

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Energetická optimalizace zadaného  
klastru budov**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vypracoval:**

**Bc. Jakub Doubrava**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc.**

**2020/2021**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Doubrava</u>	Jméno: <u>Jakub</u>	Osobní číslo: <u>456806</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Inteligentní budovy</u>		
Studijní obor: _____		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Energetická optimalizace zadaného klasteru budov</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Energy optimization of a given cluster of buildings</u>	
<p><b>Pokyny pro vypracování:</b>                  Vyhodnocení optimalizačních metod v kontextu se zadáním DP. Energetické zhodnocení vybraného vzorku klasteru budov. Zpracování energetického štítku. Na základě vyhodnocení ENB klasteru budov, stanovit řešení tak, aby došlo k rekonstrukci budov do stavu budov s téměř nulovou spotřebou energie. Vypracovat projekt rekonstrukce budov s aplikací automatizace TZB včetně řešení elektrických rozvodů a rozvodů dobíjecích stanic parkovacího stání, pro elektromobilitu v dané oblasti.</p>	
<p><b>Seznam doporučené literatury:</b>                  Garlík, B. Technické zařízení budov, elektrická instalace v budovách. Česká technika-nakladatelství ČVUT, Praha 2017, ISBN 978-80-01-06342-2.                  Garlík, B. Inteligentní budovy, BEN-technická literatura, Praha 2012, ISBN 968-80-7300-440-8                  Garlík, B. Od chytrých sítí po chytré budovy, města a dopravu, Česká technika-nakladatelství ČVUT, Praha 2020, ISBN 978-80-01-06624-9</p>	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>19.2.2021</u> Termín odevzdání diplomové práce: <u>16.5.2021</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<p><i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i></p>	
_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 13.5.2021

Bc. Jakub Doubrava

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval vedoucí práce panu doc. Ing. Bohumíru Garlíkovi, CSc. za cenné připomínky, objektivní kritiku, poskytnuté materiály a konzultace během tvorby. Dále chci poděkovat mé rodině za podporu v průběhu dosavadního studia.

## OBSAH

1	Úvod.....	7
2	Vstupní údaje .....	8
2.1	Lokalita.....	8
2.2	Budovy v dané lokalitě.....	9
2.3	Popis stavebních konstrukcí .....	9
2.4	Popis technických zařízení těchto budov .....	10
2.5	Tepelně technické vlastnosti jednotlivých budov .....	12
3	Výpočet spotřeby elektrické energie a plynu .....	13
4	Energetická optimalizace jednotlivých budov .....	18
4.1	Původní stav budov .....	18
4.2	Navržený stav .....	19
4.2.1	Energetická optimalizace obálky budov.....	19
4.2.2	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla.....	20
4.2.3	Vyhodnocení energetické optimalizace budov .....	21
4.3	Podrobné řešení jednotlivých domů .....	23
5	Návrh nabíjecích stanic .....	76
5.1	Návrh počtu nabíjecích stanic .....	76
5.2	Simulace Monte Carlo .....	78
5.3	Spotřeba elektromobilů.....	78
5.4	Simulace spotřeby nabíjecích stanic.....	79
5.5	Porovnání metody Monte Carlo s teoretickou spotřebou .....	81
6	Návrh fotovoltaické elektrárny .....	82
6.1	Klimatická data a umístění fotovoltaických panelů.....	82
6.2	Základní návrh pomocí programu HOMER.....	82
6.3	Koncepční návrh pomocí programu PVsol .....	84
7	Městské energetické středisko .....	89
7.1	Podstata městského energetického střediska.....	89
7.2	Návrh MES pro daný klastr budov .....	90
8	Závěr.....	94
9	Seznam obrázků .....	95
10	Seznam tabulek .....	96
11	Seznam grafů.....	96
12	Seznam příloh.....	98
13	Zdroje .....	99

## **Anotace:**

Diplomová práce se v první části zabývá současným stavem budov v dané lokalitě, jejich modernizací, energetickou optimalizací a vypracováním průkazů energetické náročnosti budov pro jednotlivé budovy. V další části se zabývá modernizací lokality jako celku. V této části je zpracován návrh nabíjecích stanic, solární elektrárny a městského energetického střediska, které vytvoří nový energetický uzel pro hospodaření s elektrickou energií v dané lokalitě.

**Klíčová slova:** Spotřeba energií, energetická optimalizace, průkaz energetické náročnosti budovy, nabíjecí stanice pro elektromobily, simulace Monte Carlo, fotovoltaická elektrárna, PVsol, městské energetické středisko, obnovitelná energie.

## **Abstract:**

This diploma thesis in its first part deals with a current state of buildings in a given locality, their modernization, energetic optimization and building energy performance certificates. In its second part, the thesis focuses on modernization of the entire locality, including designs of charging stations, solar power plant and a city's energy hub, which will form a new electricity management in a given locality.

**Keywords:** Energy consumption, energy optimization, building energy performance certificates, charging stations for electric vehicles, simulation Monte Carlo, photovoltaic power plant, PVsol, energy hub, renewable energy.

## 1 ÚVOD

V této práci se budu zabývat možnostmi energetické optimalizace budov a snížení spotřeby neobnovitelných zdrojů energií. Vzhledem k velké spotřebě energií v budovách, rostoucí spotřebě elektrické energie v dopravě, redukcí využití fosilních paliv ze strany Evropské unie ve snaze o snížení emisí skleníkových plynů je třeba hledat řešení pro snížení potřeb již postavených staveb, čtvrtí či celých měst. Toho můžeme docílit zlepšením vlastností stávajících budov, rozvojem obnovitelných zdrojů energií a budováním integrovaných komunitních energetických systémů, které můžeme nazývat Energyhuby, nebo městská energetická střediska.

Tato práce je rozdělena na několik částí

- Zjištění potřebných údajů o dané lokalitě
- Výpočet spotřeby elektrické energie
- Energetická optimalizace jednotlivých budov
- Návrh nabíjecích stanic pro danou lokalitu
- Návrh solární elektrárny pro danou lokalitu
- Návrh městského energetického střediska pro danou lokalitu

## 2 VSTUPNÍ ÚDAJE

### 2.1 Lokalita

Zadaná lokalita se nachází v Praze 6, nedaleko Vítězného náměstí, mezi ulicí Glinkova a ulicí Velvarská.



Obrázek 1 - Zkoumaná oblast

Jde o starší městskou zástavbu převážně bytových domů. Většina domů v této lokalitě byla postavena v období 1920-1940, pouze budovy Velvarská 11 a Glinkova 16/16 a byly postaveny kolem roku 1950. Rozložení objektů je vidět na obrázku 2.



Obrázek 2 - Detail zkoumané oblasti

Potřebná data pro optimalizaci území a návrh nových součástí, byla postupně zjištěna na místě v jednotlivých budovách při osobních návštěvách lokality, komunikací se stavebním



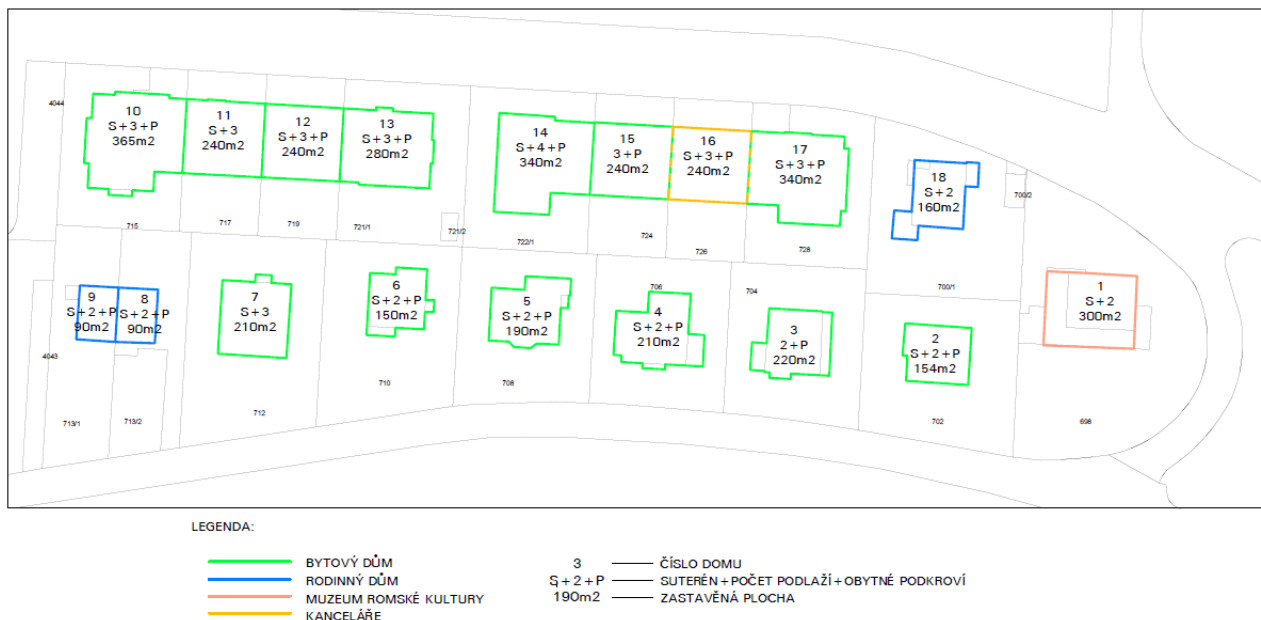
úřadem pro Prahu 6 a Pražskou energetikou. Pro návrh byla důležitá data o aktuální spotřebě elektrické energie a plynu jednotlivých budov, data o způsobu vytápění či chlazení, větrání, vaření a ohřevu vody. U budov, u kterých nebylo možné data získat při osobní návštěvě, byla dopočtena podle statistických údajů pro Prahu na základě dat panelového šetření [1] a českého statistického úřadu [2].

Sběrem dat panelového šetření se zabývaly agentury MEDIAN, s.r.o., a STEM/MARK, a.s., jedny z nejvýznamnějších agentur pro výzkum trhu a veřejného mínění v České republice [1]. Tato data jsou dostupná ke stažení na webových stránkách ČSDA [1] a další potřebná data jsou dostupná na webových stránkách českého statistického úřadu [2].

## 2.2 Budovy v dané lokalitě

Jde o soubor vícepodlažních bytových domů, jejichž tepelně-technické se velmi liší. Některé budovy jsou v původním stavu a jejich vlastnosti jsou díky jejich stáří na nízké úrovni, naopak některé budovy již mají nová okna a jsou zateplené. Výškové uspořádání a typy provozu jednotlivých budov jsou znázorněny na následujícím obrázku. Zeleně jsou vyznačeny bytové domy, modře rodinné domy, červenou barvou muzeum a okrovou kancelářská budova.

Obrázek 3.



Obrázek 3 - Rozdělení a základní informace o budovách

## 2.3 Popis stavebních konstrukcí

### Stavební předpisy v době výstavby

Rozvoj výstavby po roce 1920 v Československu byl podpořen novými možnostmi ve financování, a převážně zjednodušením stávajících stavebních předpisů. Praha měla své vlastní stavební předpisy již od roku 1884 a v roce 1920 byl přijat zákon o připojení okolních čtvrtí a obcí a vznikla tzv. Velká Praha. Tento zákon vešel v platnost roku 1922. Další masivní rozvoj výstavby nastal po 2. světové válce. V roce 1946 byl přijat zákon o stavební obnově, měl za cíl rychle zrenovovat poškozené objekty a postavit dostatek nových staveb. V této době byly postaveny domy 8, 9 a 14.

## Stěny

Obvodová zdivo u ochlazovaných stěn bylo převážně z cihel plných pálených a jeho šířka byla nejčastěji 450 mm. Po druhé světové válce se začalo stavět i z velkoformátových škvárobetonových cihel.

## Střechy

Střechy se stavěly převážně sedlové, tvořené trámovým krovem a krytinou z pálených tašek. Podkrovní prostor byl nebytový a používal se pouze jako technické zázemí, pro skladování odložených věcí a případné sušení prádla. V dnešní době je velká část podkrovních prostor předělána na byty a trvale obydlená. Při přestavbě na bytové prostory byla střecha vždy zateplena.

## Stropy

Využívány byly převážně dřevěné trámové stropy s omítnutým podhledem na rákosovém roštu. Zásyp na záklop se prováděl ze škváry, případně sutě. U některých objektů se konstruovaly monolitické železobetonové stropy, deskové i trámové využívány byly také keramické stropy z hurdis desek.

Nad suterénem byly převážně klenbové stropy z cihel, či železobetonové deskové.

## Podlahy

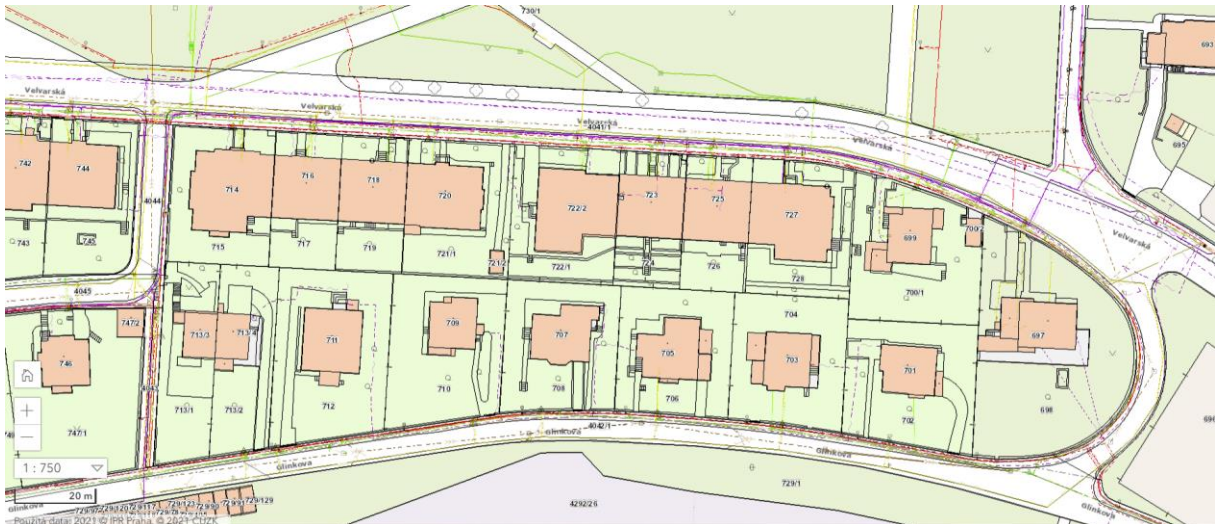
Podlahy byly převážně dřevěné prkenné, avšak v kuchyních a koupelnách se využívalo linoleum. V suterénu byly podlahy betonové. V pozdější době se dělaly podlahy v obytných místnostech nejčastěji dřevěné parketové, či vlysové a v místnostech se zvýšenou vlhkostí se používala dlažba. Dnes je na původních podlahách v obytných místnostech nejčastěji umístěn koberec, nebo plovoucí nášlapná vrstva na bázi dřeva či vinylu.

## Okna

Původní výplně okenních otvorů byly zpravidla dřevěná špaletová. Později se používala okna dřevěná zdvojená. U těchto oken docházelo k přirozenému provětrávání budovy. V současné chvíli má již část budov okna vyměněna za plastová a těsná. V té chvíli je kvalita vnitřního vzduchu závislá na uživateli a pokud málo větrá, kvůli vidině uspořené energie na vytápění, může mu být začít plesnivět.

## 2.4 Popis technických zařízení těchto budov

Informace o napojení jednotlivých budov na sítě byly zjištěny při návštěvách lokality a pro budovy o kterých se mi nepodařilo získat žádné informace byly údaje o sítích zjištěny na stránkách geoportálu Prahy [3]. Schéma sítí je zobrazeno na obrázku 4.



Obrázek 4 - Schéma sítí v dané lokalitě [3]

## Vytápění

V ulici Glinkova ani Velvarská se nenachází rozvodná síť pro centrální zásobování teplem. Pro potřeby vytápění jsou veškeré objekty napojeny na plynovod. Objekty jsou vytápěny plynovými kotly, které jsou umístěny v jednotlivých bytech, případně plynovou kotelnou v suterénu pro celý objekt. V některých objektech se nachází nebytové prostory v suterénu, které jsou ovšem využívány pro bydlení, jsou též vytápěny a v rámci této práce budou zahrnuty do obytných prostor.

## Příprava teplé vody

V budovách či bytech kde je k vytápění používán zdroj na zemní plyn, je i ohřev teplé vody zajišťován tímto zdrojem. V některých nebytových prostorech je k ohřevu teplé vody využíván elektrický bojler.

## Plyn

Do všech budov je zaveden plyn pro potřebu vytápění, ohřev teplé vody a u některých budov také stále pro potřebu vaření.

## Elektrická energie

Všechny budovy jsou připojeny k distribuční síti elektrické energie pro potřeby osvětlení, vaření a provoz domácích spotřebičů.

## Vodovod

Všechny budovy jsou zásobovány vodou z vodovodního řadu.

## Větrání

Budovy jsou větrány přirozeně okny. Ovšem po výměně původních oken za plastová, je třeba dbát na otevírání oken a dostatečné větrání v obytných místnostech. Plastová okna jsou těsná a oproti původním dřevěným neumožňují infiltraci vzduchu v dostatečné míře.

## 2.5 Tepelně technické vlastnosti jednotlivých budov

Pro každou budovu bylo nutné zjistit následující údaje:

- Zastavěná plocha
- Počet podlaží
- Podlahová plocha a počet bytů
- Podlahová plocha ostatních prostor
- Objem budovy
- Počet osob
- Jednotlivé součinitele prostupu tepla
- Způsob vytápění a příprava teplé vody
- Energie využívaná na vaření

BD číslo	Typ	Adresa	Počet BJ	Počet pater	Počet osob	Zastavěná plocha	Energeticky vztážená plocha	Objem budovy
-	-	-	-	-	os	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
1	M	Glinkova 1654/2	1	S+2	40	300	650	2 910
2	BD	Glinkova 1952/4	4	S+2+P	13	154	568	1 547
3	BD	Glinkova 1655/6	4	2+P	14	220	616	1 738
4	BD	Glinkova 1656/8	6	S+2+P	16	210	760	2 676
5	BD	Glinkova 1657/10	7	S+2+P	16	190	710	2 225
6	BD	Glinkova 1658/12	4	S+2+P	12	150	550	1 791
7	BD	Glinkova 1659/14	4	S+3	17	210	770	1 925
8	RD	Glinkova 1972/16	1	S+2+P	5	90	330	975
9	RD	Glinkova 1972/18	1	S+2+P	5	90	330	975
10	BD	Velvarská 1646/19	20	S+3+P	36	365	1 618	4 934
11	BD	Velvarská 1647/17	8	S+3	22	240	960	2 928
12	BD	Velvarská 1648/15	8	S+3+P	21	240	990	2 991
13	BD	Velvarská 1649/13	13	S+3+P	28	280	1 310	3 986
14	BD	Velvarská 1650/11	21	S+4+P	36	340	1 749	5 072
15	BD	Velvarská 1651/9	8	3+P	22	240	940	2 867
16	K	Velvarská 1652/7	1	S+3+P	25	240	1 120	3 416
17	BD	Velvarská 1653/5	13	S+3+P	33	340	1 620	4 928
18	RD	Velvarská 1951/3	2	S+2	9	160	445	1 447
suma oblasti			126	-	370	4 059	16 036	49 331

Tabulka 1 - Vlastnosti jednotlivých budov

Na základě předchozích údajů, byly vypracovány energetické štítky jednotlivých budov, které posloužily pro následnou optimalizaci a následné řešení budov do stavu budov s téměř nulovou spotřebou energie. Tyto údaje jsou shrnuty v kapitole 4.

### 3 VÝPOČET SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE A PLYNU

Data o reálné spotřebě elektrické energie a plynu byly zjištěny přímo od distributora. Pro vypracování této práce byly poskytnuty data za rok 2020 a pro zajištění ochrany údajů spotřebitelů mi byla poskytnuta sloučená data pro jednotlivé budovy. Tato reálná data bylo nutno přepočítat na výpočtovou obsazenost jednotlivých budov. Jelikož v době řešení této práce bylo větší množství bytů prázdných, či využívaných jen příležitostně. To je způsobeno převážně tím, že je zde velká část bytů nabízena k pronájmu a v době zpracování této práce, nebyl o takovéto byty příliš velký zájem. Předpokládám, že to bylo způsobeno převážně z důvodu koronavirových opatření. Až tato zvláštní doba pomine, byty se jistě opět naplní. Je tedy vhodné uvažovat s vyšší spotřebou energií, než byla v roce 2020.

BD číslo	Celkový počet bytů	Počet obsazených bytů (2020)	Roční spotřeba plynu výpočtová	Roční spotřeba el. Energie výpočtová	Roční spotřeba plynu fakturová (2020)	Roční spotřeba el. energie fakturová (2020)
-	-	-	MWh	MWh	MWh	MWh
1	1	0,05	125,80	18,80	6,29	0,94
2	4	4	74,67	19,26	74,67	19,26
3	4	2	132,17	5,52	66,08	2,76
4	6	3	207,46	24,05	103,73	12,03
5	7	5	149,44	18,67	106,74	13,34
6	4	2	172,51	9,56	86,25	4,78
7	4	3	125,77	14,44	94,33	10,83
8	1	1	75,59	4,13	75,59	4,13
9	1	1	46,96	4,65	46,96	4,65
10	20	12	272,14	38,01	163,28	22,80
11	8	8	179,25	30,73	179,25	30,73
12	8	7	113,79	30,88	99,57	27,02
13	13	10	231,71	50,34	178,24	38,72
14	21	18	295,42	39,05	253,21	33,47
15	8	6	115,27	22,75	86,45	17,06
16	1	1	77,03	38,80	77,03	38,80
17	13	12	216,33	24,92	199,69	23,01
18	2	2	53,28	7,49	53,28	7,49
suma	126	97,05	2 664,6	402,1	1 950,6	311,8

Tabulka 2 - Spotřeby energií

Dále je dobré si rovnou připravit data hodinové spotřeby elektrické energie, budeme je potřebovat pro výpočet využití elektrické energie vyrobené solárními panely. Hodinová spotřeba elektrické energie se počítá zvlášť pro jednotlivé tarifní třídy. Byty (RD, BD) jsem rozdělil na 2 skupiny podle tarifních tříd. Tarifní třídy zohledňují způsobu vytápění a ohřevu teplé vody. Další skupinu tvoří komerční objekty jako kanceláře (K) a muzeum (M).

- Zelená – Vytápění + ohřev vody plynem komerční objekty – C02D – TDD1 (K, M)
- Žlutá – Vytápění + ohřev vody plynem – D02D – TDD4
- Modrá – Vytápění plynem + elektrický bojler – D25D – TDD5

BD číslo	Adresa	Počet BJ	Ohřev vody		Vytápění	Vaření	
			plyn	elektrika	plyn	plyn	elektrika
-	-	-	plyn	elektrika	plyn	plyn	elektrika
1	Glinkova 1654/2	1	1	0	1	0	0
2	Glinkova 1952/4	4	4	0	4	1	3
3	Glinkova 1655/6	4	4	0	4	2	2
4	Glinkova 1656/8	6	6	0	6	2	4
5	Glinkova 1657/10	7	7	0	7	3	4
6	Glinkova 1658/12	4	4	0	4	2	2
7	Glinkova 1659/14	4	4	0	4	1	3
8	Glinkova 1972/16	1	1	0	1	1	0
9	Glinkova 1972/18	1	1	0	1	0	1
10	Velvarská 1646/19	20	18	2	20	3	17
11	Velvarská 1647/17	8	5	3	8	4	4
12	Velvarská 1648/15	8	7	1	8	3	5
13	Velvarská 1649/13	13	8	5	13	1	12
14	Velvarská 1650/11	21	21	0	21	3	18
15	Velvarská 1651/9	8	6	2	8	3	5
16	Velvarská 1652/7	1	1	0	1	0	1
17	Velvarská 1653/5	13	13	0	13	4	9
18	Velvarská 1951/3	2	2	0	2	1	1
suma		126	113	13	126	34	91
			126		126		125

Tabulka 3 - Rozložení bytů podle tarifní třídy

Na základě tohoto rozdělení byla vypočtena spotřeba elektrické energie pro jednotlivé tarifní třídy.

tdd	1	4	5	celkem
počet domácností	2	111	13	126
spotřeba el. Energie	57,6	300,2	44,2	402,1

Tabulka 4 - Celková spotřeba el. energie pro jednotlivé tarifní třídy

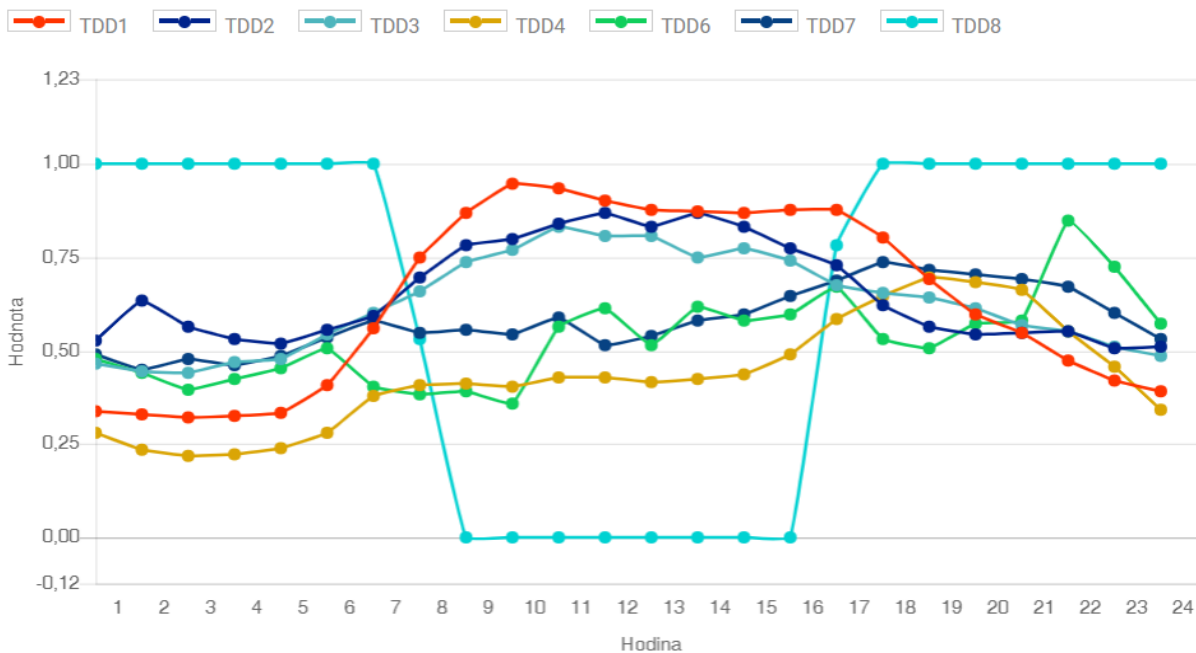
Když máme spotřebu elektrické energie lokality rozdělenou na jednotlivé tarifní třídy, můžeme dopočítat hodinové spotřeby elektrické energie. Pro každou hodinu v roce je spočítán koeficient, přes který se hodinová potřeba dopočte z roční spotřeby elektrické energie.

Soubory těchto koeficientů se nazývají typové diagramy dodávek (TDD) a jsou volně ke stažení na stránkách OTE-cz [4]. Pro náš případ se hodí přepočtené TDD za rok 2020, hodnoty pro jeden den viz. graf 1 a graf 2. Hodinová spotřeba se vypočte z koeficientu a roční spotřeby elektrické energie dle následujícího vzorce:

Kde  $O_h$  je hodinová spotřeba elektrické energie,  $O_r$  je roční spotřeba odběrového místa,  $r_h$  je hodinový koeficient a  $\sum_{h=1}^{8760} r_h$  je součet hodinových koeficientů celého daného roku.

