



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ K POKRYTÍ SPOTŘEBY
ENERGIE RODINNÉHO DOMU**

SOLAR SYSTEMS UTILIZATION FOR FAMILY HOUSE ENERGY DEMAND

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jaroslava Šamanová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Sitek

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Studentka: **Jaroslava Šamanová**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Tomáš Sitek**
Akademický rok: 2020/21

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 bakalářské práce:

Využití solárních systémů k pokrytí spotřeby energie rodinného domu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Součástí mnoha současných novostaveb je také instalace solárních systémů k výrobě elektřiny anebo ohřevu teplé užitkové vody. Při návrhu takového zařízení je klíčové najít kompromis mezi investičními náklady a finanční úsporou. Součástí práce bude popis fotovoltaických i fototermických systémů včetně nezbytného příslušenství k samotné instalaci. V praktické části bude proveden výpočet návratnosti systému na modelovém domě.

Cíle bakalářské práce:

- seznámit s problematikou využití solární energie,
- popsat technologie fotovoltaických i fototermických systémů,
- uvést nezbytné příslušenství uvedených zařízení,
- zhodnotit finanční návratnost solárních systémů.

Seznam doporučené literatury:

MATUŠKA, Tomáš. Solární tepelné soustavy. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02186-5.

MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. Solární energie pro váš dům. Brno: Computer Press, 2010. Stavíme. Zdroje a energie. ISBN 978-80-251-3241-8.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Solární systémy jsou stále běžnější součástí rodinných domů. Důvodem k těmto instalacím je, že solární prvky jsou státem podporovány a na jejich výstavbu lze získat dotaci, která zkrátí dobu návratnosti investice. Zároveň jsou prvky stále za nižší tržní hodnoty. Podpora státem je spjata se snahou o co největší omezení neobnovitelných zdrojů, například uhelných elektráren, které navíc znečišťují ovzduší. Rovněž státní kontrola může za útlum ve výstavbě velkých solárních elektráren, které dle některých názorů znetvořují krajinu a zabírají velké plochy někdy i úrodných půd.

Klíčová slova

Solární energie, fotovoltaické systémy, fototermické systémy

ABSTRACT

Solar systems are more and more common part of residential houses. Main reason for this, is that solar elements are state-supported with subsidies, which is reducing payback time of these investments. At the same time, the prices for these systems are dropping. The state support is connected with effort to reduce dependancy on non-renewable energy sources, e.g. coal powerplants, which are polluting atmosphere. State administration is also the reason for large scale solar powerplant constructions, which are, according to some opinions, misshaping the landscape and covering large areas of sometimes fertile land.

Key words

Solar energy, photovoltaic systems, solar thermal systems

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠAMANOVÁ, Jaroslava. *Využití solárních systémů k pokrytí spotřeby energie rodinného domu* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132307>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Ing. Tomáš Sitek. 38 stran.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Využití solárních systémů k pokrytí spotřeby energie rodinného domu** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Tomáši Sitkovi za trpělivost, pochopení a cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce. Také bych ráda poděkovala panu Vladimíru Matajsovi a firmě Solární Experti s.r.o. [40], za odpovědi na mé dotazy.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 Sluneční záření	10
1.1 Maximální sluneční záření dopadající na zemský povrch	10
1.2 Maximální sluneční záření v ČR	11
2 Fotovoltaika	12
2.1 Fotovoltaický jev	12
2.2 Fotovoltaické články	13
2.2.1 Typy článků.....	13
2.3 Fotovoltaické panely	14
2.4 Solární systémy	14
2.4.1 Ostrovní provozy	15
2.4.2 Síťové provozy	15
3 Komponenty pro fotovoltaické systémy	16
3.1 Měnič	16
3.2 Akumulátor	16
3.3 Programovatelný regulátor.....	18
3.4 Nosná konstrukce.....	18
4 Fototermika.....	19
4.1 Pasivní kolektory	19
4.2 Nekryté kolektory	19
4.3 Ploché kolektory	19
4.4 Trubicový vakuový kolektor.....	19
4.5 Aktivní solární kolektor vyroben svépomocí.....	20
5 Komponenty pro fototermické systémy	21
5.1 Teplonosná látka	21
5.2 Solární zásobník.....	21
5.3 Regulátor.....	22
5.4 Čerpadlo.....	23
5.5 Expanzní nádoba.....	23
5.6 Potrubí.....	23
5.7 Nosná konstrukce.....	23
6 Výpočtová část	24
6.1 Umístění rodinného domu	24
6.2 Očekávané roční spotřeby elektrické energie a tepla.....	24
6.2.1 Elektrická energie.....	25
6.2.2 Teplo.....	26
6.2.3 Spotřeby v jednotlivých měsících	26
6.3 Varianta A – solární panely	27
6.3.1 Zvolený fotovoltaický systém	27
6.3.2 Pořizovací hodnota fotovoltaického systému.....	28
6.3.3 Reálná elektrická energie ze solárních panelů ročně	28
6.4 Varianta B – solární kolektory	29

6.4.1	Zvolený fototermický systém	29
6.4.2	Pořizovací hodnota fototermického systému.....	29
6.4.3	Reálné využití teplo ze solárních kolektorů ročně	30
6.5	Kombinace varianty A s variantou B	30
6.5.1	Reálné využití solárních systémů	31
6.6	Návratnosti systémů	31
7	Závěr	32
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	33
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	36
	SEZNAM OBRÁZKŮ	37
	SEZNAM TABULEK.....	38

ÚVOD

Žijeme v elektronické době. Používají se mobily, počítače, televize, ale i zařízení s mnohem větším odběrem. Zvykli jsme si na světlo a teplo, a to vše lze spojit v jeden celek, který náleží pod pojem „energie“. Spotřeba energie lidstva neustále roste. Může za to nárůst populace, ale i nové technologie, různá elektronická zařízení, která často zjednodušují práci i zpříjemňují volný čas. S vyšší spotřebou energie je nutné více energie získávat.

Již využíváme spoustu různých typů zdrojů, bohužel aktuálně ty nejvíce využívané jsou zdroje vyčerpatelné. Jedná se například o fosilní paliva, která nejenže mohou být vyčerpány, ale během jejich spalování do atmosféry jsou vypouštěny nebezpečné látky. Z těchto a mnoha dalších důvodů je v současnosti snaha o nahrazení těchto zdrojů zdroji obnovitelnými. Radíme sem energii větrnou, vodní, geotermální, biomasu a v neposlední řadě energii solární.

Tato práce se zabývá právě energií získávanou ze Slunce. Bez ní by nebyl život na Zemi vůbec možný a zároveň je nepřímým základem pro energii větrnou, biomasy nebo fosilních paliv. V posledních letech se toto odvětví energetiky zabývá možnostmi, jak ze Slunce vytěžit co nejvíce. Tuto energii již lze použít pro výrobu tepla i přímo pro výrobu elektrické energie. Samozřejmě nic není ideální, a tak i zde můžeme narazit na řadu problémů. Účinnost solárních zařízení nedosahuje příliš vysokých hodnot. Zároveň se neustále vyvíjí co nejlepší způsob kumulace energie pro případy nevhodného počasí. Bakalářská práce se zabývá těmito solárními zařízeními a ukazuje i praktické hledisko na výpočtové části, která se zabývá rodinným domem, pro který je vypočítána plocha solárních panelů na pokrytí spotřeb běžných spotřebičů, následně jsou využity solární kolektory na ohřev teplé vody a je vypočítána i kombinace těchto dvou systémů. Všechny varianty jsou počítány včetně nákladů a doby návratnosti. Lze tak přímo porovnat obě varianty i jejich kombinaci.

1 Sluneční záření

Sluneční energie dopadá na povrch Země ve formě elektromagnetického záření, které vzniká během přeměny vodíku na helium v jádře Slunce, které má povrchovou teplotou asi 6 000 K. Přeměna probíhá za vysokých teplot a vysokého tlaku. Rozdíl hmoty, který touto reakcí vzniká se mění v energii, jež vstupuje do okolního prostředí. Celkový tok vyzařované energie je $3,85 \cdot 10^{26}$ W. Slunce tuto energii vyzařuje v různých vlnových délkách, uvádí se rozsah od 10^{-10} m až po několik metrů. Pro nás je nejvýznamnější záření v rozsahu od asi 400 do 650 nm, na tento rozsah připadá největší část energetické hustoty a je viditelné [1].

Cestou k Zemi je záření nezměněno, rozptýlí se však na větší plochu. U planety Země je poté většina ultrafialového záření (oblast s rozsahem pod cca 280 nm) pohlcena ve stratosféře. Také je atmosférou pohlcen rozsah nad cca 3000 nm nazývaný dlouhovlnné infračervené záření.

Veličina, jež určuje příkon záření dopadajícího na naši Zemi se nazývá Solární konstanta. Její jednotkou jsou W/m^2 . Slovo „konstanta“ v názvu není přesné, protože se jedná o hodnotu vztaženou k ploše $1 m^2$ na svrchní hranici atmosféry, která je však kolmá na sluneční záření. Oběžná dráha je eliptického tvaru, z toho důvodu tato hodnota není konstantní, ale pohybuje se v rozmezí od 1353 do 1393 W/m^2 [3].

Konkrétní dávku záření dopadající na m^2 na naší Zemi poté ovlivňuje spousta dalších faktorů, jako je například zeměpisná šířka, roční období, nadmořská výška, oblačnost a místní klima, sklon a orientace plochy na níž záření dopadá, nebo také znečištění ovzduší našeho okolí. Tuto dávku lze teoreticky se všemi vlivy spočítat velmi náročným výpočtem, ale ani tak vypočtená hodnota nebude přesná pro krátký časový interval. Většina vlivů je proměnlivých. Z toho důvodu je možné pro demonstraci využít průměrné hodnoty, které již byly vypočítány pro různá místa České republiky. Existuje i spousta systémových aplikací, do kterých lze zadat lokaci a následně zjistit přesné hodnoty dopadajícího slunečního záření. Roční dávka slunečního záření v naší republice na optimálně orientovanou plochu se pohybuje v rozmezí od 1000 do 1200 $kWh/(m^2 \cdot rok)$ [1].

1.1 Maximální sluneční záření dopadající na zemský povrch

Již výše zmíněný vyzařovaný výkon Slunce $3,85 \cdot 10^{26}$ W, v přepočtu na hustotu výkonu asi $6 \cdot 10^7 W/m^2$, je na cestě k Zemi rozptýlen na větší plochu, a tak na planetu Zemi dopadne tok záření o velikosti asi $1,7 \cdot 10^{17}$ W. Toto záření je postupně pohlcováno sférami planety Země:

- ionosféra pohlcuje část ultrafialového a rentgenové záření,
- ozonoféra pohlcuje zbytek ultrafialového záření,
- troposféra – mraky, oblačnost, pohlcuje část infračerveného záření,
- atmosféra asi 34 % záření odrazí, 19 % pohlte [1].

Zbývající část slunečního záření, která je propuštěna atmosférou, tedy 47 % dopadá na povrch Země. Toto záření je částečně vráceno po kontaktu s povrchem zpět do atmosféry v podobě tepla jako infračerveného záření, které vede k trvalému zvyšování teploty zemského povrchu, jedná se o skleníkový efekt. Určitá procenta dopadají na světové oceány a způsobují tím vypařování vody. Zbytek slunečního záření je pohlcen povrchem a odveden konvekcí, čím vzniká vítr [1].

