



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

AUTONOMNÍ ENERGETICKÝ SYSTÉM

AUTONOMOUS POWER SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jaroslav Královský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav
Student: Bc. Jaroslav Královský
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Energetické inženýrství
Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Autonomní energetický systém

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na možnost realizace autonomního zásobování energiemi malých a středních objektů v podmínkách ČR. Představeny budou možnosti autonomní výroby a uchování tepelné a elektrické energie. Realizován bude konkrétní návrh realizace objektu s vysokým stupněm energetické nezávislosti.

Cíle diplomové práce:

- 1) Přehled možností lokální výroby el. a tepla.
- 2) Přehled využitelných způsobů akumulace el. a tepla.
- 3) Popis zvoleného objektu z hlediska požadavků na dodávku energií.
- 4) Návrh variant systému zásobování energií s vysokým stupněm autonomie.
- 5) Technicko-ekonomické posouzení navržených řešení.

Seznam doporučené literatury:

DVORSKÝ, E. a HEJTMÁNKOVÁ, P. , Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 8073001187.

PAVELEK, M., Termomechanika. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 9788021443006.

KANDLIKAR, S., Masahiro, S. a DHIR, V., Handbook of phase change: boiling and condensation. Philadelphia, PA: Taylor, xlvii, 738 p., 1999. ISBN 15-603-2634-4.

KUPPAN, T., Heat exchanger design handbook. USA, New York: Taylor and Francis, 2000. ISBN 0-8247-9787-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá využitelnými technologiemi při navrhování autonomního domu. Teoretická část ukazuje a představuje možnosti získávání energií z obnovitelných zdrojů a možnosti ukládání získané energie. Praktická část je zaměřena na návržení částečně autonomního systému pro vzorový rodinný dům pomocí obnovitelných zdrojů. V práci jsou navrženy tři varianty zásobování domu energiemi, z nichž je vybrána ta nejvýhodnější.

Klíčová slova

Autonomní dům, Pasivní dům, Fotovoltaický systém, Tepelné čerpadlo, Kogenerační jednotka

ABSTRACT

This diploma thesis deals with available technologies when designing autonomous house. Theoretical part of this thesis shows and presents options for gaining energy from renewable resources and options for energy storage. The practical part of the thesis is focused on designing partly autonomous system for model house using renewable resources. In the thesis are three options of gaining energy for the house, from which is chosen the best option.

Key words

Autonomous house, Passive house, Photovoltaic system, Heat pump, Cogeneration unit

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRÁLOVSKÝ, Jaroslav. *Autonomní energetický systém* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/121581>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Jiří Pospíšil.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Autonomní energetický systém* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Pospíšila, Ph.D. Veškeré zdroje použité ke zpracování této práce jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

Datum

Bc. Jaroslav Královský

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D. za poskytnuté informace, rady, připomínky, návrhy a čas věnovaný konzultacím. Rád bych také poděkoval všem společnostem a jejich zaměstnancům za poskytnuté nabídky a odbornou konzultaci. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a nejbližším za trpělivost a podporu během studia.

OBSAH

ÚVOD.....	17
1 Autonomní domy.....	18
1.1 Požadavky pro pasivní domy.....	18
1.2 Výhody a nevýhody autonomních objektů.....	19
1.3 Vývoj nezávislých objektů.....	20
1.4 Dotační programy nízko energetických řešení.....	21
1.4.1 Nová zelená úsporám.....	22
1.4.2 Kotlíkové dotace.....	23
2 Možnosti výroby elektrické a tepelné energie.....	24
2.1 Fotovoltaické panely.....	24
2.1.1 Princip fotovoltaického článku.....	25
2.1.2 Křemíkové fotovoltaické panely.....	26
2.1.3 Vícevrstvé články.....	27
2.1.4 Koncentrátorové články.....	28
2.1.5 Organické fotovoltaické panely.....	28
2.1.6 Porovnání.....	29
2.2 Solární ohřev vody.....	31
2.2.1 Požadavky systému.....	31
2.2.2 Druhy systémů.....	32
2.3 Větrná energie.....	35
2.3.1 Účinnost elektráren.....	36
2.3.2 Druhy větrných elektráren.....	36
2.3.3 Hlučnost.....	37
2.4 Kogenerační jednotky.....	38
2.4.1 Trigenerace.....	39
2.4.2 Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie (KVET).....	39
2.4.3 Mikrokogenerace.....	40
2.4.4 Dopady mikrokogeneračních jednotek na životní prostředí.....	40
2.5 Tepelná čerpadla.....	41
2.5.1 Základní rozdělení tepelných čerpadel.....	42
2.5.2 Komponenty tepelných čerpadel.....	43
2.5.3 Zdroje tepla.....	43
2.5.4 Topný faktor COP.....	49
2.5.5 Sezónní topný faktor SCOP.....	50
2.5.6 Klasifikace pomocí značky EHPA.....	50
2.6 Kotle.....	51
2.6.1 Princip kotle na biomasu.....	52
3 Možnosti akumulace elektrické a tepelné energie.....	53
3.1 Akumulace elektrické energie.....	53

3.1.1	Elektrochemické akumulátory	53
3.1.2	Superkapacitory	55
3.2	Akumulace tepelné energie	56
3.2.1	Možnosti akumulace tepla	57
3.2.2	Akumulace latentního tepla	57
3.2.3	Akumulace citelného tepla	58
3.2.4	Sorpce v hygroskopických látkách	58
4	Popis objektu.....	60
4.1	Výpočet tepelných ztrát.....	60
4.1.1	Výpočet součinitele prostupu tepla k zdí z pálených cihel.....	61
4.1.2	Výpočet tepelných ztrát místností a celková tepelná ztráta.....	62
4.2	Spotřeba elektrické a tepelné energie.....	63
4.2.1	Spotřeba elektrické energie.....	63
4.2.2	Spotřeba tepelné energie.....	64
5	Návrhy variant zásobování objektu energiemi.....	65
5.1	Fotovoltaické panely	65
5.1.1	Výkon fotovoltaických panelů.....	65
5.1.2	Výběr nejvýhodnějšího řešení fotovoltaických panelů.....	66
5.2	Varianta 1 – fotovoltaická elektrárna včetně ukládání energie do baterií a kotel na tuhá paliva	68
5.2.1	Současně používaný kotel.....	68
5.2.2	Položkový rozpočet a výdaje na provoz varianty 1	69
5.3	Varianta 2 – fotovoltaická elektrárna včetně ukládání energie do baterií a tepelné čerpadlo	70
5.3.1	Výběr nejvýhodnějšího řešení varianty 2	71
5.3.2	Položkový rozpočet a výdaje na provoz varianty 2	72
5.4	Varianta 3 – fotovoltaická elektrárna včetně ukládání energie do baterií a kogenerační jednotka.....	73
5.4.1	Výběr nejvýhodnějšího řešení varianty 3	73
5.4.2	Položkový rozpočet a výdaje na provoz varianty 3	74
6	Hodnocení efektivnosti investic.....	76
6.1	Stanovení budoucích příjmů.....	76
6.2	Stanovení cash flow.....	76
6.3	Výnosnost investice.....	77
6.4	Doba návratnosti.....	77
6.5	Čistá současná hodnota	81
7	ZÁVĚR	83
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	85
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	92
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	95
	SEZNAM TABULEK.....	97

SEZNAM PŘÍLOH	98
PŘÍLOHY	99

ÚVOD

Současný systém dodávek energie k soukromým objektům vyžaduje od uživatelů neustálé připojení, a tudíž úplnou závislost na těchto dodávkách. Většina lidí, která vlastní soukromý objekt touží po co největší nezávislosti na jiných subjektech či dodávkách. Dnešní technologie k tomu mohou výrazně pomoci. Překážkou stojící lidem v této době v cestě je především výrazně vyšší pořizovací cena jednotlivých technologií, která ovšem stále klesá a tím se tyto technologie stávají dostupnější. Nízké nejsou také výdaje na provoz těchto technologií.

Výzkum vesmíru a jeho dobývání přispělo k výraznému vývoji energetické soběstačnosti. Fotovoltaické technologie se začaly ve velmi výrazné míře používat jako zdroj elektrické energie. Solární energie je od té doby stále základem autonomního bydlení, díky její široké dostupnosti a hlavně bezplatnosti.

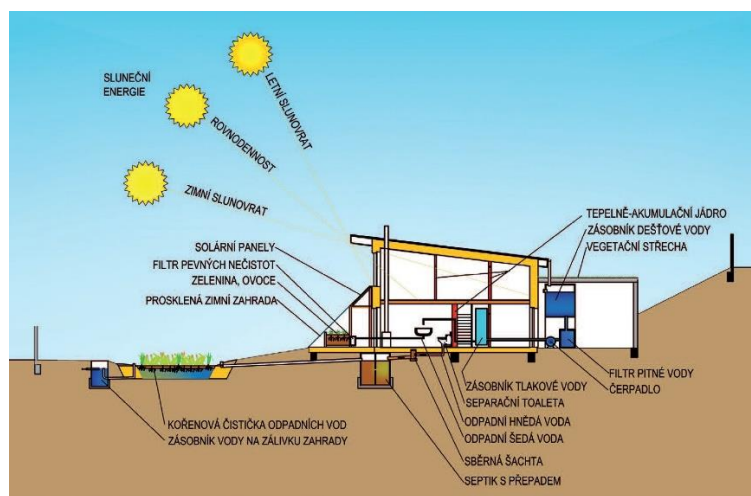
Teoretická část práce bude seznámením s autonomními domy a možnostmi výroby elektrické a tepelné energie v těchto domech. Získanou nebo vyrobenou energii je v těchto objektech nutné ukládat, což popíše závěrečná část teoretické části.

Cílem práce je tedy navrhnout možné varianty řešení pro částečnou autonomnost domu a provést jejich ekonomické vyhodnocení jak z hlediska výnosnosti, tak i z hlediska návratnosti investice. Otázkou je, zda se majitelům investice do technologií přispívajícím k autonomnosti objektu vyplatí.

1 Autonomní domy

Autonomním objektem je dům nezávislý na infrastruktuře, na kterou jsme dnes všichni zvyklí. Jedná se především o nenapojení domu k elektrické rozvodné síti, obecnímu vodovodu, plynovodu, kanalizaci a v některých případech i k nepřivedení veřejných komunikací. Podle definice by tedy dům měl být soběstačný jak po stránce elektrické a tepelné energie (tzv. ostrovní systém neboli grid off), tak i po stránce likvidace a nakládání s odpadem. V minulosti vznikly i vize autonomních domů, které spoléhají na vlastní výrobu potravin.

Přírodní katastrofy zanechávají spousty domovů bez elektrické energie a bez pitné vody. Bez elektrické energie se většina z nás už nedokáže obejít. Je na ní závislé jak osvětlení, rozvod vody, spotřebiče v domácnosti, tak v některých případech i vytápění. Proto je důležité tato rizika eliminovat k čemuž nám pomůže právě autonomní dům. [1] [2]



Obrázek 1. Schéma autonomního domu [3]

1.1 Požadavky pro pasivní domy

Aby bylo možné dům označit nebo dokonce certifikovat jako pasivní, musí pro to splňovat určitá pravidla. V České republice jsou uznávány domy, které splňují požadavky pro roční spotřebu tepla na vytápění, roční potřebu energie a neprůvzdušnost budovy. V některých případech je mezi požadavky zahrnut také topný příkon.

Všechna kritéria se vztahují k dané lokalitě a z toho důvodu se v různých zeměpisných šířkách odlišují. V České republice jsou funkční požadavky na tepelnou ochranu budov uvedeny v normě ČSN 73 0540-2: [2]

- měrná spotřeba tepla na vytápění $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ rok})$;
- maximální topný výkon $10 \text{ W}/\text{m}^2$;
- celková roční spotřeba primární energie (na topení, ohřev TUV, větrání a elektrické spotřebiče) nesmí přesáhnout $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ rok})$;
- součinitel prostupu tepla u všech plných obvodových konstrukcí s $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$;

- okna s hodnotou $U \leq 0,8 \text{ W(m}^2 \text{ K)}$ a se sklem o součiniteli propustnosti celkové energie slunečního záření $g \geq 50 \%$;
- celková neprůvzdušnost nesmí přesáhnout 0,6 násobek výměny vzduchu za hodinu;
- se součinitelem vzduchové neprůvzdušnosti $n_{50} \leq 06 \text{ h}^{-1}$;
- vzduchotechnická jednotka s rekuperací s účinností vyšší než 75 %

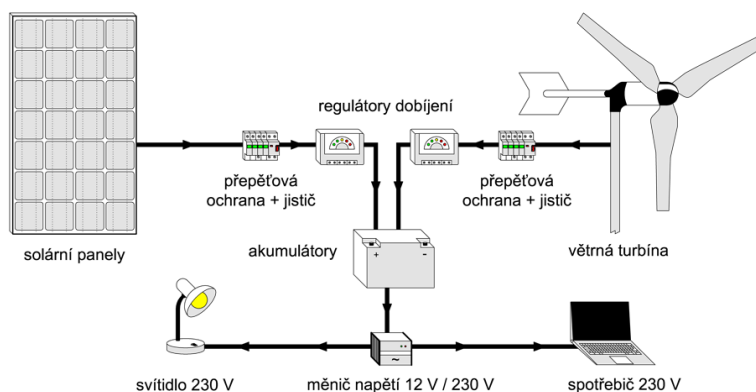
1.2 Výhody a nevýhody autonomních objektů

Hlavním lákadlem pro výstavbu autonomních domů je snížení nákladů na provoz bydlení a zbavíme se tak veškerých negativních dopadů infrastruktury.

Další významnou výhodou těchto domů je snížení znečišťování životního prostředí, používáním přírodních zdrojů (sluneční svit a déšť), které by jinak byly nevyužity.

Autonomní domy jsou ve značné míře energeticky nenáročné a jsou navrženy tak, aby docházelo k co nejmenším ztrátám, protože je poté mnohem snazší vyrobit požadované množství energie. [1] [2] [4]

Výhody bydlení v tomto druhu staveb spočívají také v komfortu bydlení. Díky výborné tepelné izolaci a vzduchotěsnosti jsou v zimním období vyloučeny chladné kouty a průvan okolo okenního rámu. Z toho vyplývá, že teplota vzduchu a vnitřního povrchu stěn je téměř totožná. Při správné konstrukci je možné se vyvarovat tvorbě tepelných mostů, což zamezí kondenzaci vody na stěnách při poklesu teploty pod teplotu rosného bodu. V závislosti na vlhkosti a teplotě vzduchu nastává rosný bod při teplotách 12–13 °C. Vlhkost vzduchu se také lépe reguluje. Během roku se její hodnota neustále mění a nejnižších hodnot dosahuje během topné sezóny. Optimální vlhkost vzduchu v domě se většinou pohybuje mezi 35 – 50 %. Díky řízenému větrání je možné udržovat vlhkost vzduchu v tomto rozmezí, kde nemůže dojít ke kondenzaci vody a k následnému vzniku plísní a dřevokazných hub, které stavbu velmi znehodnocují. Řízené větrání je vybaveno vzduchovými filtry, které vyčistí vzduch a neumožní průnik alergenů a nečistot do obytných prostor domu. Řízené větrání ale nenahrazuje klasická otevírací okna a je nutné je mít v každé místnosti, aby byla zajištěna možnost větrat i okny. [1] [2]



Obrázek 2. Schéma zapojení solárního panelu a větrné turbíny [19]

Nevýhodou autonomních domů bývá především jejich vysoká pořizovací cena a také dělání kompromisů v životním stylu, kdy i ty nejmodernější technologie vyžadují určitou opatrnost obyvatelů. Stavby tohoto druhu jsou z velké části zhotoveny na míru tak, aby vyhovovaly dané lokalitě a klimatu. Výběr vhodné stavební parcely je pro výstavbu pasivního domu zásadní a její správný výběr nemusí být zrovna jednoduchý. Poslední nevýhodou je bezesporu složitost projektu jako takového. Zvolený projektant musí být zkušený, musí se vyznat v nejmodernějších technologiích a musí mít od zadavatelů plnou důvěru. [2] [4] [6]

1.3 Vývoj nezávislých objektů

V roce 1939 na univerzitě MIT v USA experimentovali s různými stavbami domů, které předcházely těm dnes označovaným jako pasivní domy. Na akumulaci tepla získaného ze slunce byly pro tzv. solární domy navrženy velké zásobníky tepla. V těchto zásobnících se pro akumulaci používala voda, kámen nebo zdivo.

Další stimulací pro rozvoj nezávislých objektů byla ropná krize v roce 1973. V těchto letech se objevila také spousta konceptů a vizí z projektu Bioshelter. Tento projekt se zabýval právě návrhem, výstavbou a následným udržováním soběstačných domů mezi které spadá nejslavnější z nich Ark Bioshelter. Tato stavba používala v té době všechny konvenční stavební postupy. Elektřina a voda se získávala za použití čerpadla a generátoru poháněných větrnou turbínou. Dům byl nezávislý i z pohledu potravin, které se v něm pěstovaly. Dům disponoval obytnými prostory, rybími nádržemi a skleníkem, který byl zaléván vodou právě z rybích nádrží. Recyklovaný odpad z domu byl následně použit na hnojení rostlin a jako potrava pro ryby. [1] [2] [5] [7]



Obrázek 3. Ark Bioshelter [5]

Mike Reynolds se v té době také začal věnovat alternativním stavbám, z čehož vznikly takzvané Earthships. Jejich výstavba probíhala za použití recyklovaného materiálu jako jsou například pneumatiky, plechovky nebo také prázdné lahve. Elektřina se vyráběla za pomoci fotovoltaických panelů a větrných turbín. V roce 2012 jeden takový dům vznikl i zde v České republice. [5]



Obrázek 4. Earthship [4]

V 90. letech architekti William McDonough a Ken Yeang začali používat principy enviromentálních staveb při výstavbě větších komerčních budov. Díky tomu mohly být postaveny velké energeticky soběstačné kancelářské budovy. Například v Amsterdamu byla tímto způsobem postavena hlavní budova banky ING. [2] [5]

V budoucnu bychom mohli používat také řešení firmy Fronius, která představila svůj projekt nazvaný 24 Hours of Sun. S použitím solárních panelů by se elektrická energie ukládala do velkých lithiových baterií, ze kterých by se následně používala elektřina během noci. Baterie by také doplňovaly energii během největšího využití elektřiny ze solárních panelů. Na stejném principu funguje i výrobek firmy Tesla nazvaný Powerwall. [8] [9]



Obrázek 5. Řídící jednotky Fronius a Tesla [10]

1.4 Dotační programy nízko energetických řešení

V České republice je možné financovat projekty zaměřující se na snížení energetické náročnosti, pomocí dotačních programů Nová zelená úsporám a pomocí Kotlíkové dotace. Tyto dotační programy podporují snižování energetické náročnosti obytných budov a také výstavbu nových nízko energetických domů. [11] [12] [13]

1.4.1 Nová zelená úsporám

Dotační program Nová zelená úsporám spadá pod Ministerstvo životního prostředí a je administrován Státním fondem životního prostředí ČR. Tento program je zaměřený na podporu energeticky úsporné rekonstrukce rodinných domů a bytových domů, výměnu zastaralých a nevyhovujících zdrojů vytápění a využití obnovitelných zdrojů energie. Pro českou ekonomiku představuje nejlepší prorůstové opatření v oblastech stavebnictví, strojírenství a dalších oborů, které s tímto úzce souvisí.

Program byl vytvořen s cílem snížení produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů v ovzduší a dále se zaměřuje na úsporu energie v konečné spotřebě a stimulaci ekonomiky ČR. K těmto cílům se vážou další sociální benefity jako je zlepšení bydlení občanů, nastartování dlouhodobých trendů a výrazné zlepšení vzhledu měst a obcí.

Financování dotačního programu Nová zelená úsporám je zajištěno prodejem tzv. emisních povolenek EUA (European Union Allowance) dle zákona č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů v rámci EU ETS v období 2013–2020. Spuštění programu proběhlo v roce 2014 a jeho ukončení je prozatím plánováno v roce 2023. [11] [12] [13]

Program se člení do dvou kategorií podle typu dotovaného objektu:

- podprogram Nová zelená úsporám – rodinné domy,
- podprogram Nová zelená úsporám – bytové domy.

Každý podprogram má poté definovány oblasti podpory, které vymezují jednotlivé možnosti získání dotací. [11] [12] [13]

Oblast podpory pro rodinné domy

- A. Snížování energetické náročnosti stávajících rodinných domů,
 - zateplení obálky budov – výměna oken a dveří, zateplení obvodových stěn, stropu, podlahy a střech včetně vegetačních střech,
 - podpora se vztahuje na komplexní i dílčí opatření.
- B. Výstavba nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností,
 - podpora výstavby rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.
- C. Efektivní využití zdrojů energie,
 - dotační podpora výměny původního hlavního zdroje na tuhá fosilní paliva nedosahující parametrů 3. emisní třídy za efektivní ekologicky šetrné zdroje,
 - výměna elektrického vytápění budovy za systém s tepelným čerpadlem,
 - instalace fotovoltaických systémů a solárních termických systémů,
 - podpora využívání tepla z odpadní vody,
 - instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu.

Oblast podpory pro bytové domy

- A. Snižování energetické náročnosti stávajících bytových domů,
 - zateplení obálky budovy – výměna oken a dveří, zateplení stěn, stropu, podlahy a střechy. Všechna tato opatření je možné kombinovat s výměnou neekologických zdrojů tepla za ekologické a efektivní zdroje, použití technologií na zpracování obnovitelných zdrojů energie a na získávání tepla z odpadního vzduchu.
- B. Výstavba bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností,
 - podpora výstavby bytových domů s nízkou energetickou náročností,
 - dotování výstavby zelených střech,
 - využívání tepla z odpadních vod.
- C. Efektivní využití zdrojů energie,
 - výměna původního zdroje na tuhá paliva nesplňující parametry 3. emisní třídy za efektivní ekologický zdroj,
 - výměna elektrického vytápění za systém s tepelným čerpadlem,
 - výměna plynového vytápění za systém s tepelným čerpadlem,
 - pořízení fotovoltaických systémů a solárních termických systémů,
 - instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu,
 - využívání tepla z odpadních vod.

1.4.2 Kotlíkové dotace

Program kotlíkových dotací je vyhlášen Ministerstvem životního prostředí v rámci Operačního programu Životní prostředí 2014–2020. Program má za cíl snížit emise znečišťujících látek v ovzduší z lokálních topenišť do roku 2020. Občané mohou využít dotačního příspěvku na výměnu kotle na pevná paliva s ručním přikládáním, který už nesplňuje požadavky 3., 4. nebo 5. třídy podle normy ČSN EN 303-5, za nový a ekologický zdroj tepla.

Do programu bylo celkově ve třech výzvách uvolněno 9 miliard korun a kvůli velkému počtu poptávek ve 3. kole bylo uvolněno dalších 1,5 miliardy korun z programu Nová zelená úsporám – Adaptační a mitigační opatření.

Výše dotace se pohybuje od 75 do 80 % s tím, že maximální limit dotace se pohybuje od 75 000 do 120 000 Kč. Samotná výše se poté liší dle typu pořizovaného systému vytápění. Do nákladů se započítávají i stavební práce spojené s instalací nového systému, výměna zdroje tepla včetně otopné soustavy, úprava komínů, projektová dokumentace nebo výstavba palivového sila.

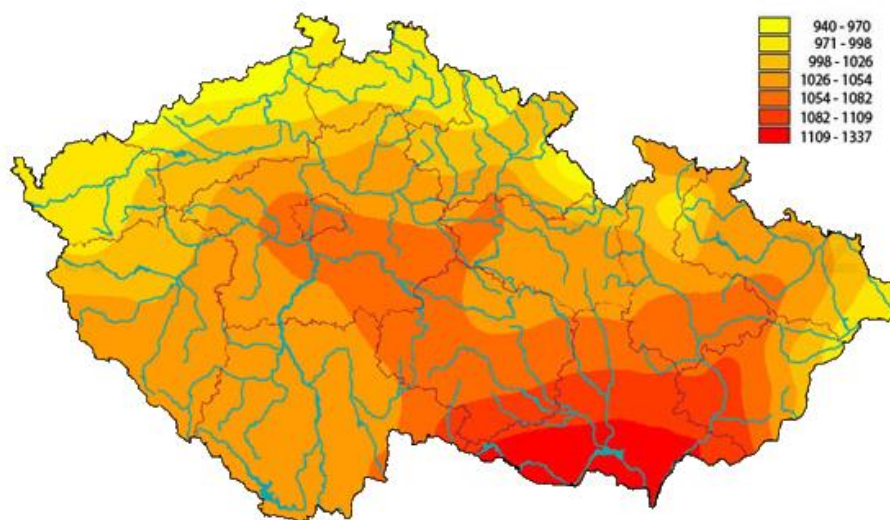
V kombinaci s programem Nová zelená úsporám je možné získat bonus až 20 000 Kč a pokud se projekt nachází v prioritní oblasti, je možné získat jako bonus dalších 7 500 Kč. [14] [15] [16]

2 Možnosti výroby elektrické a tepelné energie

2.1 Fotovoltaické panely

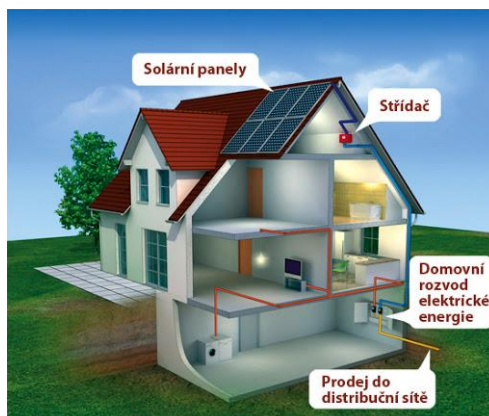
V České republice bohužel nepanují takové podmínky z hlediska slunečního svitu jako v oblastech okolo rovníku. Česká republika se ale nachází v mírném pásmu na severní polokouli, a i zde je možnost výroby elektrické energie ze slunečního záření pomocí solárních panelů. Celkové množství dopadajících slunečních paprsků ovlivňuje nejen zeměpisná poloha ale také orientace solárních panelů ke slunci, nadmořská výška, čistota ovzduší a celková doba kdy slunce svítí. Na našem území slunce svítí od 1 400 do 1 700 hodin za rok a díky tomu jsou podmínky pro využití této energie poměrně dobré. Nejvhodnější lokalita v České republice pro umístění solárních panelů je vidět na mapě globálního solárního záření, která je zhotovena z dlouholetých meteorologických měření. Z mapy je jasně patrné, že nejpriznivější oblastí je jižní Morava. Na jeden metr čtvereční v podnebí České republiky dopadne 950–1340 kWh sluneční energie, kdy největší podíl, asi 75 %, dopadne během letních měsíců. [18] [17]

Tyto údaje jsou velmi důležité pro výpočty energetických bilancí solárních systémů a tím pádem i k výpočtu návratnosti investice.



