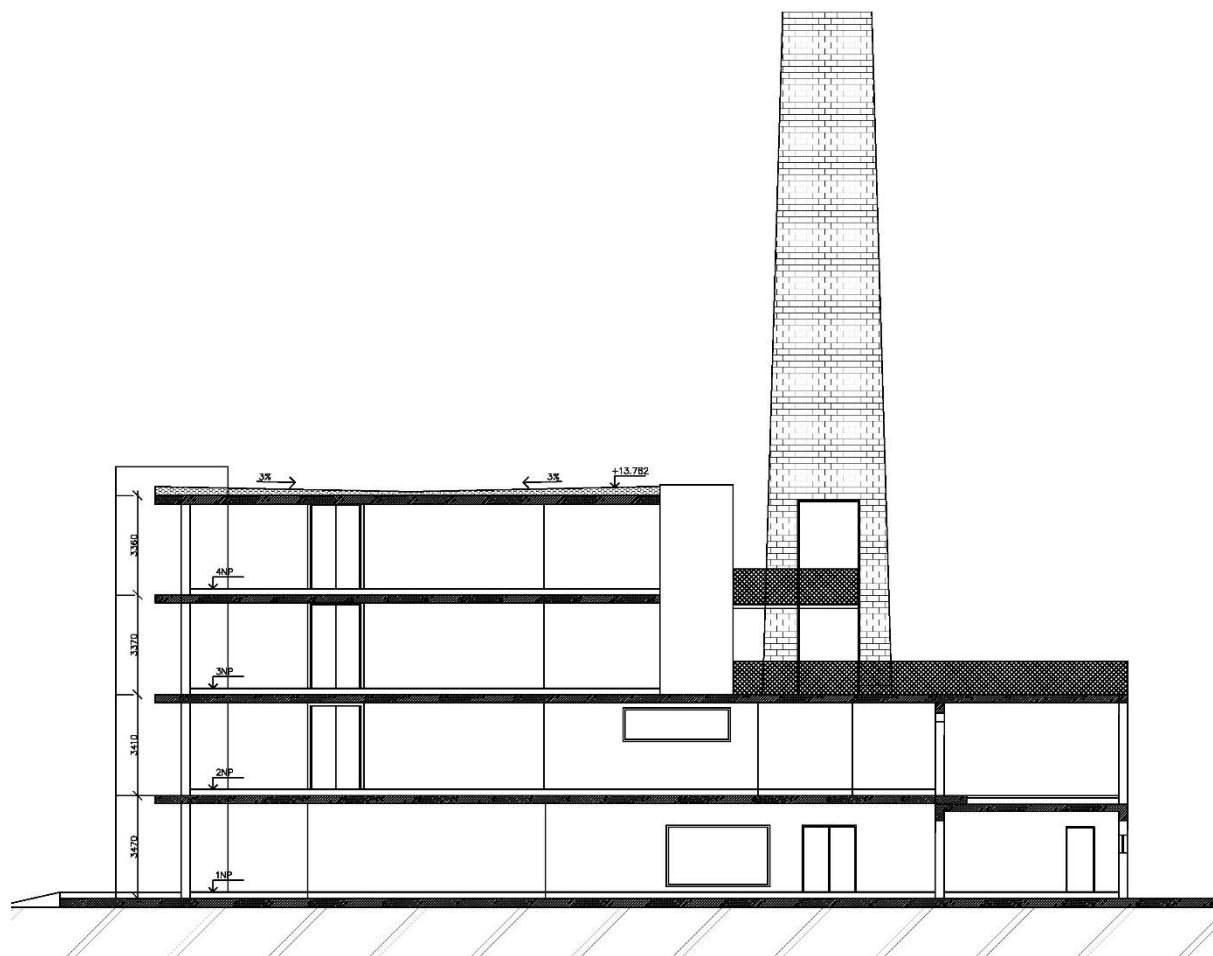
Půdorys 3NP



Půdorys 4NP



ŘEZ A – A'



5.2. Posouzení součinitele prostupu tepla multifunkčního objektu

Při návrhu a ověřování správnosti a kvality budov je nutné se držet základních technických norem. Z hlediska tepelné techniky je tu norma ČSN 730540-2 Tepelná ochrana budov. Norma je členěna na:

- Část 1: Terminologie,
- Část 2: Požadavky,
- Část 3: Návrhové hodnoty veličin,
- Část 4: Výpočtové metody.

Samostatný výpočet jsem provedla přes program Teplo 2017. V programu jsem si posoudila tepelně technické vlastnosti navržené skladby z hlediska prostupu tepla a vodní páry. A to vše zohledňuje požadavky ČSN 730540-2, STN 730540-2 a postupy ČSN 730540-4, EN ISO 6946 a EN ISO 13788.

5.2.1 Základní pojmy a vztahy

Základní pojmy a vztahy, které je nutné uvědomit při výpočtu v rámci normy ČSN 730540-2.

Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)] - schopnost stejnorodého, izotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo.

Tepelný odpor vrstvy R [m²·K/W] - tepelně izolační vlastnost vrstvy materiálu, popř. nestejnorodé vrstvy materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky. Je definován vztahem:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

R_i – tepelný odpor vrstvy [(m²·K) / W]

d_i – tloušťka vrstvy, tloušťka vrstvy v konstrukci [m]

λ_i – součinitel tepelné vodivosti [W / (m·K)]

$$R = \sum R_i \quad (2)$$

R – tepelný odpor konstrukce [(m²·K) / W]

Odpor konstrukce při prostupu tepla R_T [$(m^2.K) / W$] – úhrnný tepelný odpor bránící výměně tepla mezi prostředími oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, je definován vztahem:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (3)$$

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$(m^2.K) / W$]

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$(m^2.K) / W$]

Součinitel prostupu tepla U_T, U [$W / (m^2.K)$] – celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce, je definován vztahem:

$$U_T = \frac{1}{R_T} \quad (4)$$

$$U = U_T + \sum \Delta U_{tbk,j} \quad (5)$$

5.2.2 Výsledky posouzení součinitele prostupu tepla

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Podlaha na terénu

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
 Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
 Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
 Teplota na vnější straně T_e : 8,0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
 Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Dlažba keramická	0,020	1,010	200,0
2	Lepidlo	0,001	0,600	200,0
3	Samonivelační potěr Baumit Alp	0,040	1,200	20,0
4	Isover EPS 100	0,200	0,037	50,0
5	Elastodek 40 Special Mineral	0,004	0,210	30000,0
6	Elastodek 40 Special Mineral	0,004	0,210	30000,0
7	Železobeton 1	0,200	1,430	23,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,285$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,958$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnost plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,172 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

- Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
- Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
- Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně čini: 0,252 kg/m².rok (materiál: Isover EPS 100).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,100 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.
 Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0211 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$
 Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 0,0951 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Obvodová stěna

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
 Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
 Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -14,0 C
 Teplota na vnější straně T_e : -14,0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
 Relativní vlhkost v interiéru RH_i: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Baumit termo omítka (ThermoPut	0,020	0,100	15,0
2	Porotherm 30 T Profi	0,300	0,077	10,0
3	Baumit lep. stěrka (Baumit Kle	0,002	0,800	50,0
4	Baumit EPS-F	0,160	0,041	40,0
5	Baumit silikátová omítka (Sili	0,002	0,700	40,0
6	Baumit NanoporTop omítka	0,015	0,700	35,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,970$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U, N = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,122 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U, N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: $0,078 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$ (materiál: Baumit lep. stěrka (Baumit Kle)).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: $0,078 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství z kondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0343 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 0,8910 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Plochá střecha

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
 Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
 Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -14,0 C
 Teplota na vnější straně T_e : -14,0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
 Relativní vlhkost v interiéru RH_i: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Železobeton 1	0,250	1,430	23,0
2	Elastodek 40 Special Mineral	0,004	0,210	30000,0
3	Elastodek 40 Medium Mineral	0,004	0,210	30000,0
4	Isover EPS 100	0,200	0,037	50,0
5	Austrotherm 20 XPS-G/030	0,060	0,030	130,0
6	Geotextilie	0,0015	0,160	13600,0
7	Štěrka	0,080	0,650	15,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749$
 Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,969$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Jejich převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Vypočtená hodnota: $U = 0,127 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U < U_{N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 0,004 kg/m².rok (materiál: Geotextilie).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,004 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0005 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 0,0894 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

5.3. Návrh variant vytápění multifunkčního objektu

V1 – Kondenzační plynový kotel

V2 – Elektrokotel

V3 – Kotel na biopaliva (pelety)

V4 – Kotel na biopaliva (dřevo)

V5 – Tepelné čerpadlo (země – voda)

5.3.1 Celková tepelná ztráta

K zjištění celkové tepelné ztráty multifunkčního objektu jsem využila metodu výpočtu tepelné ztráty obálkovou metodou dle normy ČSN EN 12 831 – 1.

- Tepelná ztráta prostupem: $\Phi_T = 16\,367,95\text{ W} \cong 16,368\text{ kW}$
- Tepelná ztráta větráním: $\Phi_V = 19\,913,44\text{ W} \cong 19,913\text{ kW}$
- Celková tepelná ztráta: $\phi = \phi_T + \phi_v$
 $\Phi = 36\,281,39\text{ W} \cong 36,281\text{ kW}$

5.3.2 Varianta 1 (V1) – Kondenzační plynový kotel

První variantou je stacionární kondenzační kotel s výkonem 48 kW. Je určen pro vytápění a přípravu teplé vody v externím nepřímo ohřívaném zásobníku. Velký objem primárního tepelného výměníku zaručuje bezproblémovou výměnu v topných soustavách. Výrobce garantuje vysokou stupeň účinností s energetickou třídou A a nízkou emisí třídou 5 NO_x. Uživatel ocení jednoduché a intuitivní ovládání, nízká hlučnost kotle, snadná údržba a možnost prodloužení záruky na 5 let. Robustná konstrukce kotle slibuje vysokou odolnost proti zanášení výměníku a dlouhou životnost. Dále je tu možnost ekvitermní regulace kotle dle venkovní teploty.

Plynový kondenzační stacionární kotel Protherm	
Medvěd Condens 48 KKS	
Energonositel	zemní plyn
Výhřevnost paliva	33,48 MJ/m ³
Regulovatelný výkon	13,9 - 48 kW
Jmenovitá účinnost dle výrobce	98,40 %
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	94 %
Třída energetické účinnosti	A
Elektrické připojení	230 V/ 50 Hz
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	1255 x 570 x 700



Obrázek 5-3 Varianta 1

Tabulka 5-1 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/kondenzacni-kotel-medved-condens-kks-9216.html>

Související příslušenství: ekvitermní regulace Set Thermolink B

5.3.3 Varianta 2 (V2) – Elektrokotel

Ovládání elektrokotle je jednoduché a srozumitelné přes LED displej doplněné LED diody. Je tu možnost ovládat kotel i dálkově pomocí SMS zpráv. Kromě velmi tichého provozu a plynulou regulací po 5 kW, je možné také zapojení dalších elektrokotlů v kaskádovém zapojení ke zvýšení tepelného výkonu. Ohřev vody lze v externím zásobníku po doplnění trojcestného ventilu. Výrobce nabízí i možnost ekvitermní regulaci podle prostoru nebo venkovní teploty a také komunikaci HDO, který spíná provoz v nízkém tarifu dodavatelem elektřiny.



Obrázek 5-4 Varianta 2

Elektrokotel Therm EI 45	
Energonositel	elektřina ze sítě
Regulovatelný výkon	5–45 kW
Jmenovitá účinnost dle výrobce	99,5 %
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	94 %
Třída energetické účinnosti	D
Elektrické připojení	3x400 V +N +PE / 50 Hz
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	805 x 475 x 238

Tabulka 5-2 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj <https://www.thermona.cz/elektrokotle/elektrokotle-standardni-rada/kotel-therm-el-45>

5.3.4 Varianta 3 (V3) – Kotel na biopaliva – pelety

Automatický teplovodní kotel BENEKOV C57 BIO je určen pro vytápění středně velkých objektů – obchodů, škol, rekreačních zařízení, rodinných dvojdomků, kancelářských budov, provozoven a jiných objektů, jejichž tepelná ztráta nepřesahuje 49 kW. Tento model kotle splňuje požadavky 5. třídy dle ČSN EN 303-5 a EKODESIGNu. Konstrukce kotle se šnekovým



Obrázek 5-5 Varianta3

podavačem paliva ze zásobníku do spalovací komory má za výsledek, že uživateli stačí doplnit zásobník paliva jednou za 3 dny dle intenzity provozu. Během jara nebo podzimu stačí přikládat jednou za 3 až 6 dnů. Vynášení popele vyžaduje 1 až 4 dny. Ve finále provoz kotle vyžaduje obsluhu v průměru 15 minut denně.

