

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ A HUMANITNÍCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

HODNOCENÍ INVESTICE VÝSTAVBY RODINNÉHO DOMU A  
JEHO ZÁSOBOVÁNÍ ENERGIEMI

FAMILY HOUSE PROJECT ECONOMIC EVALUATION AND ITS  
ENERGY SUPPLY



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Petrásek** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **341154**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Specializace: **Management energetiky a elektrotechniky**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Hodnocení investice výstavby rodinného domu a jeho zásobování energiemi**

Název diplomové práce anglicky:

**Family House Project Economic Evaluation and its Energy Supply**

Pokyny pro vypracování:

1. Návrh energetického mixu v rodinném domě
2. Technicko ekonomické varianty zásobování energiemi
3. Ekonomické hodnocení variant
4. Způsoby financování jednotlivých variant investic
5. Výběr optimální varianty a citlivostní analýza variant

Seznam doporučené literatury:

1. Holman R.: Ekonomie. 4. aktualiz. vyd. Praha: C.H. Beck, 2005, ISBN 80-7179-891-6
2. Brealey R. A., Myers S. C., Allen F.: Teorie a praxe firemních financí. 2. aktualiz. vyd. Brno: BizBooks, 2014. ISBN 978-80-265-0028-5.
3. Beranovský J.: Efektivní vytápění úsporných domů. Praha: EkoWatt, 2017. ISBN 978-80-87333-14-3.
4. Fotr J., Švecová L.: 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. Martin Beneš, Ph.D. katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL**

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

Datum zadání diplomové práce: **14.02.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **22.09.2024**

Ing. Martin Beneš, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen 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 studenta

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 26.května 2023

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Martinovi Benešovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, věnovaný čas při konzultacích a jeho cenné rady. Dále děkuji všem pedagogům Katedry ekonomiky, manažerství a humanitních věd za profesionální přístup a získané znalosti během celého studia.

## **Abstrakt**

Diplomová práce na téma „Hodnocení investice výstavby rodinného domu a jeho zásobování energiemi“ představuje komplexní pohled na energetický koncept budovy a jeho ekonomické hodnocení. Práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části je prostřednictvím rešerše literatury čtenář seznámen s požadavky na energetickou náročnost budov a s problematikou hodnocení investic. Součástí teoretické části je zároveň autorovo posouzení ekonomických předpokladů a popis stavu okolního světa pro hodnocení investice v aktuálním čase.

Praktická část je zaměřena na specifický koncept rodinného domu. Zde je aplikován postup na energetickou optimalizaci budovy a výběr vhodných technických systémů budovy na základě kritérií ekonomické efektivity. Hlavním ukazatelem ekonomické efektivity je čistá současná hodnota (NPV), která je kombinována s citlivostními analýzami na zvolené parametry. Vnitřní výnosové procento (IRR) je také hodnoceno, ale je mu přiřazována nižší váha než NPV. Práce nabízí holistický pohled na investiční rozhodování v kontextu výstavby rodinného domu a poskytuje základní rámec pro hodnocení energetického mixu budovy a atraktivity celkové investice.

## **Klíčová slova**

Energetická náročnost budov, efektivnost investic, hodnocení variant, čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento, nízkoenergetická budova, vytápění rodinného domu, zásobování budovy energiemi, energetická bilance, metody financování, energetický mix, náklady příležitosti.

## **Abstract**

The master's thesis titled "Family House Project Economic Evaluation and its Energy Supply" offers a comprehensive view on the energy concept of a building and its economic evaluation. The thesis is divided into theoretical and practical parts. In the theoretical part, the reader is familiarized with the requirements for the energy performance of buildings and the issues surrounding investment evaluation through a literature review. The theoretical part also includes the author's assessment of economic assumptions and a description of the state of the surrounding world for investment evaluation in the current time.

The practical part is focused on a specific concept of a family house. Here, the procedure for energy optimization of the building is applied, and suitable technical building systems are selected based on economic efficiency criteria. The main indicator of economic efficiency is the Net Present Value (NPV), which is combined with sensitivity analyses on selected parameters. The Internal Rate of Return (IRR) is also evaluated, but it is given less weight than NPV. The thesis offers a holistic view of investment decision-making in the context of building a family house and provides a basic framework for evaluating the energy mix of the building and the attractiveness of the overall investment.

## **Key words**

Energy performance of buildings, Investment efficiency, Evaluation of alternatives, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Low-energy building, Heating of a family house, Energy balance, Financing methods, Energy mix, Opportunity costs.

## Obsah

Seznam použitých zkratek .....	11
1 Úvod .....	12
1.1 Motivace ke zpracování tématu .....	13
2 Energetická náročnost budov (ENB).....	14
2.1 Definice pojmů ve vztahu k ENB.....	14
2.2 Historie požadavků na energetickou náročnost budov.....	17
2.3 Externality.....	18
2.3.1 Průkopníci teorie externalit.....	18
2.3.2 Soukromá opatření pro řešení externalit .....	18
2.3.3 Vládní opatření pro řešení externalit .....	19
2.4 Legislativa ENB .....	22
2.4.1 Současná právní úprava ENB .....	22
2.4.2 Budoucnost požadavků na ENB.....	25
2.5 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) .....	25
3 Ekonomické hodnocení investic .....	26
3.1 Předpoklady pro ekonomické hodnocení investic .....	26
3.1.1 Přístup investora k riziku .....	26
3.1.2 Ekonomická životnost.....	26
3.1.3 Reinvestice TZB.....	26
3.1.4 Predikce ceny elektřiny .....	26
3.1.5 Eskalace cen elektřiny .....	27
3.1.6 Diskont.....	27
3.1.7 Inflace .....	29
3.1.8 Daně .....	29
3.1.9 Úvěr .....	29
3.1.10 Varianty financování.....	30
3.1.11 Cena volného času.....	32
3.1.12 Dotace .....	32
3.2 Kritéria ekonomické efektivnosti .....	32
3.2.1 Čistá současná hodnota.....	32
3.2.2 Analýza citlivosti .....	33



3.2.3	Vnitřní výnosové procento .....	34
4	Hodnocená budova .....	35
4.1	Návrh teplosměnné konstrukce budovy .....	35
4.1.1	Volba stavebního materiálu obvodového pláště .....	36
4.1.2	Okrajové podmínky výpočtu.....	36
4.1.3	Parametry užívání budovy:.....	38
4.1.4	Energetická náročnost hodnocené budovy:.....	38
4.2	Energetická optimalizace posuzované budovy .....	40
4.2.1	Situace a souvislosti v území .....	40
4.2.2	Orientace vůči světovým stranám.....	40
4.2.3	Optimalizace tvaru .....	40
4.2.4	Tepelné zónování a dispozice.....	40
4.2.5	Obvodový plášť.....	40
4.2.6	Tepelné mosty .....	41
4.2.7	Výplně otvorů .....	41
4.2.8	Průvzdušnost obálky.....	42
4.2.9	Nucené větrání s rekuperací tepla .....	42
4.2.10	Zdroje a distribuce tepla.....	43
4.3	Parametry budovy po optimalizaci.....	43
4.3.1	Energetické parametry .....	43
4.3.2	Náklady na výstavbu budovy.....	43
5	Technické zařízení budovy.....	44
5.1	Nucené větrání s rekuperací tepla .....	44
5.2	Vytápění, chlazení a příprava TV .....	44
5.2.1	Varianta č. 1: Tepelné čerpadlo vzduch/voda .....	44
5.2.2	Varianta č. 2: Elektrický kotel .....	45
5.2.3	Varianta č. 3: Kotel na dřevní štěpku .....	46
5.2.4	Varianta č. 4: Kotel na peletky.....	46
5.1	SWOT analýza variant vytápění.....	47
5.2	Vyhodnocení variant vytápění a ohřevu TV .....	48
5.2.1	Citlivostní analýzy.....	48
6	Spotřeba elektřiny.....	50
6.1	Společná spotřeba elektřiny.....	50
6.2	Spotřeba elektřiny v domácnostech.....	50

---

7	Návrh FVE .....	52
7.1	Ekonomická efektivnost investice do FVE .....	53
7.2	Citlivostní analýzy .....	54
8	Ekonomická efektivnost celého projektu .....	58
9	Závěr .....	60
	Seznam literatury a použitých zdrojů .....	61
	Seznam tabulek .....	64
	Seznam grafů .....	64
	Seznam obrázků .....	65
	Příloha č. 1 Vzor PENB konceptu budovy .....	66
	Příloha č. 2 Cash flow – varianty vytápění .....	76

## Seznam použitých zkratek

A/V	Poměr ochlazované plochy a vytápěného objemu budovy (Area/Volume)
BAT	Nejlepší dostupné techniky (Best Available Techniques)
BREF	Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách (BAT reference documents)
CAPM	Model oceňování kapitálových aktiv (Capital Asset Pricing Model)
CF	Cash flow
COP	Topný faktor (Coefficient of Performance)
CPI	Index spotřebitelských cen (Consumer Price Index)
ČSN	Česká státní norma
DPH	Daň z přidané hodnoty
EAA	Ekvivalentní roční tok hotovosti (Equivalent Annual Annuity)
ENB	Energetická náročnost budov
EPBD	Směrnice o energetické náročnosti budov (Energy performance of buildings directive)
EU – ETS	Evropský systém pro obchodování s emisemi
FVE	Fotovoltaická elektrárna
IRR	Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)
NPV	Čistá současná hodnota (Net Present Value)
nZEB	Budova s téměř nulovou spotřebou (nearly Zero-Energy Buildings)
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
PPI	Index cen výrobců (Producer's Price Index)
PXE	POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE, a.s.
RD	Rodinný dům
RPSN	Roční procentuální sazba nákladů
TČ	Tepelné čerpadlo
TV	Teplá voda
TZB	Technické zařízení budov
VZT	Vzduchotechnika
WACC	Vážená cena kapitálu (Weighted Average Cost of Capital)
ŽP	Životní prostředí

## 1 Úvod

Diplomová práce hodnotí ekonomickou efektivnost investičního projektu, kterým je výstavba a provoz rodinného domu s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB). Součástí této práce je také návrh stavebně energetického řešení budovy a návrh energetického mixu. Vzhledem k charakteru studijního oboru bude stavebně technická část práce pojata primárně z pohledu energetika a harmonizována dle vyhlášky č. 264/2020 o energetické náročnosti budov, jejímž hlavním pilířem je stanovení nákladově optimální úrovně požadavků na energetickou náročnost.

Základní konstrukci úsporného domu je možné realizovat několika různými způsoby, které se navzájem odlišují využitím různých stavebních materiálů a postupů. Spektrum možností zahrnuje lehké dřevěné konstrukce, středně těžké zdivo, jako jsou dutinové cihly, vápenopískové cihly a pórobeton a těžké konstrukce z železobetonu. Je zřejmé, že každá technologie výstavby přináší své výhody a nevýhody v oblastech jako jsou cena, trvanlivost, fyzikální vlastnosti a požadavky na technologickou kázeň při výstavbě.

Tradičně byl výběr specifické konstrukční technologie a výběr technického zařízení budovy ponechán na stavebníkovi, který se často rozhodoval na základě svých subjektivních preferencí, zejména pak v případě rodinné výstavby. Avšak, v aktuálním prostředí, kde je stále více důrazu kladeno na energetickou náročnost budov, je zcela nezbytné posuzovat každý projekt společně s energetickým specialistou. Rozhodovací proces při výběru z dostupných alternativ by měl zohlednit nejen architektonický, stavební a energetický pohled, ale také základní kritéria ekonomické efektivnosti za dobu ekonomické životnosti domu. Musíme mít také na paměti skutečnost, že stavba domu je dlouhodobou investicí s dobou životnosti často dosahující vyšších desítek let. Proto je při posuzování ekonomické efektivity důležité vzít v úvahu nejen počáteční náklady na stavbu, ale také provozní náklady a dostupnost energií v průběhu celé doby porovnání investice.

Při dlouhodobých predikcích cen energií obecně přijímáme předpoklad, že cena poroste v čase. Předpoklad růstu cen energií je opodstatněný i pro situace, že by primární zdroje energie na světových trzích nerostly, či dokonce mírně klesaly. Cenu energií na našem území i tak v budoucnu bude zvyšovat zpřísnění ekologické politiky EU a její neustálé snahy předkládat ambicióznější klimatické cíle. Na cenu elektřiny bude mít vliv zvyšování měrných nákladů na provoz sítí, jejichž provozovatelé se budou potýkat s nerovnoměrným zatížením v důsledku omezování stabilních uhelných zdrojů a zařazováním OZE. Proto je investice do energeticky úsporné budovy pro racionálního investora z dlouhodobého pohledu výhodná a může sloužit jako efektivní zajišťovací prostředek pro snížení dopadů rostoucích cen energií.

Pro objektivní hodnocení investice je dále potřeba do výpočtů zahrnout položky, které neprocházejí oficiálním trhem. Jedná se především o ekonomické náklady obětované příležitosti, které souvisejí s provozem rodinného domu. Mohou to být zejména cena volného času, cena poškozeného zdraví při dlouhodobém pobytu ve špatně větraném/vytápěném prostředí, snížení komfortu hlukem, aj.

V této diplomové práci bude uveden příklad rodinného domu s velmi nízkými nároky na dodávky energie. Budou navrženy varianty vytápění, ohřevu teplé vody, chlazení, větrání se zpětným získáváním tepla, úpravou vlhkosti vzduchu a osvětlení. Dále budou posuzovány investiční a provozní náklady navržených variant TZB a vybrány nejvýhodnější z nich na základě maximalizace NPV.

Po navržení obálky budovy s optimálními parametry a výběru vhodných technických systémů, bude veškerá spotřeba elektrické energie v rodinném domě přepočítána do hodinového kroku a navržena

optimální velikost fotovoltaické elektrárny, pokud ovšem ekonomicky efektivní varianta FVE bude existovat.

## 1.1 Motivace ke zpracování tématu

V letech 2021 a 2022 byla aktuálním tématem vysoká cena energií a související negativní jevy, jako energetická chudoba či přerušování dodávek plynu, elektřiny a tepla. Česká média téměř neustále informovala o tom, že velké množství domácností nebude mít dostatek finančních prostředků na úhradu účtů za energie a veřejný prostor ovládala v této oblasti mírná panika. Ceny a dostupnost energií byly jedním z nejdiskutovanějších témat napříč odbornou i laickou veřejností.

V té době jsem začal uvažovat o investičním záměru, postavit nízkoenergetický bytový dům, který by vynikal velmi nízkými požadavky na potřebu energie a v důsledku toho i nízkými náklady na provoz. Takový bytový dům by mohl mít konkurenční výhodu oproti většině stávajících domů s vysokými energetickými nároky, což by se také mohlo projevit na požadované výši nájemného.









Jednalo by se o architektonicky málo komplikovanou stavbu, která by byla optimalizována primárně z ekonomického a energetického pohledu. Vzhledem k možnosti využít pozemek, o kterém jsem se domníval, že by mohl být pro tento záměr vhodný, provedl jsem šetření, jestli by bylo možné stavbu na pozemek umístit. Bohužel stavba bytového domu by dle aktuálního územního plánu nebyla možná. Možná je však výstavba velkého rodinného domu se třemi bytovými jednotkami. Proto bych rád v rámci této diplomové práce vyhodnotil ekonomickou efektivnost investice do stavby tříbytového nízkoenergetického rodinného domu.

Dalším dílčím záměrem je v rámci návrhu energetického mixu budovy posoudit ekonomickou efektivnost vytápění objektu biomasou, kterou by bylo možné pěstovat na vlastních pozemcích vzdálených 3 km od domu.

## 2 Energetická náročnost budov (ENB)

Pojem energetická náročnost budov se vztahuje k množství energie potřebné k provozu budovy, a to zejména k vytápění, chlazení, ohřevu teplé vody, větrání a osvětlení. Hodnoty vyjmenovaných základních ukazatelů jsou také povinnou součástí průkazu energetické náročnosti budov viz obr. 2-1.

[1]

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	
 Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	0,18 W/(m <sup>2</sup> .K) <b>A</b>
 Měrná potřeba tepla na vytápění	15 kWh/(m <sup>2</sup> .rok)
<b>Celková dodaná energie</b>	<b>41 kWh/(m<sup>2</sup>.rok) <b>A</b></b>
 Vytápění	16 kWh/(m <sup>2</sup> .rok) <b>A</b>
 Chlazení	1 kWh/(m <sup>2</sup> .rok)
 Nucené větrání	2 kWh/(m <sup>2</sup> .rok) <b>A</b>
 Úprava vlhkosti	-
 Příprava teplé vody	18 kWh/(m <sup>2</sup> .rok) <b>B</b>
 Osvětlení	4 kWh/(m <sup>2</sup> .rok) <b>C</b>

Obr. 2-1 Ukazatele energetické náročnosti budovy – vzorová tabulka z PENB

V zemích Evropské unie jsou energetické nároky budov zodpovědné za 40 % veškeré spotřebované energie a za 36 % emisí skleníkových plynů. Proto je v současnosti ENB jedním z nejdiskutovanějších témat evropské environmentální politiky. [2]

ENB je komplexní pojem, který v sobě zahrnuje tyto prvky:

- Energetický management a chování uživatelů budovy
- Stavebně konstrukční řešení budovy, a to především tepelně fyzikální vlastnosti konstrukcí
- Energetické zisky z okolního prostředí
- Energetickou účinnost technologií
- Využití OZE
- Podíl spotřeby neobnovitelných zdrojů energie

### 2.1 Definice pojmů ve vztahu k ENB

V této podkapitole je uveden seznam základních pojmů vztahujících se k tématu ENB a také k tématu diplomové práce „Hodnocení investice výstavby rodinného domu a jeho zásobování energiemi“. Následující pojmy jsou zejména převzaty z vyhlášky 264/2020 sb., o energetické náročnosti budov, zákona 406/2000 sb., o hospodaření s energií, zákona 183/2006 sb., stavební zákon a vyhlášky 501/2006 sb., o obecných požadavcích na využívání území.

**Budova s téměř nulovou spotřebou energie** je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů. [1]

**Budovou** je nadzemní stavba a její podzemní části, prostorově soustředěná a navenek převážně uzavřená obvodovými stěnami a střešní konstrukcí, v níž se používá energie k úpravě vnitřního prostředí za účelem vytápění nebo chlazení. [1]

**Celková energeticky vztažná plocha budovy nebo ucelené části budovy** je vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím ve všech podlažích budovy nebo její ucelené části. [1]

**Energeticky vztažná plocha podlaží** je obestavěná plocha v každém podlaží, která vychází z vnějších půdorysných rozměrů. [1]

**Energonositel** je hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla nebo na ovládání chemických nebo fyzikálních procesů. [4]

**Chlazení** je proces odvodu tepla z ochlazovaného prostoru zajišťovaný příslušným technickým zařízením za účelem vytvoření tepelné pohody či požadovaného stavu vnitřního prostředí. [1]

**Nákladově optimální úroveň** jsou stanovené požadavky na energetickou náročnost budov nebo jejich stavebních nebo technických prvků, která vede k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu. [1]

**Nucené větrání** je větrání pomocí mechanického zařízení. [4]

**Obálka ucelené části budovy** je soubor všech teplosměnných konstrukcí na hranici ucelené části budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru nebo sousední budově nebo sousední zóně budovy nespádající do ucelené části budovy. [4]

**Obytná zóna** je zóna obsahující byty a prostory plnící funkce domovní komunikace a domovního vybavení k těmto bytům s výjimkou garáže v obytné budově nebo v obytné části budovy jiného účelu. [4]

**Plochy bydlení** se obvykle samostatně vymezují za účelem zajištění podmínek pro bydlení v kvalitním prostředí, umožňujícím nerušený a bezpečný pobyt a každodenní rekreaci a relaxaci obyvatel, dostupnost veřejných prostranství a občanského vybavení. Plochy bydlení zahrnují zpravidla pozemky bytových domů, pozemky rodinných domů, pozemky související dopravní a technické infrastruktury a pozemky veřejných prostranství. [5]

**Podlahovou plochu bytu** v jednotce tvoří půdorysná plocha všech místností bytu včetně půdorysné plochy všech svislých nosných i nenosných konstrukcí uvnitř bytu, jako jsou stěny, sloupy, pilíře, komíny a obdobné svislé konstrukce. Půdorysná plocha je vymezena vnitřním lícem svislých konstrukcí ohraničujících byt včetně jejich povrchových úprav. Započítává se také podlahová plocha zakrytá zabudovanými předměty, jako jsou zejména skříně ve zdech v bytě, vany a jiné zařizovací předměty ve vnitřní ploše bytu. [6]

**Podlaží** je přístupný prostor vymezený dvěma nad sebou následujícími nosnými konstrukcemi stropu nebo hrubé podlahy na terénu nebo konstrukcí střechy včetně podkroví. [1]

**Pomocná energie** je energie potřebná pro provoz technických systémů. [4]

**Primární energií z neobnovitelných zdrojů energie** je energie, která neprošla žádným procesem přeměny; její výše je vypočtena pomocí faktorů primární energie z neobnovitelných zdrojů energie. [4]

**Průkaz energetické náročnosti** je dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy. [1]

**Přirozené větrání** je větrání založené na principu teplotního a tlakového rozdílu vnitřního a venkovního vzduchu. [4]

**Referenční budova** je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. [4]

**Rodinný dům** je taková stavba, ve které více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé rodinné bydlení a je k tomuto účelu určena; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, nejvýše dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví. [5]

**Stavbou** se rozumí veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce, na účel využití a dobu trvání. [3]

**Systémem vytápění** je zařízení sloužící pro úpravu vnitřního prostředí, při níž dochází ke zvyšování teploty, které je součástí budovy. [1]

**Technickým systémem budovy** je zařízení určené k prostorovému vytápění, prostorovému chlazení, větrání, úpravě vlhkosti vzduchu a osvětlení vnitřního prostoru budovy, přípravě teplé vody, automatizaci a řízení, místní výrobě elektřiny nebo kombinace těchto systémů včetně těch, které využívají energii z obnovitelných zdrojů. [1]

**Tepelné čerpadlo** je zařízení, které přenáší teplo ze vzduchu, vody nebo půdy do budov nebo průmyslových zařízení nebo z budov nebo průmyslových zařízení do okolního prostředí tak, že odebírá teplo z prostředí s nižší teplotou a předává jej do prostředí s vyšší teplotou proti směru jeho přirozeného sdílení. [1]

**Typické užívání budovy** je obvyklý způsob užívání budovy v souladu s podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu stanovený pro účely výpočtu energetické náročnosti budovy. [4]

**Ucelená část budovy** je podlaží, byt nebo jiná část budovy, která je určena k samostatnému používání nebo byla za tímto účelem upravena. [1]

**Účinné vytápění a chlazení** je způsob vytápění nebo chlazení, který nákladově efektivně snižuje množství vstupní primární energie nezbytné k dodání jednotky energie do stavby v porovnání s výchozím stavem při zohlednění energie potřebné pro získání vstupní primární energie, její přeměnu, přepravu a distribuci. [1]

**Upravovaným vnitřním prostředím** je prostředí uvnitř obálky budovy, které je definováno návrhovými hodnotami teploty na vytápění nebo chlazení. [1]

**Úspora energie** je množství ušetřené energie určené měřením nebo výpočtem spotřeby energie před provedením jednoho či více opatření ke zvýšení účinnosti užití energie a po něm, při zajištění normalizace vnějších podmínek, které spotřebu energie ovlivňují. [1]

**Venkovní prostředí** je venkovní vzduch, vzduch v přilehlých nevytápěných prostorech, přilehlá zemina, sousední budova a v případě hodnocení ucelené části budovy i jiná sousední zóna. [4]



**Vypočtená spotřeba energie** je energie, která se stanoví z potřeby energie pro zajištění typického užívání budovy se zahrnutím účinností technických systémů, v případě spotřeby paliv je spotřeba energie vztažena k výhřevnosti paliva. [4]

**Zvýšením účinnosti užití energie** je nárůst účinnosti užití energie v důsledku technologických nebo ekonomických změn nebo v důsledku změn v lidském chování. [1]

## 2.2 Historie požadavků na energetickou náročnost budov

Celé dějiny budování lidských příbytků od pravěku až do poloviny 20. století jsme nebyli limitováni žádnými právními předpisy ve vztahu k energetické náročnosti budov. Jediná omezení, která limitovala spotřebu energie na vytápění<sup>1</sup>, souvisela s technickými a ekonomickými možnostmi uživatele budovy. V 19. století a 1. polovině 20. století, se obvykle vytápěly jen některé místnosti obytných budov lokálními kamny na tuhá paliva. V jedné obytné místnosti vytápěné na teploty kolem 17 °C pobývala dost často celá domácnost. Vytápěcí cyklus býval přerušovaný s výraznými útlumovými režimy (když byly obyvatelé v zaměstnání či ve škole, tak se netopilo). Vzácnost paliv, dlouhé útlumové režimy a vytápění omezených prostorů v obytných domech měly za následek, že i v případě neexistence legislativních omezení bylo možné energeticky náročné budovy vytápět udržitelným způsobem. Výše popsaný způsob vytápění se týkal také většiny ostatních neobytných budov. [7]

Technologie výstavby domů se příliš dramaticky nevyvíjely – dům postavený v roce 1920 měl podobné energetické parametry jako dům postavený o padesát let později, ale i o padesát let dříve.

V 50. letech 20. století se v ČR začaly objevovat první předpisy s požadavky na potřebu tepla a požadavky na tepelný prostup stavebních konstrukcí. První česká státní norma, která se problematikou zabývala, je ČSN 1450 z roku 1949. V 60. až 80. letech následovalo zavedení dalších národních technických norem, ale energetická náročnost budov se snižovala velmi pomalu. Zásadní vývoj z hlediska požadavků na ENB nastal až v 90. letech 20. století, kdy v důsledku harmonizace s evropskými normami bylo do národního právního prostředí převzato velké množství podrobně zpracovaných předpisů regulujících energetickou náročnost budov. [8]

Naproti tomu ve 20. století se vlivem masové mechanizace v těžebním průmyslu a rozvoje všech energetických odvětví (elektroenergetika, plynárenství a teplárenství), snížila vzácnost energie a tím i výrazně klesala její cena. Snížení cen energie mělo za následek její nadužívání ve všech sektorech vč. vytápění a provozu obytných budov. Energeticky neúsporné budovy se začaly vytápět celé na pobytovou tepotu 21 až 26 °C<sup>2</sup>. Kromě rodinných domů vytápěných kotli na tuhá paliva se omezily útlumové režimy a energetické ztráty byly, a dodnes často ještě jsou enormní.