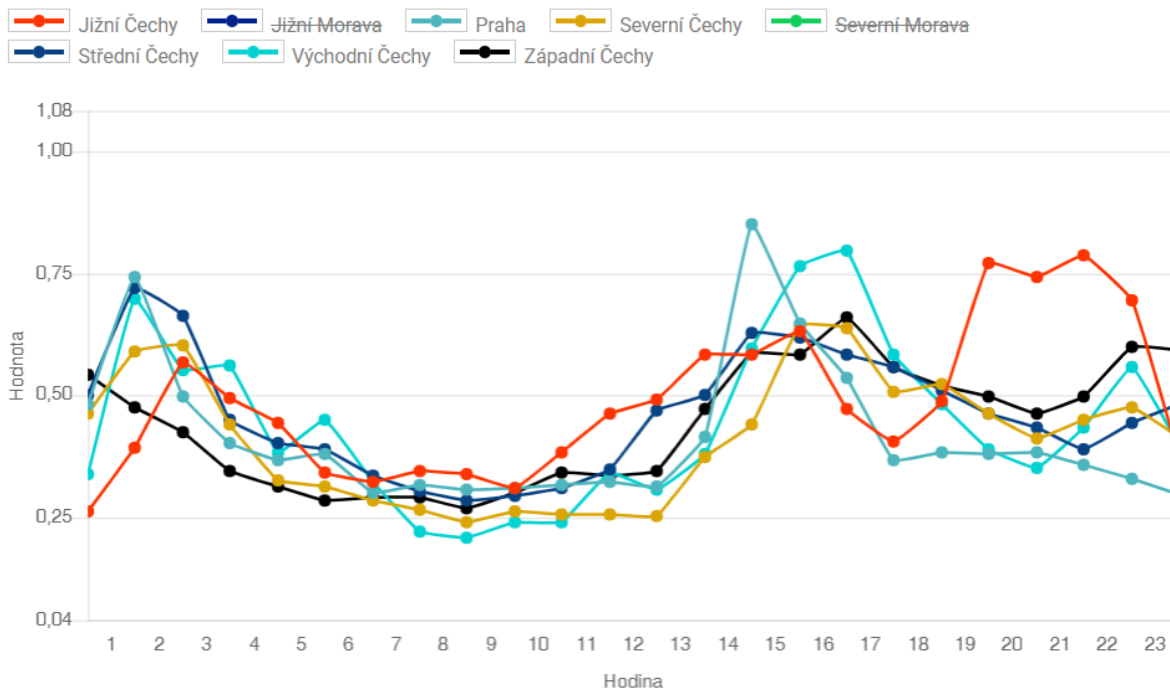
$$O_h = O_r * \frac{r_h}{\sum_{h=1}^{8760} r_h}$$

## Průběh celostátních přepočtených TDD - 14.12.2020



Graf 1- Průběh TDD celostátní [5]

## Průběh regionálních přepočtených TDD - 14.12.2020



Graf 2 - Průběh TDD5 [5]

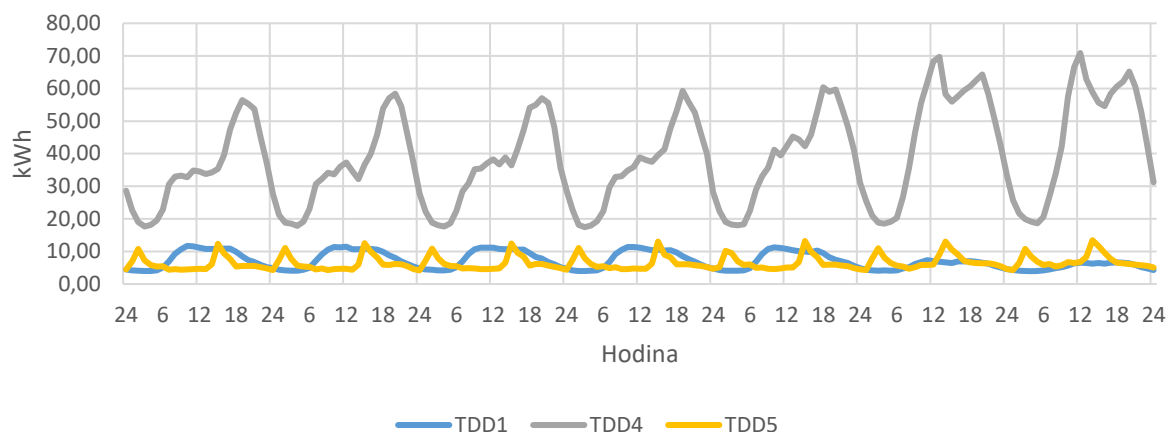
Hodnoty pro jeden výpočtový den v roce (14. prosinec 2020) jsou v tabulce 5. Průběh týdenních hodnot pro jednotlivé TDD je v grafu 3, grafu 4 kde je odstraněna křivka spotřeby TDD4 kvůli měřítku a grafu 5 pro celkový hodinový odběr lokality. Na grafech můžeme sledovat denní špičky odběru. Pro TDD1 je odběr převážně ve všedních dnech v pracovní době a také o víkendu přes den, kdy je v provozu např. muzeum. Pro TDD4 a všední den je to v odpoledních a večerních hodinách, kdy je třeba svítit a přijdou lidé z práce, naopak o víkendu je největší odběr v době přípravy oběda a během dne příliš neklesá. Pro TDD5 je převažující odběr spínání ohřevu teplé vody, vždy na 8 h denně. Spínání probíhá signálem HDO a pro prahu je rozděleno na 5 h v noci a 3 h odpoledne. V součtovém grafu má největší vliv tarif TDD4, jelikož ho využívá nejvíce domácností v dané lokalitě.

Den	Hodina	Pořadí č. hod. v roce	TDD1	TDD4	TDD5	Celková spotřeba lokality
			kWh	kWh	kWh	kWh
14.12.2020	1	8 353	4,19	22,66	6,97	33,82
14.12.2020	2	8 354	4,07	18,99	10,76	33,82
14.12.2020	3	8 355	3,99	17,63	7,20	28,82
14.12.2020	4	8 356	4,01	18,12	5,82	27,96
14.12.2020	5	8 357	4,15	19,52	5,35	29,01
14.12.2020	6	8 358	5,04	22,85	5,50	33,39
14.12.2020	7	8 359	6,90	30,60	4,36	41,85
14.12.2020	8	8 360	9,26	32,96	4,61	46,84
14.12.2020	9	8 361	10,71	33,28	4,43	48,42
14.12.2020	10	8 362	11,71	32,78	4,49	48,99
14.12.2020	11	8 363	11,52	34,83	4,60	50,95
14.12.2020	12	8 364	11,14	34,54	4,70	50,37
14.12.2020	13	8 365	10,81	33,74	4,56	49,12
14.12.2020	14	8 366	10,78	34,23	6,02	51,03
14.12.2020	15	8 367	10,75	35,30	12,32	58,37
14.12.2020	16	8 368	10,85	39,57	9,36	59,78
14.12.2020	17	8 369	10,83	47,44	7,76	66,02
14.12.2020	18	8 370	9,91	52,47	5,35	67,72
14.12.2020	19	8 371	8,53	56,49	5,57	70,59
14.12.2020	20	8 372	7,38	55,25	5,53	68,15
14.12.2020	21	8 373	6,78	53,73	5,57	66,08
14.12.2020	22	8 374	5,87	44,79	5,20	55,86
14.12.2020	23	8 375	5,20	36,92	4,78	46,89
14.12.2020	24	8 376	4,86	27,54	4,32	36,72

Tabulka 5 - Hodinová spotřeba el. Energie – ukázka 14.12.2020

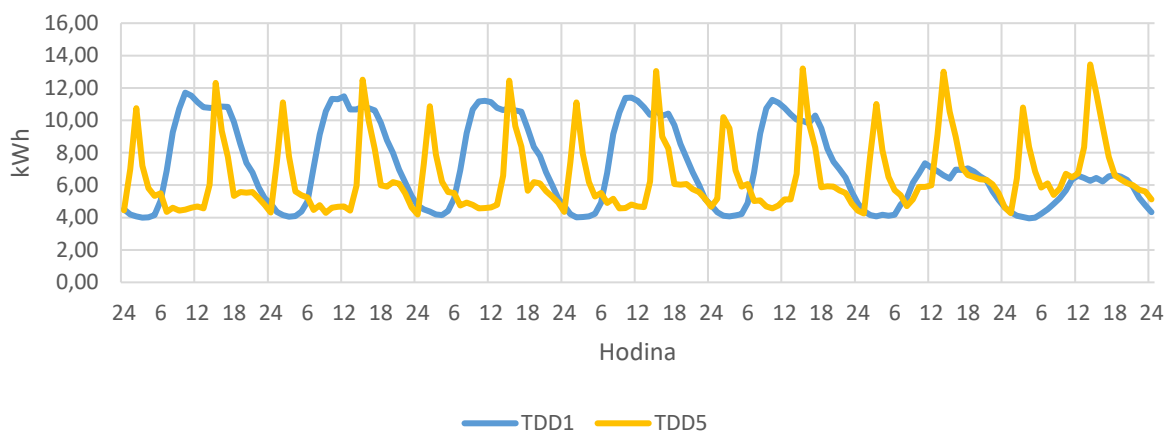


### Hodinová spotřeba el. energie 14-20.12.2019



Graf 3 - Týdenní průběh spotřeby el. energie

### Hodinová spotřeba el. energie 14-20.12.2019



Graf 4 - Týdenní průběh spotřeby el. energie –bez TDD4

### Hodinová spotřeba el. energie 14-20.12.2019



Graf 5 - Týdenní průběh spotřeby el. energie – celkový

## 4 ENERGETICKÁ OPTIMALIZACE JEDNOTLIVÝCH BUDOV

Jelikož jsou v dané lokalitě budovy značně rozdílné a jsou v různém stádiu renovace, je nutné zhodnotit každou budovu zvlášť. V první části této kapitoly bude souhrnné energetické hodnocení všech budov a v další části se budu věnovat každé budově více dopodrobna. Ke zpracování Průkazů energetické náročnosti budov byl požit program Energie 2020 [13] vyvíjený panem doc. Dr. Ing. Zbyňkem Svobodou z katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT.

### 4.1 Původní stav budov

Současný stav většiny budov v této lokalitě je velmi špatný. Většina budov je bez tepelné izolace, avšak nová okna má již okolo 2/3 budov. Jedná se ovšem o starší typy plastových oken s izolačním dvojsklem a součinitel prostupu tepla se pohybuje mezi 1,2-1,8 W/m<sup>2</sup>K. Pokud bylo u budov dodělané obytné podkroví, byla již při rekonstrukci zateplena střecha. Zateplení byla realizováno především minerální vlnou v rovině střechy mezi krokvemi, čímž vzniká tepelný most v místech krokví. Podlaha zbylé půdy nad obytnými prostory je ve většině případů zateplena polystyrenem EPS a u některých budov je použita minerální vlna. Takovýto stav je ovšem velmi vhodný pro zpracování takovýchto prací, jelikož většinu budov větší rekonstrukce teprve čeká a není nutné znovu předělávat všechny konstrukce.

BD číslo	Typ	Adresa	Uem-Průměrný součinitel prostupu tepla		Celková dodaná energie		Primární energie z nebo zdrojů		Emise CO <sub>2</sub>	Emise CO <sub>2</sub>
			W/m <sup>2</sup> K		kWh/m <sup>2</sup> a		kWh/m <sup>2</sup> a		t/m <sup>2</sup> a	t/a
			Vypočt.	Ref.	Vypočt.	Ref.	Vypočt.	Ref.	Vypočt.	Vypočt.
1	M	Glinkova 1654/2	0,94	0,22	256	85	310	124	0,078	50,7
2	BD	Glinkova 1952/4	0,69	0,27	157	82	162	70	0,034	19,4
3	BD	Glinkova 1655/6	1,11	0,25	254	106	260	89	0,054	33,0
4	BD	Glinkova 1656/8	1,43	0,26	324	112	330	94	0,067	51,2
5	BD	Glinkova 1657/10	1,12	0,27	249	103	255	87	0,053	37,4
6	BD	Glinkova 1658/12	1,74	0,28	372	109	383	94	0,080	43,9
7	BD	Glinkova 1659/14	1,22	0,28	206	76	215	67	0,046	35,2
8	RD	Glinkova 1972/16	1,52	0,27	296	91	311	75	0,066	21,9
9	RD	Glinkova 1972/18	0,79	0,26	168	81	181	68	0,040	13,2
10	BD	Velvarská 1646/19	1,08	0,28	193	87	200	75	0,042	68,1
11	BD	Velvarská 1647/17	1,28	0,24	212	84	223	75	0,039	37,5
12	BD	Velvarská 1648/15	0,83	0,30	140	80	148	70	0,063	61,9
13	BD	Velvarská 1649/13	1,43	0,31	224	86	231	73	0,048	62,6
14	BD	Velvarská 1650/11	1,42	0,29	202	80	209	69	0,044	76,5
15	BD	Velvarská 1651/9	0,83	0,28	155	92	164	81	0,035	32,5
16	K	Velvarská 1652/7	0,85	0,34	97	43	124	60	0,030	33,3
17	BD	Velvarská 1653/5	1,01	0,31	160	78	166	67	0,035	57,1
18	RD	Velvarská 1951/3	0,39	0,29	127	113	134	89	0,029	12,8
průměr oblasti			1,10	0,28	210,7	88,2	222,6	79,3	0,049	41,6
SUMA oblasti									747,9	

Tabulka 6 - Energetické hodnocení budov – současný stav

Průměrný součinitel prostupu tepla je 1,10 W/m<sup>2</sup>K, celková dodaná energie na m<sup>2</sup> je v této lokalitě 211 kWh/m<sup>2</sup>a, průměrná hodnota primární energie je 223 kWh/m<sup>2</sup>a a celkové emise

CO<sub>2</sub> jsou 748 tun za rok. Optimalizací budov bychom se měli dostat na hodnoty nižší, než jsou hodnoty v tabulce pro referenční budovy.

## 4.2 Navržený stav

### 4.2.1 Energetická optimalizace obálky budov

Jelikož zadání této práce požaduje optimalizaci na úroveň požadavků současných novostaveb, tedy budov s téměř nulovou spotřebou energie, budou vycházet o něco větší tloušťky tepelných izolací, než je běžné u současných rekonstrukcí. Také je nutné u většiny budov provést výměnu výplní otvorů, za moderní okna a dveře s izolačním trojsklem a hodnotou součinitel prostupu tepla okolo 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Rekonstrukci obálky budovy je také nutné řešit komplexně a nezapomínat především na konstrukce přilehlé k zemině, pokud je za konstrukcí vytápěný prostor, a konstrukce z vytápěného prostoru k nevytápěnému.

Aby bylo řešení přehledné, použil jsem pro budovy stejné materiály. Zateplení obvodových stěn je navrženo z grafitového EPS, BASF EPS 70 NEO. Pro zateplení stěn přilehlých k zemině jsem zvolil XPS, BASF Styrodur 2800 C, většinou v tloušťce 150 mm. Zateplení podlahy v obytných suterénech EPS se zvýšenou pevností, Isover EPS 150, v tloušťce 150 mm. Střechy, či stropy byly již ve většině budov nějak zatepleny a pokud to bylo potřeba, byla jen přidána další vrstva stejné tepelné izolace, například pod krokve, což i omezí tepelné mosty, tato skladby není dopodrobna rozepsána. Skladby střechy by záležela i na aktuálním stavu krovu a střešní krytiny a na množství realizovaných prací při rekonstrukci (výměna krytiny, krovu).

BD číslo	Typ	Adresa	Uem-Průměrný součinitel prostupu tepla		Celková dodaná energie		Primární energie z nebo. zdrojů		Emise CO <sub>2</sub>	Emise CO <sub>2</sub>
			W/m <sup>2</sup> K		kWh/m <sup>2</sup> a		kWh/m <sup>2</sup> a		t/m <sup>2</sup> a	t/a
			Vypočt.	Ref.	Vypočt.	Ref.	Vypočt.	Ref.	Vypočt.	Vypočt.
1	M	Glinkova 1654/2	0,19	0,22	89	83	129	126	0,038	24,5
2	BD	Glinkova 1952/4	0,26	0,27	76	77	81	66	0,018	10,2
3	BD	Glinkova 1655/6	0,22	0,25	78	92	84	78	0,019	11,4
4	BD	Glinkova 1656/8	0,26	0,27	100	101	105	85	0,023	17,2
5	BD	Glinkova 1657/10	0,25	0,27	84	93	90	79	0,020	14,1
6	BD	Glinkova 1658/12	0,26	0,28	97	101	108	88	0,025	13,5
7	BD	Glinkova 1659/14	0,26	0,30	68	76	77	67	0,018	13,9
8	RD	Glinkova 1972/16	0,24	0,27	79	81	91	68	0,022	7,2
9	RD	Glinkova 1972/18	0,26	0,26	78	79	90	66	0,021	7,1
10	BD	Velvarská 1646/19	0,26	0,28	78	84	85	72	0,019	31,0
11	BD	Velvarská 1647/17	0,21	0,23	64	67	74	61	0,018	17,0
12	BD	Velvarská 1648/15	0,31	0,31	78	80	86	70	0,020	19,4
13	BD	Velvarská 1649/13	0,28	0,31	77	78	83	67	0,018	24,0
14	BD	Velvarská 1650/11	0,27	0,29	71	77	78	67	0,018	30,7
15	BD	Velvarská 1651/9	0,30	0,32	80	92	87	81	0,025	23,0
16	K	Velvarská 1652/7	0,33	0,34	40	38	57	56	0,017	18,5
17	BD	Velvarská 1653/5	0,29	0,31	75	78	82	67	0,018	29,6
18	RD	Velvarská 1951/3	0,27	0,29	105	113	111	89	0,024	10,7
průměr oblasti			0,26	0,28	78,7	82,8	88,8	75,2	0,021	18,0
SUMA oblasti										323,1

Tabulka 7 - Energetické hodnocení budov – optimalizace obálky budov

Po optimalizaci obálky budov již většina budov vyhoví také při posuzování celkové dodané energie. Pokud bychom posuzovali změny jako změnu dokončené budovy podle §6 odstavce 2b, vyhlášky č. 264/2020 Sb. (celková dodaná energie a průměrný součinitel tepla nižší než u referenční budovy) [6] budovy vyhoví. V této práci ovšem budovy řeším podle §6 odstavce 1, vyhlášky č. 264/2020 Sb. (budovy s téměř nulovou spotřebou energie) [6] a je tedy nutné pokračovat dále a snížit spotřebu primární energie. Snížení primární energie u referenční budovy je dle tabulky č. 5 přílohy č. 1 vyhlášky č. 264/2020 Sb. o 20 % pro bytové domy o 25 % pro rodinné domy a jiná než obytná o 10 % [6]. Toho je možné docílit dvěma způsoby. Snížením celkové dodané energie do budovy, případně nahrazením části spotřebované energie, energií z obnovitelných zdrojů.

#### 4.2.2 Nucené větrání se zpětným získáváním tepla

Dle mého názoru je vždy lepší varianta pokusit se nejdříve snížit energetickou náročnost budovy a až následně řešit náhrady dodaných energií. Pokud se podíváme na energetické průkazy budov s optimalizovanou obálkou na bilanci ztrát energie, vidíme že největší zastoupení má energie spotřebovaná na ohřátí větracího vzduchu. Jako další vhodná optimalizace budov mi přijde využití rekuperačních jednotek. Jednak dojde ke snížení potřeby tepla na vytápění, také dojde ke zkvalitnění vnitřního prostředí a kvalita vnitřního vzduchu nebude závislá na tom, zda uživatel bytu větrá okny. Dle mého názoru by se mělo nucené větrání řešit vždy, když dochází u starších budov k výměně oken za těsná a utěsnění obálky budovy.

BD číslo	Adresa	Celková dodaná energie		Primární energie z nebo. zdrojů		Emise CO2	Emise CO2
		kWh/m2a		kWh/m2a		t/m2a	t/a
		Vypočtená	Referenční	Vypočtená	Referenční	Vypočt.	Vypočt.
1	Glinkova 1654/2	68	83	108	126	0,034	21,9
2	Glinkova 1952/4	60	80	70	72	0,017	9,6
3	Glinkova 1655/6	62	94	73	84	0,018	11,0
4	Glinkova 1656/8	78	104	89	92	0,021	16,1
5	Glinkova 1657/10	66	95	77	85	0,019	13,4
6	Glinkova 1658/12	78	104	93	94	0,023	12,8
7	Glinkova 1659/14	56	78	68	72	0,017	13,3
8	Glinkova 1972/16	63	83	78	73	0,020	6,8
9	Glinkova 1972/18	63	81	78	71	0,020	6,7
10	Velvarská 1646/19	60	86	72	78	0,018	29,0
11	Velvarská 1647/17	45	70	59	67	0,016	15,5
12	Velvarská 1648/15	60	82	73	75	0,018	18,2
13	Velvarská 1649/13	59	80	70	73	0,017	22,4
14	Velvarská 1650/11	56	79	67	72	0,017	29,1
15	Velvarská 1651/9	69	92	82	88	0,022	20,4
16	Velvarská 1652/7	36	39	54	58	0,016	18,3
17	Velvarská 1653/5	59	80	70	73	0,017	27,8
18	Velvarská 1951/3	81	116	94	97	0,023	10,1
průměr oblasti		62,2	84,8	76,4	80,6	0,020	16,8
SUMA oblasti							302,4

Tabulka 8 - Energetické hodnocení budov – Nucené větrání s rekuperačí tepla

Ve většině budov bude muset být umístěna rekuperační jednotka do každého bytu, ale pro potřeby výpočtu jsem uvažoval vždy jednu centrální jednotku dimenzovanou na celý dům. Vzduchotechnické jednotky jsem uvažoval s průměrným příkonem ventilátorů dle ČSN 730331 2750 Ws/m<sup>3</sup> a sezonní účinnost zpětného získávání tepla 85 %.

Po započítání rekuperace tepla už můžeme vidět téměř optimální varianty pro jednotlivé domy a většina budov také vyhoví požadavku vyhlášky č. 264/2020 Sb. Energetickou optimalizací jednotlivých budov došlo ke snížení emisí CO<sub>2</sub> z původních 748 tun za rok na méně než polovinu, 302 t za rok. Další snížení emisí CO<sub>2</sub> můžeme dosáhnout například instalací fotovoltaických panelů na střechy jednotlivých budov. Touto problematikou se budeme dopodrobna zabývat v kapitole 6.

#### 4.2.3 Vyhodnocení energetické optimalizace budov

Vyhodnocení jednotlivých variant můžeme provést pomocí celkových energií viz. tabulka 9, nebo pomocí celkových nákladů na jednotlivé energonositele viz. tabulka 10. Při porovnání energií vidíme průměrné snížení celkové dodané energie pro jednu budovu ze 179 kWh na 52 kWh, což je snížení na méně než třetinu. Na třetinu se optimalizací podařilo snížit průměrné množství primární energie z neobnovitelných zdrojů pro jednu budovu ze 189 kWh na 64 kWh. Tento údaj však většině laiků nic neřekne a všechny vždy zajímá, kolik se dá vhodnou energetickou optimalizací ušetřit nákladů. Při porovnání nákladů na jednotlivé energonositele v tabulce 10 vidíme, že původní roční náklady za plyn činily 5 513 000 Kč pro celou lokalitu a průměrně 306 000 Kč na jednu budovu, roční náklady na elektrickou energii činily 1 942 000 Kč pro celou lokalitu a průměrně 108 000 Kč na jednu budovu. Po optimalizaci budov činí roční náklady za plyn 1 455 000 Kč pro celou lokalitu a průměrně 81 000 Kč na jednu budovu a roční náklady na elektrickou energii 2 072 000 Kč pro celou lokalitu, průměrně 115 000 Kč na jednu budovu. Optimalizací budov jsem schopni dosáhnout roční úspory za plyn 4 058 000 Kč v dané lokalitě a průměrně 223 000 Kč na jeden dům. Náklady na elektrickou energii mírně vzrostli což je způsobeno spotřebou rekuperačních jednotek. Tyto náklady jsou 130 000 Kč pro celou lokalitu a průměrně 7 000 Kč na jeden dům. Celková roční úspora nákladů je tedy 3 928 000 Kč. Další úspory můžeme dosáhnout instalací fotovoltaických panelů na střechy jednotlivých budov. Toto problematiko se budu zabývat v kapitole 6.

BD číslo	Typ	Aktuální stav				Energetická optimalizace obálky budov				Nucené větrání s rekuperací tepla			
		Celková dodaná energie		Primární energie z nebo. zdrojů		Celková dodaná energie		Primární energie z nebo. zdrojů		Celková dodaná energie		Primární energie z nebo. zdrojů	
		kWh/a		kWh/a		kWh/a		kWh/a		kWh/a		kWh/a	
		Vypoč.	Ref.	Vypoč.	Ref.	Vypoč.	Ref.	Vypoč.	Ref.	Vypoč.	Ref.	Vypoč.	Ref.
1	M	166,60	55,25	201,20	80,60	57,85	53,95	83,85	81,90	44,40	53,95	69,90	81,90
2	BD	89,08	46,58	92,27	39,76	43,17	43,74	46,01	37,49	33,95	45,44	39,60	40,90
3	BD	156,20	65,30	159,94	54,82	48,05	56,67	51,74	48,05	38,17	57,90	44,90	51,74
4	BD	246,22	85,12	250,48	71,44	76,00	76,76	79,80	64,60	59,08	79,04	67,63	69,92
5	BD	176,85	73,13	181,14	61,77	59,64	66,03	63,90	56,09	46,64	67,45	54,65	60,35
6	BD	204,66	59,95	210,80	51,70	53,35	55,55	59,40	48,40	42,89	57,20	51,24	51,70
7	BD	158,49	58,52	165,69	51,59	52,36	58,52	59,29	51,59	42,97	60,06	52,37	55,44
8	RD	97,70	30,03	102,52	24,75	26,07	26,73	30,03	22,44	20,71	27,39	25,89	24,09
9	RD	55,46	26,73	59,67	22,44	25,74	26,07	29,70	21,78	20,71	26,73	25,78	23,43
10	BD	312,70	140,77	324,35	121,35	126,20	135,91	137,53	116,50	96,97	139,15	116,04	126,20
11	BD	203,90	80,64	214,50	72,00	61,44	64,32	71,04	58,56	43,24	67,20	56,81	64,32
12	BD	138,60	79,20	147,00	69,30	77,22	79,20	85,14	69,30	59,84	81,18	72,29	74,25
13	BD	294,05	112,66	302,11	95,63	100,87	102,18	108,73	87,77	77,20	104,80	91,10	95,63
14	BD	353,06	139,92	365,24	120,68	124,18	134,67	136,42	117,18	97,10	138,17	116,40	125,93
15	BD	145,60	108,56	154,10	95,58	94,40	108,56	102,66	95,58	64,60	108,56	77,40	103,84
16	K	108,90	48,16	138,50	67,20	40,00	38,00	57,00	56,00	40,09	43,68	60,30	64,96
17	BD	258,67	126,36	269,64	108,54	121,50	126,36	132,84	108,54	77,20	129,60	91,10	118,26
18	RD	56,65	50,29	59,56	39,61	46,73	50,29	49,40	39,61	36,00	51,62	41,70	43,17
Suma		3 223,4	1 387,2	3 398,7	1 248,8	1 234,8	1 303,5	1 384,5	1 181,4	941,8	1 339,1	1 155,1	1 276,0
Průměr		179,1	77,1	188,8	69,4	68,6	72,4	76,9	65,6	52,3	74,4	64,2	70,9

Tabulka 9 - Porovnání celkových energií

BD číslo	Typ	Aktuální stav				Energetická optimalizace obálky budov				Nucené větrání s rekuperací tepla			
		Roční spotřeba plynu výpočtová		Roční spotřeba el. Energie výpočtová		Roční spotřeba plynu výpočtová		Roční spotřeba el. Energie výpočtová		Roční spotřeba plynu výpočtová		Roční spotřeba el. Energie výpočtová	
		MWh	Kč	MWh	Kč	MWh	Kč	MWh	Kč	MWh	Kč	MWh	Kč
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	M	145,00	255 200 Kč	18,80	90 804 Kč	42,20	74 272 Kč	13,10	63 273 Kč	28,50	50 160 Kč	13,10	63 273 Kč
2	BD	87,83	154 581 Kč	19,26	93 002 Kč	41,83	73 621 Kč	19,26	93 002 Kč	31,13	54 789 Kč	20,76	100 247 Kč
3	BD	155,36	273 434 Kč	5,52	26 671 Kč	55,96	98 490 Kč	5,52	26 671 Kč	35,46	62 410 Kč	7,32	35 365 Kč
4	BD	244,69	430 654 Kč	24,05	116 181 Kč	74,09	130 398 Kč	24,05	116 181 Kč	54,79	96 430 Kč	26,65	128 739 Kč
5	BD	175,84	309 470 Kč	18,67	90 185 Kč	58,84	103 550 Kč	18,67	90 185 Kč	43,24	76 094 Kč	20,97	101 294 Kč
6	BD	201,89	355 326 Kč	9,56	46 155 Kč	51,09	89 918 Kč	9,26	44 706 Kč	38,79	68 270 Kč	10,96	52 917 Kč
7	BD	154,73	272 325 Kč	14,44	69 765 Kč	49,23	86 645 Kč	14,14	68 316 Kč	37,83	66 581 Kč	15,84	76 527 Kč
8	RD	95,43	167 957 Kč	4,13	19 962 Kč	24,23	42 645 Kč	3,63	17 547 Kč	18,23	32 085 Kč	4,33	20 928 Kč
9	RD	52,80	92 928 Kč	4,65	22 464 Kč	17,60	30 976 Kč	5,25	25 362 Kč	17,60	30 976 Kč	5,25	25 362 Kč
10	BD	306,55	539 519 Kč	38,01	183 572 Kč	120,90	212 775 Kč	37,74	182 268 Kč	86,14	151 598 Kč	42,63	205 887 Kč
11	BD	199,48	351 085 Kč	30,73	148 426 Kč	58,08	102 221 Kč	30,23	146 011 Kč	36,98	65 085 Kč	32,93	159 052 Kč
12	BD	135,04	237 662 Kč	30,88	149 134 Kč	73,94	130 126 Kč	30,28	146 236 Kč	53,74	94 574 Kč	33,08	159 760 Kč
13	BD	289,37	509 282 Kč	50,34	243 148 Kč	96,07	169 074 Kč	50,24	242 665 Kč	68,89	121 238 Kč	54,03	260 971 Kč
14	BD	346,60	610 007 Kč	39,05	188 603 Kč	118,00	207 671 Kč	38,75	187 154 Kč	86,19	151 686 Kč	43,45	209 855 Kč
15	BD	141,94	249 806 Kč	22,75	109 892 Kč	90,88	159 940 Kč	22,57	109 023 Kč	58,24	102 494 Kč	25,36	122 498 Kč
16	K	90,40	159 104 Kč	38,80	187 399 Kč	33,20	58 432 Kč	35,40	170 977 Kč	27,40	48 224 Kč	36,40	175 807 Kč
17	BD	253,98	447 005 Kč	24,92	120 379 Kč	117,28	206 413 Kč	24,72	119 413 Kč	70,68	124 397 Kč	26,72	129 073 Kč
18	RD	55,53	97 733 Kč	7,49	36 162 Kč	45,43	79 957 Kč	7,49	36 162 Kč	33,13	58 309 Kč	9,29	44 856 Kč
Suma		3 132,43	5 513 077 Kč	402,05	1 941 905 Kč	1 168,82	2 057 123 Kč	390,30	1 885 153 Kč	826,93	1 455 397 Kč	429,07	2 072 412 Kč
Průměr		174,02	306 282 Kč	22,34	107 884 Kč	64,93	114 285 Kč	21,68	104 731 Kč	45,94	80 855 Kč	23,84	115 134 Kč

uvažovaná cena plyn /MWh	1 760 Kč
uvažovaná cena elektrika /MWh	4 830 Kč

Tabulka 10 - Porovnání nákladů na jednotlivé energonositele



### 4.3 Podrobné řešení jednotlivých domů

V této části se budu dopodrobna věnovat každému domu v dané lokalitě a shrnu vždy všechny podstatné informace. Použité zkratky: S – obytný suterén, P – obytné podkroví. Průkazy energetické náročnosti budov pro jednotlivé budovy jsou v příloze této práce. Pro každou budovu je zpracován pro původní stav a pro stav po návrhu energeticky optimalizačních řešení.