Teplovodní zplyňovací kotel na pelety Benekov C57 BIO	
Energonositel	C1 – dřevní pelety
Výhřevnost paliva	17,93 MJ/kg
Regulovatelný výkon	14–49 kW
Jmenovitá účinnost dle výrobce	92,00 %
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	85 %
Emisní třída (ČSN EN 303-5)	5
Třída energetické účinnosti	A+
Elektrické připojení	1 PEN 230 V/ 50 Hz
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	1610 x 1599 x 1238

Tabulka 5-3 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj http://www.benekov.com/produkty_data/_navod-k-obsluze_137.pdf

5.3.5 Varianta 4 (V4) – Kotel na biopaliva – dřevo

Tento model kotle umožňuje spalovat ekologicky velké kusy dřeva s vysokou účinností. Odtahový ventilátor usnadňuje bezprašné vybírání popela a snadné čištění. Velký zásobník paliva zaručuje dlouhé hoření a po dohoření paliva se kotel automaticky vypne pomocí spalinovému termostatu. Výrobce garantuje vysokou kvalitou a dlouhou životnost. Kotle Atmos musí být zapojeny s termoregulačním ventilem, který minimalizuje teplotu vratné vody do kotle 65 C°. Výrobce také doporučuje ke kotli instalovat akumulaci nádrž, která sníží spotřebu paliva a zvýší komfort vytápění.



Obrázek 5-6 Varianta 4

Ekologický zplynovací kotel na dřevo Atmos DC 40 SX	
Energonositel	A – biomasa kulatina
Výhřevnost paliva	14,23 MJ/kg
Regulovatelný výkon	35–40 kW
Jmenovitá účinnost dle výrobce	90,00 %
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	78 %
Emisní třída (ČSN EN 303-5)	5
Třída energetické účinnosti	A+
Elektrické připojení	1 PEN 230 V/ 50 Hz
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	1260 x 970 x 670

Tabulka 5-4 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj <https://www.koupelny-venta.cz/21425,atmos-dc-40-sx-zplynovaci-kotel-na-drevo.html#relatedBox2>

5.3.6 Varianta 5 (V5) – Tepelné čerpadlo – země / voda

Výrobce nabízí tepelné čerpadlo nové generace v systému země – voda. Model nabízí možnost zapojit do kaskád k získání větších výkonů. Regulátor umožňuje celoroční řízení vnitřního klimatu v objektu. Velká variabilita zapojení umožňuje také kombinaci se solárními systémy, kotlem na plyn či elektrokotlem. Model vyzařuje vysokým topným faktorem, který urychluje návrat investic. Kromě elegantního nadčasového designu nabízí také mimořádnou nízkou hlučnost, snadnou regulaci, obsluhu a vysokou spolehlivost. Tepelné čerpadlo je možné okamžitě připojit k síti internetu a ovládat je přes chytrý telefon. Tepelné čerpadlo má v sobě inteligentní systém, který snímá aktuální požadavek energie podle potřeby.



Obrázek 5-7 Varianta 5

Tepelné čerpadlo země – voda Nibe F1345-40	
Energonositel	elektřina ze sítě + energie okolí (země)
Jmenovitý výkon	40 kW
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	127%
SCOP – sezónní průměrný topný faktor dle výrobce (EN 14825)	4,8
COP – roční provozní topný faktor (EN 14 511)	4,49
Třída energetické účinnosti	A +++
Elektrické připojení	3x400 V
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	1800 x 600 x 620

Tabulka 5-5 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj <https://www.nibe.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda/novinka-tepelne-cerpadlo-nibe-f1345#ke-stazeni>

5.4. Multikriteriální analýza (rozhodovací model)

Sestavení vícekriteriálního rozhodovacího modelu nám pomůže k identifikaci klíčových položek. Pomocí tohoto rozšířeného nástroje zjistíme správnou variantu ke splnění našich požadavek a možností. V rámci vícekriteriálního rozhodovacího modelu jsem vytvořila pro investora osobní doporučující preference a váhy. Výsledkem bude multikriteriální hodnocení, které bude přehledné a snadno srozumitelné pro investora, kterým je Středočeský kraj. Pouhým jedním pohledem bude vědět v jakých hodnotách se budou pohybovat jednotlivé varianty.

Při tvorbě základní kostry vícekriteriálního rozhodovacího procesu si musíme stanovit²:

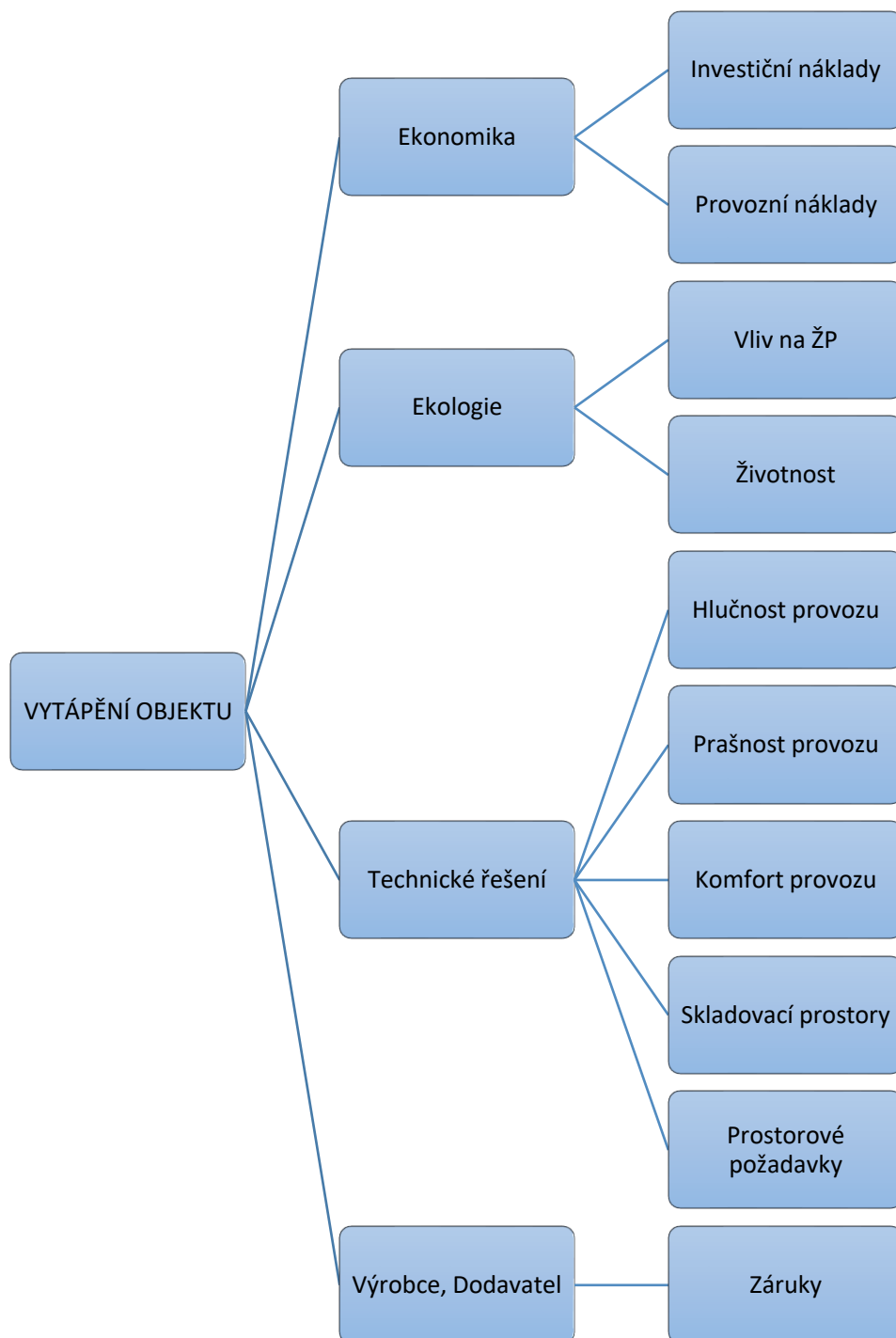
1. Předmět rozhodování a jeho variant,
2. Stanovit rozhodovací kritérií,
3. Určit důležitosti rozhodovacích kritérií,
4. Hodnocení variant.

Předmětem rozhodování jde v našem případě o volbu vhodného zdroje vytápění pro řešení multifunkčního objektu. K jednotlivým variantám předmětu rozhodování jsme se již věnovali v kapitolách předchozích 5.3.2 – 6. Ve zbývajících kapitolách se budeme detailněji věnovat v bodu 2. – 4. výše uvedené kostry.

5.4.1 Stanovení rozhodovacích kritérií

Hierarchický strom kritérií (větvený graf) nám poslouží ke zjištění jednotlivých kritérií, které vyplynou na konci větví.

² Literatura: KADLČÁKOVÁ, Anna. *Ekonomika ve stavebnictví 50: hodnotový management*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02605-1.



Graf 5-1 Strom kritérií pro stanovení rozhodovacích procesů

K1 – Investiční náklady – pokrývá pořizovací cenu zdroje tepla, ohřevu TUV, popř. akumulace vč. příslušenství a jejich instalace (bez rozvodů a otopných těles). Do investičních nákladů se dává i uvedení do provozu a v některých případech je nutné zahrnout i související zemní práce nebo stavební práce.

K2 – Provozní náklady – souvisí s náklady, které vynaložíme během provozu zdroje. Většinou to jsou náklady spojené s energií, ceny paliva, revize atd.

K3 – Vliv na životní prostředí – v této kritérii se dbá na životní prostředí. Paliva zkoumám podle jejich obnovitelnosti a emisí CO₂. Ke grafickému znázornění tohoto kritéria jsem použila PENB, ve kterém jsem posoudila jednotlivá paliva a jejich vliv na celkovou dodanou energii za rok pro celou budovu.

K4 – Komfort provozu – tady se posuzuje jednotlivé zdroje z hlediska četnosti, obsluhy a náročnosti obsluhy případně údržby.

K5 – Prostorové požadavky – zde nahlížíme na rozměry zvolených variant, zda se vejde zvolený zdroj do technické místnosti.

K6 – Skladovací prostory – tuto kritérii je nutné zvážit u kotle na biopaliva. Je nutné počítat s místností nebo prostorem pro uskladnění tuhých paliv, které vyžaduje i zásobovací cestu. Zároveň musí být chráněna před vnějšími vlivy.

K7 – Hlučnost provozu – i když budova bude sloužit pro veřejnost, je nutné brát ohled na pohodu vnitřního prostředí během provozu. Veličina hluku má jednotku v dB a přes den by neměla překročit 50 dB

K8 – Prašnost provozu – většinou vzniká při manipulaci s tuhými palivy a má negativní dopady na uživatele. Při velké prašnosti se snižuje komfort a pohoda vnitřního prostředí.

K9 – Záruky – hlavní slovo má výrobce a dodavatel jednotlivých zdrojů vytápění. V Kupní smlouvě je přesně definované doby a reakce na reklamaci. Záruční lhůtu ve většina případů lze prodloužit za nemalou částku.

K10 – Životnost – toto kritérium rozhoduje v návratnosti investic do zdroje. Přesně určí, zda se investice vyplatí a ve kterých letech se vrátí. V případě dražších zdrojů např. tepelná čerpadla prodejci nabízejí na kompresory záruku 10 let, která je dvakrát delší než záruka na celé tepelné čerpadlo.

Určení důležitosti rozhodovacích kritérií

Stanovení důležitosti kritérií konkrétního rozhodovacího procesu vždy vychází ze subjektivního stanoviska hodnotitele, resp. potenciálního investora. Míra důležitosti bývá vyjádřena pořadím kritérií, počtem bodů či normovanou nebo nenormovanou váhou.

Důležitost kritérií pro jednotlivý konkrétní rozhodovací proces jsem postupovala subjektivně a pořadí kritéria jsem vyjádřila podle svých doporučujících hodnot. Míra důležitosti je vyjádřena pomocí pořadí kritérií, počtem bodů, normovanou nebo nenormovanou váhou. Pro stanovení rozhodovacích kritérií jsem využila následující 3 metody:

1. Metfesselovu alokaci,
2. Párové porovnání (trojúhelník párů, Fullerův trojúhelník),
3. Saatyho metodu.

1. Metfesselova alokace

Metfesselova alokace představuje přidělení konkrétního počtu bodů jednotlivým kritériím. Pro rozlišení jejich důležitosti je pro celý soubor kritérií k dispozici 100 bodů. Tyto body se postupně dělí mezi všechna kritéria v počtu bodů podle jejich důležitosti tak, aby součet bodů byl vždy roven 100. Metoda je pracnější pouze tím, že je třeba stále při přidělování bodů kontrolovat součet.