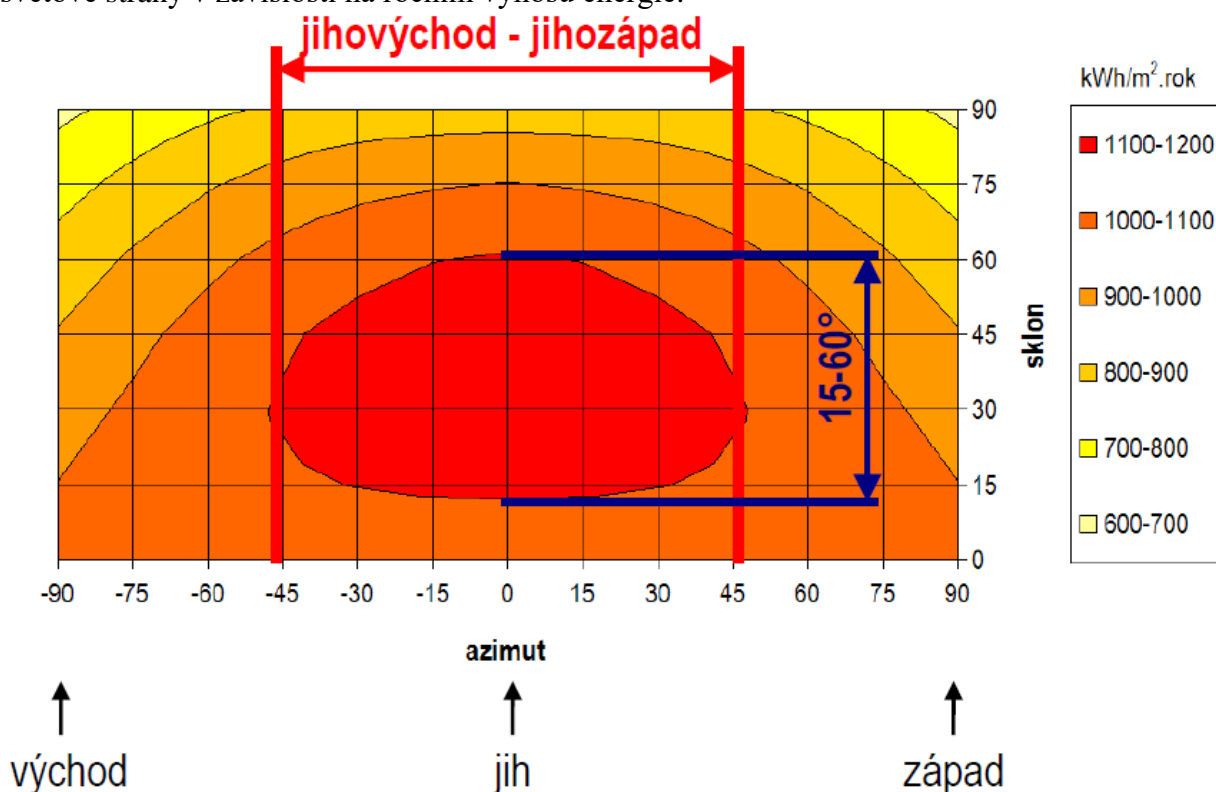
Na vnější okraj atmosféry dopadá sluneční záření nerozptýlené, po kontaktu s atmosférou se však část rozptýlí a část zůstane přímou. Výkon záření dopadající na m^2 se poté skládá ze součtu těchto dvou záření – přímého a tzv. difúzního [1].

Faktorem ovlivňující energii záření dopadající na konkrétní plochu na Zemi je dále zeměpisná šířka, orientace plochy vůči světovým stranám a úhel plochy, dále deklinace, která je způsobena sklonem zemské osy, výškou Slunce, dobou slunečního svitu a úhlem dopadu slunečního záření. Přímé ozáření plochy je poté ovlivněno i znečištěním ovzduší, které lze označit jako konstantu Z , která se pohybuje v rozmezí od asi 1,5 do 6, kde nejnižší hodnota je připsána horským oblastem, nejvyšší naopak oblastem průmyslovým [1].

1.2 Maximální sluneční záření v ČR

Již výše byly zmíněny faktory ovlivňující dopadající záření na konkrétní povrch na Zemi. Z nichž některé jsou neovlivnitelné má-li být v místě našeho bydliště využíván solární systém, a to jsou zeměpisná šířka, deklinace, výška Slunce nad obzorem, znečištění, úhel dopadu slunečního záření a doba slunečního svitu. Můžeme ovlivnit azimut plochy – tedy orientaci vůči světovým stranám a úhel sklonu plochy.

Optimální azimut plochy je pro maximum dopadajícího záření jih, jelikož z toho směru dopadá sluneční záření v největší intenzitě, případně na jihozápad, jihovýchod. Z hlediska sklonu panelu je v České republice udáván úhel 35° , ani tento úhel však není striktní [1]. Viz obrázek 1, který popisuje změnu sklonu panelu a změnu azimutu od jižní světové strany v závislosti na ročním výnosu energie.



Obrázek 1: Graf ročního úhrnu solární energie v závislosti na orientaci a sklonu [15].

2 Fotovoltaika

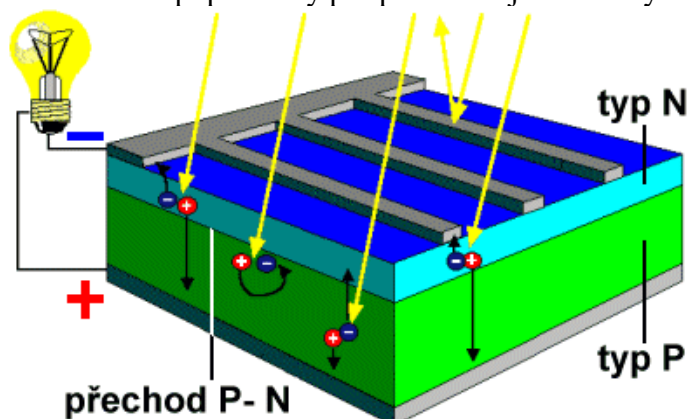
Fotovoltaika je odvětví solární energie zabývající se přeměnou slunečního záření na elektrickou energii pomocí fotovoltaického jevu na fotodiodách, viz níže. Diody jsou nazývány fotovoltaickými články, které se zapojují do větších celků – panelů. Celkový instalovaný výkon tvořil v České republice v roce 2020 asi 10 % energetického mixu a každý rok podíl solární energie narůstá [4]. Nárůst lze přičíst mnoha důvodům. Možné touze po energetické soběstačnosti, nezávislosti na distribuční síti v případě výpadku, celkově zvyšujícím se cenám energie, z ekologických důvodů a uvědomění, že některé zdroje, které nyní využíváme nejsou nevyčerpatelné. Pro některé výstavby fotovoltaické elektrárny byla a je důvodem finanční stránka, tedy že tuto energii lze prodávat, a to přesto, že výkupní ceny mnohonásobně klesly od roku 2011. Zřejmě i z tohoto důvodu každým rokem procentuálně narůstá převážně výstavba malých fotovoltaických elektráren s nízkým výkonem především pro vlastní potřeby rodinných domů.

2.1 Fotovoltaický jev

Principem každého fotovoltaického systému, tedy výroby elektrické energie ze Slunce je tak zvaný fotovoltaický jev, který poprvé pozoroval Edmond Becquerel v roce 1839 mezi osvětlenými elektrodami [2]. Velice zjednodušeně je základem každého solárního článku rozhraní dvou materiálů, na něž dopadá světlo, tím vzniká elektrické napětí a uzavřením obvodu je získán elektrický proud.

Polovodič je látka, která při zvýšení teploty či nasvícení mění své vlastnosti – chová se spíše jako vodič, tedy zvyšuje svoji vodivost. Mezi vlastnosti polovodičů patří, že ve valenční sféře obsahují čtyři elektrony. Přenos elektrického proudu obstarávají elektrony a díry. Polovodič typu p vznikne přidáním trojmocného prvku, chybí tedy jeden elektron a majoritním nosičem jsou díry. Polovodič typu n vznikne přidáním pětímocného prvku do struktury polovodiče a tvoří vrstvu s nadbytkem elektronů, které jsou majoritním nosičem. Rozhraním dvou materiálů je poté myšlený polovodič s takzvaným p-n přechodem. Elektrony z polovodiče, kde je jich více přecházejí po kontaktu s fotonem ze slunečního záření rozhraním do polovodiče s jejich nedostatkem. Z tohoto důvodu se na rozhraní – přechodu p-n, vytvoří elektrické pole, které má za následek oddělení elektronů a „děr“, díky čemuž vznikne na sběrných místech rozdíl potenciálů, tedy elektrické napětí. Tyto oblasti jsou spojeny s vodičem a zařazeny do obvodu s jednoduchým spotřebičem. Energie fotonu se přetvořila v energii elektrickou, ve stejnosměrný elektrický proud [2].

Na obrázku 2 lze vidět tento popisovaný p-n přechod a jednoduchý elektrický obvod.



Obrázek 2: P-N přechod [7].

2.2 Fotovoltaické články

Fotovoltaické články tvoří část solárního panelu, ve kterém se spojují sérioparalelně do modulů pro zvýšení napětí a proudu a tím výkonu celého panelu. Využívají výše zmíněný fotovoltaický jev. Povrch článků je kryt sklem a ze spodní strany obvykle hliníkem pro vyšší účinnost, odolnost vůči větru a vyšší životnost článku. Velikost jednoho článku je v řádu desítek centimetrů čtverečních.

2.2.1 Typy článků

Fotovoltaické články můžeme rozdělit do kategorií dle různých kritérií, například dle typu generace, dle využívaných polovodičů nebo dle typu výroby.

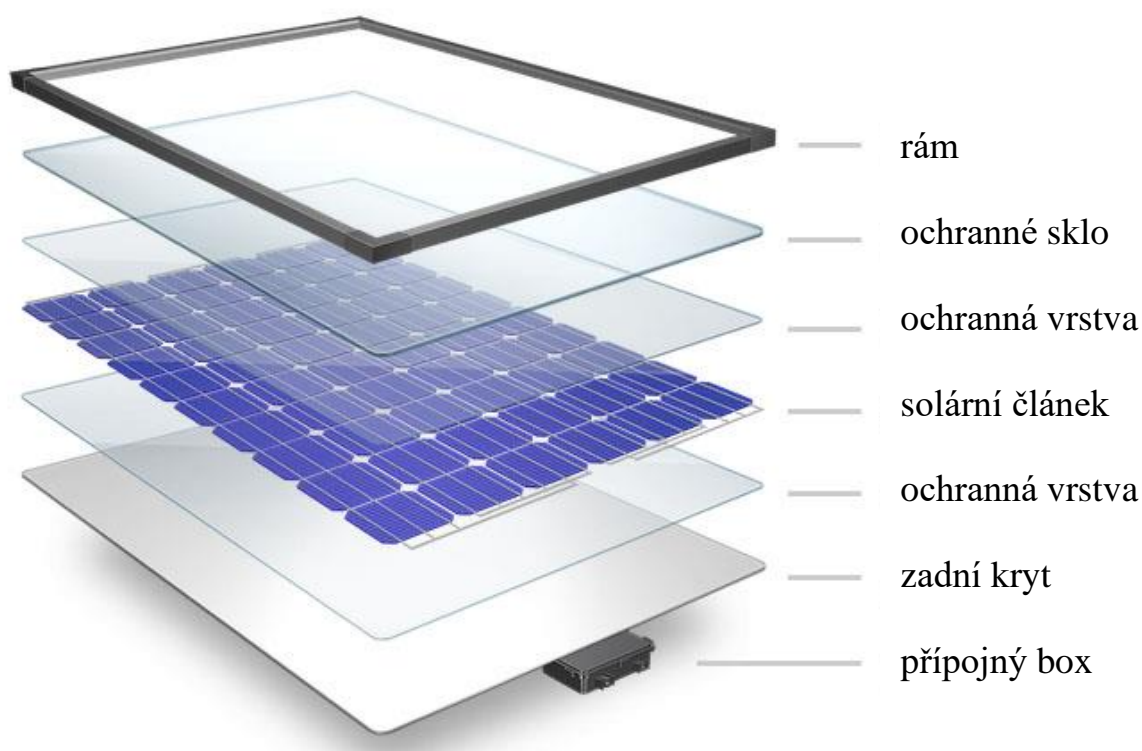
Nejpoužívanějšími články pro velké instalace jsou křemíkové články první generace. Tento prvek má vlastnosti polovodiče a dokáže absorbovat sluneční záření. Křemíkové články jsou používány jako monokrystalické, tedy z velice čistého křemíku, v podobě destiček, kde se účinnost pohybuje od 13 do 17 % [2]. Jedná se o technologicky složitou výrobu těchto dílů z různě velkých válcových ingotů, které se řezou na tenké plátky. Účinnost toho typu článku je nejvyšší, avšak kvůli složité výrobě a velké spotřebě křemíku patří tyto články i k nejnákladnějším.