Obrázek 6. Mapa ročního globálního slunečního záření [kWh/m^2] [17]

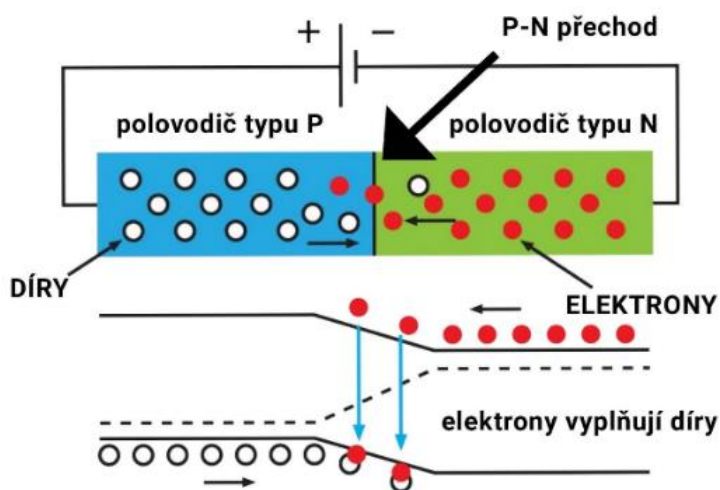
Fotovoltaický panel tvoří tzv. fotovoltaické články, které jsou složeny z polovodičových nebo organických prvků, které následně přeměňují elektromagnetickou energii ze slunečního svitu na elektrickou energii. Současná technologie panelů tvořených z křemíku je schopna přetvořit pouze 17 % dopadajícího slunečního záření na elektrickou energii. V budoucnu by se měly začít používat organické solární panely, které by měly mít účinnost 25 %. Teoretická maximální účinnost panelů je ovšem pouze 34 %. [18] [19]



Obrázek 7. Schéma zapojení fotovoltaických panelů na rodinném domě [20]

2.1.1 Princip fotovoltaického článku

Základem fotovoltaického článku je křemíková destička s vodivostí typu P. Při výrobě se na povrchu destičky vytvoří tenká vrstva polovodiče s vodivostí typu N. Vrstva polovodiče a destička jsou od sebe odděleny tzv. přechodem P-N. Při dopadu slunečního záření se v krystalické mřížce polovodiče začnou uvolňovat záporné elektrony. Na přechodu P-N začne v tu chvíli vznikat elektrické napětí, které dosahuje hodnot 0,5 V u křemíkových článků. Po připojení elektrického spotřebiče se začnou záporně nabitě elektrony vyrovnávat a vznikne tak elektrický proud, který prochází obvodem. Sériovým a paralelním zapojením jednotlivých článků vznikají fotovoltaické panely, které jsou schopny dosahovat většího napětí. [21] [22]

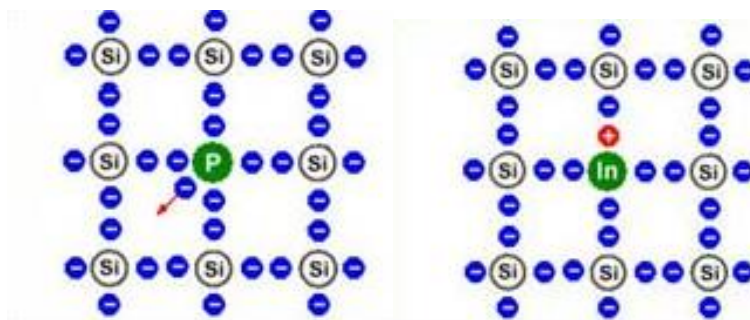


Obrázek 8. Princip fotovoltaického článku [22]

Při výrobě je vhodnější využívat polovodiče, které mají v krystalické mřížce různé příměsi v nepatrném množství než polovodiče čisté. Správným výběrem těchto příměsí můžeme docílit vedení proudu volnými elektrony (vodivost typu N) nebo děrami (vodivost typu P).

Vodivost typu N je způsobena atomy příměsových prvků. Valenční elektrony těchto prvků (fosfor, arzen) jsou spojeny ve vazbách s tím, že pátý valenční elektron se v dalších vazbách neuplatní a tím pádem jsou vázány velmi slabě. Tento elektron se z vazby uvolní při nízkých teplotách a tím způsobuje vodivost typu N (negativní).

Vodivosti typu P se docílí podobným způsobem jako vodivosti typu N s tím rozdílem, že se do krystalové mřížky křemíku přimíchají atomy s třemi valenčními elektrony (indium). Tím vzniká „díra“ s kladným nábojem, kterou zaplní elektron z jiné vazby a „díra“ se tímto způsobem v krystalické mřížce přesouvá. [21] [22]



Obrázek 9. Vodivost typu P a typu N [21]

2.1.2 Křemíkové fotovoltaické panely

Fotovoltaické křemíkové panely se vyrábějí z plátek monokrystalického nebo polykrystalického křemíku. Touto formou se v současné době vyrábí až 85 % fotovoltaických článků uváděných na trh. Dříve byly monokrystalické panely účinnější než polykrystalické, ale jejich výroba byla značně dražší. V dnešní době je možné z obou druhů vyprodukovat přibližně stejné napětí a díky tomu se zákazníci rozhodují právě podle výhodnější cenové nabídky.

Solární článek těchto panelů je tvořen polovodičovým plátkem o tloušťce menší než 1 mm. Na spodní straně plátku je plošná průchozí elektroda. Horní elektroda je plošně uspořádána do dlouhých prstů, zasahujících do plochy, a díky tomu může světlo svítit na plochu. Povrch článku je pod skleněnou vrstvou, která slouží jako jeho ochrana a zároveň jako antireflexní vrstva. Tím se docílí co největšího množství dopadajícího světla na polovodič. Tmavomodrý vzhled článku je způsoben antireflexní vrstvou. Tato vrstva vzniká napařením oxidu titanu. Jako polovodič se nejčastěji používá křemík. Proto se nazývají křemíkové solární panely. Polovodičové materiály jiného druhu (arsenid gallitý, sulfid kademnatý, selenidy mědi a india) se zatím zkoušejí. [23] [24] [28]



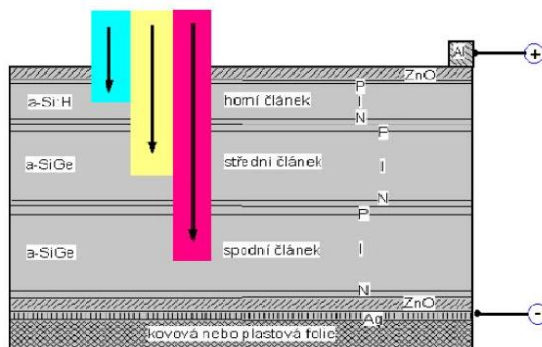
Obrázek 10. Křemíkový fotovoltaický panel [25]

2.1.3 Vícevrstvé články

Použitím více vrstev polovodiče je možné docílit vyšší účinnosti. Každá vrstva pohlcuje pouze část spektra vyzářeného sluncem a zbytek propouští do vrstev dalších. Články složené ze dvou vrstev mohou dosahovat účinnosti až 42 %, třívrstvé články dosahují 49 %. Kdyby bylo možné sestavit článek z nekonečného množství vrstev, dosahoval by účinnosti 68 %.

Komerčně využívané, špičkové články, které jsou složené ze tří vrstev, dosahují účinnosti těsně pod 30 %. Vícevrstvé články jsou ale z výrobního hlediska výrazně složitější, kvůli tomu je i vyšší pořizovací cena, která je 2krát až 3krát vyšší, při přepočítání na 1 watt výkonu, než je u běžně používaných technologií. Pro výrobu těchto článků se také nejvíce používají suroviny, u kterých, z hlediska dlouhodobé výroby, není zajištěna potřebná dostupnost.

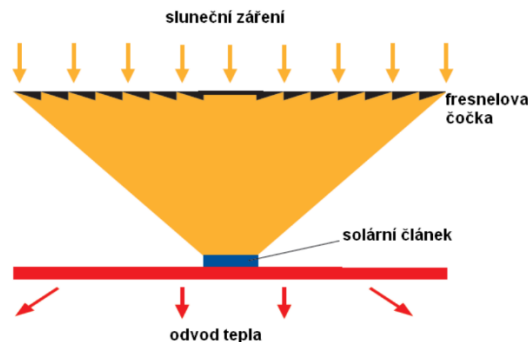
Tenkovrstvé křemíkové tandemové články jsou komerčně nejvíce dostupné s přijatelnou pořizovací cenou. Použitý amorfni křemík má oproti krystalické formě tu výhodu, že má větší šířku zakázaného pásma, díky čemuž je možné vytvářet články dvouvrstvé tandemové. Tyto články mají jednu vrstvu tvořenou amorfni křemíkem a druhou křemíkem mikrokrytalickým. Účinnost těchto článků však zdaleka nedosahuje teoretického maxima, v současnosti se jejich účinnost blíží k 10 %. [23] [24] [28]



Obrázek 11. Vícevrstvé fotovoltaické články [26]

2.1.4 Koncentrátorové články

Největším důvodem pro použití koncentrátorových článků je zvýšená účinnost. Účinnost těchto článků může teoreticky dosahovat 41 % u jednovrstvých, 55 % u dvouvrstevných a 63 % pro články tvořené třemi vrstvami. Limit účinnosti končí na 86 %, kdy by muselo být použito nekonečně mnoho vrstev. V běžné praxi třívrstvé články dosahují účinnosti okolo 40 %.



Obrázek 12. Koncentrátorový článek s fresnelovou čočkou [27]

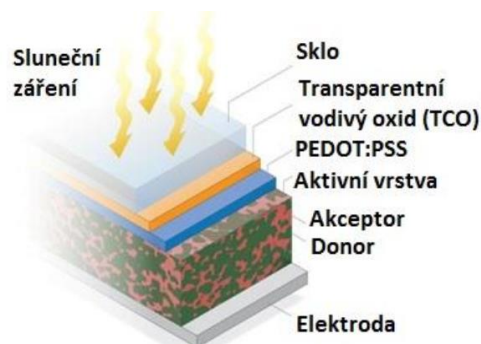
Cena vícevrstevných článků je mnohem vyšší než cena dnes běžně používaných článků jednovrstvých. Zároveň i cena zrcadel nebo Fresnelových čoček, které se používají ke koncentraci slunečního záření, je neporovnatelně nižší než cena polovodičových článků. Z Fresnelovy čočky jsou odstraněna místa nepodílející se přímo na lomu světla a díky tomu má mnohem nižší hmotnost než klasická čočka. K výrobě článků se mohou použít materiály běžně dostupné a tím pádem spotřeba drahých polovodičových materiálů klesá v některých případech až o dva řády.

Bohužel výše zmíněné výhody jsou kompenzovány použitím polohovacích systémů. Ty musí být velmi přesné a tím pádem jsou investičně i provozně náročnější. Koncentrátorové články se také musí kvalitně chladit, protože při koncentračním poměru 1 000 dosahuje intenzita záření až 1 MW/m^2 . Z tohoto důvodu je i samotná životnost článků nízká.

V České republice je využití těchto článků velmi nepraktické, protože články nedokáží využít difuzní záření, kterého je v České republice více než 50 %. Koncentrátorové články využívají pouze přímé sluneční záření. Přestože tento druh článků poskytuje při jasné obloze vyšší a stabilnější výkon, časové využití by v našich klimatických podmínkách bylo nižší než u běžněji využívaných systémů. [23] [24] [28] [29]

2.1.5 Organické fotovoltaické panely

Organické panely využívají fotosyntézu k výrobě elektrické energie. Fotosyntézu zajistí speciální geneticky vyrobené bílkoviny. Tyto panely by měly v budoucnu nahradit křemíkové panely. Jejich účinnost má být větší než u křemíkových a také by měly být výrazně levnější. 1 m^2 křemíkového panelu dnes vyjde přibližně na 200 dolarů, kdežto cena stejné plochy organického panelu by měla být 1 dolar. [23] [24] [30]

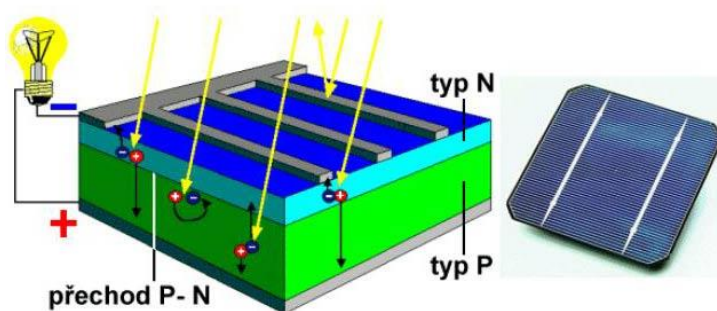


Obrázek 13. Struktura organického solárního článku [31]

Molekuly používané v organických solárních panelech jsou vysoce propustné a levné, což se promítne na nízké výrobní ceně, která se poté ještě sníží sériovou výrobou. Organické molekuly disponují relativně velkým absorpčním koeficientem. To znamená, že je pohlceno velké množství světla velmi malou vrstvou materiálu, v tomto případě jde o stovky nanometrů. Hlavními nevýhodami tohoto druhu panelů je jejich nízká účinnost, nízká stabilita v porovnání s křemíkovými panely.

V minulých letech byly organické panely velmi populárním polem výzkumu solárních článků a v roce 2015 bylo dosaženo účinnosti přes 10 % pomocí tandemového zapojení. O tři roky později, v roce 2018, bylo dosaženo rekordní účinnosti 17,3 %.

Velikou výhodou je jejich velmi nízká hmotnost. Střechy tedy není nutno před instalací speciálně vyztužovat. Dalším výhodným faktorem je možnost připevnění na rovné a různě zahnuté plochy. Možné je také připevnění na fasádu domu, kam se obvyčejné panely připevňují jen stěží. [23] [24] [30] [32]



Obrázek 14. Schéma solárního článku [21]

2.1.6 Porovnání

Porovnání jednotlivých druhů panelů není vůbec jednoduchá činnost, protože jich je velké množství. Pro účely této práce, byly zmíněny pouze ty základní. Samotné panely se pak dají porovnat podle výkonu, plochy panelu, účinnosti a ceny. Poslední dva parametry jsou uvedeny v tabulce níže. Hodnoty v této tabulce jsou pouze orientační, abychom mohli vidět, v jakých cenách a účinnostech se jednotlivé panely přibližně pohybují. Účinnost i cena se odvíjí od výrobce. Z tabulky je patrné, že nejlepší účinnost mají panely koncentrátorové a vícevrstvé.

Od toho se také odvíjí jejich cena a pro účely zásobování rodinného domu elektrickou energií nejsou úplně vhodné. Tyto panely se spíše využívají pro fotovoltaické elektrárny. Organické panely mají účinnost sice nižší, ale v budoucnu by se měla účinnost vyrovnat panelům z křemíku. Také jejich pořizovací cena by měla být postupem času nižší, nicméně v dnešní době jsou organické panely využívány jen zřídka. Tím nám k výběru zbyly jen dva druhy panelů, a to jsou křemíkové monokrystalické a polykrystalické. Účinností a cenou jsou tyto panely na téměř stejné úrovni. Opět záleží na tom, jak výkonný panel požadujeme a od jakého dodavatele. [21] [22] [23] [24] [30]

Tabulka 1. Porovnání druhů FV panelů

Druh	Křemíkové monokrystalické	Křemíkové polykrystalické	Vícevrstvé	Koncentrátorové	Organické
Účinnost	~19 %	~14-16 %	~30 %	~40 %	~11 %
Cena	3000–11000 Kč	3000–5000 Kč	neznámá	neznámá	neznámá

Parametr, kterým je nezbytné se zabývat, je výkon jednoho panelu. Ve většině případů se výkon jednoho panelu pohybuje v rozmezí 240–350 W. Dá se také předpokládat, že panely o menším výkonu vyrábějí elektrickou energii stejně dobře jako panely, které mají výkon větší, jen s tím rozdílem, že na pokrytí spotřeby objektu jich bude potřeba nainstalovat více. Zde však vzniká veliký rozdíl. Výkonnější panely bývají dražší, kdežto cena 1 Wp je po přepočítání velice podobná. Někdy bývá i nižší, a to právě u dražších panelů. Do výpočtu ceny 1 Wp je také potřeba započítat cenu kotvicích konstrukcí, která může být vysoká v případě použití materiálů jako je nerez nebo hliník.



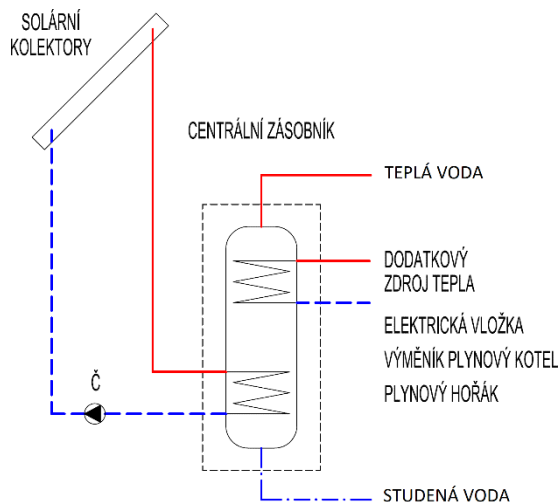
Obrázek 15. Příklad používané kotvicí konstrukce [33]

Z výše uvedeného vyplývá, že pro pokrytí výkonu 3500 Wp je potřeba pouze 10 panelů o výkonu 350 W, ale už 14 při použití panelů o výkonu 260 Wp. Cena kotvicích prvků tedy značně naroste a také se zvětší potřebná plocha pro instalaci, která může hrát důležitou roli při aplikaci fotovoltaických systémů na menší rodinné domy.

K porovnání je nepřehledné množství druhů panelů od mnoha výrobců a laik se ve všech údajích a možnostech může začít ztrácet. S výběrem samotných technologií nám pomohou specializované společnosti, které se zabývají aplikací solárních panelů na rodinné domy a firemní prostory. [21] [22] [23] [24] [30]

2.2 Solární ohřev vody

Teplo, které se získá ze slunečních kolektorů je možné využít několika způsoby. Nejrozšířenější použití je na teplou užitkovou vodu (TUV). V podmínkách České republiky jsou nejvhodnější na celoroční ohřev vody kovové kolektory s konverzní vrstvou na absorbéru a s nucenou cirkulací, tu nám zajistí pomocné oběhové čerpadlo. Ročně takovéto zapojení představuje energetický zisk až 400–550 kWh/m². Smysluplně lze tak ročně pokrýt 50–70 % energetických nákladů pro tepelnou úpravu vody. Pro velké objekty je nutné systém dimenzovat na míru. U malých objektů, jako jsou rodinné domy, výrobci často nabízejí už ucelené systémy o různých výkonech. Ve většině se kolektory dimenzují tak, že 1 až 1,5 m² jeho plochy zajistí přípravu okolo 50 litrů teplé vody na teplotu kolem 55 °C. Celková velikost se poté volí podle denní spotřeby tak, aby bylo možné pokrýt 1,5 až 2denní spotřebu teplé vody. V zimních měsících ovšem výkonost systému ohřevu vody klesá na minimum a je nutné vodu ohřát jiným způsobem. Nejčastěji se volí elektrický bojler. Celoroční provoz ohřevu vody je praktičtější provozovat pomocí fotovoltaických panelů. [34] [35] [38] [40]



Obrázek 16. Zjednodušené schéma zapojení solárního ohřevu vody [36]

2.2.1 Požadavky systému

Velikost, komplexnost a samotný druh systému pro solární ohřev vody se běžně určuje podle tří kritérií:

- rozdíly teploty okolí během ročních období,
- rozdíly teploty během dne a noci,
- možnost zamrznání nebo přehřátí TUV nebo teplotnosného média.

Minimální hodnoty, které má systém plnit jsou určeny množstvím nebo teplotou horké vody, která je potřeba během zimy. V tomto období je totiž výkon systému nejmenší stejně tak jako teplota vody. Maximální hodnoty, které systém vyprodukuje, jsou naopak určeny v letních měsících, kdy může dojít k přehřátí vody.

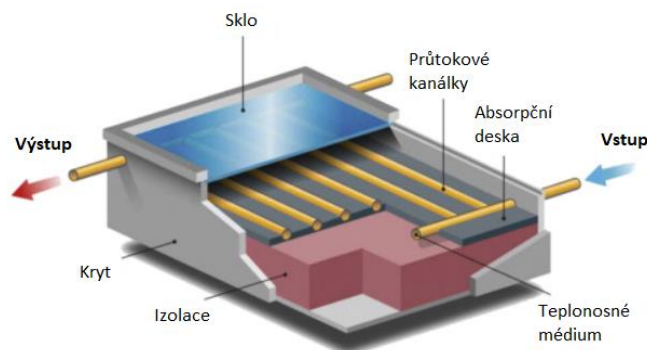
Voda při zamrzání nabývá na objemu a mohlo by se stát, že trubky popraskají. Z tohoto důvodu je nutné zahrnout opatření proti zamrzání vody a teplotnosného média. Odtokové systémy vypouštějí teplotnosnou tekutinu ze systému, když je čerpadlo vypnuto. Přímé systémy mohou být manuálně vypuštěny, když se očekávají nízké teploty a je riziko zamrzání. Tento způsob je běžný v zemích, kde teploty neklesají k bodu mrazu často. Jelikož není tento způsob automatický a spoléhá pouze na lidskou práci je tudíž i nepříliš spolehlivý. Nepřímé systémy spoléhají na použití nemrznoucích teplotnosných médií. Další způsob ochrany je použití silikonových trubek, které se jednoduše roztáhnou při zamrzání.

Když se voda nepoužívá den nebo dva, může dojít k velkému nárůstu teploty ve všech systémech, které nemají automatické odvodnění. Když teplota vody v zásobníku odvodňovacích systémů dosáhne vysoké teploty je čerpadlo vypnuto, čímž se zamezí přehřátí zásobníku.

Aktivní systémy mohou záměrně ochlazovat vodu v nádrži tím, že horkou vodu prohání panelem v časech, kdy je teplota okolí nízká, díky čemuž voda ztrácí teplo. Toto řešení je účinné v přímých systémech. [34] [35] [38] [40]

2.2.2 Druhy systémů

Jednoduchá zařízení obsahují zaizolovaný box se skleněným víkem, pod kterým je solární absorpér (plechová deska), která je připevněna k měděným trubkám, ve kterých dochází k výměně tepla. Schéma tohoto systému je možno vidět na obrázku níže.



Obrázek 17. Schéma solárního ohřevu vody [34]

Další možností realizace je sada železných černých trubek obklopených skleněným cylindrem. Vzduch se z prostoru mezi trubkami a skleněnými cylindry odsává, aby vzniklo téměř vakuum. Toto řešení je opět možno vidět na obrázku níže.

V průmyslovém využití se mohou používat parabolická zrcadla k nasměrování slunečních paprsků na trubky, stejně jako u fotovoltaických panelů. Teplá voda je u tohoto druhu uchovávána nejčastěji v nádrži nad trubkami. Teplotnosná tekutina může být voda, ale více se využívá separátní oběh se speciální nemrznoucí a anti-korozní tekutinou. Teplo je poté z této tekutiny předáváno vodě ve válci, kde tekutina proudí měděnými trubkami a ohřívána voda je okolo těchto trubek. Teplo je poté předáváno vodě ve válci. V tomto válci

se nacházejí měděné trubky, kde proudí právě nemrznoucí anti-korozní tekutina. Trubky je nejvýhodnější dělat z mědi kvůli její vysoké teplotní vodivosti a odolnosti vůči korozi.

Možnost nízko údržbového systému je zajištěna u odvodňovacích systémů, kde není zapotřebí nemrznoucí kapaliny. Místo toho je veškeré potrubí vyspádované tak, že veškerá voda nateče zpět do nádrže. V nádrži je atmosférický tlak a při vypnutí čerpadla se tok obrátí a z kolektorů všechna voda vyteče do nádrže. [34] [35] [38] [40] [41]



Obrázek 18. Solární kolektor pro ohřev vody [39]

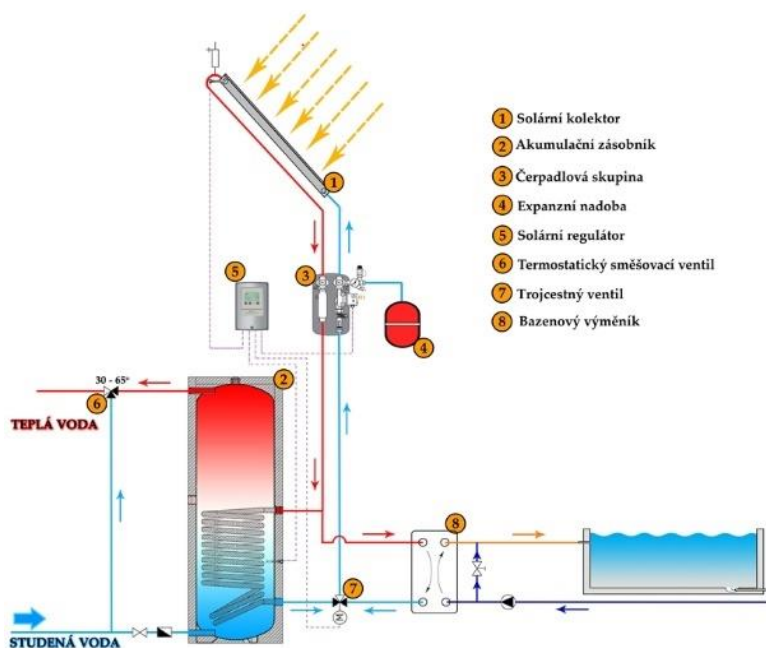
Solární ohřev je možné rozdělit podle dvou kritérií, a to podle zajištění způsobu oběhu vody v systému na pasivní a aktivní a podle přenosu tepla na přímé a nepřímé.

Pasivní systémy nevyužívají k oběhu vody čerpadlo a spoléhají se pouze na samočinný oběh horké vody v potrubí. Pasivní oběhy jsou méně náročné na údržbu a také jsou levnější. Výhody ale zastíní nízká účinnost a problémy s přehříváním a zamrzáním vody.

Aktivní systémy naopak k oběhu vody potřebují čerpadlo, které zvyšuje počet možných konfigurací systému. Oproti pasivním systémům jsou dražší na pořízení a na samotný provoz, ale jejich účinnost je vyšší a jsou lehce ovladatelné.

V přímých systémech je rovnou ohřívána užitková voda. Toto řešení je relativně levné, má ale i spoustu nevýhod. U přímých systémů není nabízena žádná ochrana proti přehřátí, jestliže není v oběhu zapojeno čerpadlo pro odvod tepla. Stejně tak není poskytována ochrana proti zamrzání, jestliže nejsou použity kolektory, které jsou schopné vydržet rozpínání vody při jejím zamrzání.

Nepřímé systémy naopak k ohřevu vody využívají předání tepla mezi teplotnosnou tekutinou a užitkovou vodou. V tomto případě jsou dvě oddělené větve, kde v jedné proudí teplotnosná tekutina, která je ohřívána v kolektoru a poté proudí do tepelného výměníku, kde teplo předá užitkové vodě. Teplotnosné médium je většinou nemrznoucí a odolné vůči přehřátí. [35] [38] [40] [41]



Obrázek 19. Možnost zapojení solárního ohřevu vody [43]

Nejčastěji jsou v České republice používány ploché kolektory. Základní částí kolektoru je absorbér, který zachytává krátkovlnné sluneční záření. Záření se poté přemění na teplo. Pro výrobu absorbéru se nejčastěji používá kov a povrchovou úpravou se dá docílit zvýšení výkonu. Kvalitní úpravou jsou takzvané selektivní konverzní vrstvy, ty mají vysoký absorpční koeficient $\alpha = 0,94\text{--}0,96$ a zároveň nízkou emisivitu, která dosahuje hodnot $\varepsilon = 12\text{--}15\%$ pro galvanicky nanášené vrstvy a u vakuových nánosů až 4–6 %. [35] [38] [40] [41]

Teplonosné médium, proudící v kanálcích absorbéru, odebírá teplo získané ze slunečního záření. Jako teplonosné médium se nejčastěji používá voda, vzduch a nemrznoucí kapaliny. Kanálky absorbéru jsou tvořeny buď soustavou trubek, meandrem nebo buněčnou strukturou. Absorbéry jsou umístěny ve vhodných boxech, které je chrání před povětrnostními podmínkami. Také se v ní nachází izolace snižující ztráty boky a zadní stěnou. Tepelným ztrátám přední stěnou se zabráňuje pomocí transparentních krytů, nejčastěji jsou kryty ze solárního bezpečnostního skla. Toto sklo vytváří takzvaný skleníkový efekt, protože propouští jen záření v oblasti viditelného a blízko infračerveného spektra. Solární bezpečnostní sklo je podrobováno mechanickým zkouškám a následně je kaleno, to vše proto, aby mohlo odolávat povětrnostním podmínkám.

