

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní

Komparace potenciálu fotovoltaického a fototermického  
systému pro využití v podniku

Diplomová práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Jansa**  
Osobní číslo: **E23082**  
Studijní program: **N0413A050009 Ekonomika a management**  
Specializace: **Ekonomika a management podniku**  
Téma práce: **Komparace potenciálu fotovoltaického a fototerického systému pro využití v podniku.**  
Zadávací katedra: **Ústav správních a sociálních věd**

## Zásady pro vypracování

Cílem práce je provést komparativní analýzu environmentálního a ekonomického potenciálu pro fototerický a fotovoltaický solární systém. Hodnocení zahrne zejména energetickou účinnost a očekávanou životnost investice a vyčíslí pro obě modelové varianty environmentální a ekonomický efekt.

Osnova:

- Analýza solárních systémů dle typu.
- Analýza podmínek a možností investice do solárních systémů.
- Vyčíslení potenciálu jednotlivých systémů.
- Vyhodnocení výhodnosti systémů pro modelový podnik.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**  
Rozsah grafických prací: **–**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Al-Waeli, A., H. A., Hussein A. Kazem, Chaichan, M. and Sopan, K. *Photovoltaic/ Thermal (PV/T) Systems*. Springer, 2019. ISBN 978-3-030-27823-6.  
Basel, I. Abed Ismail. *Solar PV Panels – Recent Advances and Future Prospects*. IntechOpen, 2023. ISBN 978-1-83768-677-3.  
Dufe, J.A., Beckman W.A. and Blair N. *Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind*. Fifth. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated, 2020. ISBN 9781119540311.  
Reinders, A., Verlinden, P., van Sark, W. and Freundlich, A. *Photovoltaic solar energy: from fundamentals to applications: from fundamentals to applications*. Chichester: John Wiley & Sons, 2017.  
Dostupné z: doi:10.1002/9781118927496  
Tripathi, S., L. and Padmanaban, S. *Green energy: solar energy, photovoltaics, and smart cities*. Beverly, Hoboken: Wiley, 2021. ISBN 9781119760795.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Robert Baťa, Ph.D.**  
Ústav správních a sociálních věd

Datum zadání diplomové práce: **1. září 2024**  
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2025**

**prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.** v.r.  
děkan

L.S.

**doc. Ing. et Ing. Renáta Myšková, Ph.D.** v.r.  
garant studijního programu

V Pardubicích dne 1. září 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Komparace potenciálu fotovoltaického a fototermického systému pro využití v podniku jsem vypracoval samostatně a uvedl v ní všechny použité literární a informační zdroje v souladu s právními předpisy, vnitřními předpisy a vnitřními normami Univerzity Pardubice.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2025 Pravidla pro odevzdávání, zpřístupňování závěrečných prací veřejnosti a jejich formální úpravu, bude závěrečná práce zpřístupněna veřejnosti prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 11. 2025

Bc. Tomáš Jansa v.r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu doc. Robertu Baťovi, za trpělivost, cenné rady a odborné připomínky, které mi při vzniku práce věnoval. Poděkování patří i mé rodině za podporu po celou dobu studia.

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá komparací fotovoltaických a fototermických systémů a jejich potenciálem pro využití v podnikovém prostředí. Teoretická část shrnuje principy solárního záření, konstrukční a technologické vlastnosti obou systémů, jejich účinnosti, parametry, systémové ztráty a faktory ovlivňující dlouhodobou výkonnost. Pozornost je věnována také vývoji slunečního záření v České republice, dostupným dotačním programům a emisním faktorům vyplývajícím z aktuálního energetického mixu. Praktická část využívá uvedené poznatky na modelový podnik, pro který jsou definovány vstupní parametry a následně vypočteny energetické zisky, finanční úspory a environmentální přínosy obou technologií, včetně zohlednění degradace výkonu a vývoje cen energií. Výsledky ukazují rozdíly v přínosu obou systémů v závislosti na charakteru spotřeby energie v podniku.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

emisní faktor; energetická účinnost; finanční úspory; fototermický systém; fototermika; fotovoltaický systém; fotovoltaika; insolace; obnovitelné zdroje energie; solární energie

## **TITLE**

Comparison of the potential of photovoltaic and photothermal systems for use in a business

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the comparison of photovoltaic and solar thermal systems and their potential for use in an enterprise environment. The theoretical part summarises the principles of solar radiation, the structural and technological characteristics of both systems, their efficiency parameters, system losses, and the factors influencing long-term performance. Attention is also given to the development of solar radiation in the Czech Republic, available subsidy programmes, and emission factors arising from the current national energy mix. The practical part applies these findings to a model enterprise, for which input parameters are defined and subsequently the energy yields, financial savings and environmental benefits of both technologies are calculated, including performance degradation and future energy price development. The results show differences in the benefits of both systems depending on the enterprise's energy consumption profile.

## **KEYWORDS**

emission factor; energy efficiency; financial savings; photovoltaic energy; photovoltaic system; renewable energy sources; solar energy; solar insolation; solar thermal system; solar thermal technology

# OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	11
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	12
ÚVOD.....	12
1 ENERGIE ZE SLUNCE .....	14
1.1 Slunce.....	14
1.2 Solární energie .....	14
1.3 Insolace v České republice z dat CHMI .....	15
2 SOLÁRNÍ A FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY .....	18
2.1 Fotovoltaika .....	18
2.1.1 Princip fungování.....	18
2.1.2 Fotovoltaický panel a jeho typy .....	19
2.1.3 Kompletní fotovoltaický systém.....	22
2.1.4 Životnost a údržba .....	23
2.1.5 Degradace v průběhu času .....	23
2.1.6 Výhody a nevýhody .....	24
2.2 Fototermika .....	25
2.2.1 Princip fungování.....	25
2.2.2 Konstrukce kolektoru.....	25
2.2.3 Typy kolektorů.....	26
2.2.4 Kompletní solární systém. ....	27
2.2.5 Účinnost solárních kolektorů .....	28
2.2.6 Životnost a údržba .....	29
2.3 Kombinace FV a FT panelů.....	29
2.4 Dotační programy .....	30

2.5	Cena elektrické energie.....	31
2.5.1	Koncové ceny .....	31
2.5.2	Výkup energie.....	32
2.6	Energetický mix a emisní faktory.....	32
3	POUŽITÉ METODY A POSTUPY .....	34
3.1	Postup pro fotovoltaický systém.....	34
3.2	Postup pro fototermický systém .....	35
3.3	Doba návratnosti .....	37
3.4	Budoucí ceny elektřiny a plynu .....	38
3.4.1	metoda Monte Carlo .....	39
3.4.2	Simulace vývoje koncové ceny elektřiny .....	40
3.4.3	Simulace vývoje koncové ceny zemního plynu.....	41
4	ENERGETICKÉ, EKONOMICKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ ZISKY JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ.....	42
4.1	Monokrystalický panel .....	42
4.2	Polykrystalický panel.....	44
4.3	Plochý kolektor .....	45
4.4	Trubicový kolektor .....	46
4.5	Porovnání vypočítaných variant .....	48
5	MODELOVÝ PODNIK .....	50
5.1	Definice modelového podniku.....	50
5.2	Cena pořízení a údržby .....	51
5.2.1	FV .....	51
5.2.2	FT systém.....	52
5.3	Provoz a údržba .....	52
5.4	Vyčíslení uvažovaných variant.....	52
5.5	Varianta 1 – fotovoltaický systém .....	53

5.6	Varianta 2 – systém solárních kolektorů.....	56
6	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	59
	ZÁVĚR.....	62
	SEZNAM LITERATURY.....	64

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1: Rozsah solárního záření .....	15
Obrázek 2: Doba trvání slunečního svitu v ČR v roce 2024 .....	16
Obrázek 3: Konstrukce solárního článku.....	19
Obrázek 4: Složení FV panelu .....	20
Obrázek 5: Transparentní FV panel.....	21
Obrázek 6: Semi-transparentní FV panel.....	21
Obrázek 7: Jednoduché schéma FV systému.....	22
Obrázek 8: Konstrukce solárního kolektoru .....	26
Obrázek 9: Ploché solární kolektor .....	27
Obrázek 10: Zvýšení reflexní plochy trubicových kolektorů .....	27
Obrázek 11: Schéma fototermického systému.....	28
Obrázek 12: Řez kombinovaným panelem.....	30
Obrázek 13: Graf ceny elektřiny za posledních 60 měsíců .....	38
Obrázek 14: Graf ceny zemního plynu za posledních 60 měsíců.....	39
Tabulka 1: Úhrny ročního globálního záření na vybraných stanicích CHMI v ČR v kWh/m <sup>2</sup> *rok .....	17
Tabulka 2: Energetický mix v ČR v roce 2024 .....	32
Tabulka 3: Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého .....	33
Tabulka 4: Simulace vývoje cen elektřiny.....	40
Tabulka 5: Simulace vývoje cen zemního plynu .....	41
Tabulka 6: Vyčíslení potenciálu monokrystalického panelu .....	43
Tabulka 7: Vyčíslení potenciálu polykrystalického panelu .....	44
Tabulka 8: Vyčíslení potenciálu plochého solárního kolektoru .....	46
Tabulka 9: Vyčíslení potenciálu trubicového solárního kolektoru.....	47
Tabulka 10: Porovnání jednotlivých variant na 1 m <sup>2</sup> plochy.....	48
Tabulka 11: Porovnání potenciálu jednotlivých variant v návaznosti na pořizovací cenu.....	49
Tabulka 12: Cena a parametry nabízených řešení .....	51
Tabulka 13: Vyčíslení potenciálu jednotlivých možností varianty 1 .....	54
Tabulka 14: CF a doba návratnosti jednotlivých možností varianty 2 .....	55
Tabulka 15: Vyčíslení potenciálu, CF a doba návratnosti jednotlivých možností varianty 2 ..57	

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CF – cash flow  
EF – emisní faktor  
FT – fototermický  
FV – fotovoltaický  
FVE – fotovoltaická elektrárna  
CHMI – Český hydrometeorologický ústav  
J – joule  
kJ – kilojoule  
kWh – kilowatthodina  
kWp – kilowatt peak (jmenovitý výkon FVE)  
MJ – megajoule  
MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu  
MWh – megawatthodina  
MŽP – Ministerstvo životního prostředí  
OZE – obnovitelné zdroje energie  
TUV – teplá užitková voda  
Wh – watthod

## ÚVOD

V Evropě se v posledních letech stále výrazněji prosazuje trend reagující na environmentální dopady lidské činnosti, který se zaměřuje na dekarbonizaci a podporu obnovitelných zdrojů energie. Evropská unie a členské státy prostřednictvím Zelené dohody pro Evropu, známé pod pojmem Green Deal, usilují o snížení emisí skleníkových plynů a dosažení klimatické neutrality do roku 2050. Tato politika, ve spojení s dnešní dynamickou a krizemi zatíženou dobou, výrazně ovlivňuje uvažování, přístup a pohled na zaběhlé praktiky nejen v oblasti energetiky.

Rostoucí důraz na udržitelnost, energetickou efektivnost a snižování emisí skleníkových plynů představují klíčové faktory rozvoje a podnikatelského prostředí. Stále více podniků hledá řešení, jak snížit svou závislost na konvenčních zdrojích energie. Řešení, které bude optimalizovat náklady na provoz a pomůže snížit produkci vylučovaných emisí škodlivin do ovzduší. V tomto kontextu nabývají na významu obnovitelné zdroje energie. Částí obnovitelných zdrojů, konkrétně technologií využívajících energii Slunce, se zabývá tato práce. Tyto systémy umožňují transformovat sluneční záření na elektrickou nebo tepelnou energii, čímž přispívají nejen k ekonomické úspoře, ale i ke zlepšení environmentální bilance podniku.

Fotovoltaické systémy jsou systémy převádějící energii slunečního záření na energii elektrickou. Druhým typem jsou fototermické systémy. Tento typ transformuje sluneční záření na teplo využitelné například pro ohřev vody nebo vytápění. Obě technologie využívají totožný primární zdroj, a to sluneční záření. Princip fungování, účinnost, úspory a ekonomická návratnost se liší. Volba konkrétního systému pro využití v podniku vždy velmi záleží na podmínkách a možnostech daného podniku, jeho preferencím a požadavkům. Volba mezi těmito dvěma přístupy vyžaduje komplexní posouzení technických, ekonomických a environmentálních faktorů.

První část představuje teoretický rámec, v němž jsou přiblíženy principy fungování solárních systémů, jejich typy, konstrukční rozdíly a faktory ovlivňující účinnost a životnost. Rozebráno je také sluneční záření a jeho působení v České republice. Dále také přehled možných dotačních programů nabízených v roce 2025 na instalaci solárních systémů. Poslední část se týká energetického mixu v ČR a emisních faktorů.

Následující část se zaměřuje na aplikaci uvedených teoretických poznatků na modelové situace. Jsou definovány vstupní předpoklady, technické i provozní podmínky a parametry obou systémů. Následně jsou zpracovány výpočty energetického zisku, finančních úspor a emisního

přínosu, včetně zohlednění vývoje cen energií a dlouhodobé životnosti instalace pro modelový podnik. Výsledkem je porovnání obou technologií, které ukazuje jejich vhodnost a potenciál pro využití v podnikové praxi.

**Cílem této diplomové práce je provést komparativní analýzu environmentálního a ekonomického potenciálu pro fototermický a fotovoltaický solární systém. Hodnocení zahrne zejména energetickou účinnost a očekávanou životnost investice a vyčíslí pro obě modelové varianty environmentální a ekonomický efekt.**

# 1 ENERGIE ZE SLUNCE

Planeta Země, na které lidstvo žije již tisíce let, je součástí planetární soustavy jejíž středem je Slunce. Jedná se o hvězdu, která je zdrojem nespočetného množství energie. Na Zemi dodává teplo a světlo, a díky tomu zde může již po miliony let existovat život.

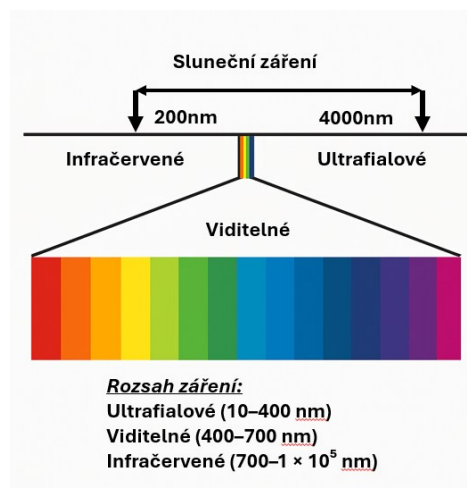
## 1.1 Slunce

Slunce je středobodem celé sluneční soustavy. Všechny planety jsou sluncem přitahovány a obíhají kolem něj. Slunce tvoří okolo 99,9 % hmotnosti celé soustavy. Jedná se o kulovitou hvězdu, která má průměr asi 1,39 milionů kilometrů a od Země je vzdálena přibližně 150 milionů kilometrů. Slunce se skládá z dvou hlavních prvků, vodíku (70%) a helia (28%), zbylé 2% zabírají ostatní prvky. Všechny prvky jsou ve Slunci obsaženy ve skupenství plazmy. Zdrojem energie Slunce je termonukleární reakce, neboli také jaderná fúze, která probíhá v centrální oblasti Slunce. Stáří této hvězdy se odhaduje na 5 miliard let a podle odhadů bude tato reakce probíhat ještě minimálně dalších 5 miliard let, než hvězda vyhasne. Díky takto obrovskému časovému horizontu lze Slunce označit jako stálý a nevyčerpatelný zdroj energie pro Zemi (Matuška, 2013).

## 1.2 Solární energie

Při jaderné fúzi se za obrovských teplot a tlaku přeměňují štěpením atomy vodíku na atomy helia. Během tohoto procesu se uvolňují elektrony, které následně vytvářejí nepředstavitelné množství energie. Tato energie je postupně uvolňována z povrchu Slunce do kosmického prostoru jako záření nejrůznějších spekter. Odhadovaná vyzařovaná energie na povrchu slunce je  $60 \text{ MW/m}^2$  (A. Duffie et al., 2020).

Solární energie je pojem, který označuje získání použitelné a uchovatelné energie přeměnou slunečního záření a tepla pomocí nejrůznějších technologií. Sluneční záření obsahuje vlnové délky širokého spektra, od ultra červeného, přes viditelné až po ultrafialové záření. Celkové spektrum slunečního záření se pohybuje v rozsahu vlnových délek od 0,2 do 4,0 mikrometrů (Al-Waeli et al., 2019). Vlnové délky a jednotlivé typy záření přibližuje obrázek 1.



Obrázek 1: Rozsah solárního záření

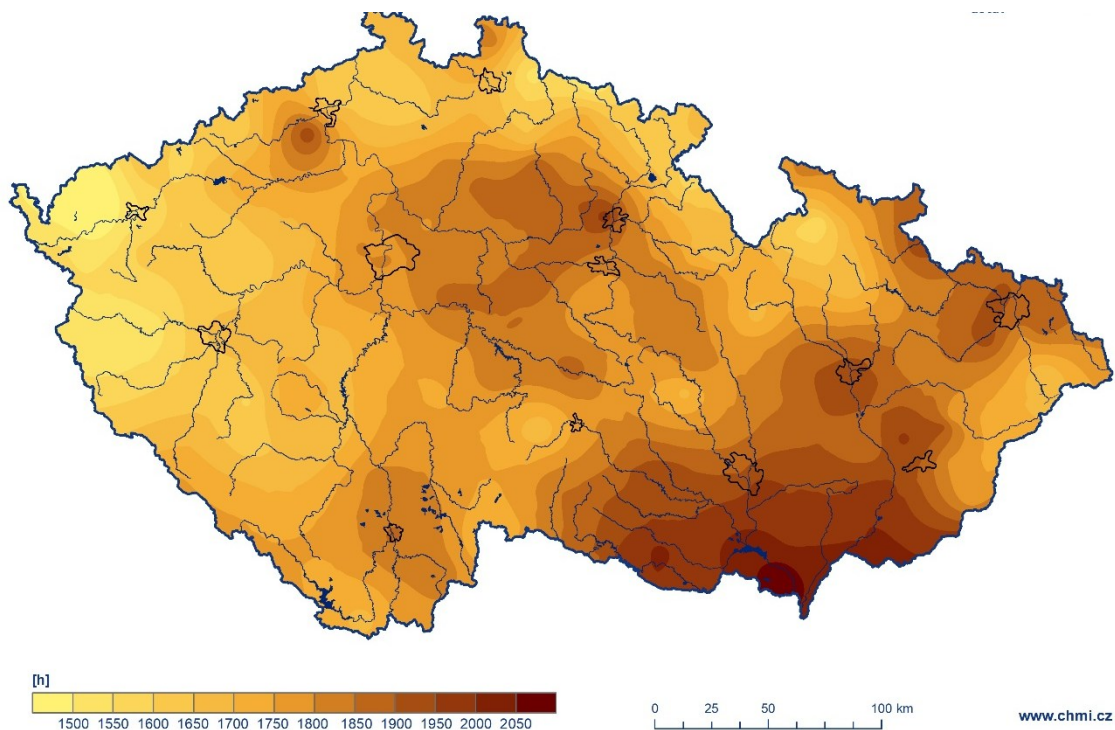
Zdroj: Vlastní zpracování dle: (Al-Waeli et al., 2019)

Toto záření putuje kosmickým prostorem k Zemi. Vzhledem k poloze k Zemi lze rozdělit toto záření na dva typy. Záření mimo zemskou atmosféru, které je ovlivňováno pouze polohou Slunce a Země a vzájemnou vzdáleností. Tento typ se nazývá solární konstanta a má hodnotu  $1367 \text{ W/m}^2$  (A. Duffie et al., 2020). Druhým typem je záření, které dopadne na zemský povrch. Síla tohoto záření je ovlivněna zemskou atmosférou a dalšími vlivy. Část záření se odrazí od atmosféry zpět do vesmíru. Další část záření je pohlcena mraky a plyny v atmosféře, část rozptýlena a část odrazena. Výsledkem je globální záření, které je součtem přímého a odraženého záření. Na sílu záření mají vliv zeměpisné parametry pro místo, kde se záření měří. Země obíhá kolem Slunce a zároveň se točí kolem své osy. Výsledkem je putování Slunce na obloze, střídání ročních období a jinak dlouhý den a noc v různých zeměpisných šířkách v průběhu roku. Pro měření síly záření používají meteorologové zařízení pyrheliometr a pyranometr. Díky těmto přístrojům mohou meteorologové naměřit a určit hodnoty záření ze Slunce, například jeho intenzitu a čas. Výsledkem měření pak mohou být hodnoty jako osvit nebo insolace. Osvit udává okamžitou sílu záření dopadající na jednotku plochy. Insolace nebo také ozáření poté k tomuto přidává jednotku času. Hodnoty se udávají v případě osvitu v  $\text{J/m}^2$  nebo  $\text{W/m}^2$ , u insolace se přidává hodnota času, nejčastěji je udávána v jednotkách watt hodin na plochu (Al-Waeli et al., 2019).

### 1.3 Insolace v České republice z dat CHMI

Hodnoty insolace reflektují zeměpisnou výšku, podnebí a roční období. Nejvyšších hodnot nabývá v okolí rovníku, kde slunce svítí nejvíc.

V České republice lze získat oficiální data z portálu Českého hydrometeorologického ústavu. (CHMI). Ústav provozuje po celé České republice desítky měřicích stanic a zaznamenává značná množství dat. Každoročně CHMI zveřejňuje roční úhrny slunečního svitu a rozložení podle měsíců do své ročenky. Na obrázku 2 lze vidět mapu zobrazující hodinové úhrny slunečního záření dopadající na území České republiky. Tmavší barva znamená větší úhrn. Z mapy lze vidět, že nejvíce hodin slunečního záření je na jižní Moravě a ve středu Čech. Naopak příhraniční horské oblasti mají slunečných hodin méně. V letních měsících svítí slunce 200 až 250 hodin měsíčně. Nejméně pak v prosinci a lednu, kdy to je jenom okolo 50 hodin (Český hydrometeorologický ústav, 2025a).