#### Dům číslo 1

- Glinkova 1654/2
- Typ: komerční využití – Muzeum romské kultury



Obrázek 5 - Dům 1

#### Základní údaje o objektu

Jedná se o dvoupatrový dům s obytným suterénem. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940. V současné době spravuje budovy Muzeum romské kultury, a právě probíhá její rekonstrukce. Po rekonstrukci (někdy od roku 2023) zde bude fungovat Centrum Romů a Sintů. Pro přehlednost uvádím níže i údaje jako počet bytů a uvažovaný počet osob v budově.

- |                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| • Zastavěná plocha           | 300 m <sup>2</sup>  |
| • Počet podlaží              | S+2                 |
| • Podlahová plocha muzea     | 512 m <sup>2</sup>  |
| • Objem budovy               | 2910 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha | 650 m <sup>2</sup>  |
| • Počet bytů                 | 1                   |
| • Počet osob                 | 40                  |

#### Původní stav

Tento dům byl již před delší dobou modernizován (okolo roku 2005) avšak ne všechny použité materiály a výplně otvorů splňují požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezateplené, okna jsou starší plastová s izolačním dvojsklem a střecha je zateplena kombinací minerální vlny a polystyrénu v celkové tloušťce okolo 25 cm.

Podlaha v suterénu je původní betonová nezateplená. V budově je nainstalováno rovnotlaké vzduchotechnické zařízení bez zpětného získávání tepla.

#### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 2,1 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 3,1 W/m<sup>2</sup>K

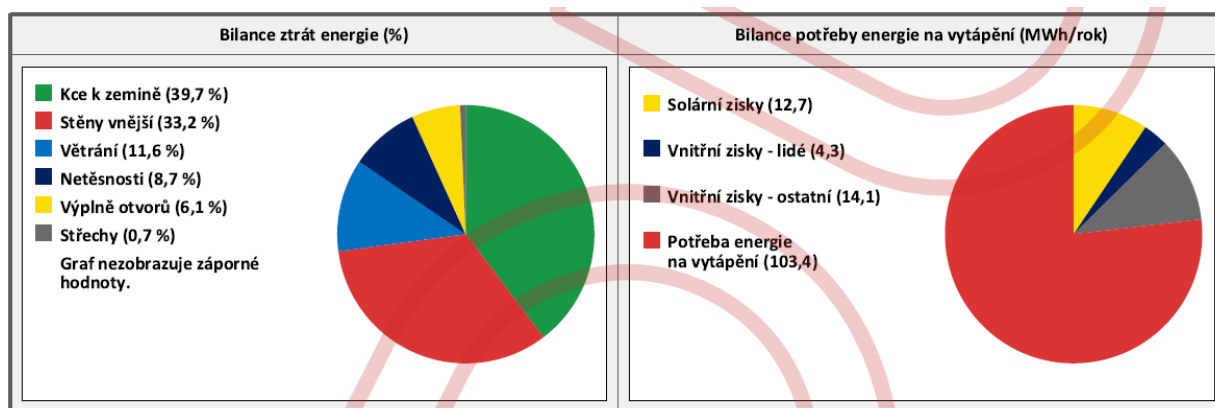
#### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů G
- Dodaná energie – zemní plyn 145,0 kWh (87 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 21,6 kWh (13 %)
- Celková dodaná energie 166,6 MWh/rok  
256 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 201,2 MWh/rok  
310 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,94 W/m<sup>2</sup>.K

#### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 85 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 124 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,22 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 6 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 6 - Dům 1 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

#### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 100 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150



mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Dále byla navržena výměna oken a vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

#### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,14 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

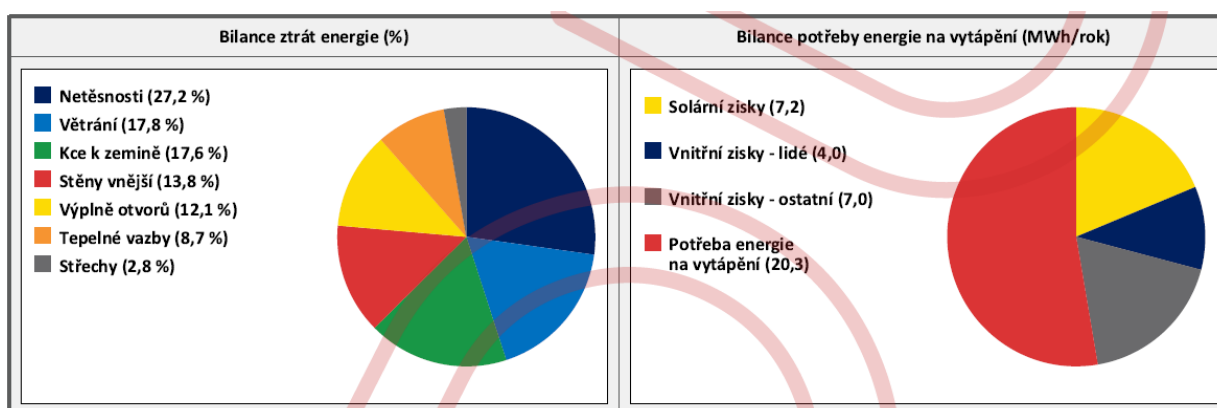
#### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů C
- Dodaná energie – zemní plyn 28,5 kWh (64 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 15,9 kWh (36 %)
- Celková dodaná energie 44,4 MWh/rok  
68 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 69,9 MWh/rok  
108 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,19 W/m<sup>2</sup>.K

#### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 83 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 126 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,22 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 7 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 7 - Dům 1 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 2

- Adresa: Glinkova 1952/4
- Typ: Bytový dům



Obrázek 6 - Dům 2

### Základní údaje o objektu

Jedná se o dvoupatrový dům s obytným suterénem a obytným podkrovím. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 154 m <sup>2</sup>   |
| • Počet podlaží                         | S+2+P                |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 380 m <sup>2</sup>   |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 97 m <sup>2</sup>    |
| • Objem budovy                          | 1 547 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 568 m <sup>2</sup>   |
| • Počet bytů                            | 4                    |
| • Počet osob                            | 13                   |

### Původní stav

Tento dům byl již zčásti zmodernizován, avšak ne všechny použité materiály a výplně otvorů splňují požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je zatepleno 50 mm polystyrenu, okna jsou starší plastová s izolačním dvojsklem a střecha je zateplena minerální vlnou v tloušťce okolo 25 cm. Podlaha v suterénu je původní betonová nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| • Obvodová stěna       | 0,5 W/m <sup>2</sup> K |
| • Stěna k zemině       | 1,3 W/m <sup>2</sup> K |
| • Podlaha v suterénu   | 2,0 W/m <sup>2</sup> K |
| • Střecha/strop k půdě | 0,2 W/m <sup>2</sup> K |

- Okna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,5 W/m<sup>2</sup>K

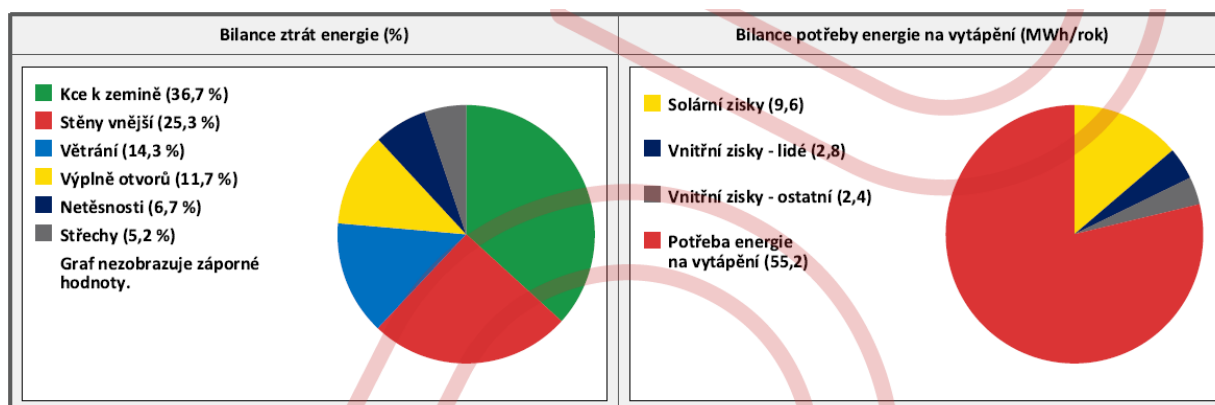
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů E
- Dodaná energie – zemní plyn 87,1 kWh (98 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 2,0 kWh (2 %)
- Celková dodaná energie 89,1 MWh/rok  
157 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 92,3 MWh/rok  
162 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,69 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 82 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 70 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 8 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 8 - Dům 2původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo odstranění původního zateplení a zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 100 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 100 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Dále byla navržena výměna oken a vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,14 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,32 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,8 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

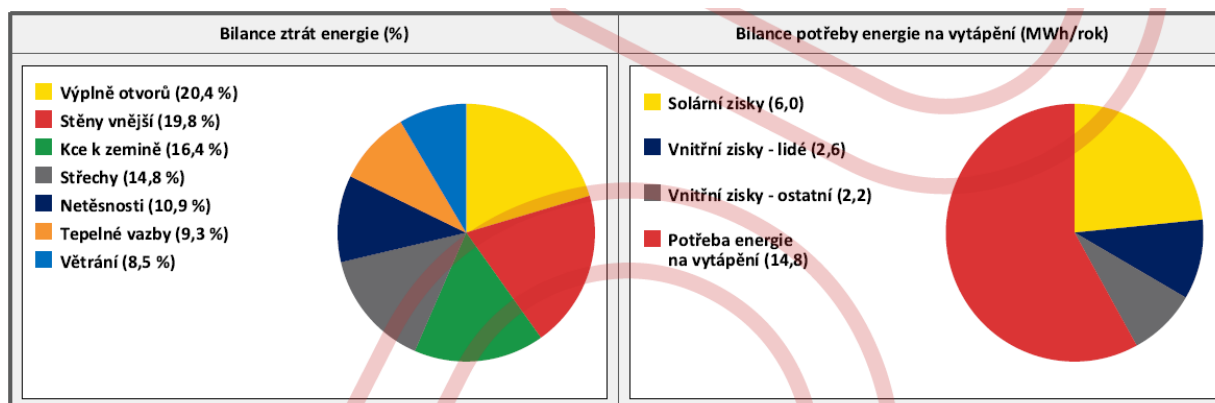
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů C
- Dodaná energie – zemní plyn 30,4 kWh (90 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 3,5 kWh (10 %)
- Celková dodaná energie 34 MWh/rok  
60 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 39,6 MWh/rok  
70 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 80 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 72 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 9 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 9 - Dům 2 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 3

- Adresa: Glinkova 1955/6
- Typ: Bytový dům



Obrázek 7 - Dům 3

### Základní údaje o objektu

Jedná se o dvoupatrový dům a obytným podkrovím mansardového typu, suterén je nevytápěný a nachází se zde jen sklepy. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 220 m <sup>2</sup>   |
| • Počet podlaží                         | 2+P                  |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 471 m <sup>2</sup>   |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 69 m <sup>2</sup>    |
| • Objem budovy                          | 1 738 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 616 m <sup>2</sup>   |
| • Počet bytů                            | 4                    |
| • Počet osob                            | 14                   |

### Původní stav

Tento dům se nachází v téměř původním stavu. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezateplené, okna i dveře jsou původní dřevěná, akorát střecha je zateplena minerální vlnou mezi krokvemi v tloušťce okolo 80 mm. Strop pod nevytápěnou půdou je zateplen polystyrenem v tloušťce 30 mm. Strop nad suterénem je původní monolitický nezateplený.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| • Obvodová stěna      | 1,3 W/m <sup>2</sup> K |
| • Strop nad suterénem | 2,0 W/m <sup>2</sup> K |
| • Střecha             | 0,6 W/m <sup>2</sup> K |
| • Strop k půdě        | 0,9 W/m <sup>2</sup> K |
| • Okna                | 3,0 W/m <sup>2</sup> K |
| • Vchodové dveře      | 2,5 W/m <sup>2</sup> K |

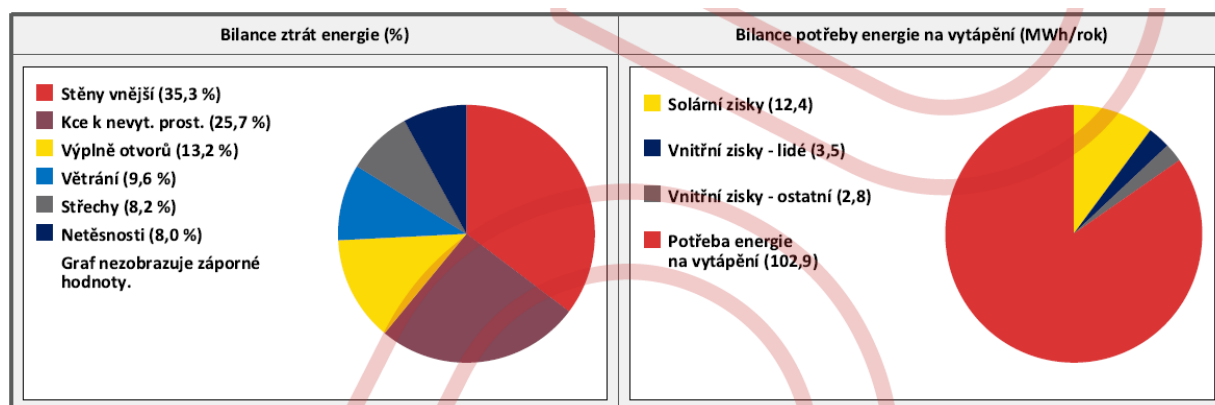
## Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů G
- Dodaná energie – zemní plyn 153,9 kWh (99 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 2,3 kWh (1 %)
- Celková dodaná energie 156,2 MWh/rok  
254 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 159,9 MWh/rok  
260 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,11 W/m<sup>2</sup>.K

## Referenční budova:

- Celková dodaná energie 106 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 89 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,25 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 10 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 10 - Dům 3 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení stropu nad suterénem polystyrenem BASF EPS 100 NEO v tloušťce 100 mm ze strany suterénu a zateplení střechy a stropu v podkroví minerální vlnou. Byla navržena výměna oken a vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

## Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,27 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,18 W/m<sup>2</sup>K

- Strop k půdě 0,18 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

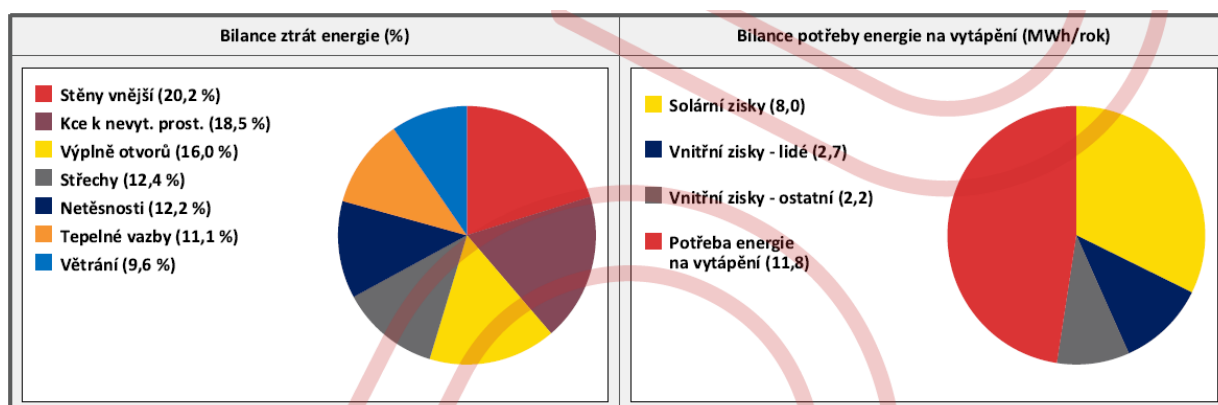
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 34,0 kWh (89 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 4,1 kWh (11 %)
- Celková dodaná energie 38,2 MWh/rok  
62 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 44,9 MWh/rok  
73 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,22 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 94 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 84 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,25 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 11 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 11 - Dům 3 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků



## Dům číslo 4

- Adresa: Glinkova 1956/8
- Typ: Bytový dům



Obrázek 8 - Dům 4

### Základní údaje o objektu

Jedná se o dvoupatrový dům s obytným suterénem a obytným podkrovím. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- Zastavěná plocha 210 m<sup>2</sup>
- Počet podlaží S+2+P
- Podlahová plocha obytných částí domu 472 m<sup>2</sup>
- Podlahová plocha ostatních částí domu 126 m<sup>2</sup>
- Objem budovy 2 676 m<sup>3</sup>
- Energeticky vztažná plocha 760 m<sup>2</sup>
- Počet bytů 6
- Počet osob 16

### Původní stav

Tento dům v původním stavu. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezatepleno, okna i dveře jsou původní dřevěná a střecha je nezateplená. Podlaha v suterénu je původní betonová nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 2,0 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 2,4 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 2,3 W/m<sup>2</sup>K



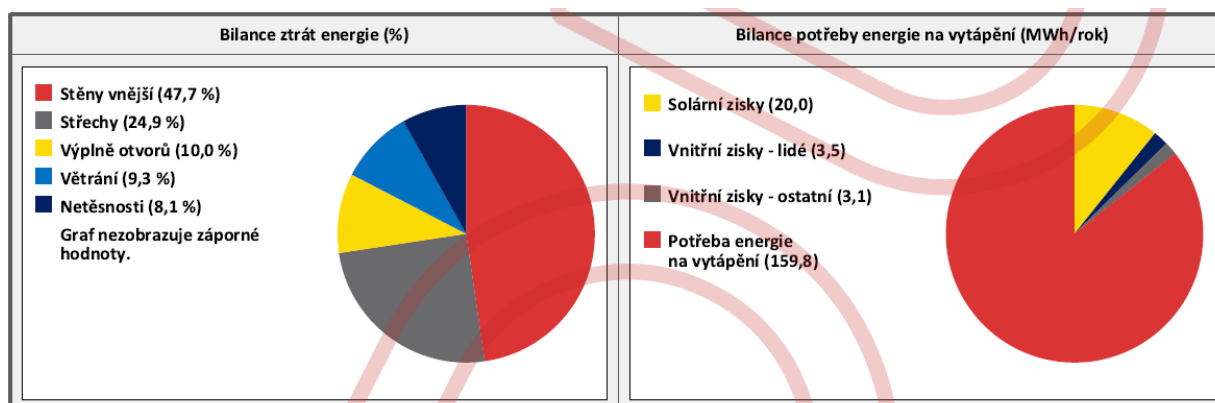
## Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů G
- Dodaná energie – zemní plyn 243,6 kWh (99 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 2,7 kWh (1 %)
- Celková dodaná energie 246,2 MWh/rok  
324 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 250,5 MWh/rok  
330 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,43 W/m<sup>2</sup>.K

## Referenční budova:

- Celková dodaná energie 112 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 94 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 12 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 12 - Dům 4 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 100 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Zateplení střechy a stropu v podkroví minerální vlnou. Byla navržena výměna oken a vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

## Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,32 W/m<sup>2</sup>K

- Střecha/strop k půdě 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

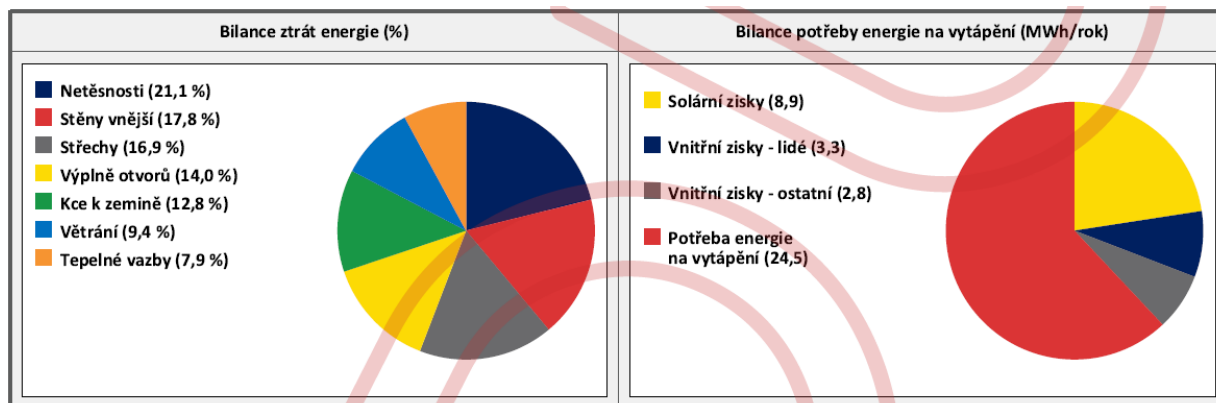
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů C
- Dodaná energie – zemní plyn 53,7 kWh (91 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 5,3 kWh (9 %)
- Celková dodaná energie 59,1 MWh/rok  
78 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 67,6 MWh/rok  
89 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 104 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 92 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 13 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 13 - Dům 4 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 5

- Adresa: Glinkova 1957/10
- Typ: Bytový dům



Obrázek 9 - Dům 5

### Základní údaje o objektu

Jedná se o dvoupatrový dům s obytným suterénem a obytným podkrovím. Na části suterénu se nachází garáž, která je vytápěna a je započítaná do ostatních ploch. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 190 m <sup>2</sup>   |
| • Počet podlaží                         | S+2+P                |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 484 m <sup>2</sup>   |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 82 m <sup>2</sup>    |
| • Objem budovy                          | 2 225 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 710 m <sup>2</sup>   |
| • Počet bytů                            | 7                    |
| • Počet osob                            | 16                   |

### Původní stav

Tento dům je v téměř původním stavu. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezatepleno, okna i dveře jsou původní dřevěná a střecha je zateplena tenkou vrstvou minerální vlny, součinitel prostupu tepla byl odhadnut. Garážová vrata jsou nová. Podlaha v suterénu je původní betonová nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| • Obvodová stěna       | 1,3 W/m <sup>2</sup> K |
| • Stěna k zemině       | 1,0 W/m <sup>2</sup> K |
| • Podlaha v suterénu   | 2,0 W/m <sup>2</sup> K |
| • Střecha/strop k půdě | 0,8 W/m <sup>2</sup> K |

- Okna 2,4 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 2,8 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,6 W/m<sup>2</sup>K

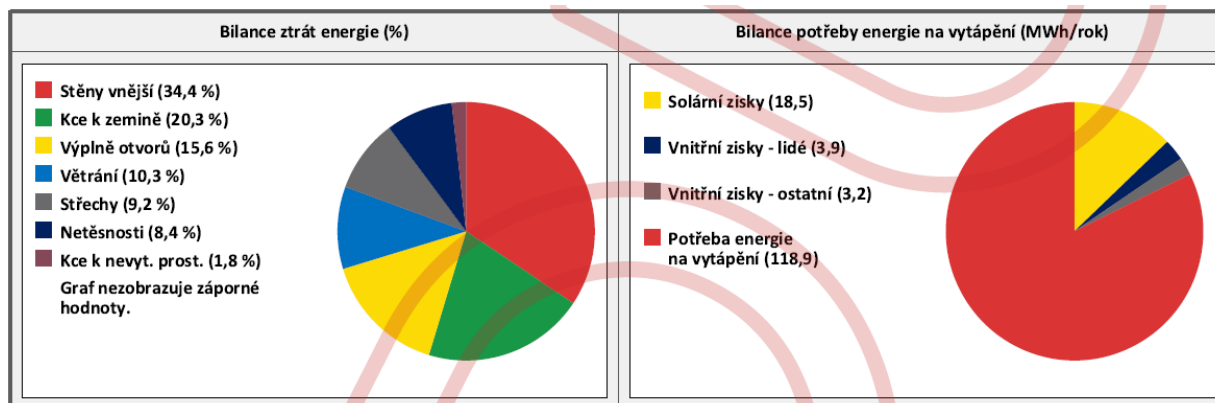
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů G
- Dodaná energie – zemní plyn 174,2 kWh (98 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 2,7 kWh (2 %)
- Celková dodaná energie 176,9 MWh/rok  
249 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 181,1 MWh/rok  
255 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,12 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 103 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 87 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 14 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 14 - Dům 5 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 100 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Zateplení střechy a stropu v podkroví minerální vlnou. Byla navržena výměna oken, vchodových dveří i garážových vrat. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,32 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,2 W/m<sup>2</sup>K

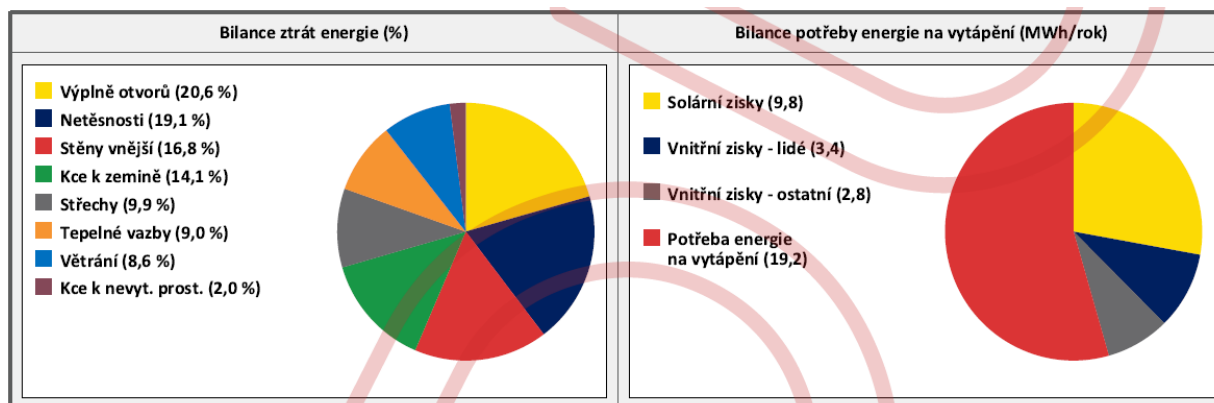
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 41,6 kWh (89 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 5,0 kWh (11 %)
- Celková dodaná energie 46,6 MWh/rok  
66 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 54,7 MWh/rok  
77 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,25 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 95 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 85 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 15 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 15 - Dům 5 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 6

- Adresa: Glinkova 1958/12
- Typ: Bytový dům



Obrázek 10 - Dům 6

### Základní údaje o objektu

Jedná se o dvoupatrový dům s obytným suterénem a obytným podkrovím. Interiér objektu aktuálně prochází velkou rekonstrukcí, při které budou vyměněna i okna a v řádu několika let se prý plánuje i rekonstrukce fasády. Ve výpočtu ale uvažuji současný stav objektu. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 150 m <sup>2</sup>   |
| • Počet podlaží                         | S+2+P                |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 352 m <sup>2</sup>   |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 88 m <sup>2</sup>    |
| • Objem budovy                          | 1 791 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 550 m <sup>2</sup>   |
| • Počet bytů                            | 4                    |
| • Počet osob                            | 12                   |

### Původní stav

Tento dům je v téměř původním stavu. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezatepleno, okna i dveře jsou původní dřevěná a střecha je nezateplená. Podlaha v suterénu je původní betonová mazanina na hlíně.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| • Obvodová stěna     | 1,3 W/m <sup>2</sup> K |
| • Stěna k zemině     | 1,4 W/m <sup>2</sup> K |
| • Podlaha v suterénu | 4,3 W/m <sup>2</sup> K |

- Střecha/strop k půdě 2,1 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 2,4 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 2,2 W/m<sup>2</sup>K

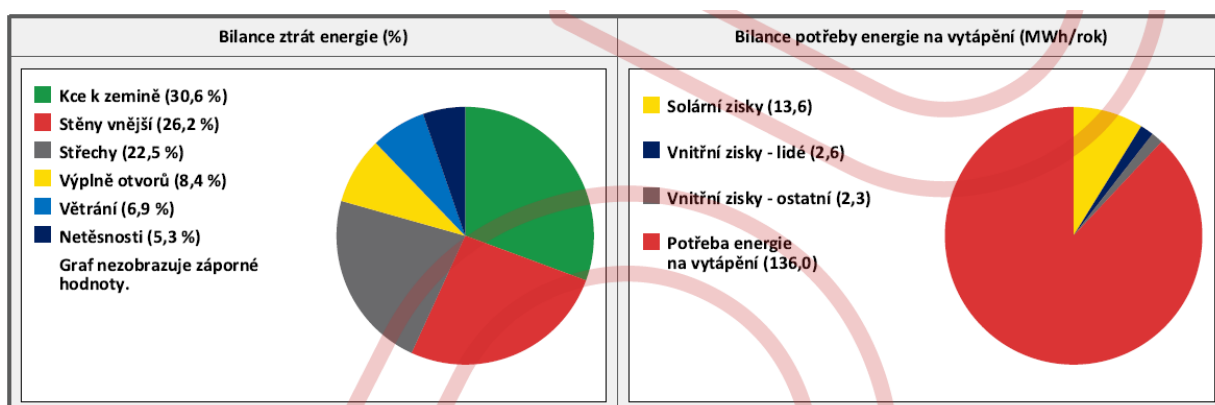
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů G
- Dodaná energie – zemní plyn 200,8 kWh (98 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 3,8 kWh (2 %)
- Celková dodaná energie 204,7 MWh/rok  
372 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 210,8 MWh/rok  
383 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,74 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 109 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 94 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,28 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 16 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 16 - Dům 6 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 150 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Zateplení střechy a stropu v podkroví minerální vlnou. Byla navržena výměna oken, vchodových dveří i garážových vrat. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.



### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,19 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,18 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

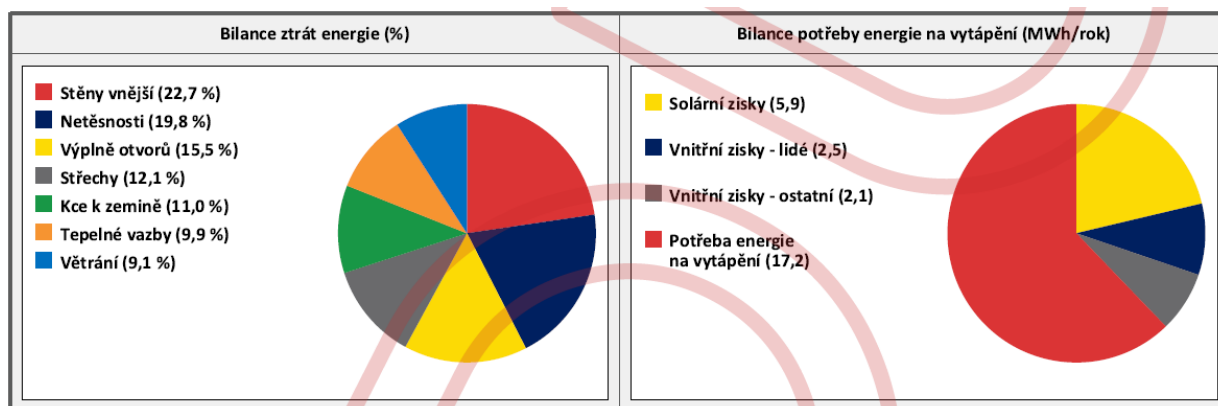
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů C
- Dodaná energie – zemní plyn 37,7 kWh (88 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 5,2 kWh (12 %)
- Celková dodaná energie 42,9 MWh/rok  
78 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 51,2 MWh/rok  
93 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 104 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 94 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,28 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 17 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 17 - Dům 6 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků



## Dům číslo 7

- Adresa: Glinkova 1959/14
- Typ: Bytový dům



Obrázek 11 - Dům 7

### Základní údaje o objektu

Jedná se o třípatrový dům s obytným suterénem a s plochou střechou. Poslední patro je o třetinu menší a na zbylé ploše se nachází terasa. Na části suterénu se nachází garáž, která je vytápěna a je započítána do ostatních ploch. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- Zastavěná plocha 210 m<sup>2</sup>
- Počet podlaží S+3
- Podlahová plocha obytných částí domu 503 m<sup>2</sup>
- Podlahová plocha ostatních částí domu 116 m<sup>2</sup>
- Objem budovy 1 925 m<sup>3</sup>
- Energeticky vztažná plocha 770 m<sup>2</sup>
- Počet bytů 4
- Počet osob 17

### Původní stav

Tento dům prošel částečnou rekonstrukcí, byly vyměněna původní okna a vchodové dveře za plastová s izolačním dvojsklem a garážová vrata jsou úplně nová. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezatepleno, ale v nedávné době proběhla rekonstrukce terasy a střechy při které byly tyto konstrukce velmi dobře zatepleny. Podlaha v suterénu je původní betonová mazanina na hlíně.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 1,4 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 4,3 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/terasa 0,18 W/m<sup>2</sup>K

- Okna 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,1 W/m<sup>2</sup>K

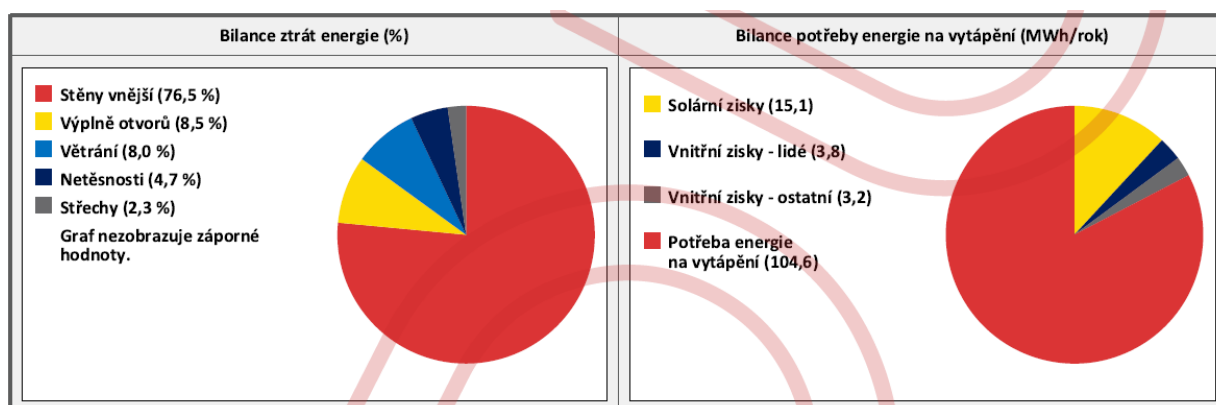
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů F
- Dodaná energie – zemní plyn 154 kWh (97 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 4,5 kWh (3 %)
- Celková dodaná energie 158,5 MWh/rok  
206 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 165,7 MWh/rok  
215 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,22 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 76 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 67 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,28 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 18 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 18 - Dům 7 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Byla navržena výměna oken a vchodových. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,18 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,1 W/m<sup>2</sup>K

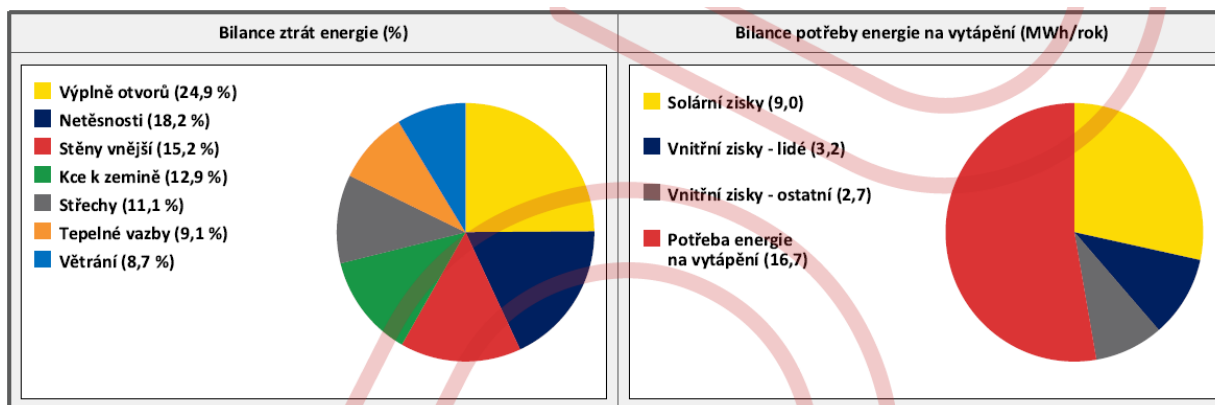
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 37,1 kWh (86 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 5,9 kWh (14 %)
- Celková dodaná energie 43,0 MWh/rok  
56 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 52,4 MWh/rok  
68 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 78 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 72 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,30 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 19 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 19 - Dům 7 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Dům číslo 8

- Adresa: Glinkova 1972/16
- Typ: Rodinný dvojdom



Obrázek 12 - Dům 8

## Základní údaje o objektu

Jedná se levou část dvoupatrového dvojdomku s vytápěným suterénem a podkrovím. V podkroví si nachází jedna velká obytná místnost a sklad (půda). Na části suterénu se nachází garáž, která je vytápěna a je započítána do ostatních ploch. Budova byla postavena mezi roky 1945-1950.

• Zastavěná plocha	90 m <sup>2</sup>
• Počet podlaží	S+2+P
• Podlahová plocha obytných částí domu	193 m <sup>2</sup>
• Podlahová plocha ostatních částí domu	68 m <sup>2</sup>
• Objem budovy	975 m <sup>3</sup>
• Energeticky vztažná plocha	330 m <sup>2</sup>
• Počet bytů	1
• Počet osob	5

## Původní stav

Tento dům je v téměř původním stavu, byly pouze vyměněny vchodové dveře a garážové vrata. Dále byla zateplena část střechy 50 mm minerální vlny. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezatepleno. Podlaha v suterénu je původní betonová.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

• Obvodová stěna	1,4 W/m <sup>2</sup> K
• Stěna k zemině	1,4 W/m <sup>2</sup> K
• Podlaha v suterénu	4,3 W/m <sup>2</sup> K
• Střecha/ strop k půdě	1,2 W/m <sup>2</sup> K
• Okna	2,4 W/m <sup>2</sup> K
• Vchodové dveře	1,85 W/m <sup>2</sup> K
• Garážová vrata	2,1 W/m <sup>2</sup> K

### Výsledky výpočtu:

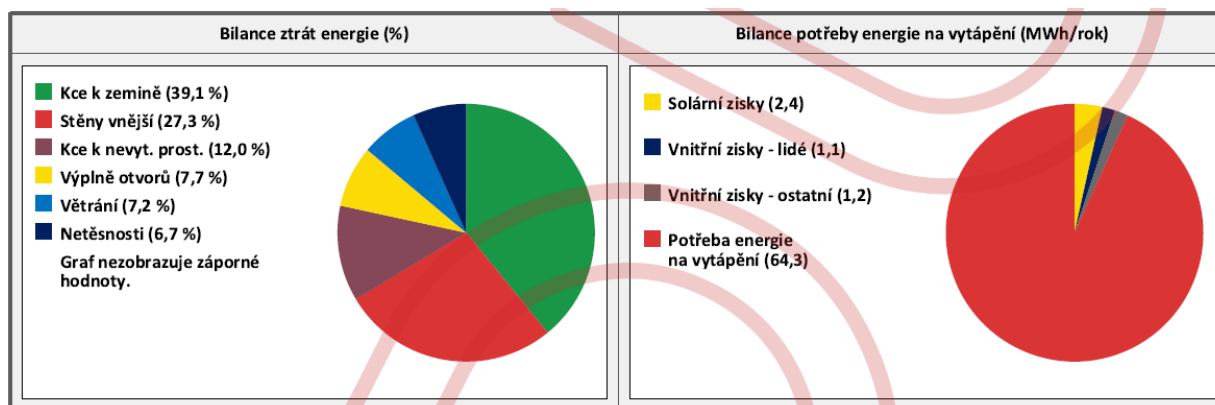
- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů G

- Dodaná energie – zemní plyn 94,7 kWh (97 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 3,0 kWh (3 %)
- Celková dodaná energie 97,7 MWh/rok  
296 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 102,5 MWh/rok  
311 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,52 W/m<sup>2</sup>.K

#### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 91 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 75 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 20 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 20 - Dům 8 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

#### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení celé střechy minerální vlnou v tloušťce 250 mm (200 mm mezi krokvemi a 50 mm v podhledu), zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Byla navržena výměna oken, vchodových dveří a garážových vrat. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

#### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K

- Střecha/strop k půdě 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,1 W/m<sup>2</sup>K

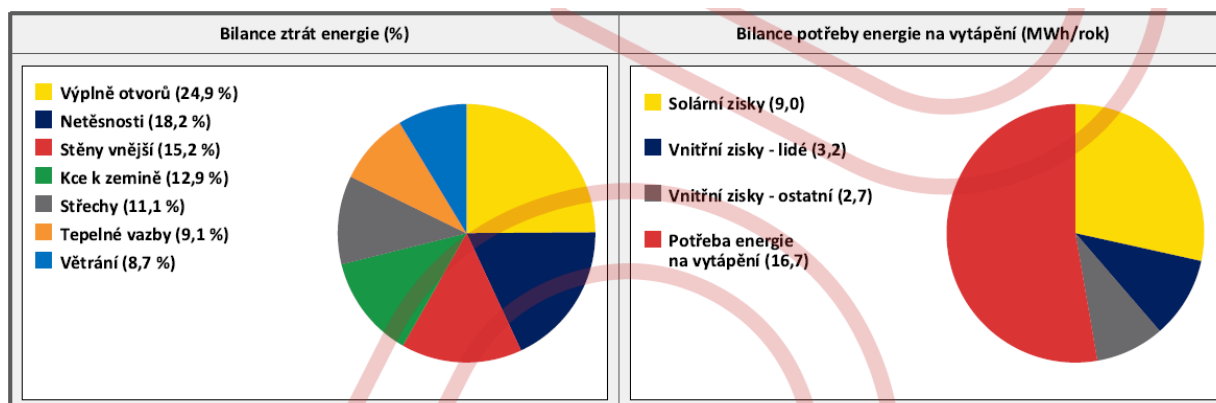
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů C
- Dodaná energie – zemní plyn 17,5 kWh (84 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 3,2 kWh (14 %)
- Celková dodaná energie 20,7 MWh/rok  
63 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 25,9 MWh/rok  
78 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,24 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 83 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 73 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 21 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 21 - Dům 8 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

Tento dům ovšem stále z hlediska zadání práce, a tedy požadavků na budovy s téměř nulovou spotřebou energie nevyhoví. Nesplňuje totiž požadavek na primární energii z neobnovitelných zdrojů, kde je pro rodinné domy požadavek na 25% snížení. Obálka budova je však již na velmi vysoké úrovni a energeticky je na tom dům také velmi dobře. Na straně ztrát už by se dala energie uspořit například využitím úspornější a efektivnější rekuperační jednotky. Jelikož budu v závěru této práce navrhovat solární elektrárnu, je vhodné zahrnout do výpočtu i elektrickou energii vyrobenou tímto domem a snížit tak množství dodané primární energie. Na střechu



budovy může být umístěna solární elektrárna o ploše 20 m<sup>2</sup>. Po započítání elektrické energie ze solárních panelů již dům vyhovuje ve všech třech požadavcích, kde se primární energii z neobnovitelných zdrojů se níží na 42 kWh/m<sup>2</sup>.rok a tím se dostane do kategorie A. Součástí přílohy je energetický průkaz s využitím solárních panelů.

## Dům číslo 9

- Adresa: Glinkova 1972/18
- Typ: Rodinný dvojdům



Obrázek 13 - Dům 9

## Základní údaje o objektu

Jedná se pravou část dvoupatrového dvojdому s vytápěným suterénem a podkrovím. V podkroví se nachází několik obytných místností. Na části suterénu se nachází garáž, která je vytápěna a je započítána do ostatních ploch. Budova byla postavena mezi roky 1945-1950.

- |   |                    |
|---|--------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 90 m <sup>2</sup>  |
| • Počet podlaží                         | S+2+P              |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 193 m <sup>2</sup> |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 68 m <sup>2</sup>  |
| • Objem budovy                          | 975 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 330 m <sup>2</sup> |
| • Počet bytů                            | 1                  |
| • Počet osob                            | 5                  |

## Původní stav

Tato část domu již prošla částečnou rekonstrukcí. Byly vyměněny okna, vchodové dveře i garážové vrata. Dále byla zateplena střecha minerální vlnou a zdivo z CPP v šířce 450 mm je zatepleno 100 mm fasádního EPS. Podlaha v suterénu je původní betonová, stěna k zemině nezateplená.



### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,3 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 1,4 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 4,3 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/ strop k půdě 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,85 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 2,1 W/m<sup>2</sup>K

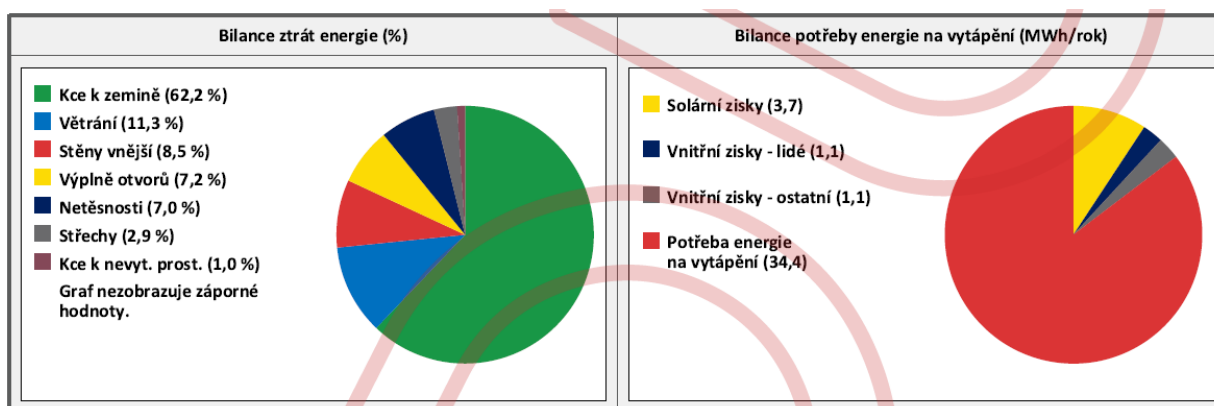
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů F
- Dodaná energie – zemní plyn 52,8 kWh (95 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 2,6 kWh (5 %)
- Celková dodaná energie 55,5 MWh/rok  
168 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 59,7 MWh/rok  
181 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,79 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 81 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 68 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 22 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 22 - Dům 9 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo odstranění původního zateplení a zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu

polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Byla navržena výměna vchodových dveří a garážových vrat. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

#### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,1 W/m<sup>2</sup>K

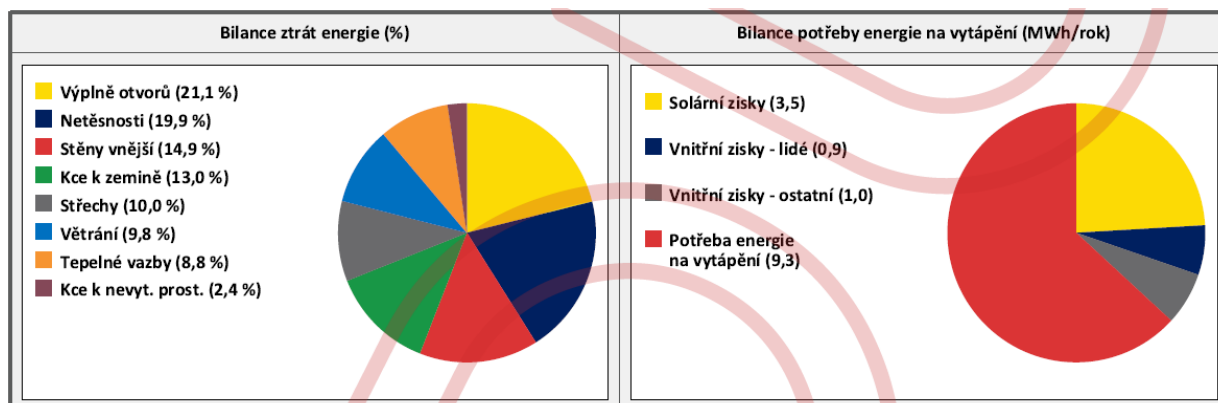
#### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů C
- Dodaná energie – zemní plyn 17,6 kWh (85 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 3,2 kWh (15 %)
- Celková dodaná energie 20,7 MWh/rok  
63 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 25,8 MWh/rok  
78 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

#### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 81 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 71 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 23 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 23 - Dům 9 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

Tento dům ovšem stále z hlediska zadání práce, a tedy požadavků na budovy s téměř nulovou spotřebou energie nevyhoví. Nesplňuje totiž požadavek na primární energii z neobnovitelných zdrojů, kde je pro rodinné domy požadavek na 25% snížení. Obálka budova je však již na velmi

vysoké úrovni a energeticky je na tom dům také velmi dobře. Na straně ztrát už by se dala energie uspořit například využitím úspornější a efektivnější rekuperační jednotky. Jelikož budu v závěru této práce navrhovat solární elektrárnu, je vhodné zahrnout do výpočtu i elektrickou energii vyrobenou tímto domem a snížit tak množství dodané primární energie. Na střechu budovy může být umístěna solární elektrárna o ploše 8 m<sup>2</sup>. Po započítání elektrické energie ze solárních panelů již dům vyhovuje ve všech třech požadavcích, kde se primární energii z neobnovitelných zdrojů se níží na 64 kWh/m<sup>2</sup>.rok a tím se dostane do kategorie B. Součástí přílohy je energetický průkaz s využitím solárních panelů.

## Dům číslo 10

- Adresa: Velvarská 1646/19
- Typ: Bytový dům



Obrázek 14 - Dům 10

## Základní údaje o objektu

Jedná se třípatrový bytový dům s vytápěným suterénem a obytným podkrovím. V podkroví se nachází několik bytových jednotek. Na části suterénu se nachází garáže. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 365 m <sup>2</sup>   |
| • Počet podlaží                         | S+3+P                |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 1 081 m <sup>2</sup> |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 197 m <sup>2</sup>   |
| • Objem budovy                          | 4 934 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 1 618 m <sup>2</sup> |
| • Počet bytů                            | 20                   |
| • Počet osob                            | 36                   |

## Původní stav

Tento dům již prošel částečnou rekonstrukcí. Byly vyměněny okna a vchodové dveře. Dále byla zateplena střecha a strop pod zbylou půdou při realizaci půdních vestaveb minerální vlnou. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezateplené. Podlaha v suterénu je původní betonová, stěna k zemině nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 1,4 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 4,3 W/m<sup>2</sup>K
- Strop suterén 2,1 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna suterén – vnitřní 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 0,19 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,5 W/m<sup>2</sup>K

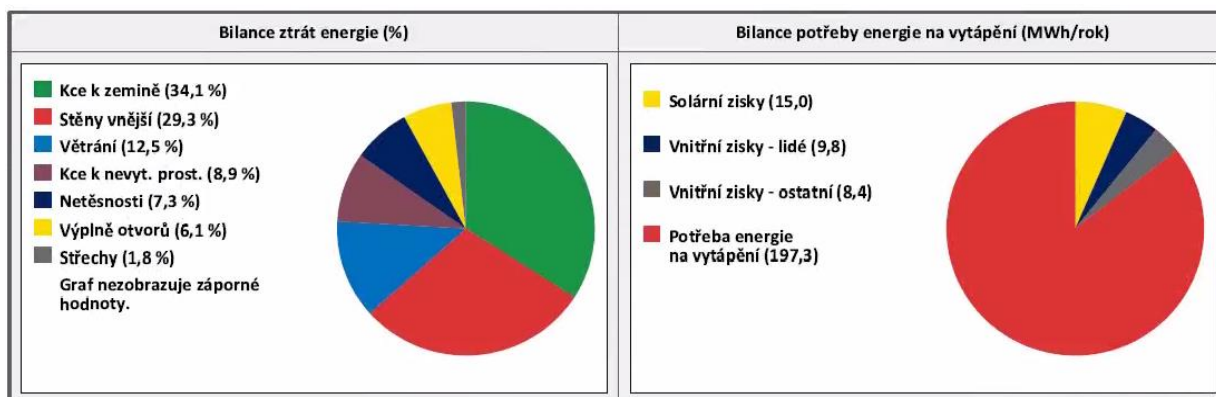
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů F
- Dodaná energie – zemní plyn 305,5 kWh (98 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 7,3 kWh (2 %)
- Celková dodaná energie 312,7 MWh/rok  
193 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 324,4 MWh/rok  
200 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,08 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 87 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 75 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,28 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 24 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 24 - Dům 10 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Dále bylo v nevytápěné části suterénu navrženo zateplení stěn a stropu k vytápěnému prostoru BASF EPS 100 NEO 60 mm. Byla navržena výměna oken. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Strop suterén 0,42 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna suterén – vnitřní 0,39 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 0,19 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,5 W/m<sup>2</sup>K

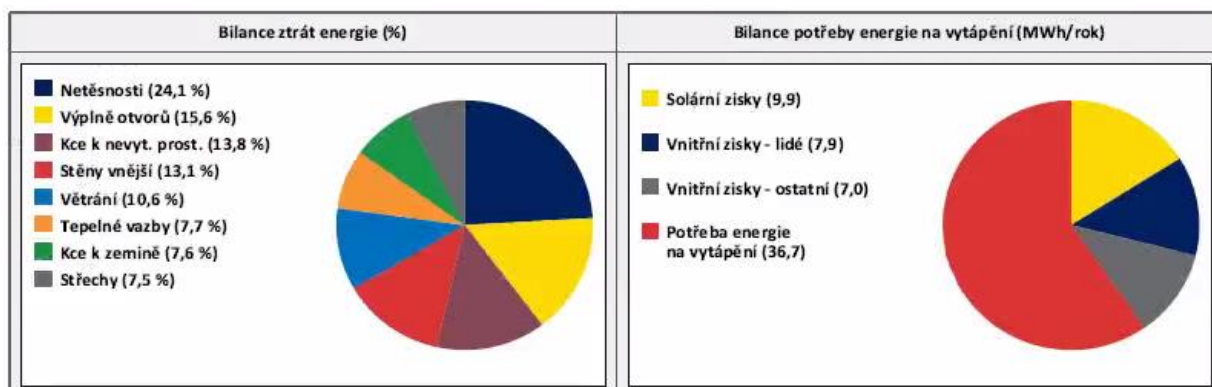
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 85,0 kWh (88 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 11,9 kWh (12 %)
- Celková dodaná energie 97,0 MWh/rok  
60 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 116,0 MWh/rok  
72 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,26 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 86 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 78 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,28 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 25 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 25 - Dům 10 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 11

- Adresa: Velvarská 1647/17
- Typ: Bytový dům



Obrázek 15 - Dům 11

## Základní údaje o objektu

Jedná se třípatrový bytový dům s obytným suterénem. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- Zastavěná plocha 240 m<sup>2</sup>
- Počet podlaží S+3
- Podlahová plocha obytných částí domu 645 m<sup>2</sup>
- Podlahová plocha ostatních částí domu 121 m<sup>2</sup>
- Objem budovy 2928 m<sup>3</sup>
- Energeticky vztažná plocha 960 m<sup>2</sup>
- Počet bytů 8
- Počet osob 22

## Původní stav

Tento dům je v téměř původním stavu. Pouze byla vyměněna okna. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezateplené. Podlaha v suterénu je původní betonová, stěna k zemině nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 1,0 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 4,3 W/m<sup>2</sup>K
- Strop k podkroví 1,8 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 2,8 W/m<sup>2</sup>K

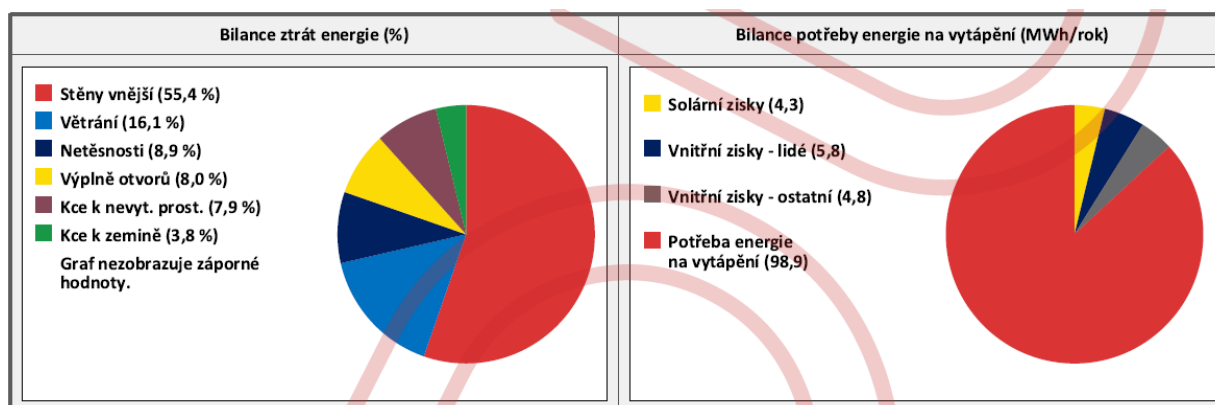
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů F
- Dodaná energie – zemní plyn 197,3 kWh (97 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 6,6 kWh (3 %)
- Celková dodaná energie 203,9 MWh/rok  
212 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 214,5 MWh/rok  
223 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,28 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 84 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 75 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,24 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 26 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 26 - Dům 11 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Dále navrženo zateplení stropu k podkrovnímu



prostoru minerální vlnou v tloušťce 250 mm. Byla navržena výměna oken a vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

#### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Strop k podkroví 0,18 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

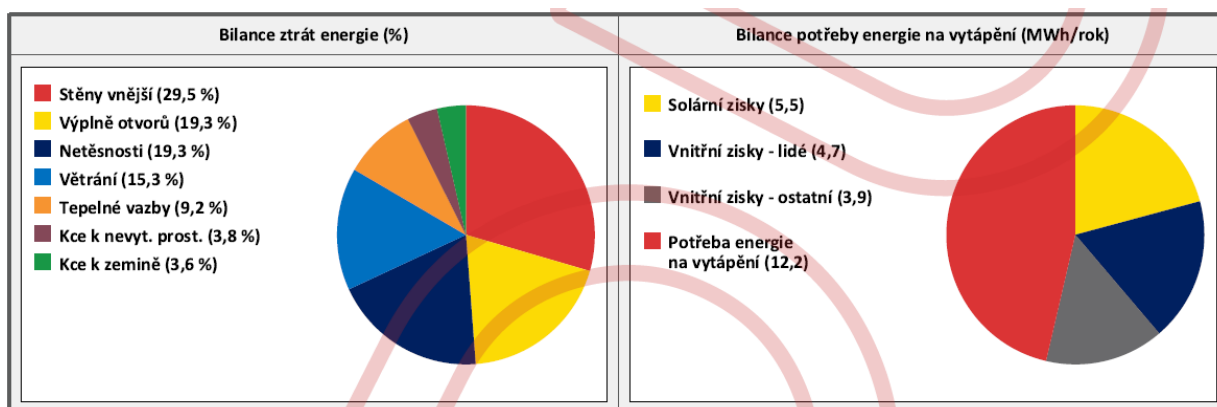
#### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 34,8 kWh (80 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 8,5 kWh (20 %)
- Celková dodaná energie 43,2 MWh/rok  
45 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 56,8 MWh/rok  
59 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,21 W/m<sup>2</sup>.K

#### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 70 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 67 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,23 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 27 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 27 - Dům 11 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 12