Před instalací solárního ohřevu vody je nutné si určit, na co přesně bude systém využíván. Zda na ohřev užitkové vody nebo i na přitápění v domácnosti. Vytápění domácnosti pomocí tohoto systému je samozřejmě možné, ale z praxe je známo, že to není výhodné, protože v letních měsících jede systém naprázdno a v zimě, kdy je největší potřeba topení, je výkon systému nejmenší. Nejvhodnější je doplnění solárního ohřevu vody třeba pomocí kotle na tuhá paliva nebo zemní plyn. [35] [38] [40] [41] [42]

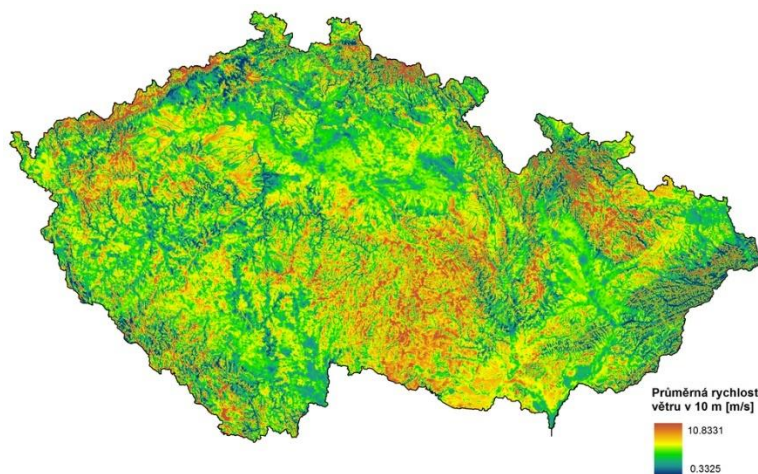
2.3 Větrná energie

Větrná energie patří mezi obnovitelné zdroje energie. Elektrická energie se vyrábí použitím větru, který pohání větrné elektrárny (turbíny). Samotná vrtule této elektrárny je připojena ke generátoru. Možný získaný výkon je teoreticky úměrný třetí mocnině rychlosti proudícího větru. Větrné elektrárny nedosahují po většinu doby provozu nominálních hodnot generovaného výkonu, protože rychlost větru se stále mění a není konstantní.

Větrné elektrárny je možné rozdělit do tří základních kategorií na základě výkonu a velikosti elektrárny na větrné elektrárny malé, střední a velké. Pro účely napájení rodinného domu stačí brát v úvahu elektrárny malé. Ty dosahují výkonu 60 kW a jejich rotor má maximální průměr 16 m. Takový výkon a velikost je pro rodinný dům i tak zbytečně veliký proto se budou brát v úvahu jen mikrozdroje s kapacitou do 2,5 kW a průměrem rotoru do 3 m.

Samotný nákup větrné elektrárny, pro rodinný dům není vůbec složitý. Na trhu je spousta prodejců nabízejících velké množství různých produktů od hotových a sestavených elektráren po jejich součásti, které si pak každý může složit sám. Cena těchto řešení se může pohybovat od deseti tisíc korun až do čtyři sta tisíc. Výše ceny se samozřejmě odvíjí od použitých materiálů, kvality zpracování, značky a nabízeného výkonu. Ve výsledku hraje při výběru hlavní roli právě výkon, při kterém musíme myslet na budoucí umístění elektrárny. Při špatně zvoleném umístění nám právě reálný výkon nemusí dosahovat maximálního výkonu elektrárny a je možné, že právě kvůli tomu se investice ve výsledku nebude vyplácet. [44] [46]

Vhodné umístění elektrárny je závislé především na povětrnostních podmínkách. Větrné mapy jsou nejčastěji vytvářeny pro výšku 10 a 100 m nad zemí. Při výběru elektrárny pro rodinný dům je vhodnější modelová mapa ve výšce 10 m nad zemí. Potřebné údaje je možné najít na stránkách Akademie věd České republiky, kde můžeme vidět větrnou mapu České republiky pravidelně aktualizovanou Ústavem fyziky atmosféry.



Obrázek 20. Mapa rychlosti větru ve výšce 10 m nad zemí [46]

Samotné místo pro umístění elektrárny musí být co nejvíce otevřené, aby proudění vzduchu nebylo zpomalováno a ovlivňováno okolními domy a stromy. Při průměrné rychlosti větru 3 – 3,5 m/s by měla většina domácích elektráren pokrýt základní část spotřeby elektřiny klasického rodinného domu. Samozřejmě se tento fakt odvíjí od modelu použité větrné elektrárny.

Pořízení větrné elektrárny je potřeba důkladně promyslet a propočítat. Výsledná návratnost je z velké části závislá právě na počasí, které člověk nemůže ovlivnit, a na jejím umístění. V nejhorších případech se může stát, že se investice do větrné elektrárny nikdy nevrátí. [44] [46]

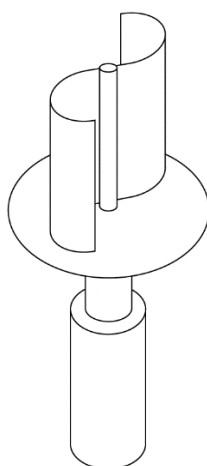
2.3.1 Účinnost elektráren

Účinnost dnešních větrných elektráren se pohybuje okolo 75–80 % Bentzova limitu, při jmenovitých otáčkách. Ze zákona zachování hmoty tedy vyplývá, že v praxi není možné využít veškerou energii proudícího větru. Výše zmíněné Bentzovo pravidlo se používá k určení maximální využitelné energie větru větrnou turbínou. Bentzovo pravidlo dosahuje 59 % maximální využitelné kinetické energie proudícího média turbínou. Při započtení ztrát třením, ztrát generátoru, převodovky a odporu vzduchu se dostaneme na výslednou účinnost větrné elektrárny. [44] [46]

2.3.2 Druhy větrných elektráren

Turbíny větrných elektráren se dělí podle principu fungování na odporové a vztakové a podle osy otáčení se turbíny rozdělují na horizontální a vertikální.

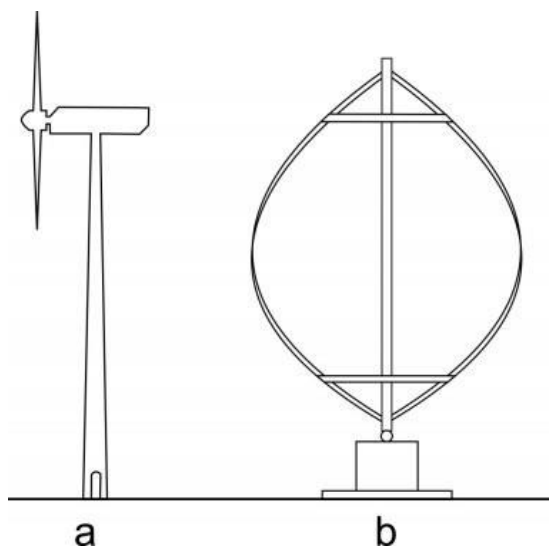
Odporové turbíny jsou k výrobě elektrické energie využívány dlouhou dobu. Mají ale nižší účinnost než turbíny vztakové, proto se dnes již tolik nepoužívají a přednost je dávana vztakovým. Odporové turbíny využívají k fungování principu rozdílu sil působících na lopatky. Tohoto rozdílu se dosahuje dvěma způsoby, nakloněním lopatek nebo jejich rozdílným tvarem. Natočení lopatek dosahuje větší účinnosti než druhá možnost, ale je to komplikovanější, protože se plocha lopatek musí natáčet v závislosti na směru proudícího větru a na pozici rotoru. Různý tvar lopatek využívá rozdílného aerodynamického odporu proudícího větru. Nejběžnějším příkladem jsou lopatky miskovitého tvaru. [44] [46]



Obrázek 21. Odporová Savoniusova turbína [47]

Horizontální turbíny se označují zkratkou HAWT, která vychází z anglických slov horizontal axis wind turbine neboli horizontální axiální větrná turbína. Tento druh turbín musí být vždy proti směru foukání větru. Kvůli tomu se u menších elektráren využívají směrové lopatky a u velkých elektráren je zapotřebí použití servo motoru a větrného senzoru pro natočení turbíny. Ve většině turbín je namontované převodové ústrojí, to slouží k regulaci otáček pro generátor. Horizontální turbíny se používají více než vertikální, a to hlavně díky jejich vyšší účinnosti.

Vertikální turbíny, také označované anglickou zkratkou VAWT, z anglického vertical axial wind turbine neboli vertikální axiální větrná turbína, se vyznačují velikou výhodou, že se nemusí měnit jejich směr v závislosti na větru. Díky tomu se využívají v lokalitách, kde je směr větru proměnlivý. Díky jejich konstrukci je generátor a převodové ústrojí umístěno na zemi a to velmi ulehčuje údržbu. Další značnou výhodou je, že zabírají méně místa než turbíny horizontální a je možné je při stavbě větrné farmy umístit v menších rozestupech, aniž by se aerodynamicky ovlivňovaly. Oproti turbínám horizontálním o srovnatelném výkonu jsou ovšem dražší a také mají menší účinnost. [44] [46] [48] [49]



Obrázek 22. a) HAWT, b) VAWT [45]

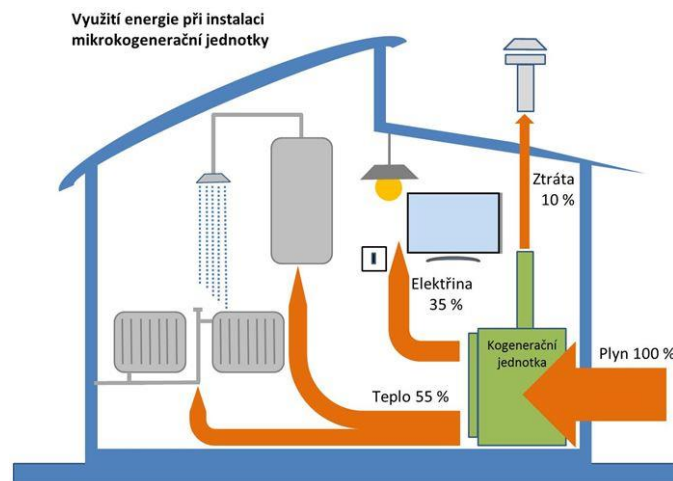
2.3.3 Hlučnost

Jedním z problémů větrných elektráren je hluk, který je produkován hlavně aerodynamikou turbíny, do toho spadá obtékání listů vrtule, gondoly a samotné stavby, turbulence, víry v okolí konců vrtule atd. Dále hluk vzniká i v mechanických částech elektrárny jako jsou například servomotory, čerpadla, generátor a převody. Česká hygienická norma stanovuje, že v obytné zástavbě je během dne povolen hluk o hodnotě maximálně 50 dBA a v noci je tato hodnota snížena na 40 dBA. Ve volné přírodě není stanovena maximální možná hodnota hluku. [44] [46] [48] [49]

2.4 Kogenerační jednotky

Pojem kogenerace znamená kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Nejčastěji se kogenerační jednotky používají ve větších provozech nebo ve větších bytových domech. V posledních letech se stále více na trhu objevuje nabídka i menších kogeneračních jednotek, které jsou vhodné k připojení na domácí kotle na tuhá paliva. Výhodné je pak zařízení připojit k modernímu automatickému kotli na pelety. V případě, že kogenerační jednotku připojíme k přidruženému systému výroby chladu, hovoříme o trigeneraci. [50] [52] [53] [54]

Na rozdíl od klasických výroben elektřiny, kde se pomocí spálením paliva vytváří teplo, které se následně využívá k výrobě elektřiny a poté se vypouští do okolí, se při použití kogenerační jednotky toto teplo využívá k vytápění domácnosti, čímž se zvýší výsledná účinnost při výrobě energie. Při využívání vyrobeného tepla k vytápění je nutné, aby byla mikrokogenerační jednotka o takovém výkonu, aby byla schopná pokrýt jak spotřebu elektřiny, tak tepla. Kogenerační jednotka teda nemá být příliš předimenzována nebo poddimenzována.



Obrázek 23. Schéma využití energie mikrokogenerační jednotkou [51]

Kogenerační jednotka tedy zajišťuje kombinovanou, efektivní a ekologickou výrobu tepelné i elektrické energie. Principem kogenerace je využívání tepelné energie při výrobě elektřiny, která by byla jinak bez užitku. Tato technologie používá vyrobené teplo k vytápění objektů nebo ohřev vody, v některých případech obojí. Díky tomu se dá ušetřit palivo i finanční náklady na její pořízení. [50] [52] [53]

Hlavní výhody kogeneračních jednotek:

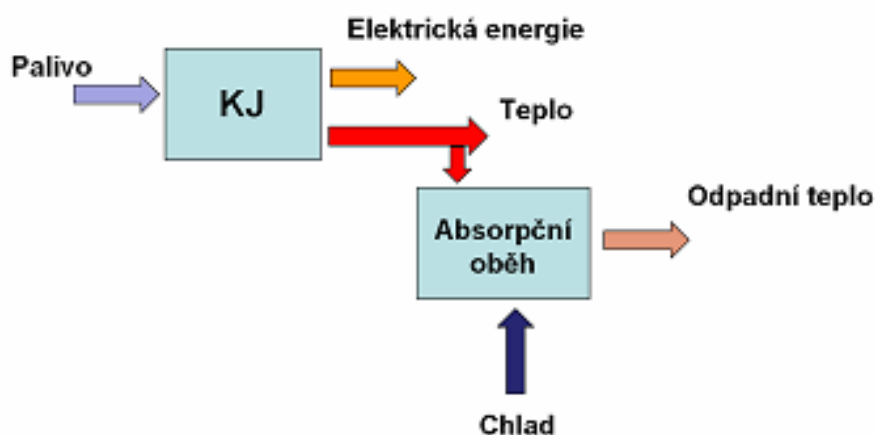
- Zamezení přenosových ztrát při vlastní spotřebě elektrické a tepelné energie,
- úspora paliva až 40 % při využívání odpadního tepla,
- vysoká účinnost využívání paliva 80 až 90 %,
- přebytky elektrické energie je možné prodávat do veřejné sítě a
- nízké emise škodlivin.

Hlavní nevýhody kogeneračních jednotek:

- Vysoká pořizovací cena,
- návratnost je závislá na využívání vyrobeného tepla a elektrické energie a
- musí se zajistit ochrana proti hluku.

2.4.1 Trigenerace

Trigenerace je, jak již bylo řečeno, kombinovaná výroba elektřiny, tepla a chladu. Trigeneraci zajistí spojení kogenerační jednotky s jednotkou absorpční, která zajistí chlad. Toto spojení zajistí maximální roční využití pořízené jednotky, protože v letních měsících místo mnohdy nepotřebného tepla můžeme vyrábět chlad a používat jej ke klimatizaci budovy. Není podmínkou, že zapojené zařízení vyrábí všechny tři druhy energie záraz, ale je možno, aby jednotka vyráběla pouze elektřinu a teplo nebo elektřinu a chlad. [55] [57]



Obrázek 24. Schéma fungování kogenerace, resp. Trigenerace [55]

Spojení jednotlivých prvků trigenerace na sobě není nijak závislé a samotné propojení systému kogenerace a absorpční jednotky je realizováno pouze pomocí tepelných výměníků, kde se setkávají pouze teplotně média. Pořízení trigenerační jednotky představuje větší počáteční investici oproti pořízení pouze kogenerační jednotky. Během doby provozu pak díky trigeneraci dochází k větším úsporám za energie. Doba návratnosti trigenerační technologie, tedy v případě pořízení kogenerační jednotky a absorpčního okruhu, není zásadně větší než doba návratnosti při pořízení pouze kogenerační jednotky. Ale za dobu životnosti zařízení je množství ušetřené energie výrazně větší. [55] [57]

2.4.2 Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie (KVET)

Výrobou elektřiny v parních turbínách v městských nebo podnikových elektrárnách a následným vyvedením tepelného výkonu byl představen vznik velkých dálkových otopných soustav. Malé jednotky kogenerace se na území ČR začaly objevovat v 90. letech. Dříve se nejvíce používaly jednotky s oběhem parní a plynové turbíny a někdy také paroplynový

cyklus. Dnes se nejvíce používají jednotky na bázi pístových spalovacích motorů. Do budoucna se počítá s využíváním ORC cyklu, stejně tak se předpokládá využívání mikroturbín, stirlingových motorů, parních motorů a palivových článků. [54] [55]



Obrázek 25. Kogenerační jednotka TEDOM [56]

2.4.3 Mikrokogenerace

Do kategorie mikrokogenerace spadají zařízení na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla do výkonu 50 kW. Tato zařízení se stávají po celém světě stále více populární. Názory na ekonomičnost mikrokogenerace se různí. Některé zdroje uvádí, že se mikrokogenerace nevyplácí, z jiných zdrojů se dozvídáme, že je možné ji uplatnit u větších rodinných domů. Mikrokogenerační jednotky o malých výkonech jsou schopné vytvořit relativně velké množství tepla i elektrické energie, a proto jsou výhodné pro objekty od určité velikosti. Nejdůležitějším faktorem je, aby se všechna elektrická a tepelná energie spotřebovala v objektu, ve kterém je jednotka instalována. Prodej elektrické energie do sítě je výhodný jen za určitých podmínek, většinou je ale velmi ztrátový a nevyplácí se. [50] [55]

2.4.4 Dopady mikrokogeneračních jednotek na životní prostředí

V České republice se stále provozuje spousta menších kotlen, které v převážné většině slouží k vytápění škol, nemocnic, úřadů apod. Tyto kotelny jsou také ve značné míře uzpůsobeny ke spalování uhlí, což je méně ekologické.

Malé kotle jsou velkým zdrojem polévatého prachu, který je jedním z největších problémů znečištěného ovzduší. Do ovzduší se tak polévatý prach dostává i v lokalitách, které díky chybějícímu průmyslu pokládáme za čisté. Malé lokální zdroje nejsou tolik zákony upravovány a nebylo do nich vloženo velké úsilí k jejich zkvalitnění a ke snížení emisí, stejně jako tomu bylo u velkých elektráren a tepláren. [54] [55] [57]

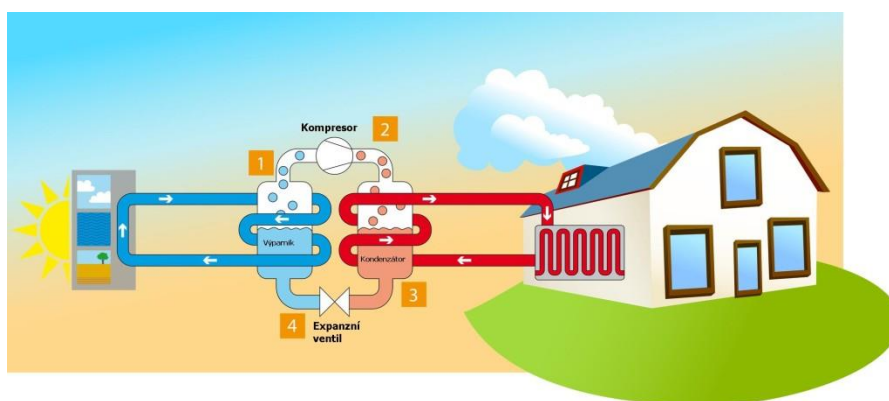


Obrázek 26. Stirlingův motor s plynovým kondenzačním kotlem [55]

2.5 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla považujeme za alternativní zdroj energie. K fungování využívají teplo odebrané z okolí, převážně z vody, vzduchu a země. Získané teplo se poté používá k vytápění nebo k ohřevu vody.

Čerpadla se skládají ze čtyř hlavních částí: výparníku, kompresoru, kondenzátoru a expanzního ventilu. Teplo získané z vnějšího prostředí se ve výparníku předává kapalnému chladivu, které slouží jako pracovní látka, chladivo se poté zahřívá a dochází k jeho odpaření. Vzniklé páry se následně stlačují v kompresoru na velmi vysoký tlak. Takto stlačené a odpařené chladivo se následně přivede do kondenzátoru, kde kondenzuje a tím předává teplo topné vodě. Tato výměna musí být provedena za větší teploty, než při jaké bylo teplo odebrané ve výparníku. Následně je chladivo přivedeno do expanzního ventilu, kde dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu, kterou mělo ve výparníku. [58]



Obrázek 27. Princip fungování tepelného čerpadla [59]

2.5.1 Základní rozdělení tepelných čerpadel

Rozdělení tepelných čerpadel se odvíjí zejména podle nositele tepla a nositele přečerpané energie. Takto se dělí do čtyř základních skupin. [58] [59]

1. Vzduch – voda:
 - a. Výhody: nejlevnější, možnost změny umístění.
 - b. Nevýhody: velký rozdíl výkonu v zimě a v létě, nutnost řešit odtávání námrazy, složitější konstrukce, zimní provoz.
2. Země – voda s horizontálním výměníkem:
 - a. Výhody: levnější než provedení s vrtem, téměř stálé podmínky.
 - b. Nevýhody: teplota může kolísat, potřeba větší plochy pro instalaci.
3. Země – voda se svislým zemním vrtem:
 - a. Výhody: stálé podmínky, pasivní chlazení.
 - b. Větší pořizovací náklady.
4. Voda – voda:
 - a. Výhody: stálé pracovní podmínky.
 - b. Nevýhody: menší výskyt vhodných zdrojů.

Technologie tepelných čerpadel může fungovat i díky odpadnímu teplu vzduchu nebo vody. To zajišťuje stálou teplotu nízkopotenciálového nosiče energie, to nám zajišťuje stabilní topný faktor oběhu. Zapojení tepelných čerpadel na odpadní teplo musí být blízko vhodného zdroje odpadního tepla.

Tepelná čerpadla lze také dělit podle druhů hnací energie. Nejvíce rozšířenou variantou je elektrický motor, který pohání kompresor. Dále se používají čerpadla s plynovým pohonem, kde je použit plynový spalovací motor pro pohon kompresoru. Teplo z chladicího okruhu motoru se při tomto druhu pohonu může použít pro předehřívání vody nebo pro zvýšení teploty výparníku, když jsou venkovní teploty nízké. Absorpční tepelná čerpadla využívají principu absorpčního cyklu, kde je hnací energie přiváděná jako forma tepla. [58] [59]



Obrázek 28. Tepelné čerpadlo typu vzduch-voda [60]

2.5.2 Komponenty tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla obsahují čtyři základní komponenty, patří mezi ně výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. V následujících odstavcích si je všechny stručně popíšeme a zjistíme, jak přispívají do chodu čerpadla.

Ve výparníku se odebírá tepelná energie níkopotenciálního zdroje. Díky nízkému tlaku a teplotě se chladivo vypařuje a je schopné tak získat teplo z okolní látky i za nízkých teplot. Pro vodu jsou výměníky nejčastěji deskové, kdežto pro vzduch se používají výměníky trubkové žebrované. [58] [61]

Následně se chladivo ve formě plynu nasává do kompresoru, kde se poté stlačí na tlak, který odpovídá teplotě kondenzace. Dodáním elektrické energie do pohonu kompresoru dochází jak ke zvýšení tlaku, tak i ke zvýšení teploty chladicí směsi. Tímto způsobem se energie přečerpává z nízké teplotní hladiny do hladiny vyšší. Tuto energii je poté možno využít pro ohřev vody nebo pro vytápění. V dnešní době se pro rodinné domy a průmyslové objekty nejvíce používají pístové kompresory nebo tzv. scroll (rotační) kompresory. Tyto kompresory jsou hermetické, což znamená, že se kompresor i elektrický motor nachází v jedné hermeticky uzavřené nádobě. Hermetická nádoba pomáhá zabránit únikům chladiva do okolní atmosféry.

V kondenzátoru se při vysokém tlaku a teplotě předává teplo z kondenzujícího chladiva do otopné soustavy. K přenosu tepla se používají opět výměníky buď deskové, nebo trubkové.

Úkolem expanzního ventilu je udržování tlakového rozdílu mezi vysokotlakou a nízkotlakou částí oběhu. V závislosti na teplotě na výstupu z výparníku se reguluje i průtok chladiva z kondenzátoru do výparníku. Dále slouží i k udržení přehřátí chladiva za výparníkem. Tím se zajišťuje vstup zcela vypařeného chladiva do kompresoru. Expanzní ventily se ovládají buď termostaticky nebo také elektricky. Mezi zařízení spadají filtry, odlučovače, ukazatelé vlhkosti a dehydrátory. [58] [61] [62]

2.5.3 Zdroje tepla

Jako zdroj tepla tepelného čerpadla slouží okolní prostředí o energii s nízkým potenciálem. energii je možno tedy získávat jak z druhotných technologických procesů, tak hlavně z přirozeného prostředí. Venkovní vzduch, půda a povrchová nebo spodní voda jsou zdroji tepla z přirozeného prostředí. Tyto zdroje slouží jako akumulace tepelné energie, kterou během roku poskytne sluneční záření nebo geotermální energie. U těchto zdrojů závisí teplota především na ročním období a na denní době.

Mezi druhotné zdroje tepla se řadí odpadní látky z technologických procesů, jejichž teplota je vyšší než teplota okolí a zároveň je jejich teplotní hladina tak nízká, že se nehodí pro využití v systémech zpětného využívání tepla. Takové teplo se dá například získávat z odpadního či větracího vzduchu z důlních prostor a průmyslového sektoru, z odpadní vody bazénů či technologických procesů. Tyto zdroje jsou výhodné v tom, že nejsou závislé na roční době či na daném počasí. [61] [62] [63]

Nejdostupnějším zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo je vnější atmosférický vzduch ohříváný sluncem. Vzduch se dá pokládat za neekologičtější řešení, protože je prakticky nevyčerpatelný a odebírané teplo se opět navrácí formou tepelných ztrát a díky tomu není prakticky narušena přirozená rovnováha prostředí. Velikou výhodou tepelných čerpadel na vzduch jsou nižší pořizovací náklady a relativně snadná instalace. Není totiž nutné vyhloubit

vrty do země nebo pokládat zemní kolektory. Při umístění tepelného čerpadla je nutno brát ohledy na jeho hluchnost, která by mohla být velice rušivá. Uvnitř domu je limit stanoven na 40 dB(A) ve dne a na 30 dB(A) v noci. Sousední domy jsou chráněny limitem 50 dB(A) ve dne a 40 dB(A) v noci, který nesmí být překročen za hranicí 2 metrů od jejich fasády (tzn. chráněný prostor stavby). Tyto limity jsou stanoveny zákonem č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví § 30, odst. 3. Samotný hluk tepelných čerpadel se měří v laboratorních podmínkách podle normy ČSN EN 12102. Zanedbatelný není ani příkon tepelného čerpadla a je nutné s ním počítat. [61] [62] [63] [64]



Obrázek 29. Tepelné čerpadlo využívající vzduch [66]

Nejčastější konstrukce je takzvaný split, kdy je čerpadlo složeno ze dvou částí, kdy jedna je venkovní a druhá vnitřní. Tyto části jsou poté spojené tepelně izolovaným potrubím, které je často z mědi. Výparník s ventilátorem, expanzní ventil a kompresor jsou umístovány vně budovy. Kompresor ale může být umístěn také uvnitř objektu. Ve vnitřní části tepelného čerpadla je potom kondenzátor a další části. Toto provedení je složitější k instalaci, protože doplnění chladiva je možné až na místě stavby.