Číslo kritéria	Název kritéria	Body	Váhy
K1	Investiční náklady	20	0,2
K2	Provozní náklady	20	0,2
K3	Vliv na ŽP	3	0,03
K4	Komfort provozu	15	0,15
K5	Prostorové požadavky	6	0,06
K6	Skladovací prostory	5	0,05
K7	Hlučnost provozu	4	0,04
K8	Prašnost provozu	2	0,02
K9	Záruky	10	0,1
K10	Životnost	15	0,15
	Celkem	100	1,00

Tabulka 5-6 Stanovení vah kritérií Metfesselovou alokací, vlastní zpracování

2. Párové porovnání

Párové porovnání je poměrně jednoduchá metoda k vytváření škál sloužících k seřazení kritérií podle důležitosti, příp. k stanovení vah kritérií. Podstatou metody je postupné porovnávání důležitosti každého kritéria se všemi ostatními a přiřazení jeho preferenčního pořadí. Preferenční pořadí se zapisuje do horní poloviny matice (trojúhelníku) jako číslo preferovaného kritéria. Po ohodnocení všech párů se zjistí četnost preferencí p_i každého kritéria. Na základě počtu preferencí se stanoví pořadí důležitosti. Pokud dojde ke shodě počtu preferencí u dvou kritérií, dostane vyšší pořadí kritérium, které bylo uznáno za významnější při vzájemném porovnání.

Váhy kritérií v_i se zjistí ze vztahu:

$$v_i = \frac{p_i}{n(n-1)/2} \quad (6)$$

n – celkový počet všech kritérií

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	p_i	v_i
1	xxx	2	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,178
2	-	xxx	2	2	2	2	2	2	2	2	9	0,200
3	-	-	xxx	4	5	6	7	3	9	10	1	0,022
4	-	-	-	xxx	4	4	4	4	4	4	7	0,156
5	-	-	-	-	xxx	5	5	5	9	10	4	0,089
6	-	-	-	-	-	xxx	6	6	9	10	3	0,067
7	-	-	-	-	-	-	xxx	7	9	10	2	0,044
8	-	-	-	-	-	-	-	xxx	9	10	1	0,022
9	-	-	-	-	-	-	-	-	xxx	10	5	0,111
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	xxx	6	0,133
												1,000

Tabulka 5-7 Stanové vah kritérií párovým porovnáním v trojúhelníku párů, vlastní zpracování

3. Saatyho metoda

Postup Saatyho metody pro stanovení vah jednotlivých kritérií lze popsat stejně jako postup párového porovnání, přičemž hodnotitel kvantifikuje velikost preference každého kritéria oproti ostatním. Oproti zmíněné metodě se v této metodě zjišťuje nejen to, zda hodnotitel upřednostňuje jedno kritérium před druhým, ale i velikost vzájemné důležitosti porovnávaných kritérií. Velikost těchto vzájemných důležitostí se vyjadřuje pomocí bodové stupnice a zapisuje se do tzv. matice relativních důležitostí kritérií S neboli Saatyho matice (pro prvky matice platí: $s_{ii} = 1, s_{ji} = 1 / s_{ij}$).

Počet bodů	Deskriptor
1	Kritéria jsou stejně významná.
3	Kritérium v řádku je poněkud významnější než ve sloupci.
5	Kritérium v řádku je dosti významnější než ve sloupci.
7	Kritérium v řádku je prokazatelně významnější než ve sloupci.
9	Kritérium v řádku je absolutně významnější než ve sloupci.

Tabulka 5-8 Bodová stupnice s deskriptory pro vyjádření vzájemné důležitosti kritérií, zdroj uvedená literatura

Pokud je sloupcové kritérium významnější než řádkové, dosazuje se do matice převrácená hodnota bodů z výše uvedené stupnice, tzn. $1/3$, $1/5$, $1/7$ nebo $1/9$. Nejlepším způsobem získání vah kritérií je metoda geometrického průměru, která stanoví nenormované váhy kritérií $v_{i, \text{nenor}}$ jako geometrický průměr součinu prvků v řádku Saatyho matice podle vztahu:

Tato metoda je značně náročnější oproti ostatním na informace poskytnuté hodnotitelem (výroky o intenzitě preferencí mezi kritérii).

$$v_{i, nenor} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{ij}} \quad (7)$$

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	g.p.	$v_{i, nenor}$	$v_{i, nor}$
1	1	1	9	3	5	5	7	9	3	3	382725,0	3,617	0,235
2	1	1	9	3	5	5	7	9	3	3	382725,0	3,617	0,235
3	1/9	1/9	1	1/7	1/5	1/3	1/3	3	1/5	1/7	0,000003	0,280	0,018
4	1/3	1/3	7	1	5	5	7	7	3	3	8575,00	2,474	0,161
5	1/5	1/5	5	1/5	1	3	3	3	1/5	1/7	0,030857	0,706	0,046
6	1/5	1/5	3	1/5	1/3	1	3	3	1/5	1/7	0,002057	0,539	0,035
7	1/7	1/7	3	1/7	1/3	1/3	1	3	1/5	1/5	0,000117	0,404	0,026
8	1/9	1/9	1/3	1/7	1/3	1/3	1/3	1	1/7	1/9	0,0000003	0,223	0,014
9	1/3	1/3	5	1/3	5	5	5	7	1	1	162,04	1,663	0,108
10	1/3	1/3	7	1/3	7	7	5	9	1	1	571,67	1,887	0,122
												15,41	1,000

Tabulka 5-9 Stanovení vah kritérií Saatyho metodou – metoda geometrického průměru (g.p.)

5.4.2 Shrnutí výsledků

K zjištění konečné váhy jednotlivých kritérií aplikujeme jednoduchý aritmetický průměr jednotlivých vah kritérií již výše použitých metod. Z výsledných doporučující vah jsem sestavila výslednou tabulku s pořadí jednotlivých kritérií podle důležitosti dle mých názorů pro lepší přehlednost a orientaci pro investora.

	Název kritéria	Váhy kritérii dle použitých metod			Konečná váha	Konečné pořadí
		1.	2.	3.		
K1	Investiční náklady	0,2	0,178	0,235	0,204	2
K2	Provozní náklady	0,2	0,2	0,235	0,212	1
K3	Vliv na ŽP	0,03	0,022	0,018	0,023	9
K4	Komfort provozu	0,15	0,156	0,161	0,156	3
K5	Prostorové požadavky	0,06	0,089	0,046	0,065	6
K6	Skladovací prostory	0,05	0,067	0,035	0,051	7
K7	Hlučnost provozu	0,04	0,044	0,026	0,037	8
K8	Prašnost provozu	0,02	0,022	0,014	0,019	10
K9	Záruky	0,1	0,111	0,108	0,106	5
K10	Životnost	0,15	0,133	0,122	0,135	4
		1,0	1,0	1,0	1,0	

Tabulka 5-10 Shrnutí výsledků použitých metod, vlastní zpracování

5.5. Energetické posouzení variant

Nyní se blíže podíváme na kritéria K3 – vliv na životní prostředí. Zde se zaměřím na energonositele jednotlivých variant zdrojů pro vytápění. Jednotlivá paliva byla posuzována dle jejich obnovitelnosti a produkci CO₂ při jejich těžbě a následné zpracování vč. spalování. K výpočtu byly použity hodnoty z PENB. Přesněji podíly energonositelů na dodanou energii pro celou budovu a hodnota neobnovitelné primární energie, které byly porovnány s referenční budovou. Na základě těchto porovnání, zjistím třídu budovy a zda splňují zákon č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií.

	V1	V2	V3	V4	V5
Energonositel (vytápění)	zemní plyn	elektřina (kotel)	dřevěné pelety	kusové dřevo	elektřina (TČ) + energie z okolí (země)
Zkratky	ZP	E	DP	KD	E + EO
Energonositel (ohřev TUV)	zemní plyn	elektřina (kotel)	dřevěné pelety+ elektřina na ohřev	kusové dřevo+ elektřina na ohřev	elektřina (TČ) + energie z okolí (země)
Účinnost systému	94%	94%	85%	78%	127%
Podíl energonositelů na dodanou energii (MWh/rok)	ZP -38,60 E - 15,42	E-54,02	DP-39,44 E - 15,42	KD-40,32 E -15,42	EO- 28,16 E-23,54
Celková dodaná energie (MWh/rok)	54,02	54,02	54,86	55,74	51,7
Pro referenční budovu	91,57	91,57	91,57	91,57	91,6
Třída	B	B	B	B	B
Splňuje dle §6	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Neobnovitelná primární energie (MWh/rok)	88,72	162,06	54,14	50,28	70,62
Pro referenční budovu	133,78	133,78	133,78	133,78	133,78
Třída	B	D	A	A	B
Splňuje dle §6	ANO	NE	ANO	ANO	ANO

Tabulka 5-11 Energetické posouzení variant, vlastní zpracování

Z hlediska neobnovitelné primární energie nejlépe vychází V3 – kotel na dřevěné pelety a V4 – kotel na kusové dřevo. Naopak nejhůře byla vyhodnocena V2 – elektrokotel. PENB jednotlivých variant zdroje jsou v Příloze č. 1.

Z čistě energetického hlediska, dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a jeho prováděcích vyhlášek, jsou podle Tabulka 5-11 Energetické posouzení variant, vlastní zpracování, nejvýhodnější varianty V3 a V4, tedy teplovodní zplyňovací kotel na dřevo a automatický kotel na dřevěné pelety, u kterých je podíl neobnovitelné primární energie minimální. Nejhorší varianta je varianta V2, tedy elektrokotel, který ani nesplňuje požadavek na hodnotu neobnovitelné primární energie dle §6 vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (vhodný spíše pouze jako doplňkový zdroj). Průkazy energetické náročnosti budovy (grafické průkazy) jednotlivých variant jsou uvedeny v Příloze č. 1.

5.6. Ekonomické posouzení variant

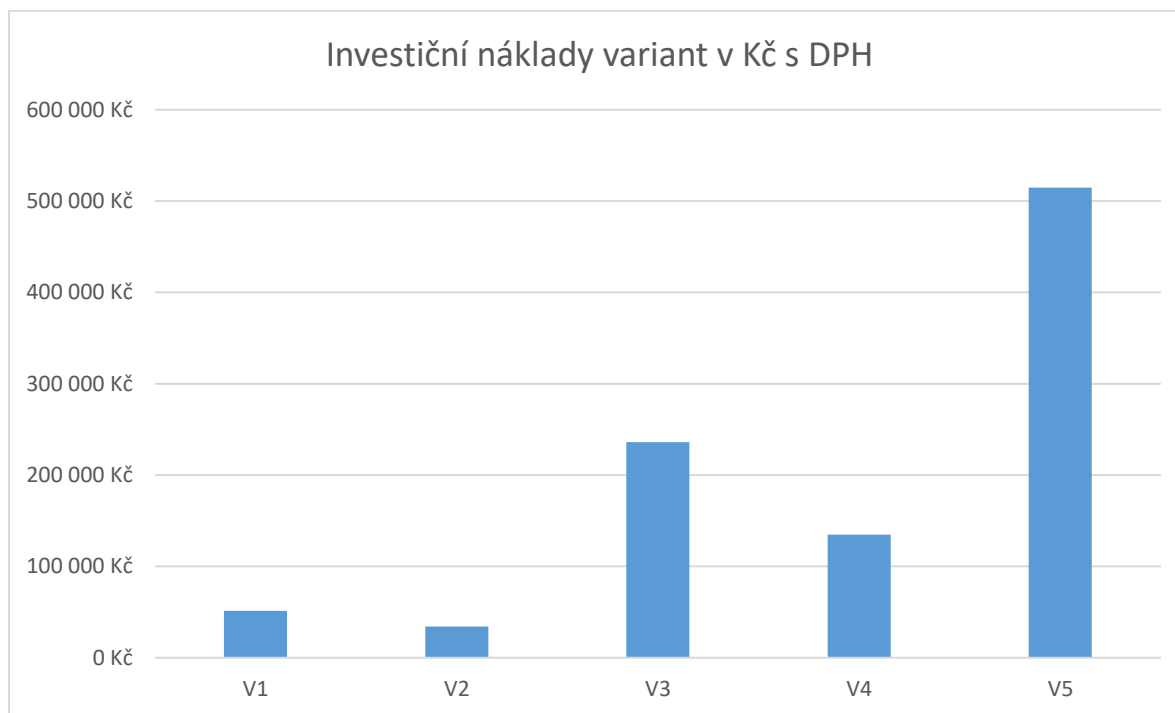
V ekonomickém posouzení variant byly zohledněny investiční a provozní náklady. Je nutné brát v úvahu, že se ceny neustále mění nejen vůči ekonomickému vývoji kraje, konkurence na trhu nebo i vyvrcholení stavební sezóny. I když jsou ceny orientační, bude sloužit dostatečně pro orientaci investora v jednotlivých variantách.