Takzvaná druhá generace článků používá jako hlavní prvek také křemík, amorfni, tedy bez dané krystalické struktury, mikrokystalický křemík, případně smíšené materiály. U polykrystalických článků nejčastější příměsí bývá fosfor nebo bor, bavíme se o takzvaném „dopování křemíku“. Účinnost polykrystalických křemíkových článků se uvádí obvykle v rozmezí od 12 do 16 % [2]. Cílem této generace článků bylo snížit náklady v podobě velice čistého křemíku, bohužel na úkor účinnosti a menší stability výkonu. Množství křemíku v těchto článcích může být až stonásobně nižší než v monokrystalických článcích první generace. V některých případech užíváme pro tyto články název „thin-film“, protože absorbující vrstva je velice tenká [5].

Třetí generace se neustále vyvíjí. Jedná se o systém více vrstev, kde každá vrstva pohlcuje jiný typ záření, případně o použití jiných materiálů, například organických polymerů, které využívají organické směsi uhlíku. Důvodem pro vývoj třetí generace článků je zvyšování cen křemíku. Zároveň jde o koncentraci co největšího záření do daného místa, ať už pomocí odrazů z různých odrazných ploch, nebo výrobu článků, a i panelů v různých tvarech. Častým jevem je, že se vyrábí vrstva i naspod článku a pod panelem odrazová vrstva. Tyto panely mají teoreticky největší účinnost, ovšem často jsou velice nákladné, a tak tento faktor ne přímo vypovídá o návratnosti nákladů. Existují i články z nanovláken, které jsou obvykle z oxidu titaničitého s vrstvou molekul na povrchu, které při osvětlení zachytí foton, který přemění na elektrický proud dle výše popsaného fotovoltaického jevu (kap. 2.1). Na těchto článcích mimo jiné pracují i čeští vědci z Liberce ze společnosti Elmarco [6]. Jejich výhodou má být fungování za snížených světelných podmínek. Například tedy i v našem podnebném pásmu v období zimy. Navíc mohou být i z průhledné fólie, což by byl obrovský posun. Dle slov ředitele ze společnosti Elmarco mohou být v budoucnu solární panely využívány na oknech [6].

2.3 Fotovoltaické panely

Solární panel je tvořen solárními články, které jsou spojovány sérioparalelně pro požadovaný výkon, který se u jednotlivých panelů liší. Jsou vyráběny v několika typech výkonu a je to s plochou a účinností nejdůležitější parametr panelu. Solární články jsou uzavřeny v panelu z vrchní strany pomocí ochranné vrstvy, ochranného skla a rámu a ze spodní strany pomocí ochranné vrstvy a zadního krytu – viz obrázek 3. Tyto vrstvy chrání panel před okolními vlivy, před větrem, sněhem, nečistotami. Součástí panelu jsou rovněž bypassové diody a blokující dioda, které jsou umístěny v přípojném boxu. Bypass diody slouží k odpojení části panelu, pokud je zastíněn případně porušen. Blokující dioda slouží k odpojení panelu, pokud je zastíněný případně porušený kompletně. Brání průtoku proudu špatným směrem.



Obrázek 3: Průřez panelem [8].

2.4 Solární systémy

Solární článek nebo i solární panel má sám o sobě malé užití, a to v podobě drobných aplikací jako například solární nabíječky, světelné zdroje, dopravní informační tabule, parkovací automaty a doplňky například na kempování. Mnohem vyšší využití mají systémy s většími výkony, proto jsou panely obvykle spojovány do solárních systému pro různá užití. V podkapitolách této práce je uvedeno nejběžnější rozdělení těchto systémů, a to na ostrovní a síťové provozy.

2.4.1 Ostrovní provozy

Setkáme se s názvy solární ostrov, ostrovní systém, z angličtiny pojem „off grid“ a jiné, ale vždy jde z praktického hlediska o rovněž aplikaci a využití slunečního záření. Principem těchto systémů je využití energie pouze pro své vlastní potřeby a bez připojení k distribuční síti. Nejčastěji se s těmito zařízeními můžeme potkat na horských chatách, a celkově na místech, kde by přívod distribuční elektrické sítě byl problematický nebo finančně náročný. Tato aplikace obvykle obsahuje akumulátor pro možnost následného využití energie. Také se tyto systémy většinou nespolehnají jen na energii od Slunce, ale často jsou kombinované například s energií větrnou, případně s agregátem neboli elektrocentrálou, která jako palivo používá olejovou směs s benzínem. Za ostrovní provoz můžeme považovat i veškerá zařízení, která se užívají ve vesmíru, nejen družice, ale také různé typy výzkumných vozů, vesmírní roboti a jiné. Kosmonautika byla prvním oborem, kde byly fotovoltaické panely uplatňovány.

2.4.2 Síťové provozy

Tento typ systému je připojen k distribuční síti, proto také opět z angličtiny pojem „on grid“. Lze jej dále dělit dle různých zapojených komponent až po hledisko, zda se přebytek solární energie vrací do distribuční sítě či ne. Tyto systémy dnes fungují automaticky pomocí řízení síťového střídače. Pokud panely vytváří elektrický proud, odebírá se proud solární, pokud ne, začne se čerpat elektrická energie z distribuční sítě.

Ohledně prodeje jednotek energie je v ČR stanovena vždy výkupní cena, která činila například v roce 2007 13,46 Kč/kWh, avšak v roce 2013 už jen asi 2,83 Kč/kWh, mimo jiné platí od roku 2012 pravidlo, že jsou podporované pouze fotovoltaické elektrárny s instalovaným výkonem do 30 kW [4, 9]. Výkupní ceny pro rok 2020 a solární energii činily dle různých společností od asi 0,30 Kč/kWh do 1 Kč/kWh. Je však pouze na společnostech, zda s Vámi tuto dohodu o výkupu přebytečích uzavřou. Společnost E.ON například uzavírá tyto smlouvy jen pokud fotovoltaiku zbudovali jejich subdodavatelé. Elektrárny s vyšším výkonem mohou a nemusí být podporovány, záleží na společnosti, která se rozhodne dle instalovaného výkonu a navrhne výkupní cenu. Druhou variantou je Zelený bonus, který je garantovaný zákonem. Tato varianta je uplatňována, pokud většina vyrobené energie je v místě i spotřebována a do distribuční sítě se vrací pouze malá část, přebytky. Výše Zeleného bonusu je v Kč/MWh každoročně stanovena Energetickým regulačním úřadem [9].

Pokud přebytky energie nebudou prodávány a jedná-li se o systém připojený k distribuční síti, nazývá se systémem hybridním. Přebytky, které přes den vzniknou se ukládají do akumulátorů pro večerní a noční spotřebu, případně jsou využívány k předehřevu teplé vody.

3 Komponenty pro fotovoltaické systémy

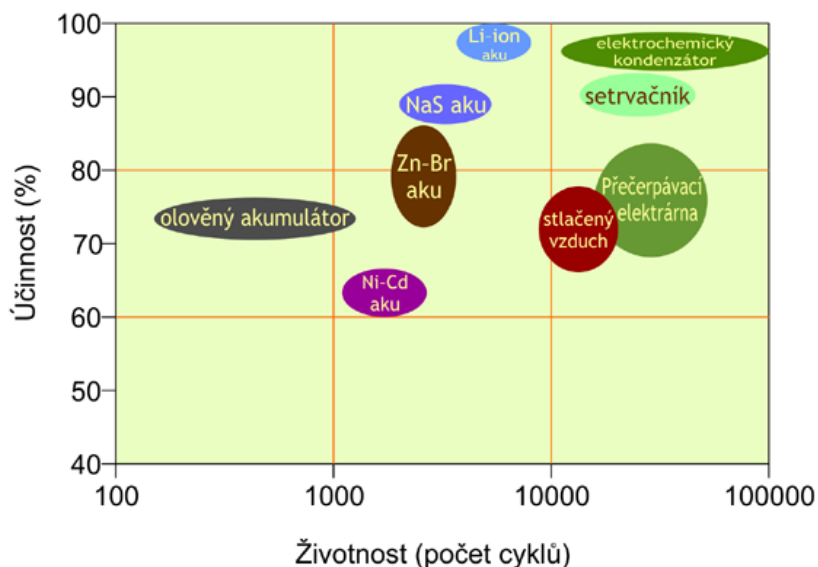
3.1 Měnič

Výstupem ze solárního panelu je stejnosměrný proud, měnič neboli střídač či z angličtiny inventar, přeměňuje stejnosměrný proud na střídavý. Rovněž měnič upravuje napětí na obvykle stálých 230 V a slouží také jako ochranný prvek. Střídač pozoruje napětí a frekvenci a při porušení stanovených podmínek elektrárnu odpojí. Jedná se o ochranu proti přetížení, síťovou ochranu atd. Finančně náročněji pořízený měnič v sobě bude obsahovat zřejmě MPPT, což je z angličtiny zkratka pro „Maximal power point tracker“. Jedná se o zařízení, které monitoruje okamžitý výkon panelů a hledá optimální pracovní bod pro napětí a změnou vstupního odporu dokáže zvýšit množství energie, kterou můžeme následně využít. Můžeme jej pořídit i zvláště jako samostatnou komponentu.

Střídače se prakticky rozdělují na jednofázové a třífázové a třífázové následně na symetrické a asymetrické. Jednofázový střídač bývá užíván při elektrárnách s menším výkonem, případně v bytech, které mají často jednofázové rozvody. Při kombinaci tří fází, které mají být napájeny ze solárního zdroje je třeba střídač třífázový. Rozdíl mezi asymetrickým a symetrickým je, že symetrický střídač rozděluje energii mezi fáze rovnoměrně, kdežto asymetrický dle aktuálních potřeb. V případě že se tedy jedná o třífázové rozvody, které mají být napájeny ze solárního zdroje a nejsou ve fázích vyrovnané spotřeby, je třeba pořídit cenově náročnější asymetrický třífázový střídač [10].

3.2 Akumulátor

Dalším nejčastěji užívaným zařízením je akumulátor. Důvodem je špatné načasování slunečního svitu. Energie je nejvíce potřeba v zimě, večer – na vytápění či teplou vodu, ale nejvíce jí je ze solárních zdrojů získáváno ve dne. Energie se dá kumulovat pouze pokud je přeměněna na jinou, která jde případně přeměnit zpět na energii elektrickou v době potřeby. Těchto principů již existuje mnoho. Na obrázku 4 lze vidět porovnání životnosti a účinnosti jednotlivých typů ukládání energie.



Obrázek 4: Typy akumulace energie [11].

Jednou z možností, jak kumulovat energii dlouhodobě, je přeměnit ji v energii potenciální, a to v podobě přečerpávacích zásobníků, tedy propojit elektrárnu solární s přečerpávací. Když přes den je vyráběno energie přebytek, přečerpáme jím vodu přes čerpadlo do vrchní nádrže. Jakmile dojde k tomu, že je elektrická energie opět potřeba, voda z horní nádrže je přečerpávána přes vodní turbínu do dolní nádrže, čímž se potenciální energie přemění na kinetickou a následně zpět na elektrickou energii. Největší výhodou tohoto systému je právě dlouhodobé uchování energie, které u většiny ostatních typů je problémem.

Dalším způsobem dlouhodobé kumulace energie, je prakticky obdoba baterie, avšak jde o elektrolyzu vody a ukládání vzniklého vodíku. Velkou výhodou výroby vodíku je, že lze ve vhodných lahvích/zásobnících skladovat i velmi dlouhou dobu a nedochází k jeho úbytku. Nevýhodou je nutnost dalšího zařízení ke zpětné výrobě elektřiny – palivového článku. Celková účinnost této soustavy je asi 50 % a také hrozí potenciální nebezpečí, jelikož vodík se vzdušným kyslíkem tvoří výbušnou směs [11].

Podoba přeměny na energii kinetickou se skrývá v zařízení nazývaném setrvačnický, který je propojen s motorem a generátorem. Pokud je energie vyráběno přebytečné množství, setrvačnický se roztáčí, naopak pokud je energie potřeba, generátorem je setrvačnický brzděn. Na tento speciální setrvačnický jsou kladeny vysoké nároky. Bývá umístěn ve vakuu kvůli tření, rotor je z velmi kvalitního materiálu a jako ložiska jsou užitá ložiska magnetická, to kvůli tomu, že musí být dosaženo velmi vysokých otáček [9, 11].