Obrázek 2: Doba trvání slunečního svitu v ČR v roce 2024

Zdroj: (Český hydrometeorologický ústav, 2025a)

Na vybraných stanicích CHMI zaznamenává také hodnoty úhrnu globálního záření. Naměřená surová data jsou zveřejněna na serveru [opendata.chmi.cz](http://opendata.chmi.cz). Zde je možné data najít v požadovaném formátu a s daty dále pracovat. V tabulce č. 1 jsou znázorněny naměřené úhrnné roční hodnoty globálního záření dopadající na 1 m<sup>2</sup> plochy pro vybrané stanice. Hodnoty jsou uvedeny v kWh (Český hydrometeorologický ústav, 2025b).

Tabulka 1: Úhrny ročního globálního záření na vybraných stanicích CHMI v ČR  
v kWh/m<sup>2</sup>\*rok

označení stanice	0-20000-0-11519	0-20000-0-11509	0-20000-0-11520	0-203-0-11633
rok /stanice	Ostrava – Mošnov	Brno – Tuřany	Praha – Libuš	Hradec Králové – Piletice
2004	1077,4	1068,2	1112,1	
2005	1124,8	1187,3	1132,0	
2006	1143,6	1171,4	1157,8	
2007	1132,3	1164,6	1130,3	
2008	1064,7	1080,7	1074,8	
2009	1062,7	1092,7	1074,9	
2010	1071,8	1088,4	1065,2	
2011	1152,6	1149,9	1158,0	
2012	1141,0	1148,9	1143,9	
2013	1046,0	1044,3	1023,2	
2014	1074,7	1063,6	1084,0	
2015	1140,8	1157,6	1131,6	
2016	1057,0	1099,1	1087,9	
2017	1127,8	1128,1	1147,5	
2018	1224,4	1244,7	1233,8	
2019	1169,9	1171,9	1177,3	
2020	1168,2	1152,1	1168,7	1110,7
2021	1116,7	1132,6	1118,7	1080,2
2022	1200,4	1185,4	1200,0	1150,6
2023	1160,9	1161,7	1162,1	1101,8
2024	1148,5	1147,2	1155,5	1117,4
<b>průměr za posledních 5 let</b>	<b>1158,9</b>	<b>1155,8</b>	<b>1161,0</b>	<b>1112,2</b>

Zdroj: vlastní zpracování dle dat CHMI (Český hydrometeorologický ústav, 2025b).

## 2 SOLÁRNÍ A FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

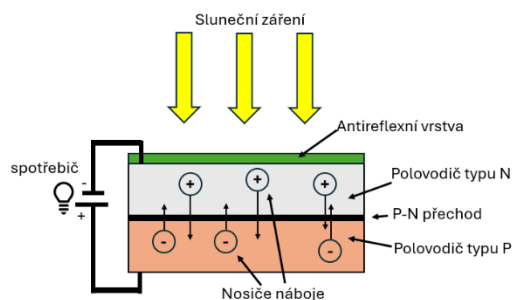
Díky sluneční energii lidstvo žije a funguje po tisíciletí. Postupným vývojem vědy a techniky dokázali lidé mnohem více sluneční záření popsat a pochopit. V dnešní době se na něj pohlíží jako na zdroj bezplatné nevyčerpatelné energie. Energie, kterou lze transformovat do různých forem a přímo spotřebovat nebo uchovat. Hlavním využitím solární energie je její převod na teplo nebo elektřinu. Při převodu na teplo se vneslo označení fototermitický systém. Více známé je označení systému fotovoltaického, který označuje převod záření na elektřinu.

### 2.1 Fotovoltaika

Tento systém využívá sluneční energii a za pomoci fotovoltaického jevu ji převádí na energii elektrickou. Jedná se v povědomí veřejnosti o nejvíce známý typ solárního systému. Jeho popularita v posledních dvou desetiletích velmi vzrostla. A to díky zvyšování tlaku na využívání obnovitelné energie a v návaznosti na to vypsáním různým dotačním programům, poskytujícím prostředky na pořízení těchto systémů. K nárůstu využívání fotovoltaiky přispěl zejména výrazný pokles cen způsobený úsporami z rozsahu, podpořený politickými pobídkami a technologickým zlepšováním.

#### 2.1.1 Princip fungování

Základem celého principu fungování je fotovoltaický jev. Ten lze označit za fyzikální proces, při kterém dochází k přeměně energie slunečního záření na elektrickou energii, a to díky vlastnostem využitého polovodičového materiálu. Základní součástí tohoto procesu je fotovoltaický článek. Jedná se o základní stavební jednotku každého panelu. Článek je tvořen dvěma vrstvami polovodiče s různým typem vodivosti. Vneslo se označení p-n přechod. Polovodič, nejvíce jsou využívány křemíkové, je speciálně dopován tak, aby jedna jeho část obsahovala přebytek elektronů (n-*typ*) a druhá naopak jejich nedostatek (p-*typ*). Když na povrch článku dopadá sluneční záření, fotony světla předávají svou energii elektronům v křemíkové mřížce. Díky této energii se elektrony uvolní z vazeb a v místě pn přechodu se volné elektrony přesouvají z n-části do p-části a naopak. Tento oddělený pohyb elektronů vytváří mezi elektrodami článku elektrické napětí, které lze odebírat v podobě elektrického proudu (Tripathi & Sanjeevikumar, 2021). Na obrázku 3 je znázorněn řez článkem. Lze vidět p–n přechod a pohyb volných elektronů, antireflexní desku a vývod elektrické energie.



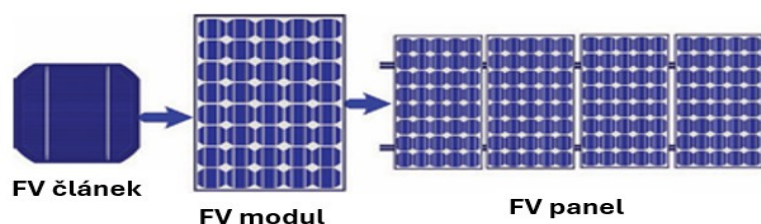
Obrázek 3: Konstrukce solárního článku

Zdroj: Vlastní zpracování dle (Ismail, 2023)

Účinnost fotovoltaického článku, tedy poměr mezi vyrobenou elektrickou energií a dopadajícím slunečním zářením, je ovlivňována řadou vzájemně působících faktorů. Nejvýznamnějšími jsou teplota článku, odrazivost povrchu, intenzita a spektrum dopadajícího záření. Rostoucí teplota má vliv na napětí v článku. S rostoucí teplotou toto napětí klesá. Tento jev se projevuje od teplot nad 25°C. Vliv má také intenzita a vlnové délky dopadajícího slunečního záření. Nejlépe článek funguje při přímém záření s vlnovými délkami okolo 400 nanometrů. Při zatažené obloze výkon a efektivita článku klesá. Dalším faktorem jsou použité materiály. Část dopadajícího světla se totiž od povrchu modulu odrazí, aniž by byla absorbována (Reinders et al., 2017). Tyto faktory hrají roli u okamžité účinnosti. U fotovoltaických panelů ale dochází k degradaci materiálů a celková účinnost klesá v průběhu času. Více o tomto problému v kapitole 2.1.5.

### 2.1.2 Fotovoltaický panel a jeho typy

Samotný solární článek je poměrně malou součástí, s velikostí v řádu centimetrů. Propojením těchto článků vznikají fotovoltaické moduly. Samotné propojení článků může být sériové nebo paralelní. Zapojením lze ovlivňovat výstupní napětí a proud. Jednotlivé moduly jsou následně spojeny do panelů. Panely vypadají jako desky, které se následně spojují a jejich plocha a výkon tvoří základ FVE. Složení panelu je znázorněno na obrázku č. 4.



Obrázek 4: Složení FV panelu

Zdroj: (Tripathi & Sanjeevikumar, 2021)

Z panelu vystupují 2 kabely + a -, panely se poté spojují dohromady do stringů. Panelů existuje několik typů. Liší se provedením, použitými materiály, účinností. Dále jsou zmíněny nejčastěji používané typy.

**Monokrystalické panely.** Články tohoto typu panelu jsou vyrobeny z jednoho krystalu křemíku a mají jednotnou mřížkovou strukturou. To jim zajišťuje vysokou účinnost a také dlouhou životnost. Díky homogenní krystalové struktuře mají nízké ztráty při přeměně energie a lepší výkon při slabším osvětlení. Nevýhodou jsou vyšší výrobní náklady a energetická náročnost produkce křemíkových ingotů. Účinnost těchto panelů se pohybuje v rozmezí 18–22 %.

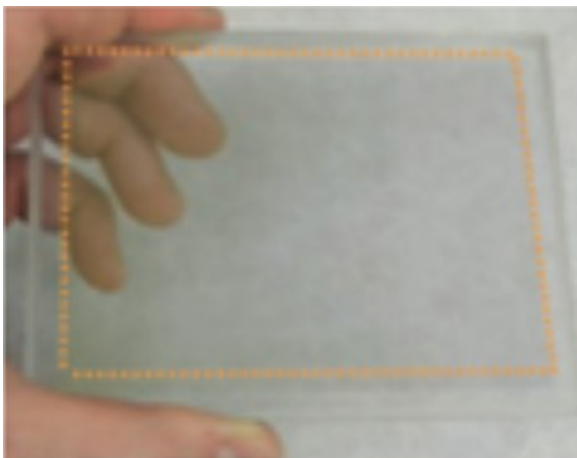
**Polykrystalické panely.** Tento typ se skládá z více krystalů taveného křemíku, čímž je jejich výroba levnější a materiálově méně náročná. Dosahují nižší účinnosti, a to kvůli zrnité struktuře a přechodům mezi krystaly, které snižují vodivost. Jsou vhodné pro instalace, kde není limitující prostor. Výhodou je cena a spolehlivost. Účinnost tohoto typu je asi 15–18 %.

**Tenkovrstvé panely.** U této kategorie články využívají tenké vrstvy polovodičových materiálů nanesených na podklad (sklo, plast či kov). S tímto souvisí nižší účinnost. Výhodami naopak jsou nižší cena, menší hmotnost a dobré vlastnosti při rozptýleném světle. Tento typ se využívá pro integraci do stavebních prvků nebo flexibilní aplikace. Obvyklé účinnost 10-13 % (Tripathi & Sanjeevikumar, 2021).

**Perovskitové panely.** Jedná se o alternativu k tradičním křemíkovým panelům. Perovskitové solární články představují jednu z nejnovějších a rozvíjejících se technologií v oblasti fotovoltaiky. Svůj název získaly podle krystalové struktury minerálu perovskit. Pro krystalickou mřížku využívají hybridní organicko-anorganické sloučeniny. Například methylamoniový jodid olovnatý. Výhodou je výborná absorpční vlastnost těchto materiálů. Lze tedy využít velmi slabé vrstvy, které je možné například tisknout. Díky tomu je množství

zpracovaných surovin a materiálů velmi zredukováno a panely se dají vyrábět s nízkými náklady. Jedná se o alternativu k tradičním křemíkovým panelům. Nevýhodou zůstává, vzhledem k použitým materiálům, nízká spolehlivost, stabilita a životnost. Dosahují účinnosti až 22% (Reinders et al., 2017).

**Transparentní panely.** Jedná se o specialitu v tomto segmentu. Transparentní solární panely fungují tak, že propouštějí běžné viditelné světlo, ale zachycují neviditelné části slunečního záření, hlavně ultrafialové a infračervené paprsky. Absorpce probíhá v transparentních luminiscenčních solárních koncentrátorech. Tyto kolektory vytváří neviditelný náboj, který sbírají na okraji skla klasické solární články. Průhlednost dosahuje až 70 %. Výhodou je možnost využití v oknech nebo prosklených částech budov, kde mohou fungovat jako stavební materiál. Využití se nabízí také ve vozidlech či elektronice. Nevýhodou je nízká účinnost a vysoké náklady. Ty omezují široké použití. Nejnovější modely mají teoretickou laboratorní účinnost až 12 %. V reálu se pohybuje okolo 2% (Ismail, 2023). Propustný panel je znázorněn na obrázku 5. V současné době se ve stavebnictví používají semi-propustné panely. Jedná se o skleněné desky ve kterých jsou řídce zapuštěny klasické solární buňky. Tento typ je znázorněn na obrázku č. 6.



Obrázek 5: Transparentní FV panel  
Zdroj: (Stauffer, 2016)

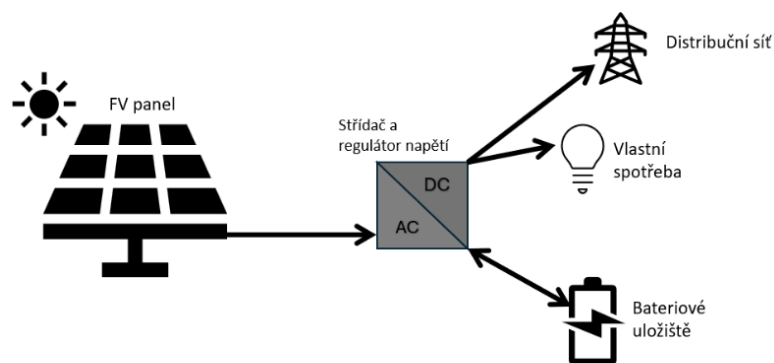


Obrázek 6: Semi-transparentní FV panel  
Zdroj: (Alexa et al., 2022)

Samotné panely jsou základním stavebním kamenem funkčního FV systému. Pro funkční kompletní systém je třeba panely doplnit několika dalšími komponenty pro správné fungování. Celý systém se všemi prvky se nazývá fotovoltaická elektrárna (FVE).

### 2.1.3 Kompletní fotovoltaický systém

Kompletní FV je tvořen sestavou komponentů, které tvoří funkční systém. Základním prvkem jsou panely. Obvykle je panelů několik, od jednotek až po vyšší desítky, závisí to od velikosti elektrárny. Tyto panely jsou poté spojeny do požadované soustavy pomocí stringů. Soustava panelů je pouze část celého systému. Pro využití přetvořené energie jsou potřeba další součásti systému. Jsou hlavní tři přístupy, jak lze s vytvořenou energií nakládat. Energie putuje do přímé spotřeby, je akumulována v bateriích pro pozdější spotřebu, a nebo je prodávána do distribuční sítě. Obrázek 7 znázorňuje jednoduché schéma zapojení.



Obrázek 7: Jednoduché schéma FV systému

Zdroj: vlastní zpracování dle: (Al-Waeli et al., 2019)

Z obrázku je patrné, že se samotný systém skládá z více komponent. V realitě je potřeba upevňovací materiál panelů, dle typu uchycení. Panely musí být na šikmé ploše. V případě upevnění na střechu jsou potřeba nosné lišty nebo přímé úchyty na střechu. V případě instalace panelů na rovné ploše jsou využívány většinou hliníkové nosníky. Dalším komponentem je regulátor výkonu, který optimalizuje výstup z panelů. Ten je důležitý, pokud se energie ukládá do akumulátoru. Nejdůležitější součástí je měnič. Proud z panelů vychází jako stejnosměrný (DC) a tato součástka ho mění na proud střídavý (AC). Z měniče poté jde elektrická energie v požadovaném střídavém napětí do spotřeby, ukládá se do akumulátoru nebo jde do distribuční sítě. Pokud je systém spojen s distribuční sítí, jsou potřeba ochranné prvky, elektroměry, jističe, senzory a řídicí jednotky (Reinders et al., 2017; Tripathi a Sanjeevikumar, 2021).

Pro samotný výkon celého systému se udává hodnota v jednotkách watt peaku (Wp) Velikost FVE je určena jmenovitým výkonem v kWp, který odpovídá součtu výkonu všech fotovoltaických modulů za standardních testovacích podmínek. Standardní testovací podmínky předpokládají intenzitu slunečního záření 1 000 W/m<sup>2</sup>, teplotou článku modulu 25 °C, hodnotu

1,5 pro hustotu atmosféry (hodnota 1 značí slunce přímo na hlavou, nejmenší hustotu a délku atmosféry), jakou záření prostupuje (Reinders et al., 2017).

Pro určení hodnoty, kolik energie je FVE schopna vygenerovat, lze využít dva přístupy. Jde o dva výpočetní postupy, pomocí nichž lze odhadnout potenciální energetický výnos FVE. Skutečný výkon daného systému lze přesně určit pouze pomocí elektroměru na výstupu. Při výpočtu se využívá hodnota insolace pro danou lokalitu. Jeden přístup počítá s hodnotou kW<sub>p</sub>, tedy teoretického výkonu elektrárny za standardních podmínek, druhý přístup zahrnuje dopadající záření, plochu panelů a jejich účinnost. Pokud je potřeba určit koncový výstup, je třeba uvažovat i ztráty způsobené systémem a stárnutím. Systémové ztráty, způsobené tepelnými rozdíly, elektrickými ztrátami v kabelech, měničích a jističích, a dalšími ztrátami se pohybují obvykle okolo 10% až 15% (Reinders et al., 2017).

#### **2.1.4 Životnost a údržba**

Tyto systémy se vyznačují velmi nízkou potřebou údržby. Nejvíce hrají vliv klimatické podmínky, které mohou způsobit mechanické poškození. Ohledně pravidelné údržby je vhodné panely dle místní situace čistit od usazeného prachu a nečistot na ploše panelu. Prach a nečistoty tvoří překážku pro sluneční záření dopadajícího přímo na panel, a tak snižují jeho účinnost.

#### **2.1.5 Degradace v průběhu času**

Fotovoltaické panely jsou v průběhu času vystaveny povětrnostním podmínkám a ty poté mají vliv na technický stav panelu. Dalšími faktory jsou mrazivé podmínky, vlhkost, UV záření, tepelné namáhání, koroze. V návaznosti na tyto faktory lze rozlišit dva efekty, jež vedou k postupné ztrátě výkonu v čase. PID efekt (Potential Induced Degradation) znamená degradaci výkonu v důsledku vzniku napěťového rozdílu mezi solárním článkem a rámem modulu, což vede k úniku elektrických nábojů. Průběhem času se některé uvolněné elektrony ztrácí z polovodičů do prostoru rámu a tím klesá účinnost. Druhým faktorem je LID efekt (Light Induced Degradation), neboli degradace světlem. Dopadající světlo na křemíkové články způsobuje jejich postupnou degradaci a vytváření defektů. Tím se snižuje proud i napětí článku a v důsledku toho i celková účinnost (Reinders et al., 2017).

U životnosti panelů okolo dvaceti let se ztráta účinnosti udává až kolem 20% (Al-Waeli et al., 2019). Reinders et al. (2017) uvádí hodnoty mezi 0,5 % až 0,8 % ztráty výkonu za rok. Tyto hodnoty jsou pouze orientační a v reálu vždy závisí na typu panelu, výrobcích, provedení a klimatických podmínkách. V technickém listu panelu je standardně uvedena předpokládaná degradace výrobcem.

### 2.1.6 Výhody a nevýhody

Fotovoltaický systém má své přednosti i omezení. Díky závislosti na využití slunečního záření jsou jednotlivé výhody a nevýhody často diskutovány a zmiňovány jako silné argumenty příznivců a odpůrců FV systémů. Mezi hlavní výhody a nevýhody patří:

#### výhody

- **Čistý a environmentálně příznivý zdroj energie** – při výrobě elektřiny se negenerují žádné emise.
- **Obnovitelný a nevyčerpatelný zdroj energie** – sluneční energie je dostupná téměř všude, kde svítí slunce a je zdarma. Považuje se za nevyčerpatelný zdroj.
- **Nízké provozní náklady** – panely prakticky neobsahují pohyblivé části vykazující opotřebení, vyžadují minimální údržbu a mají dlouhou životnost.
- **Bez hluku** – provoz je tichý, vhodný i do obytných oblastí.
- **Pokrytí špičkových odběrů** – v létě pomáhají vyrovnávat vysokou spotřebu elektřiny, např. na klimatizaci.
- **Finanční podpora** – vlády a EU poskytují dotace, daňové úlevy. Při přebytku lze vyrobenou elektřinu prodat.
- **Snadná instalace** – lze je umístit na střechy i na volné plochy bez větších stavebních zásahů.
- **Klesající cena panelů** – náklady na výrobu a instalaci solárních panelů díky vývoji klesají, čímž se zvyšuje jejich dostupnost.

#### nevýhody

- **Závislost na počasí a denní době** – přímá závislost na slunečním záření. V noci negenerují, při zatažené obloze generují méně.
- **Kolísavost výroby** – kvůli proměnlivé intenzitě slunečního záření nejsou zcela spolehlivým a stálým zdrojem. Nelze garantovat stálý výkon nebo ho regulovat podle potřeby.
- **Nutnost měničů a akumulace** – pro připojení k síti je potřeba měnič (DC/AC) a baterie pro skladování energie.

- **Velká plocha** – instalace vyžadují rozsáhlé území dle požadovaného výkonu. Problém hlavně u elektráren vystavěných na využitelné ploše (Ismail, 2023).

V této části práce byla popsána fotovoltaika jako solární technologie vyrábějící elektřinu. Následující kapitola se zaměřuje na fototermický systém, který spočívá v přeměně solární energie na energii tepelnou.

## **2.2 Fototermika**

Jedná se také o systém využívající sluneční energii. V tomto případě se nejedná o přeměnu energie na energii elektrickou, ale jak je ukryto v názvu, na energii tepelnou. Fototermické panely přímo konvertují solární záření na tepelnou energii, kterou teplotonosná kapalina transportuje k místu využití nebo do zásobníku tepla. Tato technologie je nejčastěji užívaná pro ohřev teplé užitkové vody nebo vytápění.