---

<sup>1</sup> U starých, energeticky neúsporných budov tvořila potřeba tepla na vytápění většinu všech energetických požadavků na provoz budovy. Proto když hodnotíme ENB budov v historickém kontextu, tak můžeme u starých budov považovat energii potřebnou na vytápění za dominantní a téměř rovnu energii potřebné na provoz budovy.

<sup>2</sup> V České republice je přetápění obytných prostorů v kombinaci s vysokou energetickou náročností budov velkou zátěží pro energetickou soustavu. Přetápění vnitřního prostředí o 1 °C, zvyšuje průměrnou spotřebu tepla na vytápění až o 6 %. [9]

Za dlouhodobě nízkou cenou energie však nestál pouze technologický pokrok a dobrá dostupnost surovin. Energie byla levná také proto, že jsme do její ceny nezahrnuli veškeré náklady, které na její výrobu byly vynaloženy. Tyto opomenuté společenské náklady jsou extrémně vysoké a na jejich úhradě se bude podílet několik příštích generací. Náklady, které nebyly do ceny energií započítány se nazývají negativní externality.

## 2.3 Externality

„Externalita je důsledek činností jednoho člověka na blahobyt lidí neúčastnících se této činnosti“ [10, s. 213].

Negativní externalita je případem selhání tržního prostředí a způsobuje neefektivní alokaci zdrojů. Negativní externality vznikají za situace, kdy zájem jednotlivce či skupiny stojí nad zájmy společnosti jako celku a při jeho činnosti vznikají nežádoucí vedlejší efekty či znečištění. Negativní externality, které budeme hodnotit v této práci budou zejména emise skleníkových plynů. [10, s. 213] [11, s. 380]

Abychom byli objektivní, tak v důsledku výroby a spotřebovávání velkého množství levné energie nevznikaly pouze negativní externality, ale také mnoho externalit pozitivních. Došlo k velkému technologickému pokroku, který se šířil v rámci celé společnosti. Dokonce i rozvojové oblasti světa, které se na spalování fosilních paliv výrazným způsobem nepodílely, mohou těžit z globálního technologického rozvoje. Nyní však náklady negativních externalit ze spalování fosilních paliv převyšují pozitivní užitek a je nutné tyto externality internalizovat. Výhodou je, že společnost je již na tak vysoké úrovni technologického vývoje, že je možné ekologicky úsporná řešení aplikovat, bez hrozby fatálních dopadů na globální hospodářství, avšak náklady na zavedení energeticky efektivních opatření budou vysoké. [10, s. 217]

### 2.3.1 Průkopníci teorie externalit

Nástrojů a strategií, které mohou zmírnit dopady negativních externalit máme k dispozici mnoho. Tyto nástroje si můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin: soukromé a vládní. Soukromými možnostmi řešení negativních externalit se jako první zabýval ekonom Ronald H. Coase. Coasův teorém tvrdí, že optimálního výsledku řešení externalit lze dosáhnout na základě soukromých vyjednávání. Současně však připouští, že k těmto vyjednáváním často nedochází v důsledku vysokých transakčních nákladů. Coase svůj výzkum prováděl v 1. polovině 20. století, a tudíž pravděpodobně neměl představu o dnešních možnostech sociálního propojení společnosti. V dnešní době již transakční náklady na to, aby se určité zájmové skupiny informačně propojili a začali koordinovaně jednat nejsou vysoké. [12, s. 334] [10, s. 221] [11, s. 386]

Naopak ekonom Arthur Pigou byl přesvědčen, že není jiné řešení než koordinované zásahy státu v podobě zdanění negativních externalit a subvencování pozitivních externalit. Je vhodné si tohoto ekonomu připomenout, protože jeho práce stojí za základy ekonomie externalit a pojem Pigouovy daně je dodnes používán pro všechny typy hojně diskutovaných a uplatňovaných uhlíkových daní, které s naším oborem silně souvisí. [12, s. 334] [10, s. 223]

### 2.3.2 Soukromá opatření pro řešení externalit

Pro řešení nedokonalostí trhů není vždy nutný zásah státu. Pokud existuje možnost využití soukromých řešení problémů externalit, měla by být taková řešení využita. [10, s. 220]

V energetice může soukromé narovnání poškozeného trhu externalitami vypadat například tak, že určité skupiny zákazníků budou požadovat záruky o původu „zelené energie“, čímž sníží poptávku po energii z fosilních zdrojů. Tyto snahy se na současném trhu s energiemi ve velkém měřítku prosazují, ale na zásadní snížení emisí skleníkových plynů nemá tato činnost ještě dostatečný vliv. [14]

Nejdůležitějším soukromým mechanismem na snižování energetické náročnosti (zprostředkovaně i externalit) napříč odvětvími jsou tržní síly, které řídí tzv. „neviditelná ruka trhu“. Základem je myšlenka, že každý racionální účastník trhu maximalizuje svůj vlastní užitek. Při maximalizaci svého užitku zavádí konkurenční opatření, která přináší zvýšení energetické účinnosti jeho produkce, čímž se přirozeně snižuje měrná poptávka po energiích. [11, s. 9]

Bohužel v ekonomických oblastech jako, je výroba elektřiny a tepla z fosilních zdrojů, vznikají externality, na jejichž nápravu jsou tržní mechanismy stále nedostačené. V takovém případě musí pomoci stát a zavést odpovídající a dostatečně účinné nástroje, které zajistí plnění klimatických cílů. [10, s. 223]

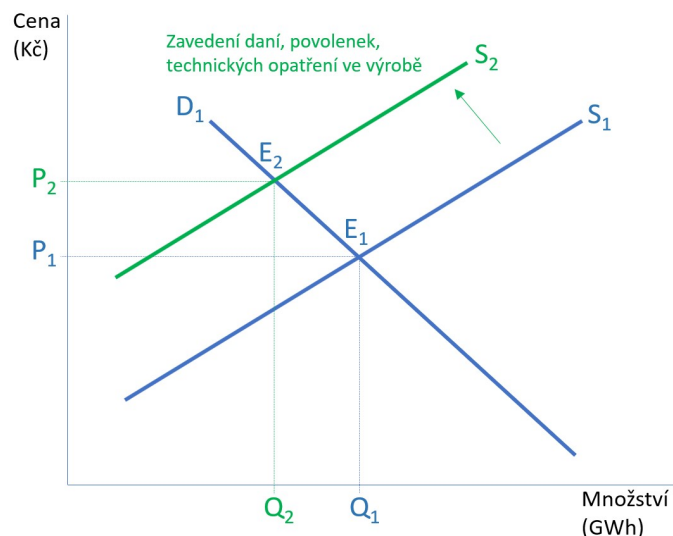
### 2.3.3 Vládní opatření pro řešení externalit

**Na straně výroby**, je možné omezit celkové množství emisí stanovením maximálních limitů či zpoplatněním vyprodukované CO<sub>2</sub> emisními daněmi či emisními povolenkami. Další z možností je výrobcům nařídit využití minimální technologické úrovně zařízení a předepsat nároky na energetickou účinnost.

Příklady konkrétních řešení, která jsou v současné době aplikována:

- Taxonomie – klasifikace hospodářských činností z hlediska dopadů na ŽP. Energetiky se nejvíce dotýká omezení podpory financování určitých emisních zdrojů, zejména uhelných.
- EU ETS (evropský systém pro obchodování s emisemi), vybraní producenti kupují povolenky na každou tunu CO<sub>2</sub> formou dražeb za tržní cenu. Systém povolenek je pro trh efektivnějším řešením než plošné zavedení uhlíkové daně.
- Požadavky na zvýšení účinnosti a nižší emise – aplikace referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách (BREF) na základě kterého se určují nejlepší dostupné techniky (BAT Best Available Techniques). [15]

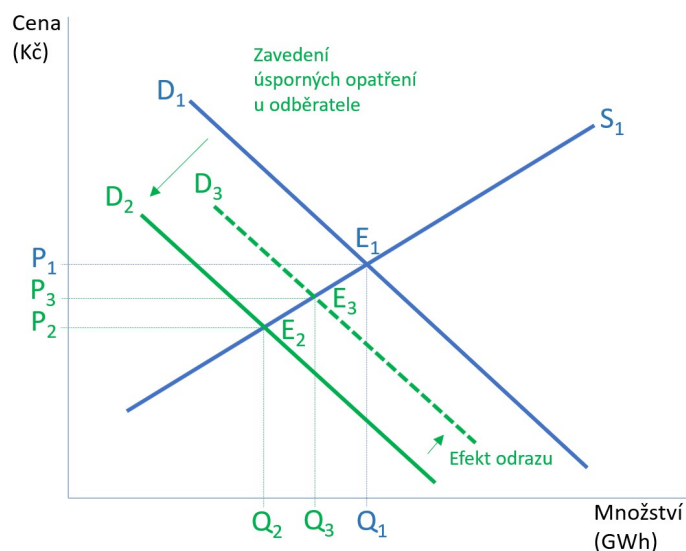
Efektem výše uvedených opatření by mohla být tržní situace znázorněná na obr. 2-2. Zde předpokládáme, že opatření budou uplatněna pro celý trh (například všechny fosilní zdroje v Evropské unii). Potom výrobci vlivem zvyšujících nákladů budou nabízet jednotku energie za vyšší cenu, křivka nabídky se posune nahoru a na trhu vznikne nový rovnovážný bod E<sub>2</sub>. Nová rovnovážná cena P<sub>2</sub> bude vyšší a obchodované množství se sníží na hodnotu Q<sub>2</sub>.



Obr. 2-2 Změna tržní rovnováhy po zavedení omezujících opatření na straně výroby

Emise vznikají při spalování fosilních paliv při výrobě energie, ale velmi efektivní nástroje pro snižování emisí existují i pro **stranu spotřeby**. Tyto nástroje souvisí především s nedobrovolným zaváděním úsporných opatření. Takovým vynuceným úsporným opatřením může být např. zavedení minimálních požadavků na energetickou náročnost budov.

Abychom si mohli na obr. 2-3 znázornit efekt těchto opatření, předpokládejme že úsporná opatření budou zaváděna na celém trhu. Zavedením úsporných opatření na straně spotřeby se poptávková křivka posune doleva. Na trhu dočasně vznikne nový rovnovážný bod  $E_2$ , při kterém se zobchoduje nižší množství energie  $Q_2$  za cenu  $P_2$ . Tato nová hypotetická rovnováha však nevydrží dlouho, a poptávková křivka se posune zpět směrem doprava. Za tímto částečným vrácením poptávkové křivky stojí tzv. efekt odrazu.



Obr. 2-3 Změna tržní rovnováhy po zavedení úsporných opatření na straně spotřeby

Efekt odrazu je jev, který bývá běžný při zavedení energeticky úsporných opatření. Tento efekt má na svědomí, že zvýšení energetické efektivity vede k nižším úsporám energie, než se původně očekávalo. [16]

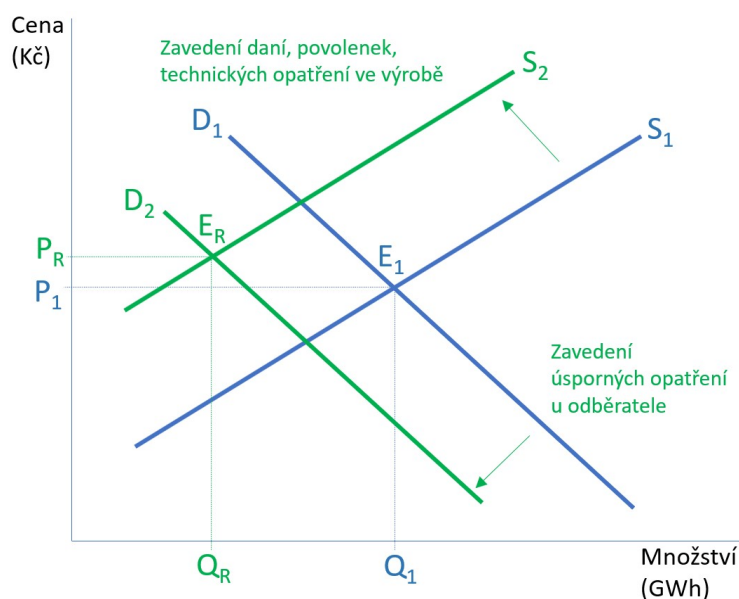
Příklad efektu odrazu v oblasti ENB by mohl vypadat následovně:

Majitel staršího cihlového domu ze 70. let, který je vytápěný kotlem na tuhá paliva, se rozhodne o zavedení úsporných opatření. Na fasádu a střešní konstrukce domu si nechá nainstalovat tepelně izolační prvky, vymění stará okna a pořídí si efektivnější zdroj vytápění, např. kotel s automatickým dodáváním paliva. Majitel očekával úsporu nákladů na vytápění v určité výši, ale po ročním vyhodnocení spotřeby zjistil, že jeho úspora je výrazně nižší, než plánoval. Majitel domu, který dříve každý den zatápel v kotli a vytápel dům na příjemnou pobytovou teplotu pouze odpoledne a večer, nyní objekt vytápí nepřerušovaně, bez útlumových režimů, což snížilo jeho očekávanou úsporu.

Při návrhu úsporných opatření, jak z hlediska stavebníka, tak i z pohledu tvůrců normativních opatření je zapotřebí brát efekt odrazu v úvahu.

Aby došlo k maximálnímu snížení emisí, zavádí vlády souběžná opatření jak na straně výrobců, tak i na straně spotřebitelů. Jen v takovém případě je možné docílit stanovených klimatických cílů.

Na obr. 2-4 je znázorněna tržní rovnováha nové nabídky a poptávky po energiích, po zavedení souběžných opatření na straně výroby (nabídky) a spotřeby (poptávky). Rovnovážný stav se posunul do bodu  $E_R$ , přičemž obchodované množství energie pokleslo z  $Q_1$  na  $Q_R$ . Změna ceny z  $P_1$  na  $P_R$  může být kladná i záporná, přičemž bude záviset na konkrétních reakcích trhu, a především na tom, jak se posune křivka nabídky a poptávky.



Obr. 2-4 Změna tržní rovnováhy po zavedení úsporných opatření na straně spotřeby a omezujících opatření na straně výroby

V posledních dvaceti letech bylo v rámci Evropské unie uzavřeno mnoho ekologických dohod, které stanovují stále ambicióznější cíle v oblasti dosažení uhlíkové neutrality. Investor, projektant i energetický specialista by měli mít o rámcovém obsahu ekologických dohod obecné povědomí, ale znalost konkrétního znění není nezbytná. Velmi důležitou informací je pro nás zatím závazek, který stanovuje snížení emisí skleníkových plynů o 55 % do roku 2030 a dosažení uhlíkové neutrality do

roku 2050<sup>3</sup>, z čehož si můžeme vytvořit představu o tom, jaké budou trendy v zavádění dalších opatření na omezení emisí skleníkových plynů. [17]

Pokud budeme předpokládat, že k dosažení uhlíkové neutrality bude nutné zavádět další opatření pro snižování emisí, můžeme také předpokládat, že v dlouhém období bude tendence k posouvání agregované nabídkové křivky energie směrem nahoru a agregované křivky poptávky směrem doleva významná.

Výše uvedené makroekonomické teorie můžeme použít k dlouhodobé predikci proměnných pro ekonomický model. V době návrhu budovy je však pro stavebníka zásadní znalost platných právních předpisů týkajících se výstavby a nároků na ENB v zemi, ve které bude realizovat svůj stavební projekt. Na úrovni Evropské unie se jedná především o aktuální Směrnice o energetické náročnosti budov, které jsou v souladu s dříve sjednanými ekologickými dohodami. Na úrovni členských států to jsou individuální právní úpravy, které vzniknou aplikováním evropských směrnic do národní legislativy. [18]

## 2.4 Legislativa ENB

Pro účely této práce se budeme zabývat pouze předpisy vztahujícími se k energetické náročnosti obytných budov.

- Zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií, je hlavním právním dokumentem vztahujícím se k ENB.
- Směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov (EPBD 1), je první evropská směrnice zabývající se primárně ENB. Stanovuje minimální požadavky na ENB, certifikaci budov a pravidelnou inspekci kotlů.
- Vyhláška 148/2007 sb. – vyhláška o energetické náročnosti budov – platnost do roku 2013. Byly zavedeny průkazy energetické náročnosti budov a vznikla národní metodika výpočtu ENB.
- Směrnice 2010/31/EU – byly definovány pojmy nZEB a nákladově optimální úroveň řešení. Byla zavedena nová metoda výpočtu ENB, požadavky na systémy automatizace a kontroly budov. Dominantní část dokumentu řeší problematiku rekonstrukcí stávajících objektů.
- Vyhláška 78/2013 Sb. Zavedení pojmů primární energie z neobnovitelných zdrojů a referenční budova v české legislativě, nová grafická podoba PENB.
- Směrnice 2018/844/EU. Na základě této směrnice vznikla aktuálně platná vyhláška 264/2020 Sb.

### 2.4.1 Současná právní úprava ENB

Aktuální právní podobu energetické náročnosti budov definuje zákon o hospodaření s energií 406/2000 Sb. a související vyhláška o energetické náročnosti budov 264/2020 Sb., dále jen vyhláška. První účinnost vyhlášky s mírnějšími požadavky pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB I) platila od 1. září 2020 do 31. prosince 2021. Původní požadavky byly velmi mírné, přičemž bylo možné stavět nové budovy, které nesplňovaly ani již ve stavebnictví běžný nízkoenergetický standard.

<sup>3</sup> Balíček Fit for 55

„Na základě evropského právního rámce pro klima se dosažení cíle EU v této oblasti, tj. snížení emisí EU do roku 2030 alespoň o 55 %, stává právní povinností. Země EU v současné době pracují na nových právních předpisech v zájmu dosažení tohoto cíle a zajištění klimatické neutrality EU do roku 2050“. [17]

Od 1. ledna roku 2022 platí přísnější pravidla vyhlášky, které upravují energetickou náročnost budov (nZEB II). Nové rodinné domy po této novele musí splňovat výrazně přísnější kritéria, která odpovídají stavebnímu standardu mezi nízkoenergetickým a pasivním domem. Od 1. ledna 2023 vešly v platnost další nové požadavky, které se týkají tří hlavních okruhů:

1. Zvýšení nároků na architektonicko-stavební koncept budovy
2. Technické systémy budov
3. Primární neobnovitelné a obnovitelné zdroje energie

V dřívějších právních úpravách byla hlavním kritériem pro hodnocení ENB vypočtená roční potřeba energie na provoz budovy, kterou je zejména potřeba tepla na vytápění a ohřev TV. To znamená, že se úsporná opatření vztahovala na množství energie spotřebované v odběrném místě. Současným hlavním kritériem pro výpočet ENB se stala roční potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů. Tato energie je na rozdíl od spotřebované energie v odběrném místě, vztažená již k výrobě.

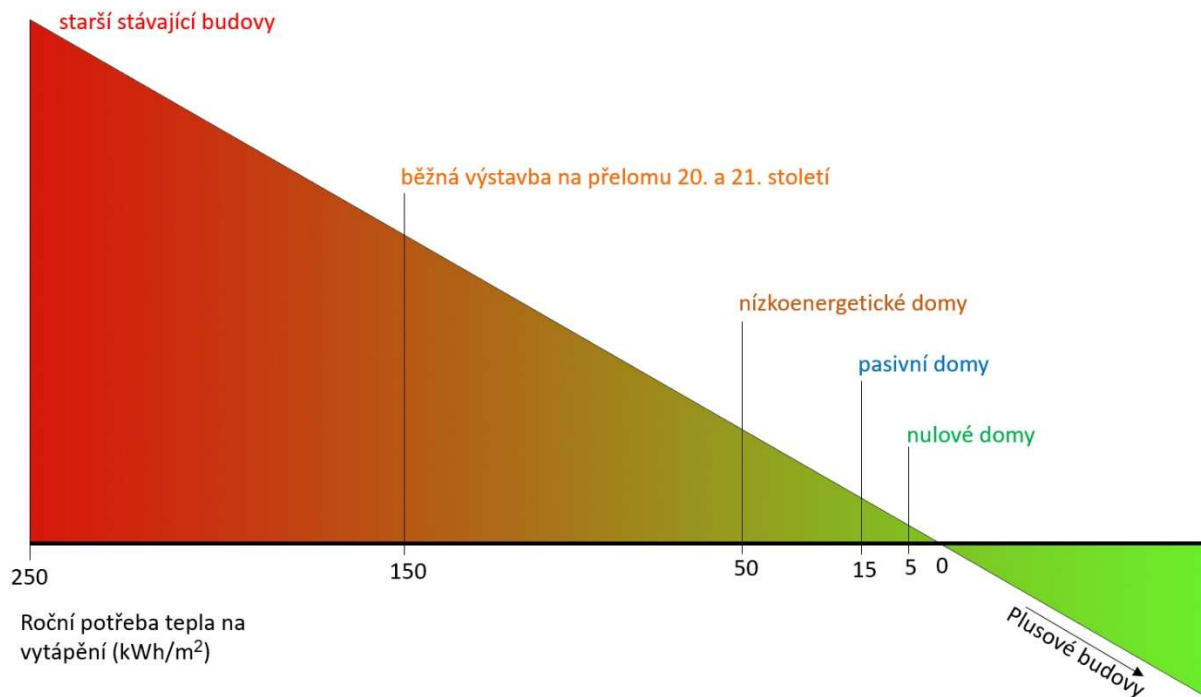
Primární energii můžeme chápat jako energii v základní, přírodní formě (například chemická energie v palivech, jaderná energie, energie vody, větru, slunce). Pro získání vyšší formy energie, je zapotřebí využít technologické přeměny, které s sebou nesou různou míru účinnosti. [18]

Pokud například bude zdrojem pro vytápění či ohřev teplé vody elektřina, nepočítáme s 1 kWh elektrické energie na straně měřené spotřeby, ale s 2,6 kWh energie primárního zdroje dle tab. 2-1, což představuje podstatně vyšší hodnoty oproti dřívějšímu způsobu výpočtu. Výše uvedená nová metrika je také důvodem, proč již v mnoha případech nelze nové domy vytápět elektrokotlí a přímotopy, ale je potřeba zvolit zdroj tepla s nižším faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů či zařadit obnovitelný zdroj energie, nejčastěji FVE s faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů, který je roven -2,6. Instalací většího OZE, je tak možné „vykoupit“ špatné energeticky koncepční řešení budovy a získat stavební povolení i na málo úspornou stavbu.

Tab. 2-1 Faktory primární energie z neobnovitelných zdrojů energie hodnocené budovy dle vyhlášky

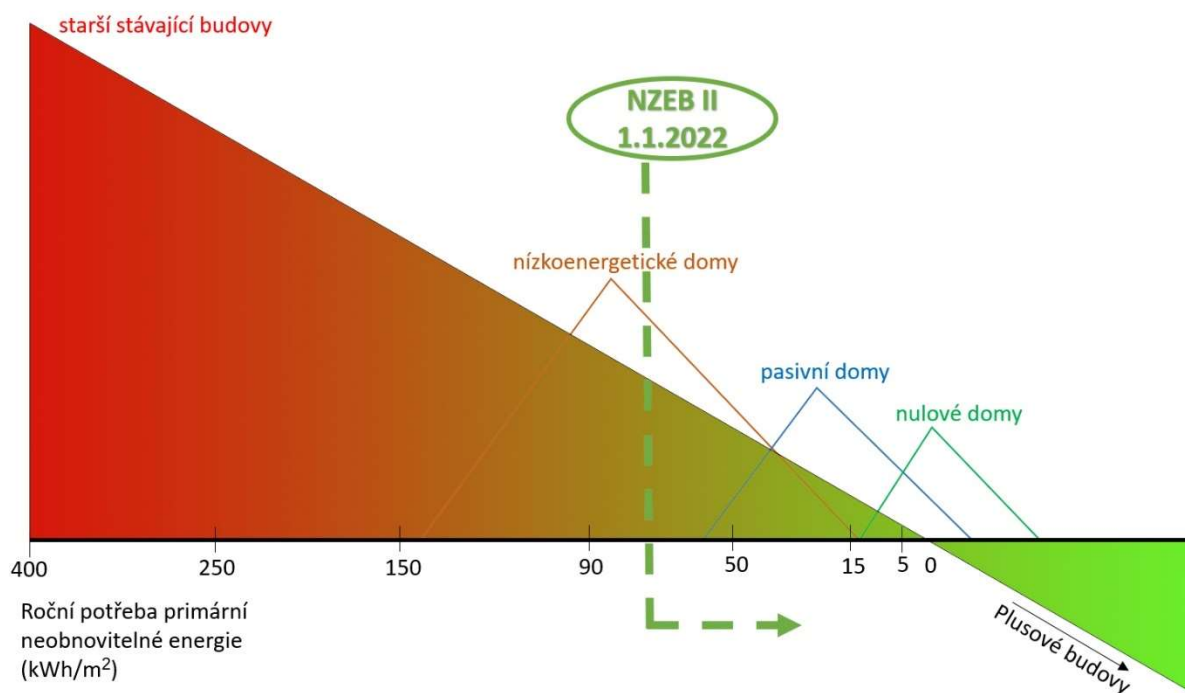
Energonositel	Faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů energie (-)
Zemní plyn	1
Tuhá fosilní paliva	1
Propan-butan/LPG	1,2
Topný olej	1,2
Elektřina	2,6
Dřevěné peletky	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	0,1
Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)	0
Elektřina – dodávka mimo budovu	-2,6
Teplo – dodávka mimo budovu	-1,3
Účinná soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem OZE	0,2
Účinná soustava zásobování tepelnou energií s 80% a nižším podílem OZE	0,9
Ostatní neuvedené energonositele	1,2

Na obr. 2-5 je zobrazeno schéma energetické náročnosti budov z pohledu roční potřeby tepla na vytápění a klasifikace budov dle energetických standardů. V tomto rozdělení je zohledněna pouze energetická náročnost budovy, bez ohledu na primární zdroje energie. [19]



Obr. 2-5 Rozdělení budov podle roční potřeby tepla na vytápění

Na následujícím obr. 2-6 je již zachycena roční potřeba primární neobnovitelné energie a přípustná hranice definovaná vyhláškou po 1. lednu 2022. Tato přípustná hranice závisí na typu budovy a pohybuje se kolem 75 kWh/m<sup>2</sup>. Z obrázky by mělo být patrné, že i domy postavené ve špatném nízkoenergetickém standardu je možné za využití vhodného zdroje tepla a OZE ještě kvalifikovat jako budovu s téměř nulovou spotřebou energie, přestože její stavebně energetické provedení neodpovídá ani pasivnímu standardu.