Nejčastěji využívané uchování energie se nachází v bateriích. V tomto systému lze uchovat energii v chemické sloučenině a těchto sloučenin, a tím pádem i typů baterií se na trhu vyskytuje nemalé množství. Bohužel baterie mají nevýhody. Jednou z nich je nemožnost dlouhodobého uskladnění energie. U baterií dochází k samovolnému vybíjení. Dokážou akumulovat energii dny, nejvíce týdny. Například v zimě v období dlouhodobého malého množství dopadajícího slunečního záření baterie nepokryjí spotřeby. Druhou nevýhodou je poměrně nízká životnost baterií, viz obrázek 4 v úvodu této kapitoly. Typy baterií:

- olověné baterie – olověné akumulátory patří k cenově nejdostupnějším, nevýhodou však je jejich nízká životnost a poměrová hmotnost, tedy poměr energie, kterou dokážeme uchovat v 1 kg [10, 11],
- lithium-iontové baterie – lithium je proti olovu prvek, který méně ohrožuje životní prostředí a také je značně vyšší poměrová hmotnost lithia proti olovu. Jde o velmi lehký kov. Pro tuto vlastnost jsou lithiové akumulátory zřejmě zastoupeny v mobilních telefonech či notebookách. Jako nevýhoda a důvod proč nejsou více využívané může být označena vysoká cena a citlivost na podmínky během nabíjení a vybíjení [10, 11],
- další typy baterií – ostatní, méně užívané typy baterií jsou sodík-sírové, sodík-sírnaté, sodík-iontové, nikl-kadmiové, nikl-metal hydridové, baterie z nanomateriálu nebo baterie z elektro automobilů po jejich primárním využití, protože v domácnostech nejsou tak vysoké požadavky jako u automobilů. Baterie s obsahem sodíku jsou nyní zřejmě nejvíce se rozvíjející, a to kvůli podobnosti s lithiem a podstatně větší dostupnosti tohoto prvku [10, 11, 12]. Existují i baterie z nanomateriálu – v roce 2016 byla vybudována výrobní linka, která vyrábí baterii HE3DA s téměř ideálními parametry, účinnost baterie se pohybuje kolem 97 % a má poměrně vysokou životnost. Můžeme se dočíst i informace o možné budoucí spolupráci české společnosti vyrábějící tyto baterie se společností Tesla [12].

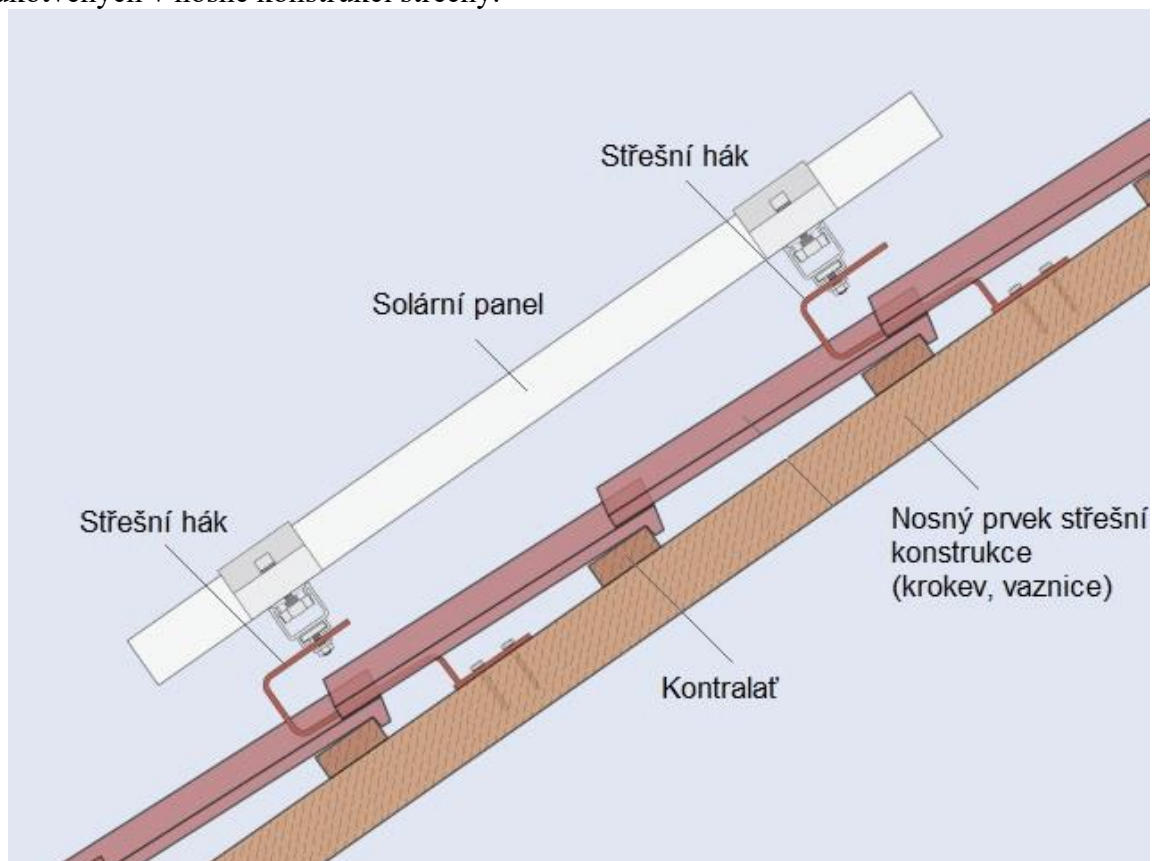
3.3 Programovatelný regulátor

Regulátor slouží k optimalizaci spotřeby a snížení doby návratnosti financí. Jde o monitorovací systém, který zajišťuje po naprogramování spínání zvolených spotřebičů (elektrického kotle, bojleru, akumulární nádrže atd.). Jedná se o systém, který maximalizuje využití elektrické energie. Jako příklad může být uveden Wattrouter Mx. Zařízení je možné využít před instalací fotovoltaické elektrárny k monitorování systému pro získání statistik k následnému snazšímu dimenzování solárního systému [13, 14].

3.4 Nosná konstrukce

Nejčastěji jsou na rodinných domech fotovoltaické panely instalovány na šikmé střeše, a to pomocí ocelových střešních háků. Pokud panely mají být využívány na plochých střechách či pozemku, je třeba obvykle hliníková nosná konstrukce v námi požadovaném úhlu. Pokud je k dispozici dostatečný prostor a potřeba více řad panelů za sebou, je třeba počítat s dostatečnými rozestupy mezi řadami, aby se panely vzájemně nezastiňovaly [8].

Na obrázku 5 lze vidět panel instalovaný na šikmé střeše pomocí střešních háků ukotvených v nosné konstrukci střechy.



Obrázek 5: Konstrukce panelu na šikmé střeše [16].

4 Fototermika

Solární energie se mění v tepelnou. Tuto přeměnu nazýváme fototermickou. Jedná se o jev, kdy sluneční záření absorbuje tuhá látka či kapalina a dochází k transformaci energie fotonu na pohyb molekul, tím pádem teplo. Tento děj je realizován pomocí solárních kolektorů (pojem kolektor je užíván z důvodu, aby se zamezilo zaměnitelnosti se solárním panelem) jako absorberů záření.

Kolektory můžou být rozděleny dle několika kritérií. Například dle teplotnosné látky, typu izolace, užití, přítomnosti krytu, či výplně – vzduch/vakuum. V této práci budou uvedeny nejběžnější typy bez ohledu na druh rozdělení.

4.1 Pasivní kolektory

Tento pojem zde bude spíše vysvětlen, protože ho lze zaznamenat. Již z významu slova pasivní vyplývá, že tento prvek není činný. Jedná se například o okna. Nejvíce slunečního záření je pasivně využíváno na skleníky, zimní zahrady. Existují však i pasivní sluneční domy, které jsou navrženy obvykle tak, že jižní strana domu je téměř prosklená, aby slunečních paprsků mohlo dům ohřát co největší množství.

4.2 Nekryté kolektory

Nekryté kolektory mají zásadní nevýhodu, a to citlivost na okolní vlivy. Na první dojem se může zdát plusem, že chybí sklo jako odrazová vrstva pro záření, ale jakmile vítr zvýší svoji rychlost, tepelné ztráty jsou obrovské. Nejčastější užití těchto nezasklených absorberů – rohoží, je v bazénových vybaveních pro ohřev vody, kde je obvykle zapojen solární ohřev do filtračního okruhu za pískovou filtraci.

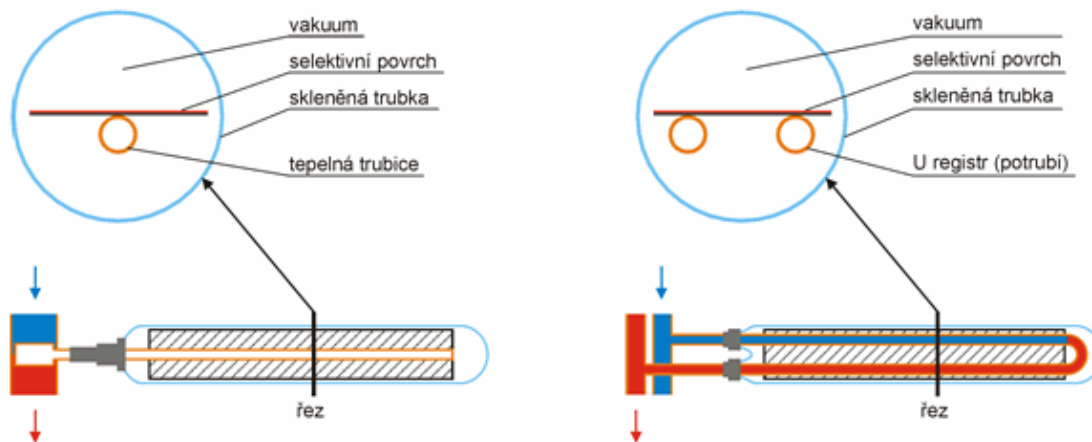
4.3 Ploché kolektory

Plochý kolektor je jeden ze dvou nejprodávanějších typů společně s vakuovým. Jedná se většinou o zasklený deskový kolektor s možnou selektivní vrstvou (viz kap. 5) s absorberem z kovu (nejčastěji měď, hliník), který se zahřívá a teplo odevzdává teplotnosné látce v trubkách. Mezi krytem a absorberem se nachází izolační vrstva, kterou může tvořit vakuum či vzduch. Pokud izolační vrstvu tvoří vakuum, tlak uvnitř kolektoru je nižší než tlak atmosférický pro snížení tepelných ztrát. Tyto kolektory se selektivní vrstvou jsou nejúčinnější ploché kolektory a jsou určeny k celoročnímu ohřevu vody a vytápění [18].

4.4 Trubicový vakuový kolektor

Trubicový kolektor je druhým nejprodávanějším typem kolektoru u nás. Někdy je také nazýván vakuovým. Vakuum tvoří izolační vrstvu v každé skleněné trubce zvlášť a uprostřed trubice se nachází plochý či válcový absorber. Kolektory se mohou lišit počtem stěn trubice nebo dle odvodu tepla tepelnou trubicí, případně „U“ smyčkou. Dle různých měření se jedná o kolektor s nejvyšší účinností. Na rozdíl od plochého kolektoru má trubicový kolektor menší absorpční plochu, však mnohem lepší izolační vlastnosti. Menší tepelné ztráty jsou kolektoru ku prospěchu v období chladnějšího počasí, ale například v zimních měsících, při sněhové pokrývce je izolace tak silná, že vrstva sněhu neroztaje a kolektor je vyřazen z provozu.

Na obrázku 6 lze vlevo vidět kolektor s tepelnou trubicí, ve které je absorpční plocha propojena s výparníkem. Pracovní médium se ohřeje v tepelné trubicí, ve výparníku se odpaří, pára zkondenzuje a uvolní teplo, které teplotonosná kapalina odvede do místa potřeby. Na obrázku vpravo se jedná o U trubicí, kterou přímo protéká teplotonosná látka, červená barva označuje vyšší teplotu teplotonosné látky, modrá nižší [18, 19].