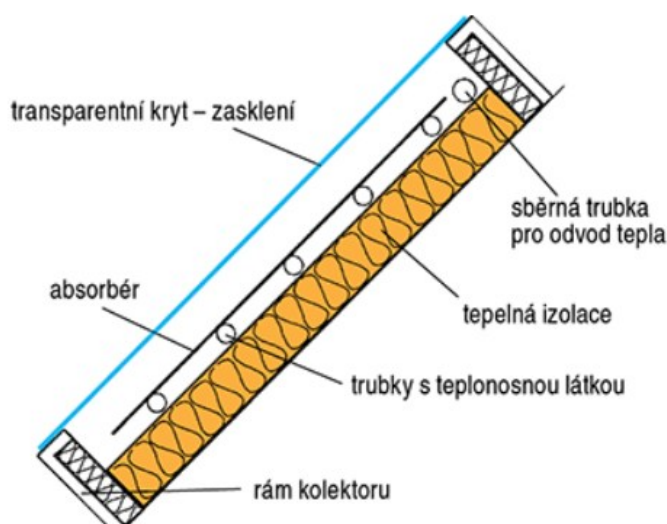
### **2.2.1 Princip fungování**

Princip fungování se zakládá na tom, že je absorbováno sluneční záření a vytvořené teplo je přeneseno do média. Médium je označení pro látku, která zajišťuje přenos tepla. Nejčastěji tekutina nebo vzduch. Teplo se následně přenáší přímo do vnitřních prostor k přímému využití nebo se ukládá pro pozdější použití. Zařízení, které sbírá sluneční energii, se nazývá solární termální kolektor. Použití vzduchu jako přenosového media má jedinou výhodu, a to, že vzduch nezamrzne při nízkých teplotách. V dnešní době se ale nejvíce používá kapalina a vodní systémy jsou populárnější hlavně z důvodu vyšší efektivity a menším nákladům. Moderní systémy využívají speciální kapaliny a vysoce vodivé materiály pro zvýšení účinnosti. Celé systémy lze rozdělit na aktivní a pasivní. Aktivní systémy používají k cirkulaci média ventilátory nebo čerpadla. Tyto systémy jsou odolnější vůči chladu, ale na provoz potřebují více součástí. Aktivní systémy lze rozdělit dále na přímé a nepřímé. V přímém systému je ohříváné médium rovnou spotřebováno, například ohřívána voda proudí skrz kolektor. Naopak nepřímé systémy mají uzavřený okruh média a přenos probíhá přes tepelný výměník. Existují také pasivní systémy, u nichž cirkulace média vzniká samovolně v důsledku rozdílů hustoty, tlaku a teploty. Tyto systémy jsou konstrukčně jednodušší a levnější, avšak obecně dosahují nižší účinnosti (Al-Waeli et al., 2019).

### **2.2.2 Konstrukce kolektoru**

Základním systémem je solární termický kolektor. Záměrně se zde nepoužívá označení panel aby nedocházelo k záměně s fotovoltaickými panely. Samotná konstrukce není složitá. Přeměna energie slunečního záření v tepelnou energii probíhá pomocí fototermální přeměny.

Ta spočívá v absorpci elektromagnetického záření absorpčním materiálem, kde se energie dopadajících fotonů mění na vnitřní energii materiálu, což se projeví zvýšením jeho teploty. Jednoduchou konstrukci kolektoru lze vidět na obrázku 8. Základním prvkem kolektoru je absorpční plocha, která se pohlcováním slunečního záření ohřívá. S absorpční plochou je spojen kanálkový systém, kterým protéká médium. Toto médium je od absorpční plochy ohříváno a odváděno k využití. Pro snížení tepelných ztrát z absorberu se využívá zasklení na přední straně kolektoru. To omezuje jednak tepelné ztráty sáláním a zároveň vytváří před absorberem vzduchovou vrstvu. Ta vytváří tepelný odpor mezi absorberem a okolním prostředím. Na zadní straně a bočních stranách kolektoru, kam nedopadá sluneční svit, se nachází izolace pro co největší zachování tepla. Celý kolektor je většinou osazen v rámu (Matuska, 2013).



Obrázek 8: Konstrukce solárního kolektoru

Zdroj: (Matuska, 2013)

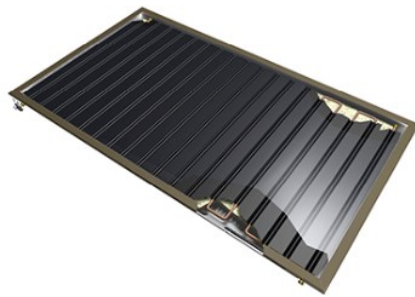
### 2.2.3 Typy kolektorů

Existuje hned několik typů kolektorů. Nejjednodušší a nejlevnější jsou typy nekrytých, neboli **nezasklených kolektorů**. Absorbér je přímo vystaven okolí, takže dochází k velkým tepelným ztrátám při větru a nízkých teplotách. Na druhou stranu tento typ je velmi účinný při vysokých teplotách okolí a slunečního svitu. Využití najde hlavně k sezónnímu ohřevu vody v bazénech nebo pro předehřev užitkové vody v létě.

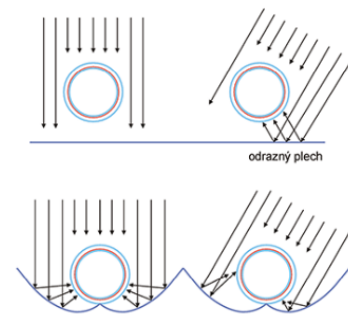
**Ploché zasklené kolektory** jsou nejrozšířenější typ. Mají absorbér krytý speciálním solárním sklem, které propouští záření, ale omezuje únik tepla. Kolektor je izolovaný a obsahuje potrubí s teplonosnou kapalinou. Předností je vysoká spolehlivost a univerzálnost. Nevýhodou je slabší účinnost při zatažené obloze. Tento typ je vhodný pro přípravu teplé vody a přitápění.

**Ploché vakuové kolektory** mají podobnou konstrukci jako zasklené, ale jejich vnitřní prostor je vakuován. Tím jsou minimalizovány tepelné ztráty a kolektor dosahuje vysoké účinnosti i v zimě. Jsou vhodné pro celoroční provoz. Cena je o něco vyšší než u pouze zasklených kolektorů. Tento typ kolektoru je znázorněn na obrázku 9.

Nejvíce účinné jsou **trubicové vakuové kolektory**. Ty tvoří systém skleněných trubic, z nichž každá je samostatně vakuována. V trubicích je absorbér s přímým průtokem kapaliny nebo s tepelnou trubicí. Prostorové umístění trubic umožňuje zachytit sluneční záření z více směrů, protože absorbér není vystaven pouze záření dopadajícímu shora, ale i odraženým a šikmým paprskům. Tento princip znázorňuje obrázek 10. Tyto kolektory mají velmi malé ztráty a dobře pracují i při rozptýleném záření. Jsou vhodné pro celoroční ohřev vody, přitápění i průmyslové aplikace, kde je potřeba vyšší teplota.



Obrázek 9: Ploché solární kolektor  
Zdroj: (Matuška, 2013)



Obrázek 10: Zvýšení reflexní plochy trubicových kolektorů  
Zdroj: (Matuška, 2013)

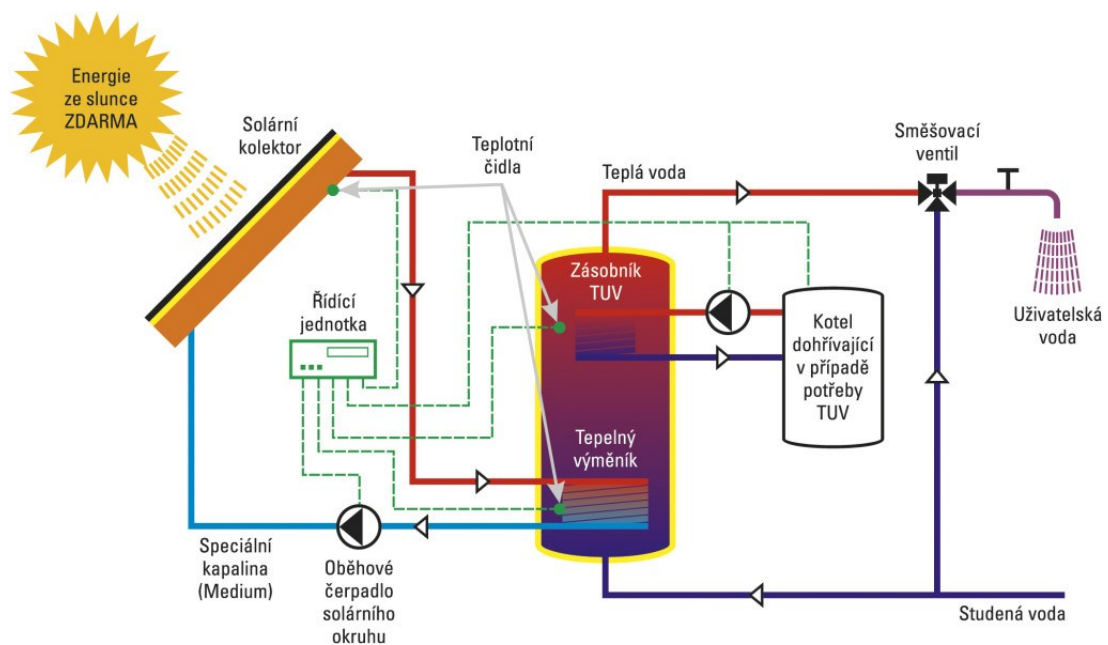
Zajímavou specialitou jsou **koncentrační (soustředující) kolektory**. Ty využívají zrcadla nebo čočky k soustředění slunečních paprsků na malou plochu absorbéru. Tímto soustředěním lze dosáhnout vysokých teplot (100–300 °C) a využití najdou v průmyslu nebo solárních elektrárnách. Vyžadují však přímé sluneční záření a sledování pohybu Slunce (Matuška, 2013).

#### 2.2.4 Kompletní solární systém.

Kompletní solární systém se skládá nejen z kolektorů, ale i z dalších součástí. Obvykle je určitý počet kolektorů zapojen do zásobníkové nádoby. Dalšími komponenty jsou čerpadla, montážní sady pro uchycení kolektorů na střechu, řídicí elektronika, expanzní nádoby a pojistný ventil, potrubí a tepelná izolace. Pokud se nejedná o průtokový systém, tak systémy využívají uzavřený oběh média. Obvykle je využita speciální nemrzoucí kapalina s co nejlepšími vlastnostmi pro přenos tepla. Systémy jsou vždy konstruovány pro potřeby místa, kde jsou instalovány. Mohou obsahovat dohřívací zdroje vody, výměníky a i více

akumulačních nádrží (Cihlář, 2015). Ztráty v takovémto systému mohou dosahovat hlavně díky tepelným ztrátám na vedení a akumulaci 10% až 20% (Matuška, 2013).

Jak může vypadat celý solární termický systém znázorňuje obrázek č. 11. Na obrázku lze vidět samotný kolektor, ze kterého vede tepelný oběh do výměníku akumulační nádrže. Oběh funguje na jednoduchém principu, kde se náplň v kolektoru ohřeje, ve výměníku předá nabytou energii a ochladí se a poté putuje znovu do kolektoru. Celý tento oběh pohání čerpadlo. Dalším prvkem je přidaný zdroj tepla, který pokrývá potřebu tepla pokud kolektor není schopen dodat potřebnou energii. Z akumulátoru jde teplo k následné spotřebě. Celý systém je řízen řídicí jednotkou.



Obrázek 11: Schéma fototermického systému

Zdroj: (Cihlář, 2015)

### 2.2.5 Účinnost solárních kolektorů

Účinnost solárního kolektoru vyjadřuje, kolik dopadající energie ze slunce dokáže kolektor přeměnit na energii tepelnou. Je definována jako poměr mezi tepelným ziskem a dopadající solární energií na plochu kolektoru (A. Duffie et al., 2020).

Účinnost ovlivňuje množství faktorů. Nejdůležitějším je množství dopadajícího záření. Dalším faktorem je rozdíl teplot mezi kolektorem a okolím. Nejlépe kolektor funguje, pokud je rozdíl minimální. Dále účinnost závisí na typu kolektoru a jeho provedení. Množství izolace, typ

krytu, barva a provedení absorpční desky mají také vliv. V neposlední řadě jde i o průtok a typ média a provedení odváděcích kanálků (Al-Waeli et al., 2019).

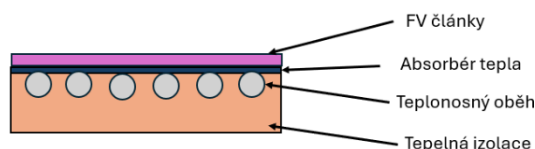
Určení celkové účinnosti je velmi obtížné. Pokud je potřeba získat přesný údaj, je třeba změřit veškerou vydanou energii na výstupu. A to podle vstupní a výstupní teploty a množství proudící látky. Pro zjednodušené určení lze účinnost určit podle plochy kolektorů, dopadajícího záření a udané účinnosti panelu. Do tohoto modelu je již obtížné zahrnout například tepelné ztráty nebo polohu Slunce. V optimálních podmínkách mohou kolektory dosahovat účinnosti až 80 %. Reálná účinnost je díky tepelným ztrátám nižší. Udávané průměrné hodnoty pro větší plochy kolektorů nad 50 m<sup>2</sup> jsou 500kWh/m<sup>2</sup> za rok (TZB info, 2025a).

### **2.2.6 Životnost a údržba**

Životnost kolektorů a celého systému je závislá hlavně na degradaci materiálu. Kolektory jsou vystaveny ve venkovních prostorech přímému slunečnímu záření. Vliv hraje dlouhodobé působení povětrnostních vlivů, střídání teplotních cyklů, vlhkost a UV záření. U uzavřených soustav, hraje vliv stárnutí teplotnosné kapaliny. Ta se doporučuje vyměňovat nejdéle každých 5 let. Pokud je kolektor čistý, bez zanešení prachem a všechny součástky bez poruchy, tak si svoji účinnost drží na stálé hodnotě po celou dobu životnosti. Celkově lze životnost běžné solární soustavy (kolektory, potrubí, zásobník, regulace) odhadnout na přibližně 20 let, při pravidelné údržbě i déle (Matuska, 2013).

## **2.3 Kombinace FV a FT panelů**

Existuje i typ kolektoru, který spojuje obě výše zmíněné technologie do jednoho hybridního panelu. Princip fungování spočívá v kombinaci mechanismu solárních tepelných absorbérů a fotovoltaických modulů. Kolektor si klade za cíl ochladit fotovoltaický modul prostřednictvím přenosu tepla, přičemž současně využívá jeho teplo k výrobě tepelné energie. Panel se skládá od vrchu z FV článků, hned pod nimi je absorbér, který je ochlazuje. Pod absorpční deskou proudí médium, které odvádí vzniklé teplo. Názorný řez takovýmto panelem přibližuje obrázek 12. Celková účinnost takového panelu, kombinující obě metody, může být až 60% (Al-Waeli et al., 2019).



Obrázek 12: Řez kombinovaným panelem

Zdroj: Vlastní zpracování dle: (Al-Waeli et al., 2019)

## 2.4 Dotační programy

V současné době je v České republice možné čerpat finanční prostředky a výhody na budování solárních systémů z programů Státního fondu životního prostředí od Ministerstva životního prostředí a programu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR.

Ministerstvo životního prostředí nabízí prostřednictvím Státního fondu životního prostředí větší množství dotačních programů a půjček. Z nabízených programů a výzev je vhodná výzva RES+ č. 1/2025. Tato výzva je zaměřena na podporu instalace FVE pro vlastní spotřebu elektřiny v podnikatelském sektoru. V rámci této výzvy mohou být rozděleny až 3 miliardy korun. Příjem žádostí probíhá od 1. července 2025 do 30. ledna 2026. Žádat mohou právnické osoby podnikající v České republice, fyzické osoby podnikatelé a energetická společenství, pokud nejsou veřejnoprávními subjekty. Podporované aktivity zahrnují instalaci FVE s výkonem od 50 kWp do 5 MWp. Čerpat lze také na systémy pro akumulaci elektřiny. Výše podpory může dosáhnout až 30 % způsobilých výdajů. Mezi způsobilé výdaje patří náklady na pořízení a instalaci FVE, projektovou dokumentaci, stavební práce, technologie pro řízení spotřeby a monitoring výroby. Mezi další podmínky patří realizace projektu na území České republiky, zpravidla mimo hlavní město Prahu. Zároveň vyrobená elektřina musí být primárně využívána pro vlastní spotřebu. Elektrárna musí být připojena k vlastnímu odběrnému místu a projekt musí být udržitelný minimálně po dobu pěti let (Státní fond životního prostředí ČR, 2025b).

Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OP TAK) představuje jeden z hlavních nástrojů podpory podnikání v České republice v programovém období 2021–2027. Zřizovatelem tohoto programu je Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Tento program je určen výhradně pro soukromý sektor. Využít ho mohou podniky, které mají zájem investovat do inovací, digitalizace, energetické účinnosti nebo využívání obnovitelných zdrojů energie. Jeho cílem je zvýšit konkurenceschopnost českých firem, podpořit jejich technologický rozvoj a zároveň přispět k přechodu na nízkouhlíkové hospodářství. Samotné vyřízení a financování programu probíhá skrze Národní rozvojovou banku.

V rámci tohoto programu lze využít kombinaci bezúročného úvěru a přímé dotace na instalaci FVE a akumulčních systémů. Firmy mohou získat bezúročný úvěr v rozmezí od 500 tisíc do 3 milionů korun, s možností splatnosti až 15 let a odkladem splátek až na 36 měsíců. Navíc lze čerpat i dotační složku, která může pokrýt až 30 % nákladů na samotnou fotovoltaiku a až 50 % nákladů na akumulaci energie. Podmínkou pro získání této podpory je, že projekt nebude realizován na území hlavního města Prahy, výkon elektrárny do maximálně 50 kWp a instalace na provozních budovách. Ty musí být ve vlastnictví nebo dlouhodobém pronájmu žádajícího subjektu (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2024a; Národní rozvojová banka, 2025).

V roce 2025 dotační programy uvedených institucí nepodporují fototermické systémy u běžných právnických osob. Existuje podpora v rámci Státního fondu životního prostředí pod výzvou HEAT. Ta je zaměřena na modernizace soustav zásobování tepelnou energií. Podporu mohou čerpat vlastníci soustav zásobování tepelnou energií, teplárny a energetické společnosti. Nikoli běžné podniky s jinou hlavní činností (Státní fond životního prostředí ČR, 2025a).

## **2.5 Cena elektrické energie**

Cena elektřiny je v Evropě určována burzou. Cenu obvykle určuje nejdražší typ elektrárny (uhelná, plynová), která pokrývá aktuální spotřebu. Díky tomu se obchoduje na spotovém trhu a cena se může dramaticky lišit. Pro podniky proto hraje důležitou roli načasování a typ nákupu elektřiny. Podnik může nakupovat za spotové ceny nebo uzavírat fixované kontrakty. V České republice se velkoobchodní cena pohybuje v roce 2025 v rozmezí od 87 do 100 EUR/MWh. V říjnu roku 2025 to bylo okolo 94 EUR/MWh. Za tyto ceny ji nakupují obchodníci s elektřinou. Nekoupenou elektřinu přepravují dle svých cen koncovým zákazníkům.

Při pohledu do budoucna se odhaduje pokles cen. Díky většímu poměru obnovitelných zdrojů v energetickém mixu. Pro rok 2027 je odhadována kolem 90 EUR/MWh (oEnergetice.cz, 2025).

### **2.5.1 Koncové ceny**

Pokud podnik nakupuje od dodavatele, řídí se ceníkem. V Česku existuje několik dodavatelů a podnik si uzavírá smlouvu s tím, který má nejvýhodnější ceny nebo nabídne nejlepší podmínky. Pro podniky existuje několik sazeb a tarifů podle toho, na co elektřinu spotřebovávají. V ceně dodané elektřiny je cena za silovou elektřinu, dále také distribuce, tedy cena za dopravu elektřiny k odběrnému místu, měsíční paušál za odběrné místo, rezervovaný příkon podle velikosti hlavního jističe, daň z elektřiny a poplatky za systémové služby

a poplatků na podporu obnovitelných zdrojů energie. Závisí také v jakém tarifu podnik odebírá. Podle toho se dá určit výsledná cena za odebranou jednotku energie. Například z ceníku ČEZ pro aktuální rok lze vyčíst, že cena s DPH za 1 kWh odebrané energie ve standardním tarifu je 5,80 Kč. V tarifu pro vytápění a ohřev teplé vody to je 6,20 Kč (ČEZ Prodej, 2025). U konkurenta E.ON jsou tyto ceny 4,60 a 5,00 Kč za 1 kWh (E.ON Energie, 2025). Z tohoto lze vyvodit, že samotná cena silové elektřiny tvoří okolo 40% až 60% ceny koncové. Jedná se o orientační ceny a podniky si vždy domluví vlastní podmínky podle odběru, jističů a využívaných tarifů.

### 2.5.2 Výkup energie

Pokud by podnik nebyl schopen elektřinu vyrobenou FVE spotřebovat nebo uložit, může se odhodlat k odprodeji této přebytkové energie do sítě. Musí si sjednat smlouvu s distributorem. Obvykle se elektřina vykupuje za spotové ceny, tedy aktuální cenu na burze. Dalším požadavkem je paušální platba za určené množství prodané elektřiny. Například ČEZ účtuje srážku 0,75 Kč/kWh (ČEZ ESCO, 2025). Ve druhé polovině roku 2025 se spotové ceny elektřiny pohybovaly okolo 2,60 Kč/kWh (oEnergetice.cz, 2025).