Obr. 2-6 Rozdělení budov podle roční potřeby primární neobnovitelné energie – vlastní zpracování



#### 2.4.2 Budoucnost požadavků na ENB

Při dlouhodobém plánování investic by nás mohlo zajímat, jak se budou vyvíjet příští legislativní opatření ve vztahu k ENB. Konkrétní znění budoucích právních předpisů znát nemůžeme, ale dnes již není složité predikovat trend, kterým budou požadavky na ENB směřovat. Jelikož politika Evropské unie směřuje k uhlíkové neutralitě, lze předpokládat dlouhodobě vyvíjející se tlak na stavebníky, aby nové stavby realizovali v pasivním, nulovém a plusovém standardu. Ačkoliv aplikací současně platné podoby vyhlášky již došlo k výraznému zpřísnění nároků na ENB, je potenciál k dalšímu zpřísnění stále ještě velký.

### 2.5 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Průkaz energetické náročnosti budov je dokument, který vyjadřuje, jaké jsou energetické parametry dané budovy nebo ucelené části budovy. V tomto dokumentu se kvantifikují veškeré energie spotřebované při standardním provozu hodnocené budovy. PENB je důležitým nástrojem pro hodnocení energetické efektivity budov a povinnost jeho pořízení a formální úpravu definuje zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií a vyhláška č. 261/2020 o energetické náročnosti budov. [32]

Povinnost vyhotovit PENB vzniká nejčastěji stavebníkům a vlastníkům budov v následujících případech:

- při výstavbě nových budov nebo při větších změnách dokončených budov
- při prodeji budovy nebo její části
- při pronájmu budovy nebo její části

Průkaz energetické náročnosti budov vyhotovuje pouze oprávněný energetický specialista, který složil odbornou zkoušku pro oblast zpracovávání PENB u Ministerstva průmyslu obchodu ČR a je zapsán v seznamu energetických specialistů. [1]

Vzor PENB vypracovaný pro hodnocenou budovu je součástí této diplomové práce jako příloha č. 1.

## 3 Ekonomické hodnocení investic

### 3.1 Předpoklady pro ekonomické hodnocení investic

Pokud se chystáme sestavit důvěryhodný ekonomický model je nutné si předem definovat veškeré možné předpoklady a omezující podmínky, ze kterých budeme při sestavování modelu vycházet. To je nezbytné především pro účely vhodného nastavení vstupních parametrů základních proměnných. Tyto parametry budou významně ovlivňovat výpočty NPV a IRR, ale také je využijeme pro volbu rozsahu hodnot citlivostních analýz. Přijaté předpoklady budou rozdílné, pokud investici bude realizovat velký korporátní investor, municipalita či drobný investor. Rozdíly ve výsledcích mohou být na základě přijatých předpokladů zásadní, proto tuto část zařadím na úvod kapitoly o ekonomickém hodnocení investic. [10, s. 46] [13, s. 19]

#### 3.1.1 Přístup investora k riziku

Investor zaujímá negativní postoj k riziku. Tito investoři obvykle zevrubně zkoumají investiční příležitosti a jsou opatrnější při rozhodování o investicích, které mohou představovat zvýšenou míru nejistoty. Do rizikových investic investují pouze v případě, že je očekávaný výnos dostatečně vysoký, aby dokázal kompenzovat riziko. [20, s. 46]

Dlouhodobé investice do nemovitostí do značné míry eliminují krátkodobé kolísání trhu, a proto bývají risk-averse investory často zařazovány do investičního portfolia.

#### 3.1.2 Ekonomická životnost

Ekonomická životnost stavebních a izolačních prvků budovy včetně stavebních výplní bude počítána na 40 let. Stavební konstrukce mají technickou životnost obvykle významně delší, ale z ekonomického hlediska při zohlednění diskontu nemá hodnocení za delší časové období zásadní význam.

Ekonomická životnost základních prvků technologického zařízení budov bude 15 let.

#### 3.1.3 Reinvestice TZB

U technického zařízení budovy budeme předpokládat, cyklickou obnovu do nekonečna.

#### 3.1.4 Predikce ceny elektřiny

Budoucí vývoj cen elektřiny je velmi složité predikovat. Cena silové elektřiny na burze pro rok 2022 byla velmi volatilní a pohybovala od 3 000 Kč/MWh a krátkodobě přesáhla hodnotu 20 000 Kč/MWh, přičemž průměrná burzovní cena komodity v minulém roce byla přibližně 7 000 Kč/MWh. Současná velkoobchodní cena silové elektřiny (duben 2022) se pohybuje pod 5 000 Kč/MWh. [21][22]

Ceny elektřiny v minulém roce, výrazně vrostly. Vlivem paniky na trzích došlo k nadměrnému nafouknutí cenové bubliny, která v současné době splaskává a dochází k výrazné cenové korekci. Domnívám se, že cena energií byla však do začátku roku 2021 podhodnocená (eskalace cen energií byla dlouhodobě pod tempem růstu inflace), a proto předpokládám, že i přes současný cenový pokles se ceny elektřiny ustálí na vyšších hodnotách oproti roku 2021.

Vycházím také z předpokladu, že elektroenergetika projde v následujícím období velkou inovací z pohledu účtování ceny za energie ve dne, v noci, v létě a zimě. Domnívám se, že se zavedením

flexibilních síťových tarifů může být cena za elektřinu ve špičkách, kdy bude přebytek energie z FVE nižší, což bude ekonomický nástroj, který bude motivovat spotřebitele ke zvýšení spotřeby právě v těchto špičkách. Pokud by byla cena elektřiny v době velkých slunečních zisků nižší, snížilo by to také ekonomickou efektivnost uvažované FVE, kterou zvažujeme na RD instalovat.

Vzhledem k tomu, že předpokládáme pokles cen elektřiny, budeme předpokládat že se rovnovážná velkoobchodní cena ustálí na ceně kolem 5 000 Kč/MWh.

**Celková základní maloobchodní cena elektřiny pro výpočty bude 8 500 Kč/MWh včetně všech jejích fixních a variabilních složek.**

Na cenu elektřiny bude provedena citlivostní analýza.

### 3.1.5 Eskalace cen elektřiny

Formálně existují modely pro výpočet cenové eskalace, které v sobě zahrnují vážené údaje o růstu hodnoty různých cenových indexů, nejčastěji se jedná o index spotřebitelských cen CPI, index cen průmyslových výrobců PPI, mzdové indexy apod. Tyto modely se však používají pro určení cen na následující rok a pro dlouhodobou predikci nejsou příliš vhodné. [23]

Pro účely našeho modelu se nebudeme snažit komplikovanými metodami odhadnout míru růstu cen elektřiny, ale budeme předpokládat, že platí základní pravidla ekonomie. Ekonomie je definována jako věda, která se zabývá rozdělováním vzácných zdrojů ve společnosti, přičemž nejdůležitějším pravidlem je zákon nabídky a poptávky. [10, s. 31]

Pokud připustíme, že vzácnost zdroje ovlivňuje jeho cenu, tak v případě energetiky můžeme v dlouhém období počítat s cenovou eskalací. Energetika je odvětví, které je závislé na mnoha vzácných zdrojích, jako jsou paliva, stavební materiály, železo, měď, hliník, lidské zdroje ad. Kromě tradičních materiálů je současná energetika závislá na dalších prvcích vzácných kovů a kovů vzácných zemin. Veškeré popsané zdroje jsou omezené a dochází k jejich vyčerpávání, což by se v průběhu času mělo projevit i v rostoucích nákladech energetického odvětví.

Dalším argumentem pro růst cen energií je dlouhodobá environmentální politika Evropské unie a závazek uhlíkové neutrality, což s sebou nese omezování fosilních zdrojů, zavádění uhlíkových daní a výrazný rozvoj méně stabilních OZE.

Na základě výše uvedených předpokladů jsem přesvědčen, že cena energií včetně elektřiny bude mít vyšší eskalaci, než ceny ve spotřebitelském koši CPI, který v tomto projektu považuji za základní ukazatel inflace.

Reálný meziroční růst ceny elektřiny budeme uvažovat 1 % nad očekávaný růst inflace podle indexu spotřebitelských cen CPI. Reálný růst ceny elektřiny za dobu životnosti projektu 40 let by za uvedeného předpokladu byl 50 %.

### 3.1.6 Diskont

Jak již bylo zmíněno v úvodu, tato diplomová práce se zabývá dlouhodobou investicí, kterou je výstavba a provoz rodinného domu. Ačkoliv se na první pohled může zdát, že parametry jako energetické ztráty budovy či investiční a jiné provozní výdaje zde budou nejdůležitějšími parametry, je význam správného stanovení diskontní míry z dlouhodobého pohledu přinejmenším stejně významným parametrem. Určení správné výše diskontu je vždy jedním z nejdůležitějších a

nejobtížnějších úkolů u finančního plánování. Citlivost čisté současné hodnoty na diskont je obvykle velmi silná, což si dokážeme v citlivostních analýzách.

Diskontem oceňujeme náklady ušlé příležitosti (opportunity cost). Jednou z nejlepších možností, jak dospět k diskontní míře je porovnat hodnocenou investiční příležitost s druhou nejlepší příležitostí, do které můžeme investovat a porovnat tyto investice z pohledu výnosu i rizika. [11, s. 56] [20, s. 45]

Diskontem označujeme náklady na vlastní kapitál a označujeme ho  $r_e$ . Diskont se obvykle skládá z bezrizikové složky  $r_f$  a prémie za riziko  $r_r$ .

$$r_e = r_f + r_r \quad (3-1)$$

Kde:

$r_e$  jsou náklady vlastního kapitálu  
 $r_f$  je výnos bezrizikové investice  
 $r_r$  je prémie za riziko

U investice do stavby rodinného domu včetně pořízení nutných technologií pro jeho provoz bychom běžně porovnávali diskont jen s bezrizikovou (risk free) investicí.

Za bezrizikové investice běžně považujeme státní dluhopisy a pokladniční poukázky. Pro fyzické osoby bych mezi bezrizikové investice zařadil i úročené termínované vklady na bankovních účtech. Pokladniční poukázky jsou považovány za nejbezpečnější aktiva, avšak pro běžného občana je dlouhodobá investice do nich komplikovaná a nepravděpodobná. Pokladniční poukázky slouží ke krátkodobému financování potřeb řádově na několik měsíců, a proto by investor dlouhodobě investující do pokladničních poukázek musel často uskutečňovat nákupy a prodeje těchto finančních instrumentů. Pro účel stanovení výše bezrizikového výnosu můžeme zvolit státní dluhopisy i termínované vklady na bankovních účtech. Já v této práci použiji informace o výnosech 10letých státních dluhopisů. [20, s. 217]

Současný roční výnos do splatnosti 10letých dluhopisů (ze dne 24. dubna 2023) dosahuje hodnot až 5,5 %. S touto výnosovou mírou bych však dlouhodobě nepočítal, a raději vyjdu z 20letého průměru výnosů ve výši **2,2 %**. [24]

Ačkoliv bychom u investice do běžného rodinného domu stanovili výši diskontu ve výši  $r_f$ , musíme připustit, že se jedná o významně zjednodušený předpoklad. Plánovaný rodinný dům má tři bytové jednotky a je určen primárně k pronájmu. Tato investice v sobě nese mnoho rizik, a proto v souladu s principem opatrnosti bychom měli stanovit příspěvek za riziko v přiměřené výši. Rizika spojená s touto investicí jsou v době realizace především vícenáklady na výstavbu oproti rozpočtu a změna cen vstupů během výstavby. Rizika v době provozu (době ekonomické životnosti) jsou spojená především s trhem nájemního bydlení a cenami na nemovitostním a energetickém trhu.

Ačkoliv se jedná o relativně malou soukromou investici fyzické osoby, z hlediska zjednodušení modelu bych riziko přirovnal k riziku u běžného developerského projektu. Toto zjednodušení přijímáme proto, že pro developerský sektor máme k dispozici data o riziku a výnosech. Průměrná směrodatná odchylka provozních výnosů za posledních 10 let byla v sektoru developerských projektů 69,87 %, což je další významný argument, proč s rizikem v projektu vážně počítat.

Cenu vlastního kapitálu pro tento projekt si na základě všech přijatých předpokladů a zjednodušení určíme dle rovnice 2-2 takto:

$$r_e = r_f + \beta_u \times TERP = 2,2 + 0,88 \times 6,97 = 8,3 \% \quad (3-2)$$

Kde:

- $r_e$  jsou náklady vlastního kapitálu  
 $r_f$  je výnos bezrizikové investice  
 $\beta_u$  je nezadlužená beta  
TERP celková prémie za riziko plně diverzifikovaného trhu

Náklady vlastního kapitálu jsou po zohlednění všech složek rizika téměř čtyřnásobně vyšší, než je samotná bezriziková investice. V citlivostních analýzách si vyjádříme, jak by vyšla ekonomická efektivnost investice pouze se započtením diskontu ve výši  $r_e = r_f = 2,2 \%$  oproti variantě, kdy  $r_e = 8,3$  respektive  $9 \%$ . [25]

### 3.1.7 Inflace

Vzhledem k tomu, že nebudeme uplatňovat odpisy jako daňově uznatelné náklady, zjednodušíme náš model tak, že budeme počítat finanční toky v reálných cenách. Budeme předpokládat, že finanční toky budou mít shodný růst s indexem CPI. Jediná proměnná, u které budeme počítat s vyšší cenovou eskalací bude cena elektřiny.

### 3.1.8 Daně

Výstavba rodinného domu je v tomto hodnoceném projektu soukromou, nepodnikatelskou investicí, a proto budou veškeré ceny vstupovat do cash flow včetně DPH ve výši  $21 \%$ . Náklady, včetně úroků z hypotečního úvěru nebudou daňově uznatelné. Úroky z hypotečního úvěru, je možné do částky  $150\,000$  Kč ročně uplatnit jako daňově uznatelný náklad, ale tato možnost se vztahuje pouze k financování vlastního bydlení. U financování nemovitosti určené k pronájmu odpočet úrokové části úvěru není možný. [26]

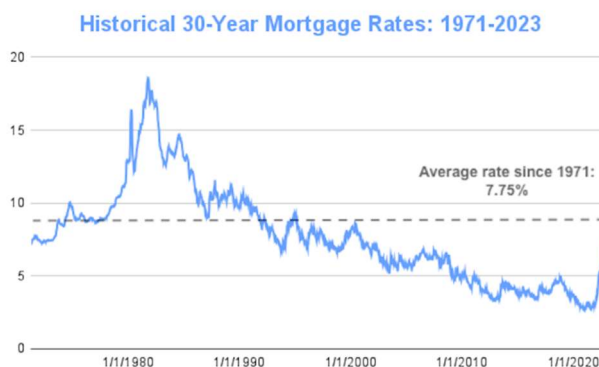
Příjmy z pronájmu nemovitostí jsou daněny  $15\%$  sazbou daně z příjmů fyzických osob. Základ daně lze snížit o paušální částku ve výši  $30 \%$  ze základu daně. [26]

### 3.1.9 Úvěr

Pokud bude pro financování části investičních výdajů využit hypoteční úvěr, budeme předpokládat, že tento úvěr bude splácen anuitními splátkami po dobu  $25$  let, což je nejběžnější doba splácení. Předpokládaná RPSN bude  $6 \%$  pro celou dobu splácení úvěru. [27]

Úroková míra u hypotečních úvěrů je v současné době vysoko nad dlouhodobými průměrnými hodnotami, které byly na trhu běžné v posledních dvaceti letech. Současná RPSN byla v květnu 2023 přibližně  $6,5 \%$ , kdežto 20letá průměrná RPSN se pohybovala těsně nad hranicí  $3 \%$ . Ačkoliv můžeme spekulovat, že úrokové míry v řádu jednotek let poklesnou, v našem ekonomickém modelu s výrazným poklesem úroků počítat nebudeme, a to z následujících důvodů:

- Úroky mají ve splátkách nejvyšší váhu v počáteční fázi splácení úvěru.
- V historii rozvinutých trhů se vyskytovaly dlouhé cykly s vysokými úrokovými sazbami, kdy úroky z hypotečních úvěrů nad 5 % byly dlouhodobým standardem. Např. z obrázku 3-1 je patrné, že hypoteční sazba ve výši 6 % není z historického pohledu výjimečná.
- Z hlediska předběžné opatrnosti nebudeme počítat s příliš optimistickými variantami.



Obr. 3-1 Vývoj výše úrokové míry u hypotečních úvěrů v USA [28]

### 3.1.10 Varianty financování

Část investičních nákladů budeme pravděpodobně hradit z hypotečního úvěru. Pokud bychom měli v každém roce po celou dobu ekonomické životnosti projektu podobnou míru zadlužení, diskontovali bychom roční finanční toky vypočteným WACC dle vzorce 2-3.

$$WACC = r_e \times \frac{E}{E+D} + r_d \times \frac{D}{E+D} \times (1 - \tau) \quad (3-3)$$

Kde:

$\frac{E}{E+D}$  je podíl vlastního kapitálu

$\frac{D}{E+D}$  je podíl cizího kapitálu

$r_e$  náklady na vlastní kapitál (diskont)

$r_d$  náklady na cizí kapitál (úrok)

$\tau$  je sazba daně z příjmů fyzických osob

Tento vzorec se zpravidla používá pro korporace, které mohou uplatnit úrokovou část úvěru jako daňově uznatelnou položku. My však úroky z úvěru uplatnit jako náklad nemůžeme, takže nemůže využít výhody daňové štítu na úroky, a proto  $(1 - \tau)$  bude rovno 1. [26]

Po dosažení:

- a) Financování 100 % investice z vlastních zdrojů

$$WACC = r_e \times \frac{E}{E+D} + r_d \frac{D}{E+D} = r_e \times \frac{1}{1} + r_d \times \frac{0}{1} = \text{diskont } r_e = 8,3 \% \quad (3-4)$$

## b) Financování části investičních výdajů úvěrem

V případě financování části investičních výdajů cizím kapitálem vzroste rizikovost investice, a proto budeme požadovat u této investice vyšší rizikovou prémii. [13, s. 56]

Abychom mohli vyčíslit odpovídající přírážku za riziko pro určitou výši úvěru, musíme si zavést nové předpoklady:

- Současné zadlužení investora je téměř 0 %, poměr D/E je 0.
- Pokud investor využije bankovní úvěr na 50 % investičních výdajů, poměr  $(D/E)_{0,5}$  se zvýší na 0,18. Průměrná hodnota poměru D/E v developerském prostředí je přitom 1,13. [25]
- Zadluženost investora bude v době porovnání investice ve všech letech stejná, nebo je nutné WACC přepočítat podle předpokládaného poměru D/E pro jednotlivé roky za dobu živostnosti projektu.

Z nového poměru  $(D/E)_{0,5}$  vypočteme zadluženou betu  $\beta_{10,5}$  dle rovnice 2-5, následně vyčíslíme novou výši nákladů vlastního kapitálu pro teoretickou výši úvěru ve výši 50 %, kterou si označíme  $r_{e0,5}$ . V posledním kroku vypočteme  $WACC_{0,5}$  dle rovnice 2-7.

$$\beta_{10,5} = \beta_u \times \left[ 1 + (1 - \tau) \times \frac{D'}{E} \right] = 0,88 \times [1 + (1 - 0) \times 0,18] = 1,038 \quad (3-5)$$

$$r_{e50} = r_f + \beta_{10,5} \times TERP = 2,2 + 1,038 \times 6,97 = 9,43 \quad (3-6)$$

$$WACC_{0,5} = r_{e0,5} \times \frac{E}{E + D'} + r_d \times \frac{D'}{E + D'} \times (1 - \tau) = 9,27 \times 0,85 + 6 \times 0,15 = 8,8 \% \quad (3-7)$$

U takto malého projektu, jako je investice do výstavby rodinného domu nebo malého bytového domu bychom s váženou cenou kapitálu obvykle nepočítali, případně bychom WACC nepoužili pro diskontování finančních toků. Výpočet WACC nám však přinesl důležitou informaci o tom, jak se změní náklady kapitálu při využití úvěru. V tomto konkrétním případě jsme zjistili, že při využití úvěru se cena kapitálu mírně zvýšila. Celkové vážené náklady na kapitál by byly v případě využití úvěru na krytí 50 % investičních výdajů 8,8 %. V jiných investičních případech může úvěr náklady na kapitál také zvýšit, ale často při vhodném financování a optimální míře zadlužení může dojít ke snížení nákladů na kapitál. Proto je vhodné takovouto analýzu pro varianty financování provést.

V ekonomickém modelu v této diplomové práci budeme počítat efektivnost investic se základní výší diskontu  $r = 9 \%$ , ke které jsme dospěli zaokrouhlením na celé číslo nahoru, čímž jsme přidali trochu „vaty“. Pokud investice s tímto diskontem bude efektivní, můžeme se následně pokusit vybrat výhodnější způsob financování a NPV investice přepočítat pro nový diskont. Pokud investice s nastaveným diskontem nebude efektivní, nebudeme dále hledat lepší způsoby financování. V takovém případě raději zvolíme možnost projekt nerealizovat a vybereme lepší příležitost k investování. [20, s. 320]

### 3.1.11 Cena volného času

Provoz nemovitosti s sebou vždy přináší náklady spojené s údržbou budovy a pozemku, a především pak s obsluhou technologií, která je nejčastěji spojená s vytápěním objektu. Tyto náklady obvykle hradíme svým volným časem, jehož cena ale není zachycena v žádné oficiální statistice.

Pokud chceme ocenit volný čas, měli bychom ho ocenit cenou oportunitní příležitosti. Oportunitní alternativou volného času (nepracování) je práce, proto je cenou našeho volného času cena práce ve formě ušlé mzdy. Zde však budeme muset předpokládat, že náš volný čas a čas strávený v práci je v tržní rovnováze, přičemž cena práce je určena právě pro tento rovnovážný bod. Dále předpokládejme, že čas obětovaný pro údržbu a provoz nemovitosti bude výrazně kratší než čas strávený v práci. Cena volného času totiž není konstantní, ale marginálně se zvyšuje, což znamená že každou další hodinu volného času, o kterou bych se měl připravit prací, ocením vyšší cenou, protože se pro mě volný čas stává vzácnější. [11, s. 276]

Pro výpočty v této práci si zavedeme zjednodušující předpoklad, že cenu volného času budeme považovat za konstantní ve výši průměrné hodinové mzdy v ČR. [29]

Posuzovaná budova bude sloužit především k bytovým potřebám nájemníků. V takovém případě budeme cenu volného času počítat stejným způsobem, protože pokud nájemník bude muset trávit svůj volný čas např. přikládáním paliva do kotle, sníží se nájemníkovi užitek o cenu ztraceného volného času. Ani toto tvrzení nemusí zcela souhlasit s realitou, ale budeme to předpokládat.

Zaokrouhlená cena volného času pro výpočty bude 250 Kč/h.

### 3.1.12 Dotace

Dotační program Nová zelená úsporám bude otevřený do 30. června 2023. Další spuštění tohoto programu je plánováno na září 2023. Jelikož ještě nejsou nové podmínky pro následující období známy, nebudeme s dotací v projektu počítat. Pokud investice bude ekonomicky efektivní bez dotace, budeme ji realizovat a případnou získanou dotaci využijeme k mimořádnému zlepšení cash flow. [30]

## 3.2 Kritéria ekonomické efektivity

Racionální investor bude vždy volit investice, ze kterých očekává nejvyšší míru užitku. Abychom zjistili, které investice jsou pro nás efektivní, musíme si zvolit metriku, podle které tyto investiční příležitosti, či dílčí projekty budeme porovnávat. Vzhledem k charakteru investice a jejímu časovému rámci, budeme ekonomickou efektivnost hodnotit metodou NPV s vyjádřením IRR jako druhého ukazatele efektivity. [11, s. 5] [20, s. 153]

### 3.2.1 Čistá současná hodnota

Metoda hodnocení investic na základě kritéria čisté současné hodnoty NPV (Net Present Value) patří mezi nejpoužívanější metody pro hodnocení dlouhodobých investic mezi finančními manažery napříč všemi obory a regiony. Metoda je velmi jednoduchá, a přitom dostatečně spolehlivá. Podstata této metody spočívá v tom, že koruna dnes má vyšší hodnotu než koruna zítra. NPV závisí pouze na očekávaných finančních tocích a nákladech obětované příležitosti. [20, s. 155] [19, s. 48]



$$NPV_{T\dot{z}} = \sum_{t=0}^{T\dot{z}} DCF_t = \sum_{t=0}^{T\dot{z}} CF_t \times (1+r)^{-t} \quad (3-8)$$

Kde

$NPV_{T\dot{z}}$  je čistá současná hodnota za dobu ekonomické životnosti

$DCF_t$  jsou diskontované toky v roce  $t$

$CF_t$  jsou finanční toky v roce  $t$

$r$  je diskont (náklady obětované příležitosti)

$T\dot{z}$  je doba ekonomické životnosti projektu

Jak je vidět v rovnici 2-8, metoda NPV je v principu velmi jednoduchá. Na druhou stranu je velmi složité získat pro model správné hodnoty budoucích finančních toků a diskontu. Příklady, jakým způsobem se mohou zpracovávat prognózy a odhadovat klíčové parametry obsahuje podkapitola 3.1. Většinu dosazovaných proměnných do modelu je často nutné odhadnout na mnoho let dopředu, a proto trpí velkou mírou nepřesnosti. Analytik, který zpracovává NPV investičních projektů si musí být vědom, že jediná vypočtená hodnota NPV nebude shodná s reálnou hodnotou projektu na konci doby životnosti. Bohužel takový zpětný pohled nikdy v době rozhodování k dispozici nemáme, ale i přesto musíme být schopni provádět věrohodné odhady. Proto musíme NPV hodnotit pro různé scénáře, pro které určíme pravděpodobnosti, třebaže jen subjektivní. [20, s. 323]

Popis metody:

Racionální investor bude vždy volit investice s NPV větším než nula. Do základního výpočtu NPV dosadíme takové hodnoty finančních toků, o kterých jsme přesvědčeni, že nastanou s nejvyšší pravděpodobností. Pokud je v tomto případě NPV nižší než nula, ověříme vstupní data a ev. upravíme vstupní parametry. Pokud bylo vše zadáno správně a NPV vychází stále záporné, tak investici zamítneme, protože investice pro nejpravděpodobnější scénář není efektivní. Pokud bude NPV vyšší, než nula, investici nemůžeme přijmout bez provedení citlivostních analýz na změnu hodnot klíčových parametrů a správné interpretace výsledků této analýzy.