- Adresa: Velvarská 1648/15
- Typ: Bytový dům



Obrázek 16 - Dům 12

### Základní údaje o objektu

Jedná se třípatrový bytový dům s vytápěným suterénem a obytným podkrovím. V podkroví se nachází jedna bytová jednotka. Na části suterénu se nachází garáže. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 240 m <sup>2</sup>   |
| • Počet podlaží                         | S+3+P                |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 644 m <sup>2</sup>   |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 147 m <sup>2</sup>   |
| • Objem budovy                          | 2 991 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 990 m <sup>2</sup>   |
| • Počet bytů                            | 8                    |
| • Počet osob                            | 21                   |

### Původní stav

Tento dům již prošel částečnou rekonstrukcí. Byla vyměněna okna a vchodové dveře. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je zatepleno 100 mm fasádního EPS. Dále byla zateplena střecha a strop pod zbylou půdou při realizaci půdních vestaveb minerální vlnou. Podlaha v suterénu je původní betonová.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| • Obvodová stěna     | 0,55 W/m <sup>2</sup> K |
| • Podlaha v suterénu | 4,3 W/m <sup>2</sup> K  |
| • Strop suterén      | 3,4 W/m <sup>2</sup> K  |

- Stěna suterén – vnitřní 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,9 W/m<sup>2</sup>K

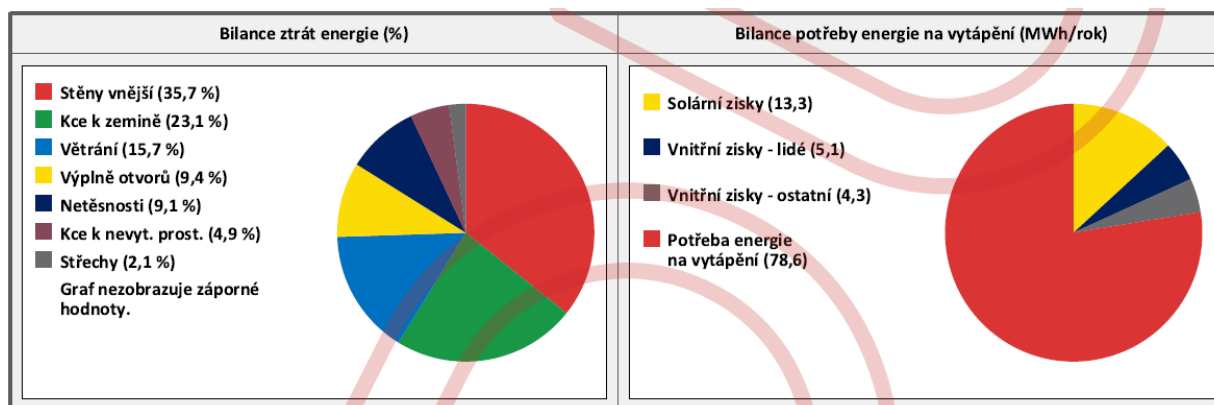
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů E
- Dodaná energie – zemní plyn 133,4 kWh (96 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 5,2 kWh (4 %)
- Celková dodaná energie 138,6 MWh/rok  
140 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 147,0 MWh/rok  
148 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,83 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 80 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 70 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,3 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 28 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 28 - Dům 12 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo odstranění původního zateplení a zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Dále bylo v nevytápěné části suterénu navrženo zateplení stěn BASF EPS 100 NEO 100 mm a stropu

k vytápěnému prostoru BASF EPS 100 NEO 120 mm. Byla navržena výměna vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

#### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Strop suterén 0,23 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna suterén – vnitřní 0,26 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,1 W/m<sup>2</sup>K

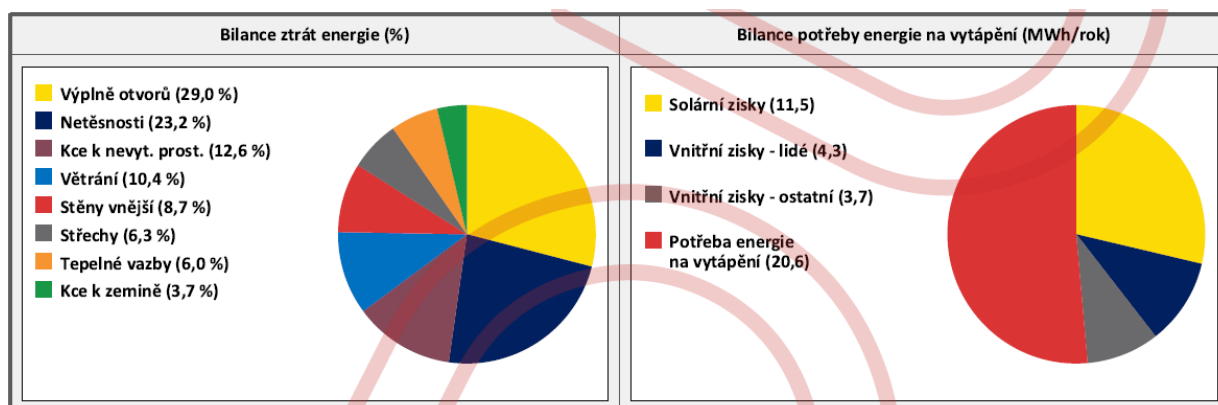
#### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 52,1 kWh (87 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 7,8 kWh (13 %)
- Celková dodaná energie 59,8 MWh/rok  
60 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 72,3 MWh/rok  
73 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,31 W/m<sup>2</sup>.K

#### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 82 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 75 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,31 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 29 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 29 - Dům 12 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 13

- Adresa: Velvarská 1649/13
- Typ: Bytový dům



Obrázek 17 - Dům 13

### Základní údaje o objektu

Jedná se třípatrový bytový dům s vytápěným suterénem a obytným podkrovím. V podkroví se nachází několik bytových jednotek. Na části suterénu se nachází garáž, která je vytápěna a je započítána do ostatních ploch. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- Zastavěná plocha 280 m<sup>2</sup>
- Počet podlaží S+3+P
- Podlahová plocha obytných částí domu 843 m<sup>2</sup>
- Podlahová plocha ostatních částí domu 96 m<sup>2</sup>
- Objem budovy 3 986 m<sup>3</sup>
- Energeticky vztažná plocha 1 310 m<sup>2</sup>
- Počet bytů 13
- Počet osob 28

### Původní stav

Tento dům je v téměř původním stavu. Pouze byla zateplena střecha a strop pod zbylou půdou při realizaci půdních vestaveb minerální vlnou a vyměněny vchodové dveře. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezateplené. Podlaha v suterénu je původní betonová, stěna k zemině nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 1,4 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 1,4 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 4,1 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,8 W/m<sup>2</sup>K

- Strop podkroví 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 2,4 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 3,5 W/m<sup>2</sup>K

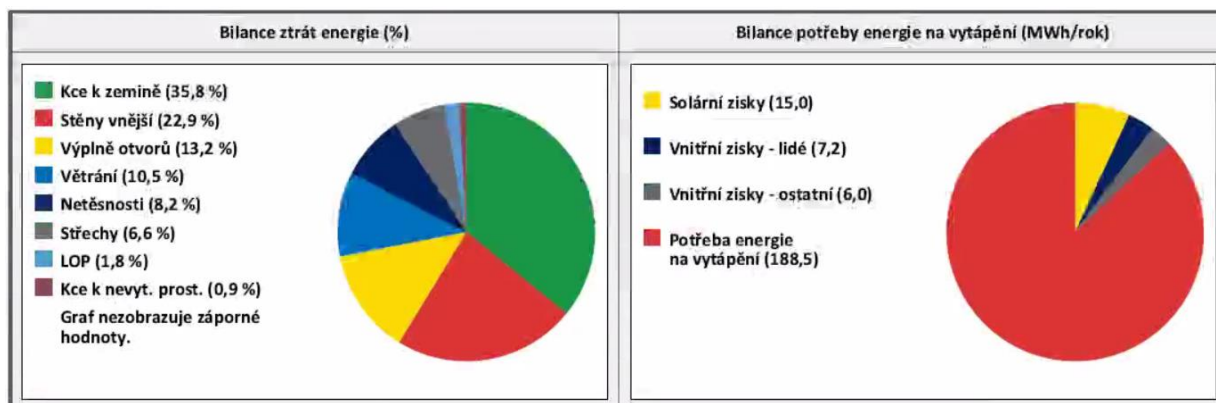
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů G
- Dodaná energie – zemní plyn 289 kWh (98 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 5,0 kWh (2 %)
- Celková dodaná energie 294,1 MWh/rok  
224 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 302,1 MWh/rok  
231 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,43 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 86 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 73 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,31 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 30 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 30 - Dům 13 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 150 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 100 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Dále bylo navrženo dodatečné zateplení střechy minerální vlnou. Byla navržena výměna oken a vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.



### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,27 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,4 W/m<sup>2</sup>K

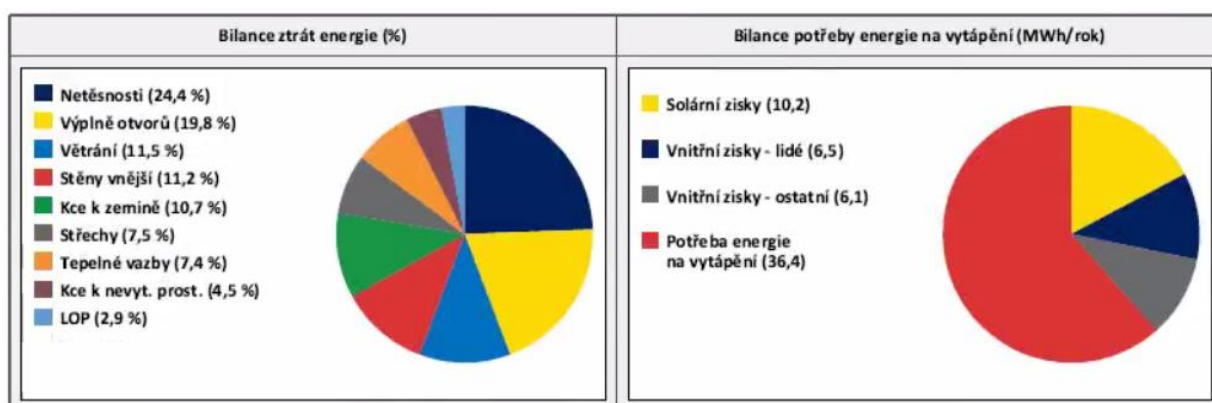
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 68,5 kWh (89 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 8,7 kWh (11 %)
- Celková dodaná energie 77,2 MWh/rok  
59 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 91,1 MWh/rok  
70 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,29 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 80 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 73 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,31 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 31 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 31 - Dům 13 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků



## Dům číslo 14

- Adresa: Velvarská 1650/11
- Typ: Bytový dům



Obrázek 18 - Dům 14

### Základní údaje o objektu

Jedná se bytový dům, který je v jedné části třípatrový s obytným podkrovím a v suterénu se nachází garáže, a v druhé části čtyřpatrový s vytápěným suterémem a obytným podkrovím. V podkroví se nachází několik bytových jednotek. Budova byla postavena mezi roky 1945-1950.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Zastavěná plocha                      | 340 m <sup>2</sup>   |
| • Počet podlaží                         | S+4+P                |
| • Podlahová plocha obytných částí domu  | 1 094 m <sup>2</sup> |
| • Podlahová plocha ostatních částí domu | 305 m <sup>2</sup>   |
| • Objem budovy                          | 5 072 m <sup>3</sup> |
| • Energeticky vztažná plocha            | 1 749 m <sup>2</sup> |
| • Počet bytů                            | 21                   |
| • Počet osob                            | 36                   |

### Původní stav

Tento dům je v téměř původním stavu. Pouze byla zateplena střecha a strop pod zbylou půdou při realizaci půdních vestaveb minerální vlnou a vyměněna okna a vchodové dveře. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezateplené. Podlaha v suterénu je původní betonová, stěna k zemině nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- |                  |                        |
|------------------|------------------------|
| • Obvodová stěna | 1,4 W/m <sup>2</sup> K |
| • Stěna k zemině | 1,4 W/m <sup>2</sup> K |

- Podlaha v suterénu 4,3 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna ke garážím 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Strop garáže 2,1 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 1,5 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,5 W/m<sup>2</sup>K

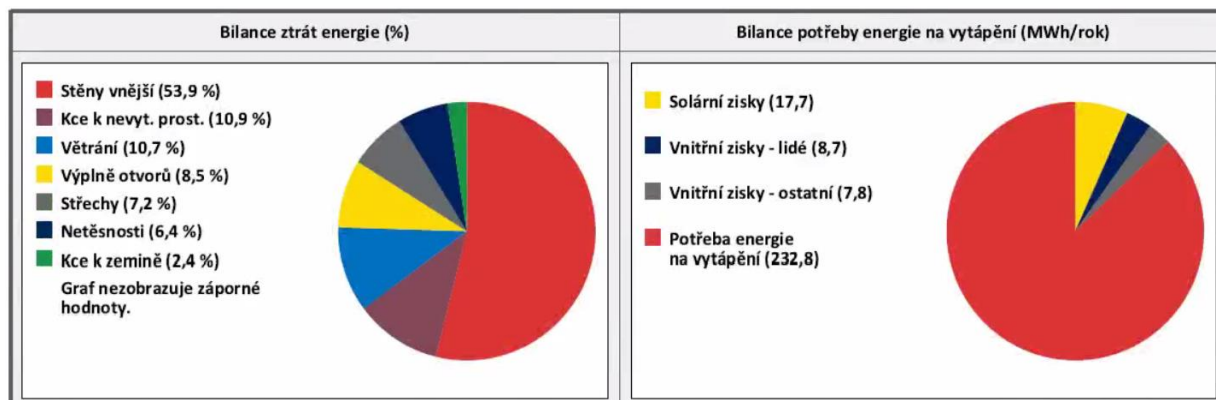
### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů F
- Dodaná energie – zemní plyn 345,5 kWh (98 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 7,6 kWh (2 %)
- Celková dodaná energie 353,1 MWh/rok  
202 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 365,2 MWh/rok  
209 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 1,42 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 80 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 69 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,29 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 32 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 32 - Dům 14 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Dále bylo v nevytápěné části suterénu navrženo zateplení stěn a stropu k vytápěnému prostoru BASF EPS 100 NEO 60 mm. Střecha a strop

v podkroví byly zatepleny minerální vlnou. Byla navržena výměna oken. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

#### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna ke garážím 0,36 W/m<sup>2</sup>K
- Strop garáže 0,42 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,18 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,5 W/m<sup>2</sup>K

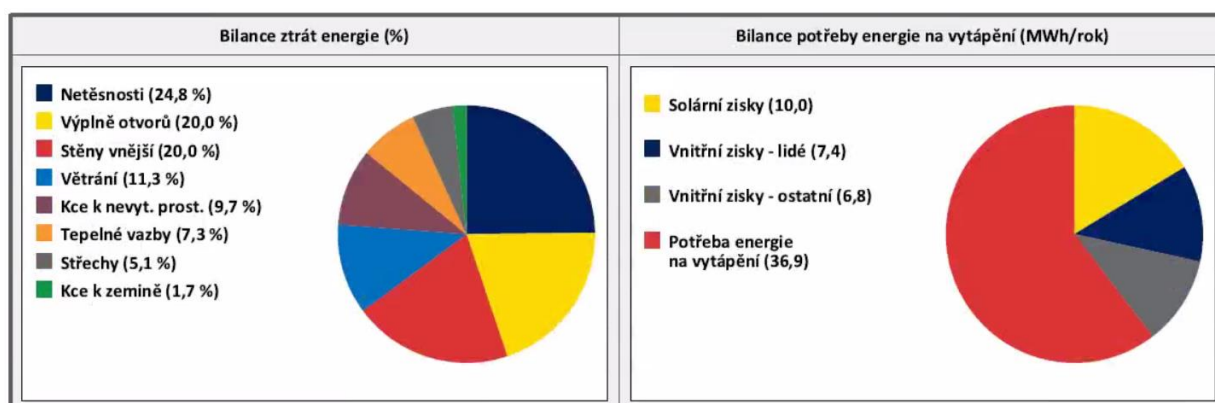
#### Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 85,1 kWh (88 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 12 kWh (12 %)
- Celková dodaná energie 97,1 MWh/rok  
56 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 116,4 MWh/rok  
67 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K

#### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 79 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 72 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,29 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 33 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 33 - Dům 14 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 15

- Adresa: Velvarská 1651/9
- Typ: Bytový dům



Obrázek 19 - Dům 15

### Základní údaje o objektu

Jedná se o třípatrový bytový dům s obytným podkrovím. V podkroví se nachází několik bytových jednotek. V suterénu se nachází garáž a další nevytápěné prostory. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

- Zastavěná plocha 240 m<sup>2</sup>
- Počet podlaží 3+P
- Podlahová plocha obytných částí domu 652 m<sup>2</sup>
- Podlahová plocha ostatních částí domu 114 m<sup>2</sup>
- Objem budovy 2 867 m<sup>3</sup>
- Energeticky vztažná plocha 940 m<sup>2</sup>
- Počet bytů 8
- Počet osob 22

### Původní stav

Dům je po částečné rekonstrukci, kdy byla zateplena střecha a strop pod zbylou půdou při realizaci půdních vestaveb minerální vlnou a vyměněna okna s izolační trojsklem a vchodové dveře. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je nezateplené. Podlaha nad suterénem je původní nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Strop suterén 2,1 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

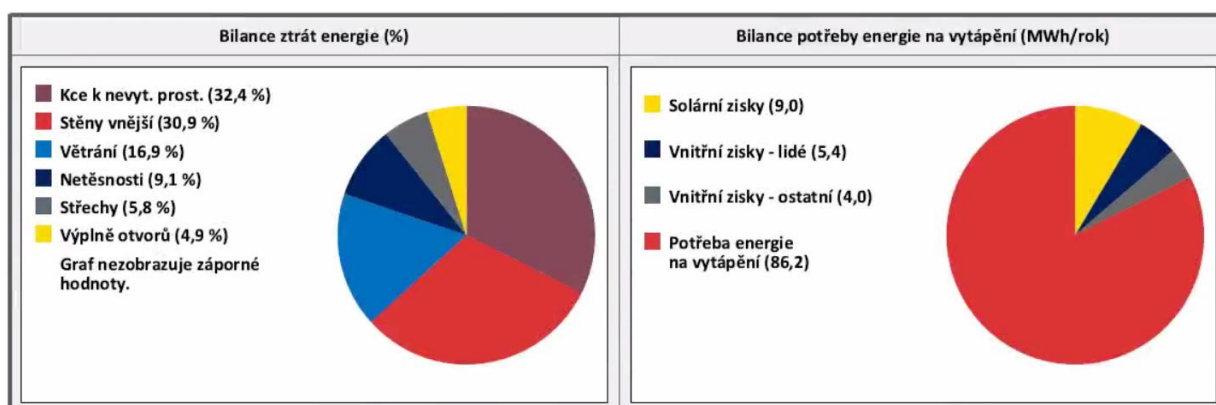
## Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů E
- Dodaná energie – zemní plyn 140,3 kWh (96 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 5,3 kWh (2 %)
- Celková dodaná energie 145,6 MWh/rok  
155 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 154,1 MWh/rok  
164 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,83 W/m<sup>2</sup>.K

## Referenční budova:

- Celková dodaná energie 92 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 81 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,28 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 34 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 34 - Dům 15 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm. Dále bylo navrženo zateplení stropu v suterénu k vytápěnému prostoru BASF EPS 100 NEO 100 mm. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

## Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Strop suterén 0,27 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

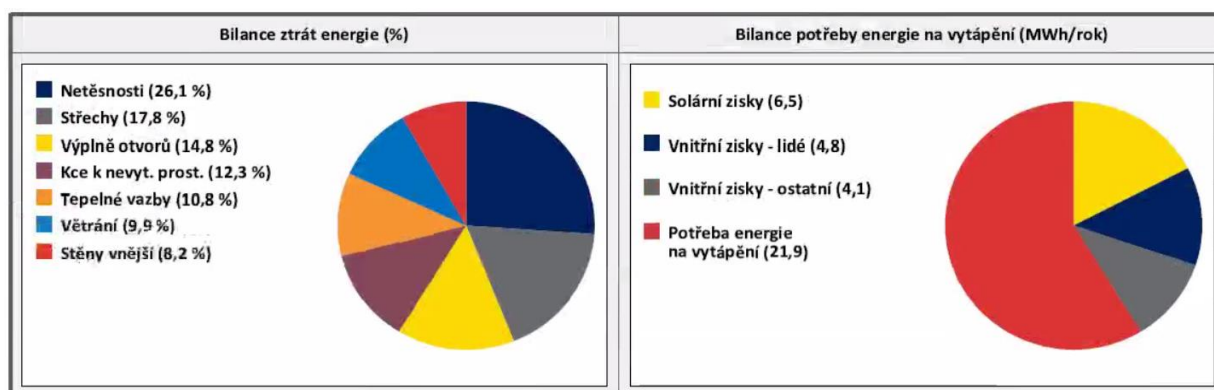
## Výsledky výpočtu:

- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 56,6 kWh (88 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 8 kWh (12 %)
- Celková dodaná energie 64,6 MWh/rok  
69 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 77,4 MWh/rok  
82 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,30 W/m<sup>2</sup>.K

## Referenční budova:

- Celková dodaná energie 92 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 88 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,32 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 35 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 35 - Dům 15 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 16

- Adresa: Velvarská 1652/7
- Typ: Kancelářská budova



Obrázek 20 - Dům 16



## Základní údaje o objektu

Jedná se o třípatrový původně bytový dům s vytápěným suterénem a podkrovím. V objektu se nachází větší množství kanceláří, několik nahrávacích studií a velká zasedací/společenská místnost. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

• Zastavěná plocha	240 m <sup>2</sup>
• Počet podlaží	S+3+P
• Podlahová plocha obytných částí domu	738 m <sup>2</sup>
• Podlahová plocha ostatních částí domu	129 m <sup>2</sup>
• Objem budovy	3 416 m <sup>3</sup>
• Energeticky vztažná plocha	1 120 m <sup>2</sup>
• Počet bytů	1
• Počet osob	25

## Původní stav

Dům je po částečné rekonstrukci, kdy byla zateplena střecha, strop pod zbylou půdou a terasa při realizaci půdní přestavby minerální vlnou a EPS. Proběhla výměna oken a vchodových dveří. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je zateplené fasádním EPS. Podlaha v suterénu a stěna k zemině je původní nezateplená. Většina prostor v budově je strojně chlazená.

## Uvažované součinitele prostupu tepla:

• Obvodová stěna	0,25 W/m <sup>2</sup> K
• Stěna k zemině	1,0 W/m <sup>2</sup> K
• Terasa	0,18 W/m <sup>2</sup> K
• Podlaha v suterénu	4,3 W/m <sup>2</sup> K
• Střecha	0,25 W/m <sup>2</sup> K
• Strop podkroví	0,18 W/m <sup>2</sup> K
• Okna	1,05 W/m <sup>2</sup> K
• Vchodové dveře	1,2 W/m <sup>2</sup> K

## Výsledky výpočtu:

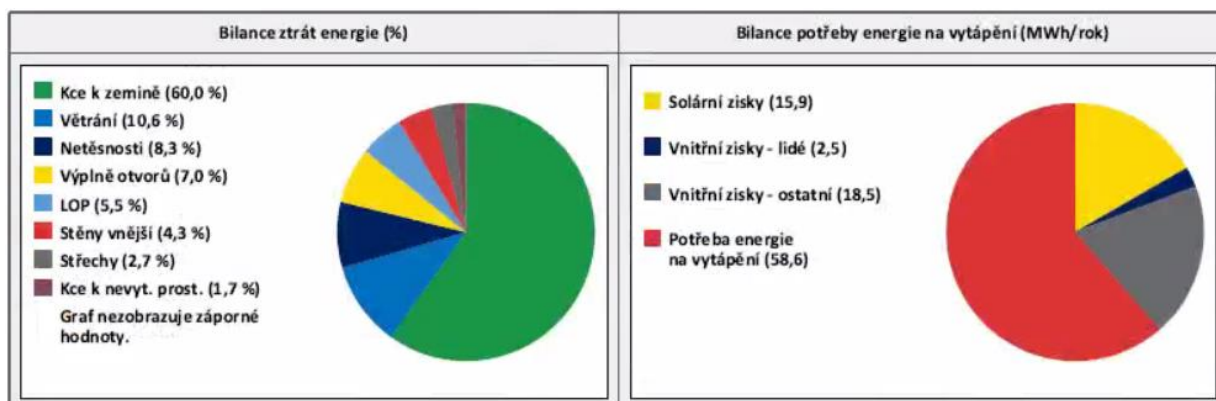
• Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů	F
• Dodaná energie – zemní plyn	90,4 kWh (83 %)
• Dodaná energie – elektrická energie	18,5 kWh (17 %)
• Celková dodaná energie	108,9 MWh/rok 97 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Primární energie z neobnovitelných zdrojů	138,5 MWh/rok 124 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Průměrný součinitel prostupu tepla	0,85 W/m <sup>2</sup> .K

## Referenční budova:

• Celková dodaná energie	43 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Primární energie z neobnovitelných zdrojů	60 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Průměrný součinitel prostupu tepla	0,34 W/m <sup>2</sup> .K



Na grafu 36 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 36 - Dům 16 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo odstranění původního zateplení a zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. V podkroví bylo navrženo dodatečné zateplení v podhledu pod střešou. Byla navržena výměna vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| • Obvodová stěna     | 0,15 W/m <sup>2</sup> K |
| • Stěna k zemině     | 0,20 W/m <sup>2</sup> K |
| • Terasa             | 0,18 W/m <sup>2</sup> K |
| • Podlaha v suterénu | 4,3 W/m <sup>2</sup> K  |
| • Střecha            | 0,22 W/m <sup>2</sup> K |
| • Strop podkroví     | 0,18 W/m <sup>2</sup> K |
| • Okna               | 1,05 W/m <sup>2</sup> K |
| • Vchodové dveře     | 0,9 W/m <sup>2</sup> K  |

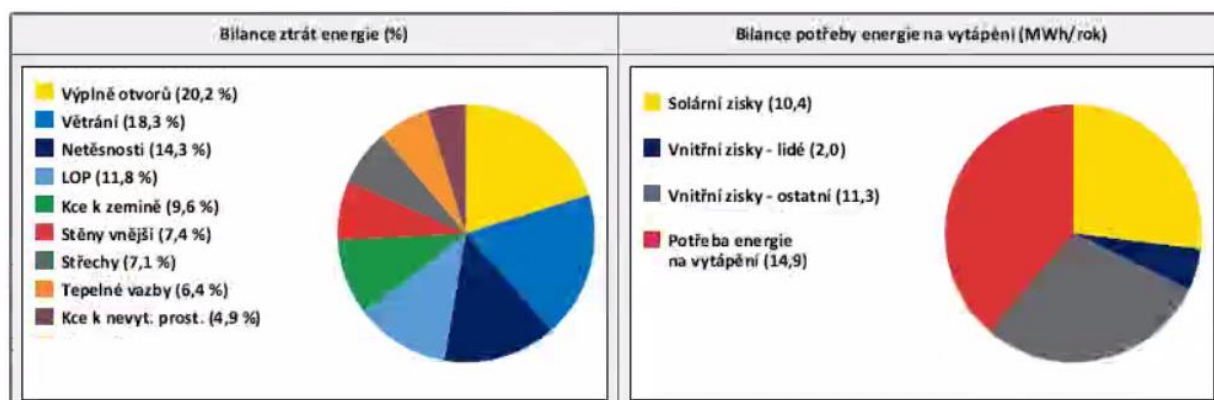
### Výsledky výpočtu:

- |  |  |
|--|--|
| • Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů | C  |
| • Dodaná energie – zemní plyn                                      | 27,4 kWh (68 %)                            |
| • Dodaná energie – elektrická energie                              | 12,7 kWh (32 %)                            |
| • Celková dodaná energie   | 40,0 MWh/rok<br>36 kWh/m <sup>2</sup> .rok |
| • Primární energie z neobnovitelných zdrojů                        | 60,3 MWh/rok<br>54 kWh/m <sup>2</sup> .rok |
| • Průměrný součinitel prostupu tepla                               | 0,33 W/m <sup>2</sup> .K                   |

## Referenční budova:

- Celková dodaná energie 39 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 58 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,34 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 37 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 37 - Dům 16 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Dům číslo 17

- Adresa: Velvarská 1653/5
- Typ: Bytový dům



Obrázek 21 - Dům 17

## Základní údaje o objektu

Jedná se třípatrový bytový dům s vytápěným suterénem a obytným podkrovím. V podkroví se nachází několik bytových jednotek. Na části suterénu se nachází garáž, která je vytápěna a je započítána do ostatních ploch. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

• Zastavěná plocha	340 m <sup>2</sup>
• Počet podlaží	S+3+P
• Podlahová plocha obytných částí domu	983 m <sup>2</sup>
• Podlahová plocha ostatních částí domu	312 m <sup>2</sup>
• Objem budovy	4 928 m <sup>3</sup>
• Energeticky vztažná plocha	1 620 m <sup>2</sup>
• Počet bytů	13
• Počet osob	33

## Původní stav

Tento dům již prošel částečnou renovací. Zdivo z CPP v šířce 450 mm je zateplené fasádním EPS 100 mm. Dále byla zateplena střecha a strop pod zbylou půdou při realizaci půdních vestaveb minerální vlnou a vyměněna okna a vchodové dveře za výplně s izolačním dvojsklem. Podlaha v suterénu je původní betonová, stěna k zemině nezateplená.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

• Obvodová stěna	0,29 W/m <sup>2</sup> K
• Stěna k zemině	1,1 W/m <sup>2</sup> K
• Podlaha v suterénu	4,1 W/m <sup>2</sup> K
• Střecha	1,1 W/m <sup>2</sup> K
• Strop podkroví	0,2 W/m <sup>2</sup> K
• Okna	1,6 W/m <sup>2</sup> K
• Vchodové dveře	1,8 W/m <sup>2</sup> K
• Garážová vrata	1,4 W/m <sup>2</sup> K