Jednodílná čerpadla tzv. kompaktní, jsou také na trhu k dostání a výrobci je dodávají již smontované vcelku s hermeticky uzavřeným okruhem chladiva. Tento druh čerpadel je možno umístit vně i uvnitř budovy. Jednodílná čerpadla, umístěná mimo objekt, je nutné při výpadku elektrického proudu ochránit proti zamrznání vody využívané k topení. Čerpadla určená k vnitřnímu použití je možné instalovat na půdu, do sklepa, či přízemí. Vzduch je do těchto čerpadel přiváděn skrze otvory ve stěnách. [61] [62] [63] [64]

U tepelných čerpadel, která používají jako zdroj tepla okolní vzduch je veliké riziko zamrznání vodní páry na studených plochách výparníku. K tomuto jevu dochází, když jsou teploty okolního vzduchu kolem 0 °C. Zamrznání také závisí na vlhkosti vzduchu. Vzniklá námraza zhoršuje přestup tepla ve výměníku a je nutné ji odstranit. Odmrazování může probíhat několika způsoby, jedním z nich je tzv. reverzní chod. Reverzní chod zajistí odebírání tepla z interiéru budovy a přes výměník se ohřívá výparník. Tato metoda je ale energeticky nejméně výhodná. Dalším možným řešením zamrznání vodní páry je instalace elektrického topného tělesa. Topné těleso nijak neovlivňuje provoz tepelného čerpadla, je však velmi nákladné z důvodu velké spotřeby elektrické energie. Nej kreativnějším řešením je instalace systému

dvou výparníků. Výparníky se při chodu čerpadla střídají a zajišťují tak stálý topný výkon. Investiční náklady se tak zvyšují, ale zato se zvýší také celkový topný faktor a zároveň se sníží provozní výdaje. U každého z těchto způsobů musí být důkladně vyřešen odtok rozmražené vody. [61] [62] [63] [64]

Výhody a nevýhody tepelných vzduchových čerpadel:

- + rychlá a jednoduchá instalace,
- + nízké pořizovací náklady a
- + bez nutnosti složitých terénních úprav.

- Hluk z ventilátoru,
- složitá konstrukce – nutnost odmrazování,
- výkon je závislý na ročním období a
- nízká životnost kompresoru kvůli práci za nízkých teplot.

Dalším zdrojem tepla je zemská půda. Považuje se za smíšený zdroj, protože ze 70–95 % je teplo půdě dodáváno geotermálními toky a zbytek pochází ze slunečního záření, které ohřívá zemský povrch. Půda je k využití zásobování tepla vhodná z důvodu mírných teplotních výkyvů, neomezené tepelné kapacity, dostupnosti a teplotní úrovně. Jelikož je pořízení a instalace finančně i technicky náročné, je dobré znát roční průběh teplot v jednotlivých vrstvách zemské kůry a celkové vlastnosti půdy. V hloubce 15 m je běžně udávána teplota rovnající se střední průměrné teplotě vzduchu v požadované oblasti.

Teplo se odebírá z půdy pomocí uzavřeného okruhu naplněného nemrznoucí směsí. Je možné výměník uložit do půdy horizontálně či vertikálně. [61] [62] [63] [64]



Obrázek 30. Tepelné čerpadlo s horizontálními výměníky [66]

Horizontálně umístěné výměníky jsou zakopané ve hloubce 1,2 až 2 m, kde teplota neklesá pod bod mrazu ani v zimních měsících a kolísá jen v rozmezí 5 °C. Horizontální výměníky jsou vyráběny z polyethylenových trubek. V trubkách proudí nemrznoucí směs a trubky jsou od sebe ve vzdálenosti 0,6 až 1 m. Výkon takového kolektoru se udává v rozmezí 20 až 25 W/m² plochy země. Topný faktor se během roku mění s výkyvy teploty okolí. Nejhuře je na tom topný faktor na konci topného období, kdy je země vychlazená. Půda se poté během léta dohřívá pomocí slunečního záření, teploty vzduchu, a hlavně pomocí přestupu tepla

z ostatních vrstev půdy. Obecně se předpokládá, že by plocha, ze které se teplo odebírá, měla být 3 až 4krát větší než plocha vytápěná. [61] [62] [63] [64] [67]

Vhodné je použít horizontální kolektory u novostaveb, kdy je možné spojit náročné terénní práce s již probíhajícími terénními úpravami na pozemku. Důležité je také pamatovat na to, že při použití těchto výměníků, dochází k silnějšímu promrzání půdy a není tedy vhodné v jejich blízkosti pěstovat stromy a ani stavět další objekty.

Výhody a nevýhody čerpadel s horizontálními kolektory:

- + Monovalentní provoz,
- + nízký příkon oběhového čerpadla a
- + nižší náklady a snazší instalace než použití vrtů.

- Potřeba velkého pozemku,
- na pozemku jsou omezeny budoucí úpravy a stavby a
- horší roční topný faktor než u použití vrtů.

Jestliže chceme pořídit tepelné čerpadlo a k němu mít zhotoveny vertikální vrty, je nutné posoudit lokalitu nejen z hlediska teploty, ale především z hlediska tepelné vodivosti horniny. Teplota hornin roste s gradientem 1 °C na každých 30 m. Tepelný tok dosahuje průměrně 60 mW/m² a je závislý na složení podloží a na množství podzemní vody.

Odběr tepla z půdy v tomto případě zajišťují dvě nebo tři sondy skládající se ze svazku měděných trubek, které jsou potaženy plastovým povlakem. V trubkách opět proudí nemrznoucí médium, které zajišťuje přenos tepla. Vrty jsou většinou široké 150 mm a sahají do hloubky 50 až 150 m a jednotlivé díry by od sebe měly být vzdáleny 5 až 10 m. Hloubka vrtu se odvíjí od geologických podmínek v oblasti instalace. V praxi se udává, že na 1kW výkonu tepelného čerpadla je potřebná hloubka 12 až 18 m. Po instalaci a spuštění kolektorů do vrtů, je nutné vrty důkladně utěsnit tepelně vodivou směsí, tím je zajištěn potřebný prostup tepla. Hloubení vrtů je ale nejprve nutné nechat schválit vodoprávním a samozřejmě stavebním úřadem. [61] [62] [63] [64]



Obrázek 31. Tepelné čerpadlo s vertikálními vrti [66]

Tepelné čerpadlo s hloubkovými vrti a vertikálními kolektory je vhodné zvážit v případě, kdy je majitel omezen plochou zahrady. Vertikální vrty ovšem zdražují náklady na zhotovení projektu, ale tento druh tepelných čerpadel se vyznačuje stálým a dobrým tepelným faktorem,

který během roku nekolísá. Není tedy potřeba zapojení bivalentního zdroje. Spotřeba tepla musí být správně spočítána a v důsledku musí být vrt přesně dimenzovaný, aby nedocházelo k zamrznutí. Regenerace vrtu je možná v letních měsících, kdy se tepelné čerpadlo může používat ke klimatizování prostor a tím se vrt zásobuje potřebným teplem. [61] [62] [63] [64]

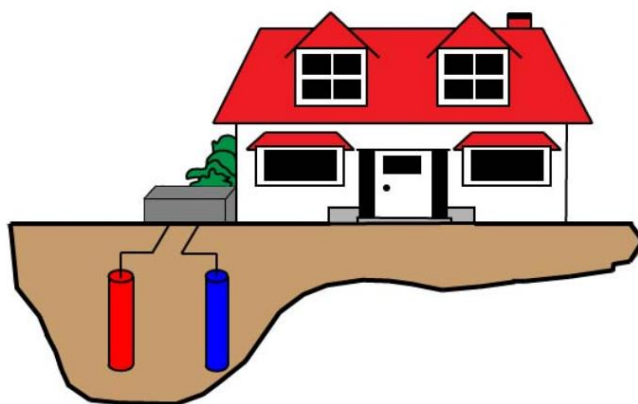
Výhody a nevýhody čerpadel s vertikálními kolektory:

- + Možnost klimatizace v letních měsících,
- + stabilní a vysoký topný faktor,
- + monovalentní provoz a
- + prostorově nenáročné.

- Nutnost stavebního a vodoprávního povolení,
- vysoké investiční náklady a
- složité realizace vrtů.

Podzemní nebo povrchová voda může také sloužit jako zdroj tepla. Podzemní voda získává svoji tepelnou energii jak ze slunečního záření, tak i z geotermálních zdrojů. Povrchová voda poté svoji energii získává pouze ze slunečního záření. Teplota vod jak stojatých, tak tekoucích je obvykle nižší než teplota vzduchu v dané oblasti a je velmi závislá na ročním období. Z tohoto důvodu se nejvíce jako zdroj využívají vody podzemní, které jsou ovlivňovány pouze teplotou okolní půdy a je tak jejich teplota víceméně po celý rok konstantní. Primární okruh je možné zhotovit otevřený i uzavřený. Při použití otevřeného okruhu, proudí voda přímo výparníkem. Uzavřený okruh spoléhá na použití kolektorů, kterými proudí nemrznoucí směs, podobně jako u tepelných čerpadel využívajících teplo půdy. [61] [62] [63] [64] [65]

Spodní voda neboli podzemní, se považuje za nejlepší zdroj tepla. V hloubce více než 10 m má celoročně stálou teplotu okolo 10 °C. V zimních měsících je tedy výkon tepelného čerpadla téměř stejný a topný faktor dosahuje v průměru vysokých hodnot. Tepelná čerpadla využívající spodních vod jako zdroje tepla, je možné použít jako monovalentní a je vhodné je použít v místech s nízkou teplotou vzduchu. [61] [62] [63] [64] [65]



Obrázek 32. Tepelné čerpadlo využívající čerpací a vsakovací studnu [66]

Při instalaci se budují většinou dvě studny, z nichž jedna slouží jako zdrojová studna, ze které se voda odčerpává. Voda poté ve výparníku předá svoji tepelnou energii a je navrácena druhou studnou zpět do země. Studny sloužící k navrácení vody se budují obvykle 10 až 30 m hluboké a měly by být 8 až 10 m od studny zdrojové. Zdrojová studna zároveň musí být od vratné studny ve směru proudění podzemní vody. Samotný topný výkon se odvíjí od průtoku vody a na jejím ochlazení. Běžně se počítá s ochlazením vody o 3 až 5 °C. Průtok vody a její teplota se musí pečlivě kontrolovat, aby nedocházelo k jejímu zamrznutí v systému a nepoškodilo se tak tepelné čerpadlo.

Stejně jako u vrtů pro čerpadla s vertikálními kolektory je nutné mít stavbu povolenou stavebním úřadem a je nutné mít provedený hydrogeologický průzkum. Také je zapotřebí dlouhodobá čerpací zkouška a to z důvodu zajištění dostatečného toku vody po celý rok. Při vyhodnocování přínosu tepelného čerpadla v objektu je nutné uvažovat i potřebný příkon pro čerpání vody. [61] [62] [63] [64] [66]

Výhody a nevýhody čerpadel s čerpáním podzemní vody:

- + Stálé pracovní podmínky po celý rok,
- + možnost využití již hotové studny,
- + monovalentní provoz a
- + vysoký topný faktor.

- Přísnější požadavky na čistotu vody a její chemické složení,
- malý výskyt vhodných zdrojů a
- velké administrativní podmínky.

Povrchová voda se využívá jen zřídka a pochází z rybníků, řek nebo vodních nádrží. Jedním z důvodů, proč se využívá jen výjimečně je její nízká teplota v zimních měsících, která často klesá až k bodu mrazu a zároveň se snižuje průtok řek. Další důvod je její znečištění a nutnost filtrace, aby se nečistoty nedostávaly do teplosměnných ploch a do potrubí. To by se poté zanášelo a byla by nutná oprava. [61] [62] [63] [64] [66]



Obrázek 33. Tepelné čerpadlo využívající povrchové vody [66]

Často se využívá uzavřený systém, který odebírá teplo díky kolektorům položeným u dna rybníka nebo řeky. Tím odpadají problémy se zanášením systému nečistotami a je možné provozovat tepelné čerpadlo, i když teploty vody padnou k 0 °C. Přímý systém je nutné během roku více kontrolovat a kvůli zanášení nečistotami a také se musí měnit místo odběru vody kvůli její teplotě. V letních měsících se voda odebírá blízko hladiny a v zimě spíše ode dna.

Aby bylo možné takovýto systém instalovat je nutné povolení správce toku nebo majitele, protože odběr vody je zpoplatněn. Stejně jako u předchozího řešení je nutné brát v úvahu i příkon oběhového nebo čerpacího čerpadla. [61] [62] [63] [64] [66]

Výhody a nevýhody čerpadel s odběrem povrchové vody:

- + Nízké náklady v porovnání s realizací vrtů.
- Topný faktor závisející na počasí,
- riziko zamrzání a zanášení,
- riziko poškození primárního výměníku,
- nutné povolení a
- málo vhodných lokalit.

2.5.4 Topný faktor COP

Topný faktor COP (z angl. Coefficient of Performance) označuje podle definice poměr topného výkonu k celkovému příkonu tepelného čerpadla. Výsledkem poměru je bezrozměrová veličina dosahující hodnot od 1,5 do 7. Tato hodnota závisí na podmínkách, v kterých TČ pracuje. Efektivnějšího provozu tepelné čerpadlo dosahuje s větší hodnotou COP. Poměr určující topný faktor je dán následující rovnicí:

$$COP = \frac{Q_T}{P} = \frac{Q_T}{Q_T - Q_{CH}} [-] \quad (2.1)$$

kde,

Q_T	- topný faktor TČ	[kW]
Q_{CH}	- chladicí výkon nízkoteplotního zdroje	[kW]
P	- elektrický příkon TČ	[kW]

Z této rovnice je patrné, že součet elektrického příkonu P a chladicího výkonu nízkoteplotního zdroje Q_{CH} se rovná tepelnému výkonu Q_T . Příkon kompresorů, ventilátorů, oběhových čerpadel a také energie, která je využita k odtávání nebo k použití regulačních a zabezpečovacích prvků, se započítává do celkového elektrického příkonu. [70] [71]

Pro porovnání tepelných čerpadel, nestačí znát pouze hodnotu COP, ale je také potřeba znát určující podmínky topného faktoru. Mezi tyto podmínky patří teploty na vstupu do výparníku a teploty na výstupu z kondenzátoru. Norma ČSN EN 14511, poté stanovuje standardní podmínky pro laboratorní měření. Tepelná čerpadla vzduch/voda využívají na vstupu teplotu vzduchu 7 °C a na výstupu teplotu vody 35 °C. Z toho plyne označení A7/W35. Systémy země/voda využívají teplotu nemrznoucí směsi 0 °C a teplotu vody opět 35 °C, tím dostáváme

označení B0/W35. Označení W10/W35 značí systémy voda/voda, kde teplota vody na vstupu je 10 °C a teplota vody na výstupu je 35 °C. [70] [71]

Efektivita TČ je dána rozdílem teplotních hladin vnitřního a vnějšího prostředí. Teplené čerpadlo tak spotřebovává méně energie při menším rozdílu teplot. Teplota na vstupu do čerpadla se nedá ovlivnit, protože ji udává nízkopotencionální zdroj tepla a je tedy výhodnější ochlazovat co nejvíce teplou látku. Čím je teplota otopné vody nižší, tím lepšího otopného faktoru dosáhneme. Otopná voda má teplotu v rozmezí většinou od 30 do 50 °C. Z tohoto důvodu je výhodnější použít tepelná čerpadla v kombinaci s podlahovým či stěnovým vytápěním, které k fungování využívá nižší teplotu vody než běžné radiátory. [70] [71]

2.5.5 Sezónní topný faktor SCOP

Seasonal Coefficient of Performance neboli sezónní topný faktor SCOP, je výsledkem poměru tepla dodaného TČ ku spotřebě elektrické energie za rok provozu TČ:

$$SCOP = \frac{\text{roční spotřeba tepla}}{\text{roční spotřeba elektrické energie}} [-] \quad (2.2)$$

Postup pro výpočet čísla SCOP je daný normou ČSN EN 14825 za standardizovaných podmínek, mezi které samozřejmě patří návrhová tepelná ztráta budovy a vysokoteplotní nebo nízkoteplotní vytápění. Výpočet se také provádí za standardizovaných klimatických podmínek. Za tímto účelem je Evropa rozdělena do tří oblastí. [70] [72]

Tabulka 2. Porovnání otopných oblastí

Oblast	Délka otopné sezóny [hod]	Venkovní návrhová teplota [°C]
Teplejší	3590	-22
Průměrná	4910	-10
Chladnější	6446	2

Hodnota SCOP popisuje reálnou efektivitu provozu tepelného čerpadla v režimu vytápění, proto je i nejlepším ukazatelem účinnosti tepelného čerpadla. Sezónní topný faktor je hlavním faktorem při srovnávání různých typů čerpadel a používá se ke klasifikaci tepelných čerpadel do energetických tříd podle účinnosti. [70] [72]

2.5.6 Klasifikace pomocí značky EHPA

Porovnávání a klasifikaci čerpadel je nutné zařizovat objektivně a hodnocení musí být provedeno kvalifikovaně. Z tohoto důvodu vytvořila Evropská asociace tepelných čerpadel soubor požadavků, který zajistí kvalitu výrobků a služeb. Zároveň byla vytvořena metodika měření a výsledného hodnocení, která uděluje čerpadlům mezinárodní značku kvality Quality Label for Heat Pumps neboli Q-Label. Tento štítek nejenže zajišťuje kvalitu výrobku, ale také dostupnost náhradních dílů a celkovou údržbu i po instalaci zařízení. Značka Q-Label je udělována ve 12 z 26 zemí, včetně České republiky, které sdružuje Evropská asociace

tepelných čerpadel. V tabulce níže jsou uvedeny minimální hodnoty COP stanovené EHPA pro udělení značky Q-Label. [73] [74] [75]

Tabulka 3. Podmínky pro určení COP

Druh TČ	Jmenovité podmínky	Požadavek
Vzduch/voda	A2/W35	COP > 3,1
Země/voda	B0/W35	COP > 4,3
Voda/voda	W10/W35	COP > 5,1

2.6 Kotle

Vytápění objektů, které se snaží být co nejvíce soběstačnými, zajišťují kamna a kotle na biomasu. Kotlů na biomasu je nepřeberné množství, lišící se výkonem, cenou, druhem paliva, údržbou a provozem. Nejjednodušší na obsluhu jsou kotle na tuhá paliva. Nejčastěji se používají kotle na dřevo a ostatní paliva na bázi dřeva. Také se dá využít kotel na lehký topný olej nebo propan. Jelikož je vybraný objekt již vybaven vlastním kotlem na tuhá paliva, budou nás zajímat informace o těchto kotlích a jejich výhody a nevýhody. [76] [77]



Obrázek 34. Domácí kotel Viadrus [78]

Kotel je převážně připojen k akumulční nádobě, ve které se ohřívá voda používaná k vytápění objektu. Samotné udržení tepla v domě pak závisí na kvalitě oken a dveří a celkové těsnosti domu.

Kotle na tuhá paliva jsou kotle, které k výrobě tepla spalují palivo v pevném skupenství. Nejčastěji se jedná o dřevo a uhlí. Tento druh kotlů je možné připojit i k systému automatického přikládání. V tomto případě se pak spalují dřevěné pelety. Ty jsou uloženy v zásobníku a poté se pomocí šnekového dopravníku dostávají do topeniště. Kvalitní kotle na pelety

disponují nejen dobrým poměrem výkon – množství paliva, ale také výrazně zjednodušenou obsluhou. Samozážehový kotel, který je vybaven automatickým dávkovačem paliva, stačí nastavit pomocí termostatu na určenou teplotu a kotel poté sám přikládá tak jak je zapotřebí. Takový kotel je potřeba jen čistit od popele a od sazí, což u používání kvalitního paliva je nutné dělat jednou za dva týdny. Cena takových zařízení je však značně vyšší. [76] [77]

2.6.1 Princip kotle na biomasu

Kotel je vždy součástí otopného systému objektu. V topném systému jsou samozřejmě i další prvky jako je oběhové čerpadlo, akumulční a expanzní nádoba atd. Domácí kotle jsou převážně roštové. Nové kotle již mohou disponovat i otočným rostem, díky kterému je komfort používání tohoto kotle srovnatelný s kotlem plynovým.

Pro zapálení paliva slouží hořák, který je umístěn v prostoru kotle. Na dně kotle se nachází výsypka popele, který propadává mezerami v roštu. Součástí kotle jsou i ocelové trubky, ve kterých proudí voda a ta je spaliny ohřívána a vháněna do akumulční nádoby. Ze zásobníku je ohřátá voda vháněna jednou větví do radiátorů a druhou větví do vodovodních kohoutků. Ohřátá voda je do radiátorů vháněna oběhovým čerpadlem nebo se využívá takzvaný samospádový režim. Při použití čerpadla je nainstalována i expanzní nádoba, korigující změnu objemu vody, která je zapříčiněna ohřátím vody.

Hlavními a základními výhodami kotlů na biomasu jsou vysoká účinnost a příznivá cena paliva oproti plynovým kotlům. Rovněž je oproti spalování zemního plynu ekologičtější spalovat biomasu. S nástupem nových technologií je nyní možnost instalace automatizovaných prvků a díky tomu se i zvýšil komfort jejich provozu. Kotle na biomasu jsou spolehlivá zařízení a jejich celková životnost pohybuje okolo 20 let.

V současné době je instalace státně dotovaná a díky tomu se mohou výrazně snížit pořizovací náklady anebo provozní výdaje. Větší nevýhodou může být nutnost skladovacích prostor pro palivo. [76] [77] [78] [79]

3 Možnosti akumulace elektrické a tepelné energie

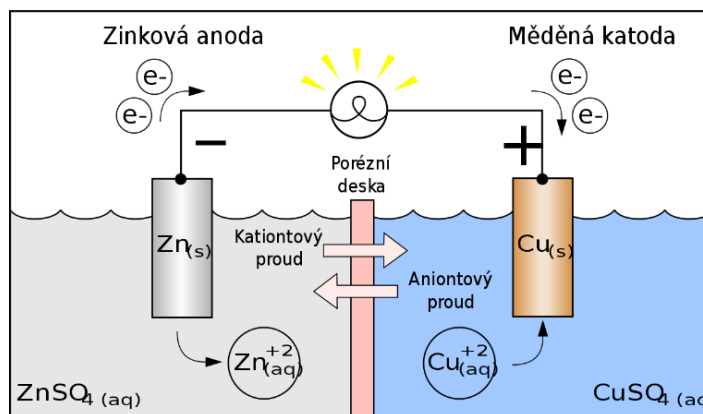
3.1 Akumulace elektrické energie

Akumulace elektrické energie je problém, který se inženýři snaží každým dnem vyřešit. Hlavním důvodem potřeby zdokonalování ukládání elektrické energie je špatná regulace velikých zdrojů elektřiny z hlediska výkonu. Další důvodem pro hledání ideálního řešení akumulace je nepředvídatelnost dodávání výkonu od určitých elektráren jako jsou solární nebo větrné. Pokud se solární a větrné zdroje používají v ostrovních systémech je poté akumulace nezbytnou součástí pro zajištění stability, kvality a efektivity celého systému.

Akumulace se dá docílit několika způsoby, ty využívají různé možnosti přeměny elektrické energie na jiné druhy energie, které zvládneme lépe akumulovat a v určitou dobu opět převést zpět na elektrickou energii. Způsoby uložení energií se liší účinností, množstvím energie, kterou dokážou uchovat, nebo také po jakou dobu ji zvládnou uchovat. [80] [81]

3.1.1 Elektrochemické akumulátory

Elektrochemické akumulátory můžeme definovat jako zařízení, která transformují chemickou energii na energii elektrickou. Látky, které vstupují do chemické reakce uvnitř akumulátoru, mají rozdílný obsah vnitřní energie než produkty reakční. Rozdíl těchto energií je energie, která je reagující soustavou přijímána nebo dodávána do okolí. Samovolné chemické reakce probíhají tak, že látky, které do reakce vstupují mají větší podíl vnitřní energie než produkty reakční. Rozdíl energie je tedy dodáván ve formě tepla, světla, mechanické práce nebo elektrické energie. Elektrochemické zdroje jsou zhotovovány a zapojovány tak, aby vystupující energie byla hlavně ve formě elektrické energie a tím bylo dosaženo co největší účinnosti. [80] [81] [82]

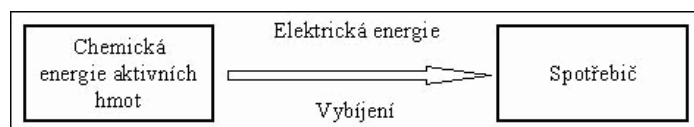


Obrázek 35. Schéma galvanického článku [88]

Základ všech elektrochemických akumulátorů je elektrochemický neboli galvanický článek, ten je složen ze dvou elektrod a iontově vodivým elektrolytem. Celá tato soustava je poté uložena ve vhodné nádobě. Elektrody musí být z takového materiálu, aby na jedné docházelo k oxidaci a na druhé k redukci. Oxidační elektroda se nazývá anoda a redukční

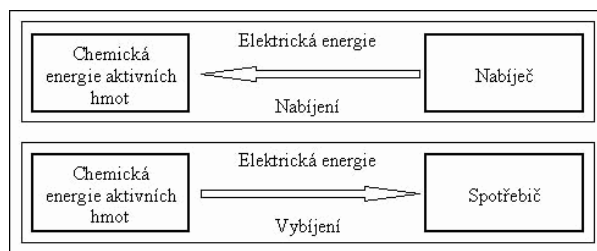
elektroda se nazývá katoda. Aby nedocházelo ke kontaktu elektrod a tím i ke zkratu, jsou elektrody odděleny porézním separátorem. Elektrochemické zdroje se rozdělují na články primární, sekundární a palivové. [80] [81] [82] [88]

Primární články slouží pouze k jednomu použití. Po jejich vybití je není možné znovu nabít. Efektivita těchto článků je velice nízká. Při jejich výrobě je nutné spotřebovat 50krát více energie, než jsou poté schopny dodat ve formě elektrické energie. Také obsahují jedovaté látky a jsou tak považované za neekologické. Jejich hlavní výhodou je jejich velká odolnost vůči samovybití. [84]



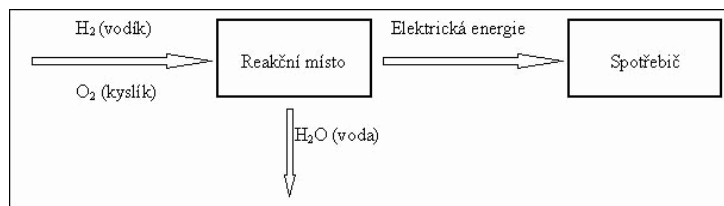
Obrázek 36. Funkce primárního článku [82]

Sekundární články neboli akumulátory, jsou schopné ukládat elektrickou energii z vnějšího zdroje ve formě chemické energie ve svých elektrodách. Při vybíjení dochází ke změně chemického složení aktivních složek elektrod, uložená chemická energie se přemění na elektrickou energii a ta je dodávána spotřebiči. Je důležité vědět, že polarita článku se nemění se změnou proudu tedy při nabíjení a vybíjení. Při změně proudu bude na elektrodě, kde probíhala redukce, probíhat oxidace a obráceně. Katoda a anoda nejsou termíny svázané s polaritou článku, ale závisí na směru procházejícího proudu. [84]



Obrázek 37. Funkce sekundárního článku [82]

Palivové články přeměňují chemickou energii paliva a okysličovadla na elektrickou energii. K anodě je přiváděno palivo a ke katodě se přivádí okysličovadlo. Mezi elektrodami dochází ke katalytickému sloučení paliva a okysličovadla. Takto vyrobený palivový článek může teoreticky fungovat nepřetržitě, dokud je přiváděno palivo a okysličovadlo k elektrodám. Existuje spousta kombinací paliv a okysličovadel. Taková jedna kombinace je například použití vodíku jako paliva a kyslíku jako okysličovadla. Odpadem z kyslíko-vodíkového palivového článku je čistá voda. Jako palivo je také možné použít uhlovodíky a alkoholy. Čistý kyslík se dá nahradit vzduchem, chlórem nebo oxidem chloritým. [85]



Obrázek 38. Funkce palivového článku [82]

Akumulátory pracují na principu uchovávání elektrické energie ve formě energie chemické, jak napovídá již samotný název. Jejich největší výhodou je výborně zvládnutá technologie výroby, možnost opakovaného nabíjení, použití téměř kdekoli a relativně nízká cena. Mezi nevýhody elektrochemických akumulátorů můžeme zařadit samovolné vybíjení, velická citlivost na hluboké vybíjení baterie. Při hloubkovém vybíjení baterie dochází k velikým a nezvratným změnám na elektrodách, což způsobuje snížení kapacity. Také poměr mezi hmotností akumulátoru k akumulované energii není velice příznivý a činí tak tento způsob méně efektivní.