### 3.2.2 Analýza citlivosti

Každá investice v sobě nese určitou míru rizika. Z toho vyplývá, že proměnné, které dosazujeme do výpočtu NPV se budou vyznačovat také určitou mírou variability (variabilita  $\approx$  riziko). Proto, když sestavujeme prognózu finančních toků, měli bychom se snažit přijít na to, jaké stavy světa mohou v budoucnu nastat a ev. odhadnout s jakou pravděpodobností tyto stavy nastanou. Abychom zachytili, jak se projeví změna hodnot proměnných na celkovém NPV musíme sestrojít citlivostní analýzu. [31, s. 255] [13, s. 262]

Citlivostní analýzy provádíme na nejdůležitější parametry, kterými obvykle bývají diskontní míra, náklady na kapitál, inflace, růstové míry v odvětví, cena vstupů, tržby, změny účinnosti zařízení, výše dotací, daňové zatížení, aj.

Základní formou citlivostní analýzy je jednofaktorová analýza, ve které zjišťujeme dopady izolovaných změn na hodnotu NPV. Pro ekonomický model v této práci budeme využívat výhradně jednofaktorovou analýzu. [31, s. 255]

### 3.2.3 Vnitřní výnosové procento

Metoda hodnocení investic na základě kritéria vnitřního výnosového procenta IRR (internal rate of return) je metoda závislá na stejných vstupních parametrech, které jsme použili pro výpočty NPV. Vnitřní výnosové procento je definováno jako diskontní míra, při které se NPV rovná nule. [20, s. 161]

Obecná rovnice pro výpočet IRR pro T let je následující:

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1 + IRR)} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{CF_T}{(1 + IRR)^T} \quad (3-9)$$

Kde

NPV čistá současná hodnota

$CF_t$  finanční tok v čase t

IRR vnitřní výnosové procento

Pravidlo IRR

Pravidlo vnitřního výnosového procenta říká, že ekonomicky efektivní jsou ty investice, pro které platí že náklady obětované příležitosti jsou nižší než IRR. V takovém případě je NPV větší než nula. Racionální investor bude vybírat takové investice, které mají nejvyšší výnosové procento. [20, s. 162]

U investic, které mají rozdílnou dobu životnosti, strukturu financování či velikost může být hodnocení na základě kritéria IRR nejednoznačné. Proto budeme jako hlavní kritérium používat NPV a IRR jako vedlejší kritérium s velkou mírou důležitosti. [20, s. 168]

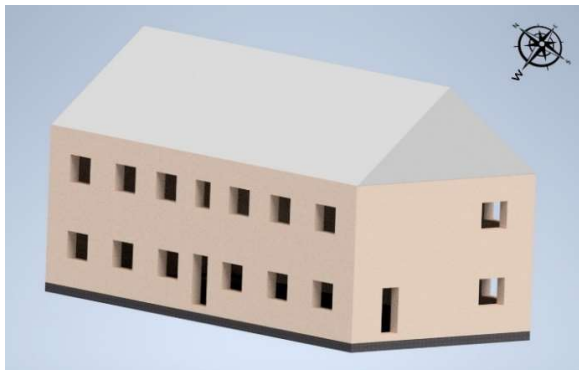
## 4 Hodnocená budova

Investiční projekt byl původně plánován jako malý bytový dům se čtyřmi bytovými jednotkami určenými k pronájmu. Omezení územního plánu nám však nedovolují v lokalitě bytový dům postavit. Na parcele je ale možné postavit rodinný dům se třemi bytovými jednotkami, a proto byl tento záměr upraven dle následujících parametrů.

Novostavba je navrhována jako samostatně stojící rodinný dům se třemi bytovými jednotkami a jedním nebytovým prostorem (sklad, společné prostory, technické prostory). Dům je nepodsklepený a má dvě nadzemní podlaží s celkovou podlahovou plochou 341 m<sup>2</sup>, zastavěná plocha budovy je 205,8 m<sup>2</sup>. Každá bytová jednotka má podlahovou plochu 77,4 m<sup>2</sup> a společné prostory mají podlahovou plochu 90,8 m<sup>2</sup>.

Pro zjednodušení úlohy nebudeme budovu rozčleňovat na jednotlivé místnosti. Budova bude hodnocena jako jedna obytná zóna s upravovaným vnitřním prostředím, která bude dále rozdělena na čtyři energetické podzóny (3x bytová jednotka vytápěná na 20 °C a ostatní prostory vytápěné na 16 °C). Pro výpočet tepelných ztrát budu počítat s obálkou budovy, která se skládá z obvodového zdiva, stavebních výplní, podlahy, soklu, zateplené stropní konstrukce, a tepelných vazeb. Střecha domu je sedlová, ale hranici upravovaného vnitřního prostředí tvoří tepelná izolace mezi stropem v 2. podlaží a nevytápěným půdním prostorem.

Budova bude navržena tak, aby splňovala požadavky na energetickou náročnost pro novou budovu s téměř nulovou spotřebou energie od 1.1.2023 podle vyhlášky o energetické náročnosti budov č. 264/2020 Sb.



Obr. 4-1 Hodnocená budova

### 4.1 Návrh teplosměnné konstrukce budovy

V rámci této studie bude realizován výpočet tepelných ztrát a zisků budovy pro jednu specifickou variantu stavební konstrukce. Po vyhodnocení 1. iterace výpočtu budou identifikována slabá místa konceptu a navržena opatření k jeho optimalizaci.

Při návrhu obálky budovy je naším hlavním cílem minimalizace tepelných ztrát, maximalizace využití přirozeného světla, zajištění funkčnosti a dlouhé životnosti s minimální potřebou údržby. Všechny tyto aspekty jsou při návrhu zohledněny s cílem dosáhnout nákladově optimálního řešení.

#### 4.1.1 Volba stavebního materiálu obvodového pláště

Obálka posuzované budovy:

- Obvodové zdivo: broušená, dutinová cihla 500 mm + tepelněizolační omítka. Součinitel prostupu tepla konstrukce je  $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .
- Střecha: 400 mm minerální vata ve stropní konstrukci se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,041 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .
- Podlaha: 400 mm pěnového skla se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Okna: třívrstvá plastová okna se součinitelem prostupu tepla celého okna přibližně  $U_w = 0,83 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , v závislosti na velikosti a členění konkrétního okna.
- Vchodové dveře se součinitelem prostupu tepla  $U_w = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .
- Sokl: 200 mm extrudovaný polystyren se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,030 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Tab. 4-1 Teplosměnná obálka budovy

	Plocha (m <sup>2</sup> )	Orientace
Obvodové zdivo	129,36	V
	122,11	Z
	61,48	J
	63,28	S
Stavební výplně	13,44	V
	20,69	Z
	5,16	J
	3,36	S
Stropní izolace	176	
Podlaha	176	
Sokl	49,24	

Plocha obálky ucelené části budovy je  $820,12 \text{ m}^2$ , energeticky vztažná plocha budovy je  $416 \text{ m}^2$  a poměr vytápěného objemu ku ochlazované ploše  $A/V$  budovy je  $0,40$ .

Stavebně fyzikální vlastnosti budovy, a to především energetická bilance a schopnost tepelné akumulace budou v této práci počítány v hodinovém kroku. To je pro nás důležité především proto, abychom mohli správně navrhnout zdroj vytápění. S odběry elektřiny počítáme také v hodinových krocích, abychom mohli zisky z FVE souběžně porovnat se spotřebovanou energií. Zohlednit budeme muset také venkovní teploty, sluneční zisky okny a na oteplení pláště budovy, tepelné zisky ze spotřebičů v domácnosti, ztráty větráním (účinností rekuperace), potřebu energie na ohřev teplé vody, tepelnou setrvačnost konstrukcí aj.

Pro dynamické výpočty v hodinovém kroku bude využit výpočetní program Energie 2023 od firmy Svoboda Software.

#### 4.1.2 Okrajové podmínky výpočtu

Lokalita: Žatec (Ústecký kraj)

Navrhovaná venkovní teplota v zimním období:  $-13 \text{ °C}$

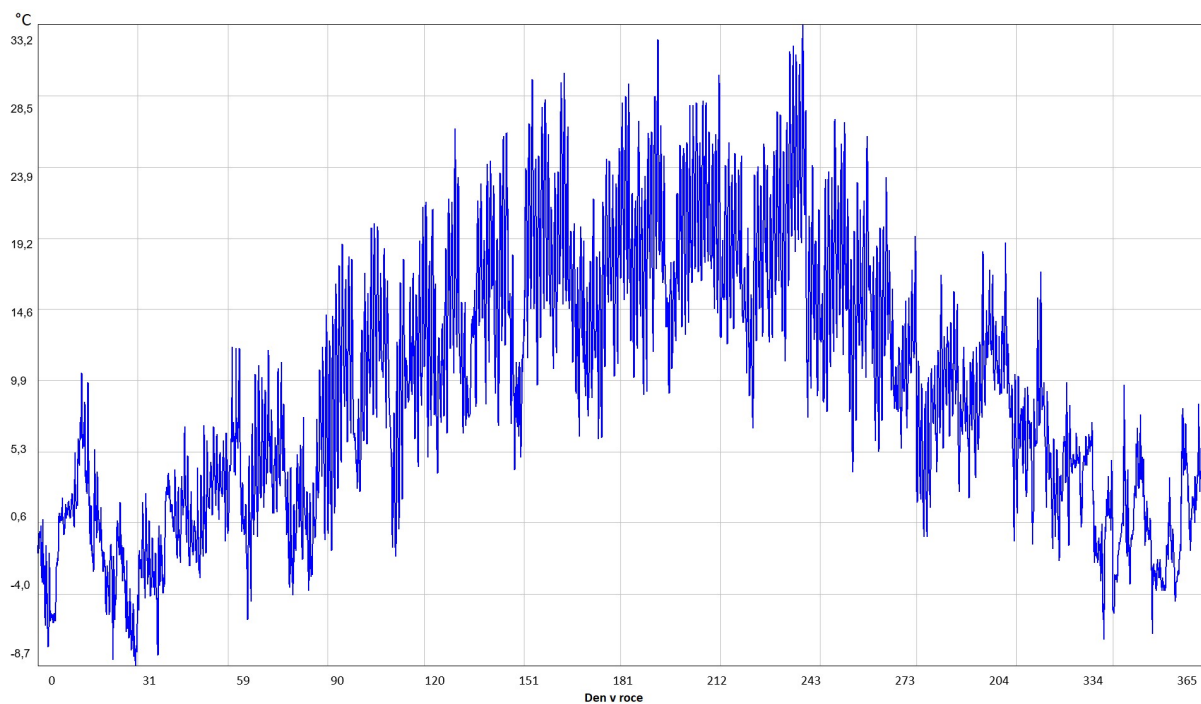
Průměrná rychlost větru v 10 metrech nad terénem:  $2,4 \text{ m/s}$

Krytí budovy proti větru: střední

Zástavba: městská

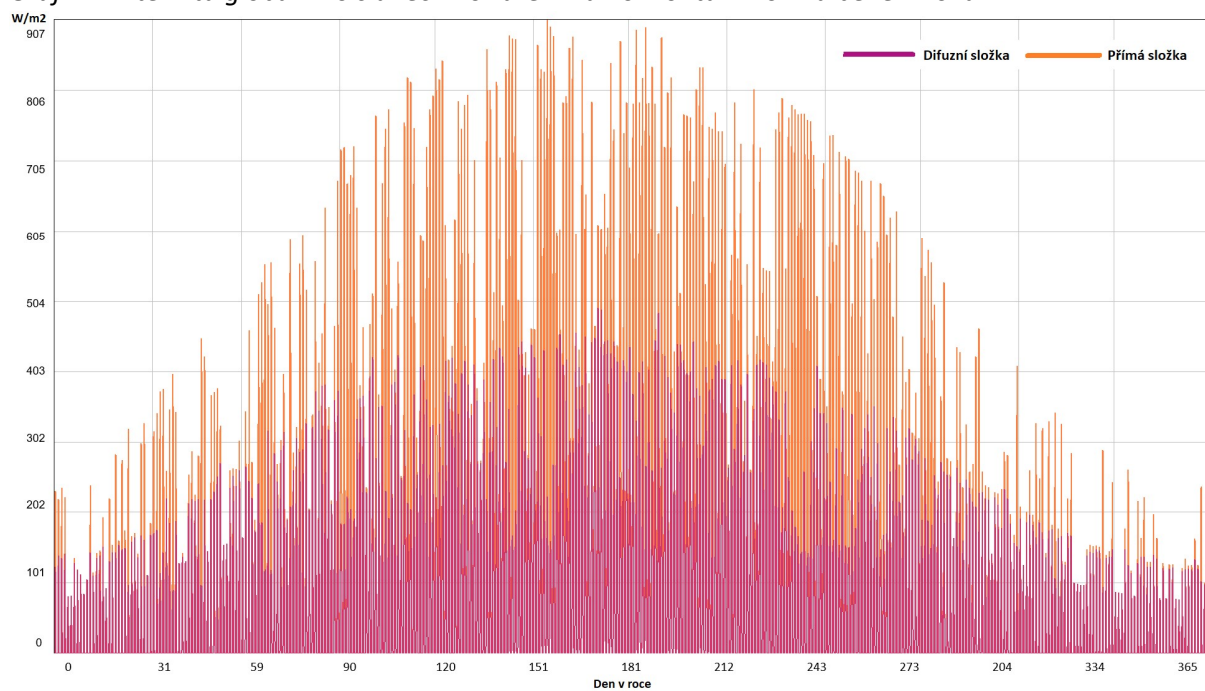
Zeměpisná šířka lokality budovy:  $50,0$  stupňů severní šířky

Graf 4-1 Teplota venkovního vzduchu během roku



Zdroj: výstup z programu Energie 2023

Graf 4-2 Intenzita globálního slunečního záření na horizontální rovinu během roku



Zdroj: výstup z programu Energie 2023

Tab. 4-2 Klimatické podmínky v okolí budovy

měsíc	průměrná teplota venkovního vzduchu	průměrná relativní vlh. venkovního vzduchu	Celkové množství dopadající sluneční energie na vodní plochu
leden	-1,0 °C	85,80 %	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
únor	0,5 °C	76,00 %	42,0 kWh/m <sup>2</sup>
březen	3,4 °C	76,80 %	79,0 kWh/m <sup>2</sup>
duben	10,2 °C	63,40 %	131,0 kWh/m <sup>2</sup>
květen	13,9 °C	72,70 %	153,0 kWh/m <sup>2</sup>
červen	17,4 °C	66,00 %	168,0 kWh/m <sup>2</sup>
červenec	19,8 °C	68,60 %	176,0 kWh/m <sup>2</sup>
srpen	18,8 °C	67,80 %	146,0 kWh/m <sup>2</sup>
září	14,4 °C	70,40 %	106,0 kWh/m <sup>2</sup>
říjen	9,1 °C	82,80 %	59,0 kWh/m <sup>2</sup>
listopad	4,1 °C	87,20 %	29,0 kWh/m <sup>2</sup>
prosinec	0,7 °C	87,40 %	19,0 kWh/m <sup>2</sup>

#### 4.1.3 Parametry užívání budovy:

Užívání budovy: rodinný dům

Počet bytových jednotek: 3

Počet osob: 8 (6-10)

Navrhovaná vnitřní teplota pro vytápění prostorů k bydlení: 20 °C

Navrhovaná vnitřní teplota pro vytápění ostatních prostorů: 16 °C

Navrhovaná vnitřní teplota pro chlazení: budova není chlazená

Průměrná spotřeba teplé vody na osobu: 40 l/den

Systém vytápění a ohřevu TV: bude navržen na základě posouzení variant, v 1. variantě uvažujeme s tepelným čerpadle vzduch-voda

Větrání: přirozené větrání okny

Produkce tepla osobami: 0,7 W/m<sup>2</sup>

Produkce tepla spotřebiči: 1,1 W/m<sup>2</sup>

Potřeba množství čerstvého vzduchu pro j osobu: 25 m<sup>3</sup>/h

#### 4.1.4 Energetická náročnost hodnocené budovy:

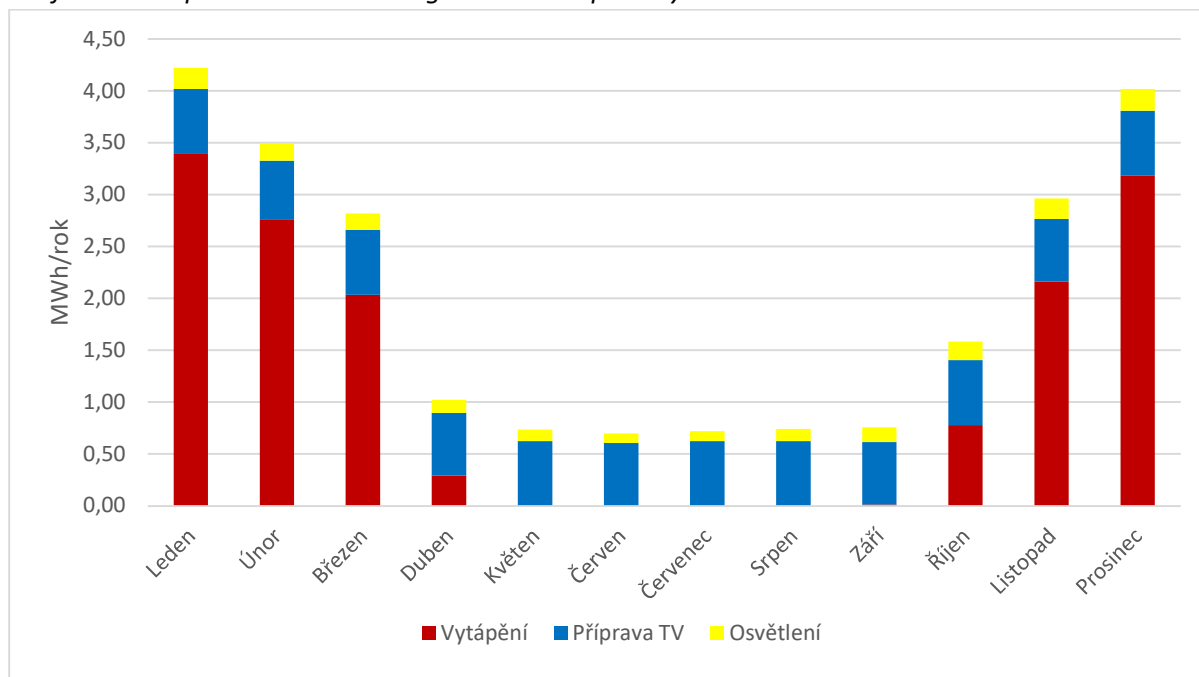
Budova s výše uvedenými parametry obálky, způsobem užívání a okrajovými podmínkami má průměrný součinitel prostupu tepla 0,18 W/(m<sup>2</sup>·K) a měrná potřeba tepla na vytápění je 32 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Na základě hodnocení spotřeby primárních zdrojů energie s hodnotou 59 kWh/m<sup>2</sup>·rok by budova byla zařazena v klasifikační třídě „B“ jako velmi úsporná.

Tab. 4-3 Bilance dle účelu spotřeby

	Dodaná energie v MWh/rok											
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vytápění	3,39	2,76	2,04	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,78	2,16	3,18
Příprava TV	0,62	0,56	0,62	0,60	0,62	0,60	0,62	0,62	0,60	0,62	0,60	0,62
Osvětlení	0,21	0,17	0,16	0,13	0,11	0,09	0,10	0,12	0,14	0,18	0,20	0,21
<b>Celkem</b>	<b>4,22</b>	<b>3,50</b>	<b>2,82</b>	<b>1,02</b>	<b>0,73</b>	<b>0,70</b>	<b>0,72</b>	<b>0,74</b>	<b>0,76</b>	<b>1,58</b>	<b>2,96</b>	<b>4,02</b>

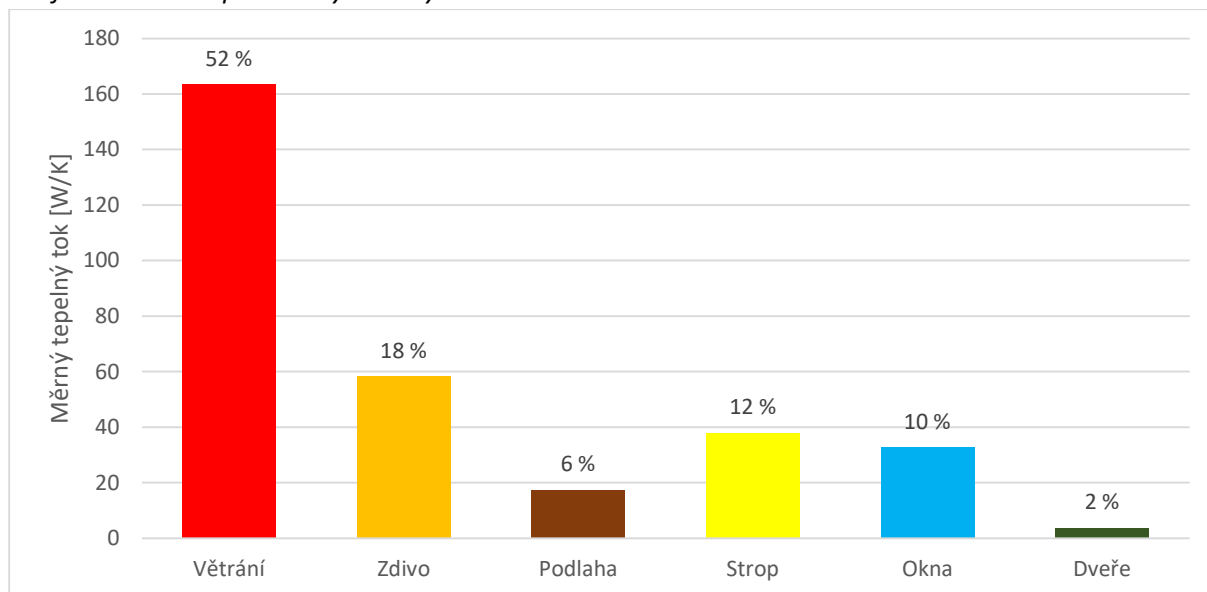
Zdroj: výpočty v programu Energie 2023, vlastní zpracování

Graf 4-3 Roční průběh dodané energie dle účelů spotřeby



Zdroj: výpočty v programu Energie 2023, vlastní zpracování

Graf 4-4 Měrné tepelné toky budovy



Zdroj: výpočty v programu Energie 2023, vlastní zpracování

Při návrhu energetického konceptu budovy je hlavním parametrem tvar budovy a poměr A/V. V našem případě je tvar a velikost budovy tak významnou výhodou, že jsme nemuseli aplikovat žádná zvláštní technická opatření, aby budova po energetické stránce splnila podmínky dle vyhlášky 264/2020 hned po 1. iteraci návrhu. Přesto, že jsou požadavky na standard pro budovy s téměř nulovou spotřebou již splněny, není naše budova z hlediska energetických nároků ideální. Především měrné tepelné toky na větrání jsou velmi vysoké.

## 4.2 Energetická optimalizace posuzované budovy

V předchozí kapitole jsme vytvořili energetický koncept budovy a položili ho do kontextu se způsobem užívání a charakterem okolního prostředí. Nyní se pokusíme tuto budovu energeticky dále optimalizovat.

Pro účely školení projektantů nízkoenergetických budov definovalo Centrum pasivního domu, z.s. deset základních principů, které doporučuje jako návod k energetické optimalizaci budov. V následujících bodech využijeme toto „desatero“ pro optimalizaci posuzované budovy.

### 4.2.1 Situace a souvislosti v území

Tento bod konkrétně zahrnuje veškeré charakteristiky území, jako je krajinný ráz, okolní zástavba, stínění budovami a stromy, svažitost a orientace pozemku, postavení vůči větru, klimatická specifika lokality a podobně. Bohužel v tomto bodě nemáme prostor k jakémukoliv úpravě našeho konceptu.

### 4.2.2 Orientace vůči světovým stranám

Větších energetických zisků ze slunce bychom docílili, kdybychom budovu mohli orientovat delší stranou k jihu. Orientaci hodnocené budovy však nelze změnit, protože to neumožňuje architektonická koncepce lokality – sedlová střecha musí mít sklon do ulice.

### 4.2.3 Optimalizace tvaru

Budovy složitých tvarů mají větší energetické nároky než budovy ve tvaru pravidelného kvádrů. Fyzikálně by byl nejefektivnější tvar koule, ale z hlediska nákladově optimálního řešení by kulatá budova nikdy nevyhověla. Pravidelný kvádrový tvar hodnocené budovy je silnou stránkou našeho návrhu, a již zde není velký prostor k optimalizaci.

### 4.2.4 Tepelné zónování a dispozice

Budovu jsme v návrhu rozdělili na 3 byty a společné nebytové prostory. Jako součást nebytových prostorů byla také navrhována technická místnost, která by v případě instalace kotle na biomasu (štěpku nebo peletky) sloužila k umístění kotle vč. regulačního zařízení, k umístění automatického zásobníku na palivo a uskladnění části paliva.

Každý metr krychlový obestavěného prostoru v hodnocené budově je velmi cenný. Pokud bychom budovu nevytápěli biomasou, mohli bychom získat hodnotnou místnost o ploše 24 m<sup>2</sup>, kterou by bylo možné pronajmout některému z nájemníků jako kancelář nebo malou nerušící dílnu. Pro tento případ budeme předpokládat min. roční nájemné tohoto prostoru ve výši 36 000 Kč. Toto nájemné započteme jako oportunitní náklady do cash flow variant vytápění biomasou.

### 4.2.5 Obvodový plášť

V této části je obvodovým pláštěm myšleno obvodové zdivo budovy. Z důvodu požadavků na vyšší akumulaci konstrukce jsme zamítli dřevostavbu. Vyšších akumulačních schopností zděné budovy využijeme např. v zimě, kdy budeme využívat tepelné čerpadlo více přes den, kdy je vyšší teplota venkovního vzduchu a TČ má vyšší COP. V budově s vysokou schopností akumulace tepla lze snáze řídit teplotu vnitřního prostředí, ale naopak oproti lehkým stavebním konstrukcím, zde není vhodné aplikovat útlumové režimy vytápění. [36]



Po 1. iteraci výpočtu prostupu tepla konstrukcí jsme ověřili, že obvodové zdivo bylo navrženo dobře, a proto zde nic optimalizovat nebudeme.

#### 4.2.6 Tepelné mosty

Tepelné vazby v konstrukci jsou zcela zásadním faktorem, který nesmíme opomíjet. Hodnocená budova, aby měla co nejnižší riziko ztráty energie tepelnými vazbami, je navržena bez atypických detailů v podobě balkónů, atiky, přístavků aj. Pro standardní konstrukční detaily mají výrobci cihel, pórobetonových bloků a jiných materiálů běžně zpracovaný technologický systém, jak tepelné mosty minimalizovat. Ztráty energie vlivem tepelných vazeb jsou v našem projektu 11 %. Aby skutečné ztráty nebyly vyšší, je nezbytné, aby stavební dozor vykonával dohled nad technologickou kázní při realizaci stavby.