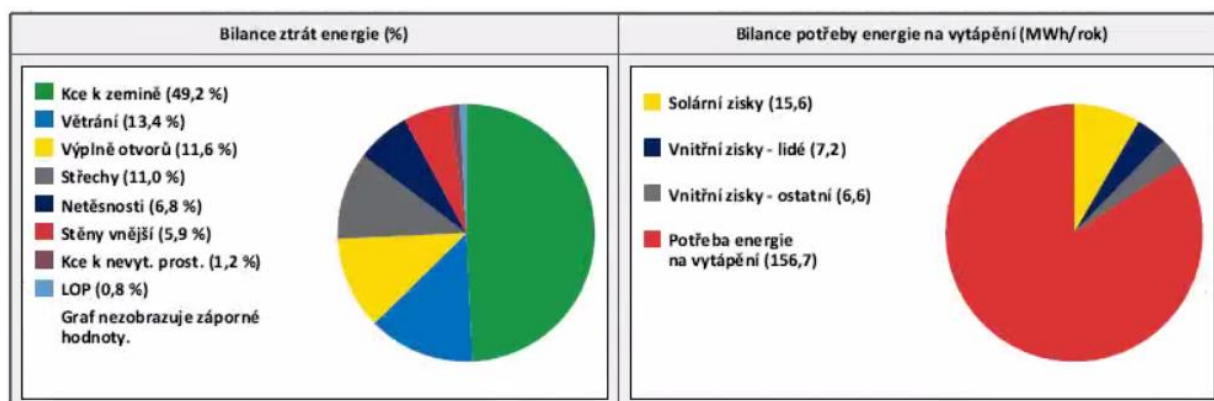
### Výsledky výpočtu:

• Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů	E
• Dodaná energie – zemní plyn	251,8 kWh (98 %)
• Dodaná energie – elektrická energie	6,9 kWh (2 %)
• Celková dodaná energie	258,7 MWh/rok 160 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Primární energie z neobnovitelných zdrojů	269,6 MWh/rok 166 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Průměrný součinitel prostupu tepla	1,01 W/m <sup>2</sup> .K

### Referenční budova:

• Celková dodaná energie	78 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Primární energie z neobnovitelných zdrojů	67 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Průměrný součinitel prostupu tepla	0,31 W/m <sup>2</sup> .K

Na grafu 38 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 38 - Dům 17 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo odstranění původního zateplení a zateplení obvodových stěn polystyrenem BASF EPS 70 NEO v tloušťce 200 mm, zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 150 mm, zateplení podlahy v suterénu polystyrenem Isover EPS 150 v tloušťce 150 mm a vytvoření těžké plovoucí podlahy. Byla navržena výměna oken, vchodových dveří a garážových vrat. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,19 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,25 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha 0,18 W/m<sup>2</sup>K
- Strop podkroví 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- Garážová vrata 1,5 W/m<sup>2</sup>K

### Výsledky výpočtu:

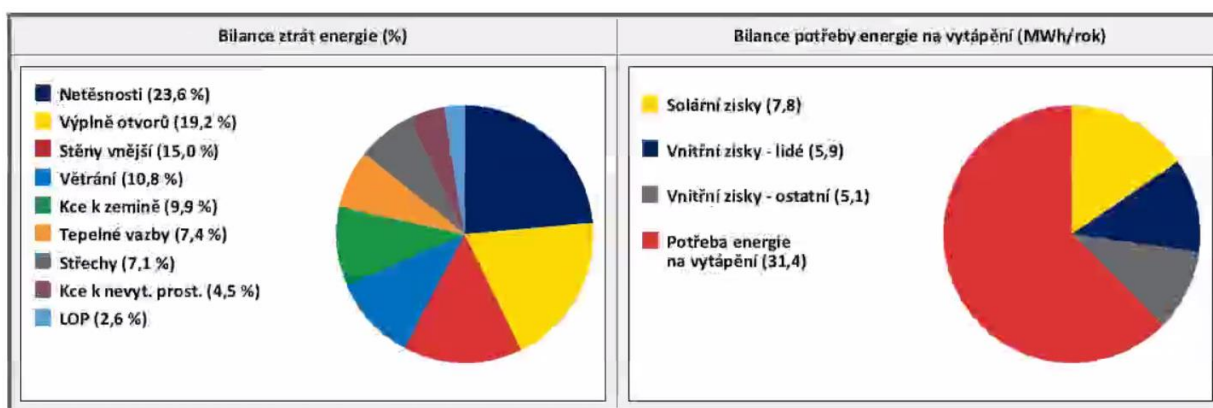
- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů B
- Dodaná energie – zemní plyn 68,5 kWh (89 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 8,7 kWh (11 %)
- Celková dodaná energie 77,2 MWh/rok  
59 kWh/m<sup>2</sup>.rok

- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 91,1 MWh/rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 70 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,29 W/m<sup>2</sup>.K

### Referenční budova:

- Celková dodaná energie 80 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 73 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,31 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 39 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 39 - Dům 17 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

### Dům číslo 18

- Adresa: Glinkova 1951/3
- Typ: Rodinný dům



Obrázek 22 - Dům 18

## Základní údaje o objektu

Jedná se dvoupatrový rodinný dům s obytným suterénem. V domě se nacházejí 2 samostatné bytové jednotky. Budova byla postavena mezi roky 1920-1940.

• Zastavěná plocha	160 m <sup>2</sup>
• Počet podlaží	S+2
• Podlahová plocha obytných částí domu	352 m <sup>2</sup>
• Objem budovy	1 447 m <sup>3</sup>
• Energeticky vztažná plocha	445 m <sup>2</sup>
• Počet bytů	2
• Počet osob	9

## Původní stav

Dům prošel v nedávné době rozsáhlou rekonstrukcí. Byla zateplena střecha minerální vlnou, zdivo z CPP v šířce 450 mm je zatepleno 160 mm fasádního EPS. Dále byla zateplena podlaha v suterénu. Jen stěna k zemině zůstala nezateplená. Byla vyměněna okna a vchodové dveře.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

• Obvodová stěna	0,2 W/m <sup>2</sup> K
• Stěna k zemině	1,3 W/m <sup>2</sup> K
• Podlaha v suterénu	0,21 W/m <sup>2</sup> K
• Střecha/ strop k půdě	0,18 W/m <sup>2</sup> K
• Okna	1,2 W/m <sup>2</sup> K
• Vchodové dveře	1,3 W/m <sup>2</sup> K

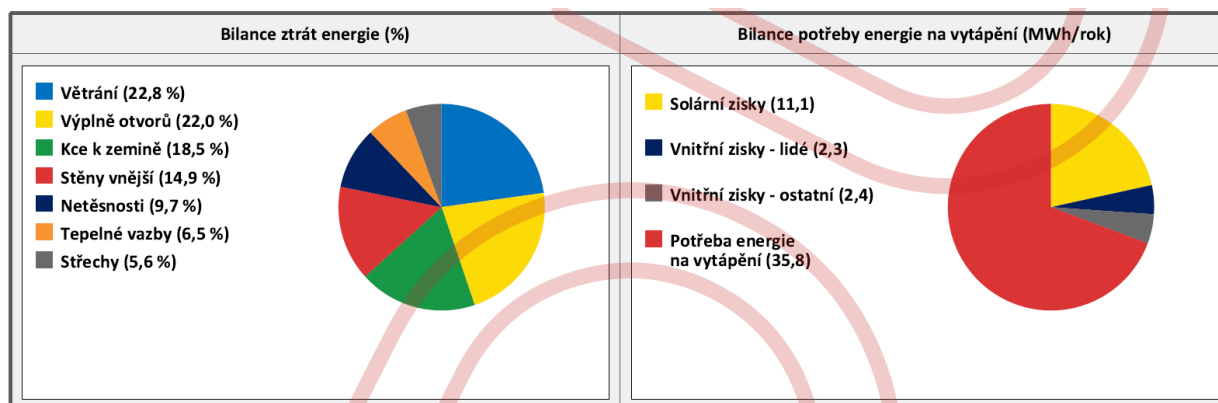
### Výsledky výpočtu:

• Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů	D
• Dodaná energie – zemní plyn	54,8 kWh (97 %)
• Dodaná energie – elektrická energie	1,8 kWh (3 %)
• Celková dodaná energie	56,7 MWh/rok 127 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Primární energie z neobnovitelných zdrojů	59,6 MWh/rok 134 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Průměrný součinitel prostupu tepla	0,39 W/m <sup>2</sup> .K

### Referenční budova:

• Celková dodaná energie	113 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Primární energie z neobnovitelných zdrojů	89 kWh/m <sup>2</sup> .rok
• Průměrný součinitel prostupu tepla	0,29 W/m <sup>2</sup> .K

Na grafu 40 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy.



Graf 40 - Dům 18 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

## Navrhovaný stav

V rámci energetické optimalizace, do stavu budovy s téměř nulovou spotřebou energie, bylo navrženo zateplení obvodových stěn k zemině extrudovaným polystyrenem BASF Styrodur 2000 v tloušťce 120 mm. Dále byla navržena výměna oken a vchodových dveří. U výplní otvorů bylo použito kvalitní izolační trojsklo a moderní vysoce izolační rámy. Dále bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s roční účinností 85 %.

### Uvažované součinitele prostupu tepla:

- Obvodová stěna 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Stěna k zemině 0,25 W/m<sup>2</sup>K
- Podlaha v suterénu 0,21 W/m<sup>2</sup>K
- Střecha/strop k půdě 0,18 W/m<sup>2</sup>K
- Okna 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Vchodové dveře 0,9 W/m<sup>2</sup>K

### Výsledky výpočtu:

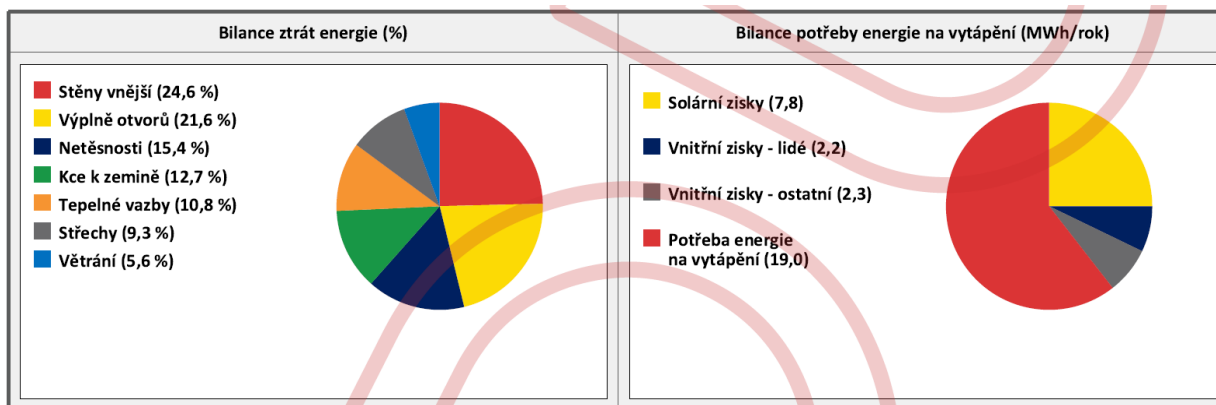
- Klasifikační třída dle primární energie z neobnovitelných zdrojů C
- Dodaná energie – zemní plyn 32,4 kWh (90 %)
- Dodaná energie – elektrická energie 3,6 kWh (10 %)
- Celková dodaná energie 36,0 MWh/rok  
81 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 41,7 MWh/rok  
94 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,27 W/m<sup>2</sup>.K



## Referenční budova:

- Celková dodaná energie 116 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Primární energie z neobnovitelných zdrojů 97 kWh/m<sup>2</sup>.rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla 0,29 W/m<sup>2</sup>.K

Na grafu 41 níže můžeme vidět vlevo rozložení tepelných ztrát a vpravo rozložení tepelných zisků této budovy po energetické optimalizaci.



Graf 41 - Dům 18 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků

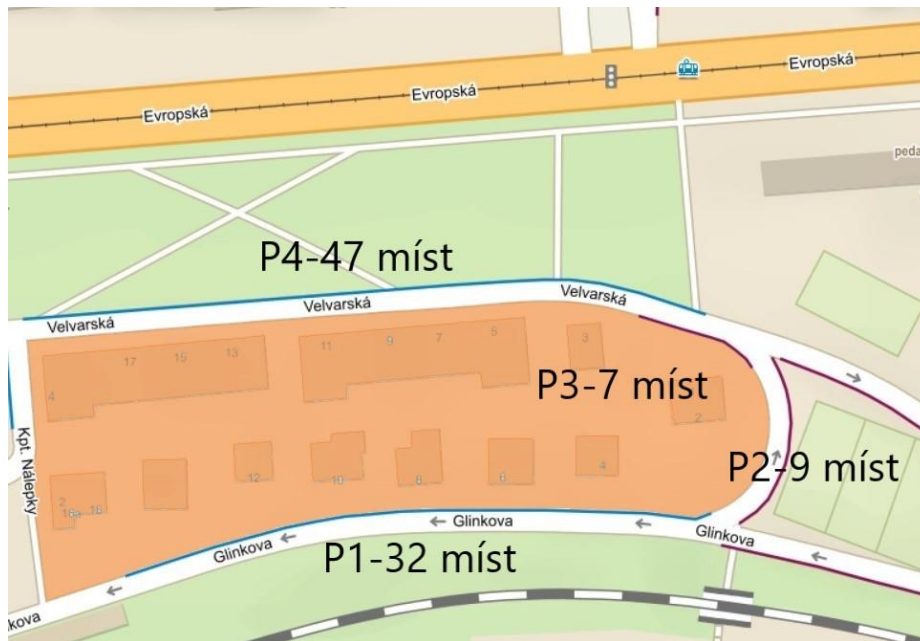
## 5 NÁVRH NABÍJECÍCH STANIC

### 5.1 Návrh počtu nabíjecích stanic

S rozvojem elektromobility můžeme očekávat zvýšený zájem o nabíjecí stanice umístěné ve veřejném prostoru. Při návrhu optimálního počtu nabíjecích stanic můžeme vycházet z evropské směrnice 2018/844/EU [7] z roku 2018 která řeší i počty nabíjecích stanic pro podniková parkoviště. Směrnice nastiňuje pravidla pro „jiné než obytné“ budovy, které mají více než 10 parkovacích míst. U takových objektů bude třeba na parkovacích plochách, které se nacházejí uvnitř nebo v přímém sousedství, instalovat minimálně jednu dobíjecí stanici pro elektromobily. Pro náš případ můžeme uvažovat jednu nabíjecí stanici na 10 parkovacích míst.

Při průzkumu lokality bylo zjištěno že se zde nachází aktuálně 95 parkovacích míst na veřejných komunikacích, která můžeme rozdělit na 4 lokality a kolem 15 na soukromých pozemcích. Pro návrh nabíjecích stanic budu uvažovat pouze parkovací místa, která jsou součástí veřejné komunikace. Při požadavku, aby byla 1 nabíjecí stanice na 10 parkovacích míst, vychází počet nabíjecích stanic na 9-10. Pokud budeme uvažovat rozumné rozdělení nabíjecích stanic na jednotlivé parkovací plochy, vyjde počet nabíjecích stanic 10. Viz Obrázek 5 a Tabulka 11.

Výkres půdorysného rozmístění jednotlivých stanic a přívodu elektrické energie je přílohou této práce.

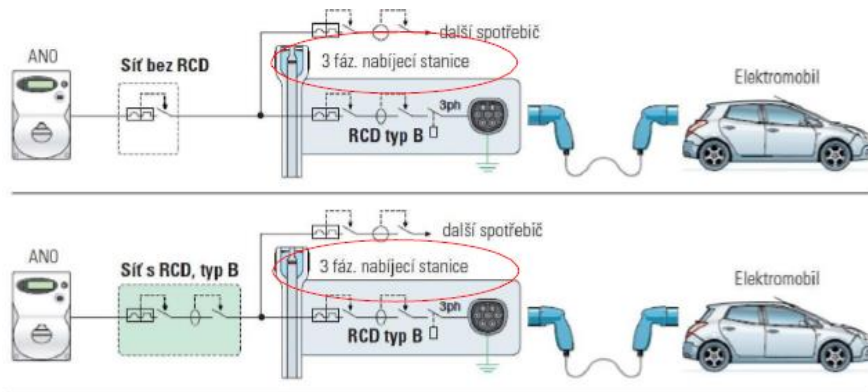


Obrázek 23 - Rozmístění parkovacích míst

Parkovací plocha	Počet parkovacích stání	Počet navržených nabíjecích stanic
P1	32	2
P2	9	2
P3	7	0
P4	47	6
celkem	95	10

Tabulka 11 - Navržený počet parkovacích stání

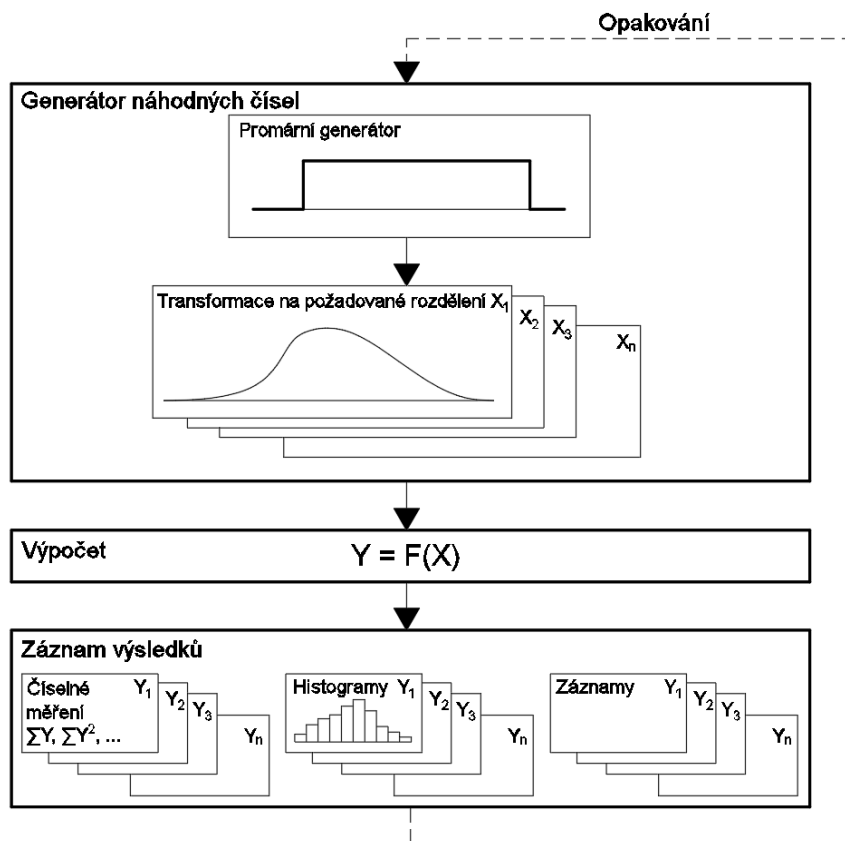
Jedná se o lokalitu, kde bude probíhat nabíjení elektromobilů rezidentů, či návštěvníků okolních kanceláří. Není zde tedy potřeba rychlonabíjení, které by zbytečně zatěžovalo přenosovou síť. Navrhují třífázové nabíječky 22 kW, 400 V, 32 A (Nabíjecí stojan GARO AC LS4 2X22 KW). Dle ČSN EN 50178 je třeba jištění třífázových nabíjecích stanic proudovým chráničem typu B. Toto jištění může být realizováno přímo v nabíjecím stojanu, nebo v rozvodné skříni pro nabíjecí stanice viz. obrázek 24. Stojany zahrnují proudový chránič typu A, použijeme tedy proudový chránič typu B v rozvodné skříni.



Obrázek 24 – Zapojení proudového chrániče v obvodu nabíjecích stanic

## 5.2 Simulace Monte Carlo

Pro zjištění spotřeby nabíjecích stanic bude využita výpočetní metoda Monte Carlo. Jedná se o stochastickou metodu simulace, která využívá pseudonáhodná čísla. Hlavní myšlenka této metody je určení střední hodnoty, při využití pseudonáhodných čísel. Na výsledky získané touto simulací je pak možné aplikovat běžné statistické metody. Například minimum, maximum, aritmetický průměr a další. Schéma postupu řešení metody Monte Carlo je zobrazeno na obrázku 25.



Obrázek 25 - Schéma výpočetní metody Monte Carlo

Přesnost výpočetní metody Monte Carlo je přímo úměrná počtu provedených iterací. Pokud náhodný děj opakujeme  $n$  krát, bude výsledná přesnost rovna  $1/\sqrt{n}$ . Pokud požadujeme výsledek přesnější o jednu platnou číslici, je nutné provést stonásobné množství iterací. Pokud provedeme 10 000 iterací získáme výsledek s přesností na 2 platné číslice, pokud budeme chtít získat 3 platné číslice musíme provést simulaci s 1 000 000 iterací. Pro výpočet spotřeby nabíjecích stanic byla využita zkušební verze simulačního programu Palisade @Risk8, což je doplněk pro aplikaci Microsoft Excel.

## 5.3 Spotřeba elektromobilů

Pro účely simulace můžeme rozlišovat 2 základní typy využívání elektromobilů. Jedná se o elektromobily využívané pro soukromé účely a elektromobily využívané pro služební účely, což vyplývá ze studie [8]. Základní výpočtové parametry elektromobilů pro další výpočty jsou kapacita baterie, dojezd a průměrná ujetá vzdálenost na nabytí.

### Automobil využívaný pro soukromé účely [8]:

- kapacita baterie 30 kWh
- dojezd 128 km
- průměrná ujetá vzdálenost 35,9 km/den
- standardní odchylka 19,6 km

### Automobil pro služební účely [8]:

- kapacita baterie 30 kWh
- dojezd 128 km
- průměrná ujetá vzdálenost 87,1 km/den
- standardní odchylka 24,4 km

Z výše uvedených charakteristik lze očekávat větší ujetou vzdálenost, a tedy i vyšší potřebu elektrické energie u elektromobilů využívaných pro služební účely než u elektromobilů využívaných pro soukromé účely. Vzhledem k povaze čísel se zdá nejvhodnější využít pravděpodobnostní křivku s lognormálním rozdělením. Na základě užívání vozidel budeme uvažovat dva odlišné scénáře. První bude během pracovního týdne přes den, kdy jsou parkovací plochy více využity návštěvníky lokality. A větší množství jich přijede elektromobilem využívaným pro služební účely. Budu uvažovat poměr rozdělení parkovacích míst v poměru 70 % pro služební a 30 % pro osobní použití. Druhý scénář budeme uvažovat o víkendech a v během pracovního týdne v noci. V tuto dobu bude většina parkovacích ploch obsazena rezidenty. Rozdělení jsem uvažoval v poměru 80 % osobních a 20 % služebních. Předpokládám, že v nočních hodinách (20:00-6:00) a o víkendech bude parkovací místo obsazeno jedním elektromobilem především rezidenty. Přes den (6:00-20:00) bude parkoviště využíváno pracovníky a návštěvníky administrativních prostor přilehlých objektů. Očekávám, že na jednom parkovacím místě se během dne vystřídají 2 elektromobily.

## 5.4 Simulace spotřeby nabíjecích stanic

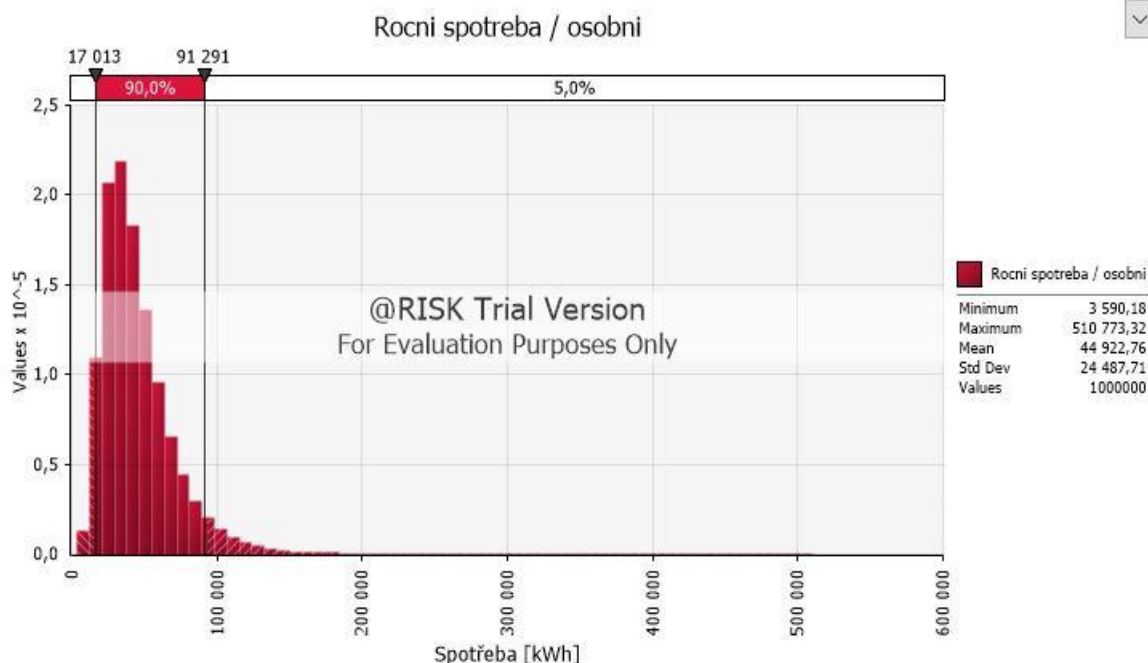
Simulace byla provedena v již zmíněném nadstavbě @Risk 8.1. Vstupní údaje simulace vycházejí ze spotřeby elektromobilů, a jsou shrnuty v tabulce 12. Výsledkem simulace jsou grafy 6-8 uvedené níže. Zobrazují uspořádanou množinu výsledků se znázorněním četností výsledků v určitém rozsahu. Dolní vodorovná osa znázorňuje množství spotřebované energie na dobítí parkoviště a horní vodorovná osa znázorňuje rozdělení výsledků na spodní 5 % kvantil, horní 5 % kvantil a mezilehlou oblast, v níž se nachází 90 % výsledků.

Rozvrh využívání nabíjecích stanic			
Celkem dobíjecích stanic	10	Množství aut-den /pracovní den/1 dobíjecí stanici	2
Den osobní (06.00-20.00) %	0,3	Množství aut-den /V+S/1 dobíjecí stanici	1
Den služební (06.00-20.00) %	0,7	Množství aut-noc /1 dobíjecí stanici	1
Noc osobní (20.00-06.00) %	0,8	Denní nabíjení osobních aut / rok	1506
Noc služební (20.00-06.00) %	0,2	Noční a V+S nabíjení osobních aut / rok	3832
Množství pracovních dní v roce 2020	251	Denní nabíjení pracovních aut / rok	3514
Víkendy + svátky (V+S) 2020	114	Noční a V+S nabíjení pracovních aut / rok	958

Tabulka 12 - Využití nabíjecích stanic

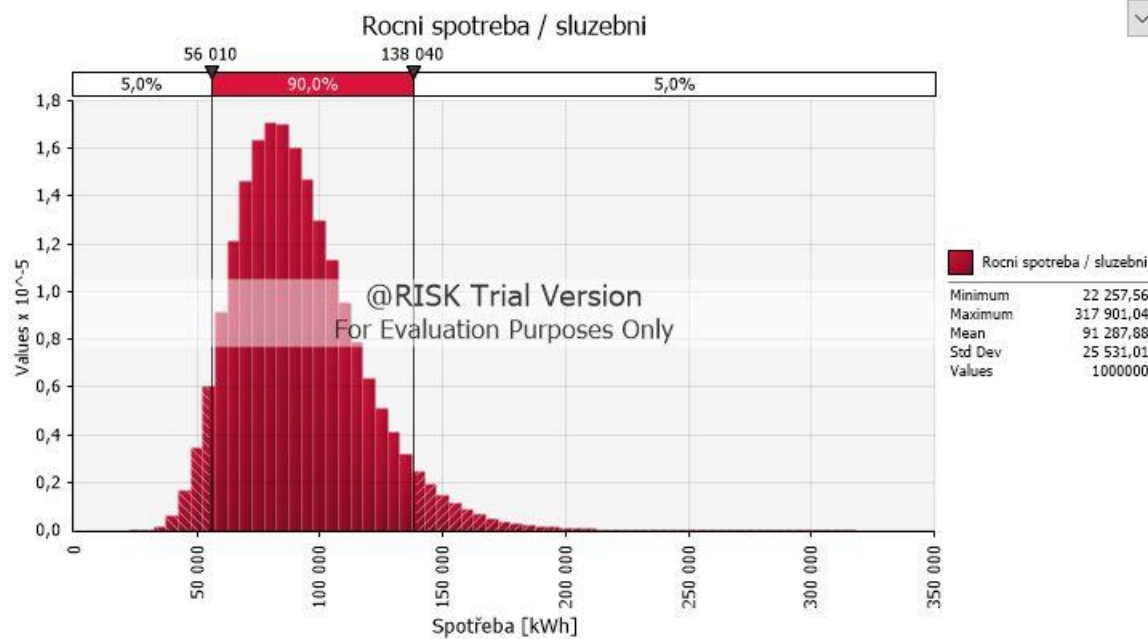
Z grafů 6-8 můžeme odečíst:

- Absolutní minimum simulovaného děje (označené popisem "Minimum")
- Absolutní maximum simulovaného děje (označené popisem "Maximum")
- Průměrnou hodnotu simulovaného děje (označenou popisem "Mean")
- Hodnotu spodního 5 % kvantilu a hodnotu horního 5 % kvantilu (na horní vodorovné ose)
- A další statistické parametry uvedené v tabulce vedle grafu (standardní odchylka a četnost opakování simulovaného děje)



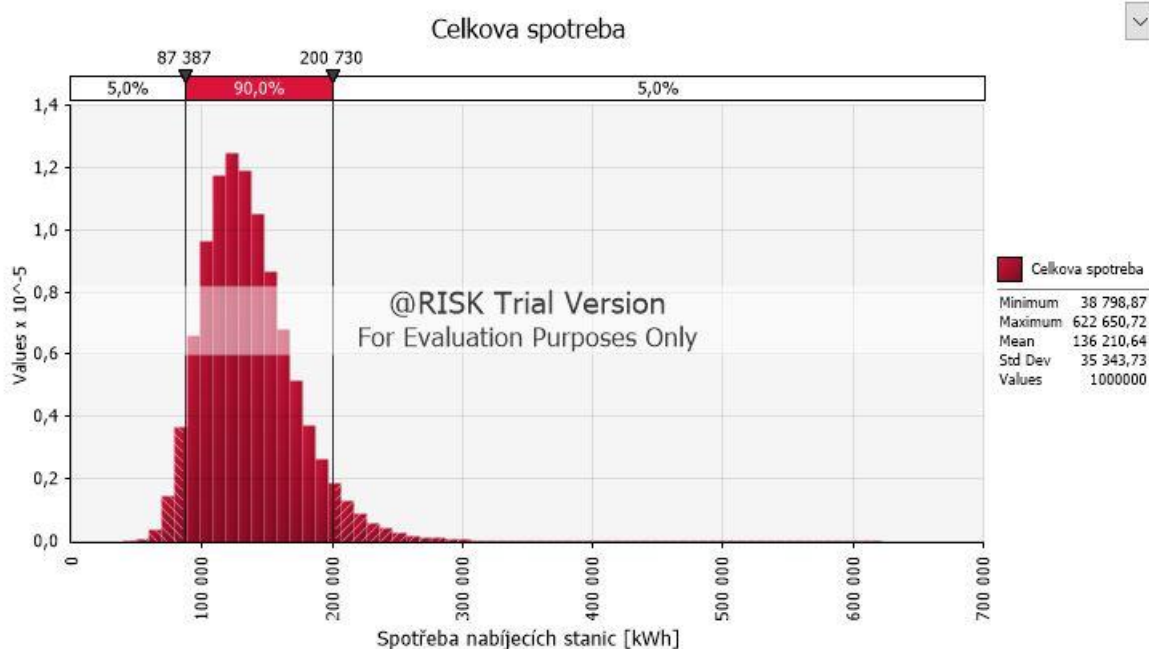
Graf 42 - Spotřeba nabíjecích stanic – osobní elektromobily

Graf 6 znázorňuje spotřebu elektrické energie, kterou spotřebují nabíjecí stanice za rok provozu během denního i nočního provozu pro nabíjení osobních aut.