Nabíjení probíhá tak, že se reakční produkty převedou na reaktanty díky elektrickému proudu. Nabíjecí proud dodává elektrickou energii, která se transformuje na energii chemickou a během vybíjení baterie se chemická energie převádí zpět na elektrickou. Záporná elektroda slouží během nabíjení jako anoda a během vybíjení slouží naopak jako katoda. Při vybíjení na ní reaktant oxiduje a předává volné elektrony záporné elektrodě. Kladná elektroda je oproti záporné během vybíjení anodou a během nabíjení slouží jako katoda. Reaktant je během vybíjení redukován a volné elektrony přijímá z kladné elektrody.

Životnost elektrochemických akumulátorů se nejčastěji pohybuje v řádech stovek cyklů nabíjení a vybíjení. Ni-Zn akumulátory mají životnost v rozmezí 100–500 cyklů a NiMH akumulátory v rozmezí 1000–2000. Během těchto cyklů postupně klesá celková kapacita akumulátorů z důvodu chemické koroze elektrod. Životnost ovlivňuje provozní teplota akumulátoru, při které běžně operuje a také způsob vybíjení a nabíjení akumulátoru.

Ve spotřební elektronice se nyní nejčastěji objevují lithium-iontové (zkráceně Li-Ion), kvůli jejich malému objemu a velké hustotě uchovávané energie. V tomto druhu baterií je anoda z uhlíku a katoda z oxidu kovu. Elektrolyt je tvořen lithiovou solí v organickém rozpouštědle. Hustotu energie mají 3krát větší, než baterie staršího typu jako jsou například Ni-MH. Životnost Li-ion baterií se pohybuje od 500 do 1200 cyklů nabíjení. [80] [83] [84] [85]

3.1.2 Superkapacitory

Superkapacitory využívají pro uložení energie statický náboj, na rozdíl od baterie, která využívá elektrochemickou reakci. K nabíjení kapacitoru dochází díky vytvoření rozdílu elektrických potenciálů mezi kladnou a zápornou elektrodou.

Skládají se ze dvou nereaktivních porézních elektrod z uhlíku, které jsou vnořeny do elektrolytického roztoku. Kladná elektroda pohlcuje záporné ionty z elektrolytu a záporná elektroda přitahuje kladné ionty. Aby nedošlo ke zkratu je přítomno i dielektrikum. Uhlíkové porézní elektrody mají velkou plochu a díky tomu je množství skladované elektrické energie značně větší než u běžných baterií. [86] [87]



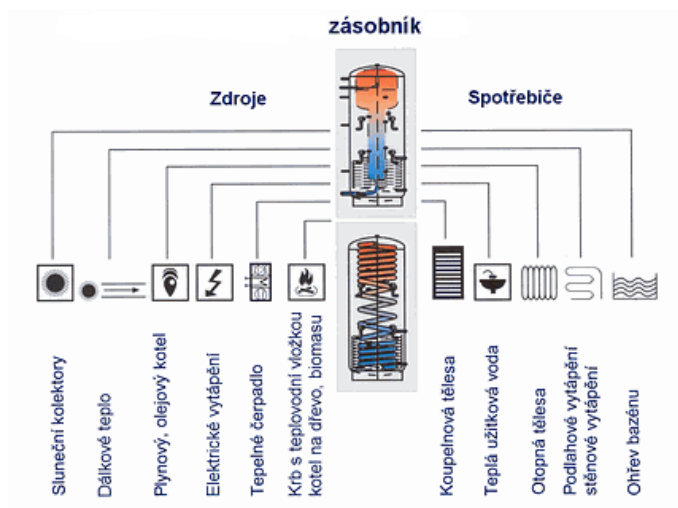
Obrázek 39. Příklady superkapacitorů [87]

Přestože v superkapacitorech neprobíhá žádná chemická reakce, řadí se mezi elektrochemická zařízení. Probíhá v nich pouze jen vratný fyzikální jev, který zaručuje velmi dlouhou životnost. K nabíjení a vybíjení může docházet velmi rychle, protože tato rychlost závisí pouze na pohybu iontů.

Tato zařízení jsou velmi robustní, bezpečná a odolná. V porovnání s tradičními elektrolytickými hliníkovými kondenzátory mají tisíckrát větší kapacitu a hustotu energie. Oproti lithium-iontovým bateriím dosahují mnohem většího výkonu a trvanlivosti. Ve spojení s bateriemi vznikne takzvaný hybridní systém, který je schopen vybavit nárazové špičky pomocí superkapacitoru a díky tomu nedochází k porušování a opotřebení baterie a prodlouží se tak její životnost. [86] [87]

3.2 Akumulace tepelné energie

V České republice a ve státech s obdobným klimatem v Evropě a v USA se spotřebuje zhruba 1/3 nízkopotenciálního tepla k ohřevu užitkové vody a k pokrytí tepelných ztrát budov. Akumulace tepelné energie je vedle snižování tepelné propustnosti budov další cestou, jak snížit energetickou náročnost našich budov. Technologie akumulace energie nám dává možnost využít tepelnou energii z období přebytku v době kdy je této energie méně. Akumulace tepla se dá také využívat k ochlazování budov. [89]



Obrázek 40. Akumulace tepla v tepelném zásobníku [90]

3.2.1 Možnosti akumulace tepla

Akumulace tepla využívá jakýkoli cyklický nebo vratný děj, při kterém se zvyšuje vnitřní energie systému. Akumulace tepla je pak rozdělena do několika kategorií podle využívaného fyzikálně chemického děje:

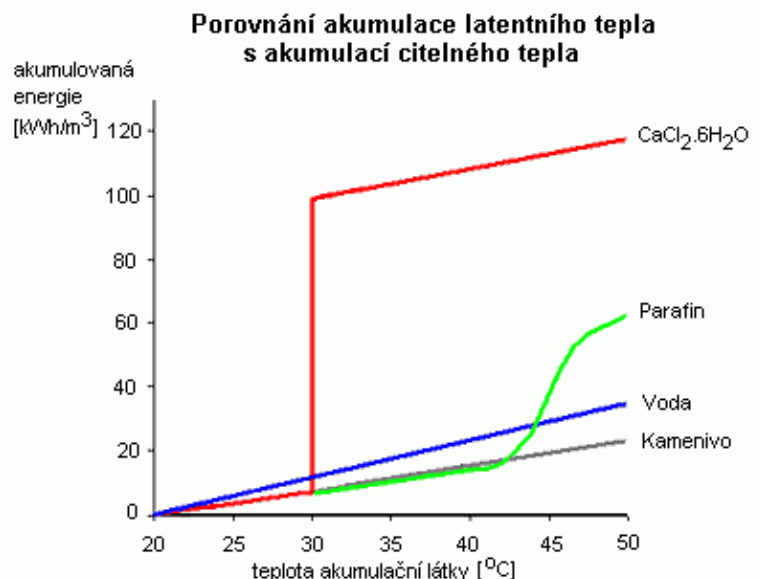
- akumulace latentního tepla,
- akumulace citelného tepla,
- absorpce vodní páry,
- jiné procesy. [89]

3.2.2 Akumulace latentního tepla

V tomto případě se používá entalpie fázové přeměny v pracovní látce. V chemicky čistých látkách existují tři druhy fázových přeměn. Mezi tyto přeměny patří tání a tuhnutí, vypařování a kondenzace a jako poslední je sublimace a resublimace. V praxi se využívá pouze přechod mezi tuhou látkou a kapalinou. Přechod mezi plynem a kapalinou vyžaduje velmi objemné nádrže, které odolají vysokým tlakům.

Oproti akumulaci citelného tepla je výhodou menší objem a konstantní teplota. Správnou volbou pracovní látky je možno určit pracovní teplotu těchto akumulátorů. Nevýhodou těchto akumulátorů je vyšší pořizovací cena pracovní látky, která se v praxi lehce znečistí a tím se samozřejmě i změni teplota fázové přeměny a dojde rozšíření rozsahu teplot.

V akumulátorech se používají jak chemicky čisté látky (síran sodný), tak i směsi (parafín). Tyto látky se vybírají podle teploty tání. Chemicky čisté látky tají při konstantní teplotě, kdežto směsi tají ve větším spektru teplot, jak lze vidět na obrázku. [89] [91]



Obrázek 41. Graf porovnání akumulace latentního tepla [89]

3.2.3 Akumulace citelného tepla

Akumulace citelného tepla využívá měrné teplo látky a její ohřev je nejjednodušší způsob akumulace. Tento způsob akumulace byl použit jako první díky jeho jednoduchosti. Vhodnou pracovní látkou je voda, která má velkou tepelnou kapacitu a je levná.

V praxi se lze setkat s kamenivem nebo jinou tuhou látkou, ty se využívají kvůli jejich většímu teplotnímu rozsahu a nelze je poškodit mrazem. Oproti vodě ovšem mají menší tepelnou kapacitu. [89]

Největšími výhodami tohoto typu akumulace je nízká cena pracovní látky a lehká konstrukce. Jejich největší nevýhodou je pokles využitelného tepla při vybíjení. Lze také využít podloží stavby k akumulaci, a to za předpokladu, že je hladina vody v dostatečné hloubce pod povrchem, jinak může vlivem spodních proudů dojít k odvádění akumulovaného tepla mimo prostor stavby. [89] [91] [92]

3.2.4 Sorpce v hygroskopických látkách

Slovo sorpce je jednotné označení pro absorpci, adsorpci a chemisorpci a pro potřeby této práce nemá smysl ji více rozlišovat. Na relativní vlhkosti okolního vzduchu závisí i rovnovážná vlhkost hygroskopických materiálů. Při růstu vlhkosti okolního vzduchu dochází k sorpci vlhkosti v materiálu, a naopak při poklesu vlhkosti vzduchu následuje desorpce vlhkosti z materiálu. Při těchto jevech voda přechází z plynné fáze do stavu vázaného i při teplotách vyšších, než je teplota rosného bodu vody. V procesu akumulace tohoto typu se využívá bilance tepla při sorpci a desorpci vlhkosti v materiálu. Hlavním rozdílem oproti ostatním druhům akumulace tepla je, že sorpce nezávisí jen na teplotě, ale závisí především na relativní vlhkosti okolního vzduchu. Díky tomu může pracovat za stálé teploty, čehož se využívá hlavně u vybíjení. Při opětovném nabíjení akumulátoru se okolní vzduch ohřívá na vyšší teplotu, čímž se docílí snížení jeho relativní vlhkosti.

Největší výhodou oproti výše zmíněným způsobům je, že teplota materiálu, který slouží jako pracovní látka, může být během skladování libovolná. Tepelné ztráty jsou nulové, když nedojde k vychladnutí náplně. Nevýhodou těchto akumulátorů je větší teplota nabíjení a někdy i velmi nízká teplota při vybíjení. Během skladování se musí dbát na to, aby se k pracovní látce nedostala vlhkost.

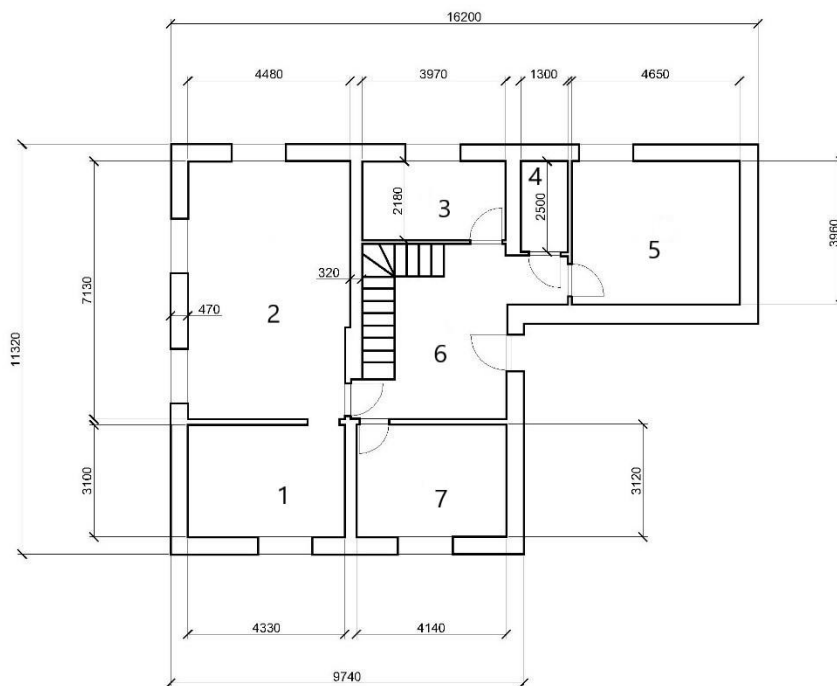
Podle různých zdrojů je hygroskopicky vázaná voda buď v kapalně nebo tuhé fázi. Tím se liší i celkový odhad uvolněné energie při sorpci vlhkosti. Mezi používané látky patří silikagel a také jíl, který se využívá při tvorbě nepálených cihel a je také součástí jílovitých zemin. S výjimkou skla, kovů, hutných plastů a polévané keramiky lze ovšem použít všechny stavební materiály. [89] [91]

4 Popis objektu

Zvolený objekt se nachází v obci Kosov u Jihlavy na Vysočině. Modelový objekt je dvoupodlažní rodinný dům, situovaný v řídké zástavbě, v nechráněné poloze. Budova je částečně podsklepena, podlaha je z betonových panelů s celoplošnou izolací proti vlhkosti, jako tepelná izolace slouží škvárový zásyp. Horní vrstva betonových desek je pokryta PVC nebo keramickou dlažbou. V současné době je objekt obýván nejčastěji dvěma osobami.

Podlahová plocha domu je 100,14 m². Zdi jsou postaveny z pálených cihel o rozměrech 29 x 14 x 6,5 cm, přičemž obvodové zdi jsou omítnuty perlitovou omítkou z vnější strany tloušťkou 3 cm a z vnitřní strany tloušťkou 1,5 cm. Stropy jsou zhotoveny z dřevěných trámů, vnitřní omítky je provedena na rákos a izolační zásyp je zpevněn betonovou vrstvou. Výška stropu je 2,55 m. Druhé patro je nevytápěná půda.

K vytápění domu je používán kotel Viadrus Hercules U 26 o jmenovitém výkonu 15 kW. Tento kotel je určen ke spalování koksu, černého uhlí a dřeva. Výrobce zaručuje účinnost kotle až 80 %. [78]



Obrázek 42. Půdorys 1. patra

4.1 Výpočet tepelných ztrát

Pro určení vhodných variant autonomnosti objektu, je nejprve nutné zjistit tepelné ztráty budovy, které musíme vzít v úvahu pro zajištění dostatečného tepla pro vytápění objektu. Za tepelné ztráty považujeme všechny tepelné toky, které prochází obvodovým zdívem, dveřmi, stropy a okny z teplejších místností do místností s nižší teplotou nebo do venkovního prostředí. Tepelná ztráta objektu se určuje při nejnižší teplotě venkovního prostředí pro danou

oblast. Z toho nám vyplývá, že se tepelná ztráta rovná tepelnému výkonu, který je nutno do objektu dodat, aby bylo dosaženo požadované teploty.

Výpočet tepelných ztrát byl proveden pomocí programu Univenta verze 1.3.0.59. Požadovaný výpočet byl proveden pro každý pokoj s tím, že se zanedbaly tepelné mosty, které ve výsledku nemají podstatný vliv na finální hodnotu. Sečtením jednotlivých tepelných ztrát každého pokoje je docíleno výsledné ztráty prostupem. Následným sečtením celkové tepelné ztráty prostupem a ztráty větráním získáme výslednou tepelnou ztrátu domu.

Samotný výpočet je rozdělen do několika kroků. Výpočet a jednotlivé kroky jsou řízeny normou:

- Stanovení hodnoty výpočtové venkovní teploty a průměrné roční venkovní teploty.
- Stanovení stavu každého prostoru (vytápěného nebo nevytápěného) a hodnot pro výpočtovou vnitřní teplotu každého vytápěného prostoru.
- Stanovení rozměrových a tepelných vlastností všech stavebních částí a pro každý vytápěný a nevytápěný prostor.
- Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát prostupem a násobení návrhovým jeho rozdílem teplot pro zjištění tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru.
- Výpočet návrhových tepelných ztrát větráním a násobení návrhovým rozdílem teplot pro zjištění tepelných ztrát větráním vytápěného prostoru.
- Výpočet celkové tepelné ztráty sečtením návrhových tepelných ztrát prostupem a návrhových tepelných ztrát větráním.
- Výpočet zátopového výkonu vytápěného prostoru (dodatečného výkonu potřebného pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění).
- Výpočet návrhového celkového tepelného výkonu sečtením celkových návrhových tepelných ztrát a zátopového výkonu.

4.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla k zdí z pálených cihel

Následujícím výpočtem jsme schopni určit součinitel prostupu tepla pro všechny druhy zdí, které se v objektu nachází.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (4.1)$$

$$\alpha_i = 8$$

$$\alpha_e = 23$$

$$\begin{matrix} W \\ [m^2 \times K] \\ W \\ [m^2 \times K] \end{matrix}$$

Tabulka 4. Výpočet součinitele k

Číslo zdi	Druh zdi	$\frac{\delta_z}{\lambda_z}$	$\frac{\delta_o}{\lambda_e}$	$\frac{\delta_p}{\lambda_i}$	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$
1	Venkovní	$\frac{0,44}{0,8}$	$\frac{0,035}{0,13}$	$\frac{0,015}{0,11}$	$\frac{1}{0,125 + 0,269 + 0,55 + 0,136 + 0,0434}$	0,89
2	Venkovní	$\frac{0,44}{0,8}$	$\frac{0,02}{0,13}$	$\frac{0,015}{0,11}$	$\frac{1}{0,125 + 0,192 + 0,55 + 0,136 + 0,0434}$	0,96
3	Vnitřní	$\frac{0,29}{0,73}$	-	$2 \times \frac{0,015}{0,11}$	$\frac{1}{0,125 + 0,136 + 0,397 + 0,136 + 0,125}$	1,1
4	Vnitřní	$\frac{0,14}{0,73}$	-	$2 \times \frac{0,015}{0,11}$	$\frac{1}{0,125 + 0,045 + 0,192 + 0,045 + 0,125}$	1,88
5	Vnitřní	$\frac{0,065}{0,73}$	-	$2 \times \frac{0,015}{0,11}$	$\frac{1}{0,125 + 0,136 + 0,89 + 0,182 + 0,125}$	1,2

kde,

δ_z	- tloušťka zdi	[m]
δ_o	- tloušťka venkovní omítky	[m]
δ_p	- tloušťka perlitové vnitřní omítky	[m]
λ_z	- součinitel tepelné vodivosti zdi	$\left[\frac{W}{m \times K} \right]$
λ_e	- součinitel tepelné vodivosti omítky	$\left[\frac{W}{m \times K} \right]$
λ_i	- součinitel tepelné vodivosti perlitové vnitřní omítky	$\left[\frac{W}{m \times K} \right]$

4.1.2 Výpočet tepelných ztrát místností a celková tepelná ztráta

V této kapitole bude proveden výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností. Poté je možno spočítat celkovou tepelnou ztrátu. V následující tabulce je vidět, že celková tepelná ztráta kuchyně, označené jako místnost 1, je 1 074 W.

Tabulka 5. Tepelné ztráty kuchyně

Druh stěny	Tloušťka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Δt [K]	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$	Q_o [W]	Q_v [W]
SO	0,445	4,33	2,80	12,12	35	0,89	0,96	307	0
OZ	-	1,47	1,55	2,26	35	1,20	0,66	95	307
SO	0,445	3,10	2,80	8,68	35	0,89	0,96	270	0
SN	0,065	3,43	2,80	9,60	0	1,09	0,75	0	0
SN	0,29	3,10	2,80	8,68	0	1,01	0,82	0	0
PDL	0,4	3,10	4,30	13,33	17	0,63	1,43	142	0
STR	0,4	3,10	4,30	13,33	26	0,75	1,16	260	0
Celkem								1074	307

V příloze č.1 – Teplé ztráty místností jsou k nahlédnutí tabulky výpočtu pro ostatní místnosti

Součtem tepelných ztrát všech místností jsme schopni zjistit celkovou tepelnou ztrátu domu. Celková tepelná ztráta činí 10,2 kW. Tyto hodnoty jsou patrné z následující tabulky.

Tabulka 6. Celková tepelná ztráta

Označení	Místnost	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Q _p [W]	Q _v [W]	Q _c [W]	Q _r [W]
1	Kuchyň	13,4	37,6	1 311	307	1 618	1 476
2	Obývací pokoj	30,9	86,6	2 219	547	2 766	2 439
3	Koupelna	8,7	24,2	964	224	1 188	1 019
4	WC	2,6	7,3	163	44	206	178
5	Ložnice	20,0	56,0	2 100	354	2 454	2 241
6	Chodba	11,6	32,5	309	176	485	361
7	Pokoj	12,9	36,2	1 226	229	1 455	1 317
Celkem		100,14	280,4	8 292	1 881	10 172	9 031

4.2 Spotřeba elektrické a tepelné energie

V této kapitole se určí stávající spotřeba elektrické a tepelné energie zvoleného objektu. Pro stanovení spotřeby bude použit příkon spotřebičů v domě a spotřeba paliva ze předchozí rok. Tyto hodnoty nám poté určí, jaké výkony budou muset zvolené varianty pokrýt.

4.2.1 Spotřeba elektrické energie

Celkový příkon všech spotřebičů v domě je roven 18,2 kW, jak je možné vidět v následující tabulce.

Tabulka 7. Příkon spotřebičů

Spotřebič	Příkon [W]
Lednice	640
Trouba	2 800
Mikrovlnná trouba	1 500
Varná konvice	2 000
Osvětlení	1 860
Čerpadlo 1	60
Čerpadlo 2	1 020
Bojler	2 200
Myčka	805
Sušička	580
Pračka	2 200
Ostatní elektronika	2 500
Celkem	18 165

Průměrná roční spotřeba od roku 2015 do roku 2019 se pohybuje okolo 6,9 MWh. Z faktur za toto období je patrné, že průměrná roční cena elektrické energie činí 23 166 Kč. Díky tomu je možné určit průměrnou denní spotřebu, která tím pádem je 18,9 kWh. Musíme

Další věc, kterou je dobré mít na paměti je, že nejsou spuštěny všechny spotřebiče zároveň a reálný příkon je nižší než maximální.

Pomocí výpočtu na stránkách TZB-info.cz byla vypočítána celková roční potřeba energie na vytápění domácnosti a ohřev TUV. Roční potřeba tepla se tedy rovná 41,9 MWh/rok, neboli 151 GJ/rok.

64

5 Návrhy variant zásobování objektu energiemi

Pro posouzení efektivnosti a výhodnosti přebudování objektu uvedeného v kapitole 4 této práce na částečný autonomní objekt byly použity tři varianty řešení. Ve všech třech variantách je uvažováno použití fotovoltaických panelů na výrobu elektrické energie. Nespotřebovaná elektrická energie bude ukládána do lithiových akumulátorů pro pozdější spotřebu. K fotovoltaickým panelům bude řešena výroba tepelné energie variantně.

První varianta uvažuje použití fotovoltaických panelů s akumulátorem v kombinaci se stávajícím kotlem VIADRUS.

Druhá varianta počítá s použitím fotovoltaických panelů s akumulátorem v kombinaci s kogenerační jednotkou.

Třetí variantou je použití fotovoltaických panelů s akumulátorem v kombinaci s tepelným čerpadlem.

Jak již bylo zmíněno, ve všech variantách bude uvažováno použití fotovoltaických panelů s akumulátorem. Z tohoto důvodu bude v následující podkapitole provedeno porovnání nabídek a následný výběr ekonomicky nejvýhodnější fotovoltaické elektrárny.

5.1 Fotovoltaické panely

Při návrhu autonomních a částečně autonomních systémů je potřeba vyřešit zásobování objektu elektrickou energií. Pro nalezení vhodného řešení zásobování objektu elektrickou energií dodávanou fotovoltaickými panely, je nutné stanovit jejich výkon. U stanovení výkonu je zároveň nutné brát v potaz měsíční spotřebu domácnosti během roku oproti měsíční výrobě elektřiny fotovoltaickými systémy. V případě, že by se křivky výše uvedené spotřeby a výroby výrazně lišily, nemohla by na tento systém být poskytnuta dotace.

Pro účely této práce, budou osloveni různí dodavatelé fotovoltaických systémů. Předložené nabídky budou zkontrolovány, zda odpovídají zvoleným požadavkům a následně budou hodnoceny dle ekonomické výhodnosti, přičemž jediným hodnotícím kritériem je nabídková cena.

5.1.1 Výkon fotovoltaických panelů

V podnebí České republiky se dá předpokládat fakt, že 1 kWp většinou vyrobí kolem 980 kWh elektrické energie za rok. Pro zjednodušení lze předpokládat výkon 1 000 kWh/kWp/rok.

Tabulka 8. Výkon fotovoltaických panelů

Výkon fotovoltaických panelů	Vyrobená energie za 1 rok	Plocha fotovoltaických panelů
1 kWp	980 kWh	6,1 m ²
2 kWp	1 960 kWh	12,2 m ²
3 kWp	2 940 kWh	18,3 m ²
4 kWp	3 920 kWh	24,4 m ²
5 kWp	4 900 kWh	30,5 m ²

Fotovoltaické panely se běžně prodávají ve výkonech od 270 do 400 Wp. Jednotlivé panely mohou být umístěny horizontálně i vertikálně, na jejich pozici nezáleží. Záleží ovšem na jejich orientaci k světovým stranám. Nejvýhodnější orientace panelů je směrem na jih. Když to konstrukce neumožňuje je možné umístit panely na jihovýchod nebo na jihozápad. Tím se ale také sníží jejich účinnost. Při umístění na východ nebo na západ lze očekávat snížení až o 20 %.

Vybraný dům má bohužel střechy orientované právě na východ a na západ. Jediná střecha orientovaná na jih, je zároveň i nejmenší a využitelná plocha je minimální. Z toho důvodu bude lepší umístit panely na střechu přilehlé stodoly, která má také střechu situovanou na východ a západ, ale zároveň je velmi rozlehlá a během dne není ani z jedné strany zastíněna. [93] [94] [95]



Obrázek 43. Letecký pohled na vybraný dům (vlevo stodola, vpravo rodinný dům)

5.1.2 Výběr nejvýhodnějšího řešení fotovoltaických panelů

Pro výběr nejvýhodnější fotovoltaické elektrárny bylo osloveno celkem 6 potenciálních dodavatelů, z nichž 3 odpověděli a zaslali nabídku na dodávku a instalaci fotovoltaické elektrárny na vybraný objekt.

Tabulka č. 7 vyobrazuje porovnání fotovoltaických elektráren nabídnutých od společností ČEZ Prodej, a.s.; NOBILITY s.r.o. a S-Power Brno, s.r.o. Nabídky byly koncipovány tak, aby výkon fotovoltaických elektráren byl obdobný, a to v rozmezí od 5,6 – 5,8 kWp. Výkon v tomto rozmezí je zvolen jako dostačující pro vzorový objekt a všechny tři uvažované varianty.

Všechny tři cenové nabídky také počítají s dotací Nová zelená úsporám od Státního fondu životního prostředí České republiky. Dotace pro všechny tři nabídky byla stanovena ve výši 150 000 Kč – Fotovoltaický systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 4\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$ + 5 000 Kč na přípravu projektu a energetického posudku.