5.6.1 Investiční (pořizovací) náklady

INVESTIČNÍ N.	V1	V2	V3	V4	V5
(Kč)					
Zdroj tepla	43 800 Kč	26 644 Kč	151 250 Kč	49 984 Kč	430 000 Kč
Ohřev TUV	7 589 Kč	7 589 Kč	7 589 Kč	7 589 Kč	7 589 Kč
Akumulace	-	-	77 300 Kč	77 300 Kč	77 300 Kč
Příslušenství	cena dle výběrového řízení				
Montážní práce					

Uvedení do provozu					
CELKEM Kč s DPH	51 389 Kč	34 233 Kč	236 139 Kč	134 873 Kč	514 889 Kč

Tabulka 5-12 Investiční (pořízovací) náklady, vlastní zpracování



Graf 5-2 Investiční náklady variant v Kč s DPH, vlastní zpracování

Vidíme z grafu, že nejnáročnější na investici je varianta 5 – tepelné čerpadlo, který přesahuje částku 500 tis Kč. Naopak nejlevnější je varianta 2 s elektrokotlem a částkou lehce překračující 32 tis. Kč. Druhou nejlevnější variantou skončil plynový kondenzační kotel, který stojí přes 51 tis Kč. Kotle na biopaliva skončila na pořadí třetím a čtvrtým místě s částkou 135 tis Kč a 236 tis. Kč

5.6.2 Cena elektřiny ze sítě

Distribuční sazby elektřiny se obecně dělí na jednotlivé varianty (sazby) dle různého počtu hodin v nízkém či vysokém tarifu. Ceny elektřiny za 1 kWh spadá do distribuční sazby společnosti ČEZ, která spravuje i Středočeský kraj.

	V1	V2	V3	V4	V5
Sazba	C26d	C45d	C26d	C26d	C55d
Cena za MWh (VT)	3 980,19 Kč	2 875,02 Kč	3 980,19 Kč	3 980,19 Kč	2 785,48 Kč
Cena za MWh (NT)	2 403,04 Kč	2 697,07 Kč	2 403,04 Kč	2 403,04 Kč	2 607,53 Kč
Celkem ročně (Kč/rok)	21 627,36 Kč	137 687,89 Kč	21 627,36 Kč	21 627,36 Kč	27 220,09 Kč

Tabulka 5-13 Sazby elektrické energie, zdroj: www.cez.cz

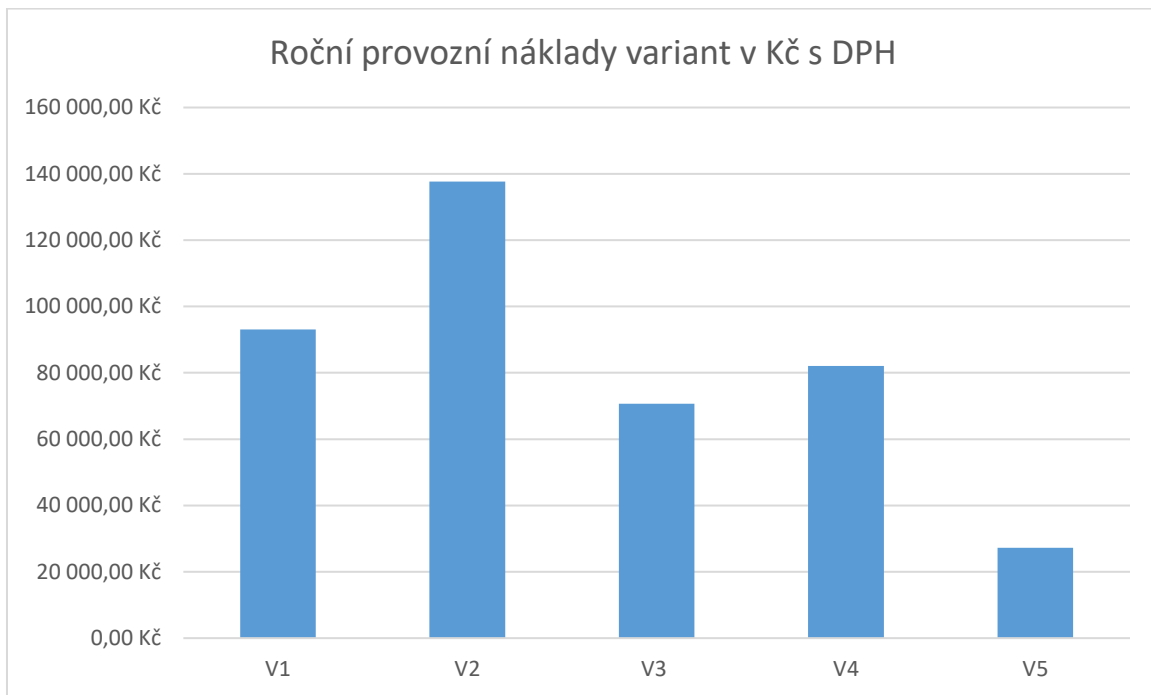
	V1	V3	V4
Cena za t	-	6 000,00 Kč	5 747,00 Kč
Cena za MWh	1 322,07 Kč	1 205,00 Kč	1 454,00 Kč
Celkem ročně (Kč/rok)	71 418,00 Kč	49 020,00 Kč	60 482,00 Kč

Tabulka 5-14 Ceny ostatních paliv a energií pro vybrané varianty, vlastní zpracování, zdroj: www.usetreno.cz

5.6.3 Náklady na provoz, údržbu a obnovu

Provozní Náklady (Kč/rok)	V1	V2	V3	V4	V5
Elektrina ze sítě	21 627,36 Kč	137 687,89 Kč	21 627,36 Kč	21 627,36 Kč	27 220,09 Kč
Ostatní paliva	71 418,00 Kč	-	49 020,00 Kč	60 482,00 Kč	-
Kontroly čištění, revize	dle dodavatele				
Celkem Kč (vč. DPH)	93 045,36 Kč	137 687,89 Kč	70 647,36 Kč	82 109,36 Kč	27 220,09 Kč

Tabulka 5-15 Ekonomické posouzení variant na roční náklady provozu, vlastní zpracování



Graf 5-3 Ekonomické posouzení ročních provozních nákladů variant v Kč s DPH

6. Ekonomické posouzení

Pro zjištění nejméně nákladné varianty, z delšího časového hlediska, využijeme kritérium tzv. čisté současné hodnoty NPV (Net Present Value) dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. Varianty budeme porovnávat v horizontech 5, 10 a 15 let (5 let je min. doba životnosti zdroje s ohledem na záruční dobu poskytovanou prodejci; horizont 10 let je období, kdy má zdroj fungovat bez nutnosti větších investic z důvodu fyzického opotřebení, často jde také o časovou mez při výpočtech ekonomické návratnosti; 15 let je průměrná projektovaná životnost zdroje). Volba časového období ale záleží zejména na investorech. Čím menší hodnota NPV, tím je varianta méně nákladná. NPV se dle vyhlášky stanoví:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T\check{z}} CF_t * (1 + r)^{-t} - IN \quad (8)$$

T_z	doba životnosti (hodnocení) projektu (roky)
CF_t Kč)	roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci) (tis. Kč)
$(1+r)^{-t}$	odúročitel (r je diskont)
IN	investiční výdaje projektu (tis. Kč)

	V1	V2	V3	V4	V5
IN (Kč)	51 389 Kč	34 233 Kč	236 139 Kč	134 873 Kč	514 889 Kč
PN (Kč/rok)	93 045 Kč	137 688 Kč	70 647 Kč	82 109 Kč	27 220 Kč
PN (Kč/rok)*	92 124 Kč	136 325 Kč	69 948 Kč	81 296 Kč	26 951 Kč
PN (Kč/5 let)*	88 529 Kč	131 005 Kč	67 219 Kč	78 124 Kč	25 899 Kč
PN (Kč/10 let)*	83 399 Kč	123 413 Kč	63 323 Kč	73 597 Kč	24 398 Kč
PN (Kč/15 let)*	76 255 Kč	112 841 Kč	57 899 Kč	67 292 Kč	22 308 Kč

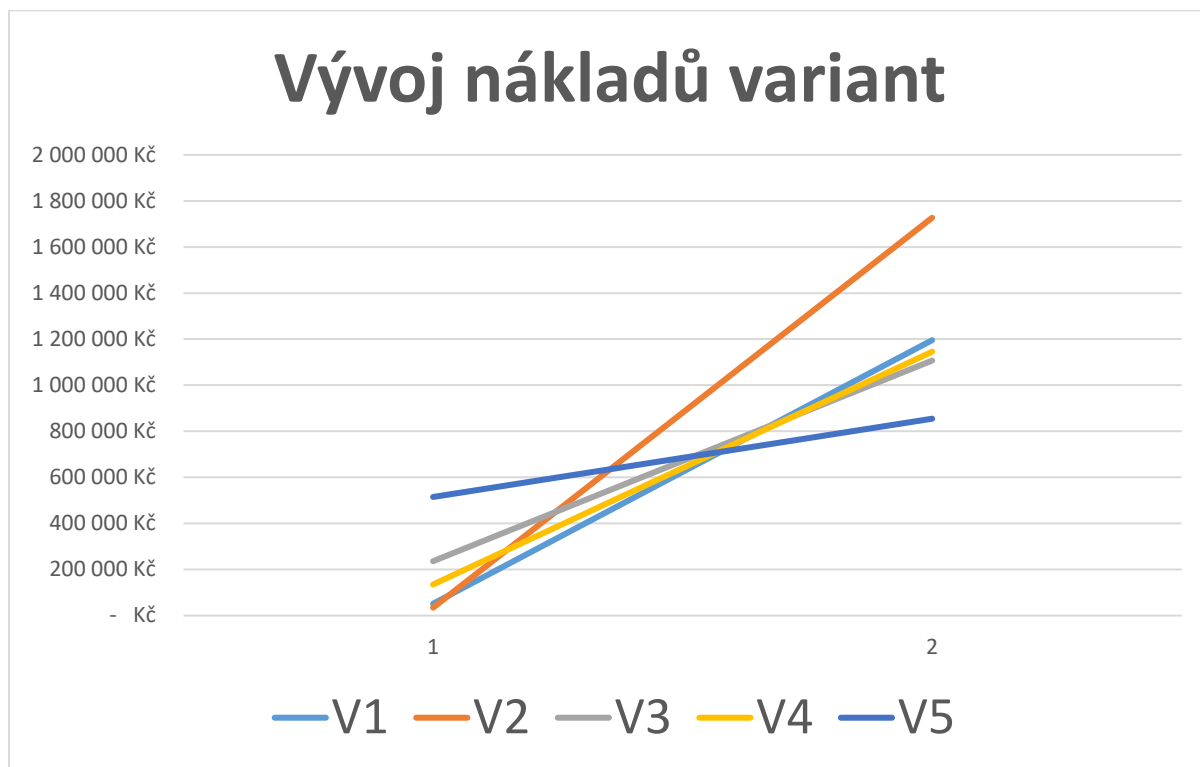
Tabulka 6-1 Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty v horizontu 15 let Vlastní zpracování, *provozní náklady (PN) s diskontní sazbou 3%, inflací 2%

	V1	V2	V3	V4	V5
NPV (5 let)*	494 550 Kč	690 287 Kč	579 316 Kč	529 540 Kč	659 831 Kč
NPV (10 let)*	885 891 Kč	1 268 705 Kč	871 729 Kč	872 187 Kč	764 018 Kč
NPV (15 let)*	1 195 725 Kč	1 727 196 Kč	1 106 980 Kč	1 145 606 Kč	854 659 Kč

Tabulka 6-2 čistá současná hodnota (NPV) pro jednotlivé varianty v horizontu 15 let Vlastní zpracování, *NPV s diskontní sazbou 3%, inflací 2%

Diskontní sazba a míra inflace jsou stanoveny pro účely této práce pouze orientačně, tzn. není provedena podrobná analýza a výpočet pro stanovení přesných hodnot těchto ukazatelů.

Z hlediska ekonomické posouzení jsem došla k závěru, že v horizontu 15 let je nejvýhodnější varianta 5 s tepelným čerpadlem. Naopak nejhůře skončil elektrokotel, i když má nízké investiční náklady. Průběh nákladů se mohou vyvíjet na základě ceny paliv, ekonomické situaci nebo vývoj technologií.