#### 4.2.7 Výplně otvorů

Všechna okna v původním konceptu budovy měla rozměry 1200 x 1500 mm. Tato okna jsme vyměnili za větší o rozměrech 1600 x 1800 mm a 1600 x 2100 mm viz obr. 4-2. Celková zasklená plocha se zvětšila o 52 % a počet oken se snížil z 30 na 23.



Obr. 4-2 Porovnání prosklených ploch

Tab. 4-4 Nové rozměry ploch obálky budovy

	Původní stav	Nový stav	Orientace
	Plocha (m <sup>2</sup> )		
Obvodové zdivo	129,36	113,28	V
	122,11	114,56	Z
	61,48	64,08	J
	63,28	55,12	S
Stavební výplně	13,44	29,52	V
	20,69	28,24	Z
	5,16	2,56	J
	3,36	11,52	S
Stropní izolace	176	176	
Podlaha	176	176	
Sokl	49,24	49,24	

Instalací větších oken jsme dosáhli modernějšího „odlehčeného“ vzhledu budovy a lepšího poměru prosklené plochy ku ploše rámu. Získali jsme také vyšší tepelné zisky ze slunce, což se projevilo snížením potřeby tepla na vytápění z 32 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) na 28 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Současně se také zvýšil průměrný součinitel prostupu tepla konstrukce z 0,18 W/(m<sup>2</sup>·K) na 20 W/(m<sup>2</sup>·K). Bohužel zvětšením prosklené plochy se výrazně zvýšilo riziko přehřívání vnitřního prostředí viz tab. 4-5 a 4-6.

Tab. 4-5 Četnosti výskytu vyšších vnitřních teplot v zóně bez chlazení – původní stav

Teplota	> 26 °C	> 27 °C	> 28 °C	> 29 °C	> 30 °C	> 31 °C	> 32 °C	> 35 °C
Délka:	1789 h	1398 h	930 h	460 h	185 h	74 h	34 h	0 h

Tab. 4-6 Četnosti výskytu vyšších vnitřních teplot v zóně bez chlazení – nový stav

Teplota	> 26 °C	> 27 °C	> 28 °C	> 29 °C	> 30 °C	> 31 °C	> 32 °C	> 35 °C
Délka:	2916 h	2564 h	2202 h	1828 h	1529 h	1154 h	727 h	66 h

Pokud však okna na jižní a východní straně opatříme vnějšími žaluziemi, a na západní straně využijeme stínu ze vzrostlých stromů, sníží se riziko přehřívání vnitřního prostředí dle tabulky 4-7.

Tab. 4-7 Četnosti výskytu vyšších vnitřních teplot v zóně bez chlazení – nový stav se stínícími prvky

Teplota	> 26 °C	> 27 °C	> 28 °C	> 29 °C	> 30 °C	> 31 °C	> 32 °C	> 35 °C
Délka:	1471 h	1111 h	590 h	186 h	55 h	15 h	0 h	0 h

#### 4.2.8 Průvzdušnost obálky

U nízkoenergetických a pasivních staveb je neprůvzdušnost obálky dalším z hlavních parametrů. Pokud obálka budovy propouští velké množství vzduchu, což bývá problém při větrném počasí, dochází vlivem proudění vzduchu k významným tepelným výměnám mezi vnitřním a venkovním prostředím. Kontrola neprůvzdušnosti se provádí tzv. blower-door testem, který je skvělým prostředkem, jímž lze objevit nedokonalosti a technologické závady na obálce budovy. BD test se musí provádět v takovém stavu rozpracovanosti stavby, aby bylo možné ev. chyby ještě opravit.

U naší hodnocené budovy bude velmi důležité dohlížet na technologickou kázeň výstavby, protože dutinové cihly a související, keramické prvky bývají z hlediska dosažení neprůvzdušné obálky problematické. Požadovaná hodnota BD testu bude nižší než 0,6/h, což znamená, že objem vzduchu se v budově vymění maximálně 0,6krát za hodinu.

U budovy, která má vysokou průvzdušnost obálky, by nebylo možné efektivně využívat systém nuceného větrání s rekuperací tepla.

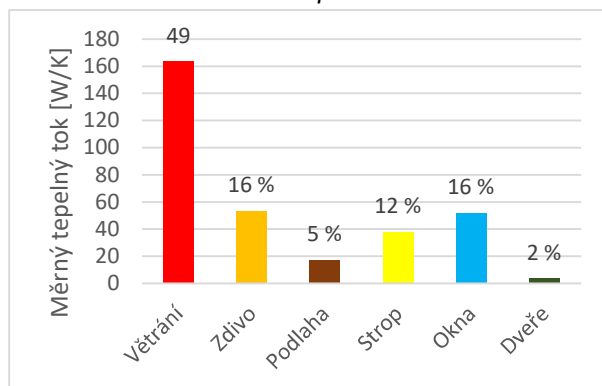
#### 4.2.9 Nucené větrání s rekuperací tepla

U první varianty návrhu budovy souviselo 52 % veškerých tepelných ztrát objektu s větráním. U druhé varianty s většími okny a aktivními stínícími prvky se poměry měrných tepelných toků nepatrně změnily, ale podíl ztrát větráním je stále dominantní viz graf 4-5. Po zařazení nuceného větrání s rekuperací, která disponuje 80% účinností při zpětném získávání tepla, poklesne měrný tepelný tok větráním z 49 % na 17 %. Z obou následujících grafů je patrné, že bez využití rekuperace tepla by nebylo možné dosáhnout pasivního standardu budovy. [19]

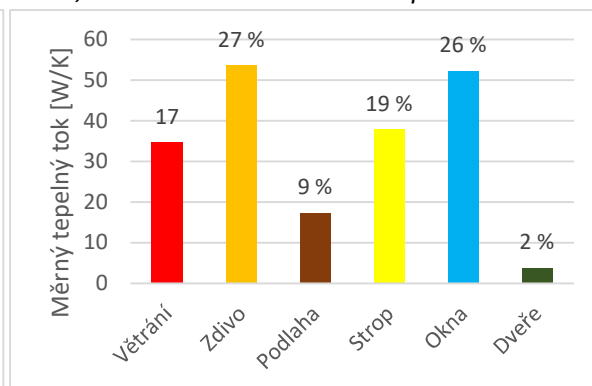
Nucené větrání nám kromě tepelných úspor zajistí také dostatečný přísun čerstvého vzduchu a současně zajistí odvod znečištěného vzduchu včetně pachů a přebytečné vlhkosti z koupelen a

kuchyní. Významnou výhodou řízeného větrání je prokazatelně zdravější vnitřní prostředí v budově. [19]

Graf 4-5 Měrné tepelné toky budovy po výměně oken a instalaci stínících prvků



Graf 4-6 Měrné tepelné toky budovy po výměně oken, instalaci SP a zařazení rekuperace



#### 4.2.10 Zdroje a distribuce tepla

Zdroj tepla pro vytápění a ohřev vody bude vybrán na základě vícekritériálního rozhodování v kapitole č. 6.

### 4.3 Parametry budovy po optimalizaci

#### 4.3.1 Energetické parametry

Orientační tepelná ztráta budovy pro návrhovou venkovní teplotu  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ : 5,5 kW

Minimální výkon zdroje tepla na pokrytí dodávky tepla a ztrát v distribuci a sdílení: 4,3 kW

Roční potřeba tepla na vytápění: 6,027 MWh

Roční měrná potřeba tepla na vytápění: 14 kWh/m<sup>2</sup>

Roční potřeba tepla na přípravu TV: 6,109 MWh

Roční potřeba energie na nucené větrání: 0,945 MWh

Roční potřeba energie na osvětlení: 0,501 MWh

#### 4.3.2 Náklady na výstavbu budovy

Pro kalkulaci nákladů na stavbu jsem využil cenové ukazatele pro stavebnictví, které jsou implementovány v programu BUILDpower S. Udávaná běžná odchylka vypočtené ceny na základě agregovaných rozpočtových ukazatelů bývá  $\pm 15\%$ , což je pro účely 1. iterace ekonomického modelu zcela dostačující úroveň.

Hodnocená budova svým konstrukčním charakterem a způsobem využití odpovídá následující klasifikaci: budovy pro bydlení – domy bytové netypové – svíslá nosná konstrukce zděná z cihel, tvárnic, bloků.

Pro takto klasifikované budovy jsou měrné náklady na 1 m<sup>3</sup> obestavěného prostoru stanoveny ve výši 7 885 Kč bez DPH. Celkové předpokládané **náklady na výstavbu domu jsou 12,1 mil. Kč včetně DPH**. Použitý cenový ukazatel je platný pro 1. pololetí roku 2023.

## 5 Technické zařízení budovy

Nyní již máme energeticky optimalizovanou budovu se známou potřebou tepla pro vytápění, ohřev vody a potřebou energie pro provoz ostatních technologií. Proto můžeme přistoupit k návrhu energetického mixu a TZB.

### 5.1 Nucené větrání s rekuperací tepla

Všechny tři bytové jednotky budou připojeny na centrální rekuperační jednotku, která zajišťuje odvod znečištěného vzduchu a přívod čistého venkovního vzduchu vč. jeho předeřevu. Sezonní účinnost zpětného získávání tepla je v našich výpočtech 80 %. VZT jednotka je vybavena systémem pro úpravu vlhkosti vzduchu.

Rekuperační jednotka bude připojena k odběrnému místu OM4, což jsou společné prostory domu. Náklady na spotřebovanou energii budou rozděleny mezi uživatele bytových jednotek rovným dílem. Spotřeba elektrické energie na nucené větrání bude také vyjádřena v hodinovém kroku pro návrh FVE.

### 5.2 Vytápění, chlazení a příprava TV

V budově není k dispozici přívod plynu. Pro vytápění a přípravu teplé vody je však k dispozici několik dalších energonositelů, které můžeme využít. Především je to elektřina, biomasa, solární energie a tepelná energie prostředí. Pro vytápění a ohřev vody budeme porovnávat čtyři technické varianty. Všechny porovnávané zdroje tepla budou připojeny ke společné teplovodní soustavě, a proto investiční výdaje na teplovodní soustavu nebudou do porovnání variant zahrnuty. Vzhledem k tomu, že je navrhovaný dům vysoce energeticky úsporný, je možné instalovat malá a nerušící designová otopná tělesa s malým výkonem. Podlahové vytápění nebudeme uvažovat, protože vzhledem k malým energetickým nárokům budovy by byly podlahové rozvody nákladné.

Náklady na pořízení vzduchotechniky s rekuperací a teplovodní soustavu s otopnými tělesy jsou pro všechny varianty konstantní a jsou již zahrnuty v investičních nákladech na výstavbu domu.

#### 5.2.1 Varianta č. 1: Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Jako společný zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody využijeme tepelné čerpadlo vzduch/voda o jmenovitém topném výkonu 12 kW. Toto zařízení je možné využívat i jako sezónní zdroj chladu. Pro efektivnější využití tepla prostředí bude k systému s tepelným čerpadlem připojena 1 000 litrová akumulární nádrž na topnou vodu a zásobník na teplou vodu o objemu 400 l.

Vzhledem k velmi malým tepelným ztrátám budovy nemusí být akumulární nádrž příliš velká. Při venkovní teplotě  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  se vnitřní teplota v budově při vypnutí zdroje tepla sníží o  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  přibližně za 6,2 hodiny vlivem tepelné setrvačnosti konstrukce. S využitím 1 000 litrové akumulární nádrže při  $\Delta t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  by ke snížení teploty v budově o  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  došlo až za přibližně 10,3 hodiny od vypnutí zdroje tepla.

Investiční výdaje na pořízení a instalaci tepelného čerpadla vč. akumulárních nádrží a zásobníku na teplou vodu jsou 428 000 Kč. Přibližná spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem bude odpovídat hodnotám v tabulce č.3.

Tab. 5-1 Celková roční spotřeba elektřiny na vytápění a ohřev TV – varianta TČ

Měsíc	Vytápění [MWh]	Chlazení [MWh]	Ohřev vody [MWh]	Celkem [MWh]
1	0,538	0,000	0,216	0,754
2	0,431	0,000	0,195	0,626
3	0,271	0,000	0,216	0,487
4	0,047	0,000	0,209	0,256
5	0,000	0,000	0,216	0,216
6	0,000	0,000	0,209	0,209
7	0,000	0,000	0,216	0,216
8	0,000	0,000	0,216	0,216
9	0,006	0,000	0,209	0,215
10	0,103	0,000	0,216	0,319
11	0,343	0,000	0,209	0,552
12	0,540	0,000	0,216	0,756
Suma:	2,279	0,000	2,543	<b>4,822</b>

### 5.2.2 Varianta č. 2: Elektrický kotel

Při nízké spotřebě tepla v budově s téměř nulovou spotřebou energie je vhodné zvážit ekonomickou efektivnost instalace investičně výhodného zdroje vytápění na elektřinu. V tomto případě budeme hodnotit elektrokotel s připojením na teplovodní soustavu s otopnými tělesy, ale jako další alternativu by bylo možné také zvážit instalaci přímotopného systému. Výdaje na koupi a instalaci elektrokotle jsou v porovnání s tepelným čerpadlem velmi nízké, ale variabilní náklady jsou přibližně 3x vyšší. Pokud bychom chtěli vnitřní prostory také chladit, bylo by při instalaci elektrokotle nutné navíc instalovat navíc chladicí jednotku k VZT narozdíl od TČ, které lze využít i k chlazení.

U elektrokotle není potřeba využívat lepšího topného faktoru přes den, a proto není třeba instalovat akumulční nádrž na topnou vodu. Zásobník TV bude mít také objem 400 l.

Investiční náklady na pořízení a instalaci elektrokotle s akumulční nádrží na TV jsou 106 000 Kč. Přibližná spotřeba elektrické energie elektrokotlem bude odpovídat hodnotám v tabulce č.6.

Tab. 5-2 Celková roční spotřeba elektřiny na vytápění a ohřev TV – varianta elektrokotel

Měsíc	Vytápění [MWh]	Chlazení [MWh]	Ohřev vody [MWh]	Celkem [MWh]
1	1,678	0,000	0,527	2,205
2	1,274	0,000	0,476	1,750
3	0,788	0,000	0,527	1,315
4	0,064	0,000	0,510	0,574
5	0,000	0,000	0,527	0,527
6	0,000	0,000	0,510	0,510
7	0,000	0,000	0,527	0,527
8	0,000	0,000	0,527	0,527
9	0,000	0,000	0,510	0,510
10	0,197	0,000	0,527	0,724
11	0,925	0,000	0,510	1,435
12	1,572	0,000	0,527	2,099
Suma:	6,498	0,000	6,205	<b>12,702</b>

### 5.2.3 Varianta č. 3: Kotel na dřevní štěpku

Stavebník má možnost vytápět budovu biomasou z vlastních zdrojů. Jde především o dřevní štěpku a kusové dřevo. Pro topení kusovým dřevem není dostupná vhodná technologie automatického přikládání, a proto přichází v úvahu automatický kotel na dřevní štěpku. Automatický kotel na dřevní štěpku s malým instalovaným výkonem existuje, ale není běžně k dostání a jedná se spíše o individuální technické řešení, což zvyšuje investiční náklady a dostupnost servisu.

Vzhledem k omezené dostupnosti technologie, tuto variantu rovnou zamítáme.

### 5.2.4 Varianta č. 4: Kotel na peletky

Jako společný sezonní zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody v této variantě využijeme automatický kotel na peletky o jmenovitém výkonu 15 kW. Zásobník teplé vody bude mít rovněž objem 400 l. Mimo topnou sezonu, bude teplá voda ohřívána elektřinou.

U kotlů na pevná paliva je komplikované okamžitě zastavit spalovací proces, což může být nezbytné v případě náhlých změn počasí, jako je například výskyt silného slunečního svitu. Pro zvýšení účinnosti a úspory energie, jsou otopné soustavy s kotlem na tuhá paliva doplněny o akumulaci nádrží. Kapacita těchto nádrží může být v rozmezí od 100 litrů až po několik set litrů. [33]

Výhodou kotle na pelety je vysoká účinnost spalování a plně automatický provoz s potřebou obsluhy 1x za týden. I přes vysoký stupeň automatizace, vyžaduje tato varianta lidskou práci v očekávané délce 2 hodiny za měsíc.

Přibližná spotřeba elektrické energie související s vytápěním a ohřevem TV pro variantu s kotlem na pelety bude odpovídat hodnotám v tabulce č.7.

Tab. 5-3 Celková roční spotřeba elektřiny na vytápění a ohřev TV – varianta kotel na peletky

Měsíc	Vytápění [MWh]	Chlazení [MWh]	Ohřev vody [MWh]	Celkem [MWh]
1	0,073	0,000	0,000	0,073
2	0,055	0,000	0,000	0,055
3	0,034	0,000	0,172	0,206
4	0,003	0,000	0,260	0,263
5	0,000	0,000	0,485	0,485
6	0,000	0,000	0,470	0,470
7	0,000	0,000	0,485	0,485
8	0,000	0,000	0,485	0,485
9	0,000	0,000	0,470	0,470
10	0,009	0,000	0,218	0,227
11	0,040	0,000	0,000	0,040
12	0,068	0,000	0,000	0,068
Suma:	0,283	0,000	3,045	<b>3,328</b>

## 5.1 SWOT analýza variant vytápění

### Varianta č. 1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

<b>Výhody:</b> Nižší spotřeba elektřiny – vysoký topný faktor Snadná obsluha Nízký faktor neobnovitelné primární energie Flexibilita – možnost využití i k chlazení Nižší provozní náklady	<b>Nevýhody:</b> Vyšší pořizovací cena Nižší účinnost při velmi nízkých teplotách Nutnost bivalentního zdroje
<b>Příležitosti:</b> RD splňuje podmínky k získání stavebního povolení bez další instalace zdroje OZE	<b>Hrozby:</b> Dostupnost personálu na servis Fatální porucha po záruce, ale před dosažením konce doby ekonomické životnosti

### Varianta č. 2 Elektrokotel

<b>Výhody:</b> Nízká pořizovací cena Jednoduchá instalace Spolehlivý provoz Snadná údržba a obsluha Malé rozměry	<b>Nevýhody:</b> Vysoká spotřeba elektřiny Vysoký faktor neobnovitelné primární energie Nutnost silného, stabilního přívodu elektřiny – vyšší fixní složka
<b>Příležitosti:</b> V případě fatální poruchy není příliš nákladné provést výměnu	<b>Hrozby:</b> Nejvyšší citlivost na růst cen elektřiny RD nespĺňuje podmínky k získání stavebního povolení bez instalace zdroje OZE (FVE)

### Varianta č. 4 Kotel na peletky

<b>Výhody:</b> Vysoká výhřevnost peletek Vysoká účinnost kotle Nízký faktor neobnovitelné primární energie Automatický provoz a výrazně nižší potřeba volného času oproti jiným variantám topení biomasou	<b>Nevýhody:</b> Nutnost zřízení a údržby spalinových cest Nutnost pravidelných revizí topeniště Kotel s násypkou zabírá mnoho místa v budově Palivo zabírá místo a je třeba ho dopravit Nutnost přikládání = snížený komfort nájemníků Spotřeba elektřiny na ohřev TV mimo topnou sez.
<b>Příležitosti:</b> Stabilní zdroj tepla i při výpadcích dodávek elektřiny (se záložním zdrojem na čerpadla) RD splňuje podmínky k získání stavebního povolení bez další instalace zdroje OZE	<b>Hrozby:</b> Legislativní omezení domácích

Po vyhodnocení SWOT analýzy bychom mohli vyřadit variantu č. 4 - vytápění kotlem na peletky. Velký prostor k instalaci technologie, nutnost zřízení spalinových cest, vyšší spotřeba elektřiny na ohřev TV mimo topnou sezonu, spotřeba volného času při manipulaci s palivem, obstarávání paliva a při každoměsíční údržbě, jsou pádné argumenty s touto variantou dále nepočítat. Přesto, ale tuto variantu ještě posoudíme podle kritéria NPV, a pokud bude varianta i přes výše uvedené nevýhody ekonomicky atraktivní, tak ji nezamítneme.

Výpočty kritéria NPV jednotlivých zdrojů pro vytápění a ohřev vody jsou součástí této diplomové práce jako příloha č. 2.

## 5.2 Vyhodnocení variant vytápění a ohřevu TV

Tab. 5-4 Porovnání NPV a ekvivalentních ročních toků EAA

Varianta	Investiční náklady	Spotřeba elektřiny (MWh)	NPV (tis. Kč)	EAA (tis. Kč)
Tepelné čerpadlo vzduch voda	428 000 Kč	4,82	-919	-113,95
Elektrokotel	106 000 Kč	12,70	-1 069	-132,60
Kotel na peletky	286 000 Kč	3,33	-1 058	-131,35

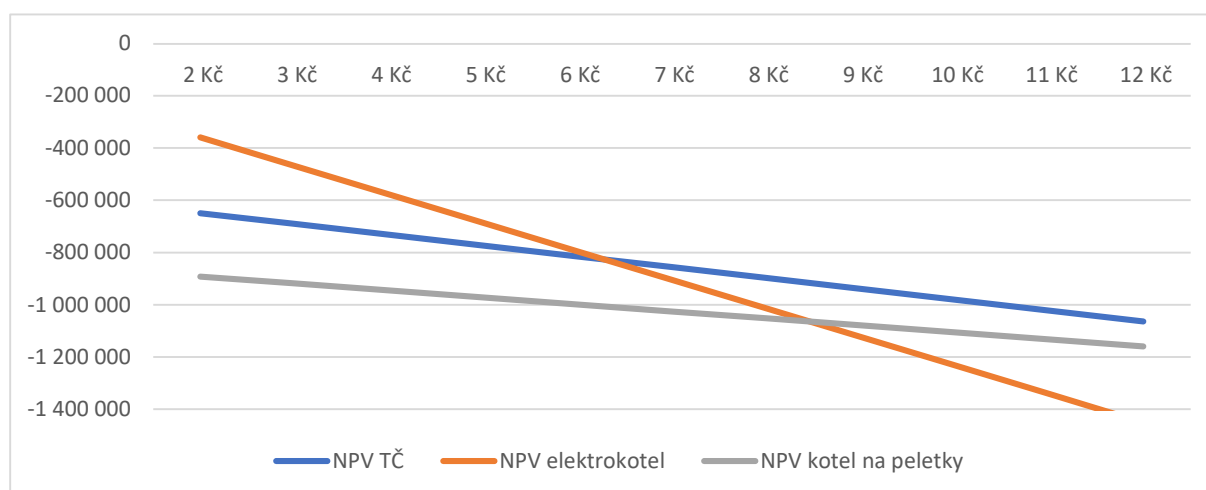
Po vyhodnocení NPV finančních toků, které souvisí s jednotlivými zdroji tepla, jsme zjistili, že nejlépe vychází tepelné čerpadlo. U TČ je sice NPV nejvyšší, ale vzhledem k časovému horizontu predikce proměnných a k přijatým omezením modelu, není ekonomická výhoda TČ zcela jednoznačná. Při porovnání očekávaných ekvivalentních ročních toků EAA je rozdíl mezi nejlepší a nejhorší variantou přibližně 16 %.

### 5.2.1 Citlivostní analýzy

Tab. 5-5 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny (tis. Kč)

Cena elektřiny (Kč/kWh)	2 Kč	3 Kč	4 Kč	5 Kč	6 Kč	7 Kč	8 Kč	9 Kč	10 Kč	11 Kč	12 Kč
NPV TČ	-649	-690	-732	-773	-815	-856	-898	-939	-981	-1 022	-1 064
NPV elektrokotel	-359	-468	-577	-686	-796	-905	-1 014	-1 123	-1 233	-1 342	-1 451
NPV kotel na peletky	-892	-918	-945	-972	-999	-1 026	-1 053	-1 079	-1 106	-1 133	-1 160

Graf 5-1 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny



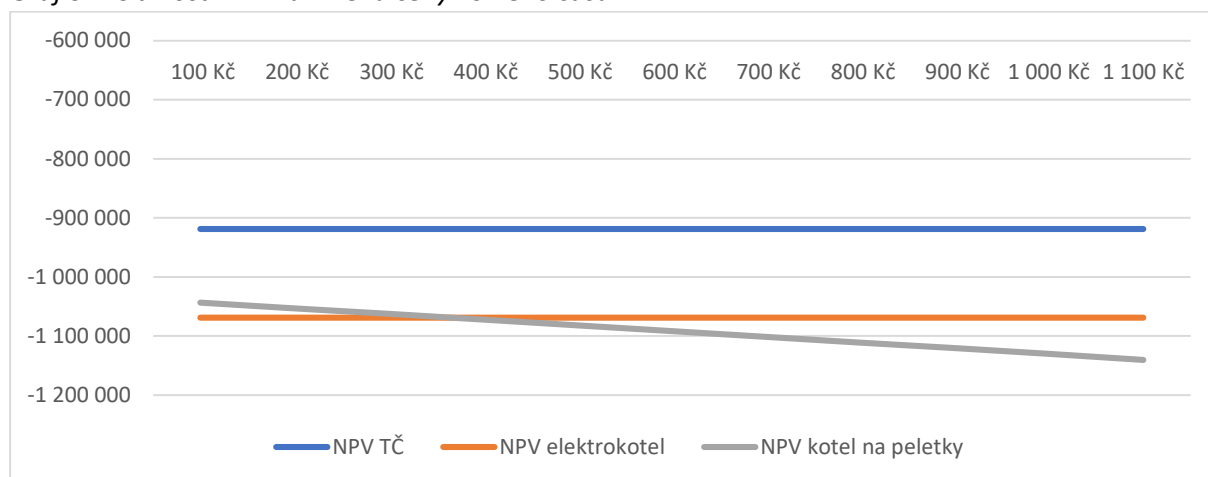
Citlivost NPV na změnu cen elektřiny je nejvýznamnější u elektrokotle. Množinu efektivních řešení ohraničují křivky NPV tepelného čerpadla a elektrokotle. Provoz elektrokotle by se vyplatil při ceně elektřiny do 6,3 Kč/kWh. Takto nízkou cenou na základě již přijatých předpokladů dlouhodobě neočekávám, a proto bych volil spíše variantu s tepelným čerpadlem.