Tabulka 9. Nabídky FVE

Dodavatel FVE	Výkon [kWp]	Počet panelů	Akumulace [kWh]	Cena včetně DPH [Kč]	Dotace [Kč]	Cena včetně DPH po odečtení dotace [Kč]
S-power	5,70	15	9,5	374 250	155 000	219 250
ČEZ	5,76	16	7,2	404 900	155 000	249 900
NOBILITY	5,61	17	7,2	430 000	155 000	275 000

Součástí cenových nabídek uvedených společnostmi je příprava projektu a zajištění projektové dokumentace, energetický posudek, žádost a zajištění dotace z programu NZÚ, žádost na distribuci o připojení a první paralelní připojení, obhlídka místa instalace, FVE včetně upevňovací konstrukce, doprava a montáž FVE, akumulace do baterie, přepěťová ochrana, řízení spotřeby, vzdálený monitoring a úprava elektroměrného rozvaděče dle požadavků distributora elektrické energie.

Jako první nabídku zaslala společnost S-power Brno, která obsahuje 15 panelů o celkovém výkonu 5,7 kWp a lithiový akumulátor s kapacitou 9,5 kWh. Cena této varianty je 374 250 Kč, po odečtení dotace se výsledná cena dostane na hodnotu 219 250 Kč. Tato nabídka obsahuje nejméně panelů o celkovém výkonu, který je se svou hodnotnou 5,7 kWp druhý nejvyšší a s akumulátorem s největší kapacitou.

Společnost ČEZ Prodej, a.s. nabídla fotovoltaickou elektrárnu o 16 panelech s výkonem 5,76 kWp. Součástí dodávky je také lithiový akumulátor s kapacitou akumulace 7,5 kWh. Nabídková cena byla stanovena na 404 900 Kč, po odečtení dotace 155 000 Kč je cena fotovoltaické elektrárny 249 900 Kč.

NOBILITY s.r.o. předložila nabídku na fotovoltaickou elektrárnu se 17 panely o celkovém výkonu 5,61 kWp a s možností akumulace do lithiových baterií o kapacitě 7,2 kWh. Společnost NOBILITY ocenila svoji nabídku částkou 430 000 Kč, po odečtení dotace činí cena fotovoltaické elektrárny 275 000 Kč a je tedy nejdražší variantou s největším počtem panelů.

Tabulka 10. Porovnání ceny za 1 Wp

Dodavatel FVE	Cena po odečtení dotace [Kč]	Výkon [kWp]	Cena za 1 Wp [Kč]
S-power	219 250,00	5,70	38,46
ČEZ	249 900,00	5,76	43,39
NOBILITY	275 000,00	5,61	49,02

Jediným hodnotícím kritériem pro výběr nejvýhodnější nabídky je cena za 1 Wp. Bylo provedeno seřazení nabídek dle hodnotícího kritéria, ze kterého je patrné, že nabídka společnosti S-power je v tomto případě ekonomicky nejvýhodnější. Na základě tohoto hodnocení bude pro účely této práce vybrána nabídka společnosti S-power s konečnou nabídkovou cenou 219 250 Kč.

5.2 Varianta 1 – fotovoltaická elektrárna včetně ukládání energie do baterií a kotel na tuhá paliva

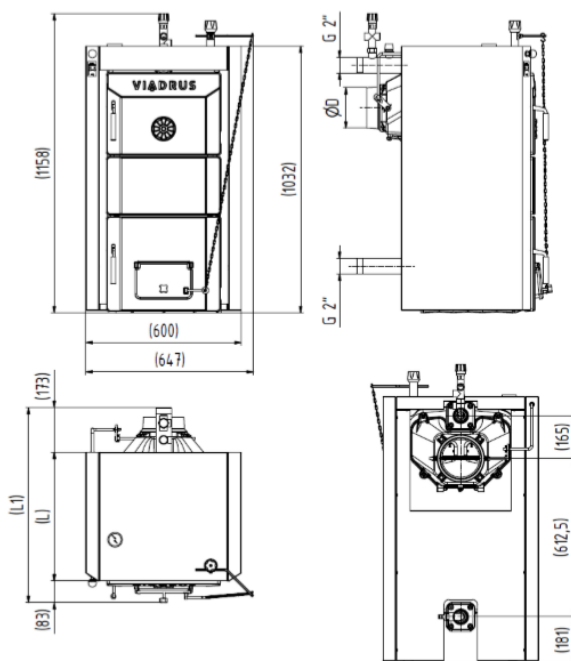
Varianta 1 bude počítat s využitím solárních panelů pro výrobu elektrické energie, nespotřebovaná elektrická energie bude následně ukládána do baterií. Solární panely budou pokrývat většinu spotřebované roční elektrické energie, která činí v průměru 6,9 MWh. Během letního období zajistí ohřev TUV rovněž elektrická energie. Vytápění objektu a ohřev TUV v otopném období bude prováděno za pomoci stávajícího kotle na tuhá paliva.

5.2.1 Současně používaný kotel

Jak již bylo zmíněno, ve vybraném objektu je nainstalovaný funkční kotel na tuhá paliva značky a typu Viadrus U26. Jedná se o litinový tříčlánkový kotel zhotovený pro spalování černého uhlí, koksu a dřeva. Jmenovitý výkon kotle při použití koksu je 15 kW, při použití černého uhlí 11 kW a při spalování dřeva 8 kW. Výrobce udává účinnost kotle je při spalování koksu 80 % a při spalování černého uhlí a dřeva 75 %.

Kapacita vody v kotli je až 27,6 litrů, které mohou být ohřáty maximálně na teplotu 85 °C. Vratná voda se poté musí vracet do kotle s minimální teplotou 60 °C.

Na obrázku níže je možné vidět výkres použitého kotle, přičemž rozměr $L = 387$ mm, $L1 = 643$ mm a průměr $D = 156$ mm.



Obrázek 44. Schéma použitého kotle Viadrus

Od 1. 1. 2017 kotel splňuje emisní třídu 1 s tím, že kdyby byla provedena přestavba, stal by se automatickým kotlem splňujícím emisní třídu 3 a 4. Tříčlánková konstrukce kotle je vhodná pro vytápění rodinných domů. Kotel je možno napojit na nucený nebo přirozený oběh vody. V modelovém objektu je v současné chvíli kotel napojen na nucený oběh vody. [78]

Kotlové těleso je tvořeno ze tří článků, které jsou vyrobeny ze šedé litiny. Samotné těleso je vytvořeno pomocí nalisovaných článků a kotlových vsuvek. Jednotlivé články poté vytvářejí spalovací prostor, prostor pro popelník, vodní prostor a část kotle sloužící ke konvekci. Voda se do kotle přivádí zadní částí a stejně tak je situován i odvod vody. V horní části na zadní straně kotle najdeme kouřový nástavec a přírubu na připojení topné vody. V dolní části kotle je umístěna příruba k připojení vratné vody do kotle. V přední části kotle jsou situována jak příkladací dvířka, tak i dvířka popelníková.

K izolaci je použita minerální izolace, která obklopuje celé kotlové těleso a snižuje tak tepelné ztráty sdílením do okolí. Plášť kotle je vytvořen z ocele, která je barevně upravena komaxitovým nástřikem. [78]

5.2.2 Položkový rozpočet a výdaje na provoz varianty 1

Náklady na pořízení a provozování varianty 1 se sestávají z pořizovací ceny fotovoltaické elektrárny po odečtení dotace, v této ceně je započtena také dodávka, montáž, instalace a zprovoznění. Na výrobu tepla by byl použit stávající kotel Viadrus, pořizovací cena je v tomto případě tedy 0 Kč.

Tabulka 11. Investiční náklady 1. varianty

Investiční náklady varianty 1	
Položka	Konečná cena včetně DPH [Kč]
FVE	219 250
Kotel	0
Investiční náklady celkem	219 250

Musíme ale počítat s ročními výdaji na vytápění, které jsou v hodnotě 27 800 Kč. Podmínky pro provoz komínů a kouřovodů, lhůty kontrol, revizí a čištění upravuje vyhláška č. 34/2016 Sb. Tato vyhláška stanovuje, že v případě zvoleného kotle musí být 2x do roka provedeno čištění komína a 1x do roka revize. Čištění spalinových cest může provádět osoba, která má živnostenský list v oboru kominictví. Čištění spalinových cest sloužící pro odtažení spalin od spotřebičů na pevná paliva o jmenovitém výkonu spotřebiče do 50 kW včetně může provádět též majitel, ale je nutné, aby si vedl provozní deník s jednotlivými termíny čištění. V příloze je k nahlédnutí výňatek této vyhlášky. V případě varianty 1 budeme tedy počítat s nákladem na revizi 1x ročně ve výši 800 Kč. Tato částka byla stanovena dle faktur z předchozích let. Revize a údržba fotovoltaické elektrárny je vyčíslena na 2 000 Kč ročně. [96]

Tabulka 12. Provozní výdaje 1. varianty

Provozní výdaje varianty 1 na rok	
Položka	Konečná cena včetně DPH [Kč]
Výdaje na vytápění	27 800
Kontrola	800
Čištění kotle	0
Revize, údržba FVE	2 000
Provozní výdaje celkem	30 600

Investiční náklady na pořízení varianty 1 jsou ve výši 219 250 Kč. Roční provozní výdaje na provoz této varianty jsou 30 600 Kč.

5.3 Varianta 2 – fotovoltaická elektrárna včetně ukládání energie do baterií a tepelné čerpadlo

V druhé variantě bude zajištěno teplo na vytápění domu a přípravu teplé užitkové vody tepelným čerpadlem. V současné době je příprava teplé užitkové vody zajišťována elektrickým boilerem a teplo pro vytápění objektu je zajištěno výše zmíněným kotlem na tuhá paliva.

Pro výběr tepelného čerpadla musíme znát tepelnou ztrátu domu. Díky těmto hodnotám lze zvolit typ a výkonost tepelného čerpadla. Ideální je zvolit výkon čerpadla tak, aby podpurný výtopný systém, pomáhal s vytopením objektu při teplotách nižších než -8 až -10 °C. Většinou to znamená, že by sekundární zdroj neměl pomáhat k vytápění půlku zimního období. Při výběru čerpadla o nižším výkonu, je možné sice ušetřit ale za cenu zkrácení životnosti čerpadla. V takovém případě musí čerpadlo fungovat na maximální výkon většinu času. Čerpadlo o nižším výkonu také spotřebuje více elektrické energie než čerpadlo, které by mělo výkon ideální.

Příliš výkonná čerpadla také nejsou ideální. Zvládají sice fungovat samostatně celou zimu, ale jejich pořizovací cena je natolik vysoká, že se návratnost nemusí vůbec vyplatit. Je tedy nutné výkon určit správně. Lze se řídit jednoduchou pomůckou, která praví, že výkon čerpadla by měl být přibližně o 30 až 40 % větší, než je výsledná tepelná ztráta objektu.

Hlavním programem pro získání dotací na TČ jsou Kotlíkové dotace fungující od roku 2016. Ty jsou určeny pro výměnu starých a nevyhovujících kotlů na tuhá paliva. V rámci kotlíkových dotací je možné získat až 127 500 Kč. Od roku 2016 je možné žádat i o dotace na tepelná čerpadla v rámci programu Nová zelená úsporám za výměnu kotle na tuhá paliva nebo elektrického zdroje vytápění za čerpadlo. V takovém případě výše dotace dosahuje u tepelných čerpadel vzduch/voda až 85 000 Kč a u systémů země/voda pak 100 000 Kč. Zájemce o dotace získá dalších 5 000 Kč na zpracování odborného posudku. [13] [14] [97]

Pro získání dotace je nutné splnit podmínku maximální měrné spotřeby tepla na vytápění do 150 kWh/m² za rok.

Na rozdíl od solárních systémů, fotovoltaiky a kotlů na pelety, které se většinou bez přidělených dotací nevyplácí, se dnešní tepelná čerpadla ve výsledku vyplácí i bez dotací.

V našem případě, kdy všechny nabídky od dodavatelů počítají s instalací systému vzduch/voda, bude výše dotace 60 000 Kč dle níže uvedené tabulky. [13] [14] [97]

Tabulka 13. Výše dotací TČ

Typ zdroje	Výše podpory při zateplení domu [Kč]	Výše podpory bez zateplení domu [Kč]
TČ voda/voda	100 000	80 000
TČ země/voda	100 000	80 000
TČ vzduch/voda	75 000	60 000

5.3.1 Výběr nejvýhodnějšího řešení varianty 2

Výběr tepelného čerpadla proběhl oslovením 5 dodavatelů, z nichž odpověď na nabídku zaslali 3 následující dodavatelé. První společnost AC Heating nabídla tepelné čerpadlo o výkonu 16,1 kW se zásobníkem na teplou vodu o objemu 250 l. Cena této nabídky je 282 953 Kč, po odečtení dotací je výsledná cena této varianty 222 953 Kč. Druhá nabídka přišla od společnosti NIBE. Ta nabízí tepelné čerpadlo o výkonu 12 kW a objem zásobníku 180 l. Cena před odečtením dotací činí 269 330 Kč a po odečtení dotací je konečná cena této nabídky 226 330 Kč. Třetí a zároveň poslední nabídka přišla od společnosti Vaillant. Jejich nabídka obsahuje tepelné čerpadlo s výkonem 12,5 kW a zásobník o objemu 190 l. Cena tohoto řešení je 317 248 Kč. Odečtením dotačních 60 000 Kč se finální cena nabídky dostane na hodnotu 257 248 Kč. [97]

Tabulka 14. Nabídky TČ

Dodavatel tepelných čerpadel	Výkon [kW]	Zásobník [l]	Konečná cena [Kč]
AC Heating	16,1	250	222 953
NIBE	12,0	180	209 330
Vaillant	12,5	190	257 248

Pro porovnání tepelných čerpadel je důležité znát i jejich topný faktor COP a jejich sezónní topný faktor SCOP. Jelikož všechna čerpadla mají dostatečný výkon, byla k porovnání jednotlivých nabídek důležitá cena a také číslo SCOP.

Tabulka 15. Porovnání SCOP nabídek TČ

Dodavatel tepelných čerpadel	Konečná cena [Kč]	Výkon [kW]	COP při teplotě vody 35 °C	SCOP při teplotě vody 35 °C
AC Heating	222 953,00	16,1	3,49	4,62
NIBE	209 330,00	12,0	3,89	4,80
Vaillant	257 248,00	12,5	3,70	4,55

Na základě těchto parametrů, bylo vybráno tepelné čerpadlo od společnosti NIBE. Jak je patrné z výše uvedené tabulky, tato společnost nabídla tepelné čerpadlo o nejnižší ceně 209 330 Kč a zároveň s největším číslem SCOP 4,8.

5.3.2 Položkový rozpočet a výdaje na provoz varianty 2

Investiční náklady varianty 2 se sestávají z pořízení tepelného čerpadla a zakoupení fotovoltaické elektrárny. Cena jednotlivých řešení zahrnuje dopravu zařízení, instalaci, zprovoznění a odečtení získaných dotací.

Tabulka 16. Investiční náklady 2. varianty

Investiční náklady varianty 2	
Položka	Konečná cena včetně DPH [Kč]
TČ po odečtení dotace	209 330
FVE po odečtení dotace	219 250
Investiční náklady celkem	428 580

Abychom mohli stanovit výdaje na provoz tepelného čerpadla, musíme znát jeho příkon v kW, dále cenu za 1 kWh, kolik hodin ročně bude tepelné čerpadlo v provozu a celkovou roční potřebu tepla.

Na provoz tepelného čerpadla uvažujeme spotřebu elektrické energie z distribuční sítě, nikoliv z fotovoltaických panelů. To především z důvodu velké energetické náročnosti tepelného čerpadla v zimních měsících, kdy fotovoltaické panely nemusí být schopny pokrýt spotřebu elektrické energie celého domu a tepelného čerpadla.

Příkon vybraného tepelného čerpadla je 2,8 kW a bude v provozu 340 dní v roce, což je 93,15 % času za rok. Cenu za 1 kWh stanovíme dle sazby D 57d od již současného dodavatele elektrické energie společnosti E.ON. V základním ceníku je sazba D 57d určena pro vytápění topným elektrickým spotřebičem a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin. [99]

Tabulka 17. Cena elektřiny v sazbě D 57d

Sazba D 57d	Cena 1 kWh [Kč]	Počet hodin denně
Nízký tarif	3,22369	20
Vysoký tarif	3,98096	4
Vážený průměr	3,34990	24

Výdaje na provoz tepelného čerpadla během roku se skládají ze spotřebované elektrické energie tepelným čerpadlem během roku a z nákladů na revizi a servis tepelného čerpadla. Ke zjištění spotřebované elektrické energie tepelným čerpadlem je zapotřebí vědět počet hodin provozu TČ během roku, sazbu za 1 kWh dodanou do TČ, roční potřebu tepla a sezónní topný faktor SCOP vybraného tepelného čerpadla.

$$C_{spe} = 3,34990 \times \frac{Q_{cc}}{SCOP} \times 0,9315 + 3,34990 \times Q_{cc} \times 0,0685 \quad (5.1)$$

$$C_{spe} = 3,34990 \times \frac{41\,900}{4,8} \times 0,9315 + 3,3499 \times 41\,900 \times 0,0685 \quad (5.2)$$

$$C_{spe} = 36\,853,49 \text{ [Kč]}$$

kde,

C_{spe}	- celková spotřebovaná elektrická energie	[Kč]
Q_{cc}	- potřeba tepla během roku	[kWh/rok]

Výdaje na revizi tepelného čerpadla se pohybují okolo 1 000 Kč ročně. Tato částka se také odvíjí od kilometrového, které si účtuje servisní firma. Stejně jako v první variantě i zde je započtena údržba a revize fotovoltaického systému rovna 2 000 Kč ročně.

Tabulka 18. Provozní výdaje 2. varianty

Provozní výdaje varianty 2 na rok	
Položka	Konečná cena včetně DPH [Kč]
El. energie pro TČ v Kč/rok	36 853,49
Revize TČ v Kč/rok	1 000,00
Revize, údržba FVE	2 000,00
Provozní výdaje celkem	39 853,49

Investiční náklady na pořízení varianty 2 jsou ve výši **428 580 Kč**. Roční výdaje na provoz této varianty jsou 39 853,49 Kč.

5.4 Varianta 3 – fotovoltaická elektrárna včetně ukládání energie do baterií a kogenerační jednotka

Poslední navrhovaná varianta počítá s využitím fotovoltaické elektrárny a kogenerační jednotky. Součástí pořízení kogenerační jednotky je akumulční nádrž o objemu 1 000 litrů, která majitelům objektu slouží k akumulaci nevyužitého tepla. Zvolená kogenerační jednotka bude poháněna spalováním zemního plynu. U rodinných domů není možnost využití dotační podpory, ta se vztahuje pouze na bytové domy.

5.4.1 Výběr nejvýhodnějšího řešení varianty 3

Pro zhotovení návrhu varianty 3 bylo osloveno 5 dodavatelů, z nichž se ozvali jen tři společnosti. Nabídka byla poslána jen ze dvou společností s komentářem, že použití kogenerační jednotky pro jeden rodinný dům nemusí být finančně výhodné. Třetí společnost napsala, že v jejich sortimentu není žádná kogenerační jednotka vhodná pro použití v rodinném domě. Nabídka od společnosti Tedom obsahuje kogenerační jednotku o elektrické výkonu 6,5 kW, tepelném výkonu 16kW a účinnosti 93,3 %. Cena této varianty je 1 100 000 Kč. Druhá nabídka je od společnosti Viessmann. Tato kogenerační jednotka je pro potřeby této diplomové

práce vhodnější, protože její elektrický výkon je 1 kW, tepelný výkon 6 kW a účinnost 96 %. Cena druhé nabídky je 358 600 Kč.

Tabulka 19. Nabídky kogeneračních jednotek

Dodavatel KGJ	El. výkon [kWh]	Tep. výkon [kWh]	Účinnost [%]	Konečná cena včetně DPH [Kč]
TEDOM	6,5	16	93,3	1 100 000
Viessmann	1	6	96	358 600

Na základě pořizovací ceny a celkové výkonu, který se více blíží potřebám vzorového rodinného domu, byla pro variantu 3 vybrána nabídka od společnosti Viessmann s cenou 358 600 Kč.

5.4.2 Položkový rozpočet a výdaje na provoz varianty 3

Investiční náklady 3. varianty obsahují pořízení kogenerační jednotky od společnosti Viessmann a koupi fotovoltaické elektrárny. Obě položky v ceně již zahrnují dopravu, instalaci a zprovoznění. Provozní výdaje této varianty na 1 rok tvoří palivo pro kogenerační jednotku v podobě zemního plynu, revizi komínu a kogenerační jednotky a servisní výdaje.

Tabulka 20. Investiční náklady 3. varianty

Investiční náklady varianty 3	
Položka	Konečná cena včetně DPH [Kč]
KGJ	358 600
FVE po odečtení dotace	219 250
Investiční náklady celkem	577 850

Pro stanovení provozních výdajů je nutné znát spotřebu zemního plynu kogenerační jednotky během roku. Cenu revize komínu, cenu revize a výdaje na servis kogenerační jednotky.

Množství vyrobené energie lze získat pomocí tepelného výkonu a počtu provozních hodin.

$$Q_{\text{vyr}} = P_T \times t = 6 \times 8\,160 = 48\,960 \text{ kWh} = 176,26 \text{ GJ} \quad (5.3)$$

kde,

Q_{vyr}	- množství vyrobené tepelné energie	[kWh]
P_T	- tepelný výkon	[kW]
t	- počet hodin provozu za 1 rok	[h]

Výdaje za množství spáleného zemního plynu provozem kogenerační jednotky získáme z množství vyrobené energie, účinnosti kogenerační jednotky a ze spalného tepla zemního plynu. To uvažujeme o hodnotě 10,5 kWh/m³. Nákupní cena zemního plynu byla stanovena dodavatelem energií na 0,997 Kč/kWh.

$$V_{kk} = \frac{Q_{vyr}}{\eta_{pk} \times H_{s,zp}} = \frac{48\,960}{0,96 \times 10,5} = 4\,857,14 \, m^3$$

$$= 50\,981,43 \, kWh$$
(5.4)

$$C_{p,kk} = V_{kk} \times C_{zp} = 50\,981,43 \times 0,997 = 50\,828,49 \, Kč$$
(5.5)

kde,

V_{kk}	- množství spotřebovaného zemního plynu	[kWh]
Q_{vyr}	- množství vyrobené tepelné energie	[kWh]
η_{pk}	- účinnost kogenerační jednotky	[%]
$H_{s,zp}$	- spalné teplo zemního plynu	[kWh/m ³]
$C_{p,kk}$	- cena spotřebovaného zemního plynu	[Kč]
C_{zp}	- cena zemního plynu	[Kč/kWh]

Servisní náklady na provoz kogenerační jednotky podle výrobce činí 250 Kč na 1 MWh vyrobené elektrické energie. V našem případě se množství vyrobené elektrické energie rovná 8,16 MWh, protože jednotka poběží 8 160 hodin ročně při výkonu 1kWh. Celkové servisní náklady se poté spočítají dle následující rovnice.

$$C_{NP} = C_{sv} \times E_{vyr} = 250 \times 8,16 = 2\,040 \, Kč$$
(5.6)

kde,

C_{NP}	- provozní náklady kogenerační jednotky	[Kč]
C_{sv}	- servisní náklady na 1 MWh	[Kč/MWh]
E_{vyr}	- celková vyrobená elektrická energie	[MWh]

Dalšími provozními náklady jsou servisní náklady kogenerační jednotky, které se pohybují okolo 1 500 Kč ročně a samozřejmě také revize komína. Ta je vyčíslena na 800 Kč ročně. Ročně se také utratí 2 000 Kč za revizi a údržbu fotovoltaického systému.

Tabulka 21. Provozní výdaje 3. varianty

Provozní výdaje varianty 3 na rok	
Položka	Konečná cena včetně DPH [Kč]
ZP pro KGJ v Kč/rok	50 826,06
Revize komínu v Kč/rok	800
Revize KGJ v Kč/rok	1 500
Servisní výdaje Kč/rok	2 040
Revize, údržba FVE	2 000
Provozní výdaje celkem	57 166,06

Investiční náklady varianty 3 se tedy vyšplhají na částku 577 850 Kč a provozní výdaje na 1 rok činí 57 166,06 Kč.

6 Hodnocení efektivnosti investic

Investice představují odloženou spotřebu za účelem získání budoucích užiteků. Člověk investuje svůj nynější důchod neboli současné užítky, či úspory za příslib užiteků budoucích, a to s cílem dosažení zisku. Při investování se přihlíží i k riziku spojeného s investováním a k době, za jakou se očekává získání budoucích výnosů. Při hodnocení investic se zaměřujeme na jejich výnosnost neboli rentabilitu, rizikovost a dobu splácení tzv. stupeň likvidity investice. Za efektivní pak můžeme označit tu investici, která nám nepřináší riziko, má vysokou výnosnost a co nejdříve se zaplatí. [100]

6.1 Stanovení budoucích příjmů

Budoucí příjmy plynou z investičního projektu v době jeho předpokládané životnosti. Odhad budoucích příjmů je obtížný, jelikož na ně působí velká řada vlivů. Mezi tyto vlivy patří inflace, faktor času, měnící se podmínky trhu atd. Peněžní příjmy z investic nejsou účetní zisk, ale cash flow, tj. skutečný peněžní tok neboli čistý příjem. Cash flow u dané investice v našem případě zjistíme nepřímou metodou, kdy provozní zisk upravíme o výdaje. [100]

Objekt, který je předmětem této práce, je v současné chvíli zásobován elektřinou od společnosti E.ON Energie, a.s. Průměrná roční spotřeba domu je 6,9 MWh a průměrné platby za elektřinu jsou ve výši 23 166 Kč. Tato částka bude tedy považována za budoucí příjem pro všechny tři varianty.

Pro varianty 2 a 3 budou mezi budoucí příjem ještě zahrnuty výdaje na provoz kotle VIADRUS a to ve výši 28 600 Kč.

6.2 Stanovení cash flow

V článku 5 byly u každé varianty stanoveny investiční náklady na pořízení jednotlivých variant a také výdaje na jejich provoz. Tyto očekávané budoucí výdaje odečteme od již stanovených budoucích příjmů a získáme skutečný peněžní tok neboli čistý příjem – cash flow. Peněžní tok je považován za obecný efekt investic, rozumějme tím tedy, že investice je efektivní pouze tedy, pokud jsou příjmy z investice vyšší než náklady (výdaje) na ni vynaložené. [100]

Tabulka 22. Stanovení cash flow

Varianta	Příjmy [Kč]	Výdaje [Kč]	Cash flow [Kč]
1	23 166	30 600,00	-7 434,00
2	51 766	39 853,49	11 912,51
3	51 766	57 166,06	-5 400,06

Z uvedené tabulky vyplývá, že u variant 1 a 3 výdaje související s jejím provozem jsou vyšší než příjmy a cash flow je tedy záporné.

6.3 Výnosnost investice

Investice je výnosnou v případě, kdy přináší zisk a je tak rentabilní. Výnosnost investice počítáme dle vzorce, ve kterém zjistíme podíl čistého ročního zisku plynoucího z investice a nákladů na investici. V této metodě počítáme s průměrným ročním ziskem, a proto lze srovnávat varianty nebo investice s různou dobou životnosti. Výsledek porovnáváme s požadovanou mírou zúročení. V případě, že je výnosnost investice vyšší, než míra zúročení je investice výhodná. Pokud je výnosnost investice nižší považujeme investici za nevýhodnou.

$$ROI = \frac{Z_r}{IN}$$

kde,

ROI	- výnosnost investice	[%]
Z_r	- průměrný čistý roční zisk plynoucí z investice	[Kč]
IN	- náklady na investici	[Kč]

$$ROI_1 = \frac{-7\,434}{219\,250} = -3,39065 \text{ [%]}$$

$$ROI_2 = \frac{11\,912,51}{428\,580} = 2,77953 \text{ [%]}$$

$$ROI_3 = \frac{-5\,400,06}{57\,7850} = -0,93451 \text{ [%]}$$

[100]

Z výsledků je patrné, že pouze varianta 2 je výnosná. U varianty 1 a 3 je hodnota záporná a z toho plyne, že v případě realizace těchto investic by nebylo dosaženo zisku ale ztráty. Varianta 2 nám dle výsledku přinese v průměru ročně 2,78 % čistého zisku.