Graf 43 - Spotřeba nabíjecích stanic – služební elektromobily

Graf 7 znázorňuje spotřebu elektrické energie, kterou spotřebují nabíjecí stanice za rok provozu během denního i nočního provozu pro nabíjení služebních aut.



Graf 44 - Spotřeba nabíjecích stanic – celková

Graf 8 znázorňuje spotřebu elektrické energie, kterou spotřebují nabíjecí stanice za rok provozu během denního i nočního provozu celkem. Z grafu můžeme vyčíst, že nabíjecí stanice budou spotřebují v 90 % případů, na nabití všech elektromobilů dohromady, elektrickou energii v rozmezí od 87 387 kWh do 200 730 kWh. Největší spotřeba v simulaci vyšla 622 650 kWh nejmenší pak 38 799 kWh.

Nejvíce pravděpodobná roční spotřeba nabíjecích stanic vyšla **136 211 kWh** a tuto hodnotu budu dále využívat při výpočtu solárních solární elektrárny v kapitole 6.

## 5.5 Porovnání metody Monte Carlo s teoretickou spotřebou

Pokud bychom pro výpočet spotřeby nabíjecích stanic nevyužili simulaci Monte Carlo a počítali s čistě teoretickou maximální spotřebu elektrické energie tak, že celková roční spotřeba je rovna počtu nabíjecích stanic vynásobených počtem nabytých automobilů (uvažujeme nabíjení baterie 30kWh z nulové kapacity do plné) během sledovaného období, tedy 1 v případě noci a v průběhu dne 2, dostali bychom se k celkové roční spotřebě:

- 10 nabíjecích stanic x 2 x 251 = 5020 aut v denních hodinách za rok v pracovních dnech
- 10 nabíjecích stanic x 1 x 251 = 2510 aut v nočních hodinách za rok v pracovních dnech
- 10 nabíjecích stanic x 1 x 114 = 1140 aut v denních hodinách za rok o víkendech
- 10 nabíjecích stanic x 1 x 114 = 1140 aut v nočních hodinách za rok o víkendech
- Celkem 9810 aut za rok x 30 kWh (baterie elektromobilu)

Tak teoretická roční spotřeba všech nabíjecích stanic bude 294 300 [kWh] Roční spotřeba parkoviště vypočtená pomocí simulace Monte Carlo vyšla 136 211 [kWh]. Úspora při návrhu pomocí moderních výpočetních metod je tedy  $(1 - 136\,211/294\,300) \times 100 = 53,71\%$ .

## 6 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

V této části práce se budu zabývat návrhem fotovoltaických panelů umístěných na střechy stávajících budov. Nejprve provedeme obecný výpočet ve zkušební verzi výpočetního programu Homer a následně provedeme podrobný návrh koncepčního řešení solární elektrárny ve zkušební verzi programu PVsol.

### 6.1 Klimatická data a umístění fotovoltaických panelů

- Zeměpisná šířka: 50°6'0''
- Zeměpisná délka: 14°16'58''
- Časová zóna: UTC+1
- Intenzita záření: 1055 kWh/m<sup>2</sup>
- Průměrná roční teplota: 9 °C

Geografické umístění fotovoltaické elektrárny má zásadní vliv na vyrobené množství elektrické energie. Podle geografického umístění se mění hodnota intenzity záření. V České republice se její hodnota pohybuje mezi 1000 a 1100 kWh/m<sup>2</sup>rok.

Další důležitý vliv na výkon a celkovou roční produkci elektrické energie má zastínění jednotlivých panelů, či celé fotovoltaické elektrárny. V současné době se v okolí uvažované lokality nenachází žádná vyšší budova, která by mohla nežádoucí stínění generovat.

Z obecných poznatků je doporučení pro umístění fotovoltaických panelů v České republice s orientací na Jih a sklonem 35°, pro co nejvyšší roční produkci elektrické energie. Orientace a sklon panelů v tomto projektu byly zvoleny na základě vlastností jednotlivých střech. Panely budou umístěny na střechy ve stejném sklonu jako je střešní krytina a bude za nimi nechána vzduchová mezera pro dokonalou cirkulaci vzduchu kolem panelu. Orientace střech řešeného projektu je téměř na J (azimut -5°) a sklon kolem 45°

Vzhledem ke složitosti střech z důvodu umístění komínů, ventilací odpadního potrubí, půdních vestaveb, a dalších vikýřů by bylo nutné každou střechu osobně navštívit a reálné rozmístění panelů řešit pro každý dům samostatně. Toto řešení by bylo vhodné i z důvodu měření vyrobené energie, zisků pro jednotlivé domy i případné rekonstrukce. V reálném projektu by tedy byl pro každý dům samostatný návrh solární elektrárny. Pro potřeby tohoto projektu jsem možnou plochu pro umístění fotovoltaických panelů odhadl z vlastních fotografií dané lokality a ortofoto map [10]. Tato plocha mi vyšla 800 m<sup>2</sup> a při uvažování běžného výkonu panelu 200 Wp/m<sup>2</sup>, jsme schopni do dané lokality nainstalovat solární elektrárnu s výkonem 160 kWp.

### 6.2 Základní návrh pomocí programu HOMER

Zkratka HOMER v překladu znamená hybridní optimalizační model pro obnovitelné zdroje energie. HOMER je simulační model, který simuluje práci mikrosítě po celý rok s časovým krokem od jedné minuty do jedné hodiny. Výpočetní program slouží k vývoji, technickému a finančnímu vyhodnocení mikrosítí. Software může zahrnovat solární fotovoltaické systémy, větrné turbíny, vodní turbíny, diesellové generátory, kogenerační jednotky, střídače a baterie.



## Vstupní údaje výpočtu

### Síť (grid)

- Cena elektrické energie – 4,83 Kč/kWh
- Výkup přebytků elektrické energie – 0,3 Kč/kWh

### Odběr

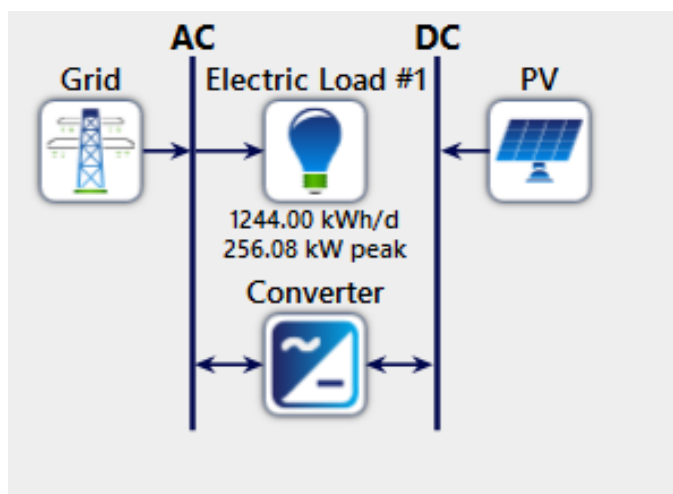
- Průměrná denní spotřeba elektrické energie 1244 kWh/den
- Denní odběrová křivka – obytná (residential)

### Střídač

- Předpokládaná životnost – 10 let
- Účinnost – 95 %
- Cena za výstupní 1 kW – 4 000 Kč

### Fotovoltaické panely

- Předpokládaná životnost – 20 let
- Výkon po 20 letech – 80 %
- Účinnost – 20 %
- Cena za výstupní 1 kWp – 24 000 Kč
- Omezení výkonu z důvodu omezené plochy pro fotovoltaické panely 160 kWp



Obrázek 26 - Základní schéma fotovoltaické elektrárny

## Výsledky simulace

Po výpočtech a simulacích program nabízí nejvýhodnější možnosti (podle použití energie ze sítě, NPV, ceny paliva). Pro náš projekt vyšla roční produkce fotovoltaické elektrárny 156 kWh a bude se podílet asi 30 % na celkové roční spotřebě viz. obrázek 27.

Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	156,368	31.4
Grid Purchases	340,891	68.6
Total	497,259	100

Obrázek 27 - HOMER – roční produkce

## Základní ekonomické zhodnocení

Ze simulace vidíme že investice do solární elektrárny dává smysl a návratnost investice při minimálních přetokách do sítě bude okolo 6 let. Tato varianta přinese úsporu asi 0,5 mil/rok, což je 10 mil za odhadovanou dobu životnosti systému (20 let). Tato hodnota je ovšem pouze základní odhad, jelikož nepracujeme s reálnými technickými zařízeními, ani přesným časovým rozdělením odběru proudu.

Metric	Value
Present worth (Kč)	Kč9,464,947
Annual worth (Kč/yr)	Kč473,247
Return on investment (%)	10.9
Internal rate of return (%)	15.1
Simple payback (yr)	6.06
Discounted payback (yr)	6.06

Obrázek 28 - HOMER – ekonomické ukazatele

### 6.3 Koncepční návrh pomocí programu PVsol

Pro koncepční návrh solární elektrárny byla využita zkušební verze programu PVsol od společnosti Valentin. Jedná se o program dynamické simulace pro návrh a optimalizaci fotovoltaických systémů v kombinaci se spotřebiteli, bateriovými systémy a dalšími prvky.

#### Fotovoltaické panely

Pro návrh solární elektrárny jsem zvolil monokrystalické fotovoltaické panely Suntech STP 450S-B72/Vnh viz. obrázek 29. Panely jsou tvořeny 144 fotovoltaickými články o celkovém výkonu 450Wp. Tyto články jsem vybral pro jejich vysokou účinnost a poměrně nízké garantované snížení výkonu.

Parametry zvoleného panel [9]:

- Články – monokrystalický křemík
- Počet článků: 144 (6 × 24)
- Rozměry: 2095 x 1039 x 35 mm
- Hmotnost:
- Konektory: MC4 kompatibilní (1000 V) - MC4 EVO2
- Záruka na výkon: 10 let 90 % výkonu, 25 let 80.7 % výkonu

Elektrická charakteristika STC (1000 W/m<sup>2</sup> a teplota okolí 25 °C) [9]:

- Maximální výkon: 450Wp
- Optimální napětí: 41,4 V
- Maximální proud: 10,87 A
- Napětí otevřeného okruhu: 49,2 V
- Zkratový proud: 11,61 A
- Účinnost: 20,7 %



Obrázek 29 - Navržený fotovoltaický panel

## Střídače

Navržená fotovoltaická elektrárna bude připojena do rozvodné sítě a je velmi důležité, aby byl použit kvalitní střídač, který bude dodávat do sítě střídavé napětí přesně odpovídající fázi a sinusovému průběhu vnější rozvodné sítě.

Pro solární elektrárnu jsem použil střídače od firmy FIMER (dříve ABB). Konkrétně model jsem navrhl pomocí programu PVsol a to TRIO-20.0-TL-OUTD. V projektu bude použito 7 těchto střídačů s nastavením jednotlivých stringů popsanych v tabulce 13. Všechny střídače mají 2 sledovače bodu maximálního výkonu MPP1 a MPP2. Ke každému z nich je připojen určitý počet stringů a fotovoltaických panelů. Schéma samotného zapojení je na obrázku 31.

Základní parametry střídače FIMER TRIO-20,0-TL-OUTD [12]

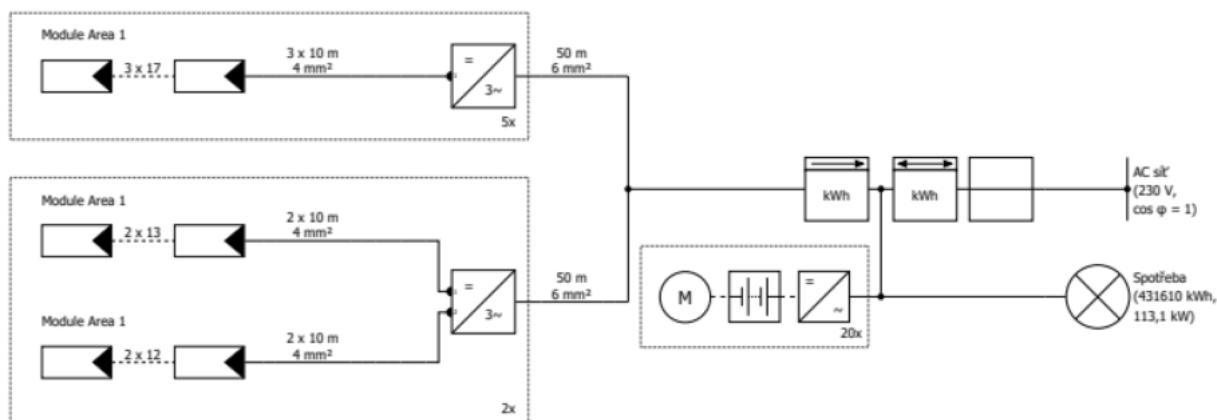
- Provedení: Beztransformátorové
- Maximální vstupní napětí: 1000 V
- Jmenovitý příkon: 20 750 W
- Jmenovitý výkon: 20 000 W
- Počet MPPT: 2
- Maximální výkon MPPT: 12 000 W
- Maximální zkratový proud MPPT: 30 A
- Rozsah vstupního napětí: 440–800 V
- Účinnost: 98,2%



Obrázek 30 - Střídač FIMER TRIO

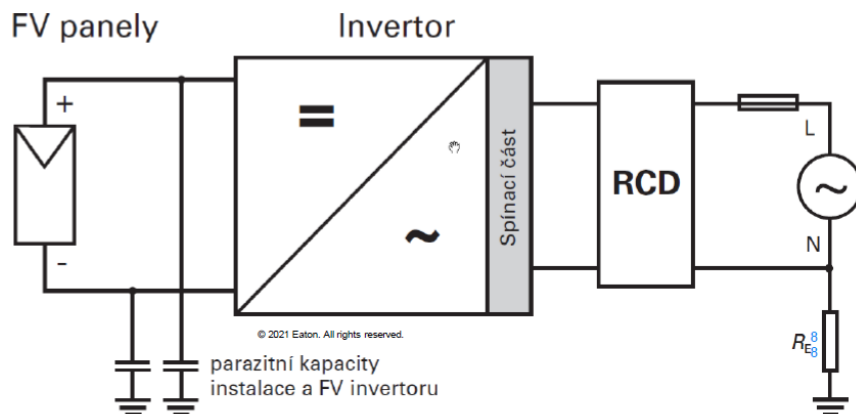
Střídač	Počet	MPP	Počet stringů	Počet modulů
TRIO-20.0-TL-OUTD	5	1+2	3	17
TRIO-20.0-TL-OUTD	2	1	2	13
		2	2	12

Tabulka 13 - Zapojení střídačů a panelů



Obrázek 31 - Schéma zapojení solární elektrárny

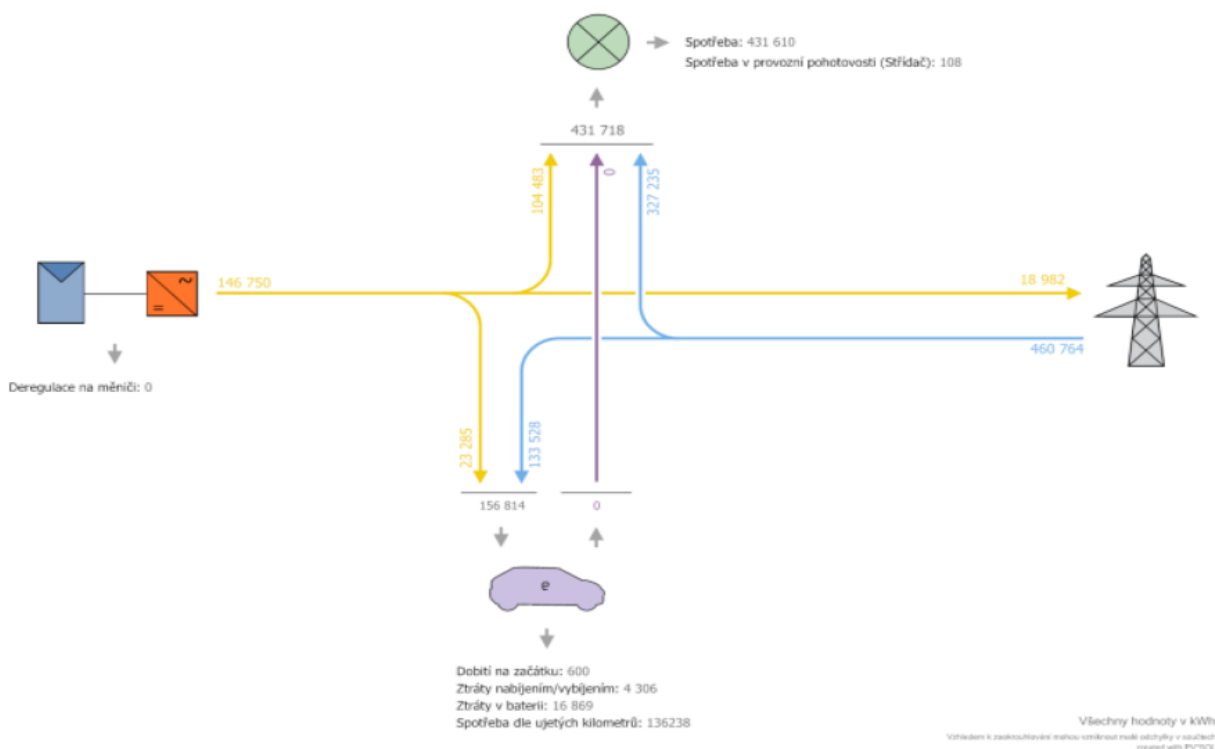
Nesmíme zapomínat na ochranu před úrazem elektrickým proudem. Dle ČSN EN 50178 je nutné zapojit do obvodu za střádač (na straně střídavého proudu) proudový chránič (RCD) typu B. Zapojení je vidět na obrázku 32.



Obrázek 32 - Zapojení proudového chrániče do obvodu solární elektrárny [19]

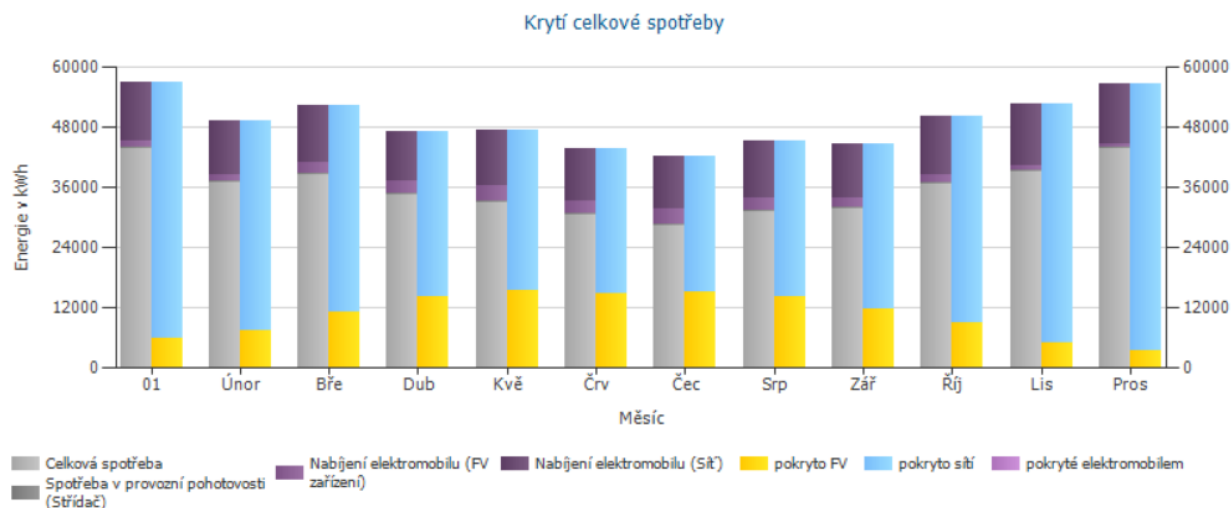
### Výsledky návrhu fotovoltaické elektrárny

Z výsledků simulace programu PVSOL vidíme roční produkci elektrické energie 146 750 kWh. Ze Senkeyho diagramu (obrázek 33) vyplývá, že pro spotřebu objektů bude využito 104 483 kWh vyrobené energie, pro nabíjení elektromobilů bude využito 23 285 kWh a přetoky do sítě budou 18 982 kWh. Vidíme že 87 % vyrobené elektrické energie bude rovnou využito a 13 % by tvořily přetoky do sítě. Tyto přetoky můžeme uložit v bateriovém uložisti, které bude v rámci městského energetického střediska a využít v době špičkových odběrů ze sítě. Vše je ještě shrnuto v tabulce 14, kde můžeme také vidět, že elektrárna pokryje 21,7 % spotřeby.



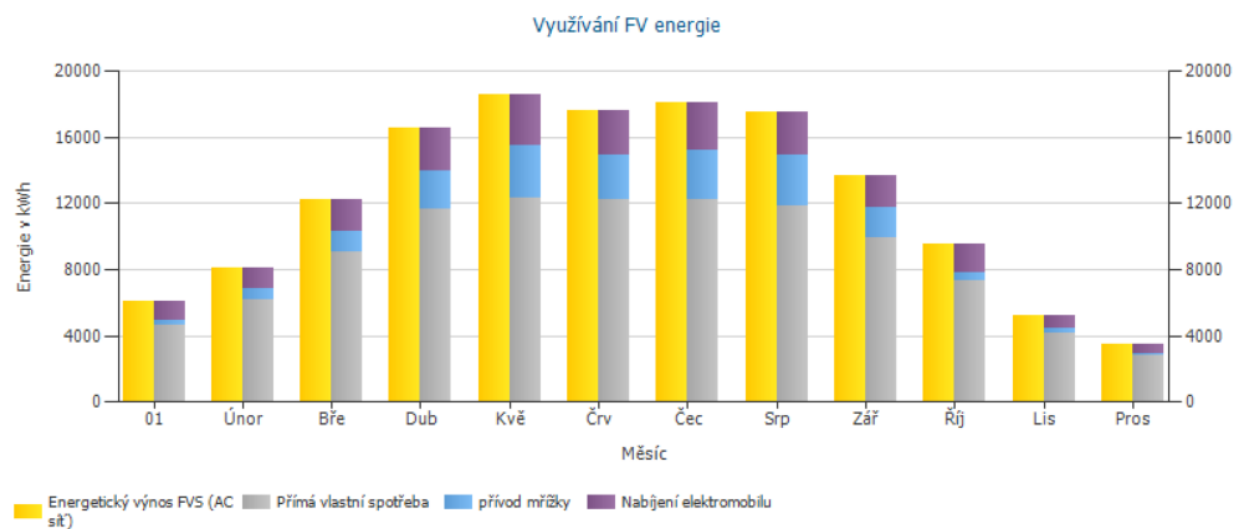
Obrázek 33 - Senkeyho diagram toků energie

Pro představu o pokrytí celkové spotřeby v průběhu roku slouží graf 9 kde máme porovnání toků energie po jednotlivých měsících. Výpočet ovšem probíhá v minutovém kroku.



Graf 45 - Fotovoltaická elektrárna – pokrytí celkové spotřeby

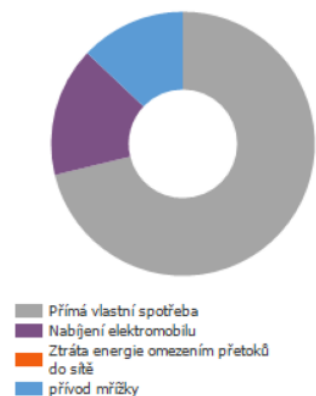
Na grafu 10 můžeme naopak pozorovat využití energie vyprodukované solární elektrárnou. Produkce fotovoltaickými elektrárnami (žlutá), spotřeba objektů (šedá) přetoky do sítě (modrá) a nabíjení elektromobilů (fialová).



Graf 46 - Využití energie vyrobené fotovoltaickou elektrárnou

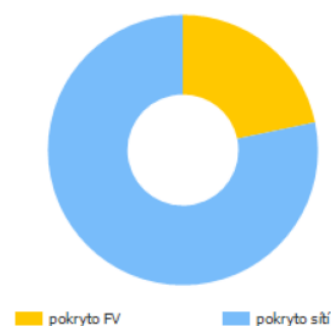
FV zařízení	
Instalovaný výkon	159,8 kWp
Spec. Roční výkon	917,95 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	83,8 %
Energetický výkon FVS (AC síť)	
Přímá vlastní spotřeba	104 483 kWh/Rok
Nabíjení elektromobilu	23 285 kWh/Rok
Ztráta energie omezením přetoků do sítě přívod mřížky	0 kWh/Rok 18 982 kWh/Rok
Podíl vlastní spotřeby	87,1 %
Snížení emisí CO <sub>2</sub>	68 922 kg/rok

Energetický výkon FVS (AC síť)



Celková spotřeba	
Celková spotřeba	431 610 kWh/Rok
Spotřeba v provozní pohotovosti (Střídač)	108 kWh/Rok
Nabíjení elektromobilu	156 814 kWh/Rok
Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	
pokryto FV	127 768 kWh/Rok
pokryté elektromobilem	0 kWh/Rok
pokryto sítí	460 764 kWh/Rok
Podíl pokrytí solární energií	21,7 %

Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby



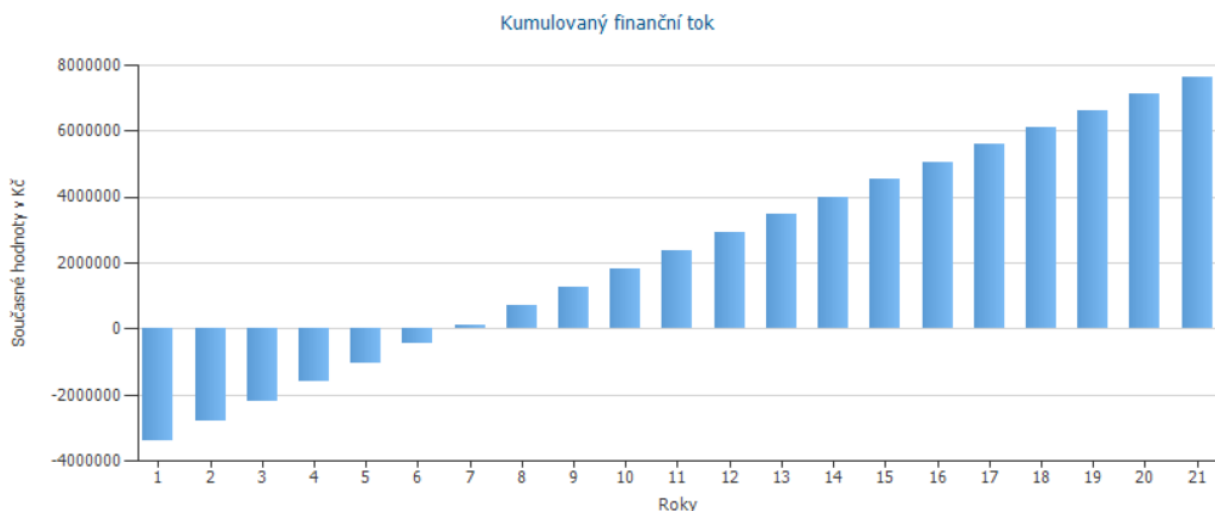
Tabulka 14 - Shrnutí výsledků simulace PVsol

## Ekonomické zhodnocení výsledků

### Ekonomické ukazatele

- Celková kapitálová výnosnost 14,37 %
- Kumulovaný finanční tok 7 638 714 Kč
- Doba návratnosti 6,8 let
- Vlastní výrobní náklady elektrické energie 1,44 Kč/kWh

Poslední výstup z programu PVSOL je ekonomické vyhodnocení projektu. Návratnost investice byla vypočtena na 6,8 roku. S předpokládanou cenou solární elektrárny 25 000 Kč/kWp vychází celková cena solární elektrárny na 3 993 750 Kč. Roční úspora vychází okolo 610 000 Kč. Kumulovaný finanční tok je zobrazen v grafu 11 a pro lepší představu i v tabulce 15, z důvodu omezeného výstupu u zkušební verze je uvedeno jenom prvních 15 let. Návratnost investice 6,8 roku bez dotací je vyhovující pro realizaci u bytových domů. Reálný projekt by bal pravděpodobně o něco dražší, jelikož by bylo využito více střídačů (pro každou budovu jeden) aby chom omezily ztráty na vedení.