Obrázek 6: Selektivní (viz kap. 5) trubicový kolektor s tepelnou trubicí (vlevo) a „U“ smyčkou (vpravo) [17].

4.5 Aktivní solární kolektor vyroben svépomocí

Kolektor si lze vyrobit i doma, kvůli nevysoké účinnosti však například na venkovní sprchu, ohřev bazénu či ohřev vzduchu ve skleníku. Nejjednodušším zařízením může být obyčejná načerno natřená nádrž s vodou určená například k venkovní sprše k bazénu. Dalším vzduchový kolektor, který funguje na principu zákona, kdy platí, že teplý vzduch stoupá vzhůru a používá se obvykle na vytápění skleníku, případně chaty. Na obrázku 7 lze vidět vzduchový kolektor seskládaný z hliníkových plechovek, zasklený, ze kterého z vrchní části vede potrubí do domu a ve spodní z domu, opět celé zařízení natřené načerno.



Obrázek 7: Vzduchový kolektor domácí výroby [20].

5 Komponenty pro fototermické systémy

Do komponentů pro fototermická zařízení jsou kromě kolektorů zařazeny zásobníky teplé vody, teplonosné látky, čerpadlo a podobně. Každá soustava nutně nemusí obsahovat veškeré komponenty, záleží jen na zvoleném dimenzování, užití a možnostech.

Jednou z nepřímých komponent je selektivní vrstva, v této práci již byla označena, viz kapitola 4.4 a obrázek 6. Jedná se o tmavou vrstvu, která na rozdíl od obyčejného černého nátěru záření velmi dobře vstřebává, ale zároveň si teplo udržuje a nevyzařuje ho do okolí. Emisivita u této vrstvy, například z TiNO_x , se pohybuje pod 5 % [22].

5.1 Teplonosná látka

Úkolem teplonosné látky je dopravit teplo, tedy získanou energii k solárním zásobníkům. Touto látkou může být vzduch, voda, různé směsi, vzácně i pevné látky. Pro nekryté kolektory (kap 4.2) je užívána voda. Pro funkci ohřevu vody a vytápění je v klimatických podmínkách České republiky nejvíce využívána tekutá teplonosná látka nemrznoucí. Tyto nemrznoucí směsi mohou časem degradovat, obvykle kvůli přehřívání, obsahu kyslíku, a je tedy nutné je měnit. Jde o velmi důležitý faktor, který má nemalý vliv na účinnost. Užívané teplonosné směsi:

- směs vody a etylenglykolu

Etylenglykol patří mezi velmi toxické látky. Při jeho použití musí být důkladněji oddělen okruh pitné vody od teplonosné kapaliny. Užití této směsi je zastaralé a na ústupu [23].

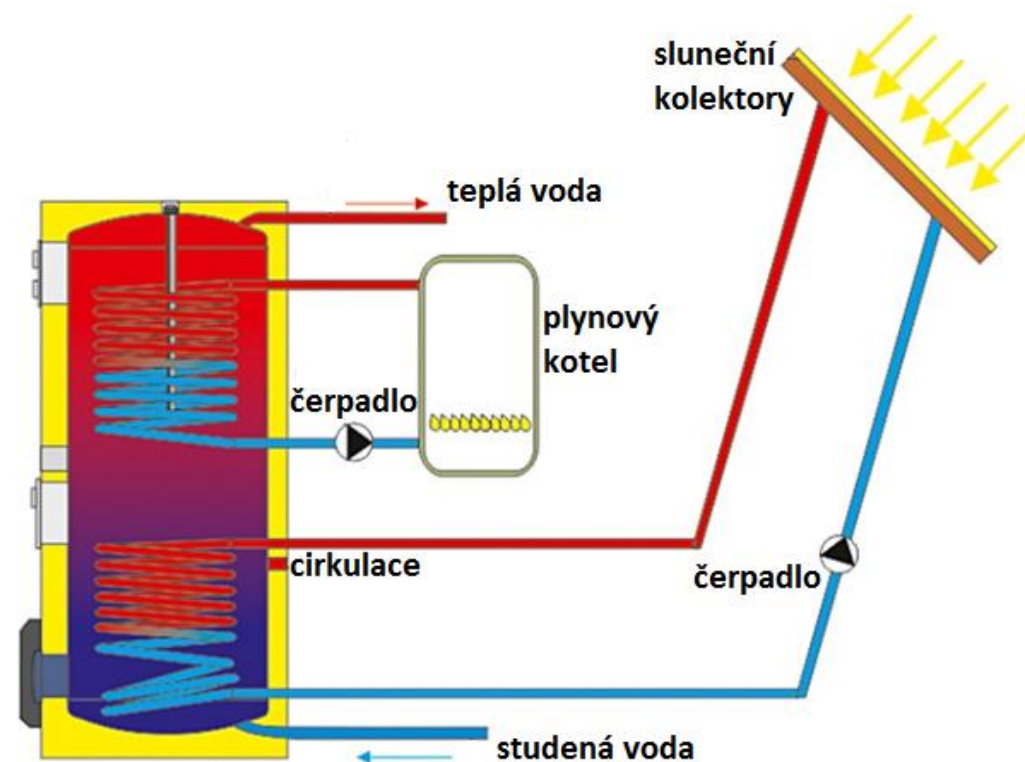
- směs vody a propylenglykolu.

Nejvyužívanější teplonosná látka v České republice. Tato netoxická směs je míchána také s vodou, v poměru asi 1:1, dle požadované teploty tuhnutí. Přidávanou látkou jsou také organické i anorganické inhibitory, které brání korozi potrubí [23].

5.2 Solární zásobník

Srdce solární soustavy. Teplonosná látka ohřátá v kolektorech vtéká do tepelného výměníku a do spodní topné spirály uvnitř zásobníku, kde ohřívá vodu. Poté se teplonosná kapalina vrací zpět do kolektoru. Teplá voda v zásobníku stoupá a lze ji odtud odebrat k použití. Většina zásobníků má i horní topnou spirálu, která je napojena na druhotný zdroj ohřevu – plynový kotel, kotel na pelety a podobně, ten se poté nazývá bivalentním. Důležitým parametrem zásobníků je izolační vrstva. Tloušťka této vrstvy se stanovuje optimalizačním výpočtem, kde základním parametrem je měrná tepelná ztráta, o které rozhoduje materiál povrchu a tvar a plocha zásobníku [1].

Na obrázku 8 je zobrazen bivalentní zásobník připojený k solárním kolektorům a plynovému kotli.



Obrázek 8: Bivalentní zásobník teplé vody [21].

Dle typu užití zásobníky můžeme také rozdělit na:

- zásobníky teplé vody
V rodinných domech slouží přímo jako zdroj pitné vody, musí splňovat hygienické požadavky [1].
- zásobníky otopné vody
Slouží především pro využití v kombinovaných zařízeních pro ohřev teplé vody k vytápění [1].
- kombinované zásobníky.
V kombinaci zásobníku pro teplou vodu a otopné vody k vytápění je největší výhodou ušetření prostoru. Zásobník obvykle mívá v těle otopnou vodu, a i další menší nádrž pro teplou vodu případně teplou vodu v trubkovém výměníku [1].

5.3 Regulátor

Součástí regulátoru jsou teplotní čidla, která musí být odolná vůči vysokým teplotám (dle zvoleného typu kolektoru) a teplotní spínač. Čidla monitorují teploty teplotnosného média v kolektorech a v zásobníku. Jakmile dojde k situaci, že v kolektorech je vyšší teplota než v zásobníku, teplotní spínač sepne čerpadlo. Proti častému spínání a vypínání čerpadla má regulátor nastaven tzv. hysterezi, což je teplotní rozdíl mezi zapnutím a vypnutím [1, 2].

V kombinovaných systémech (ohřev teplé vody i vytápění) regulátor řídí do kterého obvodu teplotnosné médium nasměruje. Pokud je teplota média příliš nízká na ohřev teplé vody, regulátor přepne na ohřev topného systému a předehřívá topnou vodu vracející se do kotle [1, 2].

5.4 Čerpadlo

Oběhové odstředivé čerpadlo slouží k dopravení teplotnosné látky ze zásobníku zpět do kolektoru. Musí být odolné vůči vysokým teplotám a je jeho úkolem překonávat tlakové ztráty. Charakteristiky čerpadel, které uvádí výrobce jsou často uvedeny pro kapalinu s jinou viskozitou, než je viskozita námi užívaného teplotnosného média. Je třeba věnovat těmto charakteristikám pozornost. Pracovní bod čerpadla by měl obecně ležet v oblasti jeho největší účinnosti [1, 25].

5.5 Expanzní nádoba

Expanzní nádoba patří k velmi důležitým prvkům pro prodloužení životnosti teplotnosného média i celé solární soustavy. Dovoluje změny objemu teplotnosné kapaliny, které vznikají vlivem teplotní roztažnosti, bez ztrát či zvýšení tlaku. Jedná se o nádobu z kovu, uprostřed s pružnou membránou, která odděluje teplotnosnou kapalinu a stlačený plyn – nejčastěji dusík. Teplotnosná látka se při zahřívání roztahuje a stlačuje dusík. Expanzní nádoba musí být dimenzována dle objemu kolektorů, objemu teplotnosného média ve studeném stavu, součinitele objemové roztažnosti média atd. Na trhu se expanzní nádoby vyskytují v řadě standartních objemech od asi 10 litrů [1, 2].

5.6 Potrubí

Nejčastěji jsou kvůli teplotnosným kapalinám užívána měděná potrubí, které s nejpoužívanější glykolovou směsí nereagují. Navíc u mědi lze užít proces měkkého letování. Při instalaci je však třeba počítat s tepelnou roztažností, která je při rozdílu teploty o 100 K asi 1,7 mm na metru [25].

5.7 Nosná konstrukce

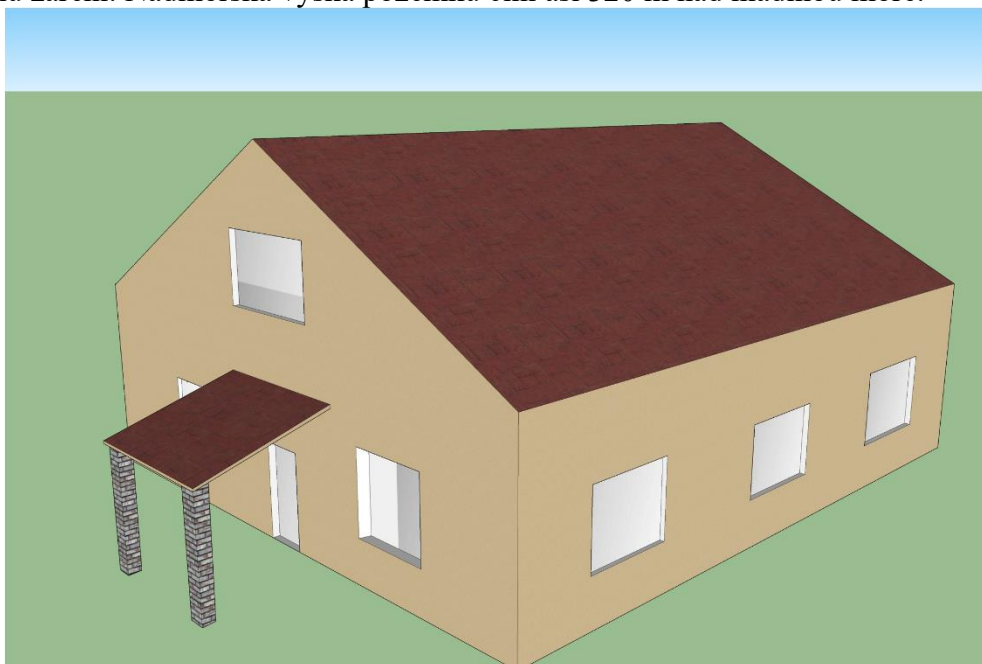
Kolektory mohou být instalovány rovněž jako solární panely na rovných i šikmých střeších, površích. Případně i na fasádě domu. Ke střeše domu se kolektory montují nejčastěji pomocí ocelových háků do nosné konstrukce střechy. Zatížení střechy od solárního systému je v tomto případě asi 20–25 kg/m², což by pro nosnou konstrukci šikmé střechy neměl být problém, v některých případech však je nutné vypočítat statický posudek, zda například na plochou střechu kolektory mohou být umístěny.