## 2.6 Energetický mix a emisní faktory

Elektřina se v České republice vyrábí několika způsoby. Podle typu elektrárny a podílu na množství vyrobené energie se stanovuje energetický mix. Energetický mix v České republice v roce 2024 držel trend předchozích let. Nejvíce elektřiny vyrobí jaderné elektrárny. Naopak díky nákladům a emisním povolenkám klesá podíl elektráren uhelných a roste podíl obnovitelných zdrojů, hlavně FVE (oEnergetice.cz & Ušetřeno.cz, 2025). Samotný energetický mix v ČR v roce 2024 znázorňuje tabulka 2.

Tabulka 2: Energetický mix v ČR v roce 2024

typ elektrárny	podíl
Jaderné elektrárny	42%
Uhlé elektrárny (hnědé + černé)	34%
Solární elektrárny (FVE)	6%
Plynové elektrárny	5%
ostatní OZE	4%
Biomasa	4%
Přečerpávací elektrárny	3%
Větrné elektrárny	1%
ostatní	1%

Zdroj: vlastní zpracování dle (oEnergetice.cz & Ušetřeno.cz, 2025)

Při výrobě elektřiny spalováním fosilních paliv vznikají emise. Pro určení množství emisí vyprodukovaných na výrobu 1 MWh elektrické energie se používá hodnota emisního faktoru. Ten udává vyprodukované emise v množství CO<sub>2</sub>. Podle metodiky Ministerstva průmyslu a obchodu z roku 2025 činí aktuální emisní faktor oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) z hrubé výroby elektřiny v České republice **0,34 t CO<sub>2</sub>/MWh** pro rok 2024. Tento ukazatel vyjadřuje množství emisí vznikajících při výrobě jedné megawatthodiny elektřiny a vychází z energetického mixu v ČR (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2024b).

Pro jednotlivé zdroje energie existuje i vlastní emisní faktor. Jeho hodnoty jsou pevně stanoveny ve vyhlášce (Česko, 2021). Pro spalování biomasy, OZE a jaderné elektrárny je počítán emisní faktor 0, protože buďto žádné emise neprodukují, nebo jsou uhlíkově neutrální. Tabulka 3 ukazuje emisní faktory jednotlivých zdrojů energie.

Tabulka 3: Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého

Palivo nebo energie	t CO <sub>2</sub> /MWh
černé uhlí	0,33
hnědé uhlí	0,352
koks	0,385
hnědouhelné brikety	0,346
topný a ostatní plynový olej	0,267
topný olej nízkosírný (do 1 % hm. síry)	0,279
topný olej vysokosírný (nad 1 % hm. síry)	0,279
zemní plyn	0,2
zkapalněný ropný plyn (LPG)	0,237
elektřina	0,86

Zdroj: vlastní zpracování dle: (Česko, 2021)

Tyto hodnoty ale neznamenají emise při výrobě elektřiny. Hodnoty v tabulce znázorňují emise při pouhém spálení paliva. Pro výpočet množství emisí v jednotce elektřiny vyrobené určitým zdrojem je potřeba ještě počítat s účinností přeměny vydané energie na energii elektrickou.

### 3 POUŽITÉ METODY A POSTUPY

V této části jsou představeny použité vzorce a metody využívané k dosažení výsledků. Cílem je vyčíslit ekonomický a environmentální potenciál jednotlivých solárních systémů. Dále je přiblížena metoda využitá k simulaci cen komodit v budoucnu. Uveden je také postup výpočtu doby návratnosti investice.

#### 3.1 Postup pro fotovoltaický systém

Výhodou FV systémů je, že generují přímo elektrickou energii. Její výstup se dá poměrně snadno určit dle úhrnu slunečního záření a výkonu panelu. I ušetřené emise jsou lehce dosažitelným údajem pomocí emisního faktoru. Lehkou komplikací je pak degradace výkonu panelů v čase. Výrobce udává garantovaný maximální pokles. S touto hodnotou je třeba počítat pro každý rok. Větším problémem je vývoj ceny elektřiny v čase. Jedná se o komoditu obchodovanou na burze a její ceny jsou velmi náchylné na globální dění.

Samotné množství vygenerované energie panelem se spočítá jako součin účinnosti panelu a množství insolace dopadající na panel. Nutné je také zahrnout plochu samotného panelu. Kvůli postupné degradaci výkonu panelu v čase je nutné také zahrnout ztrátu výkonu v daném roce. Tento výpočet přibližuje následující vzorec.

$$E_{vyrobená} = G * S * \eta_{degradace} * \eta_{přeměny} \quad (1)$$

Kde:

- $E_{vyrobená}$  - vyrobená elektrická energie [kWh]
- $G$  - dopadající energie záření (insolace) na plochu panelu [kWh/m<sup>2</sup>]
- $S$  - aktivní plocha panelů [m<sup>2</sup>]
- $\eta_{přeměny}$  - střední účinnost FV panelu
- $\eta_{degradace}$  – účinnost v daném roce způsobená degradací výkonu (1 – degradace v daný rok)

V případě potřeby výpočtu pro výstup na konci FVE lze využít stejný vzorec. Je potřeba navíc zahrnout celkovou plochu a ztráty celého systému.

$$E_{vyrobená} = G * S_{celková} * \eta_{degradace} * \eta_{přeměny} * \eta_{systému} \quad (2)$$

Kde:

- $E$  - vyrobená elektrická energie [kWh]
- $G$  - dopadající energie záření (insolace) na plochu panelu [kWh/m<sup>2</sup>]
- $S$  - aktivní plocha panelů [m<sup>2</sup>]
- $\eta_{přeměny}$  - střední účinnost FV panelu
- $\eta_{degradace}$  – účinnost v daném roce způsobená degradací výkonu (1 – degradace v daný rok)
- $\eta_{systému}$  – účinnost celého FV systému (ztráty kabelů, střídače, jističů, akumulace)

Pro výpočet uspořené finanční prostředků je třeba množství vygenerované energie vynásobit aktuální cenou elektrické energie. Pokud se přebytky prodávají, tak je navíc třeba přičíst množství přebytku vynásobené výkupní cenou.

$$U_{\text{finanční}} = E_{\text{spotřebovaná}} * p_{\text{spotřeba}} + E_{\text{prodaná}} * p_{\text{výkup}} \quad (3)$$

Kde:

- $U_{\text{finanční}}$  – finanční úspora vygenerovaná FVE
- $E_{\text{spotřebovaná}}$  - vyrobená elektrická energie kterou podnik přímo spotřebuje [kWh]
- $E_{\text{prodaná}}$  - vyrobená elektrická energie kterou podnik prodá do sítě [kWh]
- $p_{\text{spotřeba}}$  - cena za kterou by podnik elektřinu nakupoval [Kč/kWh]
- $p_{\text{výkup}}$  – cena za kterou lze prodat přebytečná energie [Kč/kWh]

Pro ušetřené emise CO<sub>2</sub> platí jednoduchý vztah. Množství vygenerované energie vynásobené emisním faktorem. Udává se v množství CO<sub>2</sub> v kilogramech nebo tunách.

$$m_{\text{CO}_2} = E_{\text{vyrobená}} * EF_{\text{elektriny}} \quad (4)$$

Kde:

- $m_{\text{CO}_2}$  – množství ušetřených emisí CO<sub>2</sub> [t] nebo [kg]
- $E_{\text{vyrobená}}$  - vyrobená elektrická energie FVE [kWh]
- $EF_{\text{elektriny}}$  – emisní faktor elektriny [kg CO<sub>2</sub>/kWh] nebo [t CO<sub>2</sub>/MWh]

### 3.2 Postup pro fototermický systém

U solárních kolektorů lze opět, dle udávané účinnosti výrobcem, zjistit vygenerovanou tepelnou energii kolektorem. Komplikací je, že se účinnost, hlavně u plochých kolektorů, liší podle rozdílu teplot na vstupu a výstupu. Pro vyčíslení úspor je třeba uvažovat nahrazený zdroj tepla. Hlavními parametry jsou typ nahrazeného paliva a účinnost zdroje. Podle ceny daného paliva a emisního faktoru lze vyčíslit ekonomické a environmentální úspory. Zde je také potřeba vnímat vývoj cen v čase.

Vygenerované množství energie solárním kolektorem se spočítá velmi obdobně jako u fotovoltaického panelu. Jako součin účinnosti panelu a množství insolace dopadající na panel. Je třeba také zahrnout plochu samotného panelu. V tomto případě nedochází k degradaci výkonu kolektoru časem, takže při stálé insolaci v průběhu let kolektor generuje stejně. Zde se ale účinnost mění dle požadované výstupní teploty. Pro celý systém je třeba zahrnout ztráty v systému. V případě solárních kolektorů je výstupní energie energií tepelnou, nikoliv elektrickou, proto se zde používá označení Q. Výpočet množství získané energie pro samotný kolektor nebo celý systém přibližují následující vzorce. Získaná energie se uvažuje v řádech Wh.

$$Q_{teplo} = G * S_{celková} * \eta_{přeměny} * \eta_{systému} \quad (5)$$

Kde:

- $Q_{teplo}$  - vyrobená energie v podobě tepla [kWh]
- $G$  - dopadající energie záření (insolace) na plochu panelu [kWh/m<sup>2</sup>]
- $S$  - aktivní plocha kolektorů [m<sup>2</sup>]
- $\eta_{přeměny}$  - střední účinnost kolektoru
- $\eta_{systému}$  – účinnost solárního systému (ztráty potrubí, zásobníku, výměníku), tento parametr se využije při výpočtu účinnosti celého systému

Při výpočtu, kolik litrů teplé vody je kolektor schopen ohřát, je třeba uvažovat rozdíl vstupní a výstupní teploty. Množství energie potřebné k ohřevu vody je fyzikální veličina označovaná jako měrná tepelná kapacita. Hodnoty pro jednotlivé látky uvádějí standardní fyzikální tabulky. Zde je potřeba převádět jednotky joulů (J) na kWh (1 kWh = 3,6 MJ). Tento výpočet znázorňuje následující vzorec.

$$m_{vody} = \frac{Q}{c_p * \Delta T} \quad (6)$$

Kde:

- $m_{vody}$  – množství ohřáté vody [kg]
- $Q$  - vyrobená energie v podobě tepla [kWh]
- $c_p$  - měrná tepelná kapacita vody [kJ/(kg °C)], dle fyzikálních tabulek hodnota 4,18[kJ/(kg °C)] (Mikulčák, 2016)
- $\Delta T = T_{teplá} - S_{studená}$  - rozdíl teplot [°C]

Pro ekonomické a environmentální úspory je třeba zahrnout nahrazený zdroj tepla. Výpočet množství energie primárního zdroje je dán jako podíl získané energie a účinností původního zdroje. Na základě množství původní energie, její ceny a emisního faktoru lze vyčíslit úspory. Zvažovanými nahrazenými zdroji tepla jsou elektrický ohřev a kotle na zemní plyn. Účinnost elektrického bojleru se blíží 100 %. Lze tedy počítat, že dodaná energie ze systému je ekvivalent potřebné elektrické energie pro ohřátí stejného množství vody. U plynových kotlů závisí účinnost na typu kotle. Obecně udávané hodnoty účinnosti jsou 85 % u starších kotlů atmosférického typu. Moderní kondenzační kotle dosahují účinnosti 95 % (VIESSMANN).

Jako první je třeba, v závislosti na uvažovaném nahrazeném zdroji tepla, spočítat ekvivalent vstupní komodity potřebné na stejné množství tepla vyrobeného kolektory. To lze pomocí jednoduchého vzorce, který počítá právě s hodnotou účinnosti přeměny.

$$E_{nahrazená} = \frac{Q}{\eta_{zdroje}} \quad (7)$$

Kde:

- $E_{nahrazená}$  – množství uspořené energie z primárního zdroje [kWh]
- $Q$  - vyrobená energie v podobě tepla [kWh]

- $\eta_{zdroje}$  – účinnost přeměny původního zdroje

Na základě znalosti množství energie nahrazeného zdroje lze spočítat finanční a emisní úspory. Finanční úspory zvažují cenu podle spotřebiče. Nejčastěji cenu za elektřinu nebo zemní plyn.

$$U_{\text{finanční}} = E_{\text{nahrazená}} * p_{\text{zdroje}} \quad (8)$$

Kde:

- $U_{\text{finanční}}$  – finanční úspora vygenerovaná solárním kolektorem
- $E_{\text{nahrazená}}$  – elektrická energie odpovídající nahrazenému zdroji tepla [kWh]
- $p_{\text{spotřeba}}$  – cena za palivo nahrazeného zdroje [Kč/kWh]

Úspory emisí CO<sub>2</sub> také závisí na zdroji. Do výpočtu je třeba zahrnout konkrétní emisní faktor nahrazeného zdroje.

$$m_{\text{CO}_2} = E_{\text{nahrazená}} * EF_{\text{zdroje}} \quad (9)$$

Kde:

- $m_{\text{CO}_2}$  – množství ušetřených emisí CO<sub>2</sub> [t] nebo [kg]
- $E_{\text{nahrazená}}$  – vyrobená elektrická energie FVE [kWh]
- $EF_{\text{zdroje}}$  – emisní faktor nahrazeného zdroje [kg CO<sub>2</sub>/kWh] nebo [t CO<sub>2</sub>/MWh]

U zemního plynu může dojít k jisté komplikaci kvůli udávaným hodnotám. Dodavatelé obvykle uvádějí cenu v jednotkách Kč/kWh, tedy podle skutečné energie odebrané ze sítě. Naopak odběratelé měří odebrané množství v jednotkách objemu pomocí plynoměru v m<sup>3</sup>. V tomto případě je nutné použít přepočítání podle výhřevnosti plynu, která říká, kolik energie obsahuje jeden metr krychlový plynu.

Spojením výše zmíněných vzorců do jednoduchého matematického modelu lze spočítat množství vygenerované energie a vyčíslit environmentální a ekonomický potenciál jednotlivých solárních systémů.

### 3.3 Doba návratnosti

V poslední části práce je počítána doba návratnosti investice pro modelový podnik. Doba návratnosti investice představuje období, za které se výnosy vyrovnají nákladům. V případě, že jsou roční příjmy nebo náklady v jednotlivých letech rozdílné, nelze využít jednoduchý poměr investice a konstantní roční úspory. Je třeba využít postup spočívající ve výpočtu čistého peněžního toku pro každý rok (roční příjmy mínus roční náklady) a následném sestavení kumulovaného cash-flow (CF). To ukazuje, jak se postupně snižuje počáteční záporná hodnota investice. Doba návratnosti pak odpovídá roku, ve kterém kumulované cash-flow přejde do kladné hodnoty. Pro určení doby, kdy k tomu v roce dojde, lze využít výpočet. Část roku, kdy

se hodnota překlopí do kladných hodnot se určí jako podíl záporné částky chybějící do nuly na začátku daného roku s absolutním přírůstkem za daný rok (Valach, 2013).

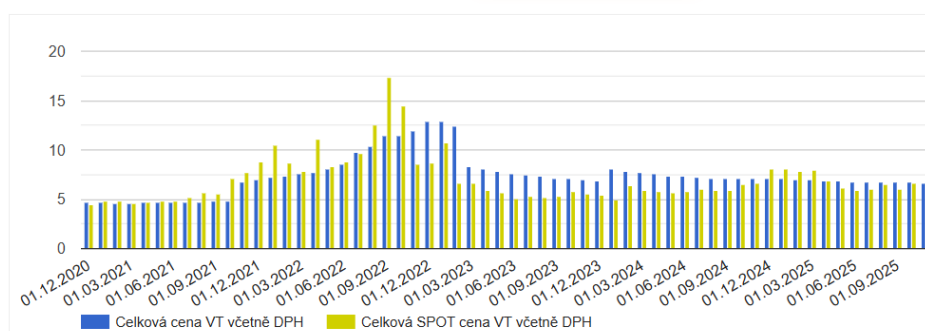
### 3.4 Budoucí ceny elektřiny a plynu

Hlavními komoditami uvažovanými v této práci jsou elektrická energie a zemní plyn. Obě komodity se obchodují na burze. Cena je určována dle aktuálně použitých výrobních zdrojů. Cena je velmi náchylná na dění ve světě, politickou situaci a globální dění. Jasným příkladem v současné době je vojenská agrese Ruska na území Ukrajiny. V reakci na to se ceny výrazně zvedly. V současné době jsou ustáleny na poměrně stabilní hladině. Budoucí vývoj těchto cen je velmi těžce předvídatelný. Teoreticky by se zavedením většího podílu OZE mohly ceny dokonce snižovat.

Mezinárodní energetická agentura ve svém výhledu zmiňuje možný vývoj cen plynu a elektřiny. Podle konzervativních strategií uvažuje stagnaci nebo pouze malý růst cen. V ambiciózním nízkoemisním scénáři mohou ceny klesat až o nízké jednotky procent ročně (International Energy Agency, 2025).

Reálnější scénář, na který ukazují i historická data, je držení současné hladiny při absenci vlivů krizí a efektů globálního dění. Znázorněné grafy v této kapitole ukazují vývoje koncové ceny elektrické energie a zemního plynu. Ceny jsou stanoveny z nabídky dodavatelů v České republice.

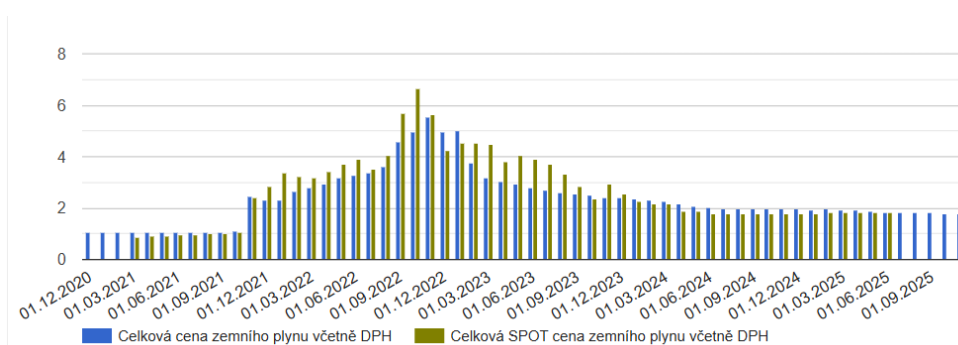
Na obrázku 13 je znázorněn graf vývoje koncových cen elektřiny v České republice za posledních 60 měsíců. Na ose y je poté cena za kWh. Lze vidět vychýlení v důsledku agrese Ruska a následné ustálení cen na hladině mezi 6,00 až 7,50 Kč/kWh. V posledním roce byl průměr cen 6,70 Kč/kWh (TZB-info, 2025b).



Obrázek 13: Graf ceny elektřiny za posledních 60 měsíců

Zdroj: (TZB-info, 2025b)

U zemního plynu je graf i vývoj ceny podobný. Ceny se ustálily na hladině okolo 2,00 Kč/kWh. Za poslední rok byla průměrná cena 1,80 Kč/kWh (TZB-info, 2025c). Vývoj koncových cen zemního plynu za posledních 60 měsíců přibližuje graf na obrázku 14.



Obrázek 14: Graf ceny zemního plynu za posledních 60 měsíců

Zdroj: (TZB-info, 2025c)

Pro budoucí vývoj těchto cen nelze jednoznačně určit nebo vypočítat reálné hodnoty pro každý rok. Pro následující postup v práci je však nutné s hodnotami pracovat. Pro simulaci těchto cen byla zvolena metoda Monte Carlo.

### 3.4.1 metoda Monte Carlo

Pro modelování cen pro následujících 25 let byla využita metoda Monte Carlo. Jedná se o numerickou techniku, která používá velké množství náhodných čísel k odhadování výsledků problémů, které se jinak počítají velmi složitě nebo se spočítat nedají. Princip metody spočívá ve vytvoření výsledků pomocí vstupních hodnot a simulací výsledků pomocí náhodně generovaných čísel. Pro stejnou situaci se provede velké množství simulací a výsledek je poté průměrem provedených vygenerovaných výsledků (Terejanu, 2009).

Pro tuto práci byla provedena, na základě této metody a generace náhodných čísel pomocí programu excel, simulace vývoje cen plynu a elektřiny na následujících 25 let. V simulaci je využita funkce generování náhodných čísel (RAND) a funkce (NORMINV), která obsahuje parametry průměrného růstu a odchylky. V kombinaci s generovaným náhodným číslem poté vznikne simulace hodnoty pro daný rok.

V následující části byly provedeny simulace vývoje ceny elektřiny a zemního plynu. Pro vstup je třeba definovat výchozí cenu plynu nebo elektřiny, průměrný roční růst a odchylku, jak se cena může pohybovat. Pro obě varianty byla provedena simulace pro 3 možné vývoje. Pro optimistický vývoj ceny, kdy ceny v průběhu času mírně klesají a jejich rozptyl není příliš veliký. Střední konzervativní přístup, který simuluje udržení současné cenové hladiny,

při pouze minimálním přírůstku ceny a mírného rozptylu. Poslední simulace počítá s rostoucími cenami a větším rozptylem. Důležité je, že se jedná o simulace, jde tedy o vygenerované hodnoty, které vznikly na předpokladu daného vývoje v budoucnu.

### 3.4.2 Simulace vývoje koncové ceny elektřiny

Pro simulaci vývoje ceny elektrické energie byla jako výchozí cena zvolena hladina 6,50 Kč/kWh. Optimistický vývoj předpokládá postupný mírný pokles cen, konzervativní simulace uvažuje držení současné cenové hladiny a pesimistický vývoj počítá se zdražováním. Výsledky simulace jsou znázorněny v tabulce 4. Tabulka znázorňuje cenu za kWh elektřiny v daném roce pro dané scénáře. Jednotlivé scénáře jsou rozlišeny pomocí barev. (legenda uvádí vstupní hodnoty pro jednotlivé varianty simulace).