Graf 6-1 Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty v horizontu 15 let Časové období: 0 (IN), 1-15 let (kumulované PN)

7. Multikriteriální analýza (hodnocení variant)

Jako vstupní hodnoty si vybereme vlastnosti jednotlivých variant zdrojů. Jednotlivé vlastnosti jsou vyjádřeny slovně nebo číselnými hodnotami. ³

		V1	V2	V3	V4	V5	MJ
„Varianty“		„Plyn“	„Elektro“	„Pelety“	„Dřevo“	„TČ“	
K1	Investiční n.	51	34	236	135	515	tis. Kč
K2	Provozní n.	93	138	71	82	27	tis. Kč/rok
K3	Vliv na ŽP	88,7	162,1	54,1	50,3	70,6	MWh/rok
K4	Komfort provozu	vysoký	nejvyšší	průměr	nízký	vyšší	
K5	Prostorové požadavky	0,399	0,114	1,979	0,65	0,372	m ²
K6	Skladovací prostory	žádné	žádné	větší	velké	malé	-
K7	Hlučnost provozu	malá	malá	střední	střední	malá	-
K8	Prašnost provozu	žádné	žádné	střední	vysoká	žádné	-
K9	Záruky	2	2	2	2	5	roky
K10	Životnost	velmi vysoká	velmi vysoká	průměr	průměr	velmi vysoká	-

³ Literatura: KADLČÁKOVÁ, Anna. *Ekonomika ve stavebnictví 50: hodnotový management*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02605-1

Literatura: KORVINY, Petr. *Teoretické základy vícekriteriálního rozhodování*. https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie_mca.pdf (st. 8.12.2018)

7.1. Stanovení úhrnné užítlosti

Po určení konečné váhy a pořadí rozhodujících kritérií podle důležitosti dle investora je možné jednotlivé varianty zdrojů vytápění zhodnotit, tzv. stanovit úhrnnou užítlost (funkčnost) pro každou variantu. Pro toto vyhodnocení využijeme 2 metody:

1. Bodovací metodu s váhami,

2. Metodu indexových koeficientů (bazické varianty).

Pomocí těchto metod určíme pořadí výhodnosti jednotlivých variant pro investora.

1. Bodovací metoda s váhami

K určení úhrnné funkčnosti lze pro tuto metodu použít bodovací stupnici (většinou desetibodovou, popř. stobodovou). Nejvyšší počet bodů se přiřazuje nejlepší hodnotě užítlné funkce, úhrnná užítlost hodnoceného předmětu je pak sumou součinů bodů a vah jednotlivých kritérií každé varianty. Celková užítlost U_j se určí ze vztahu:

$$U_j = \sum b_{ij} * v_i \quad (9)$$

b_{ij} dílčí užítlost i -tého kritéria j -té varianty vyjádřena v bodech

v_i váha i -tého kritéria

		V1		V2		V3		V4		V5	
	v_i	b_{ij}	$b_{ij} v_i$	b_{ij}	$b_{ij} v_i$	b_{ij}	$b_{ij} v_i$	b_{ij}	$b_{ij} v_i$	b_{ij}	$b_{ij} v_i$
K1	0,204	8	1,632	9	1,836	3	0,612	5	1,02	1	0,204
K2	0,212	4	0,848	1	0,212	7	1,484	5	1,06	9	1,908
K3	0,023	5	0,115	1	0,023	8	0,184	9	0,207	6	0,138
K4	0,156	9	1,404	10	1,56	5	0,78	3	0,468	8	1,248

K5	0,065	7	0,455	10	0,65	1	0,065	4	0,26	8	0,52
K6	0,051	10	0,51	10	0,51	2	0,102	3	0,153	8	0,408
K7	0,037	8	0,296	8	0,296	4	0,148	4	0,148	8	0,296
K8	0,019	10	0,19	10	0,19	4	0,076	2	0,038	10	0,19
K9	0,106	6	0,636	6	0,636	6	0,636	6	0,636	10	1,06
K10	0,135	10	1,35	10	1,35	5	0,675	5	0,675	10	1,35
Užitnost U _j	7,436		7,263		4,762		4,665		7,322		
Pořadí	1		3		4		5		2		

Tabulka 7-2 Stanovení úhrnné užitnosti bodovací metodou s váhami, vlastní zpracování

Při využití bodovací metody s vahami jsem došla k závěru, že nejvhodnější variantou na vytápění je V1 s kondenzačním kotlem na plyn. Na druhém místě skončila varianta s tepelným čerpadlem a na třetím elektrokotel. Je nutné si připomenout, že vytápění elektřinou má neblahý vliv na provozní náklady. Na předposledním místě je varianta kotle na pelety. Pro investora nejméně výhodné vyšla vytápění s tuhými palivy přesněji dřívím.

2. Metoda indexových koeficientů (bazické varianty)

Tato metoda stanovuje dílčí ohodnocení jednotlivých kritérií výpočtem dílčí užitnosti jako indexového koeficientu variant k_{ij} porovnáním hodnoty kritéria u hodnocené varianty s hodnotami tzv. bazické varianty. Bazická varianta je fiktivní variantou, která se sestavuje obvykle buď jako jedna z variant hodnocení, nebo varianta, která dosahuje nejlepších hodnot kritérií. Její princip spočívá v tom, že u té z variant, kterou volíme za bázi, všechny hodnoty kritérií nahradíme číslem jedna. Užitnost ostatních variant u těchto kritérií se určí koeficientem v poměru k původní hodnotě kritéria báze.

Předpokladem použití metody je třídění dle preferenčního systému hodnotitele na:

- Kritéria výnosového typu („čím více, tím lépe“ – rostoucí preference ↑)

$$k_{ij} = \frac{u_{ij}}{u_i^b} \quad (10)$$

Kritéria nákladového typu („čím více, tím hůře“ – klesající preference ↓)

$$k_{ij} = \frac{u_i^b}{u_{ij}} \quad (11)$$

k_{ij} indexový koeficient i-tého kritéria a j-té varianty

u_i^b hodnota bazické varianty u i-tého kritéria

u_{ij} hodnota i-tého kritéria u j-té varianty

Výsledná užítinost j-té varianty U_j je sumou součinů indexových koeficientů kritérií této varianty k_{ij} a vah i-tého kritéria v_i :

$$U_j = \sum k_{ij} \cdot v_i \quad (12)$$

			V1 (bazická varianta)			V2			V3		
		v_i	u_i^b	k_{ij}	$k_{ij}v_i$	u_{ij}	k_{ij}	$k_{ij}v_i$	u_{ij}	k_{ij}	$k_{ij}v_i$
K1	↓	0,204	51	1	0,204	34	1,500	0,306	236	0,216	0,044
K2	↓	0,212	93	1	0,212	138	0,674	0,143	71	1,310	0,278
K3	↓	0,023	88,7	1	0,023	162,1	0,547	0,013	54,1	1,640	0,038
K4	↑	0,156	9	1	0,156	10	0,900	0,140	5	1,800	0,281
K5	↓	0,065	0,399	1	0,065	0,114	3,500	0,228	1,979	0,202	0,013
K6	↓	0,051	1	1	0,051	1	1,000	0,051	9	0,111	0,006
K7	↓	0,037	2	1	0,037	2	1,000	0,037	5	0,400	0,015
K8	↓	0,019	1	1	0,019	1	1,000	0,019	5	0,200	0,004
K9	↑	0,106	2	1	0,106	2	1,000	0,106	2	1,000	0,106
K10	↑	0,135	9	1	0,135	9	1,000	0,135	5	1,800	0,243
užitnost U_j			1,0			1,177			1,027		
Pořadí			1			3			2		

Tabulka 7-3 Užitnost stanovená metodou indexových koeficientů, vlastní zpracování

			V4			V5		
		v_i	u_{ij}	k_{ij}	$k_{ij}v_i$	u_{ij}	k_{ij}	$k_{ij}v_i$
K1	↓	0,204	135	0,378	0,077	515	0,099	0,020
K2	↓	0,212	82	1,134	0,240	27	3,444	0,730
K3	↓	0,023	50,3	1,763	0,041	70,6	1,256	0,029

K4	↑	0,156	2	4,500	0,702	9	1,000	0,156
K5	↓	0,065	0,65	0,614	0,040	0,372	1,073	0,070
K6	↓	0,051	8	0,125	0,006	2	0,500	0,026
K7	↓	0,037	5	0,400	0,015	2	1,000	0,037
K8	↓	0,019	9	0,111	0,002	1	1,000	0,019
K9	↑	0,106	2	1,000	0,106	5	0,400	0,042
K10	↑	0,135	5	1,800	0,243	9	1,000	0,135
užitnost U_j			1,472			1,264		
Pořadí			5			4		

Tabulka 7-4 Užitnost stanovená metodou indexových koeficientů, vlastní zpracování, pokračování tabulky

7.2. Shrnutí výsledků

Na základě metody užitnosti U_j , které byly již výše použity, mohu sestavit konečné výsledky. V konečném pořadí skončilo na prvním místě V1 s plynovým kondenzačním kotlem. Na druhém místě je tepelné čerpadlo, který poslední dobou je čím dále populárnější. Na třetíma čtvrtém místě skončily vytápění na biomasu. Variantu 2 může sloužit jako doplňkový zdroj při alternativnímu vytápění tzn. K variantě 3 až 5.

Varianty		Pořadí dle užitnosti použitých metod		Konečné pořadí
		1.	2.	
V1	Plynový kondenzační kotel	1	1	1
V2	Elektrokotel	3	3	-
V3	Autommatický kotel na dřevěné pelety	4	2	3
V4	Teplovodní zplyňovací kotel na dřevo	5	5	4
V5	Tepelné čerpallo země-voda	2	4	2

Tabulka 7-5 Shrnutí výsledků použitých metod, vlastní zpracování

7.3. Návrh optimalizace multifunkčního objektu

Jako u každých projektů tak i zde má investor hlavní slovo. Stále lze upravit projektovou dokumentaci ke splnění požadavků a preferencí jednotlivých kritérií. Ke snížení provozních nákladu, lze provést několik možných optimalizací:

- Zateplení obvodové pláště budovy
- Výměna otvorových výplní

- Realizace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla
- Systémy na regulaci a měření vytápění a větrání
- Instalace moderních úsporných osvětlení ve vnitřním prostředí
- Instalace solárních nebo fotovoltaického systémů
- Kombinace výše uvedených variant

S veškerými opatřeními ke snížení provozních nákladů se zlepšuje i hodnota energetické náročnosti budov. Zároveň se zvyšuje i tlak na investora, kterému stoupají investiční náklady. Existují státní dotace na veřejné budovy, které mají za cíl snížit obcím a městům konečnou spotřebu energií. V rámci dotačních programů lze získat finanční příspěvky jak na projektovou dokumentaci, tak i na realizaci.

8. Závěr

Evropská Unie neodbytně naléhá na své členské státy ke snižování energetické náročnosti budov. Zákonodárna moc ČR na to vzápětí reagovala vyhláškou č. 230/2015 Sb., o energetické náročnosti budov a je stále v platnosti. Jako prvotní vyhlášku o energetické náročnosti budov stanovuje Ministerstvo průmyslu a obchodu č. 148/2007 Sb. Přinesla nový pohled na dodávanou energii do budov, v oblasti technických norem a předpisů. Mezi energetické specialisty se objevil nový termín průkaz energetické náročnosti budovy. První průkazy byly chaotické a nic neříkající. Nynější PENB prošly velkými úpravami a docílily lepší grafiky a přehlednosti. Dřív šlo zjistit jenom celkové množství dodané energie do budovy, které je nutné k provozu budovy. Z dnešních průkazů lze snadno zjistit kolik energie spotřebuje budova na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti, spotřebu energie na ohřev TUV a dokonce i množství spotřebované energie osvětlení. Rozsah třídy energetické náročnosti je od A až po G. Třída A říká, že budova je mimořádně hospodárná, a naopak třída G je zase mimořádně nehospodárná. K vyhovění požadavků na energetickou náročnost budovy je nutné mít třídu A až C. Kategorizace třídy probíhá formou porovnání dvou budov. Ve výpočtu se porovnávají hodnoty posuzované budovy s referenční hodnotou. Konkrétněji se jedná o hodnoty celkové dodané energie a jeho podílu na neobnovitelné primární energii a součiniteli prostupu tepla konstrukcí budovy. Posuzované hodnoty

nesmějí překročit hodnoty referenční budovy. Podle novely zákona o hospodaření energií č. 406/2000 Sb. od roku 2013 je zpracování PENB nově povinné při prodeji či pronájmu a musí být zobrazen v inzerci. Předpokládá se, že realitní kanceláře budou nabízet zpracování průkazu v rámci svých zprostředkovatelských poplatků. Cena za zpracování průkazu se odvíjí od rozsahu a kvality dokumentace posuzovaného objektu. Povinnost zpracování průkazu energetické náročnosti budov se týká i veřejné budovy a štítek s hodnotami, by měl viset na viditelné místě objektu např. hned u hlavního vstupu. Průkazy platí 10 let ode dne data vyhotovení nebo do provedení větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpracován. Vypracovávat průkazy může pouze energetický specialista, který má oprávnění od ministerstva a seznam specialistů lze dohledat na stránkách Ministerstva průmyslu a obchodu.