6 Výpočtová část

Výpočty zahrnují varianty A, B, jejich kombinaci, společný úvod a společnou modelovou domácnost, která bude skutečně realizována. Aktuálně je řešeno stavební povolení. Stavba nebude mít přesně totožné prvky některé z variant, je možné, že bude kombinací těchto prvků s tepelným čerpadlem, výsledky však budou zohledněny a části výpočtu v praxi použity.

6.1 Umístění rodinného domu

Pozemek určený ke stavbě domu leží asi 25 km severozápadně od Brna v obci Železné. Půdorys domu činí 8×9 m a obyvatelná plocha 126 m^2 . Polovina střechy se sklonem 30° je orientována na jihozápad, kde se v nejbližším okolí nevyskytuje žádná vysoká překážka slunečnímu záření. Nadmořská výška pozemku činí asi 320 m nad hladinou moře.



Obrázek 9: Jednoduchý model domu v programu Sketch Up [24].

6.2 Očekávané roční spotřeby elektrické energie a tepla

V modelové domácnosti je počítáno se dvěma osobami. Elektrická energie je využívána k pohonu běžných spotřebičů. Aby mohl být navrhnout správně dimenzovaný solární systém, je nutné znát průměrné roční spotřeby energií – elektrické a tepelné pro ohřev vody a vytápění. Spotřeby jsou v této práci počítány s všeobecně známými fakty, pomocí online kalkulaček, které jsou níže uvedeny a z fakturací z předchozích let, které však nemohou být využity plně, protože nynější dům není obydlen pouze dvěma osobami.

6.2.1 Elektrická energie

V tabulce 1 lze vidět spotřebiče, které požadujeme s jejich průměrnými příkony.

Tabulka 1: Spotřebiče, jejich elektrické příkony a měsíční doba provozu.

spotřebič	elektrický příkon	doba provozu
elektronický budík	3 W	NONSTOP, 24 h/den
playstation	120 W	0,2 h/den
soundbar	240 W	1,5 h/den
TV	65 W (*30 W)	8 h/den (*16 h/den)
notebook	25 W	3 h/den
monitor	30 W	1 h/den
nabíječka na mobil, 3ks	3 × 1 W	0,2 h/den
rádio	10 W	0,1 h/den
router	10 W	NONSTOP, 24 h/den
tiskárna laserová	500 W	0,02 h/den
elektrická trouba	830 W	0,5 h/den
lednice (energetická tř. A)	23 W	NONSTOP, 24 h/den
mikrovltná trouba	1000 W	0,03 h/den
mixér	700 W	0,02 h/den
myčka (energetická tř. A)	700 W	0,5 h/den
sklokeramická varná deska	2400 W	1,5 h/den
varná konvice	2000 W	0,08 h/den
holící strojek	5,4 W	0,03 h/den
pračka (energetická tř. A)	1000 W	0,3 h/den
sušička (energetická tř. A)	3500 W	0,1 h/den
stolní lampa	10 W	0,75 h/den
úsporné žárovky, 12ks	144 W	0,5 h/den
vysavač	1000 W	0,05 h/den
žehlička	240 W	0,02 h/den

Poznámka:

U spotřebičů s možností volby energetické třídy je při výpočtu volena energetická třída A jako nejnižší možná. Elektronické příkony jsou průměrné příkony daných zařízení, které jsou všeobecně známými hodnotami. Nejedná se o konkrétní spotřebiče.

*Hodnota u spotřebiče TV jsou hodnoty v závorkách platné pro tzv. stand by režim, kdy je TV vypnutá, ale stále připojena k síti.

Celkový roční provoz těchto spotřebičů s uvedenými příkony spotřebuje dle výpočtu 2 817 kWh. Do výpočtu však nebyly zahrnuty případné komponenty k solárním systémům. Celková spotřeba elektrické energie je tedy zaokrouhlena na 3 000 kWh/rok.

6.2.2 Teplo

Dle normy ČSN 06 0320 [1] je uvažována potřeba teplé vody $V = 0,082 \text{ m}^3/(\text{osoba} \cdot \text{den})$, což z kalorimetrické rovnice při použití $t_0 = 15 \text{ °C}$ jako teploty studené vody a $t_1 = 60 \text{ °C}$ jako teploty požadované teplé vody odpovídá denní spotřebě tepla $4,3 \text{ kWh}/(\text{osoba} \cdot \text{den})$. Roční spotřeba tepla pro ohřev teplé vody tedy činí pro dvě osoby $3\,139 \text{ kWh/rok}$.

K přesnému výpočtu tepla potřebného k vytápění je nutné znát spoustu vstupních hodnot – solární zisky okny, vliv akumulace tepla, vlastnosti materiálů všech konstrukcí atd. Velmi důležitá vstupní hodnota je tepelná ztráta objektu, kterou však u ještě nepostaveného domu nelze získat. Potřeba tepla a tepelné ztráty jsou počítány dle internetové kalkulačky [35]. Kde pro lokalitu Brna je venkovní výpočtová teplota uvedena jako -12 °C , střední venkovní teplota topného období jsou 4 °C a počet dnů topného období 232, což odpovídá počtu topných dnů v obci Železné. Ve výpočtu je zvolena poloha objektu v krajině, míra prosklení objektu, vytápěná plocha objektu a průměrná konstrukční výška. Pro navolené hodnoty a plochu objektu dle modelového domu byly vypočteny hodnoty dle typu staveb, částečně viz tabulka 2.

Tabulka 2: Tepelné ztráty objektu a potřeba tepla k vytápění dle typu stavby [35].

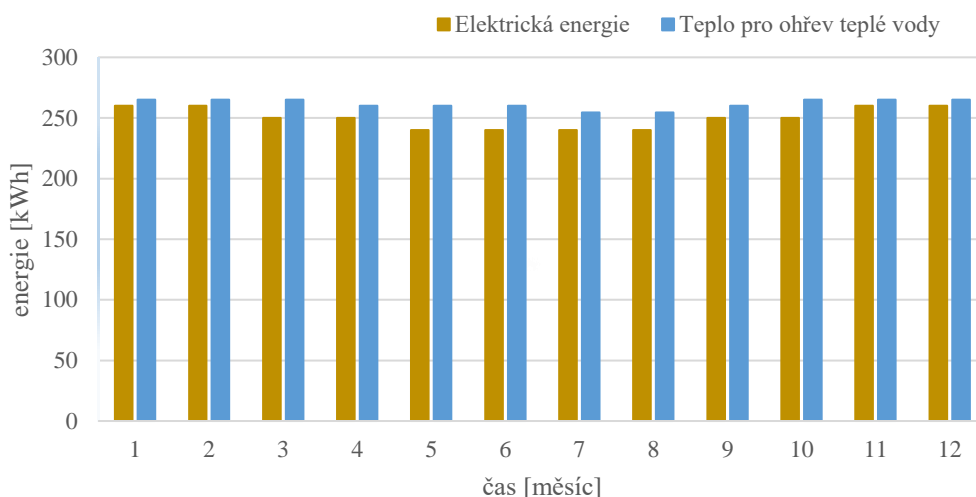
typ domu	tepelná ztráta objektu	potřeba tepla
Pasivní	1,2 kW	1890 kWh/rok
Nízkoenergetický	3,5 kW	4410 kWh/rok
Splňující současné požadavky	6,9 kW	15 048 kWh/rok

Reálná hodnota potřeby tepla stavby bude reálně mezi hodnotami nízkoenergetického domu a domu plnícího aktuální požadavky. Proto je pro výpočet potřebného tepla volena hodnota $10\,000 \text{ kWh/rok}$.

Solární zdroje nebudou počítány jako primární zdroj pro vytápění, proto tento odhad nemá vliv na zkrácení hodnot.

6.2.3 Spotřeby v jednotlivých měsících

Pro další výpočty je třeba znát spotřeby v jednotlivých měsících v roce. V teplých měsících, tedy od května/června do srpna/září je spotřeba tepla pro ohřev teplé vody i spotřeba elektrické energie dle fakturací z předchozích let mírně nižší. Změna spotřeby je zaznamenána na obrázku 10, který rozděluje celoroční spotřeby vypočtené v kapitolách 6.2.1 a 6.2.2 do jednotlivých měsíců v roce.



Obrázek 10: Spotřeba elektrické energie a teplé vody v jednotlivých měsících.

6.3 Varianta A – solární panely

Výkon panelů je udáván v jednotkách kWp, jedná se o špičkový výkon při ideálních podmínkách, teplotě okolí 25 °C a intenzitě záření 1000 W/m². Roční reálná hodnota je nižší než tento výkon udávaný. Obvyklé hodnoty intenzity záření jsou 800 W/m² a teploty kolísavé [36]. Z tohoto důvodu existuje parametr, přepočít předpokládané vyrobené energie ročně v jednotce kWh/kWp, a tou je obvykle hodnota 980 kWh/kWp. Zároveň ale v některých letních měsících mohou panely překročit spotřebu domu, z tohoto důvodu se elektrárny instalují v nižším výkonu, než je roční spotřeba, aby přebytků nebylo příliš velké množství [37].

Z důvodu, že se jedná o elektrárnu do 10 kWp, nevztahuje se na ní povinnost vlastnit licenci k provozu. Zároveň se jedná o velikost elektrárny, která může být podpořena dotací Nová zelená úsporám.

6.3.1 Zvolený fotovoltaický systém

Volený fotovoltaický systém bude při větším množství vyráběné elektřiny přebytky využívat k předehřevu teplé vody, případně ke klimatizaci. Systém tedy nebude obsahovat akumulátor. Skládá se ze solárních panelů, střídače, regulátoru a nádrže teplé vody.

Solární panel byl zvolen monokrystalický typ EXE Solar black 450 Wp o rozměrech 2 094 × 1 038 mm a výkonu od 450 Wp [32] pro svoji účinnost a vizuální vzhled. Při koupi 6 ks panelů celkový výkon elektrárny činí 2,7 kWp. Tyto panely bez problémů mohou být umístěny na jižní stranu střechy domu o rozměrech 9 × 4,6 m. Pro malé výkony elektráren jsou doporučovány jednofázové střídače. Poté ale tedy nemohou být fotovoltaickým systémem napájena některá zařízení. V tomto případě se jedná elektrický sporák, kde bude fotovoltaikou napájena jen jedna ze tří fází a zbylé dvě budou napájeny z distribuční sítě. Do sestavy byl zvolen měnič značky Fronius pro fotovoltaický systém do 3,1 kWp, který obsahuje webserver. Jedná se o Solární měnič Fronius Galvo 3.1-1 [33], byl zvolen pro svoji nízkou hmotnost a velikost. Jako regulátor kvůli optimalizaci byl navržen do systému Watrouter Mx – model WRMx s měřicím modulem a SSR polovodičovým relé kvůli dobrým recenzím a doporučením [34]. V těchto případech, kdy se jedná pouze o vyrovnávání výkonu ve většině případů není potřeba velký bivalentní zásobník atd. Lze použít běžný stávající zásobník, případně bojler jako předehřev například před plynový kotel. Z těchto důvodů nebude zásobník počítán do výdajů za solární systém.

6.3.2 Pořizovací hodnota fotovoltaického systému

Tabulka 3: Pořizovací hodnota fotovoltaického systému včetně DPH.