Tabulka 4: Simulace vývoje cen elektřiny

rok	optimistická simulace	konzervativní simulace	pesimistická simulace
1	6,50 Kč	6,50 Kč	6,50 Kč
2	6,05 Kč	6,36 Kč	7,87 Kč
3	5,80 Kč	6,72 Kč	8,52 Kč
4	5,67 Kč	6,82 Kč	9,80 Kč
5	5,90 Kč	6,71 Kč	10,22 Kč
6	5,86 Kč	6,64 Kč	10,17 Kč
7	5,60 Kč	6,78 Kč	9,06 Kč
8	5,31 Kč	6,53 Kč	10,45 Kč
9	5,28 Kč	6,37 Kč	10,28 Kč
10	4,89 Kč	6,85 Kč	10,73 Kč
11	4,61 Kč	6,96 Kč	9,95 Kč
12	4,56 Kč	6,47 Kč	10,13 Kč
13	4,55 Kč	5,98 Kč	8,80 Kč
14	4,52 Kč	6,14 Kč	9,63 Kč
15	4,57 Kč	6,17 Kč	11,04 Kč
16	4,54 Kč	6,33 Kč	10,34 Kč
17	4,39 Kč	6,55 Kč	11,37 Kč
18	4,53 Kč	6,36 Kč	12,88 Kč
19	4,38 Kč	6,32 Kč	13,56 Kč
20	4,17 Kč	6,81 Kč	12,97 Kč
21	4,19 Kč	6,26 Kč	14,14 Kč
22	4,13 Kč	6,47 Kč	14,86 Kč
23	4,11 Kč	6,20 Kč	15,86 Kč
24	3,99 Kč	6,30 Kč	16,48 Kč
25	3,84 Kč	6,32 Kč	15,69 Kč

Vstupní hodnoty

6,50 Kč	výchozí cena (kWh)
-1,50%	roční růst cen
3,00%	odchylka
0,50%	roční růst cen
5,00%	odchylka
2,00%	roční růst cen
10,00%	odchylka

Zdroj: vlastní zpracování

### 3.4.3 Simulace vývoje koncové ceny zemního plynu

Stejným principem je simulován vývoj cen zemního plynu. Znovu jsou zvažovány 3 možné vývoje, optimistický, konzervativní a pesimistický. Vychází z ceny 1,80 Kč za kWh zemního plynu. Nasimulované hodnoty znázorňuje tabulka 5. Jsou patrné hodnoty pro každý rok a legenda se vstupními parametry.

Tabulka 5: Simulace vývoje cen zemního plynu

rok	optimistická simulace	konzervativní simulace	pesimistická simulace
1	1,80 Kč	1,80 Kč	1,80 Kč
2	1,76 Kč	1,73 Kč	1,96 Kč
3	1,76 Kč	1,53 Kč	2,14 Kč
4	1,75 Kč	1,49 Kč	2,65 Kč
5	1,71 Kč	1,66 Kč	2,50 Kč
6	1,80 Kč	1,54 Kč	2,04 Kč
7	1,75 Kč	1,47 Kč	2,06 Kč
8	1,75 Kč	1,55 Kč	2,08 Kč
9	1,67 Kč	1,46 Kč	2,15 Kč
10	1,66 Kč	1,47 Kč	2,12 Kč
11	1,58 Kč	1,54 Kč	2,32 Kč
12	1,61 Kč	1,59 Kč	2,32 Kč
13	1,60 Kč	1,59 Kč	2,34 Kč
14	1,57 Kč	1,62 Kč	2,10 Kč
15	1,56 Kč	1,62 Kč	1,91 Kč
16	1,57 Kč	1,71 Kč	1,97 Kč
17	1,51 Kč	1,82 Kč	2,07 Kč
18	1,50 Kč	1,90 Kč	2,19 Kč
19	1,47 Kč	1,77 Kč	2,25 Kč
20	1,43 Kč	1,81 Kč	2,54 Kč
21	1,41 Kč	1,85 Kč	2,65 Kč
22	1,40 Kč	2,03 Kč	2,87 Kč
23	1,33 Kč	2,13 Kč	3,10 Kč
24	1,32 Kč	2,19 Kč	3,12 Kč
25	1,30 Kč	2,26 Kč	2,80 Kč

Vstupní hodnoty

1,80 Kč	výchozí cena (kWh)
-1,00%	roční růst cen
3,00%	odchylka
1,00%	roční růst cen
5,00%	odchylka
4,00%	roční růst cen
10,00%	odchylka

Zdroj: vlastní zpracování

## 4 ENERGETICKÉ, EKONOMICKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ ZISKY JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ.

V následující části jsou přiblíženy reálné druhy panelů a kolektorů, které jsou dostupné na českém trhu. Jedná se o dva typy fotovoltaických panelů a dva typy solárních kolektorů. Zastoupeny jsou nejběžněji používané a instalované typy. Každý seriózní výrobce pro daný panel nebo kolektor vydává technický list s garantovanými hodnotami. Na základě těchto udávaných hodnot je vyčíslen ekonomický a environmentální potenciál jednotlivých zvolených zástupců za předpokládanou dobu životnosti 25 let. Cílem je pomocí jednoduchého matematického modelu, skládajícího se ze vzorců uvedených v kapitole 3, znázornit a vyčíslit potenciál daného panelu/kolektoru. Pro výpočty je uvažována hodnota insolace 1150 kWh/m<sup>2</sup>\*rok. Zvolená hodnota vychází z reálných naměřených hodnot na vybraných stanicích CHMI (hodnoty v tabulce 1), kde se tato hodnota zaznamenává. Pro finanční úspory je počítána cena elektřiny nebo plynu dle provedené simulace vývoje cen uvedených výše v tabulkách 4 a 5.

Následuje provedený výpočet pro jednotlivé zástupce daného typu. Výpočty vycházejí z uvedených vzorců, zmíněných standardních hodnot pro insolaci (1150 kWh/m<sup>2</sup>\*rok) a emisní faktor (elektřina - 0,34 kg CO<sub>2</sub>/kWh) a specifických hodnot pro daný panel nebo kolektor. Tyto hodnoty jsou uvedeny u každého konkrétního panelu/kolektoru.

### 4.1 Monokrystalický panel

Nejvíce používaný a instalovaný typ FV panelů je monokrystalický typ. Hlavní výhodou je vyšší účinnost a spolehlivost. Cenově se již velmi přiblížil polykrystalickému panelům. Zástupce tohoto typu je panel Aiko s následujícími parametry.

- Název: AIKO Neostar 2S A450
- Účinnost: 22,6%
- Plocha: 1,97 m<sup>2</sup>
- Cena: 2 811 Kč
- Degradace: 1% první rok, poté 0,35% za rok (Solars.cz, 2025)

V tabulce 6 je proveden výpočet potenciálu pro tento panel. Na základě hodnot účinnosti a degradace jsou vypočteny roční úhrny vyprodukovaných kWh na plochu panelu. Možné ekonomické úspory jsou vyčísleny na základě simulovaných cen pro cenu elektřiny a uspořené množství emisí vychází z emisního faktoru výroby elektřiny pro ČR. Sloupec získaných kWh

je vypočten pomocí vzorce (1). Finanční úspory dle vzorce (3) a pro výpočet emisí byl využit vzorec (4).

Tabulka 6: Vyčíslení potenciálu monokrystalického panelu

rok	účinnost přeměny	výkon panelu	získané kWh na panel za rok	finanční úspory za daný rok	úspory CO <sub>2</sub> ( kg)
1	22,60%	99,00%	506,88	3 294,74 Kč	172,34
2	22,60%	98,65%	505,09	3 211,57 Kč	171,73
3	22,60%	98,30%	503,30	3 382,35 Kč	171,12
4	22,60%	97,95%	501,51	3 418,54 Kč	170,51
5	22,60%	97,60%	499,71	3 353,83 Kč	169,90
6	22,60%	97,25%	497,92	3 306,00 Kč	169,29
7	22,60%	96,90%	496,13	3 364,49 Kč	168,68
8	22,60%	96,55%	494,34	3 229,89 Kč	168,08
9	22,60%	96,20%	492,55	3 135,12 Kč	167,47
10	22,60%	95,85%	490,75	3 362,66 Kč	166,86
11	22,60%	95,50%	488,96	3 405,00 Kč	166,25
12	22,60%	95,15%	487,17	3 150,53 Kč	165,64
13	22,60%	94,80%	485,38	2 902,77 Kč	165,03
14	22,60%	94,45%	483,59	2 969,36 Kč	164,42
15	22,60%	94,10%	481,79	2 974,19 Kč	163,81
16	22,60%	93,75%	480,00	3 040,50 Kč	163,20
17	22,60%	93,40%	478,21	3 131,40 Kč	162,59
18	22,60%	93,05%	476,42	3 028,13 Kč	161,98
19	22,60%	92,70%	474,63	3 001,18 Kč	161,37
20	22,60%	92,35%	472,83	3 220,73 Kč	160,76
21	22,60%	92,00%	471,04	2 950,48 Kč	160,15
22	22,60%	91,65%	469,25	3 037,88 Kč	159,55
23	22,60%	91,30%	467,46	2 900,54 Kč	158,94
24	22,60%	90,95%	465,67	2 933,58 Kč	158,33
25	22,60%	90,60%	463,87	2 930,53 Kč	157,72
celkem			12134,47	78 635,97 Kč	4125,72

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky vyplývá, že tento panel generuje na začátku své životnosti okolo 500 kWh elektrické energie za rok. Jeho výkon postupem času klesá a po 25 letech generuje okolo 460 kWh za rok. Panel vytváří úsporu oproti stejnému množství nakoupené ze sítě ročně okolo 3 000 Kč ročně. Takovýto panel ročně ušetří desítky kilogramů CO<sub>2</sub>. Je uvažován emisní faktor odpovídající odběru energie ze sítě. Množství ušetřených emisí opět klesá s výkonem panelu v čase a pohybuje se zhruba od 170 do 160 kg CO<sub>2</sub> za rok.

## 4.2 Polykrystalický panel

Druhým zástupcem panelů je polykrystalický typ. Tento typ je na ústupu. Využívá se již převážně pro menší panely. Účinnost je nižší, rychleji degraduje a je méně spolehlivý. Zvolený panel má následující parametry.

- Název: AmeriSolar 285 W polykrystal
- Účinnost: 17,52%
- Plocha: 1.62 m<sup>2</sup>
- Cena: 2 359 Kč
- Degradace: 2,5% první rok, poté 0,6% za rok (Eshopelektronika.cz, 2025)

Pro tento typ je vyčíslena obdobná tabulka č. 7, která uvažuje specifické hodnoty panelu jako účinnost, degradaci a plochu. Stejně hodnoty uvažuje pro insolaci, ceny elektřiny a emisní faktor. Dosažené hodnoty byly vypočítány stejným způsobem jako v tabulce 6.

Tabulka 7: Vyčíslení potenciálu polykrystalického panelu

rok	účinnost přeměny	výkon panelu	získané kWh na panel za rok	finanční úspory za daný rok	úspory CO <sub>2</sub> ( kg)
1	17,52%	97,50%	318,24	2 068,54 Kč	108,20
2	17,52%	96,90%	316,28	2 011,03 Kč	107,53
3	17,52%	96,30%	314,32	2 112,35 Kč	106,87
4	17,52%	95,70%	312,36	2 129,23 Kč	106,20
5	17,52%	95,10%	310,40	2 083,27 Kč	105,54
6	17,52%	94,50%	308,45	2 047,95 Kč	104,87
7	17,52%	93,90%	306,49	2 078,43 Kč	104,21
8	17,52%	93,30%	304,53	1 989,72 Kč	103,54
9	17,52%	92,70%	302,57	1 925,90 Kč	102,87
10	17,52%	92,10%	300,61	2 059,80 Kč	102,21
11	17,52%	91,50%	298,65	2 079,74 Kč	101,54
12	17,52%	90,90%	296,70	1 918,73 Kč	100,88
13	17,52%	90,30%	294,74	1 762,65 Kč	100,21
14	17,52%	89,70%	292,78	1 797,74 Kč	99,54
15	17,52%	89,10%	290,82	1 795,28 Kč	98,88
16	17,52%	88,50%	288,86	1 829,75 Kč	98,21
17	17,52%	87,90%	286,90	1 878,69 Kč	97,55
18	17,52%	87,30%	284,95	1 811,12 Kč	96,88
19	17,52%	86,70%	282,99	1 789,40 Kč	96,22
20	17,52%	86,10%	281,03	1 914,23 Kč	95,55
21	17,52%	85,50%	279,07	1 748,01 Kč	94,88
22	17,52%	84,90%	277,11	1 793,99 Kč	94,22
23	17,52%	84,30%	275,15	1 707,30 Kč	93,55
24	17,52%	83,70%	273,19	1 721,06 Kč	92,89
25	17,52%	83,10%	271,24	1 713,54 Kč	92,22
celkem			7368,43	47 767,44 Kč	2505,26

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky je patrné, že daný polykrystalický panel díky nižší účinnosti, rychlejší degradaci a menší ploše generuje menší roční úhrny. Panel za nastavených podmínek generuje v průběhu let od 320 kWh za rok na začátku životnosti, až k 270 kWh za rok po 25 letech. V návaznosti na tyto hodnoty jsou menší jak finanční úspory, tak ušetřené množství emisí CO<sub>2</sub>.

### 4.3 Plochý kolektor

U solárních kolektorů je často využívaným typem plochý zasklený kolektor. Tento typ má větší rozptyl účinnosti v závislosti na teplotě. Velmi dobře funguje v létě, v zimě výkon výrazně klesá. Tato účinnost se může v závislosti na venkovní teplotě pohybovat od 70 % do 30 %. Pro některé panely je uváděna hodnota roční střední účinnosti. Výhodou je, že kolektory v čase nedegradují. Zástupcem je kolektor od značky Regulus.

- Název: Regulus KPG1H ALC.
- Účinnost: 45%
- Plocha: 2,39 m<sup>2</sup>
- Cena: 16 069 Kč (Regulus.cz, 2025)

U solárních kolektorů je vygenerované množství energie energií tepelnou. Znovu jsou pro daný typ spočítány údaje ročního úhrnu generované energie. Kolektor generuje po dobu své životnosti stejně, protože zde neprobíhá degradace časem. Pro výpočet ekonomických a environmentálních úspor je třeba uvažovat nahrazený zdroj daného tepla. Podle účinnosti daného zdroje je vyčísleno množství kWh, které by daný zdroj potřeboval na výrobu stejného množství tepelné energie. Pro tyto varianty jsou poté vypočítány, dle simulovaných cen, možné finanční úspory. Uvažovanými nahrazenými zdroji jsou elektrický a plynový ohřev. Pro elektrický ohřev je počítáno s účinností přeměny 1,00. Druhým uvažovaným zdrojem je plynový ohřev. Jsou uvažovány dva kotle, kondenzační s účinností 0,95 a atmosférický kotel s účinností 0,85. V návaznosti na tyto účinnosti je poté vypočteno ekvivalentní množství plynu nebo elektřiny. Na základě tohoto množství a simulovaných cen jsou spočítány finanční úspory. Emisní úspory jsou vyčísleny na základě daného emisního faktoru paliva náhradního zdroje. Pro elektřinu je uvažována hodnota 0,34 kg CO<sub>2</sub>/kWh a pro zemní plyn 0,2 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Pro zmíněný plochý kolektor je vypočtena tabulka 8. Hodnoty získaných kWh byly vypočítány pomocí vzorce (5). Pro ekvivalent kWh nahrazeného zdroje byl použit vzorec (7). V případě úspor byl použit vzorec (8) pro finanční úspory a vzorec (9) pro úspory emisí.

Tabulka 8: Vyčíslení potenciálu plochého solárního kolektoru

ok	účinnost přeměny	získané kWh na kolektor	nahrazený zdroj tepla - ekvivalent kWh			finanční úspory za daný rok			úspory CO2 ( kg)		
			elektrický ohřev (účinnost přeměny 100%)	plyn - kondenzační kotel (účinnost přeměny 95%)	plyn - atmosferický kotel (účinnost přeměny 85%)	elektrický ohřev	plyn - kondenzační kotel	plyn - atmosferický kotel	elektrický ohřev	plyn - kondenzační kotel	plyn - atmosferický kotel
1	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 039,36 Kč	2 343,46 Kč	2 619,16 Kč	420,52	260,38	291,02
2	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 864,22 Kč	2 257,56 Kč	2 523,16 Kč	420,52	260,38	291,02
3	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 311,90 Kč	1 998,16 Kč	2 233,24 Kč	420,52	260,38	291,02
4	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 430,87 Kč	1 944,16 Kč	2 172,89 Kč	420,52	260,38	291,02
5	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 300,93 Kč	2 156,50 Kč	2 410,21 Kč	420,52	260,38	291,02
6	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 212,01 Kč	2 010,24 Kč	2 246,74 Kč	420,52	260,38	291,02
7	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 387,48 Kč	1 908,28 Kč	2 132,78 Kč	420,52	260,38	291,02
8	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 081,12 Kč	2 020,56 Kč	2 258,27 Kč	420,52	260,38	291,02
9	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 872,55 Kč	1 894,95 Kč	2 117,88 Kč	420,52	260,38	291,02
10	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 474,74 Kč	1 911,40 Kč	2 136,27 Kč	420,52	260,38	291,02
11	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 612,89 Kč	2 010,44 Kč	2 246,96 Kč	420,52	260,38	291,02
12	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 998,53 Kč	2 075,70 Kč	2 319,90 Kč	420,52	260,38	291,02
13	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 396,73 Kč	2 075,39 Kč	2 319,56 Kč	420,52	260,38	291,02
14	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 594,45 Kč	2 111,02 Kč	2 359,37 Kč	420,52	260,38	291,02
15	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 635,10 Kč	2 115,29 Kč	2 364,15 Kč	420,52	260,38	291,02
16	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 834,46 Kč	2 229,31 Kč	2 491,58 Kč	420,52	260,38	291,02
17	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 098,92 Kč	2 366,53 Kč	2 644,95 Kč	420,52	260,38	291,02
18	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 861,30 Kč	2 470,10 Kč	2 760,71 Kč	420,52	260,38	291,02
19	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 820,75 Kč	2 297,99 Kč	2 568,34 Kč	420,52	260,38	291,02
20	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 424,66 Kč	2 354,87 Kč	2 631,91 Kč	420,52	260,38	291,02
21	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 747,12 Kč	2 412,08 Kč	2 695,86 Kč	420,52	260,38	291,02
22	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	8 007,08 Kč	2 644,98 Kč	2 956,16 Kč	420,52	260,38	291,02
23	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 674,38 Kč	2 768,24 Kč	3 093,92 Kč	420,52	260,38	291,02
24	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 791,68 Kč	2 854,04 Kč	3 189,81 Kč	420,52	260,38	291,02
25	45%	1236,83	1236,83	1301,92	1455,09	7 813,65 Kč	2 938,78 Kč	3 284,52 Kč	420,52	260,38	291,02
celkem		30920,63	30920,63	32548,03	36377,21	200 286,88 Kč	56 170,06 Kč	62 778,30 Kč	10513,01	6509,61	7275,44

Zdroj: vlastní zpracování

První část tabulky zobrazuje vyrobené nebo ekvivalentní hodnoty energie v kWh. Tyto hodnoty jsou pro každý rok stejné, protože kolektor postupem času nedegraduje. V pravé části tabulky jsou vyčísleny, podle simulovaných cen, možné finanční úspory dle nahrazeného zdroje. Podle nahrazeného zdroje jsou vyčísleny i úspory emisí CO<sub>2</sub>. Nejvíce uspořené financí a emisí dosahuje nahrazení elektrického ohřevu. A to hlavně z důvodu vysoké ceny elektřiny a emisního faktoru oproti hodnotám zemního plynu. Při nahrazení elektrického zdroje panel šetří řádově 8 000 Kč ročně, v případě plynu v rozmezí od 2 000 Kč do 3 000 Kč dle roční sazby a použitého typu kotle. Emisní faktor je pro dané palivo stanoven ve vyhlášce, takže je jeho hodnota stejná každý rok. Při nahrazení elektrického zdroje je to 420 kg ušetřeného CO<sub>2</sub>, v případě plynu je to 260 kg pro kondenzační kotel a 291 kg pro kotel atmosférický.

#### 4.4 Trubicový kolektor

Posledním zvažovaným zástupcem je vakuový trubicový kolektor. Výhodou tohoto kolektoru je menší vliv teploty na účinnost. Účinnost by měla být velmi podobná po celý rok. Výběr tohoto typu na českém trhu není příliš velký. Zástupcem je kolektor od Českého výrobce Vobmat.

- Název: Vobmat HSC 20

- Účinnost: 58,7%
- Plocha: 2,99 m<sup>2</sup>
- Cena: 17 399 Kč (Vombat.cz, 2025)

Pro tento konkrétní typ je vypočtena stejná tabulka jako pro plochý kolektor. Výpočty uvažují stejné nahrazené zdroje, úhrn, simulované ceny a emisní faktory. Rozdílné hodnoty jsou účinnost a plocha kolektoru. Vypočítané hodnoty pro tento kolektor ukazuje tabulka 9. Postup výpočtu je v tomto případě obdobný jako u plochého kolektoru.