ČR se zaměřuje na zlepšení energetické náročnosti budov na své území. Budovy s menší či velmi nízkou spotřebou energie přináší ekologické i ekonomické výhody. Proto rezorty státní správy podporují státními dotacemi výstavbu a rekonstrukci budov včetně rodinných, bytových domů, ale i veřejné budovy

Hodnota energetické náročnosti budov zasahuje jak investory, tak i vlastníky a provozovatele budov. Kritéria na splnění hodnoty se dá ovlivnit během návrhu projektové dokumentace, při výstavbě nebo úpravami po dokončené výstavbě.

Nejčastější úpravy a státem dotované v rámci kotlíkových dotací je výměna kotle, který probíhá již třetím kolem. Následně lze využít dotace z programu Nová zelená úsporám, který se vztahuje na zateplení obvodového pláště, výměnu oken a dveří. Dotace v rámci programu se vztahuje i na zelené střechy, venkovní stínící techniku nebo na odborný posudek a technický dozor během realizace. Program Nová zelená úsporám a kotlíkové dotace se vztahují pouze na žadatele rodinných domů. Ministerstvo místního rozvoje zveřejnilo nové dotační tituly vztahující na veřejné budovy. Přesněji se to týká kulturních, obecných, multifunkčních domů a školních budov. Úpravy lze provést na více konstrukcích objektu ke zlepšení kvality

Volba při výběru vhodného zdroje tepla vytápění byly zohledněny jak z pohledu investora, tak i na dispoziční řešení a funkci objektu. Vzala jsem v potaz i okolní prostředí objektu včetně technických a dopravních infrastruktur, aby se předešlo zbytečným nesrovnalostem. Vše jsem si důkladně promyslela a proces výběru jsem aplikovala na svůj navrhovaný projekt multifunkčního objektu ve své praktické části

diplomové práci. Celý proces rozhodování jsem se snažila stručně popsat, přiblížit a vysvětlit.

Řešený objekt je navržen na zelené louce jako samostatně stojící budova v hornické skanzenu Mayrau ve Vinařicích u Kladna. Architektonický koncept multifunkčního objektu respektuje okolní budovy v areálu se zachovalou atmosférou. Má čtyři nadzemní podlaží a je nepodsklepený. Multifunkční budova bude přístupná veřejnosti. V prvním nadzemním podlaží je prostor pro kavárnu s možností venkovního posezení. V posledním podlaží je navržena přednášková nebo promítací místnost. V ostatních patrech jsou navrženy volné prostory k výstavám obrazů, fotografií a expozic. Celý areál hornického skanzenu slouží i jako pobočka Sládečkova vlastivědného muzea v Kladně. Proto navrhovaná stavba bude sloužit i návštěvníkům areálu. Návštěvníci hornického skanzenu si zde připomenou historii těžby černého uhlí na Kladensku. Objekt je navržen z cihelných bloků Porotherm 30 Profi. Poslední podlaží je zakončeno plochou střechou a střešní terasa se nachází ve třetím nadzemní podlaží. Jednotlivé navržené skladby u konstrukcí byly posuzovány v softwaru Teplo 2017 z hlediska součinitele prostupu tepla. Z protokolu vyplynulo, že posuzované konstrukce splňují požadavky na ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946. Počet výběrů tepelných zdrojů na vytápění posuzovaného objektu se finálně zakotvila v pěti variantách. Před výběrem výkonu jednotlivých zdrojů tepla jsem spočítala tepelnou ztrátu objektu pomocí obálkové metody za pomoci součinitele prostupu tepla z programu Teplo 2017. Výsledná celková ztráta multifunkčního objektu vyšla zaokrouhleně na 37 kW. Na základě této hodnoty jsem vybrala první variantu (V1) plynový kondenzační kotel Medvěd Condens 45 KK. Výrobce uvádí regulovatelný výkon o rozsahu 14–48 kW. Druhou variantou (V2) je elektrokotel Therm EL 45m s možností regulace od 5 do 45 kW. Třetí varianta (V3) je složena z teplovodního zplyňovacího kotle na pelety C57 BIO s regulací 14–49 kW. Variantou (V4) je ekologický zplyňovací kotel na dřevo Atmos DC 40 SX. S regulovatelným výkonem od 35 do 40 kW. Poslední variantou (V5) je tepelné čerpadlo F1345 země-voda od společnosti NIBE o jmenovitém výkonu 40 kW.

Při využití multikriteriální analýzy jsem posuzovala a hledala nejvhodnějšího tepelné zdroje, které zahrnovali pět variant a deset kritérií. Jednotlivé kritéria byla sestavena jako mé osobní doporučení pro investora. Pro zjištění kritérií jsem využila rozhodovací větvený model. Konkrétně se jedná o kritéria K1 – investiční náklady, K2 – provozní

náklady, K3 – vliv na životní prostředí, K4 – komfort provozu, K5 – prostorové požadavky, K6 – skladovací prostory, K7 – hlučnost provozu, K8 – prašnost provozu, K9 – záruky a K10 – životnost. Důležitost kritérií jsem sestavila sama jako doporučující. Následně jsem provedla analýzy Metfesselovou alokací, Párové porovnání a Saatyho metodou. Konečná váha jednotlivých kritérií byla sestavena po aritmetickém průměru výsledků vah z výše použitých metod. V konečném pořadí vah kritérií má největší váhu provozní náklady (0,212) následně investiční náklady (0,204), na třetím místě je komfort provozu s (0,156), následně je životnost (0,135), pak záruka s (0,106), na šestém místě jsou prostorové požadavky s (0,065), následně skladovací prostory (0,051) vzápětí hlučnost provozu (0,037), jako předposlední je vliv na životní prostředí s (0,023) a poslední, která má nejmenší váhu je prašnost provozu s hodnotou (0,019).

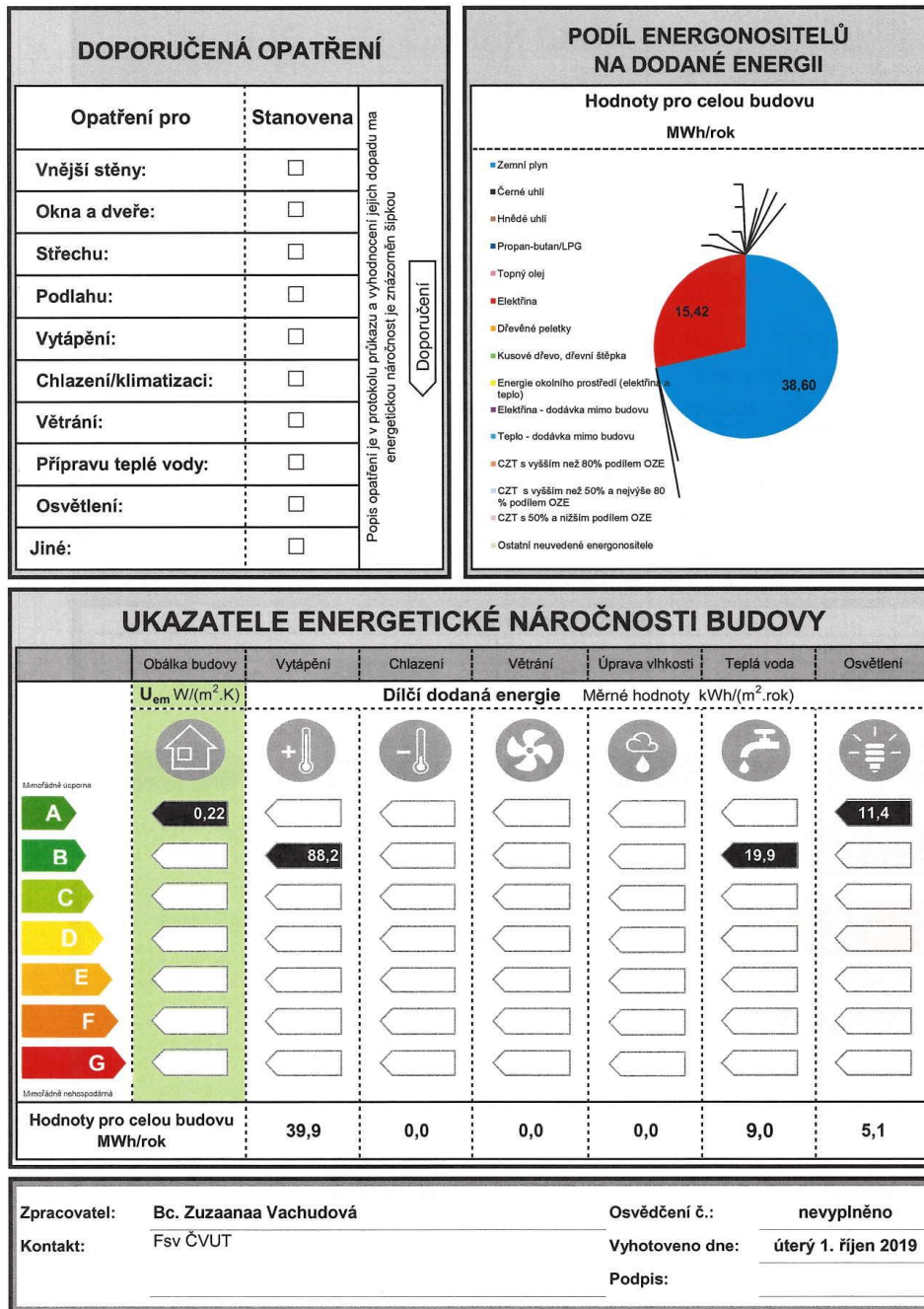
Vypracovala jsem PENB u jednotlivých variant zdrojů vytápění, abych zjistila podíl energonositelů na dodanou energii v MWh/rok ke zjištění provozních nákladů na energii v Kč/rok u jednotlivých variant zdrojů. Při zjištění investičních nákladů v rámci ekonomické analýzy jsem zvolila pořizovací ceny včetně DPH z aktuálních ceníků prodejců. V rámci investičních nákladů na zdroje byl zohledněn i elektrický stacionární ohřívač vody s objemem 200l OKCE S s výkonem 2,2 kW s cenou 7 589 Kč vč DPH a u variant V3 - V5 je akumulární nádrž Quantum Q7 na 400l za cenu 77 300 Kč s DPH. Investiční náklady na pořízení jednotlivých variant jsou následující V1 – 51 389 Kč, V2 – 34 233 Kč, V3 – 236 139 Kč, V4 – 134 873 Kč a V5 – 514 889 Kč. Provozní náklady na jednotlivé varianty jsou následující V1 – 93 046 Kč/rok, V2 – 137 688 Kč/rok, V3 – 70 647 Kč/rok, V4 – 82 109 Kč/rok a V5 – 27 220 Kč/rok. Při posouzení čisté současné hodnoty NPV vyšla V5 s tepelným čerpadlem jako nejvýhodnější v horizontu 15 let, i přes vysoké pořizovací náklady. Naopak nejméně výhodná je V2 s elektrokotlem, která má vysoké provozní náklady. U výsledného posouzení variant byla použita Metoda bodovací s vahami a Metoda indexových koeficientů. U první metody vyšla V1 jako první, V2 je na třetím místě a V3 až na čtvrtém místě, V4 na pátém místě a V5 skončila na druhém místě v pořadí. Při aplikování druhé metody se prohodila místa V3 ze čtvrté na druhé a V5 z druhé na čtvrté místo.

Když shrneme výsledné hodnocení variant zdrojů pro vytápění, tak celkově na prvním místě je V1 s plynovým kondenzačním kotlem. Na druhém místě je V5 tepelné čerpadlo, které je stále populárnější mezi uživatele. Následně je V3 s kotlem na dřevěné pelety a na čtvrtém místě je V4 se teplovodním zplyňovací kotlem na dřevo.

Variantu V2 bych investorovi doporučila jenom jako doplňkový zdroj k alternativnímu typu vytápění např. V3 až V5. K vytápění elektrokotlem by musela navrhovaná budova mít charakter jako budova s téměř nulovou spotřebou (NZEB).