Tab. 5-6 Citlivost NPV na změnu ceny volného času

Cena volného času (Kč/h)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100
NPV TČ	-919	-919	-919	-919	-919	-919	-919	-919	-919	-919	-919
NPV elektrokotel	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069	-1 069
NPV kotel na peletky	-1 043	-1 053	-1 063	-1 072	-1 082	-1 092	-1 101	-1 111	-1 121	-1 130	-1 140

Graf 5-2 Citlivost NPV na změnu ceny volného času



Citlivost NPV na změnu ceny volného času je nejvýznamnější u kotle na peletky. Množinu přípustných řešení ohraničuje pouze křivka NPV tepelného čerpadla.

Po posouzení NPV a citlivostních analýz jednotlivých variant vytápění a ohřevu teplé vody, vyšla jako nejvýhodnější varianta č.1 – tepelné čerpadlo vzduch/voda. V následující části práce, již budeme počítat energetickou bilanci budovy s tímto zdrojem tepla.

Vybraná varianta zdroje tepla nám přináší ekvivalentní roční peněžní tok  $EAA_T = -114$  tis. Kč.

## 6 Spotřeba elektřiny

Spotřeba elektřiny bude rozdělena na čtyři odběrná místa. Každá bytová jednotka bude mít svůj elektroměr a jedno odběrné místo bude určeno pro společné prostory v domě a pro společné technologie.

### 6.1 Společná spotřeba elektřiny

Elektřina potřebná k provozu společných technologií jako jsou vzduchotechnika, tepelné čerpadlo a osvětlení společných prostor dle tab. 6-1 je 5,89 MWh/rok. Náklady na společnou spotřebu budou rozpočítány mezi jednotlivé nájemníky dle alokačního klíče, na kterém se dohodnou. Konkrétní podobu alokace, nyní pro celkovou bilanci budovy znát nepotřebujeme.

Tab. 6-1 Společná spotřeba elektřiny

Měsíc	Vytápění [MWh]	Vzduchotechnika [MWh]	Ohřev vody [MWh]	Osvětlení společných prostor [MWh]	Celková společná spotřeba [MWh]
1	0,538	0,08	0,216	0,01575	0,84975
2	0,431	0,073	0,195	0,01225	0,71125
3	0,271	0,08	0,216	0,011	0,578
4	0,047	0,078	0,209	0,00825	0,34225
5	0	0,08	0,216	0,00675	0,30275
6	0	0,078	0,209	0,005	0,292
7	0	0,08	0,216	0,00525	0,30125
8	0	0,08	0,216	0,00775	0,30375
9	0,006	0,078	0,209	0,00975	0,30275
10	0,103	0,08	0,216	0,01275	0,41175
11	0,343	0,078	0,209	0,01475	0,64475
12	0,54	0,08	0,216	0,016	0,852
Suma:	2,279	0,945	2,543	0,12525	<b>5,89</b>

### 6.2 Spotřeba elektřiny v domácnostech

V rodinném domě jsou tři bytové jednotky. Jelikož nám v tuto chvíli není známa obsazenost jednotlivých bytů, ani věková a sociální skupina nájemníků, budeme muset obsazenost a odvozenou spotřebu elektřiny odhadnout. Velkým nedostatkem našeho odhadu bude velká nepřesnost, protože pouze tři prvky jsou pro jakékoliv odhady statisticky málo významným vzorkem.

Dle Českého statistického úřadu je průměrný počet osob v domácnosti ve městech do 100 tis. obyvatel 2,3. [34]

Všechny domácnosti v hodnoceném domě jsou charakterem odběru elektrické energie typické pro odběrový diagram TDD4. Pro odběrné místo OM4 bude odpovídající diagram zatížení TDD7. Odběrná místa se nachází v distribučním území ČEZ distribuce, a.s.

Během návrhu konceptu domu jsme namodelovali celkovou spotřebu elektřiny na osvětlení všech bytových prostorů ve výši 0,4 MWh/rok.

Nyní ještě potřebujeme odhadnout spotřebu elektrických spotřebičů v domácnostech (tzv. zásuvkovou spotřebu). Obvyklá spotřeba elektřiny v domácnostech je 2-3 MWh/rok. [35]

V případě našeho domu by mohla mít typická domácnost složení spotřeby dle tab. 6-2.

Tab. 6-2 Seznam spotřebičů pro typickou domácnost v domě

Název spotřebiče	Počet	Příkon (kW)	Příkon celkem (kW)	Provoz (h/den)	Roční využití (h)	Spotřeba (kWh)	Vnitřní tepelné zisky
LED žárovka 9 W (lampička)	2	0,09	0,18	2	730	131,4	131,4
Stolní počítač	1	0,45	0,45	2	730	328,5	328,5
Televize	1	0,2	0,2	1,5	547,5	109,5	109,5
Notebook	1	0,2	0,2	2	730	57,8	57,8
Pračka	1	2,1	2,1	0,5	182,5	87,7	26,3
Myčka na nádobí	1	1,8	1,8	0,5	182,5	159	47,7
Varná konvice	1	2,3	2,3	0,2	73	167,9	83,95
Mikrovlonná trouba	1	1,3	1,3	0,12	43,8	30,1	30,1
Trouba na pečení	1	3,5	3,5	0,1	36,5	67,5	22,5
Varná deska	1	7,2	7,2	0,25	91,25	167,7	67,08
Kontaktní gril	1	2	2	0,08	29,2	46,3	27,78
Vysavač	1	0,75	0,75	0,11	40,15	19,9	19,9
Sušička	1	1,4	1,4	1,8	342	180	90
Laserová tiskárna	1	0,1	0,1	0,1	36,5	2,3	2,3
Žehlička	1	2,5	2,5	0,1	36,5	91,25	91,25
Wi-Fi router	1	0,02	0,02	24	8760	175,2	175,2
Lednička s mrazákem	1	0,09	0,09	24	8760	197,1	197,1
Ostatní spotřeba						208	208
<b>Celkem</b>						<b>2 227</b>	<b>1 416</b>

U elektrických spotřebičů nás kromě jejich vlastní spotřeby bude zajímat také tepelné záření do okolí, což představuje tepelné zisky budovy. Tyto tepelné zisky budou v topné sezoně žádoucí, ale v teplých letních měsících naopak nežádoucí, jelikož nám zvýší náklady na chlazení, nebo sníží komfort vnitřního prostředí.

Celková předpokládaná roční spotřeba elektřiny v každém odběrném místě je 2,4 MWh včetně osvětlení.

Celková spotřeba elektřiny

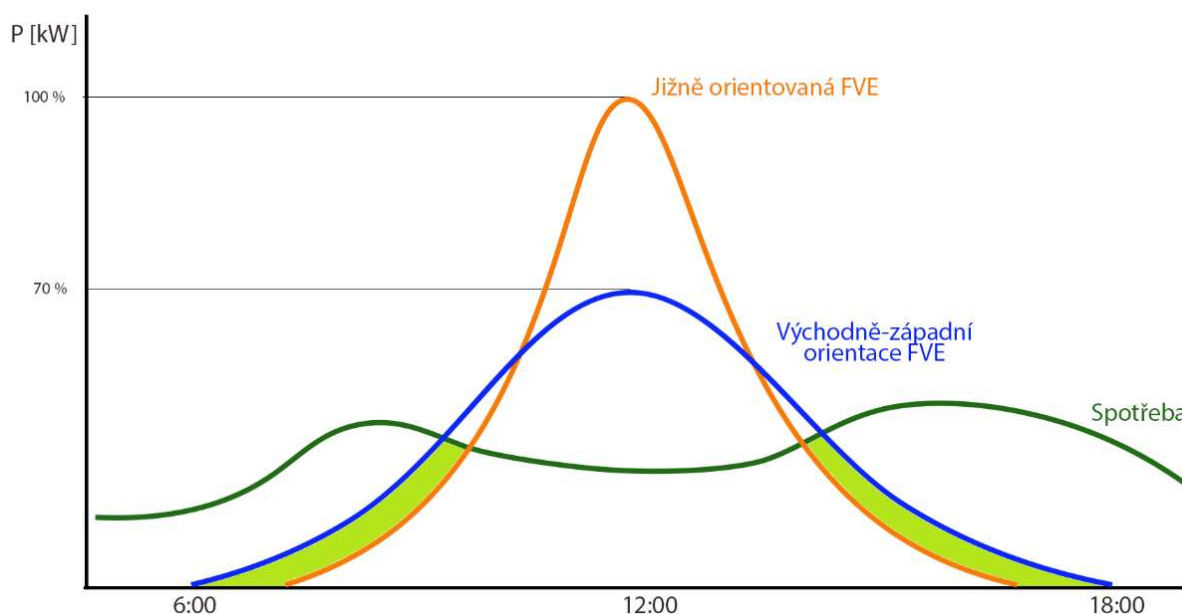
Tab. 6-3 Spotřeba elektřiny a vnitřní tepelné zisky

Odběrné místo	Spotřeba (MWh)	Vnitřní tepelné zisky (MWh)
OM1	2,4	1,4
OM2	2,4	1,4
OM3	2,4	1,4
OM4	5,9	1,9
<b>Celkem</b>	<b>13,1</b>	<b>6,1</b>

## 7 Návrh FVE

Pro instalaci fotovoltaické elektrárny máme k dispozici celou střechu rodinného domu. Střecha je sedlová s orientací ploch na východ a západ pod úhlem 30°. Orientace střechy nám neumožní maximálně využít potenciál lokality, protože nejlepších energetických zisků bychom docílili z FV modulů orientovaných na jih. Roční využití maxima FVE orientované na jih je v podmínkách ČR přibližně 1 000 hodin a roční využití maxima FVE s východně-západní orientací je v posuzované variantě jen 798 hodin. Východně-západní orientace panelů, je naopak výhodná v tom, že je denní výroba více roztažená do celého dne a je tudíž k dispozici delší doba ke spotřebě, což má za následek větší průnik křivek spotřeby a výroby.

Obr.7-1 FVE s jižní a východně-západní orientací



Využitelná plocha pro instalaci FV modulů je 119,52 m<sup>2</sup> s orientací na východ a 119,52m<sup>2</sup> s orientací na západ, což umožňuje instalaci 20,8 kWp na každou stranu střechy. Celkový možný instalovaný výkon je 41,6 kWp.

Plocha střechy a legislativní omezení 50 kWp nám určuje horní limit velikosti instalace FVE. Dalším limitem bude výše přetoků do sítě. Výroba elektřiny není naším podnikatelským záměrem, proto by měla být samospotřeba výrazně vyšší než přetoky. Pro případ posuzované elektrárny si určíme vlastní maximální množství přetoků v hodnotě 30 % z celkové produkce. Dále budeme muset zhodnotit, jestli je investice do FVE ekonomicky efektivní, a pokud ano, tak vypočítat její optimální velikost.

Pro zjištění optimální velikosti porovnáme časový průběh odběru všech čtyř odběrných míst v domě s diagramem výroby FVE. Pro účel výběru vhodné varianty jsem vytvořil tabulku hodnot výroby, samospotřeby a přetoků do sítě pro všechny uvažované varianty velikosti FVE. Následující tabulka 7-1 obsahuje agregované hodnoty za celý rok a v příloze FVE.xls jsou k dispozici data v hodinovém průběhu.

Pro první odhad hodinového průběhu spotřeby v domě byly využity TDD diagramy. Spotřebu v bytech jsme porovnali s diagramem TDD4 a společné technologie včetně tepelného čerpadla s diagramem TDD7. Následně jsme využili přesnější odhad průběhů za pomoci software Energie 2023, který vzal v úvahu také akumulaci vody a charakter spotřeby.

Pro odhad průběhu spotřeby jsme určili priority využití elektřiny z FVE takto:

1. OM4 v pořadí: příprava teplé vody; větrání; osvětlení; vytápění
2. OM1 – OM3: elektrické spotřebiče v domácnostech

Při porovnání variant budeme počítat s přesnějšími odhady průběhů přetoků a samospotřeby, které jsou uvedeny ve sloupci „skutečné“. Musíme mít však na paměti, že tyto přesnější odhady jsou zatíženy velkou mírou nejistoty a skutečné průběhy budou záviset na konkrétním užívání budovy.

Tab. 7-1 Varianty FVE

Var.	Velikost FVE (kWp)	Investiční náklady (Kč/kWp)	Investiční náklady (Kč)	Podle TDD		„Skutečné“ s akumulací do TV		
				Přetoky (kWh/rok)	Samospotřeba (kWh/rok)	Přetoky (kWh/rok)	Samospotřeba (kWh/rok)	Přetoky (%)
1	13	27 480	357 235	5 887	4 478	4 234	6 133	41 %
2	12	28 040	336 485	5 195	4 372	3 548	6 021	37 %
3	11	28 613	314 740	4 517	4 253	2 881	5 891	33 %
4	10	29 197	291 966	3 852	4 121	2 238	5 736	28 %
5	9	29 792	268 132	3 203	3 973	1 622	5 554	23 %
6	8	30 401	243 204	2 570	3 808	1 041	5 338	16 %
7	7	31 021	217 146	1 962	3 619	508	5 074	9 %
8	6	31 654	189 924	1 386	3 398	38	4 746	1 %
9	5	32 300	161 500	861	3 126	0	3 987	0 %

Varianty č. 1 až 3 mají odhadované roční přetoky vyšší než 30 %. Proto tyto varianty zamítáme a vyřadíme je z hodnocení.

## 7.1 Ekonomická efektivnost investice do FVE

Na hodnocený rodinný dům není potřeba instalovat FVE z důvodu splnění legislativních požadavků pro hodnoty primární energie z neobnovitelných zdrojů.

Investici do FVE budu hodnotit zvlášť. Je to proto, že fotovoltaická elektrárna není na rozdíl od ostatních posuzovaných TZB nezbytně nutná k provozu budovy, ani k získání stavebního povolení. Potřebná dodávka elektrické energie do budovy je zajištěna přes lokální distribuční síť. Pořízení FVE jako zálohy pro případ výpadku dodávek ze sítě, je ekonomicky neopodstatněná, protože ukazatelé spolehlivosti dodávek elektřiny SAIDI a SAIFI mají velmi nízké hodnoty. FVE je dle mého pohledu spíše spekulativní investicí, ve které spekulujeme, že cena elektrické energie bude nad námi předpokládanou cenovou hladinou. Cena elektřiny je však velmi volatilní a je dost pravděpodobné, že tato cena bude v budoucnu mimo naše predikované rozmezí.

Pokud by se cena elektrické energie držela na současných hodnotách, byla by celková efektivita investice dobrá. Pokud by cena elektřiny byla po zavedení chytrého měření a v době velkých slunečných zisků snížena, a to např. na hodnotu 2 Kč/kWh, mohla by být investice do FVE vysoce ztrátová. V případě domácnosti by pak ztráta byla ještě vyšší oproti komerčnímu subjektu, protože domácnost nemůže u většiny investic využít daňový štít a je méně diverzifikovaná.

Z pohledu soukromého investora do FVE je investice závislá na ceně elektřiny na trzích, podobně jako je to u komerčních elektroenergetických investic. Výhoda malého soukromého investora oproti korporaci podnikající v energetice je ochrana před krátkodobou volatilitou.

Pro ekonomické hodnocení FVE je nutné definovat další předpoklady:

- Doba ekonomické životnosti FV panelů je 25 let
- Doba ekonomické životnosti střídače je 13 let
- Pokles účinnosti FV panelů je 0,5 % ročně
- Výnos z prodeje přetoků do sítě je 1,2 Kč/kWh
- Diskont je 9%

Tab. 7-2 Ekonomická efektivnost variant FVE

Varianta	Velikost FVE (kWp)	Inv. náklady (Kč/kWp)	Investiční náklady	NPV (tis. Kč)	IRR	EAA (tis. Kč)
<del>1</del>	<del>13</del>	<del>27 480</del>	<del>357 235 Kč</del>	*		
<del>2</del>	<del>12</del>	<del>28 040</del>	<del>336 485 Kč</del>	*		
<del>3</del>	<del>11</del>	<del>28 613</del>	<del>314 740 Kč</del>	*		
4	10	29 197	291 966 Kč	167,3	5,9 %	17,035
5	9	29 792	268 132 Kč	174,5	6,7 %	17,762
6	8	30 401	243 204 Kč	180,3	17,2 %	18,357
7	7	31 021	217 146 Kč	183,9	18,3 %	18,721
8	6	31 654	189 924 Kč	<b>183,9</b>	<b>19,5 %</b>	<b>18,724</b>
9	5	32 300	161 500 Kč	151,6	19,2 %	15,433

S ohledem na rozhodovací kritérium maximálního NPV bychom zvolili variantu č.8 nebo č.9. S přihlédnutím ke kritériu IRR bychom vybrali variantu č. 8. Při detailním porovnání výše NPV při různých velikostech instalace FVE je vidět, že FVE není v rozmezí výkonu 6–10 kWp výrazně citlivá na změnu velikosti instalovaného výkonu, přičemž porovnávaná NPV jsou téměř shodná.

Existenci ekonomicky efektivní varianty jsme potvrdili, ale k rozhodnutí o volbě velikosti FVE budeme muset detailněji posoudit citlivostní analýzy na zvolené parametry.

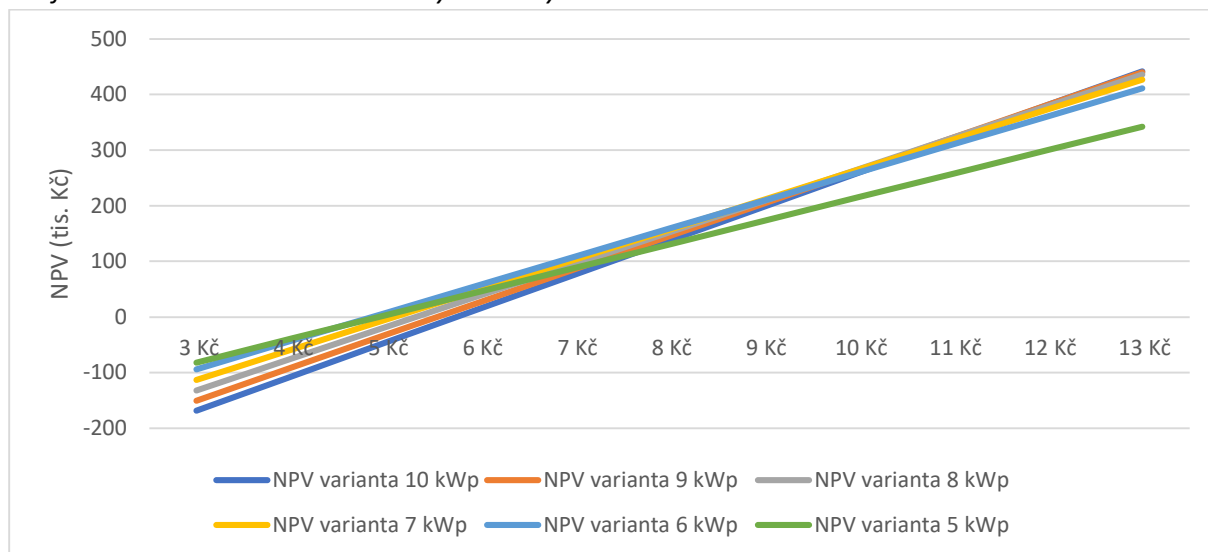
## 7.2 Citlivostní analýzy

### Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny

Tab. 7-3 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny

Cena elektřiny (Kč/kWh)	3 Kč	4 Kč	5 Kč	6 Kč	7 Kč	8 Kč	9 Kč	10 Kč	11 Kč	12 Kč	13 Kč
NPV varianta 10 kWp	-168	-107	-46	15	76	137	198	259	320	381	442
NPV varianta 9 kWp	-151	-92	-32	27	86	145	204	263	322	381	440
NPV varianta 8 kWp	-132	-75	-18	38	95	152	209	266	322	379	436
NPV varianta 7 kWp	-113	-59	-5	49	103	157	211	265	319	373	427
NPV varianta 6 kWp	-94	-43	7	58	108	159	209	260	310	361	411
NPV varianta 5 kWp	-82	-39	3	46	88	130	173	215	258	300	343

Graf 7-1 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny



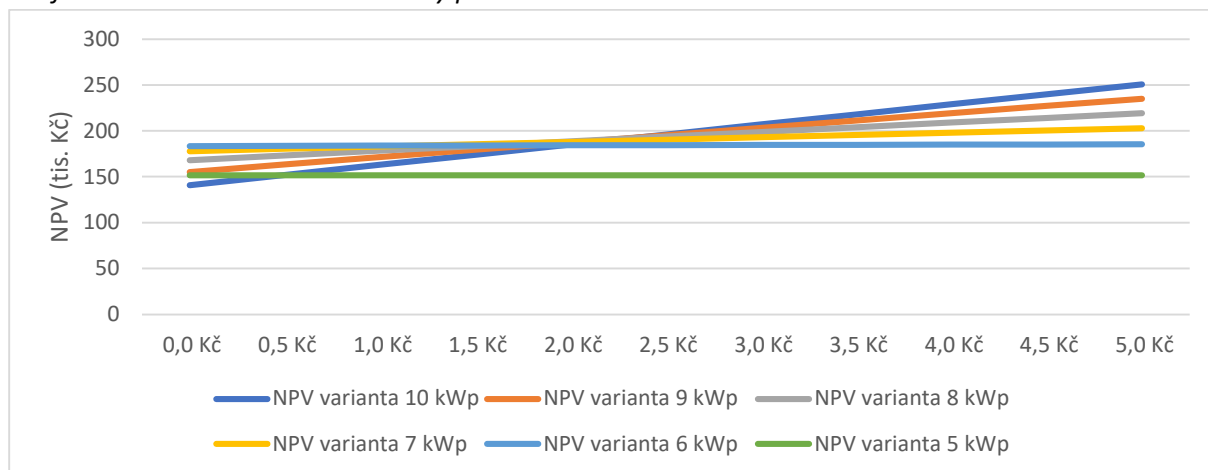
Cena elektřiny je v našem modelu nejdůležitějším parametrem. Vzhledem k výraznému nárůstu ceny elektřiny je ekonomická efektivnost téměř všech instalovaných FVE neobvykle vysoká, na rozdíl od situace před rokem, kdy bylo nutné FVE precizně dimenzovat, abychom docílili kladných hodnot NPV. Při poklesu ceny elektřiny na hodnoty mezi 4–5 Kč/kWh začínají být všechny varianty FVE ekonomicky neefektivní.

#### Citlivost NPV na změnu ceny přetoků

Tab. 7-4 Citlivost na změnu ceny přetoků

Cena za přetoky (Kč/kWh)	0,0 Kč	0,5 Kč	1,0 Kč	1,5 Kč	2,0 Kč	2,5 Kč	3,0 Kč	3,5 Kč	4,0 Kč	4,5 Kč	5,0 Kč
NPV varianta 10 kWp	141	152	163	174	185	196	207	218	229	240	251
NPV varianta 9 kWp	155	163	171	179	187	195	203	211	219	227	235
NPV varianta 8 kWp	168	173	178	183	189	194	199	204	209	214	219
NPV varianta 7 kWp	178	180	183	185	188	190	193	195	198	200	203
NPV varianta 6 kWp	183	184	184	184	184	184	185	185	185	185	185
NPV varianta 5 kWp	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152

Graf 7-2 Citlivost NPV na změnu ceny přetoků



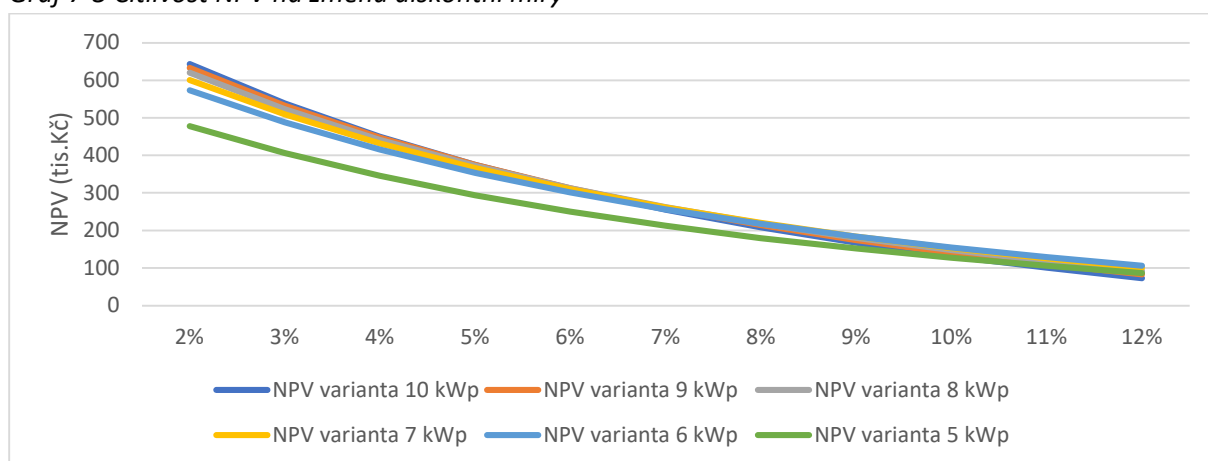
Varianty s instalovaným výkonem 5 a 6 kWp mají velmi malé přetoky, a proto nejsou na změnu jejich ceny citlivé. 6kWp varianta nese nejmenší finanční riziko pro situace, kdy přetoky nebudou vykupovány, nebo za ně bude nabízena cena nižší než 2 Kč/kWh.

### Citlivost NPV na výši diskontu

Tab. 7-5 Citlivost NPV na změnu diskontní míry

Výše diskontu	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
NPV varianta 10 kWp	643	538	450	374	310	256	208	167	132	100	73
NPV varianta 9 kWp	634	532	447	374	313	260	214	174	140	110	83
NPV varianta 8 kWp	620	523	441	372	313	262	218	180	147	118	93
NPV varianta 7 kWp	601	509	431	366	309	261	220	184	153	125	101
NPV varianta 6 kWp	574	488	415	354	301	256	217	184	155	129	107
NPV varianta 5 kWp	478	406	345	294	250	212	180	152	127	106	87

Graf 7-3 Citlivost NPV na změnu diskontní míry



Investice je velmi citlivá na změny diskontní sazby. Pokud bychom se vrátili na začátek této práce, kde jsme uvažovali, jakou zvolit diskontní sazbu a zvolili bychom diskont bez přírážky za riziko, pouze ve výši kolem 2,2 %, tak by výše NPV za dobu životnosti zařízení nebyla 184 tis. Kč ale 574 tis. Kč. Proto je už z principu opatrnosti lepší s přírážkou za riziko počítat.