6.4 Doba návratnosti

Metodou výpočtu doby návratnosti neboli doby splácení se zjišťuje období, za které tok příjmů (cash flow) přinese finanční částku, která se bude rovnat původním nákladům na investici. U všech variant je cash flow stejný v každém roce životnosti, a tak zjistíme dobu návratnosti podílem nákladů na investici a ročního cash flow. [100]

$$DN = \frac{IN}{\text{roční CF}} \quad [\text{rok}]$$

kde,

DN	- doba návratnosti	[rok]
IN	- náklady na investici	[Kč]
CF	- cash flow	[Kč/rok]

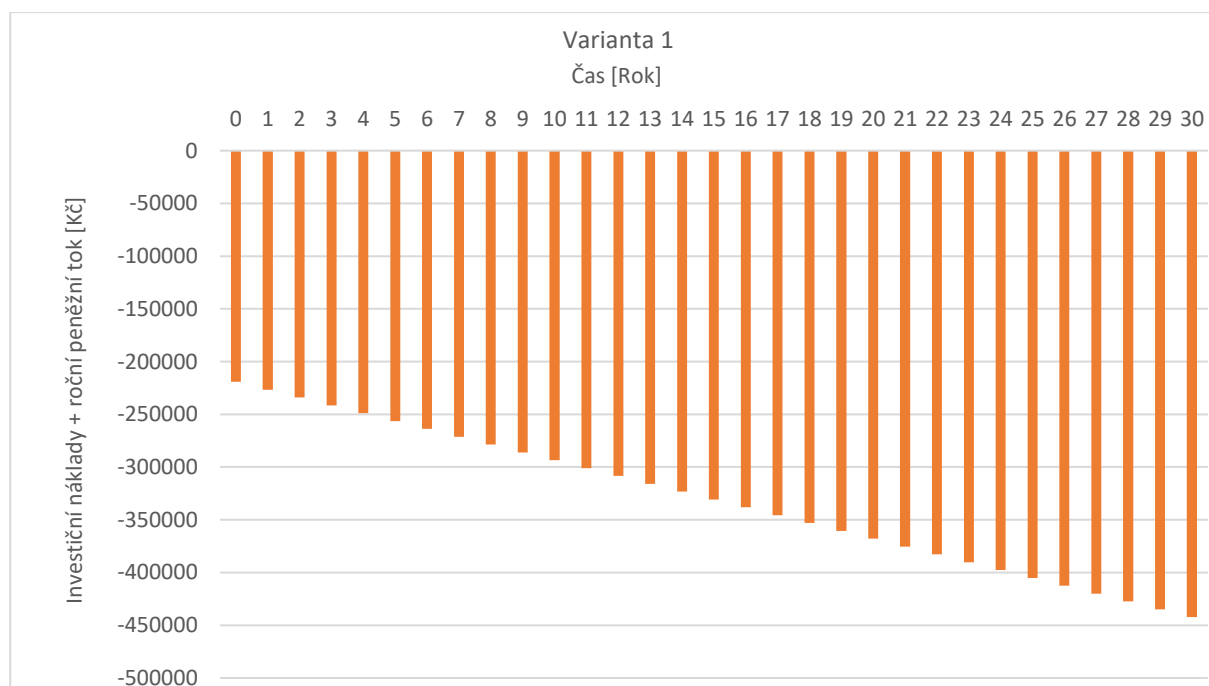
$$DN_1 = \frac{21\,9250}{-7\,434} = -29,5 \quad [\text{rok}]$$

$$DN_2 = \frac{428\,580}{11\,912,51} = 35,98 \quad [\text{rok}]$$

$$DN_3 = \frac{57\,7850}{-5\,400,06} = -107 \quad [\text{rok}]$$

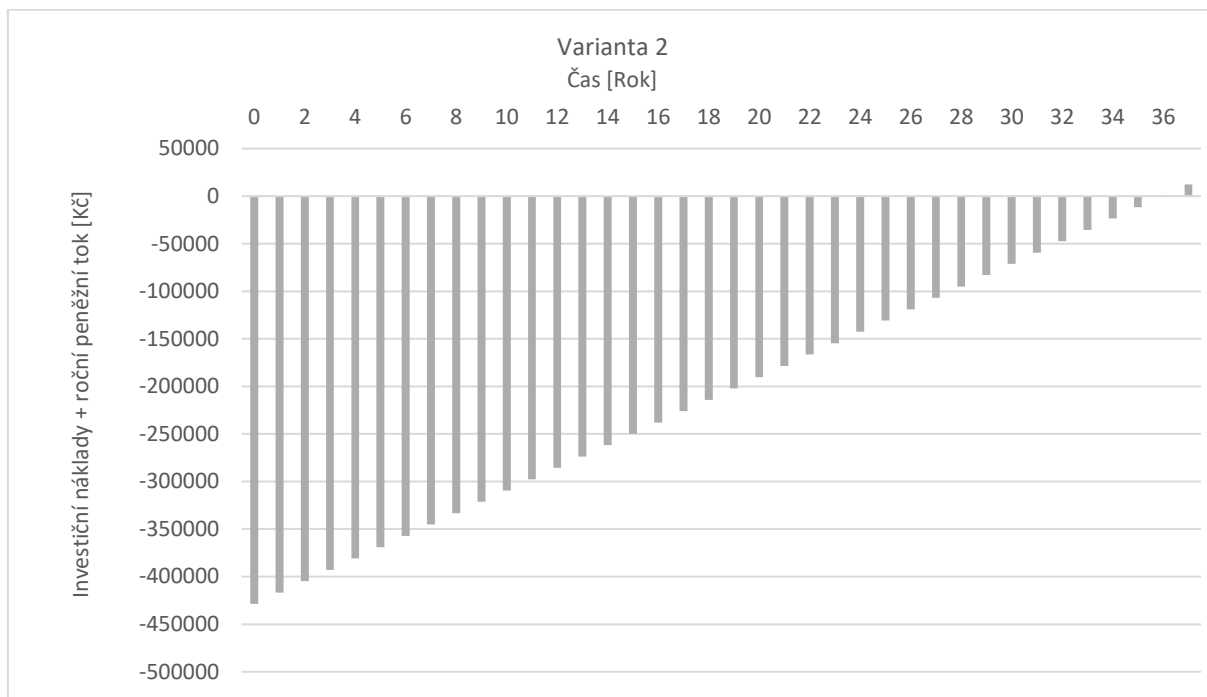
Z výsledků opět vidíme, že pouze u varianty 2 bylo dosaženo kladného výsledku. Investice do FVE v kombinaci s tepelným čerpadlem by byla navrácena za 35,98 let. U této metody je nutné brát v potaz životnost investice, protože doba návratnosti nesmí být delší než životnost.

V následujících grafech jsou znázorněny investiční náklady na pořízení investice včetně ročních výdajů na provoz. V roce 0 je vždy uvedena pořizovací hodnota investice. Grafy ukazují návratnost investic u jednotlivých variant a je z nich jasné zřejmé, že varianta 1 a 3 má zápornou dobu návratnosti.



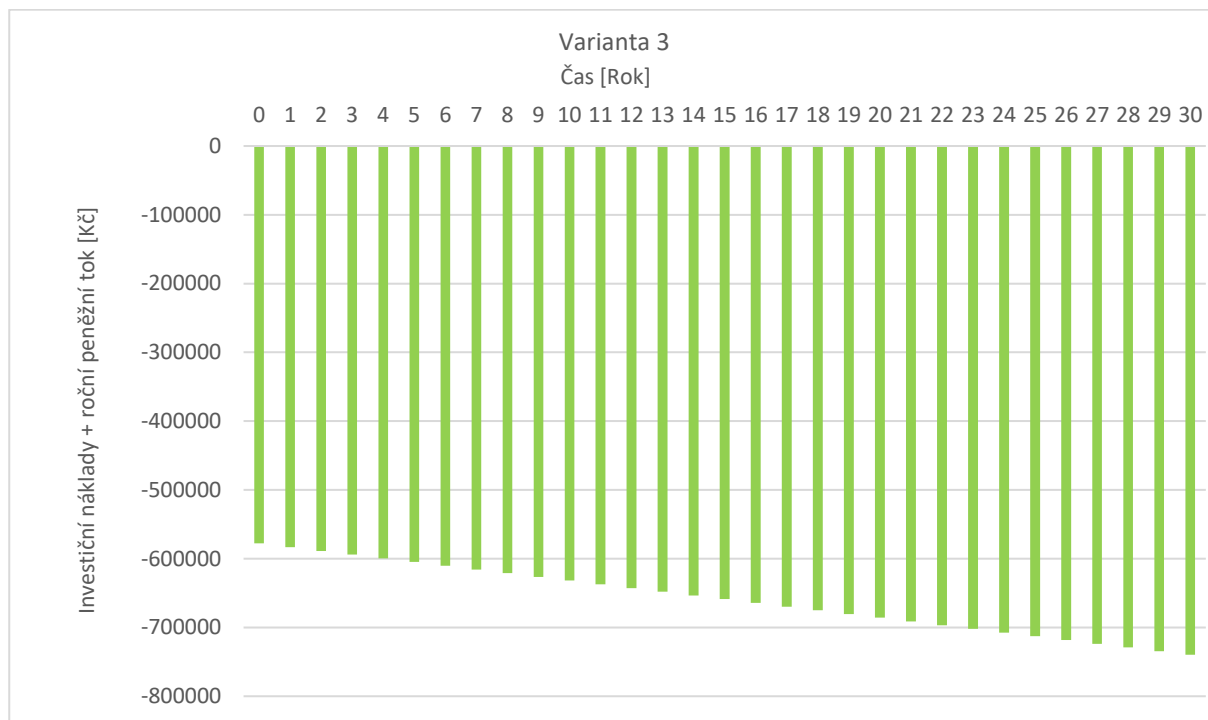
Obrázek 45. Grafické znázornění návratnosti varianty 1

Z grafu varianty 1 je zřejmé, že tato varianta není zisková. V průběhu 30 let se její ztráta dostane na hodnotu 442 270 Kč. Nemůžeme tedy počítat s jakoukoliv návratností této investice.



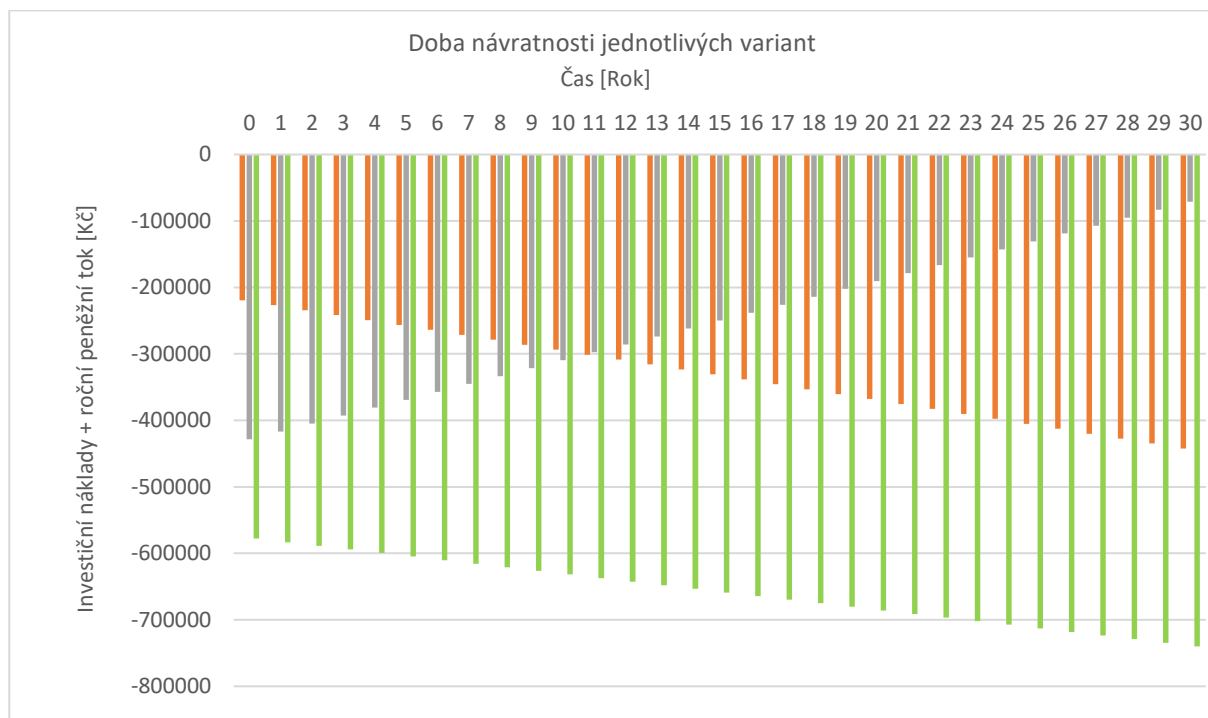
Obrázek 46. Grafické znázornění návratnosti varianty 2

Graf 2 zobrazuje návratnost investice do varianty 2 v období 37 let, kde bude investice splacena až v 36. roce. Jak bylo již výše zmíněno, doba návratnosti investice nesmí být vyšší než její doba životnosti. V případě varianty 2 za použití FVE a TČ je odhadovaná doba životnosti maximálně 30 let. Z tohoto pohledu se proto také investice do varianty 2 nejeví jako vhodná.



Obrázek 47. Grafické znázornění návratnosti varianty 3

U varianty 3, kde je uvažováno pořízení FVE a KGJ, vychází nejvyšší ztráta a tím pádem není možné, aby tato investice byla v průběhu let splacena. Toto číslo je dáno tím, že pořizovací cena kogenerační jednotky pro stanovený objekt je příliš vysoká a zároveň výdaje na provoz investice převyšují roční příjmy.



Obrázek 48. Grafické znázornění návratnosti všech variant

Z grafického znázornění je patrné, že pouze v případě pořízení varianty 2 bude dosaženo kladného výsledku, tedy zisku, a investice bude splacena. Jak bylo již výše zmíněno doba splácení převyšuje životnost investice, a proto se i tato varianta jeví jako nevýhodná z ekonomického hlediska.

6.5 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota NVP je rozdílem mezi současnou hodnotou očekávaných příjmů (cash flow) a investičními náklady. V případě, že je současná hodnota investice kladná nebo pokud je index výnosnosti větší než 1 lze investici přijmout. Pokud je čistá současná hodnota rovna 0 bylo docíleno požadovaného zúročení. Může se také stát, že je čistá současná hodnota záporná, a tak musíme investici odmítnout. Kapitálové náklady na investici neboli podniková diskontní sazba byla stanovena dle ČNB podle 2T repo sazby ČNB na květen 2020 v hodnotě 0,25 %. Doba životnosti investice v letech (n) byla stanovena pro variantu 1: 30 let, pro variantu 2: 25 let a pro variantu 3: 20 let. [100]

$$NPV = PVCF - IN = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - IN$$

$$IV = \frac{PVCF}{IN} \quad [\%]$$

$$NPV_1 = PVCF_1 - IN_1 = \sum_{t=0}^{n=30} \frac{-7\,434}{(1+0,25)^t} - 219\,250 = -4\,646,24 \quad [\text{Kč}]$$

$$NPV_2 = PVCF_2 - IN_3 = \sum_{t=0}^{n=25} \frac{119\,12,51}{(1+0,25)^t} - 428\,580 = -140\,232,15 \quad [\text{Kč}]$$

$$NPV_3 = PVCF_3 - IN_3 = \sum_{t=0}^{n=20} \frac{-5\,400,06}{(1+0,25)^t} - 577\,850 = -683\,068 \quad [\text{Kč}]$$

$$IV_1 = \frac{-214\,603,76}{219\,250} = -0,97881 \quad [\%]$$

$$IV_2 = \frac{288\,347,85}{428\,580} = 0,67280 \quad [\%]$$

$$IV_3 = \frac{-105\,217,41}{577\,850} = -0,18208 \quad [\%]$$

kde,		
NPV	- čistá současná hodnota investice	[Kč]
PVCF	- současná hodnota cash flow, současná hodnota cash flow plynoucí z investice	[Kč]
CF	- očekávaná hodnota cash flow	[Kč]
IN	- náklady na investici	[Kč]
IV	- index výnosnosti	[-]
k	- kapitálové náklady na investici, podniková diskontní sazba	[Kč]
t	- období 1 až n	[rok]
n	- doba životnosti investice	[rok]

Žádná z variant nemá kladnou čistou současnou hodnotu a IV větší než 1. I v tomto případě se všechny 3 varianty jeví jako ekonomicky neefektivní.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala tématem autonomního energetického systému pro rodinný dům. Na realizaci autonomního energetického systému v tomto objektu byly navrženy tři možné varianty, které byly následně vyhodnoceny z hlediska ekonomické výhodnosti.

První kapitola teoretické části práce byla věnována charakteristice autonomních domů především jejich požadavkům, výhodám a nevýhodám, jejich vývoji a v neposlední řadě také dotačním programům určeným pro nízkoenergetická řešení, které bylo možno využít pro všechny tři varianty.

V následující kapitole byl uveden výčet možností výroby elektrické a tepelné energie v autonomních objektech. Tepelnou a elektrickou energii je možno vyrábět fotovoltaickými panely, solárním ohřevem vody, větrnou energií, kogeneračními jednotkami, tepelnými čerpadly a kotli. V praktické části této práce byly uvažovány některé z těchto možností pro zkoumaný objekt.

Závěrečná kapitola teoretické části diplomové práce řešila možnosti akumulace elektrické a tepelné energie. Bylo zjištěno, že akumulace tepelné a elektrické energie je jedním z klíčových bodů při pořizování autonomního systému.

Cílem této práce bylo navrhnout ekonomicky nejvhodnější varianty zásobování domu elektrickou a tepelnou energií. Pro navržená vhodná řešení, bylo nutné předmětný objekt popsat, provést výpočet tepelných ztrát v tomto objektu. Dále bylo nezbytné zjistit spotřebu elektrické a tepelné energie.

Pro zvolený objekt byly následně tři možné varianty řešení, přičemž všechny z nich uvažují využití FVE včetně akumulace. Variantně bylo tedy řešeno zásobování objektu tepelnou energií. Vzhledem k parametrům domu došlo ke zvolení možného využití kotle na tuhá paliva, tepelného čerpadla nebo kogenerační jednotky. Analýza jednotlivých variant se sestává z výběru nejvhodnějšího dodavatele technologie. U vybraného dodavatele došlo k vyčíslení investičních nákladů na danou variantu včetně započítání dotace. Investiční náklady na pořízení investice nebyly stanoveny jako jediný výdaj. Výdaje na provoz jednotlivých technologií jsou nedílnou součástí celkových nákladů a je třeba s nimi počítat.

Závěr praktické části byl věnován hodnocení efektivnosti investic do všech tří variant. Pro vyhodnocení bylo nutné stanovit budoucí příjmy, kterými jsou ušetřená elektrická energie a ve dvou variantách ušetřené výdaje na nákup paliva do kotle. Stanovení cash flow ukázalo, že pouze u varianty dva jsou příjmy vyšší než výdaje na provoz. Varianta 2 uvažuje využití FVE a tepelného čerpadla. Příjmy by tedy byly ušetřené prostředky za elektrickou energii a palivo dodané do kotle. Výdaji by byly elektrická energie pro provoz tepelného čerpadla, jeho revize a údržba a revize FVE. U všech variant byl proveden výpočet doby návratnosti investice. V případě první a třetí varianty, kdy jsou výdaje na provoz vyšší než příjmy, nemůže být uvažováno, že se vynaložená investice někdy vrátí. Druhá varianta by v případě pořízení byla navracena za 36 let. Bohužel je ale životnost FVE a TČ nižší a to maximálně 25 let. Čistá současná hodnota také ukázala, že pořízení varianty dva by nebylo ekonomicky výhodné. V diplomové práci a ve vyhodnocení efektivnosti investic nejsou ale uvažovány oportunitní náklady, mezi které by bylo možné zařadit finančně vyčíslené náklady obyvatelů domu na práci spojenou s provozem kotle. Tím je myšleno řezání paliva, jeho skládání, štípání třísek na podpal a v neposlední řadě také čas na zatápění a přikládání. Pokud bychom uvedené ocenili a v případě varianty dva a tři zahrnuli mezi příjmy, mohli bychom u varianty dva dosáhnout nižší doby návratnosti a vyšší ekonomické výhodnosti investice.

Je tedy na uvážení majitelů domu, zda je pro ně výhodnější stávající stav nebo pořízení varianty dva, která nebude navracena v podobě finančních prostředků ale v podobě ušetřené práce a času. Komfortní bydlení je zajisté obrovskou výhodou a mohlo by tak hrát rozhodující roli při rozhodování o realizaci varianty dvě, tedy instalaci fotovoltaické elektrárny a tepelného čerpadla.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1]. Autonomous building. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikipedia, 2019, 23.3.2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_building#History
- [2]. Pasivní dům. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikipedia, 2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pasivní_dům#Počítačové_adavky
- [3]. Pasivní autonomní domy, 2014. *Výstavba*. 2014(1), 4.
- [4]. 10 Reasons Why EarthShips Are F#%ing Awesome. *High existence* [online]. USA: High Existence, 2012 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://highexistence.com/10-reasons-why-earthships-are-fing-awesome/>
- [5]. Bioshelter Arks. *New Alchemist* [online]. Hatchville: The Green Center, 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://newalchemists.net/portfolio/bioshelter-arks/>
- [6]. Co je to ostrovní dům? *Eon.cz* [online]. České Budějovice: E.ON Česká republika, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/uspóra-energie/pasivní-a-nízkoenergetické-domy/co-je-to-ostrovní-dům>
- [7]. CESTY K SOBĚSTAČNOSTI, 2.: Elektřina a vytápění. Dům a byt [online]. Praha: Business Media One, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://www.dumabyt.cz/rubriky/stavba/konstrukce-domu/cesty-k-sobestacnosti-2-elektrina-a-vytapeni_27145.html
- [8]. Powerwall. *Tesla* [online]. San Carlos: Tesla, 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/powerwall>
- [9]. Fronius Storage Solution. *Fronius* [online]. Wels: Fronius, 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/all-products/solutions/fronius-storage-solution>
- [10]. Vše se točí kolem vize 24 hodin slunce, 2020. *Tzb-info.cz* [online]. Praha: tzb-info.cz [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/118262-vse-se-toci-kolem-vize-24-hodin-slunce>
- [11]. Rodinné domy – zdroje energie. Nová zelená úsporám [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabídka-dotaci/rodinné-domy-zdroje-energie/>
- [12]. Jaké dotace nabízí Nová zelená úsporám 2020? *Eon.cz* [online]. České Budějovice: E.ON Česká republika, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/nova-zelena-uspোরam-2017>
- [13]. Nová zelená úsporám 2020: Výše dotace, rady pro rodinné a bytové domy. *Skrblík.cz* [online]. Praha: PUEBLO, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.skrblik.cz/energie/teplo/nova-zelena-uspোরam/>
- [14]. Kotlíková dotace 2020: Podmínky a návod, jak získat dotace na kotel. *Skrblík.cz* [online]. Praha: PUEBLO, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.skrblik.cz/energie/teplo/kotlikova-dotace/>
- [15]. Kotlíkové dotace – 3. výzva. Státní fond životního prostředí České republika [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/kotlikove-dotace-3-vyzva/>
- [16]. Kotlíková dotace 2015-2020: podmínky a podrobnosti. *Tzb-info.cz* [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020, 2015 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti#co-jsou-kd>

- [17]. Fotovoltaika v podmínkách České republiky, 2009. Isofen Energy [online]. České Budějovice: ISO FEN ENERGY [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [18]. Kolik stojí domácí solární elektrárna. Vyplatí se?, 2019. Nazeleno.cz [online]. Brno: Narrative Media [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika-1/domaci-solarni-elektrarna-kolik-stoji-vyplati-se.aspx>
- [19]. Jak funguje ostrovní fotovoltaický systém? Solární experti [online]. České Budějovice: Solární Experti, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-ostrovní-off-grid-fotovoltaický-systém/>
- [20]. Zelená energie - solární panely -, 2020. Květiny Pro Radost [online]. Praha: KvětinyProRadost [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <http://www.kvetinyproradost.cz/solarni-panely>
- [21]. Princip fotovoltaického článku. <https://elektrika.cz/> [online]. Brno: elektrika.cz, 2009 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>
- [22]. Jak funguje fotovoltaický neboli solární panel? Eon-solar.cz [online]. České Budějovice: eon, 2018, 7.5.2018 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.eon-solar.cz/blog/1-jak-funguje-fotovoltaický-neboli-solární-panel>
- [23]. Typy solárních panelů: Znáte křemíkový, tenkovrstvý nebo organický?. Eon-solar.cz [online]. Česká republika: eon, 2018, 11.5.2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.eon-solar.cz/blog/2-typy-solarnich-panelu-znate-kremikovy-tenkovrstvy-nebo-organicky>
- [24]. Monocrystalline vs Polycrystalline solar panels. Which is the best type, and why? SolarReviews.com [online]. Denver: SolarReviews, 2020, 8.5.2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>
- [25]. Na co je solární baterie? Jak fungují solární panely: princip, zařízení, materiály. Solární modul zařízení, 2020. Mupbv [online]. Moskva: mupbv [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://mupbv.ru/cs/dlya-chego-nuzhna-solnechnaya-batareya-kak-rabotayut-solnechnye.html>
- [26]. Energie Slunce, 2020. Slide serve [online]. New York: DigitalOfficePro [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/purity/energie-slunce>
- [27]. Aplikace CAE systémů při návrhu vzduchem chlazeného koncentrátorového solárního panelu, 2013. Elektro revue [online]. 2013(15), 5 [cit. 2020-06-22]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika--elektrotechnologie/25/aplikace-cae-systemu-pri-navrhu-vzduchem-chlazeného-koncentratoroveho-solarniho-panelu--application-of-cae-systems-in-the-design-of-air-cooled-concentrator-solar-panel-/>
- [28]. Historie a perspektivy OZE - fotovoltaika, méně rozšířené technologie. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info, 2009 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5517-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-mene-rozsirene-technologie>
- [29]. Fresnelova čočka. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fresnelova_%C4%8Do%C4%8Dka
- [30]. Organic solar cell. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Organic_solar_cell