Tabulka 9: Vyčíslení potenciálu trubicového solárního kolektoru

rok	účinnost přeměny	získané kWh na kolektor	nahrazený zdroj tepla - ekvivalent kWh			finanční úspory za daný rok			úspory CO <sub>2</sub> ( kg)		
			elektrický ohřev (účinnost přeměny 100%)	plyn - kondenzační kotel (účinnost přeměny 95%)	plyn - atmosférický kotel (účinnost přeměny 85%)	elektrický ohřev	plyn - kondenzační kotel	plyn - atmosférický kotel	elektrický ohřev	plyn - kondenzační kotel	plyn - atmosférický kotel
1	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 119,60 Kč	3 824,34 Kč	4 274,26 Kč	686,26	424,93	474,92
2	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 833,78 Kč	3 684,16 Kč	4 117,60 Kč	686,26	424,93	474,92
3	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 564,35 Kč	3 260,84 Kč	3 644,47 Kč	686,26	424,93	474,92
4	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 758,50 Kč	3 172,72 Kč	3 545,98 Kč	686,26	424,93	474,92
5	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 546,46 Kč	3 519,24 Kč	3 933,26 Kč	686,26	424,93	474,92
6	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 401,34 Kč	3 280,56 Kč	3 666,51 Kč	686,26	424,93	474,92
7	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 687,70 Kč	3 114,16 Kč	3 480,53 Kč	686,26	424,93	474,92
8	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 187,74 Kč	3 297,39 Kč	3 685,32 Kč	686,26	424,93	474,92
9	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 847,37 Kč	3 092,40 Kč	3 456,21 Kč	686,26	424,93	474,92
10	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 830,10 Kč	3 119,26 Kč	3 486,23 Kč	686,26	424,93	474,92
11	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	14 055,55 Kč	3 280,88 Kč	3 666,86 Kč	686,26	424,93	474,92
12	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 052,96 Kč	3 387,38 Kč	3 785,89 Kč	686,26	424,93	474,92
13	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 070,86 Kč	3 386,88 Kč	3 785,33 Kč	686,26	424,93	474,92
14	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 393,53 Kč	3 445,01 Kč	3 850,31 Kč	686,26	424,93	474,92
15	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 459,87 Kč	3 451,99 Kč	3 858,11 Kč	686,26	424,93	474,92
16	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 785,21 Kč	3 638,05 Kč	4 066,06 Kč	686,26	424,93	474,92
17	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 216,79 Kč	3 861,99 Kč	4 316,34 Kč	686,26	424,93	474,92
18	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 829,01 Kč	4 031,01 Kč	4 505,25 Kč	686,26	424,93	474,92
19	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 762,84 Kč	3 750,14 Kč	4 191,33 Kč	686,26	424,93	474,92
20	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 748,38 Kč	3 842,96 Kč	4 295,07 Kč	686,26	424,93	474,92
21	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 642,67 Kč	3 936,33 Kč	4 399,43 Kč	686,26	424,93	474,92
22	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	13 066,92 Kč	4 316,40 Kč	4 824,21 Kč	686,26	424,93	474,92
23	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 523,97 Kč	4 517,55 Kč	5 049,03 Kč	686,26	424,93	474,92
24	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 715,40 Kč	4 657,56 Kč	5 205,51 Kč	686,26	424,93	474,92
25	58,7%	2018,40	2018,40	2124,63	2374,59	12 751,26 Kč	4 795,85 Kč	5 360,07 Kč	686,26	424,93	474,92
celkem		50459,99	50459,99	53115,78	59364,69	326 852,17 Kč	91 665,04 Kč	102 449,16 Kč	17156,40	10623,16	11872,94

Zdroj: vlastní zpracování

Trubicový kolektor disponuje vyšší účinností přeměny, a to je promítnuto do výsledků v tabulce. Kolektor za rok vyprodukuje lehce přes dva tisíce kWh energie. Při přepočtu na nahrazený zdroj by finanční úspora představovala pro elektrický ohřev dle roční sazby úsporu mezi 12 000 až 14 000 Kč za rok a ušetření necelých 690 kg emisí CO<sub>2</sub>. V případě plynových kotlů by finanční úspora byla, při nahrazení kondenzačního kotle, ročně mezi zhruba 3 až 4,5 tisíci Kč, respektive 3,5 až 5 tisíci v případě kotle atmosférického. Ušetřené roční kilogramy emisí CO<sub>2</sub> by odpovídaly 425 kg pro kondenzační kotel a o 50 kg více v případě zvažovaného kotle atmosférického.

V následující části této kapitoly jsou jednotlivé parametry zvažovaných zástupců sjednoceny podle plochy a vzájemně porovnány.

#### 4.5 Porovnání vypočítaných variant

V této části je provedeno porovnání jednotlivých kolektorů a panelů. Jsou porovnávány výsledky přepočtené na 1 m<sup>2</sup> plochy a jsou zvažovány celkové úhrny za předpokládanou dobu životnosti, tedy 25 let. Data vycházejí z vypočítaných hodnot uvedených v tabulkách pro jednotlivé zástupce. Tyto úhrnné hodnoty jsou vyděleny plochou daného panelu. Tabulka 10 zobrazuje celkové přepočítané hodnoty na 1m<sup>2</sup> plochy panelu/kolektoru.

Tabulka 10: Porovnání jednotlivých variant na 1 m<sup>2</sup> plochy

panel/ kolektor	cena m2	získané kWh na m2	elektřina (pro kolektory ekvivalent)		plyn kondenzační		plyn - atmosferický	
			finační úspory na m2	úspory CO2 na m2 (kg)	finační úspory na m2	úspory CO2 na m2 (kg)	finační úspory na m2	úspory CO2 na m2 (kg)
mono	1 426,90 Kč	6159,63	39 916,74 Kč	2094,27				
poly	1 456,17 Kč	4548,41	29 486,07 Kč	1546,46				
plochy	6 723,43 Kč	12937,50	83 802,04 Kč	4398,75	23 502,12 Kč	2723,68	26 267,07 Kč	3044,12
trubicový	5 819,06 Kč	16876,25	109 315,11 Kč	5737,93	30 657,20 Kč	3552,89	34 263,93 Kč	3970,88

Zdroj: vlastní zpracování

Tato tabulka nabízí přehled výkonnosti jednotlivých panelů na stejnou plochu. Díky tomu poskytuje ucelený přehled s výsledky, které lze mezi sebou porovnat. Z tabulky vyplývá, že solární kolektory jsou řádově dražší než FV panely. Vyšší ceny odpovídají získané kWh energie a na to navázané úspory finanční i emisní. Situace se trochu mění, pokud je jako uvažovaný náhradní zdroj tepla pro solární kolektory zemní plyn. Plyn má nižší cenu a emisní faktor. Díky tomu jsou úspory výrazně nižší a přibližují se hodnotám FV panelů.

Pro lepší porovnání a rozhodnutí, který panel si vede nejlépe a má nejlepší zisky a úspory, je třeba zahrnout také pořizovací cenu. Pro promítnutí této ceny je vytvořena tabulka 11. Ta vychází z předešlé tabulky, ale zahrnuje právě pořizovací cenu. V prvním sloupci je vypočítán náklad vyrobené jedné kWh. Je spočítán jako podíl ceny a získaných kWh. Další ukazatel se týká finanční stránky. Je dána podílem finanční úspory a ceny. Jedná se o ukazatel BCR (Benefit–Cost Ratio). Ten udává poměr celkových úspor k počáteční investici. Výsledek říká, kolik korun úspor připadá na jednu korunu pořizovací ceny. Poslední ukazatel vyčísluje cenu za ušetřený 1kg emisí CO<sub>2</sub>. Je dán podílem pořizovací ceny a množství uspořených emisí.

Tabulka 11: Porovnání potenciálu jednotlivých variant v návaznosti na pořizovací cenu

		elektrina (pro kolektory ekvivalent)		plyn kondenzační		plyn - atmosferický	
panel/ kolektor	cena získané kWh (Kč/kWh)	Benefit-Cost Ratio	cena uspořené kg emisí (Kč/kgCO <sub>2</sub> )	Benefit-Cost Ratio	cena uspořené kg emisí (Kč/kgCO <sub>2</sub> )	Benefit-Cost Ratio	cena uspořené kg emisí (Kč/kgCO <sub>2</sub> )
mono	0,23 Kč	27,97	0,68 Kč				
poly	0,32 Kč	20,25	0,94 Kč				
plochý	0,52 Kč	12,46	1,53 Kč	3,50	2,47 Kč	3,91	2,21 Kč
trubicový	0,34 Kč	18,79	1,01 Kč	5,27	1,64 Kč	5,89	1,47 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledná čísla v tabulce 11 mohou sloužit jako nejlepší výchozí hodnoty pro porovnání daných systémů. Po zahrnutí ceny se lépe jeví FV panely, a to hlavně díky nízké ceně. Monokrystalický panel se vyznačuje skoro 28 násobnou návratností úspor vůči pořizovací ceně. Má také nejnižší, tedy nejlepší, hodnoty pro cenu vyrobené kWh a ceny kilogramu ušetřených emisí. U solárních kolektorů již nejsou hodnoty nejlepší tak, jak tomu bylo v předchozí tabulce. Je to způsobeno vysokou cenou za kolektor. Lze také vidět, že při zvažovaném nahrazeném zdroji tepla plynovým spotřebičem se hodnoty násobně zhorší. Je to dáno nižší cenou plynu a nižším emisním faktorem. Je tedy méně výhodné nahrazovat plynové spotřebiče solárními kolektory než spotřebiče elektrické.

V této části byly představeny jednotlivé varianty panelů a kolektorů, spočítané jejich úhrny vyrobené energie, finančních a emisních úspor. Uvažovaly se pouze samotné panely/kolektory bez zapojení do funkčního systému. Jde tedy hlavně o teoretický přehled a vyčíslení potenciálu. V realitě je nutné počítat se zapojením do celého systému. V celém systému dochází k větším ztrátám. Značně také roste pořizovací cena, kdy jsou pro panely potřeba další součástky a instalace. V případě instalace bateriového úložiště cena celého systému výrazně roste. V celém systému je cena za panely pouze poměrnou, ne výrazně převládající částkou. Celý systém solárních kolektorů se také skládá z několika částí, ale kolektory jsou poměrně drahé a většinou tvoří větší část ceny. S instalací celého systému pracuje následující část, kde se zvažuje instalace kompletního systému na modelový podnik.

## 5 MODELOVÝ PODNIK

V této části je zvažována investice pro modelový podnik v podobě solárního systému. Cílem je vyčíslit finanční i emisní úspory a dobu návratnosti investice. Pro modelový podnik budou definovány výchozí stavy spotřeby energie. Vyčísleny a porovnány budou FV a FT systémy, přičemž pro každý systém je uvažováno několik rozdílných variant spotřeby.

### 5.1 Definice modelového podniku

Modelový podnik je definován jako maloobchodní prodejna typu řetězcového supermarketu, která představuje běžného zástupce energeticky náročného provozu s kontinuálním odběrem elektřiny. Prodejna disponuje celkovou plochou 500 m<sup>2</sup> a je umístěna v objektu s plochou střechou, což vytváří vhodné podmínky pro instalaci fotovoltaického či fototermického systému.

Pro tento typ provozu se na spotřebě energie podílí převážně technologie chlazení, vzduchotechniky a trvalého osvětlení. Významnou část spotřeby tvoří také vytápění a příprava TUV. Konkrétní hodnoty se liší podle dané provozovny, podle specifických podmínek. Dle nalezené studie se hodnoty spotřeby energie pro tento typ podniků energie běžně pohybují v rozmezí 600 až 800 kWh/m<sup>2</sup> za rok, z toho přibližně 75 % celkové spotřeby představuje elektřina a zbývajících 25 % tepelná energie (Foster et al., 2018). Jeden z českých řetězců ve svých dokumentech uvádí hodnotu roční měrné spotřeby energie 620 kWh/m<sup>2</sup> (Lidl Česká republika, 2024).

Pro modelový příklad byla na základě těchto zjištění zvolena roční hodnota spotřeby 620 kWh/m<sup>2</sup> a procentuální rozdělení 75 % elektrická energie a 25 % energie tepelná. Uvažované hodnoty roční spotřeby jsou tedy 465 kWh/m<sup>2</sup>\*rok elektrické elektřiny a 155 kWh/m<sup>2</sup>\*rok energie tepelné. Modelový podnik o ploše 500 m<sup>2</sup> má při spotřebě 620 kWh/m<sup>2</sup>\*rok celkovou roční potřebu energie 310 000 kWh, z čehož připadá přibližně 232 500 kWh na elektřinu a 77 500 kWh na teplo.

Podnik disponuje plochou střechy odpovídající ploše budovy. Solárními systémy lze instalovat až na plochu 500m<sup>2</sup>. U fotovoltaiky je výhodou, že lze panely osadit po celé ploše, protože tento systém nelze předimenzovat. Přebytky lze buď uložit do bateriového úložiště, nebo je možné je dodávat do distribuční sítě. U solárních tepelných kolektorů je situace odlišná. Zde je problém v sezónnosti využití tepla. V zimě je nutné vytápět, a tedy potřeba tepla je násobně větší než v létě. Naopak díky počasí (méně slunečního svitu) a většímu rozdílu teplot je výkon systému v zimě nižší než v letním období. Kdyby se soustava dimenzovala na pokrytí celé roční potřeby

tepla, byla by v zimě i tak nedostatečná, zatímco v létě by byla výrazně předimenzovaná. Z tohoto důvodu se kolektorové systémy v praxi obvykle nedimenzují na plné pokrytí roční spotřeby. Solární kolektorové soustavy se doporučují dimenzovat tak, aby pokrývaly přibližně 10 až 20 % celkové roční potřeby tepla, při standardní akumulaci (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2024a).

## 5.2 Cena pořízení a údržby

V případech instalace na konkrétní místo se celý systém definuje a navrhuje na míru pro daný podnik. Vliv hrají parametry jako místo, typ a sklon instalace. Dále prostorová orientace vůči světovým stranám, zastínění okolními objekty, klimatické podmínky lokality nebo způsob kotvení konstrukce.

Pořizovací ceny systému uvažovaných v této práci byly odhadnuty na základě orientačních cenových nabídek systémů odpovídající parametrům modelového podniku.

### 5.2.1 FV

Pro modelový podnik připadá uvažovaná plocha pro instalaci FVE 500m<sup>2</sup>. Tato rozloha odpovídá instalaci o jmenovitém výkonu okolo 100kWp. V tabulce 12 jsou shrnuty nabízené orientační ceny za kompletní instalaci na klíč bez bateriového úložiště. Dle dostupných informací tabulka obsahuje hodnoty výkonu, účinností a potřebné plochy. Nejdůležitější hodnotou je pořizovací cena.

Tabulka 12: Cena a parametry nabízených řešení

kWp	plocha	pořizovací cena	panel	účinnost panelu	degradace první rok	degradace každý další rok	zdroj
99,96	457	2 637 800,00 Kč	Trina 420 TSM-DE09R.08 Vertex S	21,80%	2,00%	0,55%	(Silektro, 2025)
100	472	3 025 000,00 Kč	LONGI LR5-66HIH-500M	21,50%	2,00%	0,55%	(Česká solární, 2025)
99,96		2 293 676,00 Kč					(Rauchenberg, 2025)
100		2 157 430,00 Kč					(Smart Phoenix, 2025)
průměr		2 528 476,50 Kč		21,65%	2,00%	0,55%	

Zdroj: vlastní zpracování dle údajů nabídek

Na základě hodnot z tabulky byly pro modelový podnik stanoveny následující parametry. Instalovaný FV systém o výkonu 100 kWp, využívající panely s účinností přeměny 21,6 % a degradací výkonu 2 % první rok a následně 0,55 % ročně. Pořizovací cena celého systému je 2 500 000 Kč. Plocha panelů je 460 m<sup>2</sup> a zaplní plochu střechy. Ztráty v systému jsou stanoveny na 10 %.

V případě, že by podnik chtěl energii akumulovat, je potřeba přikoupit baterie. Pro takto velkou FVE a modelový podnik se nabízí baterie okolo kapacity 80 až 100kWh. Baterie dokáže

akumulovat přebytky vyrobené systémem a rozložit tak spotřebu do období, kdy elektrárna tolik neregeneruje. Ceny se velmi liší podle kvality a typu baterie. Jejich cena se pohybuje od 5 000 do 12 000 Kč za kapacitu jedné kWh. Na základě nabídky firmy Argos Elektro je pro modelový podnik uvažována baterie o kapacitě 105 kWh a ceně 1 060 000 Kč (Argos Elektro, 2025).

### **5.2.2 FT systém**

V případě modelového podniku připadá v úvahu instalace tepelného systému, který bude generovat maximálně 15 % spotřeby tepelné energie, tedy 11 600 kWh ročně. Nabízené systémy jsou převážně malého výkonu pro použití na rodinné domy. Pro větší výkon systému je nabídka velmi omezená. Tomuto požadovanému výkonu odpovídá nabídka solárního systému Premium 400 od firmy Solární systémy Kocián. Kombinace dvou těchto systémů by ročně měla, dle uváděného výkonu výrobcem, dosáhnout až 11 000 kWh. Uvažované řešení se skládá ze šesti kolektorů o celkové ploše 15,12 m<sup>2</sup>. Pro kolektor je v případě výroby TUV uváděna střední sezonní účinnost 56%. Celková cena instalace kompletního systému činí 520 000 Kč (Solární ohřev vody, 2025). Pro ztráty systému je uvažovaná hodnota 15 % vyrobené energie.

### **5.3 Provoz a údržba**

Kromě pořizovací ceny je nutné zohlednit také jejich následné provozní a údržbové náklady. Do těchto nákladů spadá pravidelný servis a kontrola komponent i jejich případná výměna. Například médium v solárních kolektorech se doporučuje měnit každých 5 let. Dalším výdajem jsou náklady na čištění kolektorů/panelů od nečistot. Usazený prach snižuje účinnost kolektoru. Tyto náklady je také nutné zahrnout do výpočtu pro správné posouzení investice.

Obecně jsou náklady na provoz těchto systémů nízké. Lze obtížně stanovit přesnou hodnotu, protože záleží na konkrétním provedení. Hodnota těchto nákladů se obvykle pohybuje okolo 0,8 % až 1 % ročně z investičních nákladů u FV systémů (National Renewable Energy Laboratory, 2024). Jiný zdroj udává hodnotu ročních nákladů na servis a údržbu pro solární kolektory mezi 0,75 % až 1 %. (Mauthner, 2016).

### **5.4 Vyčíslení uvažovaných variant**

Pro následné výpočty a vyčíslení variant jsou využity následující hodnoty. Společné výchozí hodnoty pro všechny varianty. Doba životnosti 25 let. Roční náklady na údržbu 1 % z pořizovací ceny. Roční insolace 1150 kWh/m<sup>2</sup>\*rok. Ceny elektřiny a plynu dle simulace v tabulkách 4 a 5.

V případě FVE s výkonem 100 kWp a rozlohou 460 m<sup>2</sup> je zvažovaná pořizovací cena celého systému 2 500 000 Kč. Samotné panely mají hodnotu přeměny záření 21,6 %, degradaci výkonu 2 % první rok a následně 0,55 % ročně. V případě instalace bateriového akumulátoru je cena úložiště 1 060 000 Kč. Systémové ztráty jsou 10 %. Při prodeji přebytků elektřiny podnik obdrží 40 % ceny, za kterou nakupuje.

V případě instalace solárních kolektorů na ohřev teplé vody je zvolen systém za 520 000 Kč. Systém se skládá z 15,12 m<sup>2</sup> kolektorů se střední sezonní účinností 56%. Ztrátovost systému je stanovena na 15 %.

Vyčíslené hodnoty jsou stanoveny na základě vzorců a postupů v metodické části. Postup je obdobný jako u vyčíslení variant pro jednotlivé typy panelů. Zde je nutné zahrnout konkrétní parametry dané varianty, zahrnout i ztrátovost celého systému. Finanční a emisní úspory jsou vyčísleny podle parametrů dané varianty. U modelových příkladů je navíc spočítána doba návratnosti pro posouzení investice. Ta vychází z ceny pořízení a nákladů na provoz a údržbu. Na příjmové straně jsou uspořené finance systémem. Pokud je možné na pořízení systému čerpat dotaci, je spočítána doba návratnosti jak pro základní pořizovací cenu, tak pro cenu sníženou o výši dotace.

## **5.5 Varianta 1 – fotovoltaický systém**

První modelová varianta počítá s instalací FVE na střechu modelového podniku. Jsou vyčísleny varianty, kdy se uvažuje, že podnik veškerou vyrobenou energii spotřebuje přímo. V případě, že podnik není schopen spotřebovat všechnu energii jsou uvažovány další dvě možnosti. První možností je instalace bateriového úložiště, kam je možné přebytky uschovat a následně spotřebovat. Druhá varianta uvažuje, že podnik přebytky energie prodá do sítě. Pro dané varianty je vyčíslen ekonomický a environmentální potenciál a doba návratnosti, a to i pro případ čerpání dotace na pořízení systému. Tabulka 13 přibližuje vypočítané roční finanční úspory pro variantu se 100 % spotřebou energie a pro variantu, kde je 10 % energie prodáváno do sítě za 40 % nákupní ceny.

Tabulka obsahuje hodnoty celkové účinnosti systému v jednotlivých letech a z toho vycházející roční úhrny generované energie na základě plochy instalace a insolace. V návaznosti na tyto úhrny jsou vypočítány hrubé finanční úspory podle simulovaných cen energie. Sloupec finanční úspory po započtení nákladů uvádí hodnotu úspor sníženou o náklady na provoz a údržbu, které činí 1 % pořizovací ceny. Poslední sloupec uvádí hodnoty uspořených emisí CO<sub>2</sub>. Celková účinnost odpovídá vynásobení všech uvažovaných účinností. Zahrnuje degradaci v čase,

účinnost přeměny a ztráty systému. Celková vygenerovaná energie byla vypočítaná dle vzorce (2), finanční úspory dle vzorce (3) a emisní úspory dle vzorce (4). Sloupce finanční úspory po započtení nákladů vycházejí z hodnot hrubé finanční úspory, ale je od nich odečtena hodnota nákladů na údržbu a provoz.