Fotovoltaické panely EXE Solar black Wp, 6 ks [32]	28 740 Kč
Střídač Fronius Galvo 3.1-1 [33]	28 381 Kč
Regulátor Wattrouter Mx – model WRMx [34]	8 390 Kč
Kabely, háky, ostatní příslušenství	10 000 Kč
Cena celkem	75 511 Kč
Maximální možná dotace NZÚ (50 % výdajů)	37 755 Kč
Cena po odečtení dotace	37 756 Kč

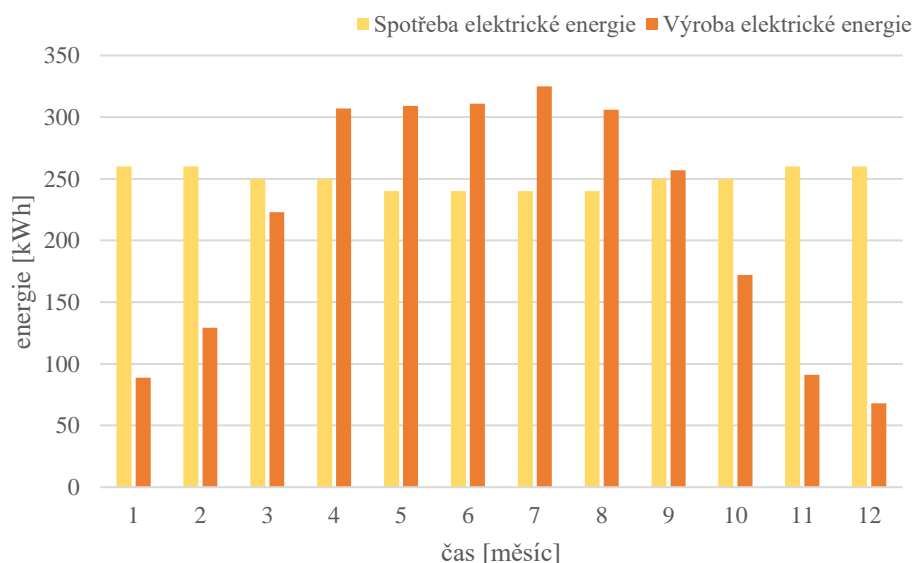
Poznámka:

Cena za ostatní příslušenství je hrubý odhad. Jedná se o kabeláž a konstrukční upevnění na střechu domu.

Maximální možná dotace činí 55 000 Kč, avšak s podmínkou – maximálně 50 % výdajů.

6.3.3 Reálná elektrická energie ze solárních panelů ročně

Výkon solárních panelů je závislý na době a intenzitě denního svitu. V letních měsících je očekávaný výkon vyšší než spotřeba elektrické energie. Tyto měsíční úhrny energie byly získány ze serveru [38]. Očekávané spotřeby a výkony elektrické energie, viz obrázek 11.



Obrázek 11: Spotřeba a výroba elektrické energie v jednotlivých měsících.

Ročně při použití fotovoltaického systému bude ušetřeno celkem asi za 2 200 kWh/rok z celkové spotřeby 3 000 kWh/rok.

6.4 Varianta B – solární kolektory

Tato varianta počítá se solárními kolektory primárně k ohřevu teplé vody, v letních měsících bude přebytek využit na ohřev bazénu. Tyto soustavy se dimenzují na měsíc duben a září, střední teplota látky v kolektoru je volena $t_m = 40$ °C. Rozměr objemu zásobníku je volen 1,5× více než denní spotřeba vody. Dle ČSN 06 0320 [1] je uvažována potřeba teplé vody $V = 0,082$ m³/(osoba · den). Objem zásobníku je tedy potřeba 246 litrů.

Přesná potřebná plocha kolektorů lze vypočítat ze složité rovnice, kde však musíme znát přesné vstupní hodnoty, jako je skutečná denní dávka slunečního ozáření $H_{T,den}$, hodnota srážky z tepelných zisků solárních kolektorů vlivem tepelných ztrát solární soustavy p , účinnost solárního kolektoru η_k a celková potřeba tepla na ohřev Q_p , viz rovnici 1 [1].

$$A_k = \frac{(1+p)Q_p}{\eta_k H_{T,den}} \quad (1)$$

Obecně lze počítat s určitou plochou kolektoru na osobu pro ohřev teplé vody. Samozřejmě závisí na parametrech konkrétního kolektoru. Potřeba tepla pro ohřev teplé vody je dle výpočtu (kap 6.2.2) 3 139 kWh/rok.

6.4.1 Zvolený fototermický systém

Ze solárních kolektorů jsou voleny 2 ks selektivního plochého kapalinového kolektoru MEGASUN ST 2000 s odhadovaným ročním ziskem 1 200 kWh/rok, další údaje viz tab. 4 [26]. Tento typ kolektoru byl vybrán pro svoji vysokou účinnost a cenu.

Tabulka 4: Kolektor MEGASUN S 2000 [26]

Rozměry	Absorpční plocha	Hmotnost	Objem	Absorptivita	Emisivita
2050×1010×90 mm	1,8 m ²	41 kg	1,6 l	95 %	5 %

Jako bivalentní zásobník je do sestavy pro dobré recenze a český původ zvolen zásobník Dražice OKC 250 NTRR/SOL, s objemem 245 l, který spolupracuje se solárním ohřevem i s plynovým kotlem současně [27]. Solární regulátor je zvolen Sorel TDC 1 pro možnost přepnutí do režimu ochlazování vody v zásobníku přes noc při příliš vysokých přebytečných tepla a pro různé typy ochrany teploty média včetně zimního režimu, kdy spustí protočení čerpadla na 5 s každý den [28, 29]. Oběhové cirkulační čerpadlo je zvoleno Wilo Stratos PICO 25/1-4 s třemi stupni výkonu [30] kvůli své tržní ceně a vysoké dovolené teplotě dopravované kapaliny. K celému systému musí být připojena expanzní nádoba s elastickou membránou – SL018 od společnosti Regulus [31]. Nemrznoucí směsí je směs propylenglykolu kvůli své účinnosti a důvodu, že se nejedná o toxickou látku.

6.4.2 Pořizovací hodnota fototermického systému

Tabulka 5: Pořizovací hodnota fototermického systému včetně DPH.

Solární kolektor MEGASUN ST 2000, 2 ks [27]	21 800 Kč
Bivalentní zásobník Dražice OKC 250 NTRR/SOL [29]	13 992 Kč
Regulátor Sorel TDC 1 [29]	5 537 Kč
Čerpadlo Wilo Stratos PICO 25/1-4 [30]	5 369 Kč
Expanzní nádoba Regulus SL018 [31]	1 250 Kč
Ostatní příslušenství	10 000 Kč
Cena celkem	57 948 Kč
Maximální možná dotace NZÚ	28 974 Kč
Cena po odečtení dotace	28 974 Kč

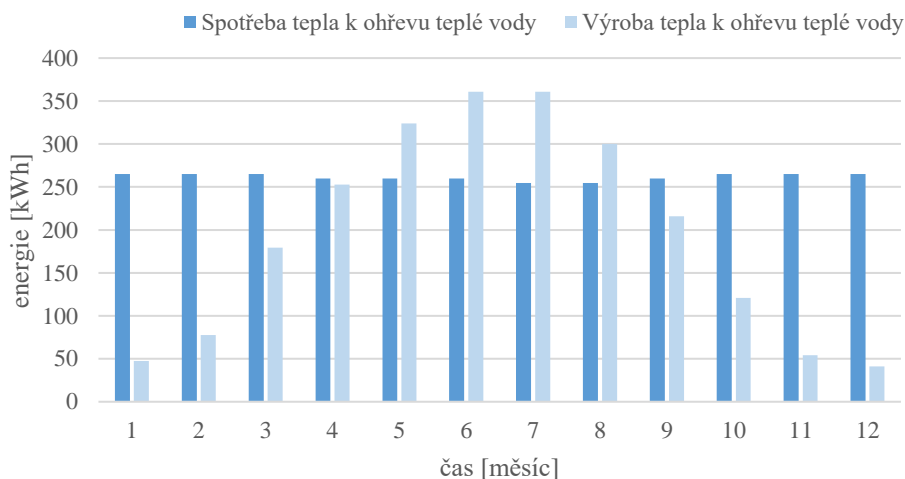
Poznámka:

Cena za ostatní příslušenství je hrubý odhad. Jedná se o nemrznoucí směs, potrubí pro kolektory, ventily pro ochranu před vysokým tlakem, manometr, teploměr, nosnou konstrukci, spojovací materiál a zbylé nepředpokládané výdaje.

Maximální možná dotace činí 35 000 Kč, avšak s podmínkou – maximálně 50 % výdajů.

6.4.3 Reálné využití tepla ze solárních kolektorů ročně

Výkon solárních kolektorů je stejně jako výkon solárních panelů závislý na době a intenzitě denního svitu, které se mění v průběhu roku. V letních měsících je očekávaná výroba tepelné energie kolektorů vyšší než spotřeba, přebytky budou využívány k ohřevu bazénu. Očekávané spotřeby a výkony tepla k ohřevu teplé vody v jednotlivých měsících, viz obrázek 12 dle odhadovaného ročního zisku jako parametru kolektoru, účinnosti a procentuálního měsíčního využití Slunce dle denní dávky slunečního ozáření [36, 39].



Obrázek 12: Spotřeba a výroba tepelné energie v jednotlivých měsících.

Ročně při použití tohoto systému ušetříme celkem asi za 2 000 kWh/rok z celkové spotřeby 3 139 kWh/rok.

6.5 Kombinace varianty A s variantou B

Dotace z programu Nová zelená úsporám může být proplacena pro obě varianty současně, pokud je podána kombinovaná žádost. Lze tedy počítat s celkovými cenami po odečtu dotací.

Tabulka 6: Pořizovací hodnota kombinovaného solárního systému včetně DPH.

Cena po odečtení dotace – varianta A – fotovoltaický systém	37 756 Kč
Cena po odečtení dotace – varianta B – fototermický systém	28 974 Kč
Celková cena, kombinace varianty A a B	66 730 Kč

6.5.1 Reálné využití solárních systémů

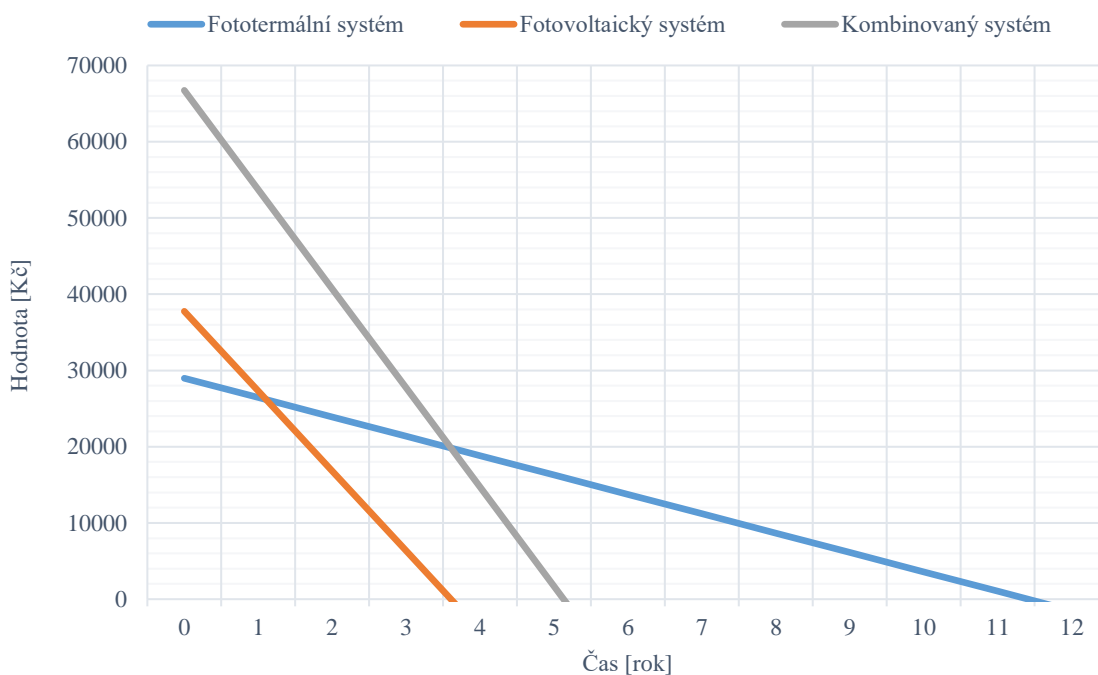
Ročně při použití fotovoltaického systému ušetříme celkem asi za 2 200 kWh/rok z celkové spotřeby 3 000 kWh/rok a při použití fototermického systému ušetříme celkem asi za 2 000 kWh/rok z celkové spotřeby 3 139 kWh/rok.