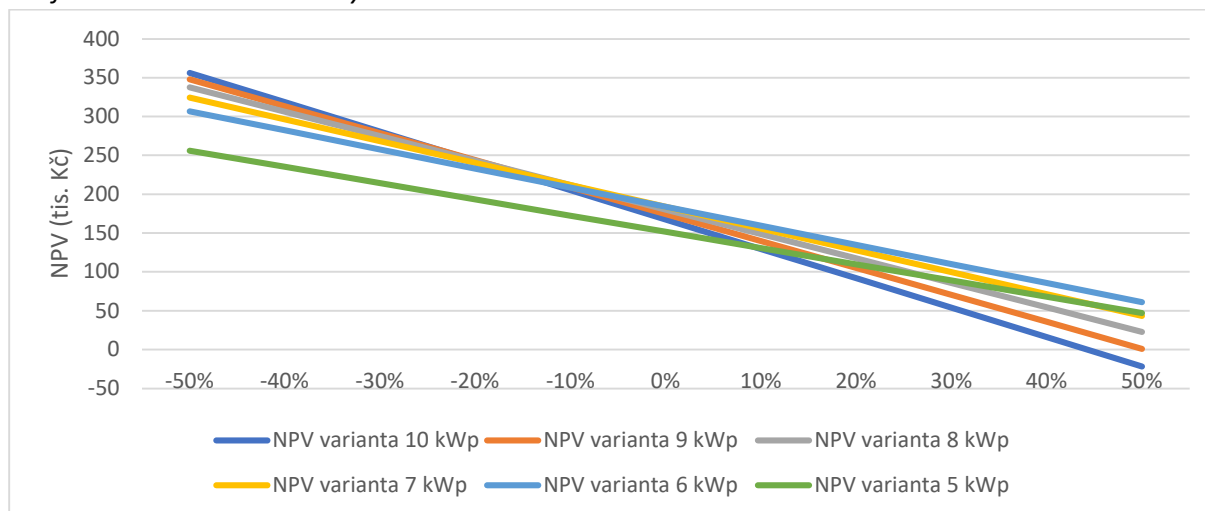
### Citlivost NPV na výši investičních nákladů

Tab. 7-6 Citlivost NPV na změnu výše investičních nákladů

Zvýšení investičních nákladů	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
NPV varianta 10 kWp	356	318	281	243	205	167	130	92	54	16	-22
NPV varianta 9 kWp	348	313	279	244	209	174	140	105	70	36	1
NPV varianta 8 kWp	338	306	275	243	212	180	149	117	86	54	23
NPV varianta 7 kWp	324	296	268	240	212	184	156	128	100	71	43
NPV varianta 6 kWp	307	282	258	233	209	184	159	135	110	86	61
NPV varianta 5 kWp	256	235	214	193	172	152	131	110	89	68	47



Graf 7-4 Citlivost na změnu výše investičních nákladů



Závislost NPV na výši investičních nákladů je významná. Pokud bychom snížili výši investičních nákladů na 50 %, např. využitou dotací, tak by výsledné NPV u 6kW varianty z 184 tis. Kč vzrostlo na hodnotu 307 tis. Kč. To znamená že 50% snížení investičních nákladů povede k přibližně 40% růstu NPV. Využití dotace z programu Nová zelená úsporám je v tomto případě faktorem, který významně ovlivní investiční rozhodování.

Po zhodnocení všech variant FVE s přihlédnutím k citlivosti NPV na zvolené parametry bych volil variantu č. 8 s instalovaným výkonem 6 kWp. Rozhodnutí má několik zdůvodnění:

- Varianta má nejvyšší NPV pro nejpravděpodobnější scénář
- Varianta má nejvyšší IRR ve výši 19,5 %
- Varianta má téměř shodné NPV v porovnání s ostatními přípustnými variantami
- Jako rozhodovatele s averzí k riziku, mě přesvědčily citlivostní analýzy na změnu NPV při změně ceny za přetoky a na cenu elektřiny. Vybraná varianta není vůbec citlivá na změnu ceny přetoků, protože přetoky jsou minimální. Při pravděpodobných cenách elektřiny mezi 5-10 Kč generuje tato varianta nejvyšší NPV

Vybraná varianta FVE nám přináší ekvivalentní roční peněžní tok  $EAA_{FV} = 19$  tis. Kč.

## 8 Ekonomická efektivnost celého projektu

Nyní již máme navržen koncept energeticky úsporné budovy včetně všech nutných technologií a způsobu užívání. Pro výpočet celkové efektivnosti projektu, mám již chybět definice několika málo předpokladů:

- Tržní nájemné za byt 3+kk o podlahové ploše 77 m<sup>2</sup> v novostavbě v obci Žatec může být 17 000 Kč/měsíc.
- Tržní nájemné za nebytové prostory může být 9 000 Kč/měsíc.
- Budeme předpokládat dlouhodobou obsazenost na úrovni 80 %.
- Roční výdaje na opravy a udržování budou 0,8 % z ceny budovy.
- Pokud budeme předpokládat, že projekt za 40 let ukončíme, bude zůstatková hodnota nemovitosti 80 % současné hodnoty (v reálných cenách).

Čistou současnou hodnotu finančních toků u investice do budovy vypočteme dle rovnice 8-1.

$$NPV_B = -INV + CF \times \frac{1 - (1 + r)^{-T}}{r} + ZH \times (1 + r)^{-T} \quad (8-1)$$

Kde:

$NPV_B$  je čistá současná hodnota finančních toků budovy za dobu porovnání

$INV$  je celková investice ve výši 15,6 mil. Kč (cena stavby 12,1 mil. Kč + cena pozemku 3,5 mil. Kč)

$CF$  jsou pravidelné finanční toky ve výši 419 tis. Kč/rok (nájemné – 30% daň – opravy a udrž.)

$ZH$  je zůstatková hodnota nemovitosti ve výši 12,5 mil. Kč

$R$  je diskont ve výši 9 %

$T$  je doba porovnání 40 let

Po dosazení do rovnice 8-2 získáme čistou současnou hodnotu – 10,7 mil. Kč.

$$NPV_B = -15\,600 + 419 \times \frac{1 - (1 + 0,09)^{-40}}{0,09} + 12\,480 \times (1 + 0,09)^{-40} = -10,7 \text{ mil. Kč} \quad (8-2)$$

Abychom mohli sčítat a porovnávat finanční toky u investic s různou dobou životnosti, musíme si ještě vyjádřit hodnotu ekvivalentních ročních finančních toků budovy  $EAA_B$  dle rovnice 8-3.

$$EAA_B = NPV_B \times a_{t\check{z}} = -10\,748 \times 0,09296 = -995 \doteq -1 \text{ mil. Kč/rok} \quad (8-3)$$

Kde  $a_{t\check{z}}$  je anuita za dobu porovnání, která je vypočtená dle rovnice 8-4.

$$a_{t\check{z}} = \frac{(1 + r)^T \times r}{(1 + r)^T - 1} = \frac{(1 + 0,09)^{40} \times 0,09}{(1 + 0,09)^{40} - 1} = 0,09296 \quad (8-4)$$

Ekvivalentní hodnota ročních finančních toků  $EAA_B$  je – 1 mil. Kč. Roční ekvivalentní hodnota finančních toků, které souvisí se zdrojem tepla  $EAA_T$  je – 114 tis. Kč a roční ekvivalentní hodnota finančních toků fotovoltaické elektrárny  $EAA_{FV}$  je 19 tis. Kč.

Položky  $EAA_T$  a  $EAA_{FV}$  můžeme sečíst, čímž dostaneme ekvivalentní finanční toky  $EAA_{T_{FV}} = -95$  tis. Kč/rok.

Jakým způsobem bychom alokovali částku -95 tis. Kč mezi nájemníky a majitele budovy není pro vyhodnocení investice již podstatné. Na základě výsledků NPV finančních toků a z nich odvozených ročních ekvivalentních hodnot CF lze investici hodnotit jako ekonomicky neefektivní a zamítnout ji.

Investice by nebyla efektivní, ani v případě, ve kterém by byly investiční náklady na stavbu budovy poloviční. V takovém případě by byla hodnota NPV za dobu porovnání – 4 mil. Kč. Proto optimalizací investičních nákladů ani přijetím dotace není možné investici posunout do kladných čísel.

Pokud bychom však u investice počítali s diskontem na úrovni dlouhodobých bezrizikových investic a investiční náklady ponechali v původní vypočítané výši, naše investice by generovala kladné NPV ve výši 35 tis. Kč.

Kdybychom nebyli znalí problematiky rizik, mohli bychom takto nevýhodnou investici hodnotit, jako ekonomicky efektivní. Zde bych odkázal na kapitolu 3, ve které bylo poukázáno na to, že určení výše diskontu je stěžejním předpokladem pro výpočet efektivnosti celé investice.

## 9 Závěr

Ve své diplomové práci jsem podrobně zkoumal požadavky na energetickou náročnost budov v České republice, a to jak z hlediska současného stavu, tak i s ohledem na potenciál pro zlepšení. Analýza prostudovaných zdrojů ukázala, že ačkoli byla v posledních letech učiněna řada kroků směrem k větší energetické účinnosti, stále existují značné možnosti pro další optimalizaci, a to hlavně o oblasti rekonstrukcí stávajících budov.

Stěžejní částí práce bylo posoudit investici do nízkoenergetického rodinného domu a jeho zásobování energiemi. Hodnoceným rodinným domem byla investiční nemovitost se třemi byty a jednou nebytovou jednotkou, přičemž všechny zmíněné prostory byly určeny primárně k pronájmu.

V diplomové práci byl proveden návrh konceptu budovy, který byl z energetického hlediska optimalizován až na pasivní standard, a to při investičních nákladech, které odpovídají průměrným nákladům na běžnou výstavbu v ČR. Pro tuto budovu byl navržen energetický mix s výběrem zdrojů tepla a optimální velikostí fotovoltaické elektrárny. Zdroj tepla i varianta FVE byly vybrány racionálně na základě nejvyšší NPV za dobu porovnání. Na základě výsledku porovnání variant, jsme zvolili jako zdroj tepla na vytápění a ohřev vody tepelné čerpadlo typu vzduch voda o jmenovitém výkonu 12 kW. Jako optimální FVE jsme vybrali zařízení s instalovaným výkonem 6 kWp.

Po optimalizaci budovy, a návrhu energetického mixu byla posouzena ekonomická efektivnost celého investičního projektu. Po výpočtu NPV finančních toků za 40 let životnosti investice jsme zjistili, že investice není efektivní, přičemž hodnota ročních ekvivalentních toků hotovosti byla přibližně – 1 mil. Kč. Takto vysoké (ekonomické) ztráty hodnocená investice dosahovala především proto, že byla ohodnocena vysokou diskontní mírou. Pokud bychom v nákladech příležitosti nezohlednili investiční riziko, investice by mohla být zdánlivě ekonomicky efektivní s kladným NPV ve výši 35 tis. Kč.

Na základě výsledků této práce mohu konstatovat, že hlavními parametry ovlivňujícími ekonomickou návratnost investice do nemovitosti s nájemními byty jsou lokalita projektu, kvalita podnikatelského záměru a náklady na alternativní příležitosti reflektující investiční riziko. S ohledem na již platné regulace v oblasti energetické náročnosti budov se nezdá, že by optimalizace nad úroveň referenčních hodnot vedla k výraznému ekonomickému zvýhodnění investice. Výběr zdroje tepla pro vytápění a ohřev vody, stejně jako rozhodnutí o instalaci fotovoltaické elektrárny, v hodnoceném projektu nepředstavují klíčové parametry pro investiční rozhodování.

## Seznam literatury a použitých zdrojů

- [1] **Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií**
- [2] **Evropská komise. Energy performance of buildings directive** – Revised in 2018, the directive will help reach the building and renovation goals set out in the European Green Deal. European commission [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en#energy-performance-of-buildings-standards](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en#energy-performance-of-buildings-standards)
- [3] **Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)**
- [4] **Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov**
- [5] **Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území**
- [6] **Nařízení vlády č. 366/2013 Sb., o úpravě některých záležitostí souvisejících s bytovým spoluvlastnictvím**
- [7] **URBAN, Miroslav. Vliv přerušovaného vytápění na spotřebu energie při vytápění administrativní budovy.** TZBinfo [online]. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/elektricke-vytapani/21604-vliv-prerusovaneho-vytapani-na-spotrebu-energie-pri-vytapani-administrativni-budovy>
- [8] **ŠÁLA, Jiří. Komentář k ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov.** MPO-efekt [online]. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/Publikace\\_Komentar\\_k\\_CSN\\_730540\\_Tepelna\\_ochrana\\_budov\\_2220047206.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/Publikace_Komentar_k_CSN_730540_Tepelna_ochrana_budov_2220047206.pdf)
- [9] **RÁŽ, J.V. Úspory tepla 3 – kolik nás stojí vytápění.** TZBinfo [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/8516-uspory-tepla-3-kolik-nas-stoji-vytapani>
- [10] **MANKYV, Gregory N. Zásady ekonomie.** Praha: Grada Publishing, 2009, ISBN 978-80-7169-891-3.
- [11] **HOLMAN, Robert. Ekonomie.** 4., aktualiz. vyd. Praha: C.H. Beck, 2005, Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-7179-891-6.
- [12] **HOLMAN, Robert. Dějiny ekonomického myšlení.** 3. vyd. Praha: C.H. Beck, 2005, Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-717-9380-9.
- [13] **SYNEK, Miloslav. Podniková ekonomika.** 4., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2006. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-717-9892-4.
- [14] **OTE. Záruky původu a Povolenky.** [cit. 2023-05-15]. OTE [online]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/zaruky-puvodu-a-povolenky/zaruky-puvodu/zakladni-informace>
- [15] **MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách (BREF).** MPO [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/ippc-integrovana-prevence-a-omezovani-znecisteni/referencni-dokumenty-bref/referencni-dokumenty-o-nejlepsich-dostupnych-technikach-bref--143226/>
- [16] **GILLINGHAM, Kenneth. The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy.** Yale University [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://resources.environment.yale.edu/gillingham/GillinghamRapsonWagner\\_Rebound.pdf](https://resources.environment.yale.edu/gillingham/GillinghamRapsonWagner_Rebound.pdf)

- [17] **Evropská rada. Balíček „Fit for 55“.** Europa.eu [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- [18] **NOVOTNÝ, Jiří. Neobnovitelná primární energie.** TZBinfo [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapeni/16491-neobnovitelna-primarni-energie>
- [19] **BERANOVSKÝ, Jiří. Je úsporný dům opravdu úsporný?** Praha: EkoWatt, 2014. ISBN 978-80-87333-10-5
- [20] **BREALEY, Rychard A., Stewart C. MYERS a Franklin ALLEN. Teorie a praxe firemních financí.** Brno: BizBooks, 2014. ISBN 978-80-265-0028-5.
- [21] **PXE. Elektřina – Obchodní data.** Pxe [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://pxe.cz/cs/derivatovy-trh/elektrina>
- [22] **Kurzy.cz. Elektřina – ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny 1 MWh - 1 rok – měna CZK.** Kurzy [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-1-rok>
- [24] **MINISTERSTVO FINANCÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Výnosy SDD.** MFCR [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/verejny-sektor/rizeni-statniho-dluhu/emise-statnich-dluhopisu/vynosy-sdd>
- [25] **DAMODARAN, Aswath. Country Default Spreads and Risk Premiums.** Stern NYU [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/?\\_ga=2.108265729.284938606.1684157057-2082651904.1682296045](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/?_ga=2.108265729.284938606.1684157057-2082651904.1682296045)
- [26] **Zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů**
- [27] **ČESKÁ BANKOVNÍ ASOCIACE. Průzkum ČBA: Češi a hypotéky 2020.** CBA [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://cbaonline.cz/cesi-a-hypoteky-2020>
- [28] **MILLER, Peter. Mortgage rates chart: Historical and current rate trends.** Mortgagereports [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://themortgagereports.com/61853/30-year-mortgage-rates-chart>
- [29] **ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Mzdy a náklady práce.** CSU [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/prace\\_a\\_mzdy\\_prace](https://www.czso.cz/csu/czso/prace_a_mzdy_prace)
- [30] **MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Dotace na úsporné bydlení budou dostupné více domácnostem – MŽP chystá změny v Nové zelené úsporám.** MZP [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_20230324\\_MZP-chysta-zmeny-v-Nove-zelene-usporam-v-roce-2023](https://www.mzp.cz/cz/news_20230324_MZP-chysta-zmeny-v-Nove-zelene-usporam-v-roce-2023)
- [31] **FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje.** Třetí, přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
- [32] **Ministerstvo průmyslu a obchodu. Základní informace k PENB včetně často kladených dotazů a harmonogramu povinnosti zajistit zpracování průkazu pro vlastníky nemovitostí.** MPO.cz [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument119528.html>
- [33] **Viessmann.cz. Automatické kotle na pelety.** Viessmann.cz [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/automaticke-kotle-na-pelety.html>

- [34] **Český statistický úřad. Jaké je složení domácností v ČR?** CSU [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/jake\\_je\\_slozeni\\_domacnosti\\_v\\_cr20130307](https://www.czso.cz/csu/czso/jake_je_slozeni_domacnosti_v_cr20130307)
- [35] **ČEZ. Jaká je průměrná spotřeba elektřiny u rodinného domu?** ČEZ [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/clanky/elektrina/jaka-je-prumerna-spotreba-elektriny-u-rodinneho-domu-174046>
- [36] **BERANOVSKÝ, Jiří, Martin JINDRÁK a Veronika BEJVLOVÁ. Efektivní vytápění úsporných domů.** Praha: EkoWATT s.r.o., 2017. ISBN 978-80-87333-14-3.

## Seznam tabulek

- Tab. 2-1 Faktory primární energie z neobnovitelných zdrojů energie hodnocené budovy dle vyhlášky
- Tab. 4-1 Teplosměnná obálka budovy
- Tab. 4-2 Klimatické podmínky v okolí budovy
- Tab. 4-3 Bilance dle účelu spotřeby
- Tab. 4-4 Nové výměry ploch obálky budovy
- Tab. 4-5 Četnosti výskytu vyšších vnitřních teplot v zóně bez chlazení – původní stav
- Tab. 4-6 Četnosti výskytu vyšších vnitřních teplot v zóně bez chlazení – nový stav
- Tab. 4-7 Četnosti výskytu vyšších vnitřních teplot v zóně bez chlazení – nový stav se stínícími prvky
- Tab. 5-1 Celková roční spotřeba elektřiny na vytápění a ohřev TV – varianta TČ
- Tab. 5-2 Celková roční spotřeba elektřiny na vytápění a ohřev TV – varianta elektrokotel
- Tab. 5-3 Celková roční spotřeba elektřiny na vytápění a ohřev TV – varianta kotel na peletky
- Tab. 5-4 Porovnání NPV a ekvivalentních ročních toků EAA
- Tab. 5-5 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny (tis. Kč)
- Tab. 5-6 Citlivost NPV na změnu ceny volného času
- Tab. 6-1 Společná spotřeba elektřiny
- Tab. 6-2 Seznam spotřebičů pro typickou domácnost v domě
- Tab. 6-3 Spotřeba elektřiny a vnitřní tepelné zisky
- Tab. 7-1 Varianty FVE
- Tab. 7-2 Ekonomická efektivnost variant FVE
- Tab. 7-3 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny
- Tab. 7-4 Citlivost na změnu ceny přetoků
- Tab. 7-5 Citlivost NPV na změnu diskontní míry
- Tab. 7-6 Citlivost NPV na změnu výše investičních nákladů

## Seznam grafů

- Graf 4-1 Teplota venkovního vzduchu během roku
- Graf 4-2 Intenzita globálního slunečního záření na horizontální rovinu během roku
- Graf 4-3 Roční průběh dodané energie dle účelů spotřeby
- Graf 4-4 Měrné tepelné toky budovy
- Graf 4-5 Měrné tepelné toky budovy po výměně oken a instalaci stínících prvků
- Graf 4-6 Měrné tepelné toky budovy po výměně oken, instalaci SP a zařazení rekuperace
- Graf 5-1 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny
- Graf 5-2 Citlivost NPV na změnu ceny volného času
- Graf 7-1 Citlivost NPV na změnu ceny elektřiny
- Graf 7-2 Citlivost NPV na změnu ceny přetoků
- Graf 7-3 Citlivost NPV na změnu diskontní míry
- Graf 7-4 Citlivost na změnu výše investičních nákladů



## Seznam obrázků

- Obr. 2-1 Ukazatele energetické náročnosti budovy – vzorová tabulka z PENB
- Obr. 2-2 Změna tržní rovnováhy po zavedení omezujících opatření na straně výroby
- Obr. 2-3 Změna tržní rovnováhy po zavedení úsporných opatření na straně spotřeby
- Obr. 2-4 Změna tržní rovnováhy po zavedení úsporných opatření na straně spotřeby a omezujících opatření na straně výroby
- Obr. 2-5 Rozdělení budov podle roční potřeby tepla na vytápění
- Obr. 2-6 Rozdělení budov podle roční potřeby primární neobnovitelné energie – vlastní zpracování
- Obr. 3-1 Vývoj výše úrokové míry u hypotečních úvěrů v USA
- Obr. 4-1 Hodnocená budova
- Obr. 4-2 Porovnání prosklených ploch
- Obr. 7-1 FVE s jižní a východně-západní orientací

# PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov

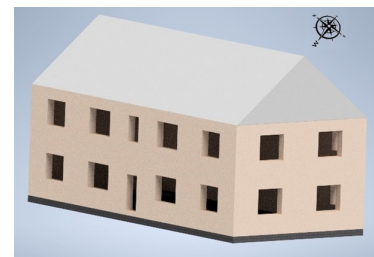
Ulice, č.p./č.o.:

PSC, obec: Žatec

K.ú., parcelní č.:

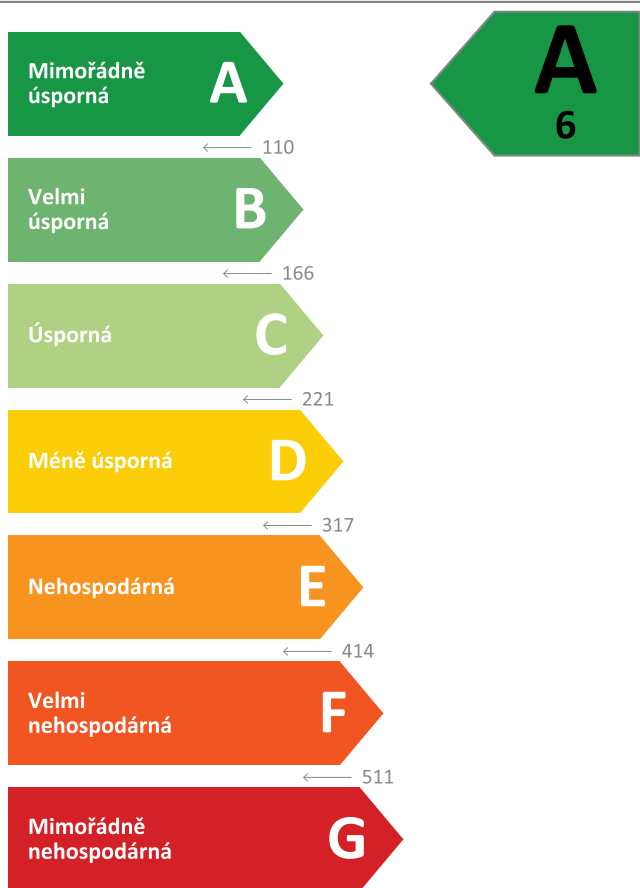
Typ budovy: Rodinný d m

Celková energeticky vztažná plocha: 416,0 m<sup>2</sup>



## KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA

Primární energie z neobnovitelných zdrojů  
kWh/(m<sup>2</sup>.rok)



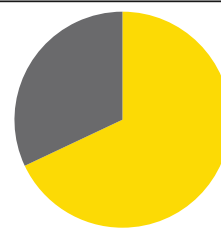
Požadavky pro výstavbu nové budovy od 1.1.2022

jsou **SPLNĚNY**

## ROZDĚLENÍ DODANÉ ENERGIE

MWh/rok

■ Energie prostředí - 9,6 (68 %)  
■ Elektřina - 4,6 (32 %)



## UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	0,20 W/(m <sup>2</sup> .K)	A
Měrná potřeba tepla na vytápění	14 kWh/(m <sup>2</sup> .rok)	
<b>Celková dodaná energie</b>	<b>34 kWh/(m<sup>2</sup>.rok)</b>	<b>A</b>
Vytápění	16 kWh/(m <sup>2</sup> .rok)	A
Chlazení	-	
Nucené větrání	2 kWh/(m <sup>2</sup> .rok)	A
Úprava vlhkosti	-	
Příprava teplé vody	15 kWh/(m <sup>2</sup> .rok)	B
Osvětlení	1 kWh/(m <sup>2</sup> .rok)	A

Energetický specialista:

Osvědčení č.:

Kontakt:

Ev. č. průkazu:

Vyhotoveno dne: 20.05.2023

Podpis:

# PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov

A

## IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

### ÚDAJE O BUDOVĚ / MÍSTĚ STAVBY

Obec:		Část obce:	
Ulice:		Č.p / č. or. (č.ev.):	
Katastrální území:		Převládající typ využití:	
Parcelní číslo pozemku:		Památková ochrana budovy:	Bez památkové ochrany
Orientační období výstavby:		Památková ochrana území:	Bez památkové ochrany

### POPIS HODNOCENÉ BUDOVY

Základní členění budovy a zónování, typický profil užívání, popis konstrukcí obálky budovy a jejích technických systémů, významné renovace, apod.

Energetický koncept budovy pro diplomovou práci.

### GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

Parametr	Jednotky	Hodnota
Objem budovy s upravovaným vnitřním prostředím	m <sup>3</sup>	1954,0
Celková plocha hodnocené obálky budovy	m <sup>2</sup>	769,6
Objemový faktor tvaru budovy	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	0,39
Celková energeticky vztažná plocha budovy	m <sup>2</sup>	416,0
Podíl průsvitných konstrukcí v ploše svislých konstrukcí	%	16,9

### VÝPOČTOVÉ ZÓNY

Energetická náročnost budovy a hodnocení obálky je vypočteno pro budovu jako celek, která se při výpočtu může členit do dílčích zón. Budova je členěna na zóny s upravovaným vnitřním prostředím (vytápění, chlazení), které mají definovanou návrhovou vnitřní teplotu dle ČSN 730540-3 a na zóny nevytápěné. Zónám jsou přiřazeny profily typického užívání.