Tabulka 13: Vyčíslení potenciálu jednotlivých možností varianty 1

rok	celková účinnost systému	celková vygenerovaná energie (kWh)	hrubá finanční úspora		finanční úspora po započtení nákladů			ušetřené emise CO <sub>2</sub> (kg)
			100% spotřeba	90% spotřeba, 10% prodej	100% spotřeba	100% spotřeba s baterií	90% spotřeba, 10% prodej	
1	19,05%	100 781	655 076 Kč	615 771 Kč	630 076 Kč	619 476 Kč	590 771 Kč	34 265
2	18,94%	100 215	637 208 Kč	598 976 Kč	612 208 Kč	601 608 Kč	573 976 Kč	34 073
3	18,84%	99 650	669 680 Kč	629 500 Kč	644 680 Kč	634 080 Kč	604 500 Kč	33 881
4	18,73%	99 084	675 410 Kč	634 886 Kč	650 410 Kč	639 810 Kč	609 886 Kč	33 689
5	18,62%	98 518	661 205 Kč	621 533 Kč	636 205 Kč	625 605 Kč	596 533 Kč	33 496
6	18,52%	97 953	650 366 Kč	611 344 Kč	625 366 Kč	614 766 Kč	586 344 Kč	33 304
7	18,41%	97 387	660 428 Kč	620 802 Kč	635 428 Kč	624 828 Kč	595 802 Kč	33 112
8	18,30%	96 822	632 609 Kč	594 653 Kč	607 609 Kč	597 009 Kč	569 653 Kč	32 919
9	18,20%	96 256	612 682 Kč	575 921 Kč	587 682 Kč	577 082 Kč	550 921 Kč	32 727
10	18,09%	95 690	655 672 Kč	616 331 Kč	630 672 Kč	620 072 Kč	591 331 Kč	32 535
11	17,98%	95 125	662 421 Kč	622 676 Kč	637 421 Kč	626 821 Kč	597 676 Kč	32 342
12	17,88%	94 559	611 513 Kč	574 822 Kč	586 513 Kč	575 913 Kč	549 822 Kč	32 150
13	17,77%	93 994	562 120 Kč	528 393 Kč	537 120 Kč	526 520 Kč	503 393 Kč	31 958
14	17,66%	93 428	573 674 Kč	539 253 Kč	548 674 Kč	538 074 Kč	514 253 Kč	31 766
15	17,55%	92 862	573 253 Kč	538 858 Kč	548 253 Kč	537 653 Kč	513 858 Kč	31 573
16	17,45%	92 297	584 638 Kč	549 560 Kč	559 638 Kč	549 038 Kč	524 560 Kč	31 381
17	17,34%	91 731	600 669 Kč	564 629 Kč	575 669 Kč	565 069 Kč	539 629 Kč	31 189
18	17,23%	91 166	579 451 Kč	544 684 Kč	554 451 Kč	543 851 Kč	519 684 Kč	30 996
19	17,13%	90 600	572 886 Kč	538 513 Kč	547 886 Kč	537 286 Kč	513 513 Kč	30 804
20	17,02%	90 034	613 271 Kč	576 475 Kč	588 271 Kč	577 671 Kč	551 475 Kč	30 612
21	16,91%	89 469	560 406 Kč	526 782 Kč	535 406 Kč	524 806 Kč	501 782 Kč	30 419
22	16,81%	88 903	575 550 Kč	541 017 Kč	550 550 Kč	539 950 Kč	516 017 Kč	30 227
23	16,70%	88 337	548 125 Kč	515 238 Kč	523 125 Kč	512 525 Kč	490 238 Kč	30 035
24	16,59%	87 772	552 940 Kč	519 764 Kč	527 940 Kč	517 340 Kč	494 764 Kč	29 842
25	16,49%	87 206	550 926 Kč	517 871 Kč	525 926 Kč	515 326 Kč	492 871 Kč	29 650
celkem			15 232 181 Kč	14 318 250 Kč	14 607 181 Kč		13 693 250 Kč	798 945

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky a výpočtů vyplývá, že instalace FVE za daných podmínek ročně generuje okolo 100 MWh elektrické energie na začátku své životnosti. Po 25 letech klesne vygenerované množství na 87 MWh za rok. Při roční spotřebě podniku 233 MWh pokryje FVE zhruba 40 % roční spotřeby. Samotný systém svoji výrobou celkově ušetří téměř 800 tun emisí CO<sub>2</sub> za celou dobu životnosti. V případě, že by stejné množství energie podnik nakupoval, by ušetřené prostředky činily pro případ 100 % spotřeby energie 15,2 milionu korun. V případě, že by podnik 10 % vyrobené energie nespoteboval a prodával do sítě, by ušetřil 14,3 milionu korun. Tabulka také ukazuje finanční úspory po započtení nákladů na provoz a údržbu. Tyto hodnoty jsou zohledněny při výpočtu doby návratnosti.

Tabulka 14 přibližuje pohled na systém jako investici. Pro jednotlivé varianty instalace (varianta 100% spotřeby, a to přímo nebo s bateriovým úložištěm, a varianta s prodejem

přebytků do sítě) jsou v tabulce zmíněny pořizovací ceny (PC). Na tento typ systému je možné čerpat až 30% dotaci z dotačního programu RES +. Každá varianta je zmíněna i s PC sníženou o možnou dotaci. Pro všechny tyto varianty je vyčísleno kumulované CF na konci každého roku. Tyto údaje vycházejí z PC a jednotlivých čistých ročních úsporách v daném roce. Hodnoty odpovídají posouzení nákladů a výnosů investice. Výsledné hodnoty doby návratnosti jsou v posledním řádku.

Tabulka 14: CF a doba návratnosti jednotlivých možností varianty 2

rok	CF - plná pořizovací cena			CF - pořizovací cena s 30% dotací		
	systém s přímou spotřebou (PC 2500000Kč)	systém s baterií (PC 3560000Kč)	systém 90% spotřeba, 10% prodej (PC 2500000Kč)	systém s přímou spotřebou (PC 1750000Kč)	systém s baterií (PC 2492000Kč)	systém 90% spotřeba, 10% prodej (PC 1750000Kč)
1	- 1 869 924 Kč	- 2 940 524 Kč	- 1 909 229 Kč	- 1 119 924 Kč	- 1 872 524 Kč	- 1 159 229 Kč
2	- 1 257 716 Kč	- 2 338 916 Kč	- 1 335 253 Kč	- 507 716 Kč	- 1 270 916 Kč	- 585 253 Kč
3	- 613 036 Kč	- 1 704 836 Kč	- 730 754 Kč	136 964 Kč	- 636 836 Kč	19 246 Kč
4	37 375 Kč	- 1 065 025 Kč	- 120 868 Kč	787 375 Kč	2 975 Kč	629 132 Kč
5	673 580 Kč	- 439 420 Kč	475 665 Kč	1 423 580 Kč	628 580 Kč	1 225 665 Kč
6	1 298 946 Kč	175 346 Kč	1 062 009 Kč	2 048 946 Kč	1 243 346 Kč	1 812 009 Kč
7	1 934 374 Kč	800 174 Kč	1 657 811 Kč	2 684 374 Kč	1 868 174 Kč	2 407 811 Kč
8	2 541 983 Kč	1 397 183 Kč	2 227 464 Kč	3 291 983 Kč	2 465 183 Kč	2 977 464 Kč
9	3 129 665 Kč	1 974 265 Kč	2 778 385 Kč	3 879 665 Kč	3 042 265 Kč	3 528 385 Kč
10	3 760 337 Kč	2 594 337 Kč	3 369 716 Kč	4 510 337 Kč	3 662 337 Kč	4 119 716 Kč
11	4 397 758 Kč	3 221 158 Kč	3 967 392 Kč	5 147 758 Kč	4 289 158 Kč	4 717 392 Kč
12	4 984 271 Kč	3 797 071 Kč	4 517 214 Kč	5 734 271 Kč	4 865 071 Kč	5 267 214 Kč
13	5 521 391 Kč	4 323 591 Kč	5 020 608 Kč	6 271 391 Kč	5 391 591 Kč	5 770 608 Kč
14	6 070 065 Kč	4 861 665 Kč	5 534 861 Kč	6 820 065 Kč	5 929 665 Kč	6 284 861 Kč
15	6 618 318 Kč	5 399 318 Kč	6 048 719 Kč	7 368 318 Kč	6 467 318 Kč	6 798 719 Kč
16	7 177 956 Kč	5 948 356 Kč	6 573 278 Kč	7 927 956 Kč	7 016 356 Kč	7 323 278 Kč
17	7 753 625 Kč	6 513 425 Kč	7 112 907 Kč	8 503 625 Kč	7 581 425 Kč	7 862 907 Kč
18	8 308 076 Kč	7 057 276 Kč	7 632 591 Kč	9 058 076 Kč	8 125 276 Kč	8 382 591 Kč
19	8 855 962 Kč	7 594 562 Kč	8 146 104 Kč	9 605 962 Kč	8 662 562 Kč	8 896 104 Kč
20	9 444 233 Kč	8 172 233 Kč	8 697 579 Kč	10 194 233 Kč	9 240 233 Kč	9 447 579 Kč
21	9 979 639 Kč	8 697 039 Kč	9 199 360 Kč	10 729 639 Kč	9 765 039 Kč	9 949 360 Kč
22	10 530 189 Kč	9 236 989 Kč	9 715 377 Kč	11 280 189 Kč	10 304 989 Kč	10 465 377 Kč
23	11 053 314 Kč	9 749 514 Kč	10 205 615 Kč	11 803 314 Kč	10 817 514 Kč	10 955 615 Kč
24	11 581 255 Kč	10 266 855 Kč	10 700 379 Kč	12 331 255 Kč	11 334 855 Kč	11 450 379 Kč
25	12 107 181 Kč	10 782 181 Kč	11 193 250 Kč	12 857 181 Kč	11 850 181 Kč	11 943 250 Kč
doba návratnosti	3,94 roku	5,71 roku	4,2 roku	2,79 roku	3,99 roku	2,96 roku

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky lze vidět, že si tento typ investice vede dobře a dochází k návratnosti investice dříve než je předpokládána životnost. Výsledky ukazují rozdíly v době návratnosti mezi jednotlivými konfiguracemi systému. Nejrychleji se investice vrací u variant s vysokým podílem vlastní spotřeby a nižší pořizovací cenou, zatímco přítomnost bateriového úložiště dobu návratnosti prodlužuje kvůli vysoké pořizovací ceně bateriového úložiště.

U systému s přímou spotřebou bez dotace činí doba návratnosti přibližně 3,94 roku, zatímco varianta s baterií dosahuje až 5,71 roku. V případě kombinace 90% vlastní spotřeby a 10 % prodeje vychází návratnost na 4,2 roku.

Poskytnutí 30 % dotace na pořízení dobu návratnosti snižuje. Při variantě provedení s přímou spotřebou se investice vrací za 2,79 roku, varianta s baterií má návratnost 3,99 roku. Varianta s 90 % vlastní spotřebou a dotací dosahuje návratnosti 2,96 roku.

Rozdíly mezi jednotlivými variantami potvrzují, že návratnost nejvíce ovlivňuje výše pořizovacích nákladů, podíl přímé spotřeby a případné využití bateriového úložiště a na to navázané ceny elektřiny. Kratší návratnost u dotovaných variant nebo systémů bez baterie vyplývá z nižší investice. Bateriové systémy mají kvůli vyšším nákladům návratnost delší. Vypočtené doby návratnosti v rozsahu 2,8–5,7 roku odpovídají parametrům kvalitně navržených a velmi dobře optimalizovaných fotovoltaických systémů s vysokým podílem vlastní spotřeby. Skutečná návratnost konkrétních provedení může být delší v závislosti na reálných provozních podmínkách, vývojových změnách na trhu energií nebo nižší úrovni využití vyrobené elektřiny.

Je důležité zdůraznit, že vypočítané výsledky vycházejí z nastavených modelových parametrů, zejména z hodnot roční výroby, podílu vlastní spotřeby a především ceny elektrické energie, která má na ekonomickou efektivitu zásadní vliv. Změna některých vstupních hodnot může výslednou dobu návratnosti výrazně ovlivnit.

## **5.6 Varianta 2 – systém solárních kolektorů**

Tato varianta modeluje možnost využití solárních termických kolektorů pro modelový podnik. Je uvažována instalace systému solárních kolektorů na pokrytí zhruba 20 % roční spotřeby tepla. Jako nahrazené zdroje tepla jsou uvažovány elektřina a plynový ohřev s účinností 0,95. Pro obě varianty je vyčíslen na základě daných parametrů ekonomický a environmentální potenciál a doba návratnosti.

Tabulka 15 zobrazuje vyčíslené hodnoty pro uvažovanou variantu vhodnou pro modelový podnik. Tabulka obsahuje informace podobné, jako tabulky uvedené pro modelovou FVE. Tabulka je rozdělena do dvou hlavních částí podle zdroje nahrazeného tepla. V tabulce lze najít hodnoty ekvivalentu vyrobených kWh, dále finanční a emisní úspory. Tyto hodnoty byly dosaženy za pomoci kombinace vzorců (5) a (7) pro hodnoty ekvivalentu kWh, finanční úspory dle vzorce (8). Úspory po započtení nákladů jsou vyčísleny obdobně jako u FVE, tedy jako hrubé úspory snížené o roční náklady na údržbu a provoz. Pro sloupec emisních úspor byl použit vzorec (9). Do tabulky je také zahrnut výpočet CF a doby návratnosti. Pro tento typ systému nejsou nabízeny dotace, uvažuje se tedy pouze plná pořizovací cena. Díky definování systému

na pokrytí dané spotřeby tepla a vysoké účinnosti kolektorů je uvažovaný systém poměrně malý.

Tabulka 15: Vyčíslení potenciálu, CF a doba návratnosti jednotlivých možností varianty 2

rok	celková účinnost systému	nehrazený zdroj tepla									
		elektrický ohřev - účinnost přeměny 100%					plynový ohřev - účinnost přeměny 95%				
		ekvivalent získaných kWh za rok	hrubá finanční úspora	úspora po započtení nákladů	CF- plná pořizovací cena (52000Kč)	ušetřené emise CO2 (kg)	ekvivalent získaných kWh za rok	hrubá finanční úspora	úspora po započtení nákladů	CF- plná pořizovací cena (52000Kč)	ušetřené emise CO2 (kg)
1	47,60%	7 449	48 419 Kč	43 219 Kč	- 476 781 Kč	2 533	7 841	14 114 Kč	8 914 Kč	- 511 086 Kč	1 568
2	47,60%	7 449	47 364 Kč	42 164 Kč	- 434 618 Kč	2 533	7 841	13 597 Kč	8 397 Kč	- 502 689 Kč	1 568
3	47,60%	7 449	50 060 Kč	44 860 Kč	- 389 758 Kč	2 533	7 841	12 034 Kč	6 834 Kč	- 495 855 Kč	1 568
4	47,60%	7 449	50 777 Kč	45 577 Kč	- 344 181 Kč	2 533	7 841	11 709 Kč	6 509 Kč	- 489 346 Kč	1 568
5	47,60%	7 449	49 994 Kč	44 794 Kč	- 299 387 Kč	2 533	7 841	12 988 Kč	7 788 Kč	- 481 558 Kč	1 568
6	47,60%	7 449	49 458 Kč	44 258 Kč	- 255 129 Kč	2 533	7 841	12 107 Kč	6 907 Kč	- 474 651 Kč	1 568
7	47,60%	7 449	50 515 Kč	45 315 Kč	- 209 813 Kč	2 533	7 841	12 034 Kč	6 293 Kč	- 468 358 Kč	1 568
8	47,60%	7 449	48 670 Kč	43 470 Kč	- 166 343 Kč	2 533	7 841	12 169 Kč	6 969 Kč	- 461 389 Kč	1 568
9	47,60%	7 449	47 414 Kč	42 214 Kč	- 124 129 Kč	2 533	7 841	11 413 Kč	6 213 Kč	- 455 176 Kč	1 568
10	47,60%	7 449	51 041 Kč	45 841 Kč	- 78 288 Kč	2 533	7 841	11 512 Kč	6 312 Kč	- 448 864 Kč	1 568
11	47,60%	7 449	51 873 Kč	46 673 Kč	- 31 616 Kč	2 533	7 841	12 108 Kč	6 298 Kč	- 441 956 Kč	1 568
12	47,60%	7 449	48 173 Kč	42 973 Kč	11 357 Kč	2 533	7 841	12 501 Kč	7 301 Kč	- 434 655 Kč	1 568
13	47,60%	7 449	44 548 Kč	39 348 Kč	50 705 Kč	2 533	7 841	12 499 Kč	7 299 Kč	- 427 355 Kč	1 568
14	47,60%	7 449	45 739 Kč	40 539 Kč	91 244 Kč	2 533	7 841	12 714 Kč	7 514 Kč	- 419 841 Kč	1 568
15	47,60%	7 449	45 984 Kč	40 784 Kč	132 028 Kč	2 533	7 841	12 740 Kč	7 540 Kč	- 412 302 Kč	1 568
16	47,60%	7 449	47 185 Kč	41 985 Kč	174 013 Kč	2 533	7 841	13 426 Kč	8 226 Kč	- 404 075 Kč	1 568
17	47,60%	7 449	48 777 Kč	43 577 Kč	217 590 Kč	2 533	7 841	14 253 Kč	9 053 Kč	- 395 022 Kč	1 568
18	47,60%	7 449	47 346 Kč	42 146 Kč	259 736 Kč	2 533	7 841	14 877 Kč	9 677 Kč	- 385 345 Kč	1 568
19	47,60%	7 449	47 102 Kč	41 902 Kč	301 638 Kč	2 533	7 841	13 840 Kč	8 640 Kč	- 376 705 Kč	1 568
20	47,60%	7 449	50 739 Kč	45 539 Kč	347 177 Kč	2 533	7 841	14 183 Kč	8 983 Kč	- 367 723 Kč	1 568
21	47,60%	7 449	46 659 Kč	41 459 Kč	388 636 Kč	2 533	7 841	14 527 Kč	9 327 Kč	- 358 395 Kč	1 568
22	47,60%	7 449	48 224 Kč	43 024 Kč	431 660 Kč	2 533	7 841	15 930 Kč	10 730 Kč	- 347 666 Kč	1 568
23	47,60%	7 449	46 220 Kč	41 020 Kč	472 681 Kč	2 533	7 841	16 672 Kč	11 472 Kč	- 336 193 Kč	1 568
24	47,60%	7 449	46 927 Kč	41 727 Kč	514 407 Kč	2 533	7 841	17 189 Kč	11 989 Kč	- 324 204 Kč	1 568
25	47,60%	7 449	47 059 Kč	41 859 Kč	556 267 Kč	2 533	7 841	17 699 Kč	12 499 Kč	- 311 705 Kč	1 568
celkem			1 206 267 Kč	1 076 267 Kč		63 317	196 027	338 295 Kč	208 295 Kč		39 205
doba návratnosti					11,74 roku					déle než 25 let	

Zdroj: vlastní zpracování

Při pohledu na část, která počítá s elektrickým ohřevem jako nahrazeným zdrojem tepla z tabulky vyplývá, že systém za daných podmínek vytvoří ekvivalent 7449 kWh tepelné energie. To odpovídá zhruba 10 % spotřeby tepla modelového podniku. To by při simulovaných cenách představovalo úsporu 1,2 milionu korun a 63,3 tun emisí CO<sub>2</sub> za dobu životnosti. Doba návratnosti v tomto případě činí 11,74 roku. Je způsobena hlavně vysokými počátečními náklady systému.

Při variantě plynového ohřevu jsou dosažené výsledky mnohem horší. Instalace modelového systému by při simulovaných cenách plynu přinesla úsporu 338 tisíc korun za dobu životnosti. Po započtení nákladů na údržbu a provoz úspory nepředstavují ani polovinu pořizovací ceny. V tomto případě je doba návratnosti investice mnohem delší než uvažovaná doba životnosti. Investice se tedy za daných podmínek nevyplatí. Hlavním důvodem je cena plynu, která je poměrně nízká.

Vypočítané výsledné hodnoty pro modelový podnik nejsou v rozporu s reálnými hodnotami při využití v praxi. Při uvažované náhradě elektrického zdroje tepla investice má dobu návratnosti

zhruba v polovině očekávané životnosti a investice tak může být smysluplná. Naopak při náhradě plynového ohřevu je ekonomika výrazně horší a při současných cenách plynu se investice zpravidla nemusí vyplatit, což model jasně potvrzuje.

Modelový podnik v této práci spadá do kategorie provozů, kde je spotřeba tepla převážně nízkoteplotní a relativně omezená (TUV a základní vytápění). Je nutné systém dimenzovat tak, aby byl využitelný po celý rok. V takovém prostředí se potenciál solárních kolektorů využívá jen částečně a ekonomika systému vychází méně příznivě. Provozům s vysokou průmyslovou spotřebou tepla, kde je tepelná energie potřebná celoročně a ve velkých objemech, mohou solární termické instalace dávat podstatně větší smysl a jejich výhodnost se může výrazně zlepšit.

## 6 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Tato kapitola se zaměřuje na zhodnocení výsledků modelových variant a diskuzi nad celou problematikou v širším kontextu. Pro oba systémy jsou v práci vyčísleny konkrétní hodnoty pro modelové situace. Práce přibližuje postup, jak vypočítat potenciál jednotlivých systémů na základě definovaných podmínek.