V rámci optimalizace multifunkčního objektu jsem navrhla několik možných způsobů a proveditelných možností, jak toho dosáhnout. V této diplomové práci byly vybrány vhodné zdroje vytápění pro konkrétní multifunkční objekt.

výpočetní nástroj NKN II verze 3.30 (02/2019)



grafické znázornění PENB

2/2

výpočetní nástroj NKN II verze 3.30 (02/2019)

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ		Doporučení Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněn šipkou
Opatření pro	Stanovena	
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>	
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>	
Střechu:	<input type="checkbox"/>	
Podlahu:	<input type="checkbox"/>	
Vytápění:	<input type="checkbox"/>	
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>	
Větrání:	<input type="checkbox"/>	
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>	
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>	
Jiné:	<input type="checkbox"/>	

PODÍL ENERGOSONITELŮ NA DODANÉ ENERGI	
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Zemní plyn ■ Černé uhlí ■ Hnědé uhlí ■ Propan-butan/LPG ■ Topný olej ■ Elektřina ■ Dřevěné peletky ■ Kusové dřevo, dřevní štěpka ■ Energie okolního prostředí (elektřina, teplo) ■ Elektřina - dodávka mimo budovu ■ Teplo - dodávka mimo budovu ■ CZT s vyšším než 80% podílem OZE ■ CZT s vyšším než 50% a nejvýše 80% podílem OZE ■ CZT s 50% a nižším podílem OZE ■ Ostatní neuvedené energosonitele 	<p>54,02</p>

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{en} W/(m ² .K)	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m ² .rok)		
Mimořádně uspokojivá	0,22						11,4
A		88,2				19,9	
B							
C							
D							
E							
F							
G							
Mimořádně nevhodná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		39,9	0,0	0,0	0,0	9,0	5,1

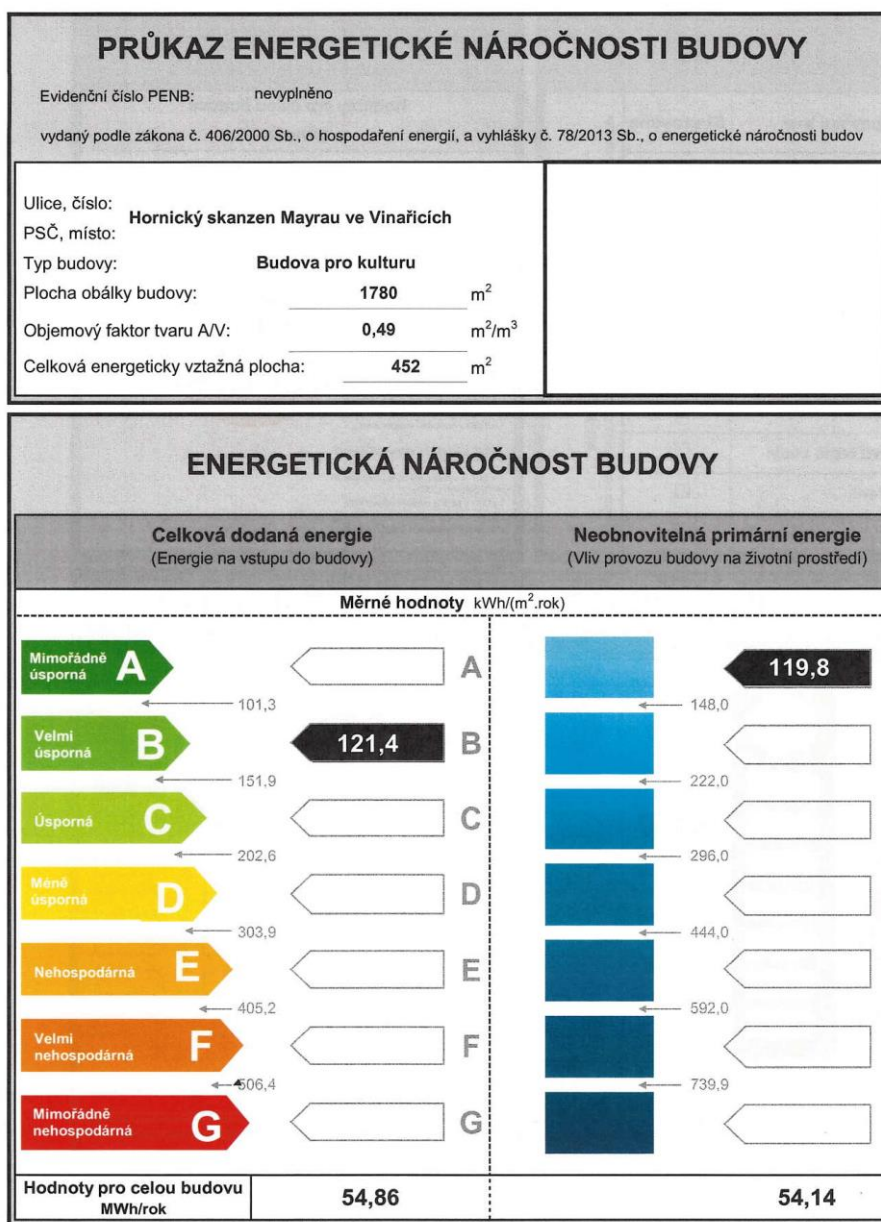
Zpracovatel:	Bc. Zuzanaa Vachudová	Osvědčení č.:	nevyplněno
Kontakt:	Fsv ČVUT	Vyhotoveno dne:	úterý 1. říjen 2019
		Podpis:	

grafické znázornění PENB

2/2

Příloha č.1 – PENB – V3

výpočetní nástroj NKN II verze 3.30 (02/2019)



grafické znázornění PENB

1/2

Příloha 8-5 PENB - V3, 1 str.

výpočetní nástroj NKN II verze 3.30 (02/2019)

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	
Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input 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 znázorněn šipkou

Doporučení

PODÍL ENERGOZDROJŮ NA DODANÉ ENERGI

Hodnoty pro celou budovu
MWh/rok

- Zemní plyn
- Černé uhlí
- Hnědé uhlí
- Propan-butan/LPG
- Topný olej
- Elektřina
- Dřevěné peletky
- Kusové dřevo, dřevní štěpka
- Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)
- Elektřina - dodávka mimo budovu
- Teplo - dodávka mimo budovu
- CZT s vyšším než 80% podílem OZE
- CZT s vyšším než 50% a nejvýše 80% podílem OZE
- CZT s 50% a nižším podílem OZE
- Ostatní neuvedené energozdroje

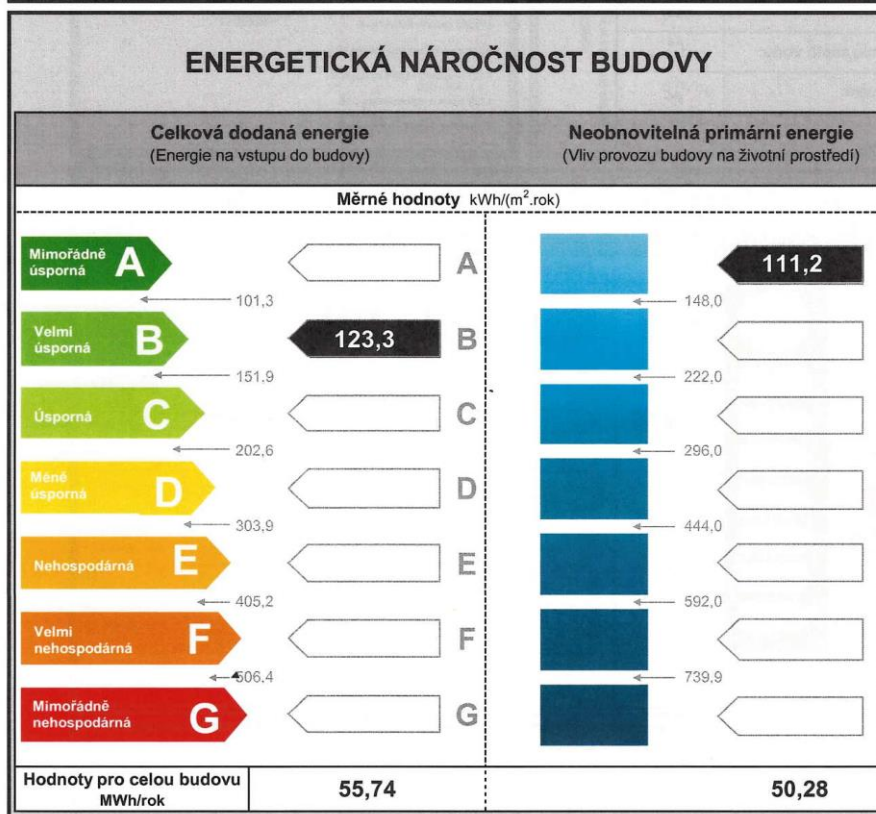
UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² .K)	Díleč dodaná energie				Měrné hodnoty kWh/(m ² .rok)	
Mimořádně úsporná	0,22						11,4
A		90,1				19,9	
B							
C							
D							
E							
F							
G							
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu		40,7	0,0	0,0	0,0	9,0	5,1
MWh/rok							

Zpracovatel:	Bc. Zuzanaa Vachudová	Osvědčení č.:	nevyplněno
Kontakt:	Fsv ČVUT	Vyhotoveno dne:	úterý 1. říjen 2019
		Podpis:	

Příloha č.1 – PENB – V4

výpočetní nástroj NKN II verze 3.30 (02/2019)

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	
Evidenční číslo PENB:	nevyplněno
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov	
Ulice, číslo: PSC, místo:	Hornický skanzen Mayrau ve Vinařicích
Typ budovy:	Budova pro kulturu
Plocha obálky budovy:	1780 m ²
Objemový faktor tvaru A/V:	0,49 m ² /m ³
Celková energeticky vztázná plocha:	452 m ²

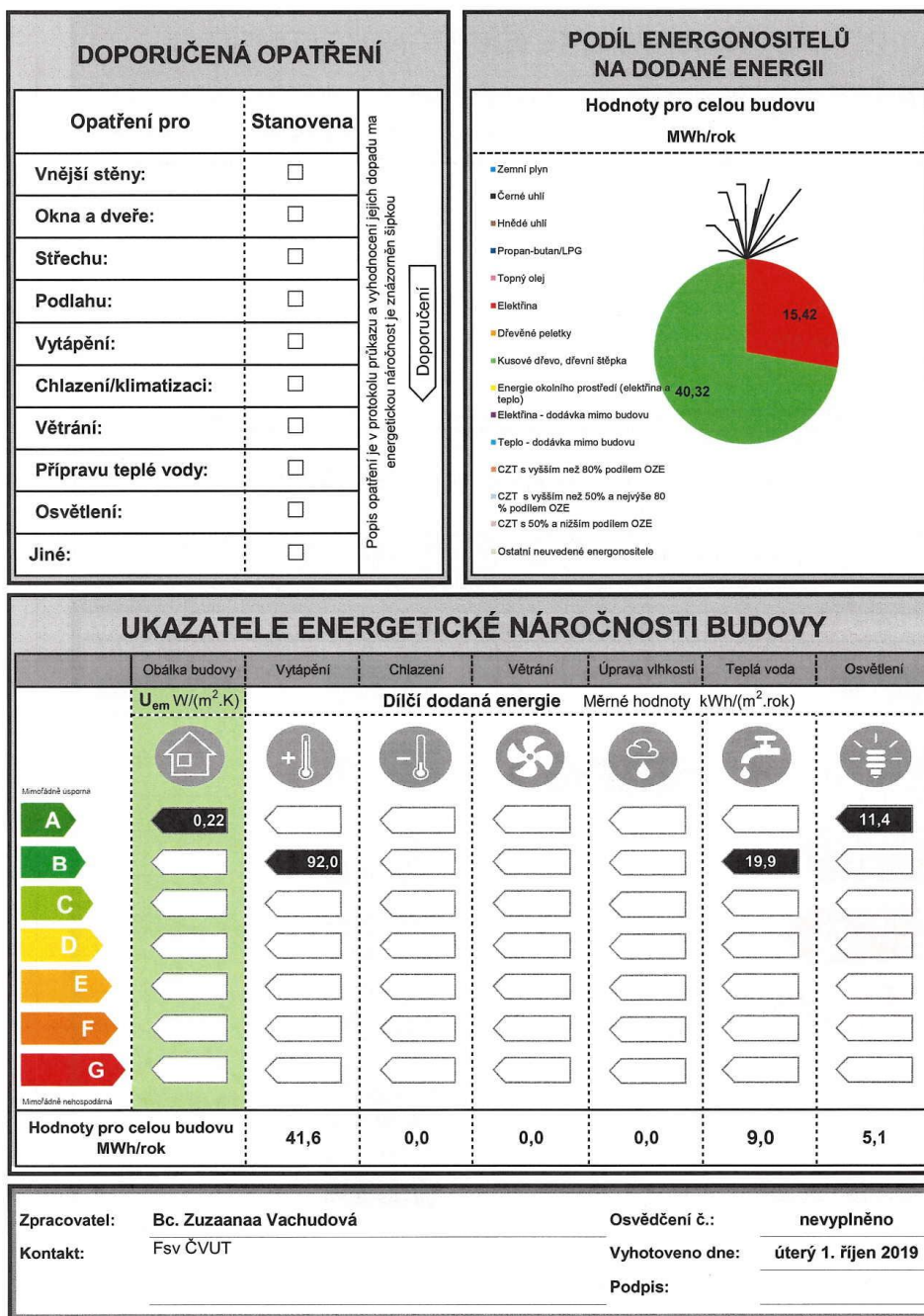


grafické znázornění PENB

1/2

Příloha 8-7 PENB - V4, 1 str.