Ozn.	Označení zóny	Typ zóny dle ČSN 73 0331-1	Úprava vnitřního prostředí		Návrhová vnitř. teplota pro vytápění °C	Energeticky vztažná plocha m <sup>2</sup>
			Vytápění	Chlazení		
Z1	1. zóna	Složena z více podzón:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20,0	416,0
Z1.1	byty	Obytné zóny - RD - byt	-	-	20,0	308,0
Z1.2	nebytové a společné prostory	Obytné zóny - komunikace a vybavení	-	-	16,0	108,0

## B

## CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE

Dodaná energie je dle §4 Vyhlášky součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie (čerpadla, regulace apod.) pro daný účel. Vypočtená spotřeba energie vychází z potřeby energie pro zajištění typického užívání budovy se zahrnutím účinnosti technického systému. Do dodané energie se v souladu s Vyhláškou neuvažují technologie nesouvisející se zajištěním uvedených účelů, ale vstupují do výpočtu ve formě tepelných zisků.

Energositel	Vytápění	Chlazení	Nucené větrání	Úprava vlhkosti	Příprava teplé vody	Osvětlení	Ostatní	Celkem
	% pokrytí							
	Dodaná energie v MWh/rok							

## PALIVA

Za paliva jsou pro účely průkazu považovány elektrická energie odebraná z veřejné distribuční sítě, paliva pro spalování (uhlí, dřevo, zemní plyn apod.) a energie dodaná ve formě tepla nebo chladu ze soustavy zásobování tepelnou energií (SZTE).

Elektřina	15,6 %	-	4,0 %	-	9,2 %	3,5 %	-	32,3 %
	<b>2,21</b>	-	<b>0,57</b>	-	<b>1,30</b>	<b>0,50</b>	-	<b>4,57</b>

## ENERGIE OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ

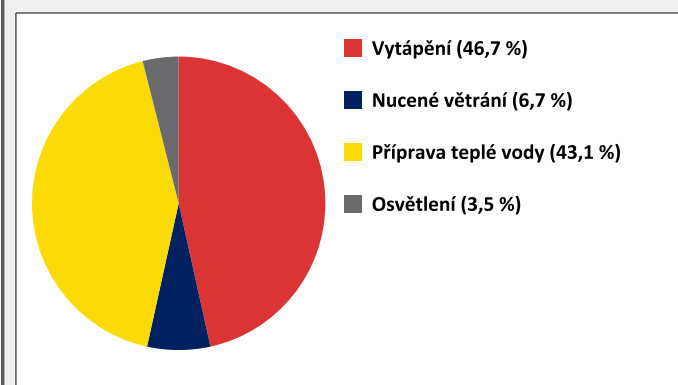
Za energii okolního prostředí je pro účely průkazu považována energie získaná z Slunce, Země, vody, vzduchu nebo větru dodaná pomocí technického zařízení (solární kolektory, tepelné čerpadlo apod.). Dále je sem zařazeno využití odpadního tepla z technologie.

Energie okolního prostředí	31,1 %	-	2,7 %	-	34,0 %	-	-	67,7 %
	<b>4,40</b>	-	<b>0,38</b>	-	<b>4,81</b>	-	-	<b>9,59</b>

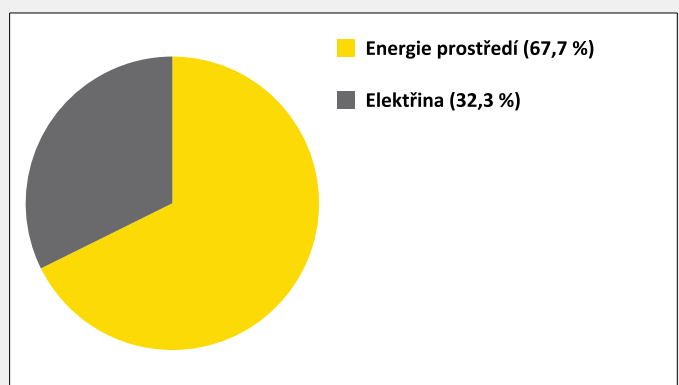
## CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE

procentuelní podíl	46,7 %	-	6,7 %	-	43,1 %	3,5 %	-	100,0 %
kWh/m <sup>2</sup> .rok	16	-	2	-	15	1	-	34
MWh/rok	<b>6,61</b>	-	<b>0,95</b>	-	<b>6,11</b>	<b>0,50</b>	-	<b>14,16</b>

Podíl dodané energie dle účelu



Podíl dodané energie dle energositele



C

## PRIMÁRNÍ ENERGIE Z NEOBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

Primární energie z neobnovitelných zdrojů zobrazuje ekologickou stopu provozu budovy z pohledu spotřeby energie v primárních zdrojích (např. elektrárny, teplárny apod.) se zohledněním účinnosti výroby a distribuce pro užití v hodnocené budově.  
 Faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie se násobí složky dodané energie po jednotlivých energonositelích.

Ergonositel	Faktor primární energie z neob. zdrojů energie	Vytápění	Chlazení	Nucené větrání	Úprava vlhkosti	Příprava teplé vody	Osvětlení	Ostatní	Celkem
		% pokrytí							
Primární energie z neobnovitelných zdrojů energie v MWh/rok									

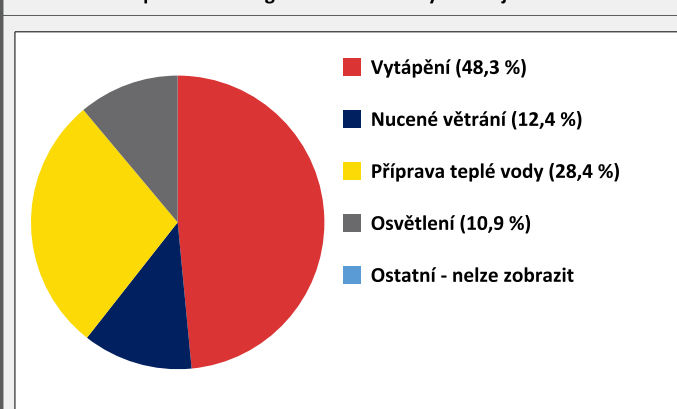
## ENERGONOSITELE

Energie okolního prostředí	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Elektřina	2,6	48,3 %	-	12,4 %	-	28,4 %	10,9 %	-	100,0 %
Elektřina - dodávka mimo budovu	-2,6	-	-	-	-	-	-	-79,4 %	-79,4 %
		<b>5,74</b>	-	<b>1,47</b>	-	<b>3,37</b>	<b>1,30</b>	-	<b>11,88</b>
		-	-	-	-	-	-	<b>-9,43</b>	<b>-9,43</b>

## PRIMÁRNÍ ENERGIE Z NEOBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

procentuelní podíl	48,3 %	-	12,4 %	-	28,4 %	10,9 %	-79,4 %	20,6 %
kWh/m <sup>2</sup> .rok	14	-	4	-	8	3	-23	6
MWh/rok	5,74	-	1,47	-	3,37	1,30	-9,43	2,45

Podíl primární energie z neobnovitelných zdrojů dle účelu



Podíl primární energie z neobnovitelných zdrojů dle energonositele



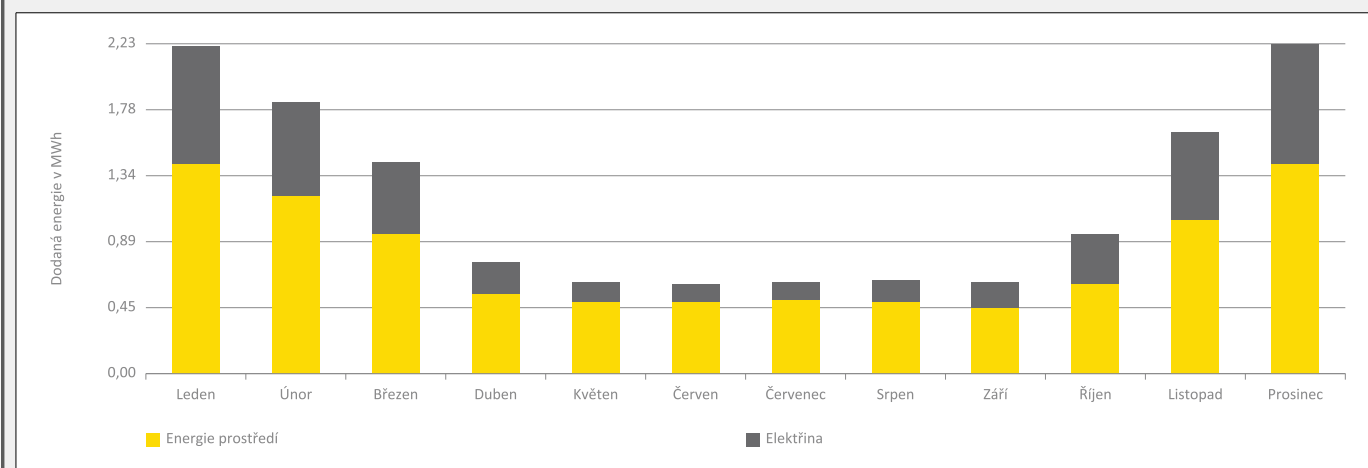
D

## ROČNÍ PRŮBĚH DODANÉ ENERGIE

## BILANCE DLE ENERGOISITELŮ

	Dodaná energie v MWh/rok											
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
<b>Celkem</b>	<b>2,22</b>	<b>1,84</b>	<b>1,43</b>	<b>0,75</b>	<b>0,63</b>	<b>0,60</b>	<b>0,62</b>	<b>0,63</b>	<b>0,64</b>	<b>0,95</b>	<b>1,63</b>	<b>2,23</b>
Energie okolního prostředí	1,42	1,20	0,95	0,54	0,49	0,48	0,50	0,48	0,45	0,61	1,04	1,42
Elektřina	0,80	0,64	0,48	0,21	0,14	0,12	0,12	0,15	0,18	0,34	0,59	0,81

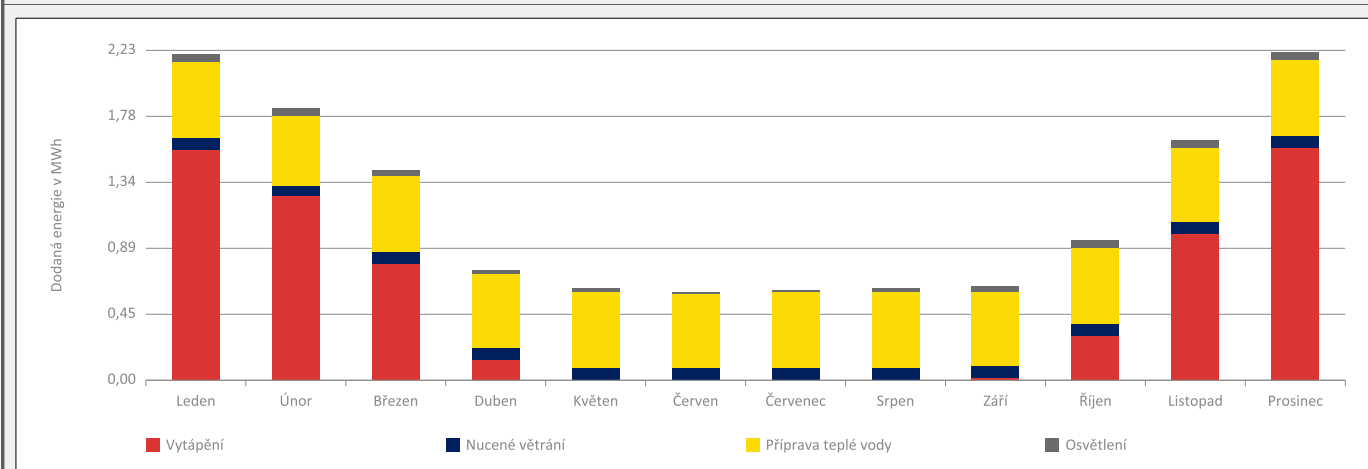
## Roční průběh dodané energie dle energositelů



## BILANCE DLE ÚČELŮ SPOTŘEBY

	Dodaná energie v MWh/rok											
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
<b>Celkem</b>	<b>2,22</b>	<b>1,84</b>	<b>1,43</b>	<b>0,75</b>	<b>0,63</b>	<b>0,60</b>	<b>0,62</b>	<b>0,63</b>	<b>0,64</b>	<b>0,95</b>	<b>1,63</b>	<b>2,23</b>
Vytápění	1,56	1,25	0,79	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,30	0,99	1,57
Chlazení	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nucené větrání	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Úprava vlhkosti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Příprava teplé vody	0,52	0,47	0,52	0,50	0,52	0,50	0,52	0,52	0,50	0,52	0,50	0,52
Osvětlení	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
Ostatní	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Roční průběh dodané energie dle účelů spotřeby



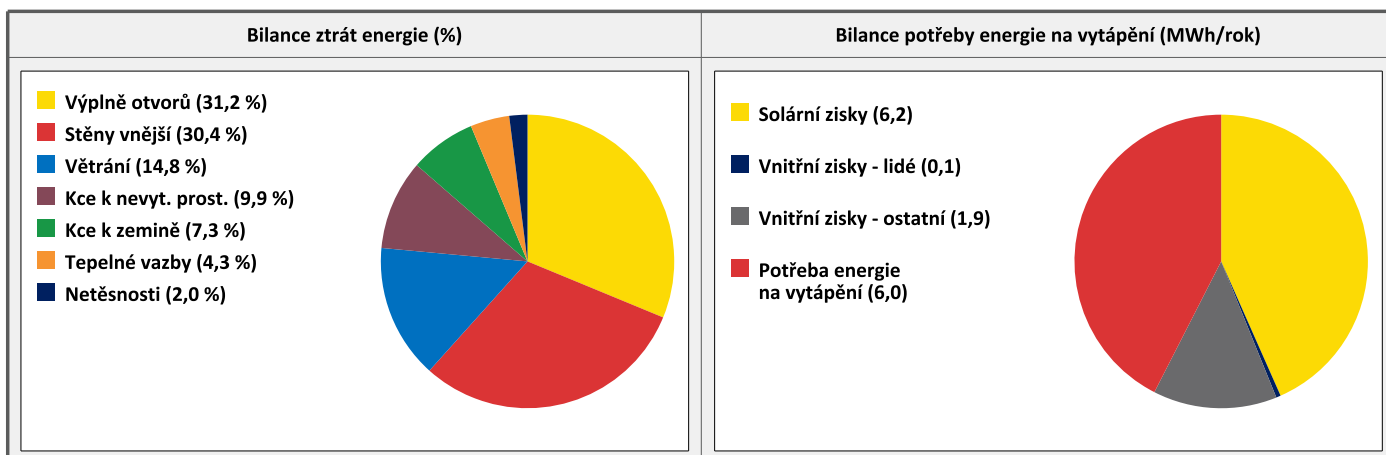
<b>E</b>	<b>BILANCE TEPELNÝCH TOKŮ</b>
----------	-------------------------------

**BILANCE PRO REŽIM VYTÁPĚNÍ**

*Celkové ztráty energie budovy jsou tvořeny prostupem tepla přes konstrukce obálky budovy, cíleným větráním a neřízeným větráním netěsnostmi - infilrací. Ztráty energie jsou z části pokryty využitelnými solárními a vnitřními zisky. Výsledná bilance představuje potřebu energie na vytápění budovy, kterou je nutné dodat soustavou vytápění.*

ZTRÁTY ENERGIE			VYUŽITELNÉ ZISKY ENERGIE PRO REŽIM VYTÁPĚNÍ		
Prostup tepla obálkou budovy	MWh/rok	11,812	Solární zisky	MWh/rok	6,157
Větrání		2,107	Vnitřní zisky - lidé		0,073
Netěsnosti obálky - infiltrace		0,277	Vnitřní zisky - osvětlení a technologie		1,939
<b>Celkem</b>		<b>14,197</b>	<b>Celkem</b>		<b>8,170</b>

<b>POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ</b>	MWh/rok	6,027	kWh/m <sup>2</sup> .rok	14
------------------------------------	---------	-------	-------------------------	----

**BILANCE PRO REŽIM CHLAZENÍ**

Budova neobsahuje technický systém chlazení, není proto sestavena bilance pro režim chlazení. V rámci průkazu není prováděn výpočet tepelné stability v letním období, existuje tedy riziko přehřívání budovy.

<b>F</b>	<b>OBÁLKA BUDOVY</b>
----------	----------------------

Obálkou budovy je soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch (EXT), přilehlá zemina (ZEM), vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru (NEVYT) nebo sousední budově (SOUS). Budova může být rozdělena na teplotní zóny o různých návrhových vnitřních teplotách s různými požadavky na obalové konstrukce. Hodnocené konstrukce jsou porovnávány s referenční hodnotou, která odpovídá platnému požadavku pro novostavby.

Přehled stavebních prvků a konstrukcí na obálce budovy		Návrhová vnitřní teplota zóny	Přiléhající prostředí	Plocha konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce			
					Vypočtená hodnota	Požadavek ČSN 73 0540-2	Referenční hodnota	Dosažená úroveň vypočtená / referenční hodnota
Ozn.	Název	°C	---	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .K			

STĚNY VNĚJŠÍ				347,0				
SV1	Zdivo	20,0	EXT	347,0	0,155	0,30	0,21	74 %

KONSTRUKCE K ZEMINĚ				176,0				
PZ1	Podlaha	20,0	ZEM	176,0	0,118	0,45	0,32	37 %

KONSTRUKCE K NEVYTÁPĚNÝM PROSTORŮM				176,0				
KN1	strop	20,0	NEVYT	176,0	0,100	0,30	0,21	48 %

VÝPLNĚ OTVORŮ				70,6				
VO1	Okna 160*180	20,0	EXT	34,6	0,780	1,50	1,05	74 %
VO2	Okna 160*210	20,0	EXT	26,9	0,830	1,50	1,05	79 %
VO3	Okna 160*80	20,0	EXT	3,8	0,800	1,50	1,05	76 %
VO4	dv e	20,0	EXT	5,3	0,840	1,50	1,05	80 %

TEPELNÉ VAZBY								
Vliv tepelných vazeb vyjadřuje úroveň tepelně technické kvality řešení napojení jednotlivých konstrukcí (např. vnější stěny na střechu, popř. na výplň otvoru) a případný průnik tyčového prvku stavební konstrukcí, které mohou při řešení přinášet zeslabení tloušťky tepelněizolační vrstvy, narušení její souvislosti a narušení vodivějšími prvky.								
Vliv tepelných vazeb					0,010		0,014	71 %



<b>G</b>	<b>TECHNICKÉ SYSTÉMY BUDOVY</b>
----------	---------------------------------

**VYTÁPĚNÍ**

V případě, že je zdrojem tepla zařízení pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny nebo solární systém, jsou bilance uvedeny v samostatné tabulce.

Ozn.	Zdroj tepla	Soustava vytápění uvnitř budovy							
		Celkový jmenovitý tepelný výkon	Palivo	Spotřeba energie na vytápění v palivu	Sezónní účinnost výroby tepla		Sezónní účinnost distribuce a akumulace tepla	Sezónní účinnost sdílení tepla	Potřeba tepla na vytápění
					%	COP			%
kW	MWh/rok	%	COP	%	%	MWh/rok			
ZT1	topení	12,0	elektřina	2,3	-	2,9	96,0	95,0	100,0 %
									6,0

**NUCENÉ VĚTRÁNÍ**

Ozn.	Systém nuceného větrání	Jmenovitý objemový průtok větracího vzduchu	Průměrný objemový průtok při provozu systému	Spotřeba energie pro provoz systému nuceného větrání	Časový podíl provozu systému nuceného větrání	Sezónní účinnost zařízení zpětného získávání tepla	Jmenovitý měrný příkon systému nuceného větrání	Váhový činitel regulace systému nuceného větrání
		m <sup>3</sup> /hod	m <sup>3</sup> /hod	MWh/rok	%	%	W.s/m <sup>3</sup>	%
VT1	rekuperace	391,8	390,9	0,9	100,0	80,0	1000,0	99,6

**PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY**

V případě, že je zdrojem tepla zařízení pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny nebo solární systém, jsou bilance uvedeny v samostatné tabulce.

Ozn.	Zdroj pro přípravu teplé vody	Soustava přípravy teplé vody uvnitř budovy							
		Celkový jmenovitý tepelný výkon	Palivo	Spotřeba energie na přípravu teplé vody v palivu	Sezónní účinnost výroby tepla		Sezónní účinnost distribuce a akumulace teplé vody	Sezónní potřeba teplé vody	Potřeba tepla na ohřev teplé vody
					%	COP			%
kW	MWh/rok	%	COP	%	m <sup>3</sup> /rok	MWh/rok			
ZT1	topení	5,0	elektřina	2,5	-	2,4	100,0	116,8	100,0 %
									6,1

**OSVĚTLENÍ**

Ozn.	Osvětlovací soustava / zóna	Převažující typ světelných zdrojů	Odpovídající energeticky vztázná plocha	Průměrná požadovaná osvětlenost	Průměrné korekční činitele soustavy			
					Typ světelných zdrojů	Řízení soustavy	Konstantní osvětlenost	Závislost na denním světle
					---	---	---	---
OS1	1. zóna		416,0	70,0	1,70	1,00	1,00	0,80

**FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM**

V průkazu je prováděn pouze bilanční výpočet výroby tepla a elektřiny v souladu s vyhláškou pro účely stanovení neobnovitelné primární energie. Výpočet využití energie pro vlastní spotřebu není relevantní (nejsou obsaženy spotřebiče a technologie).

Ozn.	Fotovoltaická soustava	Využití solární soustavy	Výroba		Akumulace		Celková roční výroba soustavy	Využití pro výpočet neobn. primární energie
			Celková účinná plocha / počet ks panelů	Instalovaný špičkový výkon / účinnost panelu	Objem zásobníku vody	Typ akumulátorů / kapacita		
			m <sup>2</sup>	kWp	litry	typ		
			ks	%		kWh		
FV1	Fotovoltaický systém	osv.tlení, pom.energie a v trání, vytápění,	41,38	8,69	400,0		7,2	5,3
			24	21,0				

<b>I</b>	<b>PŘEHLED PLNĚNÍ ZÁVAZNÝCH POŽADAVKŮ VYHLÁŠKY</b>
----------	--

<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ PLNĚNÍ POŽADAVKŮ VYHLÁŠKY</b>			
--	--	--	--

Požadavek vyhlášky dle:	§ 6 odst. 1	Splněno:	ANO
-------------------------	-------------	----------	-----

<b>REFERENČNÍ BUDOVA</b>				
--------------------------	--	--	--	--

Úroveň referenční budovy:	Nová budova s téměř nulovou spotřebou energie od 1.1.2022			
Snížení referenční hodnoty primární energie z neobnovitelných zdrojů energie	Druh budovy nebo zóny	Energeticky vztažná plocha	Měrná potřeba na vytápění referenční budovy	Míra snížení
		m <sup>2</sup>	KWh/m <sup>2</sup> .rok	%
	Obytná	416,0	33	22,8

<b>PŘEHLED PLNĚNÍ ZÁVAZNÝCH POŽADAVKŮ VYHLÁŠKY</b>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

*V případě, že pro danou oblast vyhláška nestanovuje požadavek, tabulka se nevyplňuje - symbol X.*

Hodnocený parametr	Jednotka	Ozn.	Hodnocený prvek budovy	Návrhová vnitřní teplota zóny	Přílehlající prostředí	Vypočtená hodnota	Referenční hodnota	Splněno
--------------------	----------	------	------------------------	-------------------------------	------------------------	-------------------	--------------------	---------

<b>MĚNĚNÉ/NOVÉ STAVEBNÍ PRVKY A KONSTRUKCE</b>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c)*

X	-	-	-	-	-	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>MĚNĚNÉ/NOVÉ TECHNICKÉ SYSTÉMY</b>								
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

*Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. d)*

X	-	-	-	-	-	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>OBÁLKA BUDOVY</b>								
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

*Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy a u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm. b)*

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	W/m <sup>2</sup> .K	Budova jako celek				0,20	0,30	ANO
---	---------------------	-------------------	--	--	--	------	------	-----

<b>CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE</b>								
-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

*Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy a u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. b)*

Celková dodaná energie	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Budova jako celek				34	109	ANO
------------------------	-------------------------	-------------------	--	--	--	----	-----	-----

<b>PRIMÁRNÍ ENERGIE Z NEOBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE</b>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy a u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a)*

Primární energie z neobnovitelných zdrojů energie	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Budova jako celek				6	138	ANO
---	-------------------------	-------------------	--	--	--	---	-----	-----

<b>J</b>	<b>OSTATNÍ ÚDAJE</b>
----------	----------------------

<b>METODA VÝPOČTU</b>			
-----------------------	--	--	--

<b>Použitý software:</b>	ENERGIE (Svoboda Software)	<b>Verze software:</b>	verze 2023.8
<b>Klimatická data:</b>	Jednotná pro ČR - ČSN 73 0331-1	<b>Metoda výpočtu:</b>	Hodinový krok podle EN ISO 52016-1

<b>ÚDAJE O PROJEKTOVÉ DOKUMENTACI STAVBY</b>			
--	--	--	--

Průkaz není součástí projektové dokumentace stavebního záměru.

<b>DALŠÍ ZDROJE INFORMACÍ</b>			
-------------------------------	--	--	--

<b>Bezplatná poradenská služba:</b>	<a href="https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis">https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis</a>		
<b>Katalog úspor energie:</b>	<a href="http://uspornaopatreni.cz/">http://uspornaopatreni.cz/</a>		

<b>K</b>	<b>ENERGETICKÝ SPECIALISTA</b>
----------	--------------------------------

<b>ENERGETICKÝ SPECIALISTA</b>			
--------------------------------	--	--	--

<b>Jméno / obchodní firma:</b>		<b>Číslo oprávnění:</b>	
<b>Telefon:</b>		<b>E-mail:</b>	

<b>URČENÁ OSOBA</b>			
---------------------	--	--	--

*V případě, že je energetickým specialistou právnická osoba, musí být v souladu s §10 odst. 2 písm. b) určena fyzická osoba, která je držitelem oprávnění k výkonu činnosti energetického specialisty.*

<b>Jméno a příjmení:</b>	-	<b>Číslo oprávnění:</b>	-
--------------------------	---	-------------------------	---

<b>PLATNOST PRŮKAZU</b>			
-------------------------	--	--	--

*Dle zákona č. 406/2000 Sb. §7a odst. 4 je platnost průkazu 10 let ode dne jeho vyhotovení nebo do větší změny dokončené budovy anebo do změny způsobu vytápění, chlazení nebo přípravy teplé vody.*

<b>Evidenční číslo průkazu:</b>		<b>Podpis energetického specialisty:</b>	
<b>Datum vyhotovení průkazu:</b>	20.05.2023		
<b>Platnost průkazu do:</b>	20.05.2033		