Graf 47 - Solární elektrárna – Histogram Cash flow

	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5
Investice	-3 993 750,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Úhrada za nabíjení	5 182,37 Kč	5 491,06 Kč	5 373,96 Kč	5 261,11 Kč	5 152,31 Kč
Úspory při odběru proudu	589 097,37 Kč	599 504,94 Kč	592 615,58 Kč	585 999,98 Kč	579 647,24 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>-3 399 470,26 Kč</b>	<b>604 996,00 Kč</b>	<b>597 989,54 Kč</b>	<b>591 261,08 Kč</b>	<b>584 799,55 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	-3 399 470,26 Kč	-2 794 474,26 Kč	-2 196 484,72 Kč	-1 605 223,64 Kč	-1 020 424,09 Kč

	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Úhrada za nabíjení	5 047,38 Kč	4 946,15 Kč	4 848,44 Kč	4 754,10 Kč	4 662,98 Kč
Úspory při odběru proudu	573 546,91 Kč	567 688,95 Kč	562 063,71 Kč	556 662,43 Kč	551 475,15 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>578 594,29 Kč</b>	<b>572 635,10 Kč</b>	<b>566 912,15 Kč</b>	<b>561 416,53 Kč</b>	<b>556 138,13 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	-441 829,80 Kč	130 805,30 Kč	697 717,45 Kč	1 259 133,98 Kč	1 815 272,11 Kč

	Rok 11	Rok 12	Rok 13	Rok 14	Rok 15
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Úhrada za nabíjení	4 574,92 Kč	4 489,81 Kč	4 407,49 Kč	4 327,86 Kč	4 250,78 Kč
Úspory při odběru proudu	546 494,35 Kč	541 711,29 Kč	537 118,53 Kč	532 708,01 Kč	528 472,89 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>551 069,28 Kč</b>	<b>546 201,09 Kč</b>	<b>541 526,03 Kč</b>	<b>537 035,87 Kč</b>	<b>532 723,67 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	2 366 341,39 Kč	2 912 542,48 Kč	3 454 068,51 Kč	3 991 104,38 Kč	4 523 828,05 Kč

Tabulka 15 - Solární elektrárna – tabulka Cash flow za prvních 15 let

## 7 MĚSTSKÉ ENERGETICKÉ STŘEDISKO

Návrh městského energetického střediska je logickým dokončením energetické optimalizace uvažované lokality, vytvořením energetického uzlu.

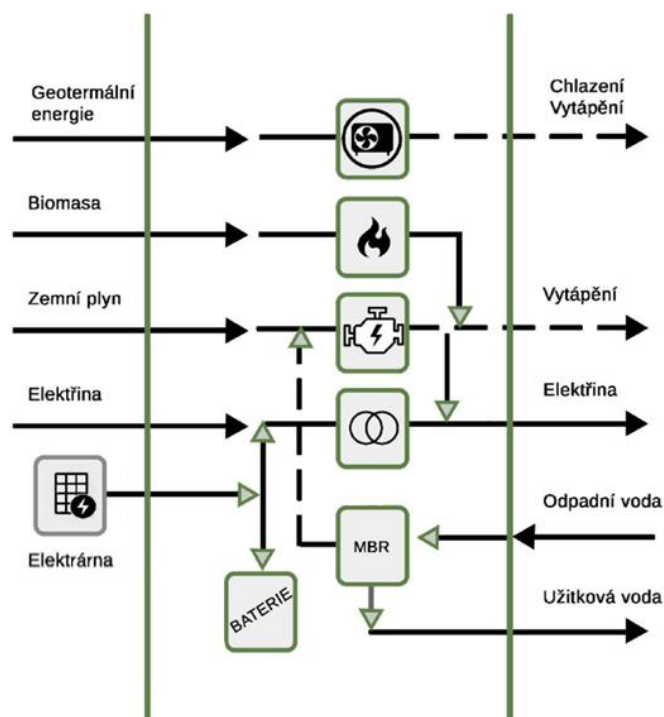
### 7.1 Podstata městského energetického střediska

Městské energetické středisko (dále jen MES) je energetický uzel pro určitý klastr budov. Je velmi důležitou součástí při decentralizovaném zásobování současných energetických celků, kterými mohou být městské části či celá města, je reakcí na využívání obnovitelných zdrojů energie a potřebu snížení emisí oxidu uhličitého. MES se zaměřuje na získávání energie z obnovitelných a alternativních zdrojů. Integrované řešení je základním principem řešení optimalizace a efektivního řízení TZB. Cílem je stabilizovat systém v dané lokalitě, odstranit odběrové špičky a využít maximum vyrobené energie z obnovitelných zdrojů energie přímo v této lokalitě. Při správném návrhu MES v rámci vyrovnaní odběru a možnosti výroby elektrické energie přímo v místě spotřeby by mělo docházet ke snížení nároků na současnou



distribuční síť elektrické energie i při nároků na elektrickou energii, například pro nabíjení elektrických vozidel.

Pro návrh MES jsou velmi důležité lokální podmínky pro využití obnovitelných zdrojů energie a poptávka klastru budov po jednotlivých energiích. Pro systémy je velmi podstatné měření toků a potřeb jednotlivých energií a energonositelů pomocí čidel a následné kompletní řízení toků energie v řádu minut až vteřin. K řízení může být využit některý z řídicích systémů (například Foxtrot, KNX, ZigBee, Bacnet, Lonworks, ...). Distribuční síť elektrické energie v kombinaci se skladováním elektrické energie může vytvářet velmi stabilní a bezpečný systém. Obecný model fungování MES je zobrazen na obrázku 34.



Obrázek 34 - Obecné schéma MES [11]

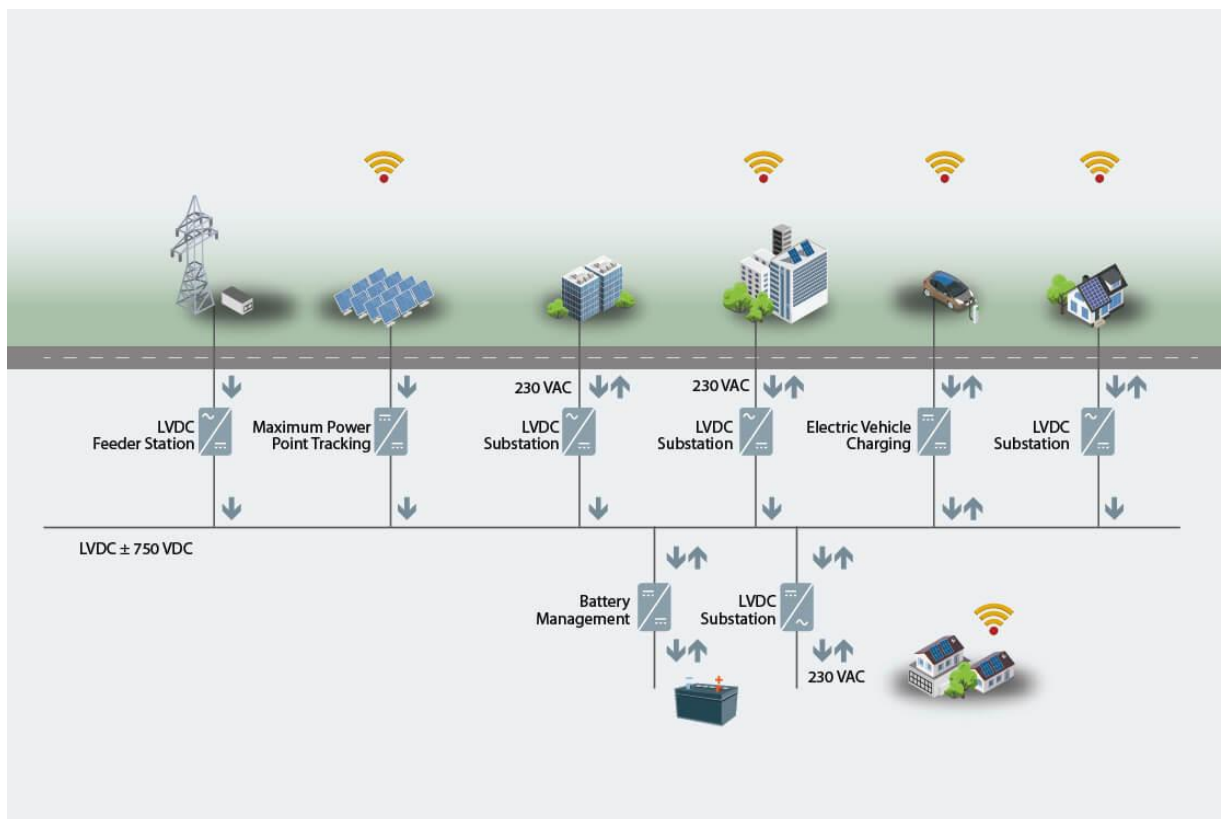
MES může obsahovat tepelná čerpadla pro výrobu tepla či chladu, kogenerační jednotky pro výrobu tepla a elektrické energie, kotle na biomasu pro výrobu tepla, zpětná využití odpadních vod pomocí membránového bioreaktoru [14] pro získávání tepla, bioplynu a následné elektrické energie, či vyčištěnou odpadní vodu na zalévání zahrad, splachování WC, nebo praní prádla. Dále může být součástí MES trafostanice, bateriové uložení. Optimálním řízením jednotlivých zdrojů by mělo docházet k využívání energií získaných zejména z obnovitelných zdrojů energie a pokud nejsou tyto systémy schopné dodat dostatek potřebné energie bude využita energie z neobnovitelných zdrojů.

## 7.2 Návrh MES pro daný klaster budov

Městské energetické středisko pro lokalitu zpracovávanou v rámci této práce bude využito především v rámci distribuce a optimalizace toků elektrické energie. Jelikož v lokalitě není stávající teplovod a není žádná poptávka jednotlivých budov po tepelné energii. Do budov je přiveden plyn a výroba tepla probíhá v jednotlivých domech či bytech. A to nám znemožňuje využití systémů produkujících tepelnou energii. Pro komplexní využití MES by bylo nutné vypracovat projekt změny způsobu vytápění jednotlivých budov a rozvodu tepla, případně i

chladu pro danou lokalitu. Vzhledem k rozsahu řešené problematiky v této práci nebylo časově možné tento projekt zpracovat, ale může být toto téma může vhodnou inspirací pro další práce s využitím dat která již byla vypočtena.

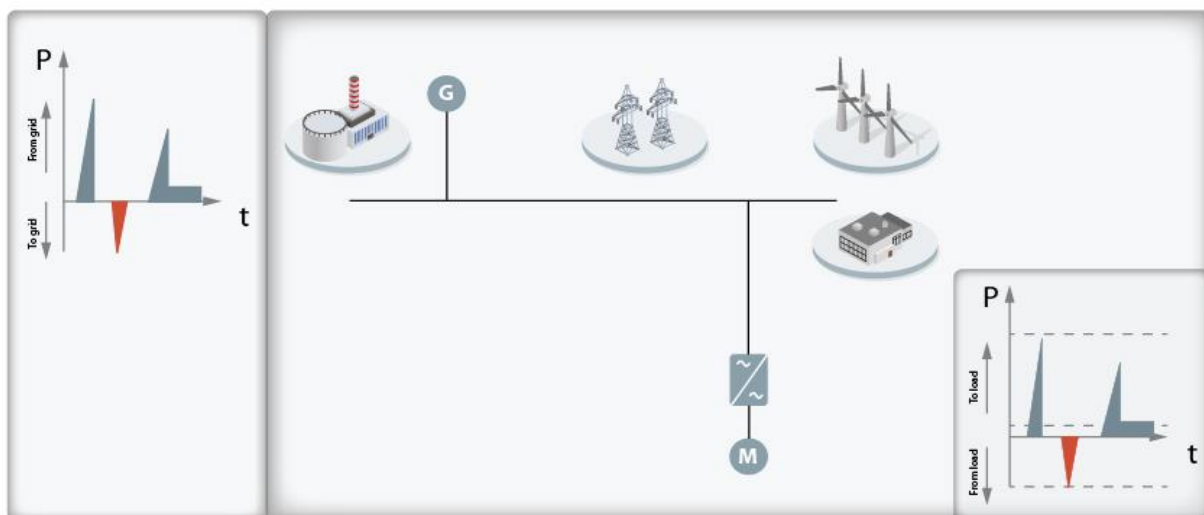
Pro danou lokalitu tedy můžeme mluvit spíše o inteligentní síti elektrické energie. [15] Postupný rozvoj takovýchto sítí úzce souvisí s častějším využíváním obnovitelných zdrojů energie (OZE) a elektrických vozidel (EV) do distribuované výroby (DG) nebo distribuovaných zdrojů energie (DER) v rozvodné síti, schéma je na obrázku 35. Ovšem tato integrace klade na rozvodné sítě nové nároky, které je potřeba řešit. Jedná se především o razantní zvýšení spotřeby elektrické energie pro elektromobily a na straně druhé nerovnoměrná výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů v průběhu dne i celého roku.



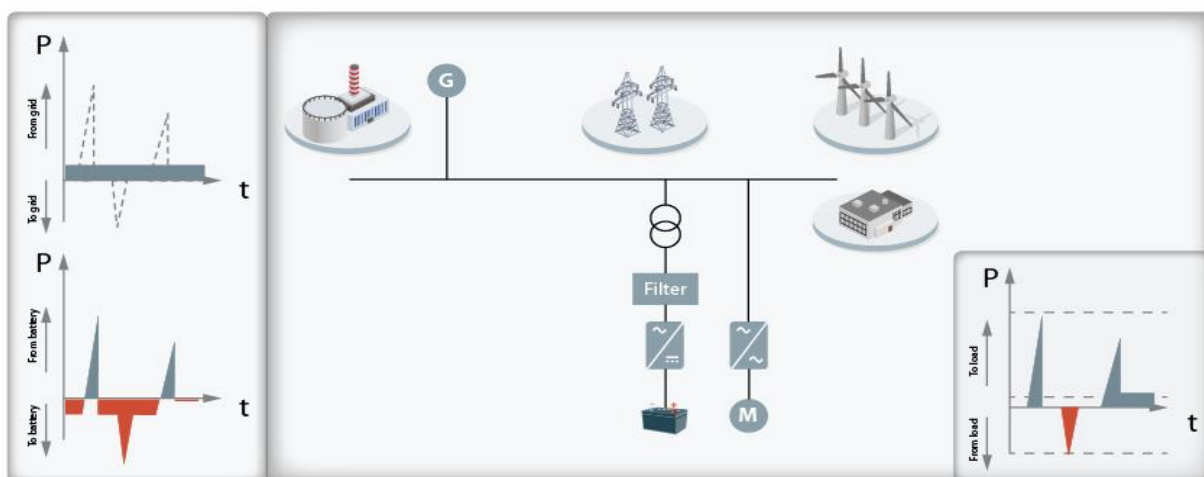
Obrázek 35 - Schéma inteligentní elektrické sítě [15]

K dosažení požadované rovnováhy mezi dodávkou a spotřebou v oblasti inteligentních sítí je integrace dosud chybějící a nepotřebné části sítě, kterou je skladování energie. Skladování energie umožňuje distribuční soustavě hladce pojmout nepředvídatelné spotřebitele a zdroje výroby energie. Skladování energie v rámci jednotlivých MES může poskytnout technologie bateriových uložišť, která v poslední době procházejí velkou inovací a vývojem. Tím bylo dosaženo optimalizace ceny, životnosti, kapacity a velikosti takovýchto uložišť.

Inteligentní sítě s integrovaným ukládáním energie usnadňují časový posun dodávek energie k překonání přerušované povahy mnoha obnovitelných zdrojů energie. Poskytují také záložní napájení v případě výpadku proudu a zvládají špičky, což umožňuje optimalizovat velikost síťových zařízení na nižší hodnoty, aby zvládly běžné a nikoli špičkové zatížení. Což je schematicky zobrazeno na obrázku 36 pro síť bez ukládání energie a na obrázku 37 pro síť s integrovaným ukládáním energie. [15]



Obrázek 36 - Síť bez ukládání energie [15]



Obrázek 37 - Síť s integrovaným ukládáním energie. [15]

Můžeme vidět, že bateriové uložení je schopné odstranit jak odběrové, tak dodávkové špičky elektrické energie.

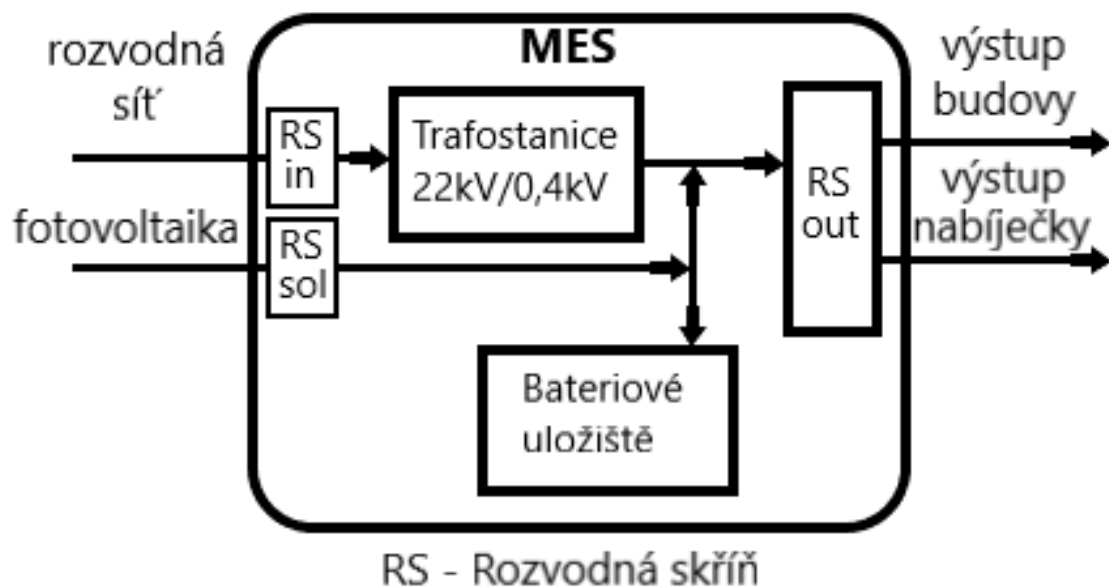
### Hlavní součásti navrženého MES

V rámci této práce je MES navrženo pouze koncepčně. Pro návrh MES jako celku i jednotlivých komponent se využívá matematický model celého MES. Pro modelování a výpočet optimálních variant lze využít například program GAMS, jedná se o pro. Toto řešení není z časových důvodů, součástí této práce a mohlo by být někdy v budoucnu řešeno v samostatné práci s využitím údajů této práce.

- Trafostanice
  - 22kV/0,4kV
  - Půdorysné rozměry 3x2 m
- Bateriové uložení
  - Samostatná místnost 4x2,5 m
  - Samostatně větratelná

- Rozvodná skříň
  - Část pro VN a NN (jištění a odpínání)
  - Měření výroby a jištění solárních elektráren
  - Jištění a měření spotřeby nabíjecích stanic
  - Řízení provozu MES
  - Půdorysné rozměry 2x0,8 m

Pro umístění MES není v dané lokalitě mnoho prostoru, jelikož většina ploch je soukromých. Dle mého názoru by bylo umístění nejvhodnější na okraji parku, který na danou lokalitu navazuje a integrace zázemí pro park s MES. V parku dnes není umístěno žádné občerstvení, ani půjčovna základního sportovního vybavení (pétanque, ping pong, badminton...), což je škoda. Umístěním těchto služeb by došlo ke zkvalitnění parku a lepšímu využití této plochy. V rámci MES, by tedy mohla být i malá kavárna a půjčovna sportovního vybavení. Výkres půdorysného uspořádání a umístění MES je přílohou této práce. Schéma navrženého MES je na obrázku 38.



Obrázek 38 - Schéma navrženého MES

## 8 ZÁVĚR

Cílem práce bylo energetické zhodnocení klastru budov a jejich energetická optimalizace na úroveň budov s téměř nulovou spotřebou energie. Navržená opatření jsou kombinací rekonstrukce budov a využití obnovitelných zdrojů energie v kombinaci s aplikací automatizace a inteligentních sítí v rámci městského energetického střediska.

Tato práce na vzorku konkrétních budov nastiňuje základní možnosti, jak pojmout rekonstrukce takovýchto městských území, jaké technologie můžeme využít, že bychom měli vždy k rekonstrukcím přistupovat komplexně a snažit se využívat moderních materiálů a postupů. Z energetického hodnocení budov také vidíme, že u zateplování obálky budovy, nesmíme zapomínat na tepelné toky u konstrukcí k zemině či do nevytápěných prostor domu.

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Zkoumaná oblast.....	8
Obrázek 2 - Detail zkoumané oblasti .....	8
Obrázek 3 - Rozdělení a základní informace o budovách .....	9
Obrázek 4 - Schéma sítí v dané lokalitě [3] .....	11
Obrázek 5 - Dům 1.....	23
Obrázek 6 - Dům 2.....	26
Obrázek 7 - Dům 3.....	29
Obrázek 8 - Dům 4.....	32
Obrázek 9 - Dům 5.....	35
Obrázek 10 - Dům 6.....	38
Obrázek 11 - Dům 7.....	41
Obrázek 12 - Dům 8.....	44
Obrázek 13 - Dům 9.....	47
Obrázek 14 - Dům 10.....	50
Obrázek 15 - Dům 11.....	53
Obrázek 16 - Dům 12.....	56
Obrázek 17 - Dům 13.....	59
Obrázek 18 - Dům 14.....	62
Obrázek 19 - Dům 15.....	65
Obrázek 20 - Dům 16.....	67
Obrázek 21 - Dům 17.....	70
Obrázek 22 - Dům 18.....	73
Obrázek 23 - Rozmístění parkovacích míst .....	77
Obrázek 24 – Zapojení proudového chrániče v obvodu nabíjecích stanic.....	77
Obrázek 25 - Schéma výpočetní metody Monte Carlo .....	78
Obrázek 26 - Základní schéma fotovoltaické elektrárny.....	83
Obrázek 27 - HOMER – roční produkce.....	83
Obrázek 28 - HOMER – ekonomické ukazatele.....	84
Obrázek 29 - Navržený fotovoltaický panel .....	84
Obrázek 30 - Střídač FIMER TRIO .....	85
Obrázek 31 - Schéma zapojení solární elektrárny.....	85
Obrázek 32 - Zapojení proudového chrániče do obvodu solární elektrárny [19].....	86

Obrázek 33 - Senkeyho diagram toků energie .....	86
Obrázek 34 - Obecné schéma MES [11] .....	90
Obrázek 35 - Schéma inteligentní elektrické sítě [15] .....	91
Obrázek 36 - Síť bez ukládání energie [15] .....	92
Obrázek 37 - Síť s integrovaným ukládáním energie. [15] .....	92
Obrázek 38 - Schéma navrženého MES.....	93

## 10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Vlastnosti jednotlivých budov .....	12
Tabulka 2 - Spotřeby energií .....	13
Tabulka 3 - Rozložení bytů podle tarifní třídy .....	14
Tabulka 4 - Celková spotřeba el. energie pro jednotlivé tarifní třídy .....	14
Tabulka 5 - Hodinová spotřeba el. Energie – ukázka 14.12.2020 .....	16
Tabulka 6 - Energetické hodnocení budov – současný stav.....	18
Tabulka 7 - Energetické hodnocení budov – optimalizace obálky budov.....	19
Tabulka 8 - Energetické hodnocení budov – Nucené větrání s rekuperací tepla .....	20
Tabulka 9 - Porovnání celkových energií.....	22
Tabulka 10 - Porovnání nákladů na jednotlivé energonositele.....	22
Tabulka 11 - Navržený počet parkovacích stání.....	77
Tabulka 12 - Využití nabíjecích stanic .....	79
Tabulka 13 - Zapojení střídačů a panelů .....	85
Tabulka 14 - Shrnutí výsledků simulace PVsol .....	88
Tabulka 15 - Solární elektrárna – tabulka Cash flow za prvních 15 let .....	89

## 11 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1- Průběh TDD celostátní [5] .....	15
Graf 2 - Průběh TDD5 [5].....	15
Graf 3 - Týdenní průběh spotřeby el. energie .....	17
Graf 4 - Týdenní průběh spotřeby el. energie –bez TDD4 .....	17
Graf 5 - Týdenní průběh spotřeby el. energie – celkový .....	17
Graf 6 - Dům 1 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	24
Graf 7 - Dům 1 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	25
Graf 8 - Dům 2původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků.....	27



Graf 9 - Dům 2 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	28
Graf 10 - Dům 3 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	30
Graf 11 - Dům 3 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	31
Graf 12 - Dům 4 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	33
Graf 13 - Dům 4 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	34
Graf 14 - Dům 5 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	36
Graf 15 - Dům 5 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	37
Graf 16 - Dům 6 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	39
Graf 17 - Dům 6 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	40
Graf 18 - Dům 7 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	42
Graf 19 - Dům 7 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	43
Graf 20 - Dům 8 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	45
Graf 21 - Dům 8 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	46
Graf 22 - Dům 9 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	48
Graf 23 - Dům 9 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	49
Graf 24 - Dům 10 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	51
Graf 25 - Dům 10 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	53
Graf 26 - Dům 11 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	54
Graf 27 - Dům 11 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	55
Graf 28 - Dům 12 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	57
Graf 29 - Dům 12 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	58
Graf 30 - Dům 13 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	60
Graf 31 - Dům 13 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	61
Graf 32 - Dům 14 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	63
Graf 33 - Dům 14 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	64
Graf 34 - Dům 15 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	66
Graf 35 - Dům 15 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	67
Graf 36 - Dům 16 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	69
Graf 37 - Dům 16 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	70
Graf 38 - Dům 17 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	72
Graf 39 - Dům 17 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	73
Graf 40 - Dům 18 původní stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	75
Graf 41 - Dům 18 navržený stav – Bilance tepelných ztrát a zisků .....	76

Graf 42 - Spotřeba nabíjecích stanic – osobní elektromobily .....	80
Graf 43 - Spotřeba nabíjecích stanic – služební elektromobily.....	80
Graf 44 - Spotřeba nabíjecích stanic – celková .....	81
Graf 45 - Fotovoltaická elektrárna – pokrytí celkové spotřeby .....	87
Graf 46 - Využití energie vyrobené fotovoltaickou elektrárnou .....	87
Graf 47 - Solární elektrárna – Histogram Cash flow.....	89

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

### P1) Energetické štítky – původní stav

a) Dům 1

b) Dům 2

.

.

.

r) Dům 18

### P2) Energetické štítky – navržený stav

a) Dům 1

b) Dům 2

.

.

.

r) Dům 18

### P3) Výkresy

a) Schéma umístění MES a rozmístění nabíjecích stanic

b) Blokové schéma a vnitřní uspořádání MES

c) Navržené skladby 1

d) Navržené skladby 2

### P4) Technické listy

a) Nabíjecí stanice

b) Solární panel

c) Střídač

### 13 ZDROJE

- [1] ČSDA [online]. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <http://nesstar.soc.cas.cz/webview/>
- [2] ČZSO [online]. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/>
- [3] *geoportalpraha* [online]. [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.geoportalpraha.cz/cs/mapy/mapove-aplikace>
- [4] *ote-cr* [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: [https://www.ote-cr.cz/pubweb/attachments/29/2020/Prepocetene\\_TDD\\_2020\\_CZ.zip](https://www.ote-cr.cz/pubweb/attachments/29/2020/Prepocetene_TDD_2020_CZ.zip)
- [5] *ote-cr* [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/prepocetene-tdd?date=2020-12-14>
- [6] *zakonyprolidi* [online]. [cit. 2021-4-23]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-264/zneni-20200901>
- [7] *eur-lex.europa.eu* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L0844&from=CS>
- [8] Silvestre M.L., RIVA SANSEVERINO E., ZIZZO G. Et al, „An optimization approach for efficient management of EV parking lots with batteries recharging facilities“ *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 4, pp. 641-649, 2023
- [9] *Suntech-power* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.suntech-power.com/products/ultra-s-series/#footer>
- [10] *mapycz* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [11] LA SCALA, Masimo, 2017. Example of urban hub. From *Smart Cities: New Challenges in Optimizing Energy Grids*. London: ISTE Ltd. 315s. ISBN 978-1-84821-749-2
- [12] *krannich solar* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [https://cz.krannich-solar.com/fileadmin/content/data\\_sheets/inverter/abb\\_20.0-27.6\\_de.pdf](https://cz.krannich-solar.com/fileadmin/content/data_sheets/inverter/abb_20.0-27.6_de.pdf)
- [13] *Katedra konstrukcí pozemních staveb* [online]. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52>
- [14] *CZEMP, Membránové reaktory* [online]. [cit. 2021-5-02]. Dostupné z: <http://www.czemp.cz/cs/membranove-procesy/membranove-reaktory>
- [15] *danfoss.com, Smart grid power conversion* [online]. [cit. 2021-5-03]. Dostupné z: <https://www.danfoss.com/en/markets/energy-and-natural-resources/dds/smart-grid-power-conversion/#tab-overview>
- [16] Garlík, B. *Technické zařízení budov, elektrická instalace v budovách*. Česká technika-nakladatelství ČVUT, Praha 2017, ISBN 978-80-01-06342-2.
- [17] Garlík, B. *Inteligentní budovy, BEN-technická literatura*, Praha 2012, ISBN 968-80-7300-440-8

[18] Garlík, B. Od chytrých sítí po chytré budovy, města a dopravu, Česká technika-nakladatelství ČVUT, Praha 2020, ISBN 978-80-01-06624-9

[19] *EATON* [online]. [cit. 2021-4-23]. Dostupné z:  
<https://www.eaton.com/content/eaton/cz/cs-cz.html/>