- [31]. Organic Photovoltaics Research, 2020. Energy Efficiency & Renewable Energy [online]. Washington D.C.: ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/eere/solar/organic-photovoltaics-research>
- [32]. Největší organický solární systém najdete na střeše francouzské školy. Fzone.cz [online]. Praha: fzone, 2020, 1.12.2017 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://fzone.cz/clanky/nejvetsi-organicky-solarni-system-najdete-na-strese-francouzske-skoly-81>
- [33]. Nosná konstrukce na plochou střechu, 2020. Solar-Eshop [online]. Praha: SVP Solar [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/nosna-konstrukce-na-plochou-strechu/#6354>
- [34]. Solar Collector. Sciencedirect.com [online]. Amsterdam: Elsevier B.V., 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/solar-collector>
- [35]. Solární ohřev vody. Mega-Sunshine [online]. Praha: Mega-Sunshine, 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://www.mega-sunshine.cz/solarni-ohrev-vody/>
- [36]. Solární příprava teplé vody, 2020. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/140-solarni-priprava-teple-vody>
- [37]. Solární ohřev vody na českém trhu. Tzb-info.cz [online]. Praha: Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, ČVUT v Praze, 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/17295-solarni-ohrev-vody-na-ceskem-trhu>
- [38]. Solární kolektory. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info, 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory>
- [39]. Sluneční kolektory, 2020. Sluneční kolektory [online]. Praha: MFÁčko.cz [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <http://www.slunecnikolektor.cz/>
- [40]. Solar water heating. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020, 10.4.2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_water_heating
- [41]. Solární ohřev vody – vyplatí se? Nazeleno.cz [online]. Brno: nazeleno.cz, 2019, 12.3.2013 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-ohrev-vody-vyplati-se.aspx>
- [42]. Jakou návratnost má solární ohřev vody? Eon.cz [online]. České Budějovice: eon, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/solarni-ohrev-vody>
- [43]. Solární systém pro ohřev TUV a vody do bazénu, 2013. Solární systémy [online]. Přerov: Solární systém [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <http://www.solarni-system.eu/ohrev-vody-a-bazenu>
- [44]. Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. Oenergetice.cz [online]. Praha: OM Solutions, 2015 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektraren/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/>
- [45]. Zkroťte sílu větru, bude pracovat pro vás, 1997 - 2014. Vyvjo.hw.cz [online]. Praha: HW server [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://vyvjo.hw.cz/teorie-a-praxe/zkrotte-silu-vetru-bude-pracovat-pro-vas.html>
- [46]. Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem I. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020, 15.4.2013 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i>
- [47]. Savoniova turbína, 2020. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Savoniova_turb%C3%ADna

- [48]. Vyplatí se pořídit si domů větrnou elektrárnu?. EcoFuture.cz [online]. Praha: ecoFuture.cz, 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanek/v-zajeti-plusu-k-cemu-nam-jsou-energeticke-stitky>
- [49]. Domácí větrná elektrárna: Instalace + přehled modelů. Nazeleno.cz [online]. Praha: nazeleno.cz, 2011 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/domaci-vetrna-elektrarna-instalace-prehled-modelu.aspx>
- [50]. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla. EkoWatt [online]. Praha: EkoWATT Praha, 2007 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://old.ekowatt.cz/cz/informace/kombinovana-vyroba-elekriny-a-tepla>
- [51]. CO JE KOGENERACE, 2016. Cogentech [online]. Mariánské Lázně: ALFA-WEB.cz [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.cogentech.cz/co-je-kogenerace/>
- [52]. Kdy se vyplatí mikrokogenerace (I). Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info, 2014 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/11558-kdy-se-vyplati-mikrokogenerace-i>
- [53]. Kalkulace a přínosy mikrokogenerace. Czech Nature Energy [online]. Plzeň: Czech Nature Energy, 2017 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/mikrokogenerace/kalkulaceprinosy-mikrokogenerace/>
- [54]. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. 1. Praha: BEN, 2005. ISBN 80-7300-118-7.
- [55]. Mikrokogenerace a trigenerace. Biom.cz [online]. Praha: České združení pro biomasu, 2018, 10.8.2010 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>
- [56]. TEDOM Micro, 2020. Tedom [online]. Výčapy: Tedom [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/kogeneracni-jednotky/micro/>
- [57]. Chladicí oběhy, trigenerace, dálkové chlazení. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020, 2011 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7910-chladici-obehy-trigenerace-dalkove-chlazení>
- [58]. Tepelná čerpadla. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2010 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [59]. Tepelná čerpadla - princip funkce a rozdělení. Oenergetice.cz [online]. Praha: oenergetice.cz, 2015 [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla>
- [60]. NORDline WWBC-19,5 H-B-S Tepelné čerpadlo vzduch - voda - KOTLÍKOVÁ DOTACE, 2020. Centrum vytápění [online]. Tábor: Centrum vytápění [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: https://www.centrumvytapani.cz/nordline-wwbc-19-5-h-b-s-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-kotlikova-dotace/?gclid=CjwKCAiA767jBRBqEiwAGdAOr4_4zz-xFJon5Qbuz5fo3C52hMo9s5keSQzqt6NuFkT43wg9ceBvahoC6MYQAvD_BwE
- [61]. ŽERAVÍK, Antonín. Stavíme tepelné čerpadlo: návratnost i za jeden rok. 1. Přerov: Antonín Žeravík, 2003. ISBN 80-239-0275-x.
- [62]. GALAS, Otakar a Veronika ŠÍPKOVÁ. Sborník o tepelných čerpadlech. Ostrava: Moravskoslezský energetický klastr, 2014. ISBN 978-80-905392-9-7.
- [63]. MYSLIL, Vlastimil. Geotermální energie: zdroje, využití, technologie. Liberec: Geoterm CZ, 2011. ISBN 978-80-260-2349-4.
- [64]. SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. Tepelná čerpadla. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-02-0.
- [65]. PETRÁŠ, Dušan. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. ISBN 978-80-8076-069-4.

- [66]. DŘÍMAL, Petr. Tepelná čerpadla, geotermální energie[online]. Copyright © 2016, ISBN 978-80-88058-05-2, [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/93/02.html>
- [67]. MACH, Stanislav a PATOČKA, Martin. Projekční podklady MACH CHAMELEON AKU [online]. Copyright © 2014, [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/3190713-Projekcni-podklady-mach-chameleon-aku.html>
- [68]. Tepelné čerpadlo země/voda princip. Abeceda tepelných čerpadel[online]. [Cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- [69]. QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [70]. Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP, 2020. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivita-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [71]. Topný faktor COP -účinnost tepelného čerpadla. Abeceda tepelných čerpadel[online]. [Cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-cop-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [72]. Hodnocení SCOP tepelných čerpadel pro vytápění. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13507-hodnoceni-scop-tepelnych-cerpadel-pro-vytapani>
- [73]. Značka kvality pro tepelná čerpadla [online]. 2011. Praha: Národní komise pro přidělování značky kvality pro tepelná čerpadla AVTČ, [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: www.avtc.cz/?download=_/94/clanek-na-tzb-q.pdf
- [74]. Značka kvality Q: AVTČ. AVTČ: Asociace pro využití tepelných čerpadel[online]. Copyright © 2008, [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <http://www.avtc.cz/?page=znacka-kvality-q>
- [75]. Quality of product and installation -EHPA. EHPA[online]. [Cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.ehpa.org/quality/>
- [76]. Topný kotel. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Topn%C3%BD_kotel
- [77]. Kotel na tuhá paliva. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kotel_na_tuh%C3%A1_paliva
- [78]. Viadrus Hercules U 26 3 čl.: Specifikace. Heureka [online]. Liberec: Heureka Group, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://kotle.heureka.cz/viadrus-hercules-u-26-3-cl/specifikace/#section>
- [79]. Princip fungování kotle na biomasu. Viessmann [online]. Allendorf: Viessmann, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/fungovani-kotle-na-biomasu.html>
- [80]. Akumulace elektrické energie. Elektro časopis pro elektrotechniku [online]. Praha: Elektro časopis pro elektrotechniku, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/akumulace-elektricke-energie--9696>
- [81]. Akumulátor. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Akumul%C3%A1tor>
- [82]. Elektrochemické zdroje proudu obecně: Definice. Battex.info [online]. Slaný: BATTEX, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <http://www.battex.info/elektrochemicke-zdroje-proudu-obecne/definice>

- [83]. Lithium-iontový akumulátor, 2020. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-iontov%C3%BD_akumul%C3%A1tor
- [84]. Primární článek. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Prim%C3%A1rn%C3%AD_%C4%8Dl%C3%A1nek
- [85]. Palivový článek. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nek
- [86]. Superkapacitory- kondenzátory nahradí malé akumulátory. Vyyvo.hw.cz [online]. Praha: HW server s.r.o, 2018 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/superkapacitory-revoluce-ve-svete-akumulatoru.html>
- [87]. Jak funguje superkapacitor? Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elekriny/16916-jak-funguje-superkapacitor>
- [88]. Galvanický článek. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Galvanick%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nek
- [89]. Akumulace tepelné energie - fyzikální principy. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2003 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/1482-akumulace-tepelne-energie-fyzikalni-principy>
- [90]. Akumulace tepla, 2020. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla>
- [91]. Porovnání vybraných způsobů akumulace tepelné energie. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2003 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/1490-porovnani-vybranych-zpusobu-akumulace-tepelne-energie>
- [92]. Vodní zásobníky pro dlouhodobou akumulaci tepla. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2014 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/11358-vodni-zasobniky-pro-dlouhodobou-akumulaci-tepla>
- [93]. Základní údaje pro využívání sluneční energie. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/100-zakladni-udaje-pro-vyuzivani-slunecni-energie>
- [94]. Zjednodušený bilanční výpočet ročních přínosů fotovoltaických instalací. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020, 2016 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13878-zjednodusen-y-bilancni-vypocet-rocnich-prinosu-fotovoltaick-yh-instalaci>
- [95]. Průměrné měsíční doby slunečního svitu ve vybraných lokalitách ČR. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/99-prumerne-mesicni-doby-slunecniho-svitu-ve-vybranych-lokalitach-cr>
- [96]. Revize, kontroly a čištění komínů. RevizeKontroly.cz [online]. Ostrava: RevizeKontroly.cz, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://revizekontroly.cz/odborne-clanky/technicka-zarizeni-budov/revize-kontroly-a-cisteni-kominu>
- [97]. Jaké jsou dotace na tepelné čerpadlo. Eon.cz [online]. České Budějovice: E.ON Česká republika, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/uspore-energie/dotace-a-dotacni-programy/jake-jsou-dotace-na-tepelne-cerpadlo>
- [98]. Systém pro Váš dům. Ceskasolarni.cz [online]. Jesenice: Česká solární, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: http://www.ceskasolarni.cz/system_pro_vas_dum.php

- [99]. Ceny elektrické energie 2020, 2020. Tzb-info.cz [online]. Praha: tzb-info.cz [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie>
- [100]. SYNEK, Miloslav, 2011. Manažerská ekonomika. 5. Praha: Grada Publishing. ISBN 802477528X.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Seznam použitých zkratk	
Zkratka	Význam
COP	Topný faktor
DN	Dveře vnitřní
DO	Dveře venkovní
EHPA	Evropská asociace tepelných čerpadel
FVE	Fotovoltaická elektrárna
HAWT	horizontální axiální větrná turbína
KVET	Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie
NZÚ	Nová zelená úsporám
OZ	Okno zdvojené
PDL	Podlaha
SCOP	sezónní topný faktor
SN	Stěna vnitřní
SO	Stěna venkovní
STR	Strop
TČ	Tepelné čerpadlo
TUV	Teplá užitková voda
VAWT	vertikální axiální větrná turbína

Seznam použitých veličin		
Veličina	Význam	Jednotka
α	absorbční koeficient	-
ε	emisivita	%
Q_T	topný faktor TČ	[kW]
Q_{CH}	chladicí výkon nízkoteplotního zdroje	[kW]
P	elektrický příkon TČ	[kW]
k	součinitel prostupu tepla	$\frac{W}{m^2 \times K}$
δ_z	tloušťka zdi	[m]
δ_o	tloušťka venkovní omítky	[m]
δ_p	tloušťka perlitové vnitřní omítky	[m]
λ_z	součinitel tepelné vodivosti zdi	$\frac{W}{m \times K}$
λ_e	součinitel tepelné vodivosti omítky	$\frac{W}{m \times K}$
λ_i	součinitel tepelné vodivosti perlitové vnitřní omítky	$\frac{W}{m \times K}$
α_i	součinitel přestupu tepla	$\frac{W}{m^2 \times K}$
α_e	součinitel přestupu tepla	$\frac{W}{m^2 \times K}$
Δt	Rozdíl teplot	[K]
R	Teplený odpor	$\frac{m^2 \times K}{W}$
Q_o	Tepelná ztráta prostupem	[W]
Q_v	Tepelná ztráta větráním	[W]
Q_c	Celková tepelná ztráta místnosti	[W]
C_{spe}	celková spotřebovaná elektrická energie	[Kč]
Q_{cc}	potřeba tepla během roku	[kWh/rok]
Q_{vyr}	množství vyrobené tepelné energie	[kWh]
P_T	tepelný výkon	[kWh]
t	počet hodin provozu za 1 rok	[h]
V_{kk}	množství spotřebovaného zemního plynu	[kWh]
Q_{vyr}	množství vyrobené tepelné energie	[kWh]
η_{pk}	účinnost kogenerační jednotky	[%]
$H_{s,zp}$	spalné teplo zemního plynu	[kWh/m ³]
$C_{p,kk}$	cena spotřebovaného zemního plynu	[Kč]
C_{zp}	cena zemního plynu	[Kč/kWh]
C_{NP}	provozní výdaje kogenerační jednotky	[Kč]
C_{sv}	servisní výdaje na 1 MWh	[Kč/MWh]
E_{vyr}	celková vyrobená elektrická energie	[MWh]

ROI	výnosnost investice	[%]
Z_r	průměrný čistý roční zisk plynoucí z investice	[Kč]
IN	náklady na investici	[Kč]
DN	doba návratnosti	[rok]
IN	náklady na investici	[Kč]
CF	cash flow	[Kč/rok]
NPV	čistá současná hodnota investice	[Kč]
PVCF	současná hodnota cash flow, současná hodnota cash flow plynoucí z investice	[Kč]
CF	očekávaná hodnota cash flow	[Kč]
IN	náklady na investici	[Kč]
IV	index výnosnosti	[-]
k	kapitálové náklady na investici, podniková diskontní sazba	[Kč]
t	období 1 až n	[rok]
n	doba životnosti investice	[rok]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Schéma autonomního domu [3].....	18
Obrázek 2. Schéma zapojení solárního panelu a větrné turbíny [19].....	19
Obrázek 3. Ark Bioshelter [5].....	20
Obrázek 4. Earthship [4]	21
Obrázek 5. Řídící jednotky Fronius a Tesla [10]	21
Obrázek 6. Mapa ročního globálního slunečního záření [kWh/m^2] [17]	24
Obrázek 7. Schéma zapojení fotovoltaických panelů na rodinném domě [20].....	25
Obrázek 8. Princip fotovoltaického článku [22]	25
Obrázek 9. Vodivost typu P a typu N [21].....	26
Obrázek 10. Křemíkový fotovoltaický panel [25]	27
Obrázek 11. Vícevrstvé fotovoltaické články [26]	27
Obrázek 12. Koncentrátorový článek s fresnelovou čočkou [27]	28
Obrázek 13. Struktura organického solárního článku [31]	29
Obrázek 14. Schéma solárního článku [21]	29
Obrázek 15. Příklad používané kotvicí konstrukce [33]	30
Obrázek 16. Zjednodušené schéma zapojení solárního ohřevu vody [36].....	31
Obrázek 17. Schéma solárního ohřevu vody [34].....	32
Obrázek 18. Solární kolektor pro ohřev vody [39]	33
Obrázek 19. Možnost zapojení solárního ohřevu vody [43]	34
Obrázek 20. Mapa rychlosti větru ve výšce 10 m nad zemí [46].....	35
Obrázek 21. Odporová Savoniusova turbína [47].....	36
Obrázek 22. a) HAWT, b) VAWT [45]	37
Obrázek 23. Schéma využití energie mikrokogenerační jednotkou [51]	38
Obrázek 24. Schéma fungování kogenerace, resp. Trigenerace [55].....	39
Obrázek 25. Kogenerační jednotka TEDOM [56]	40
Obrázek 26. Stirlingův motor s plynovým kondenzačním kotlem [55]	41
Obrázek 27. Princip fungování tepelného čerpadla [59].....	41
Obrázek 28. Tepelné čerpadlo typu vzduch-voda [60]	42
Obrázek 29. Tepelné čerpadlo využívající vzduch [66].....	44
Obrázek 30. Tepelné čerpadlo s horizontálními výměníky [66].....	45
Obrázek 31. Tepelné čerpadlo s vertikálními vrty [66]	46
Obrázek 32. Tepelné čerpadlo využívající čerpací a vsakovací studnu [66]	47
Obrázek 33. Tepelné čerpadlo využívající povrchové vody [66]	48
Obrázek 34. Domácí kotel Viadrus [78]	51

Obrázek 35. Schéma galvanického článku [88]	53
Obrázek 36. Funkce primárního článku [82].....	54
Obrázek 37. Funkce sekundárního článku [82].....	54
Obrázek 38. Funkce palivového článku [82].....	55
Obrázek 39. Příklady superkapacitorů [87].....	56
Obrázek 40. Akumulace tepla v tepelném zásobníku [90].....	57
Obrázek 41. Graf porovnání akumulace latentního tepla [89]	58
Obrázek 42. Půdorys 1. patra	60
Obrázek 43. Letecký pohled na vybraný dům (vlevo stodola, vpravo rodinný dům)	66
Obrázek 44. Schéma použitého kotle Viadrus	68
Obrázek 45. Grafické znázornění návratnosti varianty 1	78
Obrázek 46. Grafické znázornění návratnosti varianty 2	79
Obrázek 47. Grafické znázornění návratnosti varianty 3	80
Obrázek 48. Grafické znázornění návratnosti všech variant	80

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Porovnání druhů FV panelů	30
Tabulka 2. Porovnání otopných oblastí.....	50
Tabulka 3. Podmínky pro určení COP	51
Tabulka 4. Výpočet součinitele k.....	62
Tabulka 5. Tepelné ztráty kuchyně.....	62
Tabulka 6. Celková tepelná ztráta.....	63
Tabulka 7. Příkon spotřebičů	63
Tabulka 8. Výkon fotovoltaických panelů.....	65
Tabulka 9. Nabídky FVE	67
Tabulka 10. Porovnání ceny za 1 Wp	67
Tabulka 11. Investiční náklady 1. varianty	69
Tabulka 12. Provozní výdaje 1. varianty	70
Tabulka 13. Výše dotací TČ	71
Tabulka 14. Nabídky TČ.....	71
Tabulka 15. Porovnání SCOP nabídek TČ	71
Tabulka 16. Investiční náklady 2. varianty	72
Tabulka 17. Cena elektřiny v sazbě D 57d	72
Tabulka 18. Provozní výdaje 2. varianty	73
Tabulka 19. Nabídky kogeneračních jednotek.....	74
Tabulka 20. Investiční náklady 3. varianty	74
Tabulka 21. Provozní výdaje 3. varianty	75
Tabulka 22. Stanovení cash flow	76

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 – Tepelné ztráty místností	99
Příloha č.2 – Výpočet potřeby tepla	102
Příloha č.3 – Výňatek z vyhlášky č. 34/2016 Sb.....	103

PŘÍLOHY

Příloha č.1 – Tepelné ztráty místností

Tabulka tepelných ztrát obývacího pokoje

Druh stěny	Tloušťka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Δt [K]	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$	Q_o [W]	Q_v [W]
SO	0,445	7,14	2,8	19,99	35	0,89	0,96	482	0
OZ	-	1,47	1,55	2,26	35	1,20	0,66	95	153
OZ	-	1,47	1,55	2,26	35	1,20	0,66	95	153
SO	0,445	4,33	2,80	12,12	35	0,89	0,96	307	0
OZ	-	1,47	1,55	2,26	35	1,20	0,66	95	153
SN	0,29	2,18	2,80	6,10	-4	1,01	0,82	-25	0
SN	0,29	4,96	2,80	13,89	5	1,01	0,82	61	0
DN	-	0,09	2,10	0,19	5	3,50	0,12	33	30
SN	0,65	4,24	2,80	11,87	0	1,09	0,75	0	0
PDL	0,4	7,14	4,30	30,70	17	0,63	1,43	327	0
STR	0,4	7,14	4,30	30,70	26	0,75	1,16	599	0
Celkem								2069	489

Tabulka tepelných ztrát koupelny

Druh stěny	Tloušťka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Δt [K]	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$	Q_o [W]	Q_v [W]
SO	0,445	3,97	2,80	11,12	39	0,89	0,96	307	0
OZ	-	1,47	1,55	2,26	39	1,20	0,66	106	171
SN	0,29	2,18	2,80	6,10	6	1,01	0,82	37	0
SN	0,065	3,97	2,80	11,12	9	1,09	0,75	109	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	9	3,50	0,12	60	53
SN	0,29	2,18	2,80	6,10	4	1,01	0,82	25	0
PDL	0,4	3,97	2,18	8,65	17	0,63	1,43	92	0
STR	0,4	3,97	2,18	8,65	26	0,75	1,16	169	0
Celkem								905	224

Tabulka tepelných ztrát záchodu

Druh stěny	Tloušťka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Δt [K]	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$	Q_o [W]	Q_v [W]
SN	0,29	2,18	2,80	6,10	-6	1,01	0,82	-37	0
SO	0,445	1,20	2,80	3,36	33	0,89	0,96	99	0
SN	0,065	2,18	2,80	6,10	-2	1,09	0,75	-13	0
SN	0,065	1,20	2,80	3,36	3	1,09	0,75	11	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	3	3,50	0,12	20	18
PDL	0,4	2,18	1,20	2,62	17	0,63	1,43	28	0
STR	0,4	2,18	1,20	2,62	26	0,75	1,16	51	0
Celkem								159	18

Tabulka tepelných ztrát ložnice

Druh stěny	Tloušťka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Δt [K]	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$	Q_o [W]	Q_v [W]
SO	0,445	5,05	2,80	14,14	35	0,89	0,96	370	0
OZ	-	1,47	1,55	2,26	35	1,20	0,66	95	153
SO	0,445	3,96	2,80	11,09	35	0,89	0,96	345	0
SO	0,445	5,05	2,80	14,14	35	0,89	0,96	440	0
SN	0,065	1,76	2,80	4,93	5	1,09	0,75	27	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	5	3,50	0,12	33	30
SN	0,065	2,18	2,80	6,10	2	1,09	0,75	13	0
PDL	0,4	5,05	3,96	20,00	17	0,63	1,43	213	0
STR	0,4	5,05	3,96	20,00	26	0,75	1,13	390	0
Celkem								1926	183

Tabulka tepelných ztrát chodby

Druh stěny	Tloušťka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Δt [K]	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$	Q_o [W]	Q_v [W]
SN	0,29	4,96	2,80	13,89	-5	1,01	0,82	-70	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	-5	3,50	0,12	-33	-30
SN	0,065	3,97	2,80	11,12	-9	1,09	0,75	-109	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	-9	3,50	0,12	-60	-53
SN	0,065	1,20	2,80	3,36	-3	1,09	0,75	-5	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	-3	3,50	0,12	-20	-18
SN	0,065	1,78	2,80	4,98	-5	1,09	0,75	-27	0
DN	-	9,00	2,10	18,90	-5	3,50	0,12	-33	-30
SO	0,445	0,62	2,80	1,74	30	0,89	0,96	46	0
SO	0,445	3,30	2,80	9,24	30	0,89	0,96	247	0
DO	-	1,20	2,10	2,52	30	1,50	0,50	113	0
SN	0,065	4,14	2,80	11,59	-5	1,09	0,75	-63	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	-5	3,50	0,12	-33	-30
PDL	0,4	-	-	11,61	17	0,63	1,43	124	0
STR	0,4	-	-	11,61	26	0,75	1,13	227	0
Celkem								304	-161

Tabulka tepelných ztrát pokoje

Druh stěny	Tloušťka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Δt [K]	$k \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$	Q_o [W]	Q_v [W]
SN	0,065	4,14	2,80	11,59	5	1,09	0,75	63	0
DN	-	0,90	2,10	1,89	5	3,50	0,12	33	30
SO	0,445	3,12	2,80	8,74	35	0,89	0,96	272	0
SO	0,445	4,14	2,80	11,59	35	0,89	0,96	291	0
OZ	-	1,47	1,55	2,26	35	1,20	0,66	95	153
SN	0,29	3,12	2,80	8,74	0	1,01	0,82	0	0
PDL	0,4	4,14	3,12	12,92	17	0,63	1,43	138	0
STR	0,4	4,14	3,12	12,92	26	0,75	1,16	252	0
Celkem								1144	183

Příloha č.2 – Výpočet potřeby tepla

t_{em}	střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období [°C] Průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot měřených ve stínu s vyloučením sálání okolních stěn v 7 ⁰⁰ , 14 ⁰⁰ a ve 21 ⁰⁰ hod., přičemž teplota naměřená ve 21 ⁰⁰ hodin se počítá dvakrát. $t_{em} = \frac{t_{e,7} + t_{e,14} + 2 \cdot t_{e,21}}{4}$
t_{is}	průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C] pohybuje se v rozmezí 14 až 21,5 °C pro obytné budovy uvažujeme 18,2 až 19,1 °C
e_i	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0,8 až 0,9.
e_t	snížení teploty v místnosti během dne respektive noci V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Volí se v rozmezí 0,8 např. pro školy s polo denním vyučováním až po 1,0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin.
e_d	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel e_d v rozmezí od 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem.
ϵ	Součinitel ϵ je též možno určit z odborné literatury nebo podle vlastních zkušeností. Jako příklad uvádím tyto hodnoty: podle typu staveb a jejich provozu nepřetržitě vytápění $\epsilon = 1,00$ stavby zcela lehké s častými a delšími otopnými přestávkami $\epsilon = 0,90$ stavby lehké (z tvádicového zdiva) a pro stavby střední, s otopnými přestávkami o nedělích a svátcích $\epsilon = 0,80$ stavby střední s kratšími otopnými přestávkami (noční útlum) nebo pro stavby těžké, bez otopných přestávek $\epsilon = 0,75$ stavby těžké, s kratšími otopnými přestávkami (neděle a svátky) $\epsilon = 0,65$ těžké kamenné stavby, občasně vytápěné $\epsilon = 0,60$ <i>Lze užít i následující hodnoty, pouze ta je nutné uvažovat účinnost obsluhy $\eta_o = 1$, protože je v nich již zahrnuta.</i> vícepodlažní objekty centrální regulace $\epsilon = 0,80$ centrální regulace zónová $\epsilon = 0,75$ centrální regulace a ventily s termostatickými hlaviciemi $\epsilon = 0,70$ rodinné domy, případně samostatně provozované byty v nájemních domech regulace prostorovým termostatem $\epsilon = 0,71$ ekvitermní (kvalitativní) regulace teploty otopné vody $\epsilon = 0,67$ regulace ventily s termostatickými hlaviciemi $\epsilon = 0,63$
η_o	účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy Volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1,0 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací.
η_r	účinnost rozvodu vytápění Volí se v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení.

Obrázek – Vysvětlivky výpočtu potřebného tepla 1

t_1	teplota studené vody [10 °C]
t_2	teplota ohřáté vody [55 °C]
V_{2p}	celková potřeba teplé vody za 1 den [m ³ /den] U staveb pro bydlení uvažujeme 0,082 m ³ /osobu den, minimálně však 0,2 m ³ /byt den.
z	koefficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody Pro běžné stavby uvažujeme hodnotou 50 až 100% podle provedení rozvodu a doby cirkulace. rozvody v nových stavbách $z = \max. 0,5$ okrskové rozvody $z = \max. 1,0$ rozvody ve starších stavbách $z = 2$ až 4 (vychází se z provedených měření)
ρ	měrná hmotnost vody [1000 kg/m ³]
c	měrná tepelná kapacita vody [4186 J/kgK]

Obrázek – Vysvětlivky výpočtu potřebného tepla 2

Příloha č.3 – Výňatek z vyhlášky č. 34/2016 Sb.

Tabulka – Výňatek z vyhlášky č. 34/2016 Sb.

Výkon připojeného spotřebiče paliv	Činnost	Druh paliva připojeného spotřebiče paliv				
		Pevné		Kapalné		Plynné
		Celoroční provoz	Sezónní provoz	Celoroční provoz	Sezónní provoz	
Do 50 kW včetně	Čištění spalinové cesty	3× za rok	2× za rok	2× za rok	1× za rok	1× za rok
	Kontrola spalinové cesty	1× za rok		1× za rok		1× za rok
Nad 50 kW	Kontrola a čištění spalinové cesty	2× za rok		1× za rok		1× za rok