výpočetní nástroj NKN II verze 3.30 (02/2019)



grafické znázornění PENB

2/2

výpočetní nástroj NKN II verze 3.30 (02/2019)

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

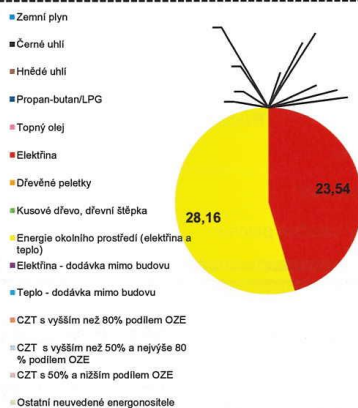
Doporučení

Popis opatření je v protokolu přílohu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněn šipkou

PODÍL ENERGOISITELŮ NA DODANÉ ENERGI

Hodnoty pro celou budovu

MWh/rok



UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Zpracovatel: Bc. Zuzanaa Vachudová Osvědčení č.: nevyplněno
 Kontakt: Fsv ČVUT Vyhотовeno dne: úterý 1. říjen 2019
 Podpis: _____

grafické znázornění PENB

2/2

Seznam literatury a použitých zdrojů

- [1] HLAVÁČEK, Jan. UNEP Primární zdroje energie [online]. Praha 1: AMO, 2014 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.studentsummit.cz/wp-content/uploads/2019/02/PSS-Primární-zdroje-energie-UNEP.pdf>
- [1a] VANĚK, Václav. *Obnovitelné zdroje* [online]. In: . 20. 1. 2019 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/2302-jaderna-energie-obnovitelne-zdroje-a-klimaticke-zmeny>
- [2] *Genesis: Lidská populace* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://magazin.gnosis.cz/lidska-populace/>
- [3] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [3a] MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN ISBN 978-80-01-04937-2.
- [4] DRÁPELOVÁ, Jana. AKTUÁLNÍ POZNATKY O ZMĚNĚ KLIMATU JAKO PODKLADOVÝ MATERIÁL PRO INFORMAČNĚ – VZDĚLÁVACÍ WEBOVÉ STRÁNKY. Brno, 2010. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [5] *Pařížská dohoda* [online]. , 1 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda
- [6] CDK, Euroskop. *Energetika* [online]. In: . [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/8950/sekce/energetika/>
- [7] *Energetická politika* [online]. , 1 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika>
- [8] ODBOR 32300. *Možnosti podpory v oblasti úspor energie* [online]. 3.11.2017 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/dotace-na-uspory-energie/moznosti-podpory-v-oblasti-uspor-energie--233023/>
- [9] *EFEKT 2017 - 2021: Státní program na podporu úspor energie, tedy " program EFEKT "* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/54039>

- [10] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Dokumenty* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.irop.mmr.cz/cs/IROP-2021-2027>
- [10a] *Program ENERG nyní i pro velké pražské podnikatele* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.cmzrb.cz/program-energ-nyni-i-pro-velke-prazske-podnikatele/>
- [11] *O programu: Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/o-programu/>
- [12] ING. MATĚJŮ, Dalibor. *Energetika – vybrané pojmy (I): Obnovitelné zdroje energie v energetickém mixu* [online]. 18.3.2013 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/9668-energetika-vybrane-pojmy-i>
- [13] *Neobnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/slovník/neobnovitelne-zdroje-energie>
- [14] SVOBODA, Radek. *Uhlí ani plyn vylepšit nejdou, jaderné palivo se zdokonaluje neustále* [online]. 21.10.2019 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/uhli-ani-plyn-vylepsit-nejdou-jaderne-palivo-se-zdokonaluje-neustale/>
- [15] ING. NOVÁK, Jan. *Výhřevnosti paliv* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
- [16] ING. NOVOTNÝ, Jiří a Tomáš DOC. ING. MATUŠKA, PH.D. *Emise CO₂ a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách* [online]. 19.3.2018 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapani/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach>
- [17] MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3503-0.
- [18] ČEZ A.S. *ENCYKLOPEDIIE ENERGETIKY: ENERGIE Z FOSILNÍCH PALIV* [online]. 2011 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/aplikace/encyklopedie-energie>
- [19] *Strategie Evropa 2020* [online]. [cit. 2020-01-06]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/cz/evropske-zalezitosti/evropske-politiky/strategie-evropa-2020/strategie-evropa-2020-78695/>

- [20] MUDR. HŘÍB, Zdeněk. *Obecně závazná vyhláška č. 11/2019 Sb. hl. m. Prahy* [online]. 23.09.2019 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: http://www.praha.eu/jnp/cz/test/vyhledavani_v_pravnich_predpisech/obecne_zavazna_vyhlaska_c_11_2019_sb_hl.html
- [21] RNDR. ŠKALOUD, Miroslav. *Zelená kniha - Evropská strategie pro energii Senátní tisk č. K 72/05 zpravodajská zpráva pro VEU Senátu PČR* [online]. [cit. 2020-01-06]. Dostupné z: <http://www.skaloud.net/senat/prace-v-senatu/vybor-pro-evropske-zalezitosti/zelena-kniha-evropska-strategie-pro-energii/>
- [22] ING. BUFKA, Aleš. *Energetická statistika* [online]. 2019, s. 11 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/tuha-paliva/2019/3/Mesicni-statistika-uhli-2018_complete_2.pdf
- [23] DEPARTMENT 32400. *Státní energetická koncepce* [online]. 6.8.2015 [cit. 2020-01-06]. Dostupné z: Státní energetická koncepce
- [24] *Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET, kogenerace)* [online]. [cit. 2020-01-06]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/>
- [25] VOBOŘIL, David. *Geotermální energie* [online]. 13. květen 2015 [cit. 2020-01-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie>
- [26] HOLUB, Petr. *Průkaz energetické náročnosti budov* [online]. 17.12.2016 [cit. 2020-01-06]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/15123-prukaz-energeticke-narocnosti-budov>
- [27] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. Brno: ERA, 2005. 21. století. ISBN 80-736-6029-6.
- [28] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. *Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie*. Praha: Ilsa, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [29] *Fotovoltaika* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>
- [30] DOC. ING. MATUŠKA, PH.D., Tomáš. *Typy solárních kolektorů* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [31] VACHUDOVÁ, Zuzana. *Vytápění technologického centra*. 2018. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Koubková Ilona.
- [32] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.

- [33] ING. BECHNÍK, PH.D., Bronislav. *Jak se pozná elektřina z obnovitelných zdrojů: Dodávky elektřiny s certifikátem původu* [online]. 22.3.2015 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/12458-jak-se-pozna-elektrina-z-obnovitelnych-zdroju>
- [34] ODDĚLENÍ 32150. *Kombinovaná výroba elektřiny a tepla v České republice* [online]. 17.7.2014 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategicke-dokumenty/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla-v-ceske-republice--10372/>
- [35] BUDÍN, Jan. *Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (kogenerace) v České republice* [online]. 26. srpen 2017 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/kogenerace-v-ceske-republice>
- [36] LULKOVIČOVÁ, Otília. *Zdroje tepla a domovní kotelny*. Bratislava: Jaga, 2004. Vytápění. ISBN 80-8076-002-0.
- [37] *Biomasa* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa>
- [38] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [39] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [40] HAZUCHA, Juraj. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4551-0.
- [41] PROF. ING. KAREL KABELE, CSC., Karel. *Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 3)* [online]. 26.9.2018 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>
- [42] ING. ČEJKA, Michal. *Rozhovor: Novela vyhlášky č. 78/2013 o energetické náročnosti budov* [online]. 17.10.2019 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/19721-rozhovor-novela-vyhlasky-c-78-2013-o-energeticke-narocnosti-budov>

Seznam tabulek

Tabulka 2-1 Porovnání paliv z hlediska vlastností, vlastní zpracování	37
Tabulka 2-2 Porovnání paliv z hlediska výhřevnosti, vlastní zpracování	38
Tabulka 5-1 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj: https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/kondenzacni-kotel-medved-condens-kks-9216.html	58
Tabulka 5-2 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj https://www.thermona.cz/elektrokotle/elektrokotle-standardni-rada/kotel-therm-el-45	59
Tabulka 5-3 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj http://www.benekov.com/produkty_data/_navod-k-obsluze_137.pdf	60
Tabulka 5-4 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj https://www.koupelny-venta.cz/21425,atmos-dc-40-sx-zplynovaci-kotel-na-drevo.html#relatedBox2	61
Tabulka 5-5 Technické zpracování Varianty 1, vlastní zpracování, zdroj https://www.nibe.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda/novinka-tepelne-cerpadlo-nibe-f1345#ke-stazeni	62
Tabulka 5-6 Stanovení vah kritérií Metfesselovou alokací, vlastní zpracování.....	67
Tabulka 5-7 Stanové vah kritérií párovým porovnáním v trojúhelníku párů, vlastní zpracování.....	68
Tabulka 5-8 Bodová stupnice s deskriptory pro vyjádření vzájemné důležitosti kritérií, zdroj uvedená literatura.....	69
Tabulka 5-9 Stanovení vah kritérií Saatyho metodou – metoda geometrického průměru (g.p.)	70
Tabulka 5-10 Shrnutí výsledků použitých metod, vlastní zpracování	71
Tabulka 5-11 Energetické posouzení variant, vlastní zpracování	72
Tabulka 5-12 Investiční (pořizovací) náklady, vlastní zpracování	74
Tabulka 5-13 Sazby elektrické energie, zdroj: www.cez.cz	75
Tabulka 5-14 Ceny ostatních paliv a energií pro vybrané varianty, vlastní zpracování, zdroj: www.usetreno.cz	75
Tabulka 5-15 Ekonomické posouzení variant na roční náklady provozu, vlastní zpracování.....	75
Tabulka 6-1 Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty v horizontu 15 let Vlastní zpracování, *provozní náklady (PN) s diskontní sazbou 3%, inflací 2%	77
Tabulka 6-2 čistá současná hodnota (NPV) pro jednotlivé varianty v horizontu 15 let Vlastní zpracování, *NPV s diskontní sazbou 3%, inflací 2%	77
Tabulka 7-1 Vlastnosti jednotlivých variant (vstupní hodnoty), vlastní zpracování	79
Tabulka 7-2 Stanovení úhrnné užítosti bodovací metodou s váhami, vlastní zpracování	81
Tabulka 7-3 Užítost stanovená metodou indexových koeficientů, vlastní zpracování	83
Tabulka 7-4 Užítost stanovená metodou indexových koeficientů, vlastní zpracování, pokračování tabulky	84
Tabulka 7-5 Shrnutí výsledků použitých metod, vlastní zpracování	85

Seznam obrázků

Obrázek 2-1 Možnosti podpory v oblasti úspor energie ^[8]	20
Obrázek 2-2 Zdroje energie - rozdělení	24
Obrázek 2-3 Solární kolektory	34
Obrázek 5-1 Situace širších vztahů, vlastní zpracování	43
Obrázek 5-2 Napojení na technickou infrastrukturu, vlastní zpracování	44
Obrázek 5-3 Varianta 1	58
Obrázek 5-4 Varianta 2	59
Obrázek 5-5 Varianta 3	60
Obrázek 5-6 Varianta 4	61
Obrázek 5-7 Varianta 5	62

Seznam grafů

Graf 2-1 Globální spotřeba primární energie 2017, vlastní zpracování ^[1a]	14
Graf 3-2-2 Národní energetický mix 2018, vlastní zpracování ^[8]	23
Graf 5-1 Strom kritérií pro stanovení rozhodovacích procesů.....	64
Graf 5-2 Investiční náklady variant v Kč s DPH, vlastní zpracování	74
Graf 5-3 Ekonomické posouzení ročních provozních nákladů variant v Kč s DPH	76
Graf 6-1 Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty v horizontu 15 let Časové období: 0 (IN), 1-15 let (kumulované PN).....	78

Seznam příloh

Příloha 8-1 PENB - V1, 1 str.....	91
Příloha 8-2 PENB - V1, 2 str.....	92
Příloha 8-3 PENB - V2, 1 str.....	93
Příloha 8-4 PENB - V2, 2 str.....	94
Příloha 8-5 PENB - V3, 1 str.....	95
Příloha 8-6 PENB - V3, 2 str.....	96
Příloha 8-7 PENB - V4, 1 str.....	97
Příloha 8-8 PENB - V4, 2 str.....	98
Příloha 8-9 PENB - V5, 1 str.....	99
Příloha 8-10 PENB - V5, 2 str.....	100