6.6 Návratnosti systémů

Návratnosti systémů byly určeny z cen za energie, které byly přepočteny bez ohledu na konstantní měsíční poplatky z fakturací za rok 2020 a pomocí hodnot roční výroby energie solárních systémů vypočtených v kapitolách výše. Na obrázku 13 lze vidět graf návratnosti systémů. Na ose y je hodnota v Kč, tím jsou počáteční investice, viz tabulku 6 a na ose x čas v letech. Nejkratší doba návratnosti je u fotovoltaického systému. Přesto, že pořizovací hodnota systému by byla vyšší než systému fototermického, vzhledem k ceně elektřiny z distribuční sítě se investice podpořená dotací vrátí za necelé čtyři roky.

Tabulka 7: Průměrné ceny energií.

Elektrická energie	4,76 Kč/kWh dle vlastní fakturace za rok 2020
Plyn	1,27 Kč/kWh dle vlastní fakturace za rok 2020



Obrázek 13: Návratnosti solárních systémů.

7 Závěr

V posledních letech došlo k uvědomění si, že některé zdroje, které dnes využíváme nelze využívat donekonečna a stále více se začínají využívat zdroje obnovitelné. Dle vlastních klimatických podmínek různé státy využívají různé zdroje – přímořské státy větrné elektrárny atd. Jedním z obnovitelných zdrojů je i energie solární, která je nyní v České republice velmi diskutované téma a oblíbený obnovitelný zdroj pro domácnosti. Po velkém boomu, který nastal v roce 2010 několikanásobně klesly výkupní ceny solární elektřiny, a to je důvodem k nynějším instalacím malých výkonů, které jsou státem podporovány. Rovněž je důvodem k výstavbě stále klesající tržní cena solárních soustav. Tyto výstavby mají spoustu výhod, které domácnosti také lákají. Jedním z nich je částečná soběstačnost, i pokud dojde k výpadku, v našich podmínkách nejspíše k plánovanému – v krátkodobém hledisku to tyto domácnosti nemusí řešit. Zároveň kvůli dotacím může být doba návratnosti investice až poloviční, jak ukazují výpočty v této práci. Také ceny energií neustále rostou, a tak návratnost systémů může být ještě kratší, než jaká je vypočítána při výstavbě.

Největší nevýhodou solárních systémů hned vedle velkých rozměrů zabraných ploch je doba největší produkce solární energie a fakt, že se neshoduje s největší spotřebou energií, na které jsou nyní solární systémy nejvíce využívány. Možným řešením této problematiky je dle mého názoru využít energii primárně k jinému typu zařízení. Například k solárnímu chlazení. Druhým řešením je výstavba těchto zdrojů v příznivějších klimatických podmínkách než jaké představuje klima ČR. Na začátku tohoto odstavce byly zmíněny velké zabrané plochy, tento trend je již však na ústupu, a i velké fotovoltaické elektrárny jsou nyní stavěny převážně víceúčelově. Například jako přístřešek nad parkoviště, na střechy vysokých budov atd.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MATUŠKA, Tomáš. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02186-5.
- [2] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. Brno: Computer Press, 2010. Stavíme. ISBN 978-80-251-3241-8.
- [3] VRTEK, Mojmir. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. Sluneční energie [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: http://kke.zcu.cz/old_web/_files/projekty/enazp/21/IUT/140_Slunecni_energie_-_Vrtek_-_P3.pdf
- [4] Energetický mix ČR. *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. 2021 [cit. 2021-4-20]. Dostupné z: <https://csve.cz/clanky/energeticky-mix-cr/485>
- [5] *Fotovoltaické systémy pro výrobu elektřiny* [online]. 2021 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fvsystemu/?ftresult_menu=%C3%A9vod+do+FV+syst%C3%A9m%C5%AF
- [6] Unikátní vědecký summit přinesl nové solární články s nanovláknem. *ČT24: Česká televize* [online]. 11. 3. 2009 [cit. 2021-4-23]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/1417482-unikatni-vedecky-summit-prinesl-nove-solarni-clanky-s-nanovlakny>.
- [7] Fotovoltaika. *ČEZ: Solární energie* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [8] *FOTOVOLTAIKA: Terminologie* [online]. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: https://www.fvesystemy.cz/Terminologie-a5_0.htm
- [9] 5 firem vykupuje přebytky z FVE. *Nemakej.cz* [online]. 2020-08-17 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.nemakej.cz/5-firem-vykupuje-prebytky-z-fve-o512>.
- [10] ZLONICKÝ, Jan. *Domácí elektrárny – dostupnost a ekonomická opodstatněnost technologií pro domácí výrobu elektrické energie pro rodinné domy v ČR*. Praha, 2017. Dostupné také z: 120275851.pdf (cuni.cz). Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta humanitních studií. Vedoucí práce Doc. Ing. Jan Weinzettel, Ph.D.
- [11] MURTINGER, Karel. Ukládání elektřiny z fotovoltaických a větrných elektráren. *Nazeleno.cz* [online]. 3.5.2011 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elektřiny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elektřaren.aspx>
- [12] HE3DA spustila výrobu baterií. Bude pohánět i elektromobily Tesla? *TZB: info* [online]. 20.12.2016 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/15144-he3da-spustila-vyrobu-baterii-bude-pohanet-i-elektromobily-tesla>
- [13] Střešní solární elektrárny. *BARATECH* [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <http://www.baratech.cz/stresni-solarni-elektřarny>
- [14] WATTROUTER Mx. *Nemakej.cz* [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://www.nemakej.cz/WATTROUTER-Mx-n22144>
- [15] PTV: Progresivní technologie ve výstavbě. *DOCPLAYER* [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4729602-Skriptum-pro-studenty-prezencniho-a-kombinovaneho-studia.html>
- [16] Konstrukce. *Solar shop* [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://www.obchodsolar.cz/stresni-konstrukce-2-panely>
- [17] MATUŠKA, Tomáš. Účinnost vakuových trubkových solárních kolektorů. *TZB: info* [online]. 9.6.2008 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/4903-ucinnost-vakuovych-trubkovych-solarnich-kolektoru-i>

- [18] ENERGETIKA ZBLÍZKA: SLUNEČNÍ KOLEKTORY. *SVĚT ENERGIE: Vzdělávací portál ČEZ* [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/slunecni-kolektory/vyklad>
- [19] MATUŠKA, Tomáš. Typy solárních kolektorů. *TZB: info* [online]. [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru->
- [20] Солнечный воздушный коллектор с простой автоматикой своими руками. *Блог самостройщика* [online]. 17.08.2020 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://zen.yandex.ru/media/samstroy24/solnechnyi-vozdushnyi-kollektor-s-prostoi-avtomatikoi-svoimi-rukami-5f3a16fe370f10398a71d7a6>
- [21] DUFKA, Jaroslav. Ohřev vody, aneb příprava teplé vody. *info* [online]. [cit. 2021-5-3]. ISSN TZB. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/17781-ohrev-vody-aneb-priprava-teple-vody-iii-dil>
- [22] HOLLAN, Jan. Jaké sluneční kolektory použít? *Ekologický institut Veronica* [online]. 6. 5. 2006 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/otazky?i=89>
- [23] MATUŠKA, Tomáš. Teplonosná kapalina. *TZB: info* [online]. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/148-teplonosna-kapalina>
- [24] Program Sketch Up, Dostupný z: <https://sketchup.cz/>
- [25] REMMERS, Karl-Heinz. *Velká solární zařízení: úvod k navrhování a provozu*. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-110-6.
- [26] SELEKTIVNÍ PLOCHÉ KAPALINOVÉ KOLEKTORY: MEGASUN S 2000, MEGASUN S 2500. *Solární energie* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.solarnienergie.cz/solarni-kolektory-ploche-kapalinove-selektivni/>
- [27] Dražice OKC 250 NTRR/SOL. *Heureka.cz* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://ohrivace-vody.heureka.cz/drazice-okc-250-ntrr-sol/?cs=topenilevne-cz&gclid=CjwKCAjwqLiFBhAHEiwANg9szqQnCWfb0yhF5fNATcyhFBgMxXeBuxZSWxN3RBhBvqMAwmI5SmTtlhoCSpkQAvD_BwE#specifikace
- [28] *Solární regulátory Sorel* [online]. [cit. 2021-5-10]. ISSN Solární ohřev vody, Kocián. Dostupné z: <https://solarnisystemynaohrevvody.cz/regulace-pro-solarni-systemy>
- [29] Solární regulátor / Sorel TDC 1. *TAUSH* [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.eshop.taush.cz/z3823-solarni-regulator-sorel-tdc-1>
- [30] Čerpadlo Stratos PICO 25/1-4 - 180. *SVP: Solar* [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/cerpadlo-wilo-stratos-pico-25-1-4-180/>
- [31] Expanzní nádoba SL018. *Regulus* [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-sl018>
- [32] Fotovoltaický panel 450wp EXE Solar black. *Ostrovni elektrárny, s.r.o.* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://ostrovni-elektrarny.cz/?fotovoltaicky-panel-450wp-exe-solar-black-p100203>
- [33] Solární měnič Fronius Galvo 3.1-1 jednofázový. *Solární měniče-štěřáče* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: http://www.solarni-menice.cz/product/stridace/stridace-fronius/solarni-menic-fronius-galvo-3_1-1-jednof/40
- [34] Regulátory WATTrouter a příslušenství: Komplety WATTrouter. *SOLAR controls s.r.o.* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://solarcontrols.cz/cz/shop_watrouter.html
- [35] *Odhad tepelných ztrát a roční potřeby tepla* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <http://www.vytapeni.cz/kalkulacky/tepelne-ztraty>

- [36] BECHNÍK, Bronilav. Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory. *TZB: info* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/10453-priprava-teple-vody-fotovoltaika-nebo-solarni-tepelne-kolektory>
- [37] Solární elektrárna o výkonu 2,7 kWp na klíč. *Solární experti, s.r.o.* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/fotovoltaicka-elektrarna-fve-o-vykonu-26-kwp-na-klic/>
- [38] *JRC Photovoltaic Geographical Information System* [online]. 15.10.2019 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [39] Přehled praktického využití sluneční energie. *TZB: info* [online]. REFLEX CZ, 27.4.2004 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/1960-prehled-practickeho-vyuziti-slunecni-energie>
- [40] *SOLÁRNÍ EXPERTI: Vše o solárních panelech* [online]. [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
V	Objem	m^3, l
$H_{T,den}$	Skutečná denní dávka slunečního ozáření	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$
p	Srážka vlivem tepelných ztrát solární soustavy	–
η_k	Účinnost kolektoru	–
Q_p	Celková potřeba tepla na ohřev	kWh
A_k	Potřebná plocha kolektorů	m^2

SEZNAM OBRÁZKŮ

	zdroj	strana
Obrázek 1: Graf ročního úhrnu solární energie v závislosti na orientaci a sklonu.	[15]	11
Obrázek 2: P-N přechod.	[7]	12
Obrázek 3: Průřez panelem.	[8]	14
Obrázek 4: Typy akumulace energie.	[11]	16
Obrázek 5: Konstrukce panelu na šikmé střeše.	[16]	18
Obrázek 6: Selektivní (viz kap. 5) trubicový kolektor s tepelnou trubicí (vlevo) a „U“ smyčkou (vpravo).	[17]	20
Obrázek 7: Vzduchový kolektor domácí výroby.	[20]	20
Obrázek 8: Bivalentní zásobník teplé vody.	[21]	22
Obrázek 9: Jednoduchý model domu v programu Sketch Up.	[24]	24
Obrázek 10: Spotřeba elektrické energie a teplé vody v jednotlivých měsících.		25
Obrázek 11: Spotřeba a výroba elektrické energie v jednotlivých měsících.		26
Obrázek 12: Spotřeba a výroba tepelné energie v jednotlivých měsících.		30
Obrázek 13: Návrh solárních systémů.		31

SEZNAM TABULEK

	zdroj	strana
Tabulka 1: Spotřebiče, jejich elektrické příkony a měsíční doba provozu.		25
Tabulka 2: Tepelné ztráty objektu a potřeba tepla k vytápění dle typu stavby.	[35]	26
Tabulka 3: Pořizovací hodnota fotovoltaického systému včetně DPH.		28
Tabulka 4: Kolektor MEGASUN S 2000.	[26]	29
Tabulka 5: Pořizovací hodnota fototerminického systému včetně DPH.		29
Tabulka 6: Pořizovací hodnota kombinovaného solárního systému včetně DPH.		30
Tabulka 7: Průměrné ceny energií.		31