Fotovoltaické systémy vycházejí v této práci jako výhodnější varianta především proto, že pracují výhradně s elektrickou energií, která má pro podnik nejširší možnosti okamžitého využití. Vyrobena elektřina může být přímo spotřebována v provozu, případně uschována v bateriovém uložení nebo prodána do distribuční sítě. Tím se zvyšuje ekonomický přínos systému, protože využití nalezne veškerá vyrobená energie. Díky tomuto se systémy vyznačují poměrně krátkou dobou návratnosti. FV technologie patří v současnosti k oblíbeným a často realizovaným řešením. Pořizovací náklady jsou relativně příznivé a díky vysoké nabídce na trhu je možné systém přizpůsobit. Zároveň je možné na pořízení čerpat dotace. Výhodou je i to, že elektřinu lze snadno využít pro výrobu tepla prostřednictvím elektrických spotřebičů, čímž mohou sloužit v podstatě jako substitut fototermických systémů. Nevýhodou fotovoltaiky zůstává především požadavek na dostatečnou plochu, pokud má systém dosáhnout určitého výkonu. Je potřeba poměrně velká a vyhovující plocha, což může být u některých objektů limitující faktor.

Fototermické kolektory představují technologii s velmi vysokou účinností přeměny dopadajícího záření na teplo, nicméně jejich využitelnost je výrazně omezená tím, že systém produkuje výhradně tepelnou energii. To je problém zejména u podniků, které mají nízkou nebo nerovnoměrnou spotřebu tepla, hlavně na TUV a vytápění. Toto je i příklad modelového podniku v této práci. Je velmi důležité systém dimenzovat tak, aby teplo našlo využití po celý rok. FT systémy se snadno předimenzují, protože nejvyšší výroba přichází v létě, kdy je poptávka po teple minimální. Je také nutné zvažovat, jaký zdroj tepla kolektory nahrazují. Pokud jde o plyn, jehož cena je v Česku dlouhodobě relativně nízká, vycházejí ekonomické úspory FT velmi nevýrazně. Výhodou kolektorů je účinnost, díky které lze dosáhnout slušného výkonu i na menší ploše. V uvažovaných situacích v této práci se tyto systémy jeví méně výhodně. V případě zvažovaného nahrazení zemního plynu jako zdroje tepla dokonce jako nevýhodné. FT technologie dává mnohem větší smysl v provozech s vysokou a stabilní průmyslovou spotřebou tepla. Dalším možným řešením je sezonní úložiště, kde se vyrobené teplo akumuluje přes léto a využije v zimním období.

Z hlediska vyprodukovaných emisí přinášejí oba analyzované systémy výrazné úspory a jsou obecně považovány za čisté a environmentálně šetrné zdroje energie. FV i FT v provozu nevytvářejí žádné lokální emise CO<sub>2</sub>, což je jejich největší výhoda ve srovnání s konvenčními zdroji energie. V širší diskuzi je však vhodné zmínit, že skutečný environmentální dopad se neomezuje pouze na fázi provozu. Například náročnost výroby solárních panelů, kolektorů i bateriových systémů. Výroba je spojena s velkou spotřebou cenných surovin jako křemík nebo lithium a ekologickými dopady spojenými s jejich těžbou a zpracováním. Dále jsou nutné uvažovat náklady za likvidaci a recyklaci. Při zvažování těchto faktorů nejsou tyto technologie zcela bez dopadu na životní prostředí a nelze je považovat za 100% čisté. Přesto je celkový přínos v porovnání s fosilními zdroji jednoznačně více environmentálně příznivý.

Solární systémy mají několik jasných výhod. Podnik si díky nim vyrábí vlastní energii za kterou už dále neplatí a může ji hned spotřebovat. Tím snižuje závislost na dodavatelích i cenových výkyvech a získává určitou míru energetické samostatnosti. V současné turbulentní době, kdy ceny energií kolísají a nejistota je vysoká, může být vlastní zdroj energie velkou výhodou. Pozitivem je i to, že jde o decentralizovaný zdroj přímo na místě spotřeby. Na druhou stranu mají solární systémy několik nevýhod. Hlavní a nejčastěji zmiňovaná nevýhoda, kterou odpůrci uvádějí, je závislost výroby na slunečním záření. Díky tomu je výroba nestálá, nedá se regulovat, probíhá pouze ve dne a v zimních měsících výrazně klesá. Při zapojení těchto zdrojů do sítě vznikají velké výkyvy výkonu a je třeba je zálohovat rychle regulovatelnými zdroji, které dokáží na daný výkyv rychle reagovat. Zdroji, které lze velmi rychle spustit na požadovaný výkon.

Tato práce vychází z modelových hodnot a scénářů, které se snaží co nejvíce reflektovat reálné podmínky. Pořád jde ale o určité zjednodušení reality. V praxi se parametry liší podle přesné lokality, technického řešení a provozních podmínek podniku. Práce také neuvažuje rozlišení ročního období. Nejdůležitějším faktorem, který výrazně ovlivňuje finanční výstupy, jsou modelované ceny energií. Ty se mohou v budoucnu vyvíjet různě a jakákoliv změna v ceně elektřiny nebo plynu má přímý dopad na návratnost a celkové úspory systému. Proto je nutné brát finanční výsledky jako orientační, nikoliv absolutní, a vždy je vztahovat k aktuální situaci na energetickém trhu.

Z výše uvedeného vyplývá několik otázek a úvah, které je vhodné zmínit při interpretaci výsledků. Práce vychází z modelových hodnot, které se přibližují realitě, ale pořád se jedná o zjednodušený model. Toto je nutné brát v úvahu při interpretaci výsledků. Nabízí se i otázky

jako: Do jaké míry by se výsledky změnilly v jiném typu podniku, například tam, kde je vysoká spotřeba tepla? Jak by se výsledky změnilly při jiném vývoji cen elektřiny? Je přechod na tento typ OZE tou správnou cestou? Jak velkou roli by hrálo rozlišení ročních období? Odpovědi mohou poskytnout komplexnější a rozsáhlejší a více technicky zaměřené výzkumy zahrnující co nejvíce proměnných. Nejpřesnější metodou však zůstává jediná. Dané hodnoty změřit v místě instalace v reálném provozu. Vše ostatní pracuje s hodnotami, které se realitě přibližují.

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo posoudit potenciál fotovoltaických a fototermických solárních systémů pro využití v modelovém podniku a zhodnotit jejich energetický, ekonomický a environmentální přínos. Práce představuje ucelený postup, jak z dostupných dat určit potenciál obou systémů, popisuje jednotlivé kroky výpočtů a uvádí konkrétní výsledné hodnoty, které vedou k dosažení tohoto cíle.

Práce v první části přibližuje teoretický základ problematiky solárních systémů a v druhé části ukazuje postup, jak posoudit jejich vhodnost a ekonomickou výhodnost v podmínkách modelového podniku. Nabízí postup, jak pracovat s dostupnou plochou, účinnostmi, ztrátami i finančními vstupy a nabízí model, který lze snadno upravit pro jiné objekty či provozy. Díky porovnání FV a FT systémů na stejném podkladě může podnik lépe pochopit, jaké technologie dávají smysl při různých kombinacích spotřeby energie. Výstupy tak mohou sloužit jako základ pro rozhodování o investicích, ale i jako orientační návod, jak přistupovat k hodnocení obnovitelných zdrojů obecně. Hlavním přínosem je tedy srozumitelná metodika a jasně ukázaný postup, který lze použít i v jiných projektech s podobným zaměřením.

Výsledky ukázaly, že v podmínkách modelového podniku vycházejí fotovoltaické systémy jako jednoznačně výhodnější řešení. Hlavní důvod spočívá v charakteru spotřeby energie. Elektrická energie má pro podnik široké možnosti okamžitého využití. Vyrobena elektřina navíc může být v případě přebytků uložena do bateriového úložiště nebo prodána do distribuční sítě, což zvyšuje ekonomický efekt projektu. Díky tomu dosahují FV systémy relativně krátké doby návratnosti i při konzervativně nastavených parametrech degradace a cen energií. Fototermické kolektory naopak vykazují výrazně menší využitelnost, protože teplo lze u uvažovaného typu podniku využít převážně pro přípravu teplé užitkové vody nebo přitápění. Spotřeba tepla je nízká, sezónní a koncentrovaná do omezených provozních oblastí. Z tohoto důvodu není možné efektivně využít větší instalační plochu a celkový ekonomický potenciál FT systému zůstává omezený. Provozní přínosy FT kolektorů by lépe vynikly především u podniků s vysokou a stabilní spotřebou tepla (např. průmyslové provozy, prádelny, potravinářské výroby), kde se teplo uplatní v technologických procesech v průběhu celého roku.

Při porovnání výsledných hodnot modelových variant jsou patrné rozdíly jak v ekonomickém, tak i v emisním přínosu obou technologií. Tyto rozdíly vycházejí především z uvažované konfigurace a velikosti realizace, která určuje, jak velký výkon lze na dostupné ploše instalovat a jak dobře se výroba energie potkává se spotřebou. Oba uvažované systémy dokážou při

vhodných podmínkách ušetřit významné množství finančních prostředků i emisí CO<sub>2</sub>, což potvrzuje jejich přínos v dlouhodobém horizontu. Z pohledu návratnosti se jedná o investice, které se v čase vrátí. Výjimkou je varianta, kdy fototermický systém nahrazuje výrobu tepla zemním plynem. V takovém případě jsou úspory minimální a návratnost se prakticky nedostaví. Na výsledky je třeba pohlížet jako na realistické, ale stále jen modelové vyčíslení výkonnosti systémů. Výsledky závisejí na definovaných vstupních hodnotách, zejména na cenách energií a profilu spotřeby.

V širším kontextu využití solárních systémů v podnikovém prostředí nepředstavuje pouze ekonomicky motivovanou úsporu nákladů, ale zároveň zapadá do dlouhodobých evropských trendů směřujících k udržitelnosti a snižování uhlíkové stopy. Instalování fotovoltaických nebo fototermických technologií lze brát jako konkrétní krok v oblasti environmentální odpovědnosti a může přispět k naplňování požadavků reportingu v tomto směru, která se týká stále většího počtu firem. Solární systémy tak nejen šetří finanční prostředky a planetu, ale současně posilují strategickou pozici podniků v rámci jejich udržitelných a dlouhodobých rozvojových plánů.

Závěrem lze konstatovat, že v podmínkách modelového podniku dává větší smysl investice do fotovoltaického systému, který přináší vyšší energetické i ekonomické přínosy a zároveň přispívá k dlouhodobému snižování emisí. Fototermický systém zůstává za určitých podmínek smysluplnou, avšak úzce specializovanou alternativou. Jeho přínos je silně závislý na charakteru tepelné spotřeby konkrétního podniku.

## SEZNAM LITERATURY

- Alexa, M., Țăranu, N., Hudișteanu, S.-V., Cherecheș, N.-C., & Țurcanu, F.-E. (2022). Cooling methods of photovoltaic/thermal panels: State-of-the-art review. BIPCA – Bulletin of the Polytechnic Institute of Iași. <https://doi.org/10.2478/bipca-2022-0006>
- Al-Waeli, A. H. A., Kazem, H. A., Chaichan, M., & Sopian, K. (2019). Photovoltaic/Thermal (PV/T) systems. Springer. ISBN 978-3-030-27823-6.
- Argos elektro. (2025). Komerční bateriové úložiště s MPPT GS Energy CBS 50 kW / 105 kWh [online]. Dostupné z: <https://www.argos.cz/produkty/detail/1080001303-komercni-bateriove-uloziste-s-mppt-gs-energy-cbs-50kw-105kwh> [cit. 24. 11. 2025].
- Cihlár, J. (2015). Investice do decentrálních zdrojů energie – 2. díl: Fototermický systém [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/investice-do-distribuvanych-zdroju-energie-2-dil-fototermicky-system> [cit. 24. 11. 2025].
- Česká solární. (2025). Vzorová solární elektrárna 100 kWp – výrobní podnik [online]. Dostupné z: <https://www.ceska-solarni.cz/solarni-elektrarny-firmy/vzorova-solarni-elektrarna-100kwp-vyrobni-podnik> [cit. 24. 11. 2025].
- Česko. (2021). Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-140>.
- Český hydrometeorologický ústav. (2025). Klimatologická ročenka České republiky 2024 – Sluneční svit a oblačnost [online]. Praha: ČHMÚ. Dostupné z: <https://info.chmi.cz/rocenka/meteo2024/meteo2024.pdf>
- Český hydrometeorologický ústav. (2025). Meteorologická data – roční údaje o radiačních prvcích [online]. Dostupné z: [https://opendata.chmi.cz/meteorology/climate/historical\\_csv/data/yearly/radiation/](https://opendata.chmi.cz/meteorology/climate/historical_csv/data/yearly/radiation/)
- ČEZ ESCO. (2025). Výkup přebytků z výrobních zdrojů [online]. Dostupné z: <https://www.cezesco.cz/cs/produkty/vykup-prebytku-z-vyrobnich-zdroju> [cit. 24. 11. 2025].
- ČEZ Prodej, a.s. (2025). Ceník elektřiny pro podnikatele – Elektřina bez závazku. Praha: ČEZ Prodej, a.s. Dostupné z: [https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/ceniky/mop\\_ele\\_cez\\_elektrin\\_a\\_bez\\_zavazku\\_01012025\\_2025.pdf](https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/ceniky/mop_ele_cez_elektrin_a_bez_zavazku_01012025_2025.pdf).

- Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, N. (2020). Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind (5th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated. ISBN 9781119540311.
- E.ON Energie, a. s. (2025). Ceník Komplet elektřina PRO profi – na 2 roky [online PDF]. Dostupné z: [https://saeceweb2025run-endpoint-e4e3cvh4e8b5gpbe.a01.azurefd.net/eonmedialibcontainer/e.on/media/pricelists/podnikatele/elektřina/2025/akvizice/cenik-komplet-elektrina-pro-profi-na-2-roky-9\\_25-distribucni-uzemi-cez\\_c.pdf](https://saeceweb2025run-endpoint-e4e3cvh4e8b5gpbe.a01.azurefd.net/eonmedialibcontainer/e.on/media/pricelists/podnikatele/elektřina/2025/akvizice/cenik-komplet-elektrina-pro-profi-na-2-roky-9_25-distribucni-uzemi-cez_c.pdf).
- Eshopelektronika.cz. (2025). Fotovoltaický panel Amerisolar 285 W polykrystal [online]. Dostupné z: <https://www.eshopelektronika.cz/fotovoltaicky-panel-amerisolar-285-w-polykrystal> [cit. 24. 11. 2025].
- Foster, A., Evans, J., & Maidment, G. G. (2018). Benchmarking of supermarket energy consumption. In 5th International Institute of Refrigeration Conference on Sustainability and the Cold Chain, Beijing, China, 06–08 Apr 2018. Paris: International Institute of Refrigeration. <https://doi.org/10.18462/iir.iccc.2018.0006>.
- International Energy Agency. (2025). World Energy Outlook 2025 [online]. Paris: IEA. Dostupné z: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5306bae2-1f99-402f-8d14-542bfa0ae96e/WorldEnergyOutlook2025.pdf>.
- Ismail, B. I. (2023). Solar PV Panels - Recent Advances and Future Prospects. IntechOpen. ISBN 978-1-83768-677-3.
- LIDL Česká republika. (2022). Zpráva o udržitelném rozvoji za obchodní roky 2021–2022 [online]. Dostupné z: <https://www.lidl.cz/l/cs/letak/zprava-o-udrzitelnem-rozvoji-za-obchodni-roky-2021-2022/view/flyer/page/39>.
- Matuška, T. (2013). Solární zařízení v příkladech. Grada Publishing. Solární zařízení v příkladech. Stavitel. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3525-2.
- Mikulčák, J. (2016). Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy (4. vyd.). Praha: Prometheus. ISBN 978-80-7196-345-5.
- Ministerstvo průmyslu a obchodu. (2012). Technické a ekonomické posouzení využití solární energie v soustavách zásobování teplem s výtopenským režimem využívajících zemní plyn [online]. Praha: MPO. Dostupné z: <https://efekt.gov.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f>

33e8a/eds-122d142001405-technicke-a-ekonomicke-posouzeni-vyuziti-solarni-energie-v-soustavach-zasobovani-teplem-s-vytopenskym-1.pdf.

Ministerstvo průmyslu a obchodu. (2024). Bezúročný úvěr FVE [online]. Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost. Dostupné z: <https://optak.gov.cz/bezurocny-uver-fve/a-369> [cit. 24. 11. 2025].

Ministerstvo průmyslu a obchodu. (2024). Metodika výpočtu emisního faktoru CO<sub>2</sub> z výroby a spotřeby elektřiny [online]. Praha: MPO. Dostupné z: [https://mpo.gov.cz/assets/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/2025/6/Metodika-CO2\\_2\\_2024.pdf](https://mpo.gov.cz/assets/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/2025/6/Metodika-CO2_2_2024.pdf).

Národní rozvojová banka. (2025). Fotovoltaika [online]. Praha: NRB. Dostupné z: <https://www.nrb.cz/produkt/fotovoltaika/> [cit. 24. 11. 2025].

National Renewable Energy Laboratory. (2024). Utility-Scale PV | Electricity | 2024 | Annual Technology Baseline [online]. Golden, CO: NREL. Dostupné z: [https://atb.nrel.gov/electricity/2024/utility-scale\\_pv](https://atb.nrel.gov/electricity/2024/utility-scale_pv) [cit. 24. 11. 2025].

oEnergetice.cz & Ušetřeno.cz. (2025). Elektroenergetika v ČR v roce 2024 – Co přinesl první pokrizový rok? Praha: oEnergetice.cz. PDF. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/public/static/pdf/elektroenergetika-v-cr-v-roce-2024.pdf>.

oEnergetice.cz. (2025). Cena elektřiny aktuálně, grafy a nejnovější zprávy – elektřina [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energostat/ceny-aktualne/elektrina> [cit. 24. 11. 2025].

Rauchenberg. (2025). Začněte výhodně [online]. Dostupné z: <https://www.rauchenberg.cz/firmy-a-obce/zacnete-vyhodne/a-51/> [cit. 24. 11. 2025].

Regulus.cz. (2025). Sluneční kolektor KPG1H (SVT 7048) [online]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-kgp1h-svt-7048> [cit. 24. 11. 2025].

Reinders, A., Verlinden, P., van Sark, W., & Freundlich, A. (2017). Photovoltaic solar energy: From fundamentals to applications. Chichester: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118927496>.

Silekto. (2025). FVE 100 kWp pro komerční objekt [online]. Dostupné z: <https://www.silekto.cz/fotovoltaicke-elektrarny/pripadove-studie/fve-100-kwp-pro-komerčni-objekt/> [cit. 24. 11. 2025].

- Smart Phoenix. (2025). Fotovoltaika pro firmy [online]. Dostupné z: <https://www.smartphoenix.cz/fotovoltaika-pro-firmy#Konzultace> [cit. 24. 11. 2025].
- Solární ohřev vody. (2025). Solární ohřev Premium 400 pro 5 až 8 osob [online]. Dostupné z: <https://solarni-ohrev-vody.cz/solarni-ohrev-premium-400-pro-5-az-8-osob> [cit. 24. 11. 2025].
- Solars.cz. (2025). AIKO Neostar 2S A450-MAH-54Mb 450 Wp [online]. Dostupné z: <https://www.solars.cz/solarni-panely/aiko-neostar-2s-a450-mah-54mb> [cit. 24. 11. 2025].
- Státní fond životního prostředí ČR. (2025). Výzva HEAT č. 1/2025 – Modernizace tepláren (SZTE) [online]. Praha: SFŽP ČR. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/modernizacni-fond/vyzvy/detail-vyzvy/?id=44> [cit. 24. 11. 2025].
- Státní fond životního prostředí ČR. (2025). Výzva RES+ č. 1/2025 – Fotovoltaické elektrárny do 5 MWp s vlastní spotřebou [online]. Praha: SFŽP ČR. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/modernizacni-fond/vyzvy/detail-vyzvy/?id=40> [cit. 24. 11. 2025].
- Stauffer, N. W. (2013). Transparent solar cells: Generating power from everyday surfaces [online]. Cambridge (MA): MIT Energy Initiative. Dostupné z: <https://energy.mit.edu/news/transparent-solar-cells/> [cit. 24. 11. 2025].
- Terejanu, G. A. (2009). Tutorial on Monte Carlo Techniques [online]. Buffalo: University at Buffalo, Department of Computer Science and Engineering. Dostupné z: [https://cw.fel.cvut.cz/b241/\\_media/courses/b4m39rso/lectures/tutorialmc.pdf](https://cw.fel.cvut.cz/b241/_media/courses/b4m39rso/lectures/tutorialmc.pdf).
- Tripathi, S. L., & Padmanaban, S. (2021). Green energy: Solar energy, photovoltaics, and smart cities. Beverly; Hoboken: Wiley. ISBN 9781119760795.
- TZB-info. (2025). Solární příprava teplé vody [online]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/140-solarni-priprava-teple-vody> [cit. 24. 11. 2025].
- TZB-info. (2025). Vývoj celkových cen elektřiny [online]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-elektriny?sazba=D02d&period=60m> [cit. 24. 11. 2025].
- TZB-info. (2025). Vývoj celkových cen zemního plynu [online]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-zemniho-plynu?op=20-25&period=60m> [cit. 24. 11. 2025].

Valach, J. (2013). Meze využití doby návratnosti při formování garantovaných výkupních cen. Český finanční a účetní časopis, 8(2), 84–95.

Viessmann. (2025). Účinnost a výkon plynového kotle: Jak měřit? [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/technologie/vytapeni-plynem/ucinnost-a-vykon-plynoveho-kotle.htm> [cit. 24. 11. 2025].

Vobmat.cz. (2025). Solární kolektor VOBMAT HSC20 [online]. Dostupné z: <https://www.vobmat.cz/solarni-kolektor-vobmat-hsc20#tb1=3> [cit. 24. 11. 2025].